



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Meetresultaten en risicobeoordeling brand Shell Moerdijk

RIVM Briefrapport 300001014/2014
G.M. de Groot et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Meetresultaten en risicobeoordeling brand Shell Moerdijk

RIVM Briefrapport 300001014/2014
G.M. de Groot et al.

Colofon

© RIVM 2014

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

G.M. de Groot
P.M.J. Bos
M.E. Boshuis
E.M. van Putten
B.H. Tangena

Met medewerking van:
RIKILT Wageningen UR
TNO Triskelion
TNO - Applied Environmental Chemistry
KWR Watercycle Research Institute

Contact:
Matthijs de Groot
Centrum Veiligheid
matthijs.de.groot@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht op verzoek van de Veiligheidsregio's Zuid-Holland Zuid en Midden- en West-Brabant en het Beleidsondersteunend Team milieu-incidenten (BOT-mi), in opdracht van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), in het kader van project M/300001 – CBRN-responsorganisatie.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Meetresultaten en risicobeoordeling brand Shell Moerdijk

Op dinsdagavond 3 juni 2014 vond bij Shell Chemie in Moerdijk een zware explosie plaats, gevolgd door een grote brand. Het betrof een installatie waarin uit de chemische stof ethylbenzeen grondstoffen voor onder andere de kunststofindustrie worden gemaakt. In de eerste dagen na de brand zijn in en rondom het dorp Strijen, op circa 7 km afstand van de installatie, verhoogde concentraties (zware) metalen aangetroffen. Vanwege de korte blootstellingsduur zijn deze concentraties niet schadelijk voor de volksgezondheid.

Dit blijkt uit metingen en analyses van de Milieuongevallendienst (MOD) van het RIVM, die op verzoek van de brandweer uit de betrokken Veiligheidsregio's zijn uitgevoerd. De resultaten zijn tussentijds met de desbetreffende Veiligheidsregio's gedeeld.

Tijdens de explosie en brand stond er een wind uit zuidelijke richting, waarbij de rook over onder andere het dorp Strijen in de Hoeksche Waard trok. De aangetroffen metalen koper, chroom en barium, zijn in veeg- en grasmonsters aangetroffen. Ze bleken afkomstig uit het katalysatormateriaal dat bij het productieproces wordt gebruikt.

In de grasmonsters die drie dagen na de brand zijn genomen bleken de concentraties van deze metalen te zijn gedaald tot het normale achtergrondniveau. Dit komt waarschijnlijk door de regen die die dagen is gevallen. In de veegmonsters zijn de concentraties gedaald tot een niveau dat naar verwachting geen gezondheidsschade veroorzaakt als mensen daaraan worden blootgesteld.

Uit voorzorg zijn twee weken na het incident, op 16 juni, extra veegmonsters genomen. Daarin zijn nog licht verhoogde concentraties koper en chroom waargenomen. De verwachting is dat deze concentraties in de komende weken of maanden ook verder zullen afnemen tot normale achtergrondniveaus. De neerslag van metalen vormt geen risico voor de drinkwaterwinning en voor de bodem. Enkele dagen na de brand is ook luchtstof bemonsterd om te toetsen of chroom via opwaaiend bodemstof in de lucht terecht is gekomen. In het luchtstof is geen verhoging van chroom gemeten.

Abstract

Measurement results and risk assessment of the fire at Shell Moerdijk

In the evening of 3 June 2014, there was a heavy explosion at Shell Chemie in the Dutch municipality of Moerdijk, followed by a huge fire. This concerned an installation in which resources were derived from the chemical substance ethylbenzene – among other things, for the plastics industry. In the first days following the fire, elevated concentrations of metals and heavy metals were detected in and around the village of Strijen, at about 7 kilometres from the location of the fire. Because of the limited duration of the exposure, these concentration levels are not hazardous to human health.

This is the conclusion drawn from the measurements and analyses by the Environmental Incident Service (MOD) of the RIVM, which were conducted in the Safety regions at the request of the fire department. Over this period, results were shared with the Safety regions involved.

At the time of the fire, a southerly wind was blowing, causing the smoke to travel over Strijen, a village in the Hoeksche Waard. Copper, chromium and barium were detected in both sweep samples and grass samples. These metals were found to originate from the catalyst material used in the installation's production process.

The concentrations were found to have declined to normal background concentration levels in grass samples taken three days after the fire. This was likely the result of the rainfall during those days. Sweep samples showed declining concentration levels, down to a level that is not expected to cause any damage to human health.

Additional sweep samples were taken as a precautionary measure, two weeks following the incident, on 16 June. These showed slightly elevated concentrations of copper and chromium. These levels are expected to decline further over the coming weeks and months, down to normal background concentration levels. The deposition of metals does not pose a risk to drinking water extraction or to the soil. A few days after the fire, also air samples were taken to determine whether the wind had caused chromium in soil dust to become airborne, but these samples did not show any elevated concentrations of chromium.

Inhoud

Publiekssamenvatting — 2

Abstract — 5

Inleiding — 9

1 Meetstrategie, monsternamen en veldmetingen — 11

- 1.1 Inleiding — 11
- 1.2 Nacht van 3 op 4 juli — 11
 - 1.2.1 Onderzoeksvraag — 12
 - 1.2.2 Meetstrategie — 12
 - 1.2.3 Eerste meetresultaten — 14
 - 1.2.4 Vervolganalyses — 15
- 1.3 Woensdag 4 juni — 15
- 1.4 Donderdag 5 juni — 16
- 1.5 Vrijdag 6 juni — 16
- 1.6 Maandag 16 juni — 18

2 Analyseresultaten — 19

- 2.1 Overzicht uitgevoerde analyses — 19
- 2.2 Analyseresultaten — 19
 - 2.2.1 Vluchtige organische componenten in lucht — 19
 - 2.2.2 Metalen in veegstof en gras — 19
 - 2.2.3 Chroom(VI)-bepaling — 20
 - 2.2.4 Analyse katalysatormateriaal — 21
 - 2.2.5 PAK's en dioxinen in gras — 23

