

RIVM rapport 609021040/2007

**De verspreiding van gassingsmiddelen  
rond containers**

E. Schols, E.M. van Putten

Contact:

E. Schols

Centrum Inspectieonderzoek, Milieuongevallendienst en Drinkwater

e-mail: [emile.schols@rivm.nl](mailto:emile.schols@rivm.nl)

Dit onderzoek is verricht in opdracht en ten laste van de VROM-Inspectie in het kader van project M/609021 'Ondersteuning handhaving VROM-Inspectie'.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,  
telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

## Abstract

### **The dispersion of detergents around containers treated for pest control**

The National Institute for Public Health and the Environment advises establishing a restricted area around containers treated with detergents. No one should be allowed to enter this area without breath protection equipment. A restricted area of 50 metres around the containers should be established for large amounts of detergents, such as up to 5 kg methyl bromide or vikane. When smaller amounts (up to 1 kg for methyl bromide) are applied or occur, an area of 20 metres will be sufficient. Within these distances, concentrations may occur that are harmful to human health. This advice has been given to the Dutch Inspectorate of Housing, Spatial Planning and the Environment in response to the request made by the Inspectorate to simplify the existing rules on distances that vary depending on the substance and the use.

High concentrations of detergents exist in containers for export to foreign countries. The recommended distances should be applied for the use of methyl bromide, phosphine and vikane. Containers under the present rules are only treated with these detergents when the receiving country requires such a treatment. In the Netherlands the use of these substances is only applicable under strict regulations. The restricted areas should be established at the start of the treatment because of possible leakage from the containers. Before shipment of the containers they are cleared of the detergents by opening the doors and letting the detergents evaporate. This process causes concentrations around the containers that are harmful to human health.

Import containers may also contain detergents. In practice, other detergents than the three used for export containers are found in import containers the Dutch harbours. Since the concentrations in import containers are substantially lower, a distance of 20 metres will be sufficient to protect people from hazardous concentrations due to leakage or evaporation.

Another recommendation is to prohibit (starting) the release of the detergents under calm weather conditions. High concentrations may then occur for some time and at longer distances.

Key words: methylbromide, phosfine, vikane, pest control, containers

## Rapport in het kort

### De verspreiding van gassingsmiddelen rond containers

Het RIVM adviseert de VROM-Inspectie om een zone rondom 'gegaste' havencontainers te creëren waar alleen mensen met adembeschermingsapparatuur mogen komen. Voor grote hoeveelheden ontsmettingsmiddelen (tot 5 kg voor de stoffen methylbromide en sulfurylfluoride) geldt een afstand van 50 meter tot de container. Bij kleinere hoeveelheden (tot 1 kg) volstaat 20 meter. Binnen deze zones zijn de concentraties van vrijkomende gassen schadelijk voor de volksgezondheid. Aanleiding voor dit advies was de wens de regelgeving over ontgassing te vereenvoudigen en zo de handhaving te verbeteren.

De hoge concentraties komen meestal voor bij exportcontainers. Die moeten soms voor vertrek met bestrijdingsmiddelen worden behandeld om de inhoud of het pakkingsmateriaal te ontsmetten (gassen). De maatregel geldt vanaf het moment waarop het gas aanvangt. De ontstane gassen worden vervolgens verwijderd voordat de containers de haven verlaten (ontgassen).

De genoemde afstanden zijn gebaseerd op de concentraties die in Nederland bij het gas en ontgassen vrijkomen. Als internationale voorschriften het gebruik van methylbromide, fosfine en sulfurylfluoride voorschrijven, gelden in Nederland wettelijke gebruiksvoorschriften.

In importcontainers, die soms nog resten ontsmettingsmiddelen bevatten, zijn de concentraties lager en volstaat een afstand van ten minste 20 meter, aldus het advies. Deze kleinere hoeveelheden zijn nog hoog genoeg om de gezondheid schade toe te brengen, zodat enige afstand tot de containers is geboden. Kort na aanvang van de ontgassing kunnen namelijk relatief hoge concentraties voorkomen. Bovendien kunnen gassen lekken uit de nog gesloten containers, waardoor in de nabijheid hoge concentraties circuleren.

Een andere aanbeveling is de ontgassing bij windstil weer te verbieden. Dit voorkomt dat de gassen in hoge concentraties op het terrein blijven hangen.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de VROM-Inspectie.

Trefwoorden: gassing, ontgassing, importcontainers, exportcontainers, methylbromide, sulfurylfluoride, fosfine, afstandseis, gebruiksvoorschriften

# Inhoud

<b>SAMENVATTING.....</b>	<b>6</b>
<b>AFKORTINGEN.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INLEIDING .....</b>	<b>9</b>
1.1 BELANG VAN HET ONDERZOEK .....	9
1.2 OPDRACHT EN ONDERZOEKSDOELEN .....	9
1.3 ONDERZOEKSVRAGEN.....	9
1.4 LEESWIJZER .....	10
<b>2. BESTAANDE GEGEVENS.....</b>	<b>11</b>
2.1 ONDERZOEKEN ROND GASSINGEN .....	11
2.2 GEZONDHEIDSKUNDIGE NORMEN VOOR BEGASSINGSMIDDELEN .....	11
2.3 BESTAANDE REGELGEVING .....	13
<b>3. MEETMETHODEN.....</b>	<b>15</b>
3.1 VERSCHILLENDE MEETMETHODEN INGEZET.....	15
3.2 BADGES IN COMBINATIE MET GC-MS ANALYSE .....	15
3.3 TEDLARBAGS IN COMBINATIE MET GC-MS ANALYSE.....	16
3.4 CANISTERS IN COMBINATIE MET GC-MS ANALYSE .....	17
3.5 KOOLBUIZEN IN COMBINATIE MET GC-MS ANALYSE .....	17
3.6 SENSOREN.....	18
<b>4. PROJECTAANPAK.....</b>	<b>19</b>
4.1 PROJECTAANPAK IN HET KORT .....	19
4.2 PROEFOPZET ONTGASSING VAN ACTIEF BEGASTE CONTAINERS .....	19
4.3 PROEFOPZET ONDERZOEK BIJ IMPORTCONTAINERS .....	23
<b>5. RESULTATEN .....</b>	<b>25</b>
5.1 RESULTATEN ONDERZOEK ACTIEF BEGASTE CONTAINERS.....	25
5.1.1 <i>Resultaten van het onderzoek op 17 augustus 2006</i> .....	25
5.1.2 <i>Resultaten van het onderzoek op 30 augustus 2006</i> .....	28
5.2 RESULTATEN BIJ IMPORTCONTAINERS.....	31
5.2.1 <i>Resultaten onderzoek met badges voor methylbromide</i> .....	31
5.2.2 <i>Resultaten metingen bij importcontainers 19 september</i> .....	34
5.2.3 <i>Resultaten metingen bij importcontainers op 30 september 2006</i> .....	35
5.2.4 <i>Resultaten metingen bij importcontainers op 27 oktober</i> .....	36
<b>6. INTERPRETATIE EN BESPREKING.....</b>	<b>39</b>
6.1 VERLOOP VAN DE GASSINGSCONCENTRATIES BIJ DE ACTIEF BEGASTE CONTAINERS .....	39
6.2 VERGELIJKING VAN DE MEETMETHODEN .....	39
6.3 GEMETEN CONCENTRATIES IN RELATIE TOT AFSTAND EN NORMEN .....	41
6.3.1 <i>Metingen op 17 augustus 2006</i> .....	41
6.3.2 <i>Metingen op 30 augustus 2006</i> .....	42
6.3.3 <i>Metingen rond importcontainers met badges</i> .....	42
6.3.4 <i>Metingen op 19 en 30 september 2006 en 27 oktober 2006</i> .....	43
6.4 DE VERSPREIDING GEMODELLEERD.....	44
<b>7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....</b>	<b>49</b>
7.1 CONCLUSIES .....	49
7.2 AANBEVELINGEN .....	51
<b>LITERATUUR .....</b>	<b>55</b>

---

<b>BIJLAGE 1</b>	<b>OVERZICHT MEETRESULTATEN</b> .....	<b>57</b>
<b>BIJLAGE 2</b>	<b>METHYLBROMIDE: GIFTIGHEID VOOR MENS EN MILIEU</b> .....	<b>59</b>
<b>BIJLAGE 3</b>	<b>RESULTATEN OLM-METINGEN OP 30 AUGUSTUS 2006</b> .....	<b>62</b>
<b>BIJLAGE 4</b>	<b>MODELINVOERGEDEVENS</b> .....	<b>65</b>
<b>BIJLAGE 5</b>	<b>WEERGEDEVENS TEN TIJDE VAN ONDERZOEK BIJ IMPORTCONTAINERS</b> .....	<b>66</b>

## Samenvatting

Het RIVM heeft in opdracht van de VROM-Inspectie onderzoek uitgevoerd naar de concentraties van gassingsmiddelen die ontstaan rond ontgassende containers. Ontgassen houdt in dat containers waarin ongedierte bestrijdende gassen zitten, opengezet worden zodat deze gassen uit de container 'verwaaien'. Het onderzoek richtte zich op het bepalen van de afstand tot waar de concentraties van deze gassen boven de normen lagen die de bevolking tegen schadelijke effecten beschermen. Er is onderzoek gedaan bij exportcontainers en bij importcontainers.

In het onderzoek bij *exportcontainers* zijn tweemaal sets van drie (lege) containers met methylbromide, fosfine en sulfurylfluoride ingegast zoals dat normaal bij exportcontainers gebeurt. Na ten minste 24 uur startte de ontgassing door het openen van de deuren. Benedenwinds zijn de concentraties gemeten. Het grootste deel van de gassingsmiddelen blijkt vrij te komen in korte tijd na het openen van de containers, leidend tot hoge concentraties benedenwinds gedurende enkele minuten.

De meetresultaten zijn aangevuld met modelberekeningen om te onderzoeken tot op welke afstand de concentraties boven een norm kunnen liggen. Concentraties rond de grenswaarde kunnen tot 20 meter voorkomen (fosfine). Op 50 meter afstand bedragen de concentraties maximaal 20% van de norm.

Bij *importcontainers* zijn de hoeveelheden in de containers lager maar zijn er ook meer onzekerheden, zoals over de gebruikte gassen.

Het RIVM heeft afstanden tot ontgassende containers afgeleid waarbinnen burgers zich niet zonder persoonlijke beschermingsmiddelen (adembescherming) mogen bevinden. Het RIVM adviseert de afstand te baseren op de hoeveelheid van de gebruikte stoffen in te ontgassen containers. Het advies luidt:

- 20 meter indien de hoeveelheid in de te ontgassen containers maximaal 1 kg methylbromide of sulfurylfluoride of maximaal 10 g fosfine bedraagt;
- 50 meter indien de hoeveelheid in de te ontgassen containers tot circa 5 kg methylbromide of sulfurylfluoride of tot 60 g fosfine bedraagt;
- ontgassing alleen in overleg met VROM-Inspectie voor grotere hoeveelheden.

Deze afstanden gelden totdat de containers ontdaan zijn van de gebruikte stoffen ('gasvrij' verklaard zijn).

Deze conclusies gelden voor weertypen met goede verspreidingsomstandigheden. Het RIVM beveelt aan een verbod op ontgassing in te stellen tijdens ongunstige weertypen, zoals met een gemiddelde windsnelheid kleiner dan 0,5 meter per seconde (windsnelheid 0 op de schaal van Beaufort in de actuele weerberichten).

## Afkortingen

ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry, zie <a href="http://www.atsdr.cdc.gov/">http://www.atsdr.cdc.gov/</a>
CTB	Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen
ECT	Europe Container Terminals
GC-MS	Gaschromatograaf - Massaspectrometer
MAC-waarde	Maximaal Aanvaarde concentratie van een stof op de werkplek. De MAC-waarde is gedefinieerd als <i>de maximale concentratie van een gas, damp of nevel of van een stof in de lucht op de werkplek, die bij inademing gedurende arbeidsperiode in het algemeen geen nadelige gevolgen heeft op de gezondheid van de werknemers en hun nageslacht.</i>
MeBr	Methylbromide
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
NIOSH	National Institute for Occupational Health and Safety
OLM	online monitoring apparatuur
PH <sub>3</sub>	Fosfine
PHAST	Process Hazard Analysis Software Tool
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Sulfurylfluoride (vikane)
VI	VROM-Inspectie
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer





# 1. Inleiding

## 1.1 Belang van het onderzoek

Containers met exportgoederen moeten in sommige gevallen behandeld worden tegen bederf of aantasting van goederen, pallets en/of stuwhout. Sommige landen schrijven voor dat de behandeling moet plaatsvinden met bestrijdingsmiddelen zoals methylbromide of fosfine. Als containers in Nederland gegast moeten worden, dan gelden stringente voorschriften om werknemers en de bevolking te beschermen tegen blootstelling aan te hoge concentraties van deze schadelijke stoffen. Zo zijn er eisen gesteld aan de afstand tussen te begassen containers en de woon- of verblijfgebouwen van personen. Deze afstandseisen zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op modelberekeningen. Verspreidingsmodellen kennen een grote onzekerheid indien toegepast voor de berekening van de verspreiding op korte afstand van een bron en rond obstakels.

Voor gegaste *import*containers zijn er voor het ontgassen geen afstandseisen van kracht. Importcontainers die gegast zijn of hiervan verdacht worden, worden - bij voorkeur op een veilige plek en wijze - ontgast. In de praktijk blijken importcontainers met uiteenlopende middelen en soms met mengsels gegast te zijn.

Er zijn dus weinig feitelijke gegevens over de optredende concentraties rond containers in de praktijk en dus zijn er weinig gegevens of de gestelde afstandseisen in de praktijk toereikend zijn.

## 1.2 Opdracht en onderzoeksdoelen

De VROM-Inspectie streeft naar meer inzicht in de concentraties die daadwerkelijk kunnen optreden, rond containers bij het ontgassen van zowel export- als importcontainers. Met dit inzicht kan de VROM-Inspectie beoordelen of de afstandsrichtlijn voldoende bescherming biedt voor de volksgezondheid. De VROM-Inspectie heeft het RIVM gevraagd een meetprogramma op te zetten dat inzicht verschaft in de optredende concentraties op verschillende afstanden tijdens de ontgassing van export- en importcontainers.

## 1.3 Onderzoeksvragen

Het RIVM heeft de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- ten aanzien van exportcontainers:

1. Welke concentraties van gassingsmiddelen treden op, vooral benedenwinds, van exportcontainers die ontgast worden?
2. Zijn er verschillen waarneembaar in de verspreiding per gassingsmiddel?
3. Hoe verhouden de concentraties zich tot de beschikbare en geldende normen voor burgers?
4. Vanaf welke afstanden zijn de concentraties beneden deze normen, gegeven de weerscondities die ten tijde van de metingen opgetreden zijn?

5. Zijn de resultaten die onder de optredende praktijkcondities zijn verzameld, bruikbaar om een inschatting te maken van de situatie tijdens andere weerscondities en voor een representatief deel van de tijd?

- ten aanzien van importcontainers:

6. Welke concentraties van gassingsmiddelen treden op in de praktijksituatie op het bedrijfsterrein van Europe Container Terminals (ECT) rond en bij de ontgassing van importcontainers?
7. Hoe verhouden die concentraties zich tot de beschikbare en geldende normen voor de blootstelling van burgers?
8. Vanaf welke afstanden zijn de concentraties beneden deze normen, gegeven de weerscondities die ten tijde van de metingen opgetreden zijn?
9. Zijn de resultaten die onder de optredende praktijkcondities zijn verzameld, bruikbaar om een inschatting te maken van de situatie tijdens andere weerscondities en voor een representatief deel van de tijd?
10. Zijn de resultaten van de verschillende bemonsterings- en analysetechnieken voor methylobromide onderling goed vergelijkbaar?

- ten aanzien van ontgassende containers:

11. Welke afstandsrichtlijnen kunnen gesteld worden opdat aan de normen voor burgers is voldaan?

## 1.4 Leeswijzer

In dit rapport wordt verslag gedaan van praktische experimenten naar de verspreiding rondom ontgassende containers. In hoofdstuk 2 zijn bekende gegevens verzameld, zoals uit resultaten uit eerdere onderzoeken, de regelgeving rondom gassing en de geldende normen voor de gassingsmiddelen. In hoofdstuk 3 staat een beschrijving van de beschikbare meetmethoden voor de verschillende gassingsmiddelen. De proefopzet is beschreven in hoofdstuk 4, de resultaten in hoofdstuk 5 en een interpretatie van deze resultaten in hoofdstuk 6. In het laatste hoofdstuk zijn de conclusies beschreven.

## 2. Bestaande gegevens

### 2.1 Onderzoeken rond gassing

Door het RIVM zijn in het verleden verschillende onderzoeken uitgevoerd bij gegaste containers.

In 2000 is onderzoek gedaan naar de concentraties methylbromide rondom een gegaste container en naar de lektheid van containers (Knol, 2000a en 2000b).

In het onderzoek naar de concentraties methylbromide rondom een ontgassende container werden twee containers gegast (dosering  $45 \text{ g m}^{-3}$ ). Het verloop in de methylbromideconcentraties in de containers is bepaald door de concentraties in de afgesloten container gedurende 24 uur regelmatig vast te stellen. Verder is op 10 en 50 meter afstand van de container de concentratie methylbromide gemeten. In de ene container werd na 24 uur nog 5% van de gegaste hoeveelheid geconstateerd, in de andere container nog 100%. Tijdens het ontgassen waren de methylbromideconcentraties op 10 meter afstand bij één container hoger dan de MAC-waarde en op 50 meter afstand lager dan de MAC-waarde.

In het onderzoek naar de lektheid van containers (Knol, 2000b) zijn twee willekeurig geselecteerde containers met methylbromide begast waarbij een dosering van  $45 \text{ g m}^{-3}$  werd toegepast. Over een periode van 24 uur zijn de concentraties in de containers gemeten.

Resultaten van dit onderzoek waren dat:

- het ingebrachte methylbromide gas pas na enkele uren na het ingassen volledig vermengd was in de container.
- in de ene container de concentraties afnamen tot 62% van de oorspronkelijke concentratie en in de andere container tot 4%.
- de containers die op het oog volledig identiek waren, dus een verschillend ventilatievoud hadden.

Uit andere onderzoeken is bekend dat goederen in gegaste containers de gassingsmiddelen kunnen absorberen en gedurende lange tijd kunnen 'naleveren' (Knol, 2005a en 2005b).

### 2.2 Gezondheidskundige normen voor begassingsmiddelen

Qua blootstelling en effecten gaat het voor de situatie rond ontgassende containers om de blootstelling van burgers gedurende enkele minuten tot enkele uren, naast dat natuurlijk ook arbeiders blootgesteld kunnen worden. In Tabel 1 zijn de beschikbare normen voor de onderzochte begassingsmiddelen opgenomen. In de tabel zijn de direct beschikbare normen opgenomen, naast andere normen zoals interventiewaarden (bedoeld voor de blootstelling tijdens calamiteiten. Bron: VROM-Inspectie, 2006), MAC-waarden (ter bescherming van arbeiders gedurende het hele arbeidsleven) of (sub)chronische normen.

Voor methylbromide is er een norm beschikbaar waaraan burgers maximaal gedurende korte tijd mogen worden blootgesteld. Dit betreft een uurgemiddelde concentratie van  $10 \text{ mg m}^{-3}$ .

Deze waarde is gebaseerd op acute effecten bij burgers en dus goed bruikbaar in dit onderzoek om aan te refereren.

Voor chloorpicrine, 1,2-dichloorethaan en sulfurylfluoride zijn geen normen beschikbaar voor de blootstelling van burgers gedurende enkele uren tot minuten voor normale werkomstandigheden. Er zijn alleen interventiewaarden voor calamiteiten beschikbaar en arbeidshygiënische normen (MAC-waarden).

Voor fosfine is de best beschikbare norm de norm voor de 24-uurs blootstelling.