3 Risicobeoordeling — 25

- 3.1 Vluchtige organische componenten (VOC's) — 25
- 3.2 Metalen en andere elementen — 25
 - 3.2.1 Metalen en andere elementen in veegstof en gras — 25
 - 3.2.2 Risico's van blootstelling aan metalen in lucht — 28
 - 3.2.3 Risico's ten gevolge van verontreinigde groenten of diervoedergewassen — 29
 - 3.2.4 Risico's van depositie van metalen voor de drinkwatervoorziening — 29
 - 3.2.5 Risico's van potentiële bodemverontreiniging — 30
- 3.3 PAK's en dioxinen — 31

4 Nut en noodzaak gezondheidsonderzoek—33

5 Conclusies—35

- Bijlage 1 Vluchtige organische componenten (VOC's) in lucht — 37
- Bijlage 2 (Zware) metalen en andere elementen in veegstof — 39
- Bijlage 3 Metalen en andere elementen in gras — 42
- Bijlage 4 Metalen in bovenste toplaag bodem — 44
- Bijlage 5 Metalen in luchtstof — 45
- Bijlage 6 PAK's en dioxinen in gras — 46

Bijlage 7 Beknopt overzicht van gezondheidseffecten van chroom(VI) — 47

Bijlage 8 Indicatieve risicobeoordeling blootstelling aan metalen bij brand Shell Moerdijk — 48

Bijlage 9 Berekening gezondheidsrisico's van chroom(VI) in bodem — 52

Bijlage 10 Beoordeling risico's voor de drinkwatervoorziening — 53

Referenties — 55

Inleiding

Op dinsdagavond 3 juni 2014 omstreeks 22:45 uur deed zich een zware explosie voor bij Shell Chemie in Moerdijk, gevolgd door een grote brand. Het betrof een explosie en brand in een installatie waarin uit ethylbenzeen met behulp van een katalysator die koper, chroom en barium bevat, propyleenoxide en styreenmonomeer worden gemaakt.

Om 23:37 uur is de Milieuongevallendienst (MOD) van het RIVM geïnformeerd door de dienstdoende crisismanager van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM). De MOD heeft zich daarop voorbereid op een mogelijke veldinzet en contact opgenomen met de regio. Om ongeveer 0:15 uur heeft de brandweer van de Veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid daadwerkelijk om meetondersteuning van de MOD verzocht. De MOD was tegen 1:30 uur ter plaatse. Rond 2:00 uur heeft de MOD de eerste monsters genomen.

Al snel na de explosie was bekend dat het een explosie betrof in een reactorvat met ethylbenzeen van de MSPO2-installatie, waarin uit ethylbenzeen styreenmonomeer en propyleenoxide wordt gemaakt. De betreffende fabriek had stilgelegen wegens onderhoud en er werden voorbereidingen getroffen om de fabriek weer op te starten.

De brand die op de explosie volgde, betrof een hevige en zeer hete brand met een grote pluimstijging die door de inversielaag brak.

Tijdens de explosie en de daaropvolgende brand stond er een wind uit zuidelijke richting, waarbij de rook over Strijen-Sas en Strijen in de Hoeksche Waard trok. Vooral in en rond Strijen is melding gemaakt van (korrelige) depositie.

De MOD heeft in de periode tussen de nacht van 3 op 4 juni tot en met maandag 16 juni op verschillende dagen monsters genomen in het benedenwindse gebied.

De analyseresultaten en de risicobeoordelingen zijn tussentijds met de betreffende veiligheidsregio's gedeeld. In de periode van de nacht van 3 op 4 juni tot en met zondag 8 juni is dit gebeurd via het Beleidsondersteunend Team milieu-incidenten (BOT-mi) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Deze eindrapportage bevat een overzicht van alle meet- en analyseresultaten en de uitgevoerde risicobeoordelingen.

1 Meetstrategie, monsternamen en veldmetingen

1.1 Inleiding

De Milieuongevallendienst (MOD) van het RIVM kan bij incidenten waarbij gevaarlijke stoffen mogelijk een rol spelen, worden ingeschakeld door lokale hulpdiensten zoals brandweer, GHOR en politie, om de risico's voor mens en milieu in kaart te brengen. De MOD doet dit door het uitvoeren van veldmetingen, het nemen van monsters van onder andere lucht en depositie, laboratoriumanalyses en het maken van risicobeoordelingen.

De activiteiten van de MOD zijn aanvullend aan de meetactiviteiten van de brandweer. Stoffen die bij branden door de brandweer in lucht kunnen worden gemeten zijn onder andere koolmonoxide (CO), stikstofoxiden (NO_x), zoutzuur (HCl) en blauwzuur (HCN). Aanvullend daarop kan de MOD vluchtige organische componenten (VOC's), metalen, PAK's en dioxinen meten, in onder andere lucht-, depositie-, gras- en bodemonsters. Wanneer de MOD nog niet ter plaatse is, kan de brandweer luchtmonsters nemen die vervolgens door de MOD kunnen worden geanalyseerd op vluchtige organische componenten.

Metingen van de MOD zijn bedoeld om tijdens of na een incident op korte termijn een beeld te krijgen van eventuele gezondheids- en/of milieurisico's door de verspreiding van schadelijke stoffen. Onder andere omdat het een beperkt aantal metingen betreft en de omstandigheden tijdens een incident en in de periode erna wisselen, hebben de meetresultaten een indicatief karakter. Door nemen van diverse soorten monsters op meerdere plaatsen over langere of meerdere periodes, ontstaat een zo goed mogelijk beeld van de situatie.

1.2 Nacht van 3 op 4 juli

Op het moment dat de MOD werd opgeroepen, was bekend dat het een explosie en brand betrof in een reactorvat met ethylbenzeen van de MSPO2-installatie. In deze installatie worden styreenmonomeer en propyleenoxide gemaakt. Dit zijn grondstoffen voor onder andere de kunststofindustrie. De betreffende fabriek had stilgelegd wegens onderhoud en er werden voorbereidingen getroffen om de fabriek weer op te starten.

De brand die op de explosie volgde betrof een hevige en zeer hete brand met een grote pluimstijging die door de inversielaag brak. Op het moment van de explosie en brand stond er een wind uit zuidelijke richting¹, waarbij de rook over Strijen-Sas en Strijen in de Hoeksche Waard trok. Met name in het dorp Strijen en omgeving was er sprake van, deels korrelige, depositie.

¹ Weerbeeld KNMI van 1 uur: Wind komende uren variabel met een voorkeursrichting tussen ZO en ZW met 1-2 m/s. Pas vanaf een hoogte van ca. 300 meter wordt krijgt de wind pas een duidelijke richting, namelijk ZZO (140-180 graden) met ca. 5 m/s.

1.2.1 *Onderzoeksvraag*

De vraag van de AGS² van de brandweer (veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid) aan de MOD was om onderzoek te doen naar de samenstelling van de depositie die in Strijen en omgeving was waargenomen en naar de eventuele risico's voor de volksgezondheid die deze depositie met zich meebrachten. Het vrijkomen van katalysatormateriaal is op dat moment nog niet met de MOD besproken. Daarnaast is de MOD door de brandweer gevraagd om luchtmonsters (Tedlar-bags), die door meetploegen van de brandweer in het benedenwindse gebied waren genomen, te analyseren op vluchtige organische stoffen. De brandweer gaf echter aan dat er in het benedenwindse gebied nauwelijks tot geen rook was waar te nemen op leefniveau en dat de rook hoog over de Hoeksche Waard trok.

1.2.2 *Meetstrategie*

De MOD is in overleg met de AGS van de brandweer naar de brandweerkazerne in Strijen gereden, zodat daar gestart kon worden met het nemen monsters van depositie. De MOD was tegen half twee in de nacht van 3 op 4 juni ter plaatse. In overleg met de AGS (die in het ROT³ in Dordrecht was) en de brandweer in Strijen, heeft de MOD de volgende activiteiten uitgevoerd:

Monstername

- Het nemen van veegmonsters⁴ en grasmonsters ter bepaling van de concentratie (zware) metalen, PAK's⁵ en dioxinen in depositie en gras.
- Het nemen van luchtmonsters (Tedlar-bags) ter bepaling van de concentratie vluchtige organische componenten (waaronder ethylbenzeen) in lucht.

De MOD heeft op aanwijzen van een medewerker van de brandweer uit Strijen in het gebied waar de depositie had plaatsgevonden veeg- en grasmonsters genomen. Dit gebied omvatte grofweg het dorp Strijen en het gebied tussen Strijen en de A28. Het gaat om locaties 1 t/m 5 (zie Figuur 1). Rond twee uur heeft de MOD de eerste monsters genomen.

Figuur 1 op pagina 13 bevat een overzicht van de monsternamelocaties, inclusief de monsternamelocaties van de volgende dagen (zie volgende paragrafen). In Tabel 1 op pagina 14 staat een overzicht van de type monsters die per locatie zijn genomen en geanalyseerd.

Er zijn door de MOD in de nacht van 3 op 4 juni geen luchtstofmonsters ter bepaling van de concentraties metalen, PAK's en dioxinen in luchtstof uitgevoerd. Vanaf het moment dat de MOD ter plaatse was, was er *op leefniveau* in het benedenwindse effectgebied geen rook waarneembaar en werden dergelijke metingen niet zinvol geacht. Op grond van waarnemingen door de brandweer en de MOD heeft de depositie en de mogelijke blootstelling hieraan in lucht, hoofdzakelijk in de eerste periode van het incident plaatsgevonden. (De door de brandweer genomen luchtmonsters (Tedlar bags) zijn alleen geschikt voor de bepaling van vluchtige organische stoffen (VOC's) en niet voor de bepaling van metalen in rook/luchtstof. Voor de bepaling van metalen in

² Adviseur Gevaarlijke Stoffen

³ Regionaal Operationeel Team

⁴ Bij veegmonsters wordt van een gladde oppervlakte, zoals een elektriciteitskastje, van een bepaalde afmeting (bijv. 30x 30cm) met een watje met demi-water de depositie verzameld.

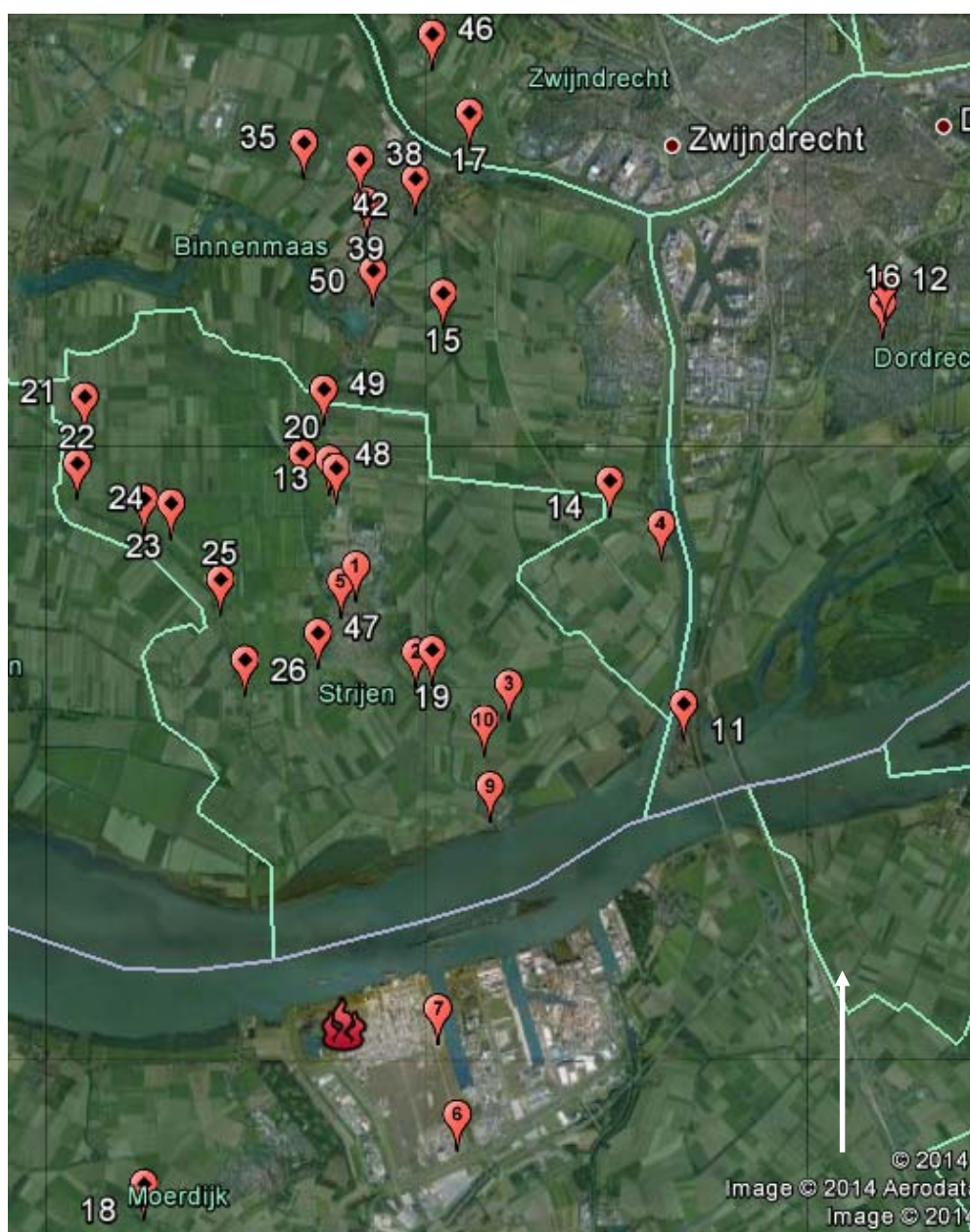
⁵ Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