*Tabel 1 Overzicht gezondheidkundige normen*

Stof	Concentratie		Normen ter bescherming van burgers
	ppm	mg m <sup>-3</sup>	
Methylbromide	2,5	10	Maximum uurgemiddelde voor de bevolking (zie Bijlage 2)
	25	100	Voorlichtingsrichtwaarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	50	200	Alarmeringsgrenswaarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	250	1000	Levensbedreigende waarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	0,075	0,3	<u>Overige, minder bruikbare normen:</u> subchronische blootstelling (Knol, 2005b)
	0,02	0,1	chronische blootstelling (MTR <sup>3</sup> )
	0,25	1	MAC-waarde <sup>4</sup> (met Huid indicatie)
Chloorpicrine	0,03	0,2	Voorlichtingsrichtwaarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	0,3	2	Alarmeringsgrenswaarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	1,5	10	Levensbedreigende waarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	0,1	0,7	<u>Overige, minder bruikbare normen:</u> MAC-waarde
1,2-dichloorethaan	40	200	Voorlichtingsrichtwaarde (interventiewaarde, 1 uur)
	120	500	Alarmeringsgrenswaarde (interventiewaarde, 1 uur)
	480	2000	Levensbedreigende waarde (interventiewaarde, 1 uur)
	0,01	0,05	<u>Overige, minder bruikbare normen:</u> Chronische grenswaarde (Baars et al., 2001)
	1,5	7	MAC-waarde
	3	14	MAC-waarde, 15 minuten gemiddelde
Sulfurylfluoride	3	12	Kortdurende grenswaarde voor omstanders (EU, 2006)
	5	20	<u>Overige, minder bruikbare normen:</u> MAC-waarde <sup>2</sup>
Fosfine	0,01	0,02	Grenswaarde voor blootstelling van 24 uur (RIVM, 2000)
	0,01	0,017	Grenswaarde voor blootstelling van 2 weken (RIVM, 2000)
	1	2	Alarmeringsgrenswaarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	7	10	Levensbedreigende waarde <sup>1</sup> (interventiewaarde, 1 uur)
	0,0002	0,00025	<u>Overige, minder bruikbare normen:</u> Chronische grenswaarde (RIVM, 2000)
	0,1	0,14	MAC-waarde
	0,2	0,28	MAC-waarde, 15 minuten gemiddelde

<sup>1</sup> de interventiewaarden zijn waarden die in geval van calamiteiten worden toegepast; gelden dus niet als geaccepteerde blootstellingsconcentraties bij reguliere activiteiten (VROM-Inspectie, 2006)

<sup>2</sup> Voorstel van de Gezondheidsraad is de MAC-waarde te verlagen tot 2,4 ppm (10 mg m<sup>-3</sup>) (Gezondheidsraad, 2004)

<sup>3</sup> Maximaal toelaatbaar risico (VROM, 1999)

<sup>4</sup> Maximaal Aanvaarde Concentratie van een stof op de werkplek

## 2.3 Bestaande regelgeving

In het Wettelijk gebruiksvoorschrift voor methylbromide (Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen, 2006) gelden drie afstandseisen met betrekking tot de ruimte waarbinnen zich gedurende de gehele gassing en ontgassingperiode geen personen mogen bevinden. De standaardeis is 100 m. Op deze regel gelden twee uitzonderingen:

- Bij gassing van containers is alle arbeid in de open lucht op het eigen bedrijfsterrein tussen de 10 en 100 meter van de gassingslocatie toegestaan mits de concentratie methylbromide beneden de wettelijke grenswaarde van 0,25 ppm ( $1 \text{ mg m}^{-3}$ ) blijft.
- Wanneer voor het gassen minder dan 25 kg methylbromide wordt toegepast mag de afstandeis van 100 meter worden teruggebracht tot 50 meter op locaties waar niet vaker dan zes keer per jaar een dergelijke gassing wordt uitgevoerd.

Voor gassing met fosfine geldt een afstandeis van 100 meter (Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen, 2006). Deze afstand mag worden teruggebracht naar 50 meter indien minder dan 1 kg fosfine wordt gebruikt op locaties waar niet vaker dan zes keer per jaar een dergelijke gassing wordt uitgevoerd.

Voor gassing met sulfurylfluoride geldt dat dit middel op dit moment nog niet is toegelaten (Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen, 2006). Een toelatingsaanvraag is in behandeling. De aanvrager stelt een afstandeis voor van 10 meter voor alle gassing met dit middel omdat dit door de aanvrager als veilig wordt aangegeven.



### 3. Meetmethoden

#### 3.1 Verschillende meetmethoden ingezet

In dit onderzoek zijn verschillende methoden ingezet voor het meten van de concentraties van de diverse begassingsmiddelen. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de verschillende toegepaste methoden.

*Tabel 2 Overzicht toegepaste meetmethoden*

Bemonsteringsmethode	Component	Analysemethode
Badges	Methylbromide	GC-MS
Tedlarbags	Methylbromide, chloorpicrine, 1,2-dichloorethaan, fosfine, sulfuryldifluoride	GC-MS
Canisters	Methylbromide, chloorpicrine, 1,2-dichloorethaan, fosfine, sulfuryldifluoride	GC-MS
Koolbuizen	Methylbromide, 1,2-dichloorethaan	GC-MS
Sensoren	Methylbromide	Sensoren

In dit hoofdstuk worden deze methoden beschreven. Voor methylbromide zijn er verschillende meetmethoden beschikbaar. Nevendoel was een onderlinge vergelijking tussen de methoden te maken.

#### 3.2 Badges in combinatie met GC-MS analyse

Met behulp van 3M3500 Organic Vapor Monitors ('badges') kunnen passieve bemonsteringen uitgevoerd worden. De techniek levert een tijdsgemiddelde concentratie voor vluchtige organische componenten. Het grote voordeel van deze meetmethode is dat badges eenvoudig in gebruik zijn: licht, handzaam en geen stroomvoorziening voor de monsternamen nodig.

Een badge bestaat uit een bed van actieve kool met daarvoor een semi-permeabele membraan. Het membraan zorgt ervoor dat de diverse gassen met



*Figuur 1 Een badge voor passieve monsternamen*

een bekende diffusiesnelheid bij het actieve kool komen. De bemonsteringsduur kan enkele uren tot enkele weken bedragen.

#### *Opwerking van de monsters en analyse*

Aan een beladen badge wordt 1,6 ml koude dichloormethaan toegevoegd. De extractie vindt gedurende een half uur plaats waarbij de badge regelmatig wordt omgezwinkt. Hierna wordt een deel van het extract overgebracht in een vial (een flesje met een rubberen stop) van 2 ml waarna analyse plaatsvindt met behulp van GC-MS.

#### *Karakteristieken*

Karakteristieken van deze techniek zijn: tijdgemiddelde (uren tot weken) en handzame monsternamen en geschikt voor vaststelling van concentraties in de orde van  $\mu\text{g m}^{-3}$  tot  $\text{mg m}^{-3}$ .

### 3.3 Tedlarbags in combinatie met GC-MS analyse



Een Tedlar bag is een zakje van 0,7 liter van inert materiaal waarin lucht kan worden verzameld met een handmatig bediende pomp, de Vac-U-tube. Het aldus verkregen monster kan met behulp van GC-MS op diverse stoffen, waaronder de meeste vluchtige koolwaterstoffen, geanalyseerd worden.

Een bemonstering vindt binnen enkele seconden plaats en de gevonden meetwaarden zijn dan ook momentane concentraties.

*Figuur 2 Een Vac-U-tube met een tedlarbag*

#### *Analyse*

Van de in de tedlarbag aanwezige lucht wordt 50 ml aangezogen op een koude trap waarna de monsters door thermische desorptie met GC-MS worden geanalyseerd.

#### *Karakteristieken*

Karakteristieken van deze techniek zijn:

- momentane en handzame monsternamen en geschikt voor vaststelling van concentraties in de orde van  $\mu\text{g m}^{-3}$  tot  $\text{mg m}^{-3}$ ;
- geen monstervoorbehandeling;
- geschikt voor het vaststellen van concentraties die niet sterk variëren (bijvoorbeeld in een besloten ruimte) voor een scala van stoffen.



### 3.4 Canisters in combinatie met GC-MS analyse

Canisters zijn metalen bollen die vacuüm kunnen worden gezogen, waarbij het metaal aan de binnenkant is voorzien van een coating waaraan geen stoffen absorberen. Door het openen van een kraan wordt lucht aan gezogen en het vacuüm opgeheven. Een restrictor op de aanzuiging is voor deze experimenten zodanig afgesteld dat de bemonstering ongeveer twee uur duurt. Op een manometer is af te lezen of er nog onderdruk in de canister aanwezig is.

Als de canister op de grond geplaatst wordt, is de aanzuighoogte 35 cm.

#### Analyse

De analyse vindt plaats zoals bij een tedlarbag.

#### Karakteristieken

Karakteristieken van deze techniek:

- tijdgemiddelde en handzame monsternamen en geschikt voor vaststelling van concentraties in de orde van  $\mu\text{g m}^{-3}$  tot  $\text{mg m}^{-3}$ ;
- geen monstervoorbehandeling nodig.



*Figuur 3 Een canister*

### 3.5 Koolbuizen in combinatie met GC-MS analyse



*Figuur 4 Koolbuis met aanzuigpomp*

De bemonstering op koolbuizen is uitgevoerd volgens de NIOSH-methode 2520 met SKC-226-38-02 Petroleum charcoal-set buizen. Deze buizen zijn speciaal geschikt voor methylbromide. Met behulp van Side-kick pompen is lucht gedurende twee uur met een flow van aanvankelijk  $1.000 \text{ ml min}^{-1}$  en later met  $50 \text{ ml min}^{-1}$  door de koolbuizen gezogen. De relatieve vochtigheid is hoger dan 50% maar het was niet nodig om een droger voor de samplers te plaatsen.

Karakteristieken van deze techniek:

tijdgemiddelde en handzame monsternamen en geschikt voor vaststelling van concentraties in de orde van  $\mu\text{g m}^{-3}$  tot  $\text{mg m}^{-3}$ .

### *Opwerking van de monsters en analyse*

Een beladen koolbuis wordt opengemaakt en in zijn geheel leeg gestort in een vial van 10 ml. Hieraan wordt afhankelijk van de hoeveelheid kool (400 mg of 200 mg) respectievelijk 4 of 2 ml koude dichloormethaan toegevoegd, waarna de vial met een crimp cap afgesloten wordt. Na een half uur, waarbij de vial regelmatig wordt omgezwinkt, wordt van de vloeistof een deel overgebracht in een vial van 2 ml waarna analyse plaatsvindt met behulp van GC-MS.

## 3.6 Sensoren

In dit onderzoek zijn de resultaten van de metingen met bovenstaande apparatuur vergeleken met de resultaten van *online monitoring apparatuur* (verder 'OLM-unit' genoemd). Deze apparatuur wordt door ECT getest op geschiktheid voor het meten van hoge concentraties van gassingsmiddelen met het oog op bewaking rond gegaste containers. De metingen zijn uitgevoerd door de leverancier.

Een hier gebruikte OLM-unit bevat vier verschillende halfgeleidersensoren.

Deze reageren - a-specifiek - op lage concentraties van oxiderende en/of reducerende gassen. Door het gebruik van meerdere halfgeleider sensoren naast elkaar en een soort fingerprints van stoffen kunnen toch uitspraken gedaan worden over de concentratie van een stof. De gebruikte OLM-units waren 'gekaracteriseerd' voor methylobromide.

### *Karakteristieken*

Karakteristieken van deze meetmethode zijn: continue meetmethode met continue indicatie van de concentratie, snelle respons op concentratieveranderingen, bedoeld als bewakingsinstrument, gevoelig voor andere stoffen.



*Figuur 5 Een OLM-unit bij containers (foto: Comon Invent)*

## 4. Projectaanpak

### 4.1 Projectaanpak in het kort

Het meetprogramma is uitgevoerd met het doel inzicht te verkrijgen in de optredende concentraties bij ontgassing.

Er is onderzoek uitgevoerd bij *actief begaste containers*, waarbij de gassing vergelijkbaar plaatsvond als bij *exportcontainers in Nederland*. Dit onderzoek is gecontroleerd uitgevoerd voor zover de omstandigheden beïnvloedbaar zijn. Er zijn drie containers met methylbromide, drie met fosfine en drie met sulfurylfluoride (vikane) gegast volgens de werkwijze in de praktijk. Een erkend gassingsbedrijf heeft deze gassing uitgevoerd. Tijdens de ontgassing zijn de concentraties van de gassingsmiddelen op verschillende afstanden tot circa 50 meter benedenwinds bepaald. Er is gekozen voor het gassen van drie containers gelijktijdig met hetzelfde middel om een worstcase situatie te creëren: de afstand tot waar concentraties benedenwinds worden gedetecteerd, zal - onder vergelijkbare weersomstandigheden - een maximale verspreidingsafstand zijn. Alleen onder andere weersomstandigheden zal een andere en mogelijk grotere verspreiding optreden.

Het onderzoek bij *importcontainers* is uitgevoerd in de praktijksituatie. Gedurende zeven weken zijn de tijdgemiddelde methylbromideconcentraties in een gassingsvak<sup>1</sup> bij ECT bepaald en zijn op verschillende dagen andere metingen gedaan om de verspreiding rond containers in beeld te brengen. Het onderzoek heeft zich gericht op de concentraties van bekende gassingsmiddelen zoals methylbromide, fosfine, sulfurylfluoride, 1,2-dichloorethaan en chloorpicrine.

### 4.2 Proefopzet ontgassing van actief begaste containers

Bij het bedrijf ECT op de Maasvlakte bij Rotterdam zijn drie sets van drie containers geplaatst. Deze containers waren door de VROM-Inspectie gehuurd en waren normaal toegepaste containers. De containers waren leeg en bevatten dus geen goederen.

Deze containers zijn met methylbromide, sulfurylfluoride en fosfine gegast volgens de standaardwerkwijze door erkende gassingsbedrijven (Holland Fumigation voor methylbromide en fosfine, SGS-Sanitec voor sulfurylfluoride). De gassing voor fosfine hebben plaatsgevonden op 9 en 20 augustus 2006; de gassing voor methylbromide en sulfurylfluoride op 16 en 28 augustus 2006. De beoogde concentraties in elke container betroffen  $48 \text{ g m}^{-3}$  voor methylbromide en  $65 \text{ g m}^{-3}$  voor sulfurylfluoride. In de containers die met fosfine werden gegast, zijn twee

---

<sup>1</sup> Een gemarkeerd en afgezet gebied waar containers die gassingsmiddelen bevatten, zodanig ontgast worden dat er geen blootstelling van mensen aan te hoge concentraties kan plaatsvinden



*Figuur 6 Opstelling van containers in het experiment waarbij op de linkerfoto de drie groepen van drie containers te zien zijn en op de rechterfoto één groep van drie geopende containers*

strengen ingebracht waaruit 30 g fosfine per stuk werd gevormd. In een 66 m<sup>3</sup>-container zou dit voor een maximale concentratie van 1 g m<sup>-3</sup> zorgen.

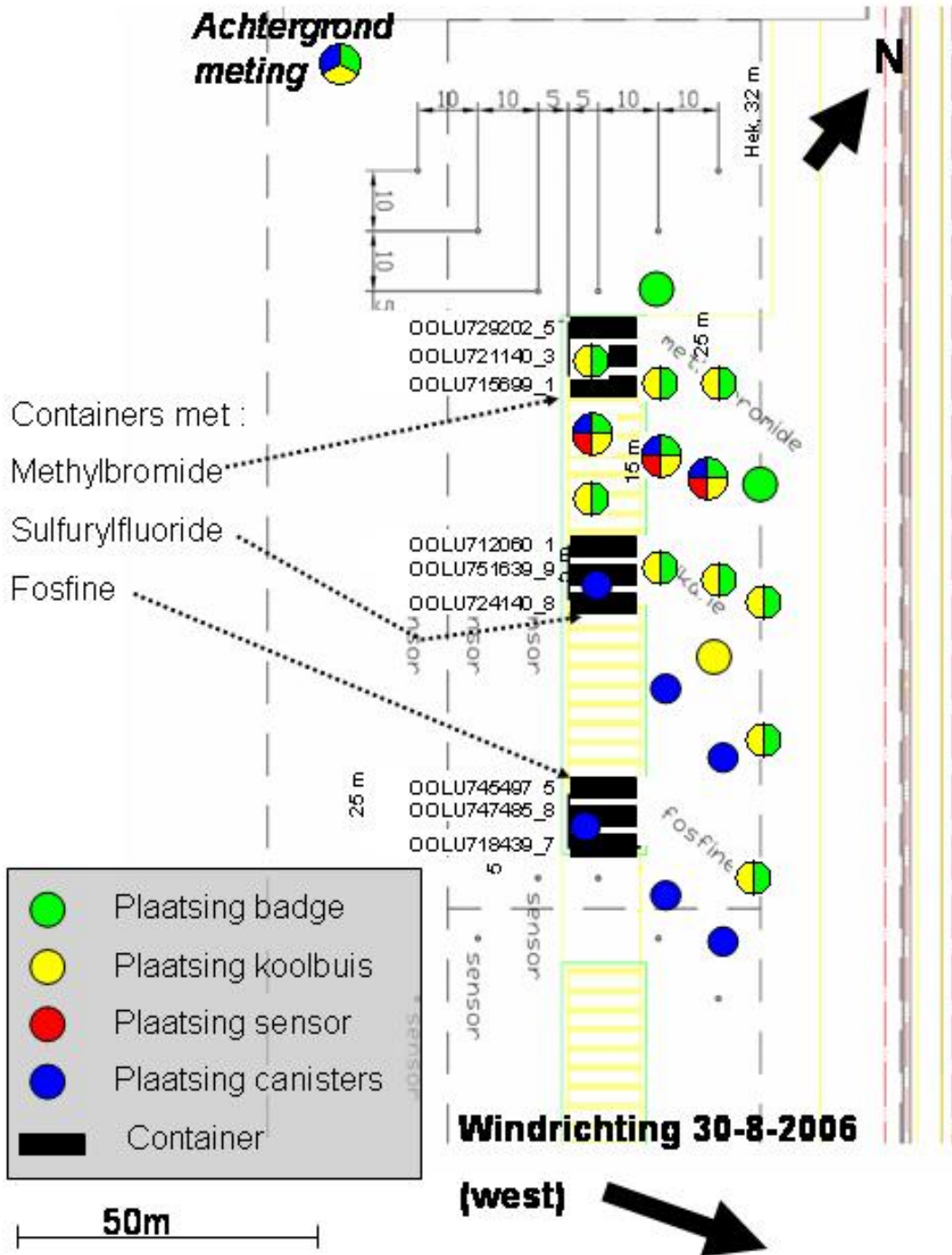
Op 17 en 30 augustus 2006 is gestart met de ontgassing. Dit betekende dat met de ontgassing is gestart acht respectievelijk tien dagen na de gassing van fosfine en één respectievelijk twee dagen na de gassing met methylbromide en sulfurylfluoride. In de met fosfine gegaste containers is op verschillende dagen een luchtmonster met een tedlarbag genomen om het verloop van de concentraties in de containers te volgen. Voorafgaand aan de gassing waren hiervoor voorzieningen getroffen zodat luchtmonsters uit de containers genomen konden worden om de fosfineconcentraties te kunnen monitoren zonder de containers te hoeven openen.

Tijdens de ontgassing zijn verschillende meetmethoden (zie hoofdstuk 3) toegepast om benedenwinds de concentraties van de gassingsmiddelen te meten. Vlak voor de ontgassing zijn met tedlarbags luchtmonsters uit de containers genomen om de concentraties in de containers vast te stellen. Omdat bij de eerste meetserie op 17 augustus aan de achterkant van de containers soms hoge concentraties werden geconstateerd, rees het vermoeden dat sommige containers lekten. Daarom zijn bij de tweede meetserie op 30 augustus luchtmonsters aan de achterkant van de containers genomen vóórdat de containers geopend werden. De bemonstering vond plaats met de Vacu-tube in tedlarbags; de analyse met GC-MS.

Tijdens de ontgassing zijn benedenwinds de concentraties van de verschillende stoffen gemeten. Voor het bemonsteren op methylbromide is gebruik gemaakt van badges, koolbuizen, canisters en sensoren (OLM-units). Voor het bemonsteren op fosfine en sulfurylfluoride is gebruik gemaakt van canisters. De meethoogte bedroeg 40 tot 60 cm.

De meetopstelling was naast de afhankelijkheid van de aantallen beschikbare apparaten vooral afhankelijk van de windrichting. Op 17 augustus werd een zuidoostenwind verwacht; op 30 augustus een westenwind. In Figuur 7 en Figuur 8 zijn de meetopstellingen schematisch weergegeven. De meetopstelling op 17 augustus was gebaseerd op een verwachte zuidoostelijke wind. Bij het opstellen van de apparatuur is de meetstrategie al aangepast aan de ter plekke geconstateerde zuidenwind. Achteraf gezien bleek de wind pal zuid geweest te zijn.





Figuur 8 Opstelling bemonsteringsapparatuur 30 augustus 2006

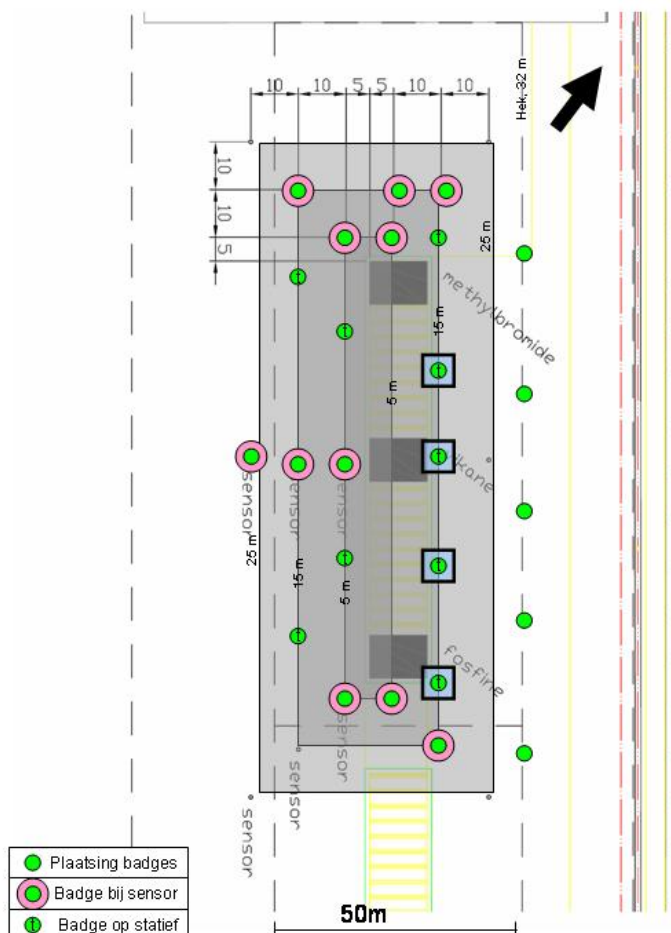
### 4.3 Proefopzet onderzoek bij importcontainers

Het onderzoek bij importcontainers is uitgevoerd onder de praktijkomstandigheden van ontgassende containers zoals die zich aandienen. Het onderzoek was gericht op het vaststellen van de globale verspreidingsafstand rondom ontgassende importcontainers. Het onderzoek is met twee verschillende meetstrategieën uitgevoerd.