luchtstof is een andere en langere bemonstering (1 à 2 uur) met behulp van luchtstoffilters nodig.)

Analyses in mobiel laboratorium

De MOD heeft in de nacht van 3 op 4 juni ter plaatse in een mobiel laboratorium de volgende analyses uitgevoerd:

- GC-MS-analyse van vluchtige organische componenten in luchtmonsters;
- XRF-analyse van (zware) metalen en andere elementen (waaronder chloor ter indicatie van dioxinen) in veegstof.



Figuur 1 Overzicht monsternamelocaties. Locatie 6, 7 en 18 betreffen bovenwindse referentiemonsters. De pijl geeft globaal de overheersende windrichting gedurende de explosie en brand aan. De afstand van de Shell-installatie tot meetlocatie 1 betreft circa 7 km.

Tabel 1 Lijst met monsternamelocaties, matrices en monsternamedata.

Locatie	Lucht (Tedlar-bag)	Veegstof	Gras	Grond (toplaag)
1		4, 6 en 16 juni	4 juni + 6 juni	6 juni
2		4 juni	4 juni	
3		4 juni	4 juni	
4		4 juni	4 juni	
5		4 juni + 6 juni	4 juni + 6 juni	6 juni
6			4 juni	
7	4 juni			
9	4 juni			
10	4 juni			
11	4 juni			
12	4 juni			
13		4 juni + 6 juni	4 juni + 6 juni	6 juni
14		4 juni	4 juni	
15		4 juni	4 juni	
16		4 juni	4 juni	
17		4 juni	4 juni	
18		4 juni	4 juni	
19		4 juni	4 juni	
20		4 juni	4 juni	
35			6 juni	
38		6 juni		
39			6 juni	
42		6 juni		
46			6 juni	
47		16 juni		16 juni
48		16 juni		16 juni
49		16 juni		16 juni
50		16 juni		16 juni
21 t/m 46		4, 5, 6 juni (screening)		

1.2.3

*Eerste meetresultaten**Depositie*

Uit XRF-analyse van veegstof in een mobiel laboratorium, bleek dat er in het centrum van Strijen (locaties 1 en 5) duidelijk verhoogde concentraties koper, chroom, silicium en barium in de depositie aanwezig waren. Op deze locaties was een korrelige depositie waarneembaar. Dit is om circa 3:30 uur in de nacht van 3 op 4 juni aan de AGS van de brandweer (veiligheidsregio Zuid-Holland Zuid) meegedeeld. Op dat moment was bij de brandweer bekend dat er naast ethylbenzeen ook katalysatormateriaal in de geëxplodeerde installatie van Shell aanwezig was, dat volgens een door Shell verstrekt Veiligheidsinformatieblad⁶ bestond uit koper(II)oxide (<50%), chroomoxide (niet nader gespecificeerd, onbekend percentage), chroomtrioxide (<5%), bariumchromaat (<10%) en siliciumdioxide (onbekend percentage). Chroomtrioxide en bariumchromaat zijn zeswaardige chroomverbindingen. Zeswaardig chroom (ook wel hexavalent

⁶ Safety Data Sheet - G-22/2 Tab 3x3- Clariant.

chromium of chromium(VI) genoemd), is een sterk corrosieve, huidsensibiliserende en kankerverwekkende stof, zowel bij inademing als inname via de mond (zie Hoofdstuk 0 en Bijlage 7). Omdat de samenstelling van de katalysator in lijn lag met het patroon van de verhoogde concentraties koper, chromium, silicium en barium in veegstof, kon worden aangenomen dat er katalysatormateriaal in de omgeving van Strijen was gedeponeerd dat bij het incident was vrijgekomen.

Lucht

Er zijn door meetploegen van de brandweer Zuid-Holland Zuid in het benedenwindse gebied diverse luchtmonsters (Tedlar-bags) genomen, die ter analyse aan de MOD zijn aangeboden. Vanwege het feit dat er nauwelijks rook op leefniveau in het benedenwindse gebied was waargenomen (de rook trok hoog over), is gestart met het analyseren van luchtmonsters die volgens de brandweer op grond van zintuiglijke waarneming het meest belast waren. In deze benedenwindse monsters zijn nauwelijks VOC's aangetroffen. Op één locatie iets ten noorden van Strijen-Sas is een licht verhoogde concentratie ethylbenzeen van 17 microgram per kubieke meter gemeten. Dat is zeer ruim beneden het niveau waarboven eventuele klachten beginnen op te treden. In twee luchtmonsters die in winkelcentrum Sterrenburg in Dordrecht waren genomen (waar volgens de brandweer ook depositie was waargenomen) zijn de gemeten waarden niet afwijkend van wat normaal in stedelijk milieu aangetroffen kan worden.

Uit eerdere MOD-metingen bij grote branden blijkt dat er verder dan 1 kilometer van de brand, in principe geen concentraties VOC's meer hoeven te worden verwacht die bij kortdurende blootstelling tot gezondheidseffecten leiden (Mennen & Van Belle, 2007). Bij deze brand lagen de eerste woningen in het benedenwindse gebied op meer dan 3 kilometer afstand, en de eerste woonkern op ruim 4 km afstand.

Vanwege de erg lage concentraties VOC's in de naar verwachting meest belaste luchtmonsters en vanwege de waarneming dat er nauwelijks of geen rook op leefniveau was waar te nemen in het benedenwindse gebied, zijn de overige door de brandweer en MOD genomen luchtmonsters niet geanalyseerd.

1.2.4 *Vervolganalyses*

Vanwege de (kwalitatief) aangetoonde verhoogde concentraties koper, chromium en barium in de veegmonsters, zijn de veeg- en grasmonsters op 4 juni naar het RIKILT en TNO-Triskelion gebracht voor een kwantitatieve bepaling van de concentraties metalen, inclusief chromium(VI), in veeg- en grasmonsters. In de grasmonsters zijn uit voorzorg ook de concentraties PAK's en dioxinen gemeten. De bepaling van dioxinen in gras is op expliciet verzoek van de NVWA gebeurd. Er waren geen aanwijzingen dat er dioxines bij deze brand waren gevormd.

1.3 **Woensdag 4 juni**

Naar aanleiding van de eerste meetresultaten die in de nacht van 3 op 4 juni ter plaatse in een mobiel laboratorium zijn uitgevoerd (die hoge concentraties koper, chromium en barium in depositie lieten zien) is woensdagochtend 4 juni besloten het verspreidingsgebied van de depositie in overleg met de brandweer nader in kaart te brengen. Op woensdagmiddag hebben twee monsternameteams op locaties 13 t/m 20 aanvullende veeg- en grasmonsters genomen. De veegmonsters van locaties 13 t/m 17 zijn ter plaatse gescreend met een handheld XRF-spectrometer. Hoewel deze meetmethode niet geschikt is

voor een kwantitatieve bepaling van metalen in veegmonsters, kan met dit apparaat wel ter plaatse een patroon van verhoogde koper- en chroomconcentraties worden aangetoond en herkend.

Alleen op locatie 13 aan de noordkant van Strijen werd daadwerkelijk depositie (drijvende deeltjes) waargenomen. De handheld XRF herkende in dit veegmonster hetzelfde patroon van verhoogde koper- en chroomconcentraties als in de monsters waarin in de voorgaande nacht verhoogde concentraties van o.a. koper en chroom waren aangetoond. De veeg- en grasmonsters zijn voor een nauwkeurige bepalingsmethode van de metaalconcentraties naar het RIKILT en TNO gebracht. Opgemerkt moet worden dat het woensdag 4 juni in de loop van de dag is gaan regenen.

1.4 Donderdag 5 juni

De monstername zoals hierboven beschreven, heeft zich in overleg met de brandweer gericht op Strijen-Sas en Strijen en het gebied oostelijk daarvan tot aan de A16. Omdat de verhoogde concentraties metalen zich vooral in het westelijke deel van het monsternamegebied leken te concentreren, is op donderdag besloten de depositie in het gebied ten westen van Strijen in kaart te brengen door veegmonsters te screenen met behulp van de handheld XRF. Inmiddels was er veel regen gevallen en donderdag waaide het ook vrij krachtig. Het onderzoek is verricht door te kijken of er op open oppervlakken zoals elektriciteitskastjes en brievenbussen recent gedeponeed materiaal lag. Als er depositie was waar te nemen, is dit met een vochtig watje opgeveegd en direct met de handheld XRF gescreend. De Oudendijk is vanaf de Molenweg tot aan de Weelsedijk in kaart gebracht (locatie 21 t/m 28; ook als er geen materiaal lag is er een locatie op het bijgevoegde kaartje gezet).

Visueel is er weinig depositie waargenomen. Op twee locaties (23 en 24) werd een lichte verhoging van koper en chroom gemeten. Het ging om een brievenbus die beschut aan de dijk stond en een groene kast in een weiland nabij deze brievenbus.

Shell-terrein

In de loop van donderdag 5 juni kreeg de MOD het verzoek van de bedrijfsbrandweer en de interne milieudienst van Shell om metingen te verrichten op het Shell-terrein. De vraag was of er veel katalysatormateriaal op het eigen terrein lag. Samen met een medewerker van de milieudienst van Shell is het terrein afgezocht (locatie 29 t/m 34).

Slecht op één locatie (33) is materiaal aangetroffen dat vergelijkbaar was met de zichtbare depositie op locatie 13 in Strijen. Dit materiaal is gemeten met de handheld XRF en gaf hoge waarden van koper en chroom.