Ten eerste zijn badges (zie paragraaf 3.2) op verschillende afstanden van ontgassende containers opgehangen. De badges hebben continu, gedurende enkele weken de lucht rondom de containers bemonsterd en geven een beeld van de gemiddelde concentratie methylbromide over de meettijd. In Figuur 9 is de plaatsing aangegeven van de badges. Er is gemeten gedurende twee, aaneensluitende periodes van drie en vier weken, te weten de periode van 7 tot en met 28 september en 28 september tot en met 27 oktober 2006.

De badges zijn opgehangen aan de hekken van het terrein (circa 150 cm hoog), aan statieven (circa 50 cm hoog) en aan betonnen blokken (circa 40 cm hoog). Er zijn regenkapjes in de vorm van trechters om de badges gehangen. Dit heeft geen invloed op de bemonstering.

Door de VROM-Inspectie is in die perioden bijgehouden welke containers waren geplaatst en is bijgehouden welke gassingsmiddelen in de containers zaten.



Figuur 9 Plaatsing van de badges voor het meten van de concentratie methylbromide

Ten tweede zijn metingen van de concentraties van gassingsmiddelen in het gassingsvak uitgevoerd. Dit is twee maal gedaan onder de wind van net geopende containers met hoge concentraties van bepaalde middelen en eenmaal bij containers die paar dagen stonden te ontgassen. Het betrof de volgende metingen:

- metingen rondom een ontgassende container met hoge concentraties chloorpicrine (19 september 2006);
- metingen rondom een ontgassende container met hoge concentraties fosfine (30 september 2006). In deze 33 m<sup>3</sup>-container werd fosfide als mollenbestrijdingsmiddel vervoerd. De verpakking was niet adequaat want in de container werden hoge concentraties fosfine gemeten;
- metingen rondom ontgassende containers die al enige tijd open stonden (27 oktober 2006).

De bemonstering op chloorpicrine op 19 september en op fosfine op 30 september is gedaan met canisters (de enige beschikbare tijdgemiddelde meetmethodiek voor deze stoffen). Bij de bemonstering op 27 oktober zijn ook de koolbuizen ingezet om andere componenten te detecteren. De meetopstellingen zijn tezamen met de resultaten gegeven in paragraaf 5.2.



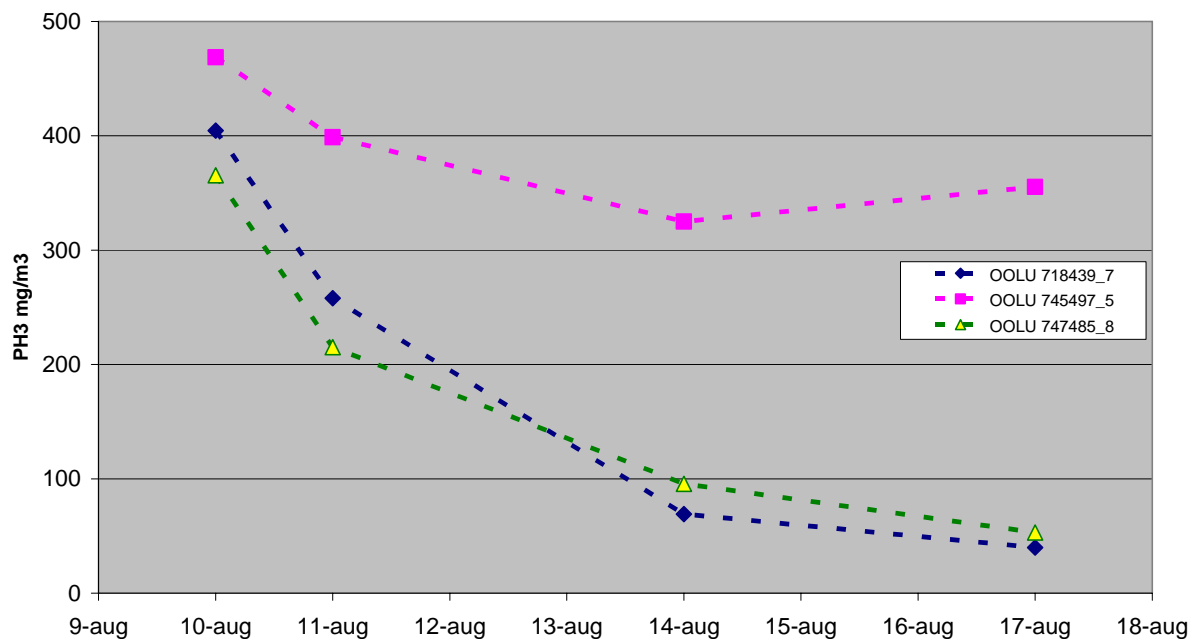
## 5. Resultaten

### 5.1 Resultaten onderzoek actief begaste containers

#### 5.1.1 Resultaten van het onderzoek op 17 augustus 2006

In *Figuur 10* is het verloop gegeven van de gemeten concentraties fosfine in de drie gegaste containers in de periode van 10 tot 17 augustus. De gassing vond plaats op 9 augustus 2006.

De gemeten concentraties in de containers vlak voor het openen zijn gegeven in Tabel 3.



*Figuur 10* Verloop van de gemeten concentraties fosfine (in  $\text{mg m}^{-3}$ ) in de gegaste containers vanaf de gassing tot aan de ontgassing, eerste serie, periode 8 tot en met 17 augustus 2006

*Tabel 3 Gemeten concentraties in de containers op 17 augustus 2006 vlak voor openen van de containers*

Gegast met	Container	Concentratie (g m <sup>-3</sup> )	Hoeveelheid in container (66 m <sup>3</sup> )
Methylbromide	OOLU729202_5	69	4,6 kg
	OOLU721140_3	37	2,4 kg
	OOLU715699_1	34	2,2 kg
Sulfurylfluoride	OOLU712060_1	28	1,8 kg
	OOLU751639_9	78	5,1 kg
	OOLU724140_8	49	3,2 kg
Fosfine	OOLU745497-5	0,05	3 g
	OOLU747485-8	0,04	3 g
	OOLU718439-7	0,36	24 g

#### *Weersgegevens*

De weersomstandigheden betroffen:

- Windrichting : zuid
- Windsnelheid : kracht 3 Bft (4 m s<sup>-1</sup>)
- Temperatuur : 22°C
- Neerslag : geen
- Bewolgingsgraad : zwaar tot geheel bewolkt (6/8 tot 8/8).

#### *Resultaten metingen rondom de containers*

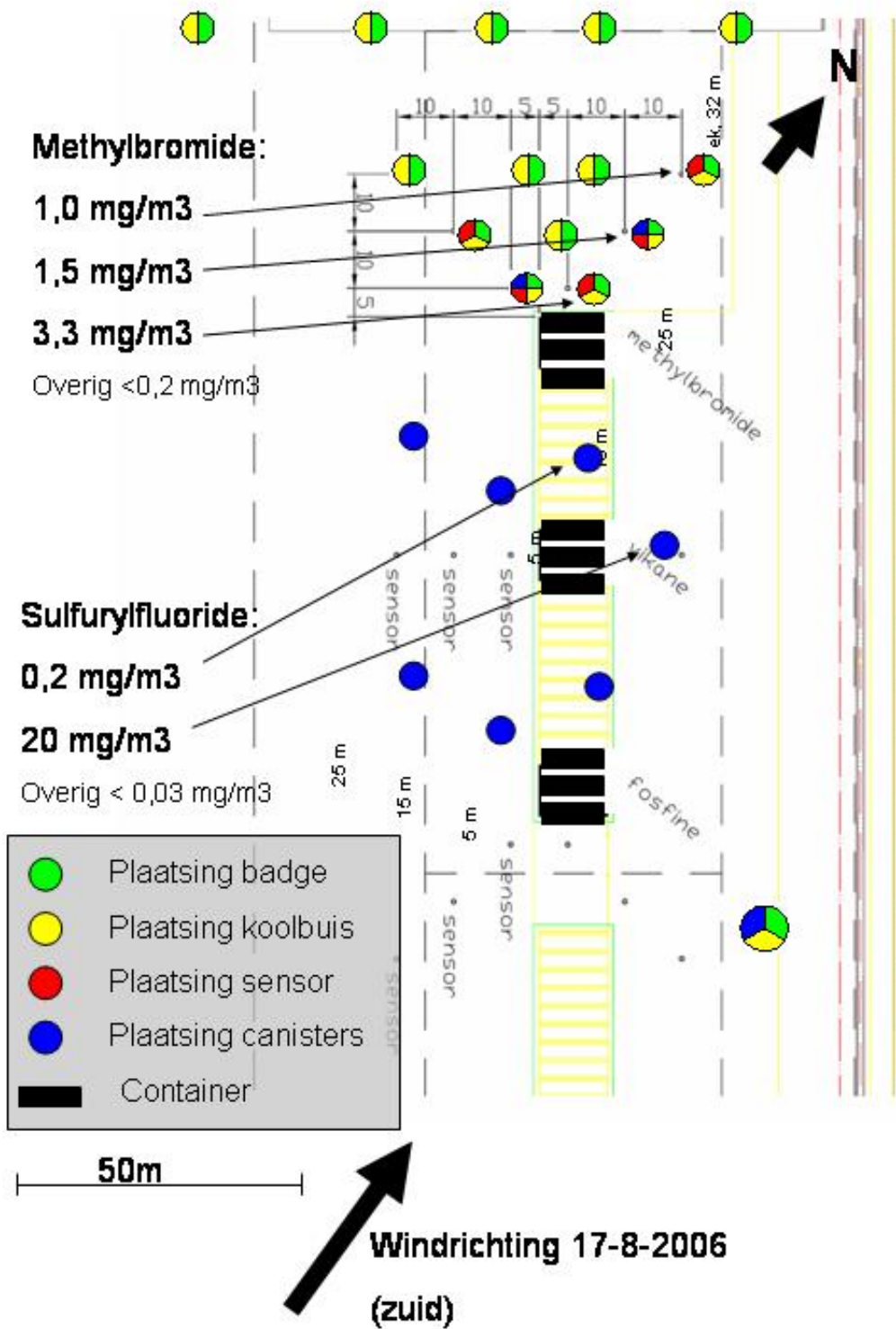
De bemonsteringsduur bedroeg circa twee uur voor alle meetmethoden.

In Bijlage 1 zijn de resultaten van de metingen in tabelvorm gepresenteerd. In Figuur 11 zijn de gemeten concentraties aangegeven. Alleen die concentraties zijn aangegeven die boven de bepalingsgrens lagen.

Er zijn drie badges waarop concentraties methylbromide boven de bepalingsgrens (circa 0,02 mg m<sup>-3</sup>) zijn gemeten. Deze badges liggen op één lijn benedenwinds van de met methylbromide gegaste containers. De gemeten, twee-uurgemiddelde concentraties bedragen 3 mg m<sup>-3</sup> op een afstand van circa 10 meter tot 1 mg m<sup>-3</sup> op een afstand van circa 35 m.

Op de plaats waar met de badge een methylbromideconcentratie van 1,5 mg m<sup>-3</sup> is gemeten, is met de canister een concentratie van 2,6 mg m<sup>-3</sup> gemeten. Dit is een verschil van een factor 1,7.

De metingen met de koolbuizen gaven geen van alle concentraties methylbromide boven de bepalingsgrens (0,02 mg m<sup>-3</sup>). Het vermoeden rees dat dit aan de bemonsteringsmethode lag en er een te hoge aanzuigsnelheid is gebruikt. Een hoge aanzuigsnelheid heeft als voordeel dat meer van een stof op de actieve kool kan absorberen, waardoor de bepalingsgrens lager wordt. Methylbromide is echter een vluchtige component die mogelijk ook desorbeert. Bij proeven waarbij gebruik is gemaakt van bekende concentraties methylbromide, bleek inderdaad dat bij de gebruikte aanzuigsnelheid van 1.000 ml min<sup>-1</sup> te lage tot geen concentraties worden gevonden. Bij een snelheid van 50 ml min<sup>-1</sup> werden correcte concentraties gevonden. In het vervolg is bij alle andere experimenten deze lagere aanzuigsnelheid toegepast.



Figuur 11 Gemeten concentraties op 17 augustus 2006, middelingstijd 2 uur, concentraties in mg m<sup>-3</sup>

Met de canisters zijn op twee plaatsen benedenwinds van de met sulfurylfluoride gegaste containers concentraties boven de bepalingsgrens (circa  $0,02 \text{ mg m}^{-3}$ ) aangetoond. Vlak achter de containers is een concentratie gemeten van  $20 \text{ mg m}^{-3}$ ; op circa 10 meter van de geopende deuren van de container is een concentratie gemeten van  $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ .

Fosfine werd nergens boven de bepalingsgrens (circa  $0,02 \text{ mg m}^{-3}$ ) aangetoond.

## 5.1.2 Resultaten van het onderzoek op 30 augustus 2006

### *Concentraties in de gegaste containers*

De concentraties in de containers vlak voor het ontgassen (openen van de deuren) zijn gegeven in Tabel 4.

Vlak voor de ontgassing is aan de achterkant van de containers een luchtmonster in een tedlarbag genomen bij elke set van drie containers. Reden hiervoor was dat bij de eerste meetserie achter de met sulfurylfluoride gegaste containers hoge concentraties sulfurylfluoride aangetroffen zijn. In Tabel 4 zijn deze metingen eveneens aangegeven.

*Tabel 4 Gemeten concentraties in en achter de containers (in  $\text{g m}^{-3}$  respectievelijk in  $\text{mg m}^{-3}$ ) op 30 augustus 2006 vlak voor het openen van de containers*

Gegast met	Container	Concentratie in de container ( $\text{g m}^{-3}$ )	Hoeveelheid in container ( $66 \text{ m}^3$ )	Concentratie achter de containers ( $\text{mg m}^{-3}$ )
Methylbromide	OOLU729202_5	33	2,2 kg	0,3
	OOLU721140_3	3	0,2 kg	
	OOLU715699_1	59	3,9 kg	
Sulfurylfluoride	OOLU712060_1	15	1,0 kg	0,4
	OOLU751639_9	36	2,4 kg	
	OOLU724140_8	10	0,7 kg	
Fosfine	OOLU745497_5	0,10	7 g	0
	OOLU747485_8	0,01	1 g	
	OOLU718439_7	0,003	0 g	

### *Weergegevens*

De weersomstandigheden betroffen:

- Windrichting : west
- Windsnelheid : kracht 3 Bft ( $4 \text{ m s}^{-1}$ )
- Temperatuur :  $16^\circ\text{C}$
- Neerslag : geen
- Bewolgingsgraad : zwaar tot geheel bewolkt (6/8 tot 8/8).

### *Resultaten metingen met badges, koolbuizen en canisters*

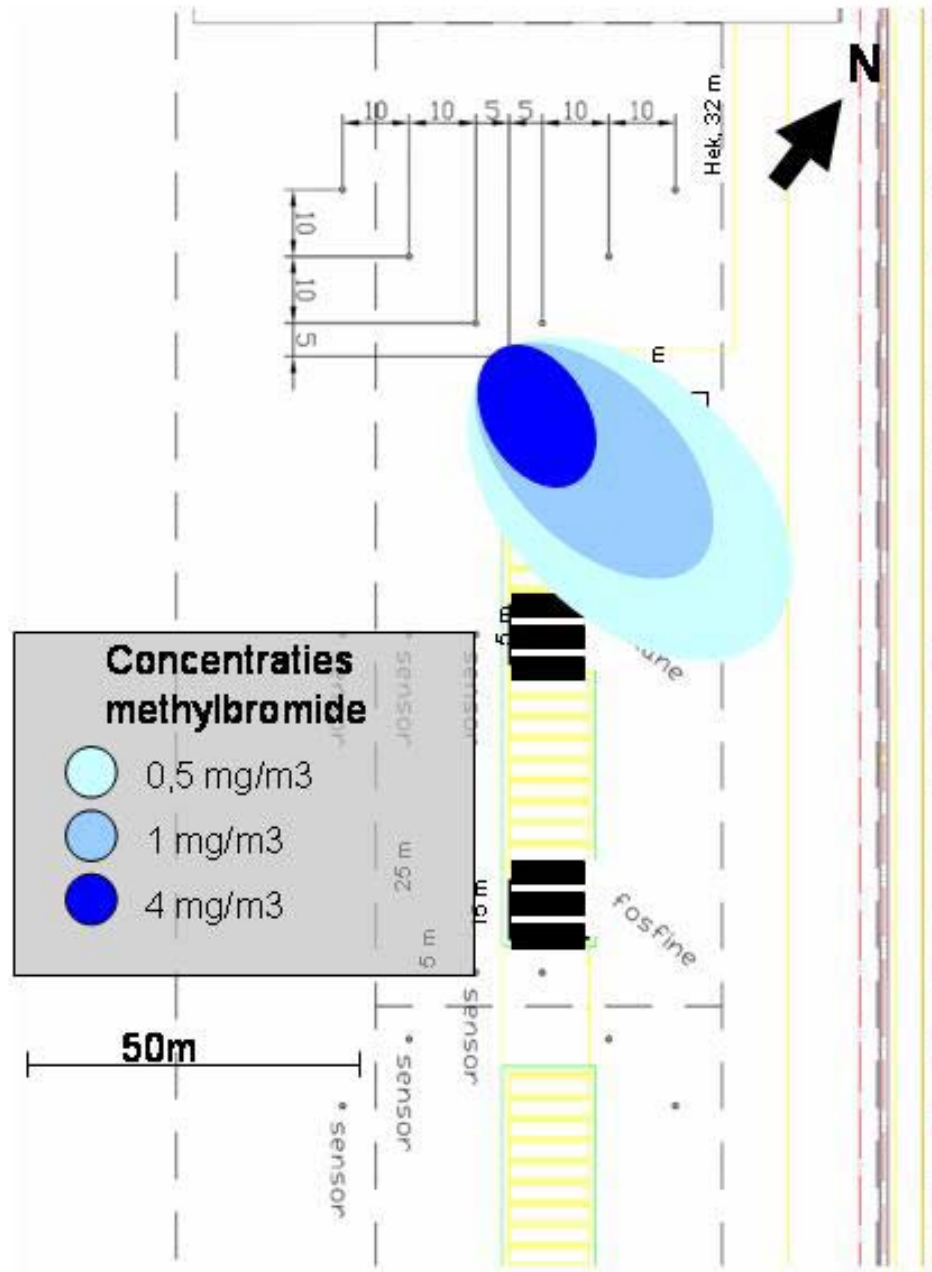
De bemonsteringsduur bedroeg circa twee uur voor alle meetmethoden.

In Bijlage 1 zijn alle meetgegevens in tabelvorm gepresenteerd. In tabel B.1.3 is te zien:

- De duplo's voor de badgemetingen verschillen niet meer dan  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ ;
- De methylbromideconcentraties zoals met de badges tot op afstanden van 25 meter bepaald, bedragen ongeveer de helft van de concentraties zoals bepaald met koolbuizen. Op 50 meter afstand zijn de concentraties vergelijkbaar;

- De methylbromideconcentraties zoals bepaald met de canisters, zijn een factor 4 hoger dan de concentraties zoals met de koolbuizen bepaald.

In Figuur 12 zijn de gemeten methylbromideconcentraties op een plattegrond aangegeven zoals die globaal met de koolbuizen zijn vastgesteld.



*Figuur 12 Gemeten concentraties methylbromide (mg m<sup>-3</sup>) op 30 augustus 2006, gebaseerd op de resultaten voor de koolbuizen, twee uurgemiddelde concentraties*

Op basis van de met koolbuizen gemeten concentraties is het volgende voor de twee-uurgemiddelde concentraties te concluderen:

- Tot 15 meter bedragen de concentraties enkele  $\text{mg m}^{-3}$  methylbromide;
- Op 50 meter afstand bedragen de methylbromideconcentraties circa  $0,5 \text{ mg m}^{-3}$ .