1.5 Vrijdag 6 juni

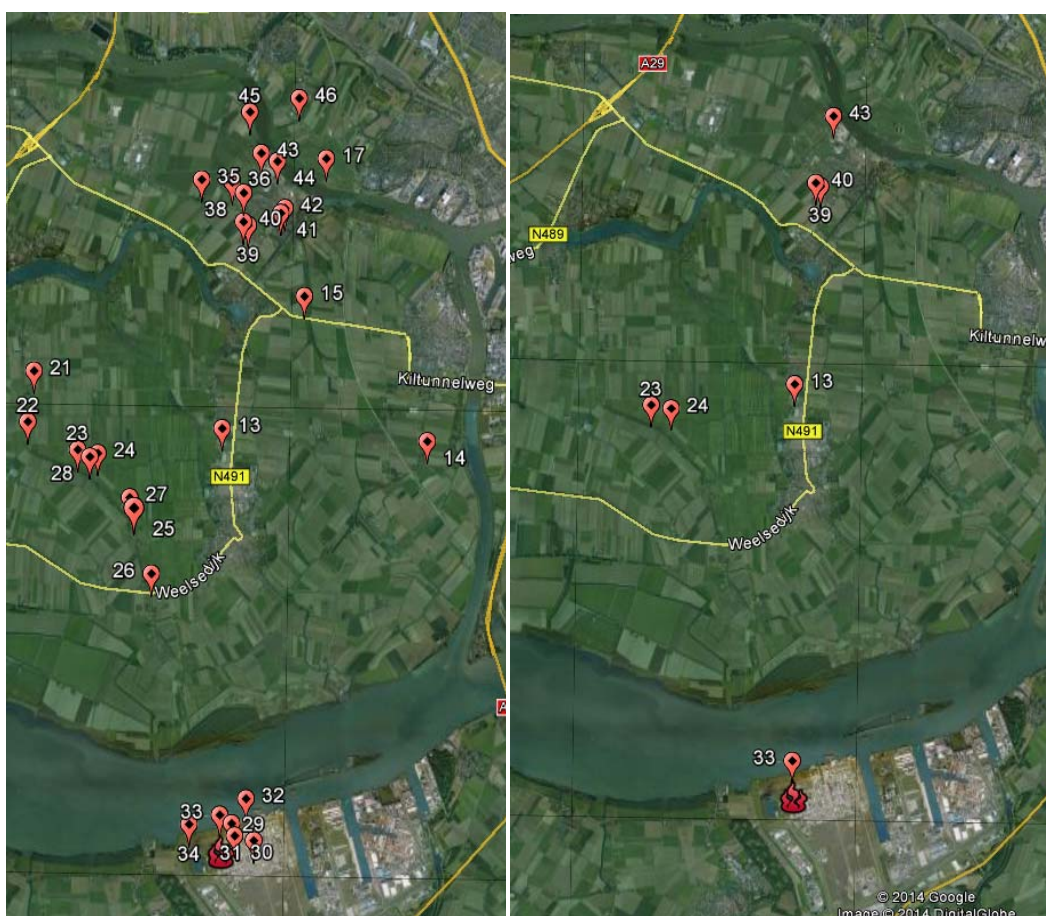
Monstername & veldmetingen

Op vrijdag 6 juni zijn nog een tiental veegmonsters in Puttershoek genomen en in het veld gescreend (locaties 35 t/m 46), omdat bekend werd dat medewerkers van hulpinstanties ten tijde van de brand op deze locatie irritatie van luchtwegen en ogen hadden gerapporteerd.

Er is door de MOD vrijwel geen depositie in dit gebied waargenomen. Alleen op de hoek Haagwinde/ Speenkruid/ De Grienden (locatie 39 en 40) is op een beschutte plek herkenbaar stof gevonden. Deze is met de handheld XRF op

metalen gescreend waarbij een lichte verhoging van koper en chroom werd gemeten. Op deze locatie is daarom ook gras bemonsterd. Er zijn geen andere locaties in Puttershoek gevonden met depositie. Er zijn door de MOD diverse bewoners aangesproken maar niemand had depositie waargenomen. Nabij de Suikerunie-fabriek (locatie 43) leek ook een lichte verhoging van koper en chroom te zijn maar dit heeft mogelijk te maken met een naastgelegen sloopterrein. Aan de overzijde van de rivier de oude Maas is nog één screening uitgevoerd maar ook hier gaven bewoners aan dat er geen depositie was waargenomen.

Daarnaast zijn op vrijdag 6 juni op dezelfde monsternamelocaties als waar in de eerste nacht verhoogde koper-, chroom en bariumconcentraties zijn gemeten, opnieuw veeg- en grasmonsters genomen. Hierdoor kon worden bepaald in hoeverre door de regen de concentraties metalen waren gedaald. Ook zijn er op drie locaties grondmonsters genomen van het bovenste toplaagje van de bodem om na te gaan in hoeverre de depositie had geleid tot verhoogde concentraties metalen in de bovenste bodemlaag. Dit is gedaan door met een kwastje het bovenste bodemlaagje van circa 1 mm bijeen te vegen.



Figuur 2 Links: Alle indicatieve metingen met de handheld XRF. Rechts: Locaties waarbij met de handheld XRF indicatief verhoogde koper- en chroomconcentraties zijn aangetoond. NB: Het gaat hier alleen om veldmetingen met de handheld XRF.

Luchtstofbemonstering

Blootstelling aan metalen, waarvan chroom(VI) voor de risicobeoordeling het meest relevant is (zie hoofdstuk 2.2.3), kan ook plaatsvinden door opwaaiend bodemstof en depositie. Om na te gaan in hoeverre eventuele opwaaiing van bodemstof en depositie op droge dagen zou leiden tot verhoogde concentraties chroom en andere metalen in lucht, zijn van vrijdag 6 tot en met zondag 8 juni 24-uurs bemonsteringen van luchtstof in Strijen uitgevoerd. Het was op deze dagen droog weer.

1.6 Maandag 16 juni

Om na te gaan in hoeverre de concentraties chroom en andere metalen in veegstof tot normale achtergrondniveaus waren gedaald en om een beter beeld te krijgen van de concentraties chroom in de bovenste toplaag van de bodem, zijn op maandag 16 juni nog op vijf locaties monsters genomen van veegstof en de bovenste bodemlaag (ca 1 mm).

2 Analyseresultaten

2.1 Overzicht uitgevoerde analyses

In onderstaande tabel staat een overzicht van de uitgevoerde analyses.

Tabel 2 Overzicht uitgevoerde analyses

Matrix	Componenten	Techniek	Instantie	Resultaten
Lucht	Vluchtige organische componenten (VOC's)	GC-MS	RIVM-MOD	Bijlage 1
Veegstof	Elementen	XRF*	RIVM-MOD	–
	Chroom(VI)	ICP-MS	RIKILT	Bijlage 2
Gras	Chroom(VI)	ICP-MS	TNO-Triskelion	
	Elementen	ICP-MS	RIKILT	Bijlage 3
	Chroom(VI)	ICP-MS	TNO-Triskelion	
	PAK's	GC-MS	RIKILT	Bijlage 6
	Dioxines	GC-MS	RIKILT	Bijlage 6
Grond / bodem	Elementen	ICP-MS	RIKILT	Bijlage 4
Luchtstof	Elementen, incl. chroom(VI)	XRF**	RIVM-MOD	–
		ICP-MS	TNO-Triskelion	Bijlage 5
Katalysator-materiaal	Elementen	XRF	RIVM-MOD	–***
		ICP-MS	RIKILT	–***

*Kwalitatieve methode; **Semi-kwantitatieve methode. ***Vanwege vertrouwelijkheid niet opgenomen in deze rapportage.

2.2 Analyseresultaten

De resultaten van de kwantitatieve analyses staan vermeld in Bijlage 1 t/m Bijlage 6.

2.2.1 Vluchtige organische componenten in lucht

De concentraties vluchtige organische stoffen (VOC's) in luchtmonsters staan vermeld in Bijlage 1. De gezondheidskundige risicobeoordeling van deze en andere resultaten staat in hoofdstuk 0.

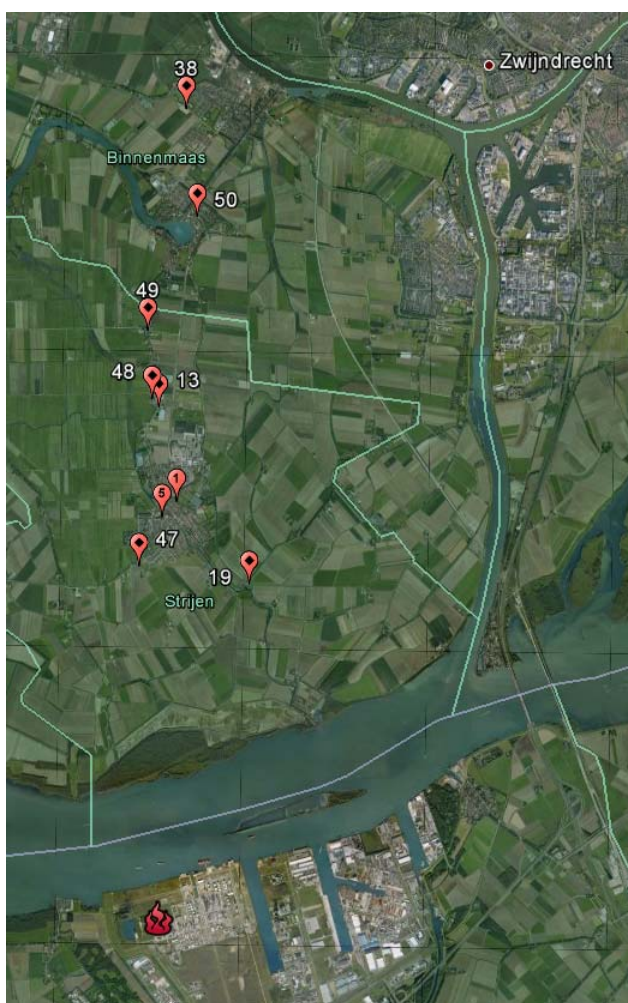
2.2.2 Metalen in veegstof en gras

In een aantal monsters van veegstof en gras die zijn genomen die in de nacht van 3 op 4 juni en op 4 juni overdag, zijn (sterk) verhoogde concentraties koper, chroom en barium gemeten (zie Bijlage 2 en Bijlage 3). Het gaat om monsters die zijn genomen in of nabij het dorp Strijen (locaties 1, 5 en 13). De verhouding tussen de concentraties koper, chroom en barium ligt in lijn met de resultaten van de analyse van het katalysatormateriaal (zie paragraaf 2.2.4).

In de grasmonsters die op vrijdag 6 juni, na twee dagen regen, zijn genomen, liggen de concentraties op normale achtergrondniveaus. In de veegmonsters van vrijdag 6 juni zijn de concentraties nog wel verhoogd, hoewel de waarden lager liggen dan die in de monsters van 4 juni.

In de monsters van 16 juni zijn de concentraties metalen in veegmonsters nog licht verhoogd.

Op één locatie in Strijen liggen zowel op 6 juni als op 16 juni de concentraties metalen wat hoger dan in de andere monsters die in of rond het dorp genomen zijn. Het gaat hier om veegmonsters van een linoleumvloer van een grotendeels gesloopte gymzaal in Strijen. Waarschijnlijk liggen de concentraties metalen hier wat hoger omdat er vanwege het grote ondoordringbare oppervlak (waar het water op blijft staan) ophoping van depositie en weinig afspoeling plaatsvindt. Het RIVM heeft, hoewel er geen directe gezondheidsrisico's zijn, de lokale autoriteiten hierover geïnformeerd.



Figuur 3: Locaties waar met laboratoriumanalyses verhoogde concentraties koper, chroom en barium zijn gemeten in veegstof en/of gras in de periode 4 - 16 juni.

2.2.3

Chroom(VI)-bepaling

Volgens het Veiligheidsinformatieblad van het katalysatormateriaal dat in de geëxplodeerde installatie aanwezig was, bevat het katalysatormateriaal chroom(VI)verbindingen, namelijk bariumchromaat (<10%) en chroomtrioxide (<5%). Dit Veiligheidsinformatieblad is door Shell ter beschikking gesteld.

Chroom(VI) is veel schadelijker voor de gezondheid dan chroom(III) (zie Hoofdstuk 0 en Bijlage 7). Om deze reden is in de veeg- en grasmonsters die in de nacht van 3 op 4 juni zijn genomen, ook het chroom(VI)gehalte geanalyseerd. Volgens deze chroom(VI)-analyses was < 1 tot 12% *van het totaal-chroomgehalte* in de veeg- en grasmonsters chroom(VI) (zie Bijlage 2 en Bijlage 3).