In Tabel 5 zijn de met canisters gemeten concentraties sulfurylfluoride samengevat. De concentraties zijn in de orde van enkele  $\text{mg m}^{-3}$  voor twee-uurgemiddelden. Er zijn geen fosfine concentraties groter dan  $25 \mu\text{g m}^{-3}$  vastgesteld.

Tabel 5 Met canisters gemeten twee-uurgemiddelde sulfurylfluorideconcentraties (in  $\text{mg m}^{-3}$ )

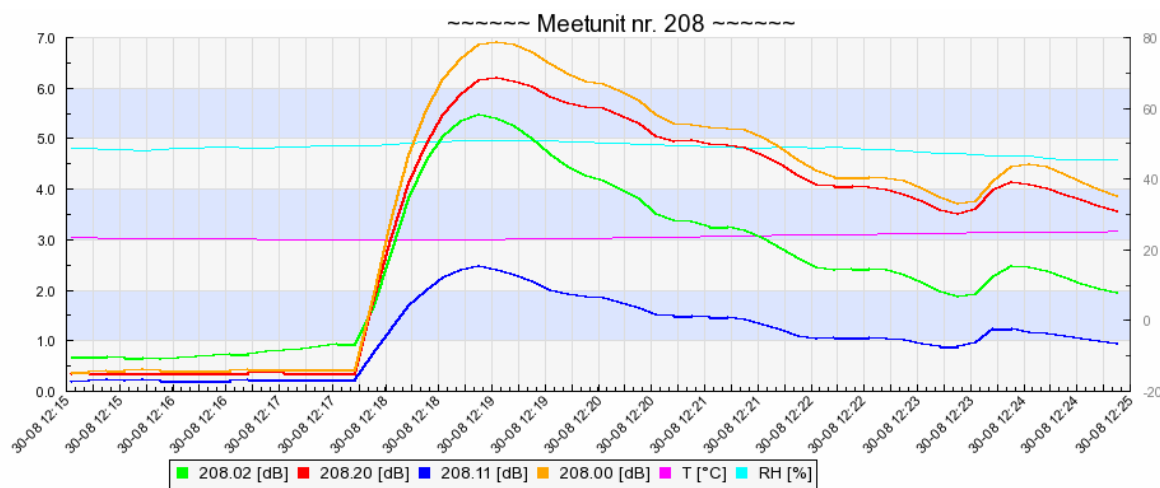
Afstand tot container (m)	Concentraties ( $\text{mg m}^{-3}$ )
5	10
20	4
30	2

#### Resultaten van metingen met OLM-units

In Figuur 13 is het resultaat gegeven van één van de OLM-units; in Bijlage 3 zijn de resultaten gegeven van alle units (zie paragraaf 3.6). De vier units waarvan de resultaten zijn gegeven, stonden op 5, 10, 15 en 20 meter afstand onder de wind van de containers gevuld met methylbromide.

In Figuur 13 is de respons van de vier sensoren gegeven waar een OLM-unit uit bestaat. In de figuur is de respons van de afzonderlijke sensoren gegeven in de periode van 12.15 uur tot 12.25 uur. Te zien is dat:

- de respons in de loop van de tijd voor de vier sensoren in een OLM-unit vergelijkbaar is;
- het signaal vanaf 12.17 uur (openen van de containers) snel toeneemt en vanaf 12.19 uur (2 minuten na openen) langzaam zakt;
- om 12.25 uur (dus 8 minuten na openen van de containers) is het signaal nog circa de helft van de piekwaarde.



Figuur 13 Resultaat van een meting met een OLM-unit op 30 augustus 2006 (tijdperk van 12.15 tot 12.25 uur)

*Tabel 6 Methylbromideconcentraties zoals vastgesteld door de OLM-units tussen 12.18 en 12.20 uur (piekconcentraties)*

Afstand tot de container m	Methylbromideconcentratie	
	mg m <sup>-3</sup>	ppm
5	800	200
10	140	35
15	100	25
20	28	7

Door de leverancier van de OLM-units is uit de signalen de methylbromideconcentratie afgeleid tussen 12.18 en 12.20 uur (Bootsma, 2006). De resultaten hiervan zijn vermeld in Tabel 6. Uitgaande van deze resultaten is een twee-uurgemiddelde concentratie uit Figuur 13 bepaald door de gemiddelde signaalwaarde in een tijdvak te bepalen, een lineair verband tussen signaal en de concentratie zoals vermeld in Tabel 6 aan te houden en vervolgens te middelen. In Bijlage 3 is dit uitgewerkt. Op deze manier wordt een twee-uurgemiddelde concentratie op 5 meter afstand van de container berekend van ruim 50 mg m<sup>-3</sup>.

In Bijlage 3, Figuur B3.1 is te zien dat de vier OLM-units eenzelfde verloop vertonen waarbij de piekhoogte afneemt met de afstand tot de container. In Bijlage 3, Figuur B3.2 is te zien dat:

- er rond het tijdstip van openen van de containers (rond 12.17 uur) een snelle respons van de sensoren is;
- het sensorsignaal één uur na openen van de containers op 20% van de piekwaarde zit;
- het sensorsignaal vier uur na openen weer op de uitgangswaarde terug is.

## 5.2 Resultaten bij importcontainers

### 5.2.1 Resultaten onderzoek met badges voor methylbromide

In de periode 7 tot en met 28 september en de periode 28 september tot en met 27 oktober 2006 zijn badges rondom ontgassende containers geplaatst ter vaststelling van de methylbromideconcentraties. In Figuur 9 is de plaatsing van de badges aangegeven. De badges hingen op 5 tot 50 meter afstand vanaf en rondom de containers.

In Tabel 7 is een overzicht gegeven van de containers die gedurende het onderzoek in het gassingsvak hebben gestaan. Van verschillende containers heeft de VROM-Inspectie monsters in een tedlarbag genomen om de gassingsmiddelen en de concentratie hiervan vast te stellen. Verschillende containers die niet bemonsterd zijn, hebben minder dan een dag in het gassingsvak gestaan. Het is aannemelijk dat deze containers geen gassingsmiddelen in relevante hoeveelheden bevatten.

Tabel 7 Overzicht geplaatste ontgassende importcontainers in het gassingsvak

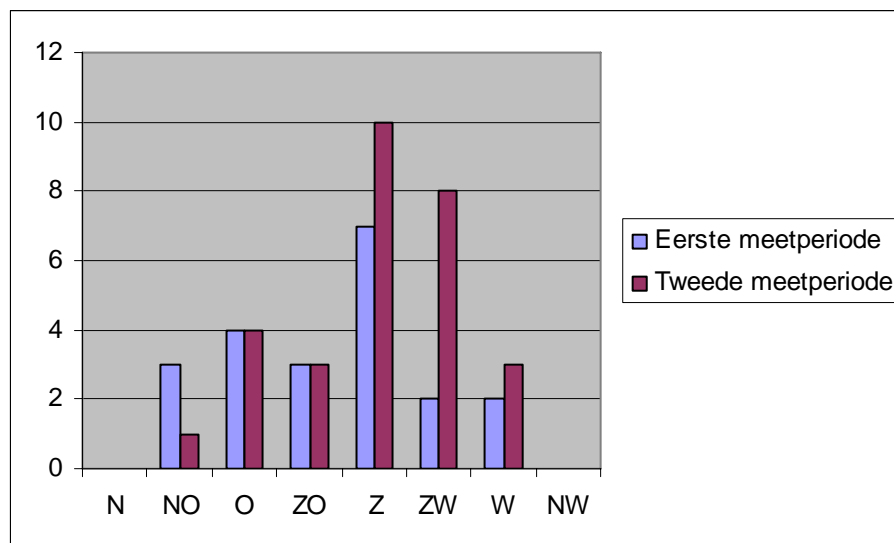
<i>Container</i>	<i>Datum in</i>	<i>Datum uit</i>	<i>Aantal dagen IN</i>	<i>Prefix Nummer</i>	<i>Gassingsmiddelen (voor start van de ontgassing)</i>
1	31-8-2006	4-9-2006	4	SEAU 867270-4	Niet relevant, vertrek voor start
2	29-8-2006	6-9-2006	8	TRIU 592153-0	Niet relevant, vertrek voor start
3	4-9-2006	7-9-2006	3	UESU 456228-3	Niet relevant, vertrek voor start
4	6-9-2006	7-9-2006	1	CLHU 221301-2	Niet relevant, vertrek voor start
5	22-8-2006	14-9-2006	23	CBHU 176013-9	alle componenten <25 ppm
6	13-9-2006	18-9-2006	5	PONU 049401-7	
7	13-9-2006	18-9-2006	5	TGHU 414266-0	
8	13-9-2006	18-9-2006	5	PONU 950569-0	
9	6-9-2006	20-9-2006	14	TTNU 314298-5	tolueen, ethylbenzeen en 1-ethyl-3-methylbenzeen
10	18-9-2006	20-9-2006	2	HJCU 802551-7	
11	22-9-2006	22-9-2006	0	GATU 123411-0	
12	21-9-2006	25-9-2006	4	XXXX 005647-4	
13	29-8-2006	29-9-2006	31	UESU 463584-1	benzeen en toluen
14	18-9-2006	3-10-2006	15	TCKU 254402-5	
15	18-9-2006	3-10-2006	15	YMLU 497287-4	
16	2-10-2006	5-10-2006	3	XINU 119793-4	
17	2-10-2006	5-10-2006	3	TGHU 41 0828-5	
18	4-10-2006	5-10-2006	1	EMCU 317382-0	
19	9-10-2006	9-10-2006	0	KKFU 159514-9	
20	9-10-2006	9-10-2006	0	KKFU 140337-5	
21	2-10-2006	10-10-2006	8	GSTU 432714-7	Geen analysegegevens
22	10-10-2006	14-10-2006	4	TEXU 360046-1	
23	26-9-2006	18-10-2006	22	NIOU 217725-4	Geen analysegegevens
24	26-9-2006	18-10-2006	22	CCLU 420627-0	Geen analysegegevens
25	19-10-2006	20-10-2006	1	CBHU 182163-5	
26	19-10-2006	20-10-2006	1	TRLU 466588-7	
27	24-10-2006	26-10-2006	2	PONU 760679-9	
28	25-10-2006	26-10-2006	1	MSKU 283745-5	



Container	Datum in	Datum uit	Aantal dagen IN	Prefix Nummer	Gassingsmiddelen (voor start van de ontgassing)
29	25-10-2006	26-10-2006	1	KNLU 431880-8	
30	25-10-2006	27-10-2006	2	OBOU 602379-3	alle componenten <25 ppm
31	14-9-2006	31-10-2006	47	GLDU 402540-9	chloormethaan (50 mg m <sup>-3</sup> ), methylbromide (656 mg m <sup>-3</sup> ), tetrachloormethaan (0,4 mg m <sup>-3</sup> ), 1,2-dibroommethaan ( 2 mg m <sup>-3</sup> )

Uit het overzicht blijkt dat er slechts één container (GLDU 402540-9) in het gassingsvak in deze periode is opgesteld waarin methylbromide zat. Deze container bevatte methylbromide en is in het gassingsvak geplaatst op een dag met oost-noordoosten wind. Benedenwinds van de container bij deze wind was één badge geplaatst op circa 10 meter afstand.

In Figuur 14 is een overzicht gegeven van de daggemiddelde windrichting gedurende deze periode; in Bijlage 5 is een gedetailleerder overzicht gegeven van de weergegevens. De windrichting heeft gedurende het onderzoek normaal gevarieerd. Dit houdt in dat de badges af en toe onder de wind van ontgassende containers gestaan hebben.



*Figuur 14 Aantal dagen met een daggemiddelde windrichting uit de vermelde streken in de eerste meetperiode (7 – 28 september) en de tweede meetperiode (29 september – 27 oktober)*

Na analyses van de badges bleek dat op geen van de badges methylbromideconcentraties boven de bepalingsgrens van 0,001 mg m<sup>-3</sup> gevonden zijn. Ook op de badge die benedenwinds van de methylbromide bevattende container GLDU 402540-9 lag, zijn geen detecteerbare hoeveelheden methylbromide aangetoond.

## 5.2.2 Resultaten metingen bij importcontainers 19 september

Op 19 september 2006 zijn de concentraties methylbromide en chloorpicrine bepaald rond twee importcontainers waarin deze stoffen gebruikt waren (monsternamen met tedlarbags). De concentraties in de containers zijn weergegeven in Tabel 8.

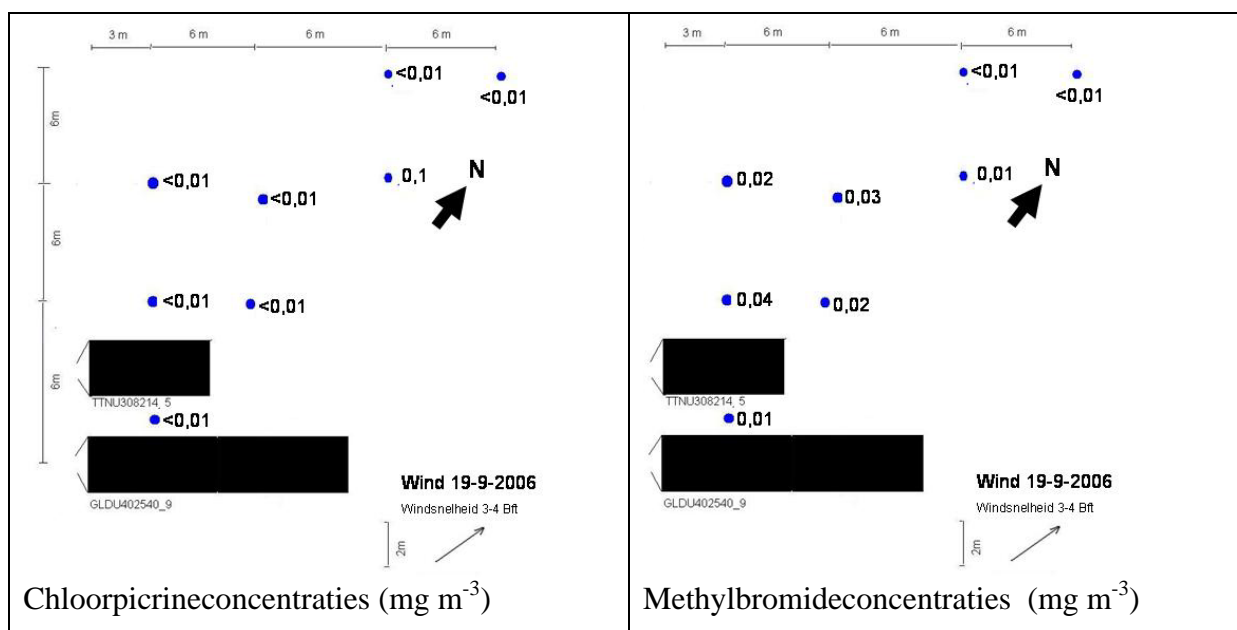
Tabel 8 Gemeten gassingsmiddelen in de importcontainers op 19 september 2006

	Concentraties in containers (mg m <sup>-3</sup> )		Hoeveelheid in containers (g)	
	methylbromide	chloorpicrine	methylbromide	chloorpicrine
Container 1 (66 m <sup>3</sup> )	54		3,6	
Container 2 (33 m <sup>3</sup> )	320	1,5	11	0,05

Weergegevens tijdens de metingen:

Windsnelheid : 3 Bft (4 m/s)  
 Windrichting : ZW (225 graden)  
 Temperatuur : 18°C  
 Neerslag : geen  
 Bewolking : half bewolkt (4/8)

In Figuur 15 zijn de gemeten concentraties om de containers gegeven. De twee-uurgemiddelde methylbromideconcentraties bedragen 0,01 tot 0,04 mg m<sup>-3</sup> op een afstand tot 25 m. Voor chloorpicrine is op 25 meter een concentratie gevonden van 0,1 mg m<sup>-3</sup>; op andere meetpunten zijn geen concentraties chloorpicrine groter dan de bepalingsgrens aangetoond.



Figuur 15 Twee-uurgemiddelde concentraties chloorpicrine en methylbromide (mg m<sup>-3</sup>) benedenwinds van ontgassende importcontainers

### 5.2.3 Resultaten metingen bij importcontainers op 30 september 2006

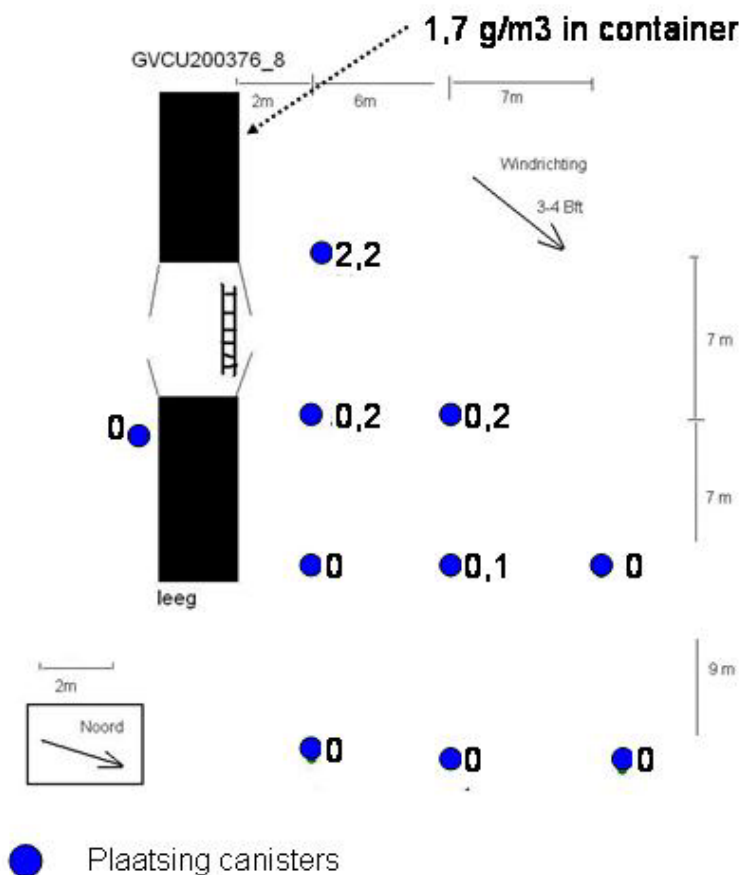
Op 30 september 2006 zijn de fosfineconcentraties rond een geopende importcontainer bepaald. In deze importcontainer ( $33 \text{ m}^3$ ) zat  $56 \text{ g}$  fosfine ( $1,7 \text{ g m}^{-3}$ ). Deze grote hoeveelheid was een gevolg van het product in de container (fosfide) dat was gaan lekken waarbij fosfine was gevormd. Deze container is dus geen gegaste importcontainer, maar een container met lekkend product.

De concentratiemetingen zijn uitgevoerd tijdens het ompakken van het product in een andere container. De metingen zijn vlak voor het openen van de container gestart.

Weergegevens ten tijde van de metingen:

Windsnelheid	: 3 Bft (4 m/s)
Windrichting	: ZZW (200 graden)
Temperatuur	: $20^\circ\text{C}$
Neerslag	: geen
Bewolking	: half bewolkt (3/8)

In Figuur 16 zijn de gemeten twee-uur gemiddelde fosfineconcentraties gegeven. Binnen een straal van 5 meter wordt een concentratie van meer dan  $2 \text{ mg m}^{-3}$  gemeten. Tot op een afstand van 15 à 20 meter bedragen de concentraties circa  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ .



Figuur 16 Twee-uurgemiddelde fosfineconcentraties ( $\text{mg m}^{-3}$ ) benedenwinds van een geopende importcontainer op 30 september 2006

### 5.2.4 Resultaten metingen bij importcontainers op 27 oktober

Op 27 oktober 2006 is in het gassingsvak rondom ontgassende containers de concentratie bepaald van verschillende gassingsmiddelen. De containers stonden al enige tijd te ontgassen.

Weergegevens:

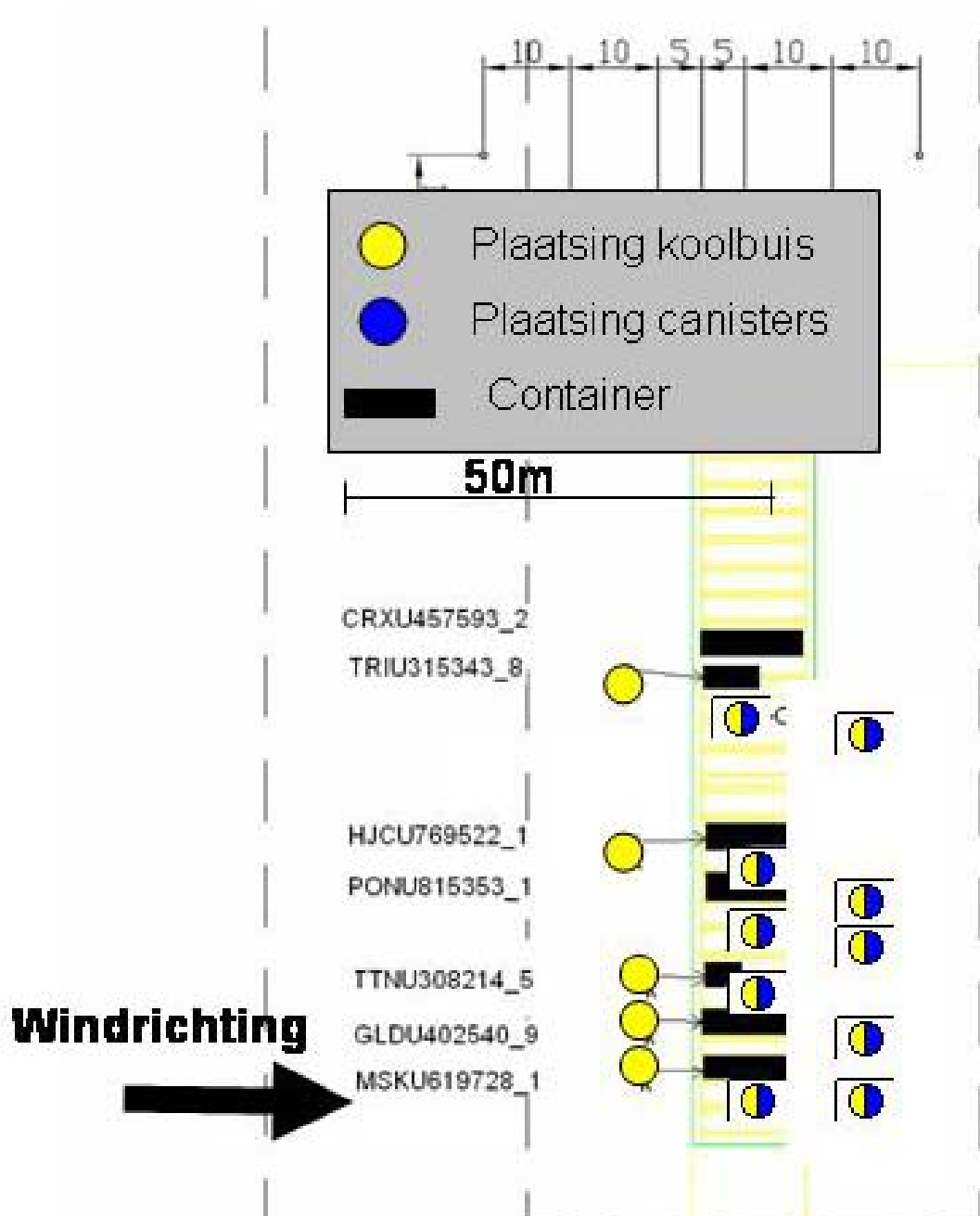
Windsnelheid	: 3 Bft (4 m/s)
Windrichting	: WZW (245 graden)
Temperatuur	: 12°C
Neerslag	: geen
Bewolking	: half bewolkt (4/8)

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de containers die op dat moment in het gassingsvak stonden met daarbij de gassingsmiddelen vermeld.

In Figuur 17 is de opstelling van de containers en de meetapparatuur gegeven. Als meetmiddelen zijn canisters en koolbuizen gebruikt. De afstand tot de containers bedroeg 5 tot 25 m. De meetduur bedroeg twee uur. Met geen van de meetmiddelen zijn concentraties voor methylbromide, fosfine, 1,2-dichloorethaan en chloorpicrine boven de bepalingsgrens van circa 0,02 mg m<sup>-3</sup> aangetoond.

*Tabel 9 Opgestelde containers en aangetroffen gassingsmiddelen*

Datum in	Datum uit	Prefix Nummer	Aangetroffen gassingsmiddelen
		CRXU457593-2	Geen
		TRLU315343-8	Geen
		HJCU769522-1	Geen
		PONU815353-1	Fosfine
		TTNU308214-5	Geen
14-9-2006	31-10-2006	GLDU 402540-9	Chloormethaan, methylbromide, tetrachloormethaan, 1,2-dibroomethaan
		MSKU619728-1	Methylchloride, methylbromide



Figuur 17 Meetopstelling rond ontgassende importcontainers op 27 oktober 2006



## 6. Interpretatie en Bespreking

### 6.1 Verloop van de gassingsconcentraties bij de actief begaste containers

Bij het actief begassen van containers zijn de begassing en als geslaagd te beschouwen. Op 17 augustus lagen de concentraties gemiddeld op 97% van de gassingconcentratie voor methylbromide en 79% voor sulfurylfluoride. Op 30 augustus was dit percentage lager: 66% respectievelijk 31%. Niet bekend is wat een normaal verloop van de gassingconcentratie in de 24-uur-wachttijd is. Voor het verschil tussen de beoogde en de gerealiseerde concentratie zijn er verschillende verklaringen:

- het ingassen gebeurt niet nauwkeurig zodat er een grote spreiding rondom de beoogde gassingsconcentratie ontstaat. Dit blijkt ook uit het feit dat één van de met methylbromide gegaste containers een bijna 50% hogere concentratie bevat - zelfs na één dag staan - dan de beoogde gassingsconcentratie;
- containers kunnen lekken zoals in eerdere experimenten en ook in dit onderzoek is gebleken. In dit experiment is gebleken dat de containers kunnen lekken: achter één van de met sulfurylfluoride begaste containers werden concentraties van enkele  $\text{mg m}^{-3}$  geconstateerd, terwijl de containers nog onder gas stonden en gesloten waren.

De gassing met fosfine zijn ook grotendeels gelukt. De fosfineconcentraties bij het openen van de containers varieerden van enkele tot enkele honderden  $\text{mg m}^{-3}$ . Bij de eerste gassing zijn gedurende de dagen dat de containers onder gas stonden, luchtmonsters uit de container genomen en geanalyseerd op concentratie fosfine. De concentratie één dag na gassing is het hoogst en bedraagt  $500 \text{ mg m}^{-3}$ , ofwel 50% van de maximaal te bereiken concentratie.

### 6.2 Vergelijking van de meetmethoden

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van verschillende meetmethoden om de resultaten tussen de methoden onderling te vergelijken. In onderstaande paragrafen worden diverse bevindingen besproken.

In het eerste experiment van 17 augustus werden er met de koolbuizen geen methylbromideconcentraties gevonden waar die wel verwacht werden en waar met de andere methoden ook concentraties tot ver boven de bepalingsgrens werden gevonden. Na onderzoek bleek het ontbreken van methylbromide op de koolbuizen te wijten aan de toegepaste aanzuigingsnelheid. De aanzuigingsnelheid lag te hoog, waardoor het vluchtige methylbromide onvoldoende absorbeerde aan de actieve kool. Na verlaging van de aanzuigingsnelheid werden in het laboratorium en in het veld weer goede resultaten behaald.

In het experiment op 17 augustus (duur metingen: 2 uur) waren er twee meetpunten waarop badges en canisters naast elkaar hebben gemeten. Bij één meetpunt lagen de methylbromideconcentraties onder de bepalingsgrens (de windrichting bleek na afloop anders dan verwacht te hebben gestaan). Op het andere meetpunt was de concentratie op de badge

circa 60% (minder dan factor 2 verschil) van de canisterconcentratie. Dit is een acceptabel resultaat.

In het experiment op 30 augustus (duur metingen: 2 uur) zijn verschillende metingen met badges in duplo uitgevoerd. De resultaten hiervan waren zeer goed: de duplo's verschilden onderling niet meer dan  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ . De overeenstemming met de resultaten van de koolbuizen was acceptabel (binnen een factor 2). Het verschil met de resultaten van de canisters was echter groot: van koolbuis naar canister een factor 4 en dus van badge naar canister een factor 8. De afwijking lijkt hier systematisch. Bekend is dat methylbromide een zwaar gas is en dus is lager bij de grond een hogere concentratie te verwachten is dan op grotere hoogte. Het verschil in aanzuighoogte was - evenals bij het experiment op 17 augustus - nog geen 30 cm. Mogelijk was er een effect door de luchtvochtigheid waarvoor de koolbuis en badges gevoelig zijn en de monsternamen via de canisters niet. Andere redenen om de verschillen te verklaren zijn er niet.

Bij de metingen rond importcontainers zijn badges gedurende enkele weken rondom ontgassende containers gehangen. Op geen van de badges zijn concentraties boven de bepalingsgrens gevonden. Dit is grotendeels te verklaren doordat er zich in de periode van zeven weken slechts een enkele container met hoge methylbromideconcentraties in het gassingsvak is geplaatst. Benedenwinds van deze container stond op 10 meter afstand een badge. Ook op deze badge is geen methylbromide gevonden. Een verklaring hiervoor kan zijn dat de badge niet in lijn met de container stond op het moment dat de grootste hoeveelheden vrijkwamen. Dit is niet te achterhalen; de beschikbare gegevens daarvoor bevatten niet voldoende details.

De beschikbare metingen voor de OLM-units duiden op het volgende:

- de sensoren geven vlak na opening van begaste containers een snelle respons die te relateren is aan een verandering in de methylbromideconcentratie;
- uitgaande van de geschatte concentratie voor de piek en de grafiek voor het verloop van de concentratie op 30 augustus (Figuur B3.2) is een twee-uurgemiddelde methylbromideconcentratie voor OLM-unit 208 geschat die ongeveer een factor 25 hoger ligt dan de met de badges en canister gemeten concentratie (zie Bijlage 3).

De sensoren lijken een verandering in concentratie snel te volgen. De absoluut gemeten concentratieniveaus wijken sterk af van de resultaten met de andere methoden. Het RIVM heeft niet onderzocht of het onderste meetbereik afdoende is om te waarschuwen op overschrijding van relevante normen en het RIVM heeft niet gekeken naar de respons op andere componenten.



## 6.3 Gemeten concentraties in relatie tot afstand en normen

### 6.3.1 Metingen op 17 augustus 2006

In het experiment op 17 augustus bleek de windrichting zich anders te gedragen dan verwacht. Daarom zijn bij de opstelling rond de met methylbromide gegaste containers alleen bij de buitenste meetopstellingen concentraties boven de bepalingsgrens vastgesteld. De gemeten concentraties lagen in de orde van  $\text{mg m}^{-3}$ . De dichtstbijzijnde meetpunten er naast bevonden zich op circa 10 meter afstand. Dat houdt in dat zich een smalle pluim heeft gevormd die over een paar meetopstellingen is gegaan en langs de andere opstellingen. De meetduur bedroeg twee uur wat inhoudt dat bij een constante emissie en door de variatie in de windrichting normaliter een deel van de vrijkomende methylbromide ook over andere meetpunten had moeten gaan. Onze conclusie is dat de grootste hoeveelheid in korte tijd moet zijn vrijgekomen. Deze conclusie wordt ondersteund door de meetgegevens van de OLM-units in het experiment op 30 augustus die duiden op het vrijkomen van een grote hoeveelheid uit de containers binnen een half uur na openen van de containers.

Voor methylbromide kunnen de gevonden concentraties worden vergeleken met de norm voor het maximum uurgemiddelde, die geldt voor de bevolking. Met de gegevens van de OLM-unit – voor het experiment van 30 augustus - is afgeleid dat de twee-uurgemiddelde concentratie voor 90% wordt bepaald door de concentraties in het eerste uur (zie bijlage 3). Dit houdt in dat de gemiddelde concentratie in het eerste uur 1,8 maal de twee-uurgemiddelde concentraties bedraagt. Op circa 10 meter betekent dit een uurgemiddelde concentratie van  $6 \text{ mg m}^{-3}$  en op 30 meter afstand  $2 \text{ mg m}^{-3}$ . Gerelateerd aan de norm voor maximale uurgemiddelde concentraties à  $10 \text{ mg m}^{-3}$  betekent dit hoge concentraties (60% respectievelijk 20% van de norm), echter zonder overschrijding van de norm.

Ter vergelijking met de MAC-waarde kunnen de twee-uurgemiddelde concentraties door vier gedeeld worden aangezien de MAC-waarde geldt voor acht-uurgemiddelden. Dit betekent dat op 10 meter afstand de concentratie rond de MAC-waarde ligt ( $1 \text{ mg m}^{-3}$ ) en op 30 meter afstand op 25% van de MAC-waarde zonder rekening te houden met de (kleine) bijdrage in de overige zes uur.

Voor sulfurylfluoride zijn er geen normen beschikbaar voor de bevolking.

De concentratie sulfurylfluoride op 10 meter afstand onder de wind van de container bedraagt  $0,2 \text{ mg m}^{-3}$  en is een factor 10 onder de MAC-waarde (zonder de twee-uurgemiddelde concentratie om te rekenen naar een acht-uurgemiddelde concentratie).

De concentratie vlak achter de container van  $20 \text{ mg m}^{-3}$  is in waarde gelijk aan de MAC-waarde, zonder de blootstellingsduur te beschouwen. Deze concentratie wordt geweten aan een lek in één of meer van de containers. Indien het een lek betreft, dan kan de geconstateerde concentratie rondom de container voorkomen zolang als de container ‘onder gas staat’.

De gemeten fosfineconcentraties bij de actief begaste containers liggen onder de normen. De bepalingsgrens van de meetmethode is ongeveer gelijk aan de bevolkingsnorm voor de grenswaarde van 24 uur. De container met lekkend fosfide, waarbij op 30 september is gemeten, bevatte meer fosfine dan de actief begaste containers. Bij deze container zijn concentraties rond de grenswaarde gemeten tot op 20 meter afstand (zie paragraaf 6.3.4).

De verdunning van de hoeveelheid methylbromide in de drie containers (9,2 kg) op 10 meter afstand onder de wind bedraagt  $0,4 \times 10^{-6}$  (zie voetnoot<sup>2</sup>). Voor sulfurylfluoride (10,2 kg) bedraagt de verdunning  $0,02 \times 10^{-6}$  en voor fosfine meer dan  $0,7 \times 10^{-6}$  (niet nauwkeurig te bepalen).

### 6.3.2 Metingen op 30 augustus 2006

In het tweede experiment zijn meer meetdata beschikbaar gekomen omdat de windrichting zich gedroeg zoals voorspeld. De verspreiding rond de met methylbromide gevulde containers is vergelijkbaar met de resultaten van het experiment op 17 augustus: op circa 10 meter afstand concentraties rond  $4 \text{ mg m}^{-3}$  en op 30 meter afstand rond  $1 \text{ mg m}^{-3}$  op basis van de resultaten voor de koolbuizen. Moeilijkheid bij de interpretatie is dat de resultaten voor de badges (acceptabel) lager waren en voor de canisters hoger (factor 4).

De metingen met de OLM-units duiden erop dat de ontgassing in korte tijd plaatsvindt: vlak na openen ontstaat een grote piek van enkele honderden  $\text{mg m}^{-3}$  (tot 15 meter afstand). Na één uur worden er nog licht verhoogde concentraties waargenomen en na vier uur bevindt het sensorsignaal zich weer op de basislijn. Over de tijd gemiddeld duiden de OLM-units op hogere methylbromideconcentraties dan de andere meetmethoden.

De concentraties sulfurylfluoride onder de wind bedragen circa  $10 \text{ mg m}^{-3}$  op 5 meter afstand tot  $2 \text{ mg m}^{-3}$  op 30 meter afstand. Ook op 30 augustus werden er concentraties groter dan 0 gemeten achter de dichte containers. De concentraties waren wel lager dan op 17 augustus ( $0,4$  om  $20 \text{ mg m}^{-3}$ ).

Er zijn wederom geen fosfineconcentraties gemeten, vanwege de lage hoeveelheid in de containers.

De verdunning van de hoeveelheid methylbromide in de drie containers (6,3 kg) op 10 meter afstand onder de wind bedraagt  $0,6 \times 10^{-6}$  (concentratie circa  $4 \text{ mg m}^{-3}$ ). Voor sulfurylfluoride (4 kg) bedraagt de verdunning  $2,5 \times 10^{-6}$  en voor fosfine meer dan  $2,5 \times 10^{-6}$  (niet nauwkeurig te bepalen).

### 6.3.3 Metingen rond importcontainers met badges

De metingen met badges naar de methylbromideconcentraties rond importcontainers hebben geen bruikbare resultaten opgeleverd. In de periode van zeven weken onderzoek heeft er slechts één container met hoge methylbromideconcentraties gestaan. Bij het openen van deze container stond er slechts één badge redelijk benedenwinds. Deze badge stond op 10 meter afstand. Gezien de andere experimenten had er op deze badge methylbromide aangetoond moeten zijn indien de badge onder de wind van de container lag. Er is geen methylbromide aangetoond. Een verklaring hiervoor is dat ook bij deze ontgassing het vrijkomen van aanzienlijke hoeveelheden methylbromide in korte tijd is gebeurd en langs de badge heengegaan is.

---

<sup>2</sup> Massa à 9,2 kg x verdunningsgetal = concentratie à  $3,3 \text{ mg m}^{-3}$

### 6.3.4 Metingen op 19 en 30 september 2006 en 27 oktober 2006

Bij het experiment op 19 september zijn in een straal van 25 meter rond de container methylbromideconcentraties groter dan  $0,01 \text{ mg m}^{-3}$  geconstateerd. Deze waarden liggen onder de normen voor acute tot subchronische blootstelling (zie Tabel 1). In de twee containers samen zat circa 14 g methylbromide.

Voor chloorpicrine is een concentratie van  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$  gevonden op 25 meter afstand. De container bevatte circa 0,1 g chloorpicrine. Op kortere afstand tot de container zijn geen concentraties boven de bepalingsgrens ( $0,02 \text{ mg m}^{-3}$ ) gevonden. De gemeten concentratie is een factor 10 hoger dan de meetwaarde op hetzelfde punt voor methylbromide, terwijl er een factor 100 minder chloorpicrine in de container zat dan methylbromide. Deze resultaten doen daarom twijfels rijzen over de waarde van deze meting, hoewel er analytisch geen bijzonderheden geconstateerd zijn.

Mocht de waarde juist zijn, dan zit de waarde rond de voorlichtingsrichtwaarde in het geval van calamiteiten, als rekening wordt gehouden met de meetduur en de één-uursmiddelingstijd bij deze alarmeringsgrenswaarden.

Bij het experiment op 30 september was er sprake van een container waarin 56 g fosfine zat als gevolg van lekkend product. In deze container zal continu fosfine zijn gevormd en vrijgekomen uit de verpakte fosfide. In deze zin verschilt de bron dus van de andere experimenten. Op korte afstand van de container (circa 5 meter) worden concentraties fosfine van enkele  $\text{mg m}^{-3}$  waargenomen en op 20 meter van circa  $0,1 \text{ mg m}^{-3}$ . Deze waarden zitten boven tot rond de grenswaarde voor 24 uur en liggen in de orde van de alarmeringsgrenswaarden.

De weersomstandigheden waren licht onstabiel (Pasquill-klasse B) op het moment van meting. Bij neutralere of stabiele weertypen zal de afstand tot waar hoge concentraties voorkomen toenemen.

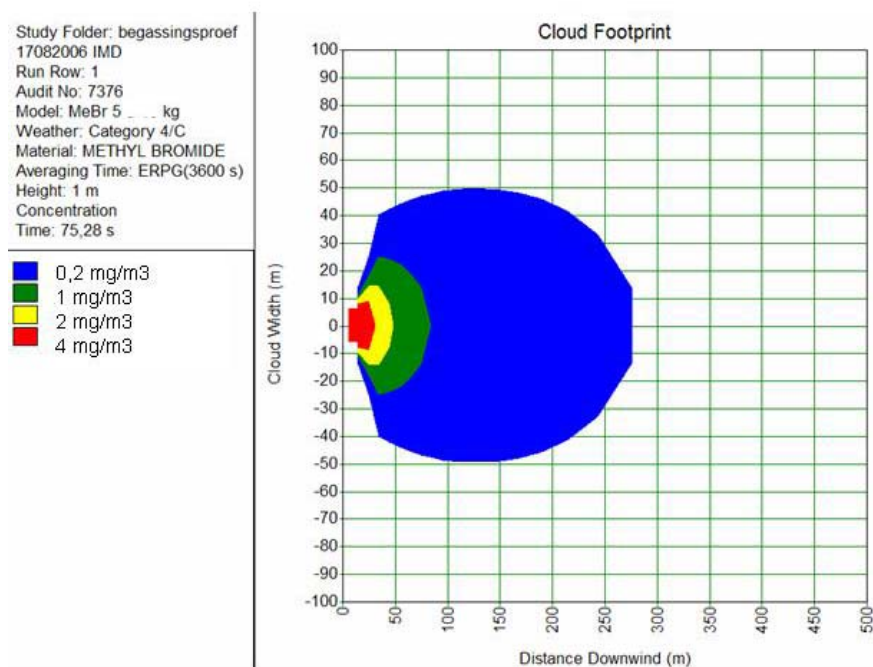
Het experiment op 27 oktober is uitgevoerd bij containers die al een tijd (meer dan een dag) stonden te ontgassen. In dit experiment zijn geen concentraties van verschillende gassingsmiddelen boven de bepalingsgrens aangetoond. Hiermee wordt het beeld bevestigd dat de concentraties vlak na openen het meest bepalend zijn voor de blootstelling van mensen in de omgeving.

## 6.4 De verspreiding gemodelleerd

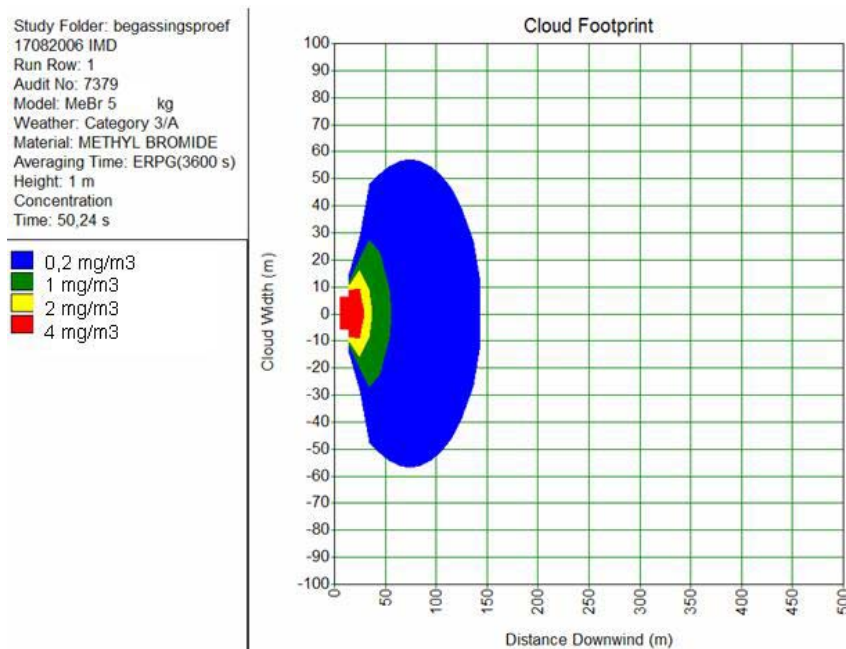
Uitgaande van de gegevens bij het experiment van 30 augustus is de verspreiding rond de containers gemodelleerd. De berekeningen zijn uitgevoerd met het model PHAST (DNV, 2004). Rekenmodellen geven op de relevante afstanden voor deze case (verspreiding binnen 100 meter en rond obstakels) slechts een orde van grootte van de te verwachten concentraties. Deze berekeningen dienen slechts ter oriëntatie op de verspreiding. In dit geval zijn de gegevens over de emissiehoeveelheden en de meteorologie als basisgegevens ingevoerd. Er is gekeken bij welke parameters voor de modellering van het obstakel de resultaten op 10 meter afstand van de containers het meetresultaat benaderden. Vervolgens is de verspreiding berekend onder andere weersomstandigheden.

In Figuur 18 is het resultaat te zien van de gemodelleerde verspreiding voor het uitgevoerde experiment waarbij het resultaat overeenkomt met de resultaten van het experiment. In Bijlage 4 zijn de invoergegevens gegeven. Op korte afstand (< 20 meter) van de containers (12 meter lang) bedraagt de concentratie circa  $4 \text{ mg m}^{-3}$  (1 ppm). Op 80 meter is de concentratie 4 maal zo laag en op 300 meter 20 maal lager.

In Figuur 19 en Figuur 20 is de verspreiding te zien voor twee andere weertypen: stabiliteitklasse A met windsnelheid  $3 \text{ m s}^{-1}$  en stabiliteitklasse D met windsnelheid  $6 \text{ m s}^{-1}$ . Er is niet gekozen voor stabielere weertypen (stabiliteitklasse E en F) omdat naar de beschikbare kennis ontgassing niet 's avonds en 's nachts plaatsvindt. De keuze van de twee andere weertypen is als volgt. De stabiliteitklasse D in combinatie met de windsnelheid komt vaak voor; stabiliteitklasse A is toegevoegd om ook de verspreiding onder onstabiele omstandigheden te kennen.

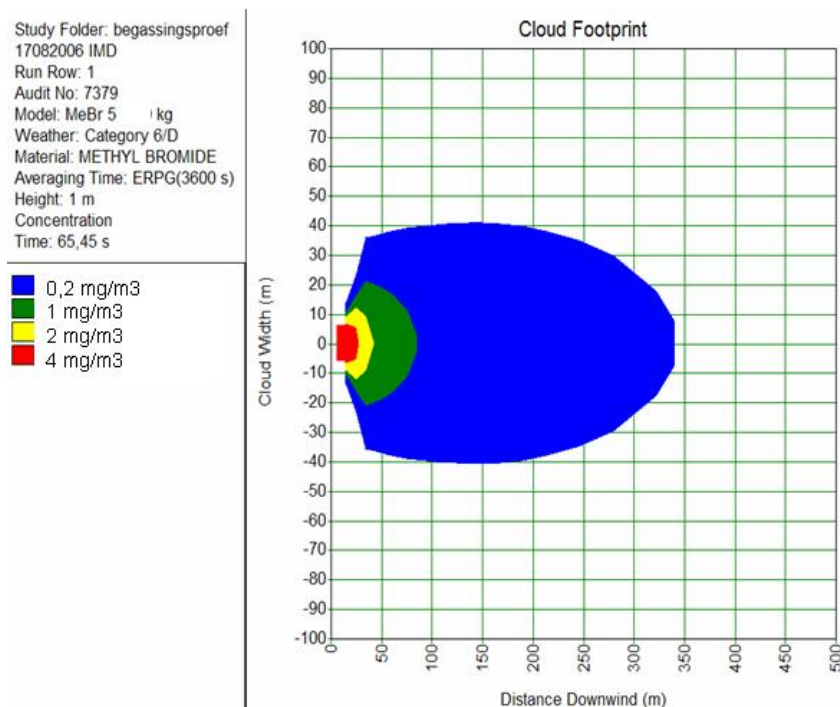


Figuur 18 Berekende verspreiding gefit aan meetgegevens (stabiliteitklasse C en windsnelheid  $4 \text{ m s}^{-1}$  concentraties in  $\text{mg m}^{-3}$ )



Figuur 19 Verspreiding bij stabiliteitsklasse A en windsnelheid  $3 \text{ m s}^{-1}$  (concentraties in  $\text{mg m}^{-3}$ )

Te zien is dat de verspreiding bij stabiliteitsklasse A leidt tot kortere afstand van de maximale concentraties en bij stabiliteitsklasse D tot grotere afstanden.



Figuur 20 Verspreiding bij stabiliteitsklasse D en windsnelheid  $6 \text{ m s}^{-1}$  (concentraties in  $\text{mg m}^{-3}$ )

In Tabel 10 zijn de afstanden gegeven tot waar bepaalde concentraties methylbromide benedenwinds van containers bij de verschillende weertypen optreden. De afstanden worden groter naarmate de stabiliteit van de atmosfeer toeneemt. Voor de niet doorgerekende stabiele weertypen (klasse E en F) zal de afstand groter zijn.

*Tabel 10 De afstanden tot waar de vermelde 1-uurgemiddelde concentraties voorkomen rond ontgassende containers met 5 kg gassingsmiddel*

Concentratie	Stabiliteit A	Stabiliteit C	Stabiliteit D
	Windsnelheid 3 m s <sup>-1</sup>	Windsnelheid 3 m s <sup>-1</sup>	Windsnelheid 6 m s <sup>-1</sup>
10 mg m <sup>-3</sup>	<20 meter	<20 meter	<20 meter
4 mg m <sup>-3</sup>	<20 meter	20 meter	20 meter
2 mg m <sup>-3</sup>	30 meter	50 meter	50 meter
1 mg m <sup>-3</sup>	60 meter	80 meter	90 meter
0,2 mg m <sup>-3</sup>	150 meter	280 meter	350 meter

Bij het beeld dat ontstaat, plaatsen wij de volgende opmerkingen:

- De afstanden in Tabel 10 ontstaan bij de verspreiding van een hoeveelheid methylbromide van 5 kg. Deze hoeveelheid kan in één gegaste container voor de export voorkomen, zie de resultaten in Tabel 3 en Tabel 4. Ook sulfurylfluoride kan in een hoeveelheid van 5 kg in een gegaste container voor de export voorkomen (zie Tabel 3).
- De concentraties in Tabel 10 kunnen aan de norm voor de maximale uurgemiddelde concentratie methylbromide worden gerelateerd. Concentraties boven of ter grootte van de norm lijken alleen voor te komen rond de containers. De concentraties zijn op 20 meter afstand maximaal circa 40% en op 50 meter circa 20% van deze norm.
- Voor sulfurylfluoride geldt 12 mg m<sup>-3</sup> als norm voor kortdurende blootstelling. Afgaande op deze waarde is de situatie vergelijkbaar met de situatie voor methylbromide.
- De hoeveelheid fosfine in de gegaste containers is lager (60 g). Tijdens de experimenten met actief begaste containers zijn geen concentraties boven de bepalingsgrens geconstateerd. Wel beschikbaar zijn gegevens van het experiment op 30 september waarbij een container met 56 g fosfine ontgaste. Formeel was dit geen gegaste importcontainer maar een container met lekkend product dat leidde tot de vorming van fosfine. Bij de heersende - onstabiele - weeromstandigheden lagen de concentraties op 20 meter afstand rond de grenswaarde voor 24-uurgemiddelde concentraties. Dat zou inhouden dat de concentraties tot 20% van de norm gedaald zijn op 50 meter bij meer neutrale weeromstandigheden (klasse D).
- Voor chloorpicrine zijn er weinig geschikte normen om voor deze situatie te gebruiken. De wel gedefinieerde normen voor chloorpicrine (MAC-waarde en interventiewaarden voor calamiteiten) liggen in dezelfde grootte-orde als voor fosfine. Chloorpicrine wordt in Nederland niet gebruikt als gassingsmiddel en komt alleen in importcontainers voor. De hoeveelheid is maximaal 5% van de hoeveelheid methylbromide. Hoewel de norm dus lagere concentraties inhoudt dan bij methylbromide, is de gebruikte hoeveelheid geringer.

Deze twee tegengestelde effecten zorgen ervoor dat de normen op vergelijkbare afstanden als bij methylbromide worden overschreden.

- De modelberekeningen zijn alleen uitgevoerd onder goede verspreidingsomstandigheden. Bekend is dat modelberekeningen niet mogelijk zijn om de verspreiding te modelleren voor windstil weer (windsnelheid kleiner dan  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ ). In die gevallen is het denkbaar dat 'wolken' met hoge concentraties gassingsmiddelen zich niet in een eenduidige richting en zonder veel verdunning over een grotere afstand dan in de tabel vermeld, verspreiden. Dit is een ongewenste situatie.
- De vermelde concentraties zijn uurgemiddelden. Uit de experimenten is gebleken dat deze concentraties ontstaan door een hoge piek vlak na openen van een container en daarna een geleidelijke daling. In het experiment op 30 augustus lag de concentratie gedurende één à twee minuten een factor 8 à 10 hoger dan de uurgemiddelde waarde. Dit is een wezenlijk andere situatie dan een uurgemiddelde concentratie die ontstaat bij een constante bron en een fluctuerende wind. Op deze laatste situatie zijn de meeste normen gebaseerd.
- Op 20 meter afstand bedragen de concentraties maximaal 40% van de norm voor methylbromide en sulfurylfluoride en zijn ze ongeveer gelijk aan de norm voor fosfine. Dit houdt in dat de concentraties bij een tien keer zo kleine hoeveelheid in de container, op minder dan 20 meter afstand maximaal 20% van relevante normen bedragen. In deze uitspraak zit enige onzekerheid omdat er op deze korte afstanden sprake kan zijn van speciale windstromingen rond de containers. Daarnaast is vastgesteld dat containers kunnen lekken en dat kan bij containers die tot 12 meter lang zijn, op deze afstand ook van invloed zijn op de concentraties.





## 7. Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

Het RIVM trekt de volgende conclusies ten aanzien van de onderzoeksvragen:

Ten aanzien van ontgassende exportcontainers:

*Welke concentraties van gassingsmiddelen treden op, vooral benedenwinds, van exportcontainers die ontgast worden? (onderzoeksvraag 1)*

Tweemaal is de verspreiding in beeld gebracht rond containers die op de gebruikelijke manier van exportgassingengegast waren. De containers tezamen bevatten 5 tot 10 kg van een gassingsmiddel; de maximale hoeveelheid in een container bedroeg circa 5 kg. In het gebied tussen 5 en 30 meter afstand van de containers zijn bij de ontgassing gedurende enkele minuten hoge concentraties voor methylbromide en sulfurylfluoride (orde tientallen  $\text{mg m}^{-3}$ ) vastgesteld en uurgemiddelde concentraties in de orde van enkele  $\text{mg m}^{-3}$ .

De verwachting is dat dit worstcase resultaten zijn omdat:

- er metingen gedaan zijn bij sets van drie containers;
- de berekeningen op de maximaal gevonden hoeveelheid in een container zijn gebaseerd;
- de containers verder leeg waren, waardoor er geen gas aan goederen kon absorberen.

Door dit laatste effect is de verwachting dat de initieel vrijkomende hoeveelheid in het experiment groter is (leidend tot een hogere maximale concentratie) en het najleffect minder (de containers zijn sneller leeg) dan in de ontgassingspraktijk.

*Zijn er verschillen waarneembaar in de verspreiding per type gassingsmiddel? (onderzoeksvraag 2)*

In dit onderzoek zijn verschillende verdunningsfactoren gevonden voor de verschillende gassingsmiddelen op ongeveer gelijke afstanden. Uit de metingen op verschillende hoogtes komen aanwijzingen naar voren dat methylbromide zich als een zwaar gas verspreidt, zoals te verwachten is.

De plaats van een meting is echter erg kritisch gebleken. Een meetapparaat kan net wel of net niet een hoge concentratie monstren.

Al met al is er te weinig onderbouwing om uitspraken over verschillen in de verspreiding van de gassingsmiddelen te doen.

*Hoe verhouden de concentraties zich tot de beschikbare en geldende normen voor burgers (onderzoeksvraag 3) en vanaf welke afstanden zijn de concentraties beneden deze normen, gegeven de weerscondities die ten tijde van de metingen opgetreden zijn? (onderzoeksvraag 4)*

De meeste gegevens zijn vrijgekomen over methylbromide. De gemeten concentraties zijn gerelateerd aan de norm die beschikbaar is voor de maximale uurgemiddelde concentratie voor deze stof ( $10 \text{ mg m}^{-3}$ ). Concentraties ter grootte van deze norm komen alleen rond de containers voor (<20 meter afstand). Modelberekeningen voor deze stoffen duiden op concentraties bij verschillende weertypen groter dan  $2 \text{ mg m}^{-3}$  - dit is 20% van de norm voor methylbromide - tot op 50 meter afstand van containers.

Bij het beschouwen van de mogelijke effecten moet men ook rekening houden met zeer hoge concentraties gedurende enkele minuten na het openen van een container.

Deze resultaten gelden voor containers met methylbromide in een hoeveelheid van ongeveer 5 kg. Containers kunnen een vergelijkbare hoeveelheid sulfurylfluoride bevatten. De benedenwinds optredende concentraties voor deze stoffen zijn dus even groot. De norm voor sulfurylfluoride is vergelijkbaar met de norm voor methylbromide, zodat ook de afstanden waarop de norm overschreden wordt, vergelijkbaar zijn.

Voor een container met fosfine in hoeveelheden die bij exportgassing kunnen voorkomen, werden concentraties rond de grenswaarde gemeten tot op 20 meter afstand. De concentraties zijn tot 20% van de norm gedaald op circa 50 meter afstand.

*Zijn de resultaten die onder de optredende praktijkcondities zijn verzameld, bruikbaar om een inschatting te maken van de situatie tijdens andere weerscondities en voor een representatief deel van de tijd? (onderzoeksvraag 5)*

Modelberekeningen duiden erop dat voor methylbromide de concentraties ook bij andere weersomstandigheden niet boven de norm voor uurgemiddelden kunnen zijn op afstanden groter dan 20 meter van de containers. Op 50 meter afstand liggen de concentraties op 20% van deze norm of lager (afhankelijk van het weertype) als men althans niet ontgast bij windstilte, 's avonds of 's nachts.

Er is niet gekeken naar de verspreiding 's avonds en 's nachts (stabiele atmosferische omstandigheden) omdat dan - naar onze kennis - geen ontgassing plaatsvindt. Verder is de verspreiding bij windstil weer niet modelleerbaar en is het denkbaar dat 'wolken' met hoge concentraties zich dan over grote afstand verspreiden. Ontgassing bij windstil weer is derhalve niet wenselijk.

Voor fosfine zijn concentraties ter grootte van de norm voor daggemiddelden gemeten op 20 meter afstand. Op 50 meter afstand bedragen de concentraties maximaal 20% van de norm.

Aanvullende opmerking is dat er ook aanzienlijke concentraties rondom *gesloten* 'onder gas staande' containers zijn geconstateerd. Containers kunnen dus lekken, zoals ook in eerdere onderzoeken is geconstateerd. Het lekken uit containers 'onder gas' zorgt vlakbij de container voor concentraties in de orde van relevante normen. Naar verwachting van het RIVM is de totale hoeveelheid gering vanwege de drukloze verspreiding zodat op enige afstand van de container ('een tiental meters') de concentratie aanzienlijk lager zal zijn.

Ten aanzien van de ontgassing van importcontainers trekt het RIVM de volgende conclusies:

*Welke concentraties van gassingsmiddelen treden op in de praktijksituatie op het bedrijfsterrein van Europe Container Terminals (ECT) rond en bij de ontgassing van importcontainers en hoe verhouden die concentraties zich tot de beschikbare en geldende normen voor de blootstelling van burgers? (vraag 6 en 7)*

Er zijn weinig meetgegevens beschikbaar gekomen over de concentraties rond ontgassende containers. Dit is te wijten aan 1) het lage aantal methylbromide bevattende importcontainers in de zeven weken durende onderzoeksperiode en 2) bij de drie onderzoeken naar individuele containers valt één onderzoek buiten beschouwing van gegaste importcontainers omdat dit een container met lekkend product was.

Duidelijk is geworden dat de hoeveelheden in de actief begaste (export)containers veel (een factor 100) hoger liggen dan de hoeveelheden bij *begaste import*containers en de concentraties bij ontgassing dientengevolge ook hoger liggen voor actief begaste containers.

*Vanaf welke afstanden zijn de concentraties beneden deze normen, gegeven de weerscondities die ten tijde van de metingen opgetreden zijn en zijn de resultaten die onder de optredende praktijkcondities zijn verzameld, bruikbaar om een inschatting te maken van de situatie tijdens andere weerscondities en voor een representatief deel van de tijd? (vraag 8 en 9)*

Zoals vermeld zijn er weinig metingen rond de importcontainers bruikbaar gebleken. Op basis van het onderzoek bij actief begaste containers is het volgende afgeleid: Als in containers met 5 kg methylbromide, 5 kg sulfurylfluoride of 60 g fosfine, dan liggen de concentraties op 20 meter afstand maximaal ter grootte van de beschikbare norm voor burgers. Bij een factor tien kleinere hoeveelheid liggen de concentraties op 10% van de norm.

Een kleinere afstand dan 20 meter wordt om de volgende drie redenen afgeraden:

1. de afstand is dusdanig dat rekening moet worden gehouden met stromingen rond de containers ('obstakelstroming');
2. lekkage van containers is mogelijk en kan hoge concentraties tot gevolg hebben;
3. de ontgassing vindt ook gedurende de nacht en dus tijdens meer stabiele weeromstandigheden plaats.

*Zijn de resultaten van de verschillende bemonsterings- en analysetechnieken voor methylbromide onderling goed vergelijkbaar? (vraag 10)*

In de onderzoeken verschillen de concentraties die met de verschillende meetmethoden zijn vastgesteld. In het eerste experiment mislukten de metingen met de koolbuizen. Na aanpassing van de aanzuigsnelheid hadden de koolbuizen en de badges vergelijkbare resultaten binnen een factor 2. Dit is acceptabel voor veldonderzoek met verschillende meettechnieken. De resultaten met de canister waren in het eerste experiment goed vergelijkbaar en in het tweede experiment duiden de canisters systematisch op hogere concentraties dan met de koolbuizen en badges gemeten. De verklaring voor dit verschil is mogelijk de invloed van de luchtvochtigheid of het geringe verschil in de meethoogte.

De OLM-sensoren indiceerden nog veel hogere concentraties. Wij verwachten dat de sensoren goed reageerden op de verandering in concentratie en hebben deze resultaten dan ook gebruikt ter ondersteuning van de conclusies. Het experiment heeft aangetoond dat de sensoren een te hoge methylbromideconcentratie aangeven op grond van de vergelijking met de andere, meer gevalideerde meetmethoden. Relevant voor het gebruik van sensoren als bewakingsmiddel is dat de hoogste concentraties in smalle pluimen voorbij kwamen en dat er voor bewakingsdoeleinden dus een dicht netwerk van sensoren nodig is.

## 7.2 Aanbevelingen

Dit onderzoek is opgedragen vanuit de vraag om de handhaving rond gegaste containers te vereenvoudigen. De verschillende bepalingen per gassingsmiddel en de uitzonderingsregels blijken in de praktijk de handhaving lastig te maken. Achterliggende vraag is of er één afstandseis te definiëren is voor ontgassende containers en zo ja, welke? (*onderzoeksvraag 11*). In de beschouwing van deze vraag zijn er ten minste twee te beschouwen aspecten: het weertype en de verhouding tussen hoeveelheid gassingsmiddel in de containers, de concentraties in de omgeving en de normen.

Voor wat betreft het weertype zijn er weercondities waarin de verspreiding slecht is. Dit is vooral bij windstil weer. Ontgassing hierbij is niet raadzaam omdat dan 'wolken' met hoge concentraties zich nagenoeg onverdund kunnen verspreiden. Een verbodsregel voor ontgassing bij windstil weer (gemiddelde windsnelheid kleiner dan  $0,5 \text{ m s}^{-1}$ , ofwel windsnelheid 0 op de schaal van Beaufort) is aan te bevelen.

Voor wat betreft de hoeveelheden gassingsmiddel en de normen merken we op dat de hoeveelheden in exportcontainers een factor 100 of meer hoger zijn dan in gegaste importcontainers en dat de stoffen in heel verschillende concentraties effecten hebben. Dit laatste is te zien aan de verschillen in de normen die bij andere concentraties gesteld zijn. Het lijkt niet logisch voor dergelijke verschillen dezelfde afstandseis na te streven. Er zijn zeker verschillen<sup>3</sup> tussen export- en importcontainers, maar voor de blootstelling van mensen komt het neer op welke stoffen gebruikt zijn, welke hoeveelheden en de weeromstandigheden voor de verspreiding. Het voorstel van het RIVM is de afstandseis te baseren op de stof en de hoeveelheid die in de container zit.

Het RIVM komt tot de volgende aanbeveling:

Totale hoeveelheid in te ontgassen containers (maximale concentratie indien deze hoeveelheid in één $66 \text{ m}^3$ container zit)	Afstand vanaf de container(s) waarbinnen burgers zich niet mogen bevinden zonder persoonlijke beschermingsmiddelen, totdat de container 'gasvrij' verklaard is
methylbromide tot 1 kg ( $15 \text{ g m}^{-3}$ ) of sulfurylfluoride tot 1 kg ( $15 \text{ g m}^{-3}$ ) of fosfine tot 10 g ( $0,2 \text{ g m}^{-3}$ )	20 meter
methylbromide tot circa 5 kg ( $75 \text{ g m}^{-3}$ ) of sulfurylfluoride tot circa 5 kg ( $75 \text{ g m}^{-3}$ ) of fosfine tot circa 60 g ( $1 \text{ g m}^{-3}$ )	50 meter
methylbromide meer dan 10 kg ( $>150 \text{ g m}^{-3}$ ) of sulfurylfluoride meer dan 10 kg ( $>150 \text{ g m}^{-3}$ ) of fosfine meer dan 100 g ( $>1,5 \text{ g m}^{-3}$ )	Ontgassing alleen in overleg met en onder toezicht van de VROM-Inspectie

De start van een ontgassing mag niet plaatsvinden bij windstil weer (windsnelheid 0 op de schaal van Beaufort).

Het RIVM baseert deze aanbeveling op het volgende:

1. de ontgassing kenmerkt zich door zeer hoge concentraties enkele minuten na de start en daarna een geleidelijke daling. In de afleiding van de normen is geen rekening gehouden met deze niet-normale variatie in het uur. Een toxicologische beschouwing van deze kortstondig verhoogde concentraties is aan te bevelen en leidt mogelijk tot een bijstelling van de afstand.
2. gezien de onzekerheden en de hoge concentraties kort na de start van de ontgassing hebben wij de aanbevolen afstanden gebaseerd op 20% van de grenswaarden ter bescherming van burgers. Dit is analoog gedaan aan het vaak gehanteerde actieniveau van 20% van de MAC-waarde om werknemers te beschermen. Boven het actieniveau worden maatregelen genomen om werknemers te behoeden voor blootstelling groter dan de MAC-waarde.
3. er zijn - natuurlijk - onzekerheden in de meetwaarden. Zoals bij elk veldexperiment leveren verschillende meetmethoden verschillende meetwaarden. We hebben in de beschouwing de meetwaarden betrokken die aan de hogere kant lagen, zoals de

<sup>3</sup> Exportcontainers die in Nederland begast worden, bevatten hogere concentraties van bekende en toegestane stoffen. Importcontainers die begast zijn, bevatten lagere concentraties van allerlei stoffen.

---

meetwaarden via de koolbuizen op 30 augustus. Deze waarden lagen hoger dan de meetwaarden via de badges. De waarden lagen echter aanzienlijk lager dan de meetwaarden via de canisters en de OLM-sensoren.

4. er kan lekkage bij gesloten containers optreden wat leidt tot hoge concentraties rondom de containers. Blootstelling van burgers aan te hoge concentraties wordt voorkomen door uit te gaan van de minimale afstand van 20 meter ook bij gesloten containers.

Overwogen kan worden na enkele uren de afstand kleiner te maken omdat bij de experimenten de grootste hoeveelheid in korte tijd vrijkwam. De experimenten zijn wel met lege containers gedaan en mogelijk dat het vrijkomen langzamer gaat en langer duurt bij containers met lading. Na welke tijd de afstand verkleind zou kunnen worden, moet onderzocht worden.



---

## Literatuur

ATSDR (2006). Minimal Risk Levels. <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>, 31 okt. 2006.

Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., Apeldoorn M.E. van, Meijerink M.C.M., Verdam L., Zeilmaker M.J. 2001. Re-evaluation of human-toxicological Maximum Permissible Risk levels. RIVM rapport nr. 711701025.

Bootsma, S. 2006. Metingen in het quarantainevak op 30 augustus jl. Comon Invent. Rapport per mail ontvangen en bij auteur op te vragen.

Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen. 2006. Wettelijke gebruiksvoorschriften gassingsmiddelen. Via [www.ctb-wageningen.nl](http://www.ctb-wageningen.nl), oktober 2006.

DNV, 2004. Safeti 6.42. London (UK): Det Norske Veritas.

EU, 2006. Directive 98/8/EC concerning the placing biocidal products on the market. Inclusion of active substances in Annex I to Directive 98/8/E. Assessment Report sulfonyl fluoride.

Gezondheidsraad, 2004, Health-based Reassessment of Administrative Occupational Exposure Limits Sulphuryl difluoride. No. 2000/15OSH/141 Den Haag.

Knol, T. 2000a. Metingen in en rondom containers tijdens gassing en ontgassing met methylobromide. Rapport RIVM/IMD 436/00 IEM/TK.

Knol, T. 2000b. Proefgassing van twee zeecontainers met methylobromide in Montfoort. Rapport RIVM/IMD 437/00 IEM/TK (te verkrijgen via RIVM/IMD)

Knol T., Broekman M.H., Putten E.M. van, Uiterwijk J.W., Ramlal M.R., Bloemen H.J.T. 2005a. Nalevering van bestrijdingsmiddelen uit containergoederen. RIVM rapport 609021032

Knol T., Schols E., Bloemen H.J.T., Raaij M.T.M. van. 2005b. De risico's voor consumenten en werknemers als gevolg van gassing van importcontainers met bestrijdingsmiddelen. RIVM rapport 609021035.

RIVM. 2000. Toxicologisch profiel voor Fosfine. Ad hoc-advies RIVM/CSR, d.d. 20, september 2000, ter verkrijging via RIVM/SIR.

VROM. 1999. Stoffen en Normen - Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. Directoraat-Generaal Milieubeheer - Ministerie Ordening en Milieubeheer. Samson Alphen aan den Rijn 1999.

VROM-Inspectie. 2006. Interventiewaarden gevaarlijke stoffen 2006. Den Haag.





## Bijlage 1 Overzicht meetresultaten

### Overzicht meetresultaten 17 augustus 2006

*Tabel B.1.1 Gemeten concentraties methylbromide ( $\text{mg m}^{-3}$ ) met badges, 17 augustus 2006*

	Concentratie
Badge 1	< 0,2
Badge 2	< 0,2
Badge 3	3,3
Badge 4	< 0,2
Badge 5	< 0,2
Badge 6	1,5
Badge 7	< 0,2
Badge 8	< 0,2
Badge 9	< 0,2
Badge 10	1
Badge 11	< 0,2
Badge 12	< 0,2
Badge 13	< 0,2
Badge 14	< 0,2
Badge 15	< 0,2

Op basis van de bemonsteringsduur konden geen concentraties lager dan  $200 \mu\text{g m}^{-3}$  aangetoond worden.

Op geen van de koolbuizen werden concentraties methylbromide geconstateerd groter dan de bepalingsgrens van  $15 \mu\text{g m}^{-3}$ .

*Tabel B.1.2 Gemeten concentraties met canisters*

	Concentraties ( $\text{mg m}^{-3}$ )		
	Sulfurylfluoride	MeBr	Fosfine
canister 1	0,2	< 0,03	< 0,03
canister 2	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 4	20	< 0,03	< 0,03
canister 5	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 6	< 0,03	2,7	< 0,03
canister 7	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 8	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 9	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 10	< 0,03	< 0,03	< 0,03

## Overzicht meetresultaten 30 augustus 2006

Tabel B.1.3 Gemeten concentraties methylbromide ( $\text{mg m}^{-3}$ ) op 30 augustus 2006

Meetpunt	Meetmethode: Badges	Meetmethode: Koolbuizen	Meetmethode: Canister
	Eerste / Tweede badge (Duplometing)		
5m1	0,7 / 0,6	1,1	
5m2	2,4 / 2,4	4,2	17
5m3	< 0,2 / < 0,2	< 0,015	
15m1	< 0,2 / < 0,2		
15m2	0,6 / 0,7	1,4	
15m3	0,7 / 0,6	1,2	5
15m4	< 0,2		
25m1	< 0,2 / < 0,2	1,4	
25m2	0,4 / 0,4	1,7	6
25m3	< 0,2 / < 0,2	0,3	
25m4	< 0,2	< 0,015	
50m1	0,7	0,6	
50m2	0,2	0,1	
50m3	< 0,2		
50m4	< 0,2		
Blanko	< 0,2	< 0,015	
Veldblanko		< 0,015	

Op basis van de bemonsteringsduur konden geen concentraties lager dan 0,2 en 0,015  $\text{mg m}^{-3}$  bij de badges respectievelijk koolbuizen aangetoond worden.

Tabel B.1.4 Gemeten concentraties met canisters, 30 augustus 2006

Meetpunt	Concentraties ( $\text{mg m}^{-3}$ )		
	Sulfurylfluoride	MeBr	Fosfine
canister 1	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 2	< 0,03	17	< 0,03
canister 3	10	< 0,03	< 0,03
canister 4	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 5	< 0,03	5	< 0,03
canister 6	3,6	< 0,03	< 0,03
canister 7	< 0,03	< 0,03	< 0,03
canister 8	< 0,03	6	< 0,03
canister 9	1,7	< 0,03	< 0,03
canister 10	< 0,03	< 0,03	< 0,03

## Bijlage 2      Methylbromide: giftigheid voor mens en milieu

### Inleiding

Methylbromide ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ) wordt als vloeibaar gas verkocht. Bij kamertemperatuur is het een kleur- en reukloos gas. Bij de ongediertebestrijding in de voorraadbescherming wordt de stof met behulp van een verdampingsapparaat ingebracht in een gasdichte ruimte (silo, scheepsruim). De duur van zo'n begassing (de periode dat het gas in de ruimte aanwezig blijft) varieert van ongeveer vijf uur tot enkele dagen. Na de begassing wordt het gas uit de ruimte gelaten door het openen van ramen, deuren en ventilatiekokers. Zodoende daalt de methylbromideconcentratie in de ruimte totdat uiteindelijk de ruimte gasvrij verklaard kan worden.

Tijdens de begassing is de concentratie in de begaste ruimte zeer hoog. Voor de meeste begassing is dit groter dan  $10.000 \text{ mg/m}^3$  (milligram per kubieke meter). Voor het bestrijden van ratten in scheepsruimten zijn iets lagere concentraties voldoende ( $4000 \text{ mg/m}^3$ ).

### Gezondheidsrisico

Informatie over de toxicologische eigenschappen van methylbromide komt uit proefdieronderzoek en uit arbeidstoxicologische bevindingen bij mensen.

In de literatuur is een groot aantal gevallen beschreven van vergiftigingen met methylbromide. Het gaat hier om het per ongeluk inademen van hoge concentraties methylbromide door werknemers of omwonenden van bedrijven waar de stof gebruikt werd (het betreft hier naar de huidige maatstaven onoordeelkundig gebruik). Deze gegevens geven niet meer dan een schetsmatig beeld van de dosis-effectrelatie voor methylbromide<sup>4</sup>. Bij de mens heeft zich sterfte voorgedaan bij concentraties van  $33.000 \text{ mg/m}^3$  en hoger (duur van de blootstelling onbekend). Bij deze fatale intoxicaties treedt weefselbeschadiging in de hersenen op. Andere vergiftigingsverschijnselen kunnen zich al bij veel lagere concentraties voordoen. Bij de mens zijn symptomen gerapporteerd vanaf een concentratie van  $390 \text{ mg/m}^3$ . De belangrijkste toxische effecten doen zich hierbij voor op het zenuwstelsel (verdovingsverschijnselen, tremoren, toevallen, coördinatiestoornissen), longen (irritatie, oedeem, ontsteking) en nieren. Ook oog- en neusirritatie en aantasting van het gezichtsvermogen komen voor. Het optreden van de symptomen kan vertraagd zijn: pas na enkele uren zonder klachten openbaren zich de schadelijke gevolgen van de blootstelling.

Overigens is het inademen van methylbromide niet de enige manier van blootstelling die van belang is. Er zijn gevallen bekend waarin contact van de huid met methylbromide bij de mens leidde tot ernstige vergiftigingsverschijnselen.

De bevindingen in proefdieren ondersteunen de humane gegevens. Uit het totale pakket aan onderzoeksgegevens (proefdieren) kan geconcludeerd worden dat de onmiddellijke effecten (acute effecten) van methylbromide de kritische factor zijn voor deze stof.

---

<sup>4</sup> De dosis-effectrelatie is een centraal begrip in de toxicologie. De schadelijke werking van chemische stoffen hangt af van de dosis. Bij inademing wordt de dosis bepaald door de ingeademde concentratie en de inademingstijd (blootstellingsduur). De dosis-effectrelatie geeft aan hoe de intensiteit van de toxische reacties toeneemt bij hogere doseringen. Een steile dosis-effectrelatie betekent dat een relatief geringe toename in de ingeademde concentratie (en de blootstellingsduur) voldoende is om ernstige toxische reacties te veroorzaken. Zoals in de tekst uitgelegd, heeft methylbromide zo'n steile dosis-effect relatie.

Langetermijneffecten zoals kanker worden niet verwacht. De 1-uurs  $LC_{50}$  in proefdieren<sup>5</sup> is  $\geq 4680 \text{ mg/m}^3$ . Uit het acute toxiciteitsonderzoek blijkt dat methylbromide een zeer steile dosisresponscurve heeft, dat wil zeggen dat er een scherpe overgang is van concentraties die geen effect produceren naar concentraties die 100% sterfte veroorzaken.<sup>6</sup> De belangrijkste symptomen in proefdieren waren, net als in mensen, neurologische effecten. Waar precies de grens ligt tussen de concentraties (en de blootstellingsduren) die nog wel leiden tot nadelige gevolgen en de concentraties die dat niet meer doen, is niet exact bekend.<sup>7</sup> In ratten was bij inademing van  $63 \text{ mg/m}^3$  gedurende 8 uur geen effect waarneembaar (wel effect bij  $122 \text{ mg/m}^3$ ). Continue blootstelling aan  $20 \text{ mg/m}^3$  gedurende 3 weken liet in ratten geen neurologisch effect zien (deze traden wel op bij  $40 \text{ mg/m}^3$ ).

Op basis van het totale pakket aan toxicologische informatie (mens en proefdieren) leiden instanties zoals het RIVM toxicologische grenswaarden af. Zo'n grenswaarde is een schatting van de concentratie waarvan met grote zekerheid kan worden gezegd dat hij veilig is. Bij het afleiden van een grenswaarde wordt altijd een behoorlijke veiligheidsmarge ingebouwd. Deze marge is een gevolg van extrapolatiestappen die nodig zijn om vanuit een niveau dat onder de gecontroleerde omstandigheden van de proefdierstudie geen nadelig effecten veroorzaakte, te komen naar een voor de gehele menselijke bevolking (inclusief gevoelige groepen) veilige grenswaarde. Voor methylbromide zijn de volgende toxicologische grenswaarden voor de algemene bevolking bekend:

- maximum uurgemiddelde:  $10 \text{ mg/m}^3$
- maximum voor enkele weken:  $0,7 \text{ mg/m}^3$
- maximum voor een heel jaar:  $0,1 \text{ mg/m}^3$ .

De MAC-waarde, de grenswaarde voor arbeidssituaties (40 uur/week gedurende 40 jaar), bedraagt  $1 \text{ mg/m}^3$ .

Vergelijking van de concentraties die nodig zijn voor ongediertebestrijding ( $\geq 10.000 \text{ mg/m}^3$ ) met de niveaus die in mens en proefdieren toxische reacties veroorzaken, laat zien dat er bij de praktische toepassing gewerkt wordt met concentraties die tot aanzienlijke gezondheidseffecten kunnen leiden in geval van abusievelijke blootstelling bij onoordeelkundig gebruik. De steile dosis-effectcurve voor methylbromide – dat wil zeggen de geringe marge tussen de concentraties waarbij zich slechts milde effecten voordoen en de concentraties waarbij zeer ernstige, levensbedreigende effecten optreden – maakt dat het handhaven van de veiligheidsvoorschriften een uiterste noodzaak is om ongelukken te kunnen voorkomen.

### Milieurisico

In 1992 is methylbromide geplaatst op de lijst van de ozonlaag aantastende stoffen in het kader van het Montreal Protocol. In hetzelfde kader zijn afspraken gemaakt om de mondiale productie van methylbromide te beperken.

<sup>5</sup> De  $LC_{50}$  is een standaardmaat voor acute toxiciteit in proefdieren. De  $LC_{50}$  is de concentratie waarbij 50% van de behandelde dieren sterft wanneer ze de teststof gedurende de gespecificeerde periode – hier 1 uur- inademen.

<sup>6</sup> In ratten bijvoorbeeld trad bij 4 uur blootstelling aan  $2720 \text{ mg/m}^3$  0% sterfte op terwijl al bij  $3110 \text{ mg/m}^3$  de sterfte 100% was.

<sup>7</sup> Dit is geen uitzonderlijke situatie in de toxicologie. In proefdierstudies worden altijd drie of meer concentraties getest in aparte groepen dieren. De concentraties worden constant gehouden tijdens de proef. De uitslag van de studie levert een zgn. no observed adverse effect level (NOAEL) op: het hoogste testniveau waarop zich geen nadelige effecten voordeden. Als gevolg van deze manier van werken zit er altijd een zekere marge tussen de NOAEL en het laagste niveau waarop de eerste effecten werden waargenomen, de lowest observed adverse effect level (LOAEL). Zoals vermeld in de tekst: voor methylbromide is bij éénmalige blootstelling van 8 uur de NOAEL  $63 \text{ mg/m}^3$  en de LOAEL  $122 \text{ mg/m}^3$ ; bij langere toediening is dit respectievelijk  $20 \text{ mg/m}^3$  en  $40 \text{ mg/m}^3$ .

Methylbromide wordt vooral als insecticide – dat wil zeggen tegen insecten - gebruikt. Insecten zijn dan ook een gevoelige groep. De directe schadelijke effecten bij *kortdurende* blootstelling van andere dieren zijn variabel: zo is methylbromide matig giftig voor vogels, giftig voor algen en watervlooien en zeer giftig voor vissen, kleine zoogdieren en regenwormen. Testen met een *langer durende* blootstelling – die meestal zijn uitgevoerd met het broom-ion als belangrijkste omzettingsproduct van methylbromide – wijzen meestal op een relatief geringe toxiciteit: de residuen lijken dus minder giftig dan de uitgangsstof zelf.

Methylbromide is giftig voor planten.<sup>8</sup> Vooral sla is gevoelig. De concentratie in de directe omgeving van een begaste ruimte of een speciale begassingsinstallatie zou na het gasvrij maken dan ook niet boven de 400 mg/m<sup>3</sup> mogen komen. In Nederland wordt echter een afstandseis van 100 meter aangehouden waarbinnen zich geen woonruimten of bijvoorbeeld volkstuinen mogen bevinden. Problemen met omliggende vegetatie liggen dan ook niet voor de hand.

Uitgaande van de wettelijke gebruiksvoorschriften voor het gebruik van methylbromide in afgesloten ruimten of speciale begassingsinstallaties is het niet waarschijnlijk dat schadelijke effecten optreden bij flora en fauna. Uitgaande van onoordeelkundig of onwettig gebruik kunnen er wel problemen ontstaan. In dergelijke situaties kunnen door de acute giftigheid voor flora en fauna wel schadelijke effecten optreden (bijvoorbeeld bij directe lozing, het afvoeren van giftig condenswater naar het oppervlaktewater of bij het negeren van de afstandeis).

Ing. P.J.C.M Janssen  
Drs. B.J.W.G. Mensink  
Centrum voor Stoffen en Risicobeoordeling,  
RIVM, Bilthoven  
RIVM/CSR, 21 april 2000

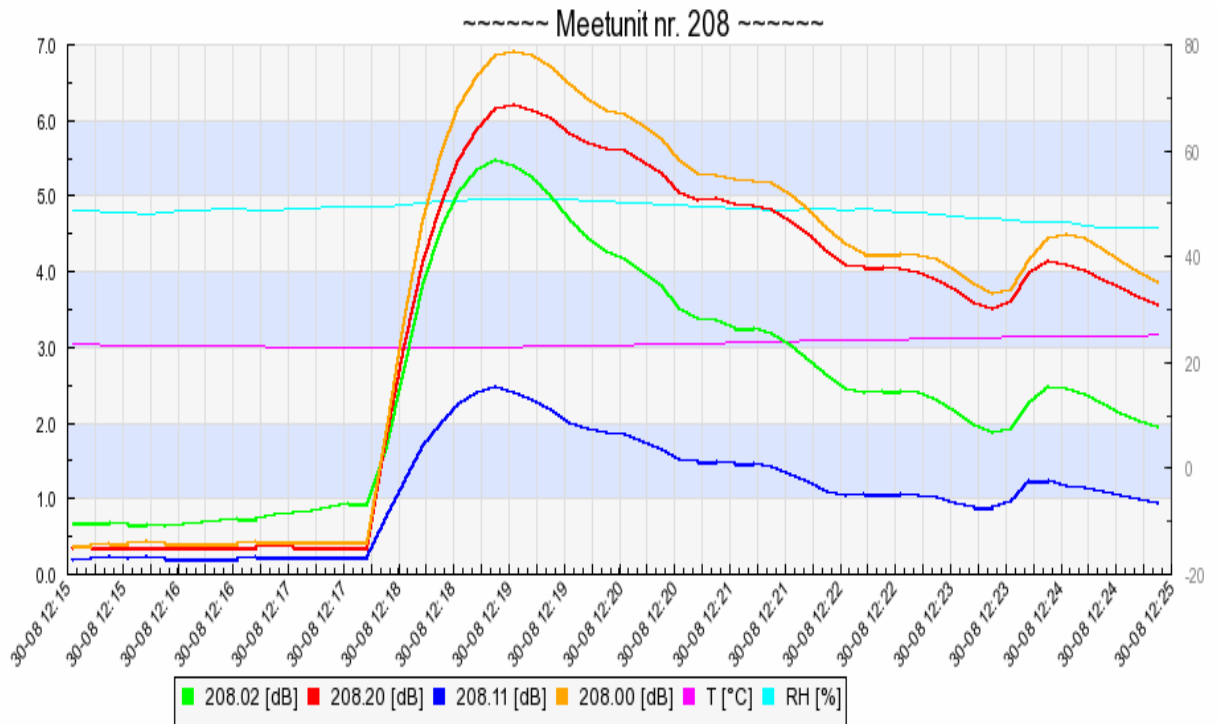
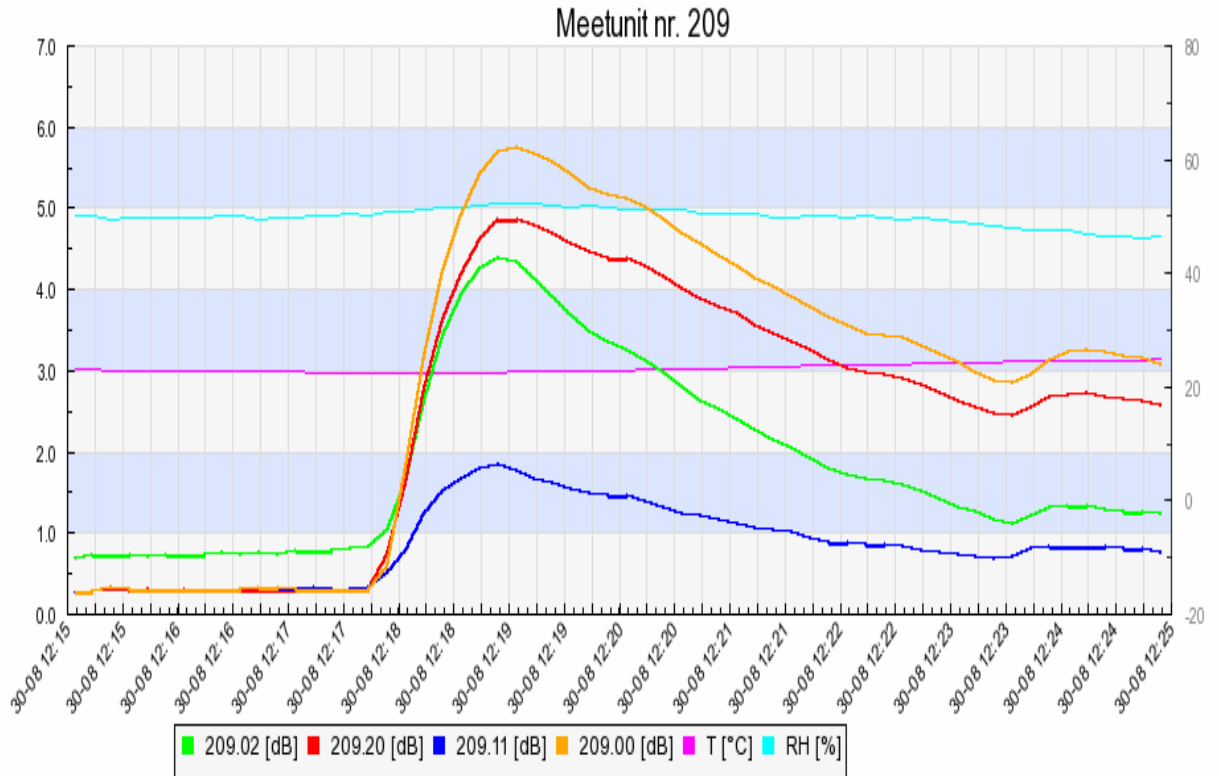
#### Toevoeging:

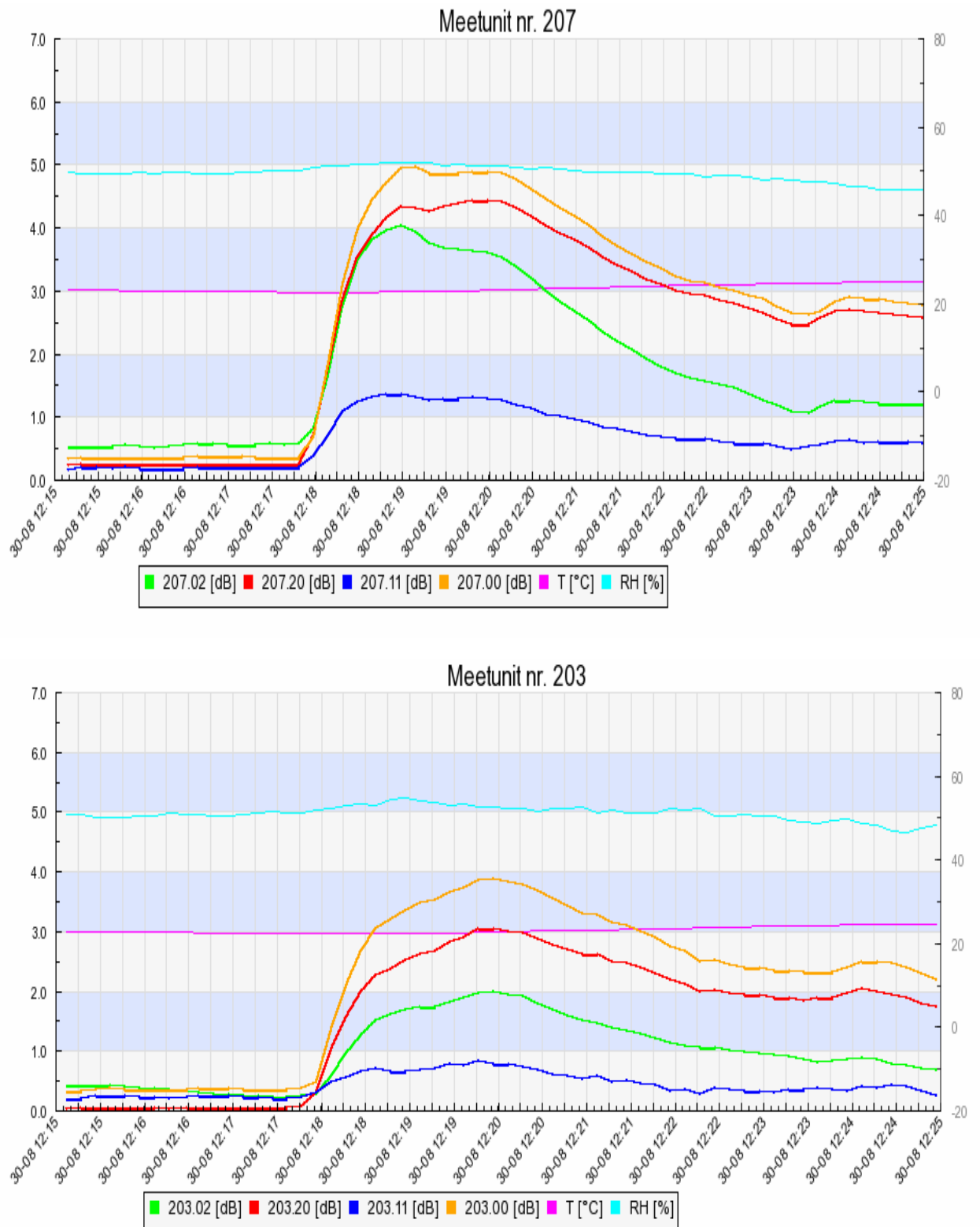
De norm voor methylbromide van 10 mg m<sup>-3</sup> is gebaseerd op acute effecten bij burgers. De MAC-waarde van 1 mg m<sup>-3</sup> is gebaseerd op chronische effecten bij werknemers en geldt als wettelijke grenswaarde voor een gemiddelde blootstelling over acht uren. Bij een blootstelling van een persoon aan 9 mg m<sup>-3</sup> methylbromide gedurende 1 uur wordt de norm voor acute effecten niet overschreden, maar de MAC-waarde wel. Een eenmalige overschrijding van de MAC-waarde zal niet tot gezondheidseffecten leiden omdat voor methylbromide de effecten gebaseerd zijn op een chronische blootstelling, de maximale uurgemiddelde concentratie niet overschreden wordt en de gemiddelde concentratie gedurende het arbeidsleven lager is dan de vermelde normwaarde.

---

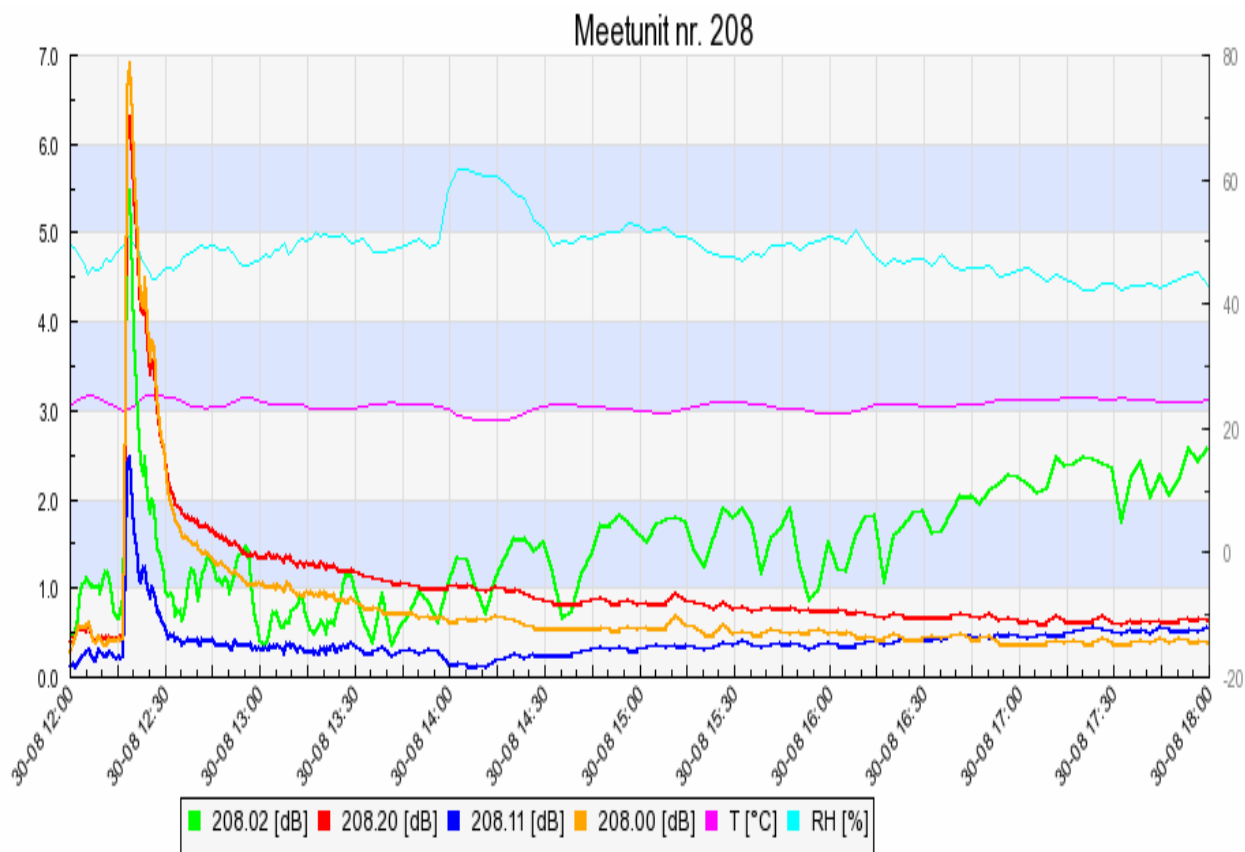
<sup>8</sup> Bij het begassen van zaden, plant- en pootgoed, planten en plantendelen wordt hiermee rekening gehouden.

### Bijlage 3 Resultaten OLM-metingen op 30 augustus 2006





Figuur B3.1 Resultaten van vier OLM-units benedenwinds van met methylbromide gegaste containers (30 augustus van 12.15 tot 12.25 uur)



*Figuur B3.2 Respons op OLM-unit 208 op 30 augustus 2006 van 12.00 uur tot 18 uur (bron: Comon Invent, website 16 november 2006)*

Uitgaande van Figuur B3.2 is als volgt de gemiddelde concentratie geschat in de periode 12.15 tot 14.15 uur:

Tijd vanaf	Tijd tot	Afgelezen signaal voor meetunit 208	Concentratie op basis van signaal ( $\text{mg m}^{-3}$ )	Duur in aantal minuten	Concentratiebijdrage aan 2-uurgemiddelde ( $\text{mg m}^{-3} \text{ min}$ )
12:18	12:20	67	800	2	1600
12:20	12:22	52	621	2	1242
12:22	12:24	41	380	2	760
12:24	12:30	30	170	6	1021
12:30	13:00	17	43	30	1295
13:00	14:18	11	7	78	553
<b>TOTAAL:</b>				<b>120 minuten</b>	<b>Gemiddelde concentratie: <math>54 \text{ mg m}^{-3}</math></b>



## Bijlage 4 Modelinvoergegevens

### MeBr 5 kg, Base Case

#### Data

\begassingsproef 17082006 IMD\Study\MeBr 5 a 10 kg

#### Material

Material Identifier	METHYL BROMIDE
Type of Vessel	Pressurized Gas
Pressure Specification	Pressure specified
Discharge Pressure (gauge)	0,01 bar
Discharge Temperature	22 degC
Mass Inventory of material to discharge	5 kg

#### Scenario

Type of Event	Fixed duration release
Phase	Vapor
Building Wake Option	Roof/Lee
Duration for fixed duration scenario	1800 s

#### Location

Elevation	2 m
Dispersion Concentration of Interest	0,05 ppm
Averaging time associated with Concentration	User-defined
ERPG selection	ERPG is set
User Defined Averaging	User defined averaging time supplied
User-Defined Average Time	3600 s

#### Bund

Status of Bund	No bund present
[Type of Bund Surface	Concrete]
[Bund Height	0 m]
[Bund Failure Modeling	Bund cannot fail]

#### Indoor/Outdoor

Building Height	4 m
Building Length	12 m
Building Width	12 m
Building Angle	0 deg
Wind Angle	0 deg
Outdoor Release Direction	Vertical

#### Flammable

Method to use for explosions	TNT
Jet Fire Method	Shell

#### Dispersion

Ignition Location	No ignition location
Mass Inventory of material to Disperse	5 kg

#### Fireball Parameters

[Mass Modification Factor	3]
[Calculation method for fireball	DNV Recommended]
[Temperature of fireball	1727 degC]

[ Note: Data in square brackets are defaulted values ]

## Bijlage 5 Weergegevens ten tijde van onderzoek bij importcontainers

Bron: Gegevens KNMI, overzicht daggemiddelde weergegevens, station Rotterdam

	Tgem	Tmax	Tmin	Bewolking	Regen- hoeveelheid	Regenduur	Windrichting		Wind- snelheid
	°C	°C	°C	Octa's	mm	uur	streek	grd	m/s
7-sep	16,6	20,2	12,1	4	0,2	0,5	NNW	332	5
8-sep	14,4	19,4	9,8	1	0	0	NNO	23	2,7
9-sep	14,6	20,6	7,6	0	0	0	O	87	4,3
10-sep	16,6	23,2	10,1	0	0	0	O	89	2,3
11-sep	19	27	11	0	0	0	O	88	1
12-sep	20	28	13	0	0	0	ZO	129	2
13-sep	22	26	16	0	0	0	ZZO	161	3
14-sep	22	27	18	5	0	0	ZO	141	3
15-sep	21	27	16	2	0	0	NO	52	3
16-sep	20	26	15	1	0	0	NNO	34	2
17-sep	17	19	14	6	0	0	WNW	285	2
18-sep	18	22	14	6	0	0	ZW	233	3
19-sep	16	19	13	4	3	3	ZW	226	5
20-sep	17	22	12	0	0	0	Z	185	5
21-sep	20	25	14	0	0	0	ZO	138	5
22-sep	20	25	18	4	0	0	ZZO	163	5
23-sep	18	22	15	6	3	2	O	80	2
24-sep	20	23	17	8	0	1	ZZO	157	3
25-sep	18	22	17	7	1	3	Z	190	4
26-sep	16	20	12	6	1	1	W	268	3
27-sep	16	20	13	6	0	0	Z	192	4
28-sep	18	22	15	7	0	0	ZZW	199	4
29-sep	19	22	15	6	0	0	Z	183	5
30-sep	17	21	12	3	0	0	ZZW	197	4
1-okt	17	21	14	7	3	1	Z	192	5
2-okt	15	17	13	8	30	12	ZZW	212	8
3-okt	15	18	12	7	10	4	WZW	247	4
4-okt	13	16	8	6	10	3	WZW	250	3
5-okt	14	17	9	6	10	8	ZZW	209	6
6-okt	16	17	14	8	15	8	ZZW	211	9
7-okt	14	16	12	6	1	0	W	262	6
8-okt	14	18	11	3	0	0	Z	187	4
9-okt	14	18	9	3	0	0	Z	183	4
10-okt	16	19	10	7	1	1	OZO	108	3
11-okt	16	20	13	2	0	0	OZO	113	3
12-okt	14	18	7	5	1	0	W	262	2
13-okt	13	18	6	2	0	0	NO	48	2
14-okt	13	17	8	5	0	0	ONO	69	4
15-okt	10	13	7	2	0	0	O	67	5
16-okt	11	16	5	0	0	0	O	103	3
17-okt	13	17	8	2	0	0	ZZO	150	3
18-okt	14	16	12	8	3	3	Z	171	3
19-okt	15	18	13	7	2	1	ZZO	158	5
20-okt	15	17	13	8	0	1	Z	187	6
21-okt	15	17	14	6	1	1	ZZW	197	6

	Tgem	Tmax	Tmin	Bewolking	Regen- hoeveelheid	Regenduur	Windrichting		Wind- snelheid
	°C	°C	°C	Octa's	mm	uur	streek	grd	m/s
22-okt	15	17	12	7	18	7	Z	184	6
23-okt	15	18	11	7	13	4	ZW	213	5
24-okt	13	16	7	6	2	2	ZW	233	5
25-okt	12	15	8	6	2	1	ZO	132	5
26-okt	18	21	14	7	0	0	ZZW	212	7
27-okt	12	15	9	4	0	0	WZW	245	4

Tgem = gemiddelde dagtemperatuur

Tmax = maximale dagtemperatuur

Tmin = minimale dagtemperatuur