Bij de chroom(VI)-analyse van het katalysatormateriaal zelf, bleek dat de gebruikte methode voor de chroom(VI)-bepaling⁷ een onderschatting gaf van het chroom(VI)gehalte in het katalysatormateriaal. Bij analyse van het tweede en derde her-extract van het katalysatormateriaal werden bij de chroom(VI)-analyse namelijk vergelijkbare chroom(VI)-gehalten gevonden als in het eerste extract. Dit duidt op een lage extractie-efficiëntie. De ontsluiting van chroom(VI) is lastig omdat met gangbare ontsluitingsmiddelen (salpeterzuur, koningswater) het chroom(VI) wordt gereduceerd tot chroom(III). Daarom wordt er bij chroom(VI)-bepalingen gebruik gemaakt van andere methoden om chroom(VI) te ontsluiten. Deze methoden zijn echter niet specifiek voor katalysatormateriaal. Mogelijk geldt de onderschatting van het chroom(VI)-gehalte in het katalysatormateriaal, ook voor het chroom(VI)-gehalte in veeg- en grasmonsters.

Vanwege de mogelijke onderschatting van het chroom(VI)gehalte in veeg- en grasmonsters, is bij de risicobeoordeling uitgegaan van de worst-casesituatie dat al het chroom (bepaald als totaal-chroom) in de veeg- en grasmonsters chroom(VI) is geweest (zie Hoofdstuk 0). Als echter wordt aangenomen dat het katalysatormateriaal naast de chroom(VI)verbindingen bariumchromaat (<10%) en chroomtrioxide (<5%), ook chroom(III)oxide bevat (het Veiligheidsinformatieblad geeft daarover geen 100% uitsluitel), dan kan op basis van de XRF-analyse en het productspecificatieblad van het katalysatormateriaal worden afgeleid dat maximaal 20% van het totaal-chroom chroom(VI) betreft (zie ook paragraaf 2.2.4).

Opgemerkt moet worden dat er waarschijnlijk reductie plaatsvindt van chroom(VI) tot het minder schadelijke chroom(III). De reductie van chroom(VI) tot chroom(III) hangt af van diverse factoren zoals temperatuur, zuurgraad en de aanwezigheid van reducerende agentia, zoals organisch materiaal, nitraten, ammonia en zwavelhoudende verbindingen. De halfwaardetijd van chroom(VI) varieert van minder dan enkele uren tot enkele dagen, afhankelijk van de omstandigheden. Hoe snel de reductie van chroom(VI) in gedeponeerd katalysatormateriaal optreedt is onbekend.

2.2.4 *Analyse katalysatormateriaal*

In het weekend van zaterdag 7 juni heeft Shell katalysatormateriaal dat in de geëxplodeerde installatie aanwezig was ter beschikking gesteld voor analyse. Omdat er enkele blaadjes in de pot met katalysatormateriaal zaten, lijkt het erop dat het om katalysatormateriaal gaat dat bij de geëxplodeerde installatie is verzameld. Het katalysatormateriaal is op elementen geanalyseerd met zowel ICP-MS als XRF.

⁷ Opwerking via NPR 2953 (extractie met een mengsel van 0,5M NaOH en 0,28 M Na₂CO₃ bij 95° C gedurende 1 uur). In het extract is vervolgens het totaal-chroom bepaald met ICP-MS in de veronderstelling dat dit chroom(VI) is.

Shell heeft zowel een Veiligheidsinformatieblad⁸ als een (vertrouwelijk) productspecificatieblad⁹ van het katalysatormateriaal verstrekt. Volgens het Veiligheidsinformatieblad bestaat het katalysatormateriaal uit:

- koper(II)oxide (<50%),
- chroomoxide (niet nader gespecificeerd, onbekend percentage),
- chroomtrioxide (<5%),
- bariumchromaat (<10%),
- siliciumdioxide (onbekend percentage).

Het productspecificatieblad bevat informatie over de concentraties koper, chroom, barium en siliciumdioxide in het katalysatormateriaal.

De met XRF gemeten concentraties silicium, koper, chroom en barium in het katalysatormateriaal, komen zeer goed overeen met de concentraties zoals genoemd in het (vertrouwelijke) productspecificatieblad. Vanwege de vertrouwelijkheid van de gegevens in het productspecificatieblad, zijn deze gegevens en de resultaten van de analyses van het katalysatormateriaal niet in deze rapportage opgenomen.

De ICP-MS-analyse van het katalysatormateriaal geeft lagere waarden voor chroom, barium en koper dan de XRF-analyse. Met ICP-MS worden alleen metalen gemeten die (na vermalen en homogeniseren) met het gebruikte ontsluitingsmiddel (in dit geval salpeterzuur) worden opgelost. Siliciumoxide lost bijvoorbeeld niet op in salpeterzuur en kan daarmee niet worden aangetoond met ICP-MS. Hiervoor is ontsluiting met waterstoffluoride (HF) nodig. Met de uitgevoerde XRF-analyse worden in het vermalen en gehomogeniseerde katalysatormateriaal alle aanwezige elementen gemeten (vanaf magnesium en zwaarder), ongeacht hun structuur en oplosbaarheid. De lagere waarden van de ICP-MS-analyse ten opzichte van de XRF-analyse van het katalysatormateriaal duidt er waarschijnlijk op dat een deel van de koper-, chroom- en bariumverbindingen in het katalysatormateriaal niet volledig wordt ontsloten met salpeterzuur. Deze veronderstelling wordt ondersteund door het feit dat in het residu van het destruktaat van het katalysatormateriaal nog aanzienlijke gehalten chroom met XRF-analyse zijn aangetoond. Volgens informatie van Shell zou het katalysatormateriaal (deels) zijn gesinterd. Hierdoor zouden de metalen minder goed zijn te ontsluiten.

De verhouding van de metalen in het katalysatormateriaal liggen zowel bij de XRF- als de ICP-MS-analyse in lijn met de verhouding van de metalen in de met XRF respectievelijk ICP-MS geanalyseerde veegmonsters.

Voor de volksgezondheid is vooral het deel van de metalen dat is te ontsluiten met salpeterzuur of koningswater van belang. Het deel van de metalen dat niet in salpeterzuur of koningswater oplost wordt naar verwachting niet of nauwelijks opgenomen door het lichaam.

⁸ Safety Data Sheet - G-22/2 Tab 3x3- Clariant.

⁹ Catalyst Specification Sheet - Catalyst G-22/2 - Süd Chemie (onderdeel van Clariant.)

2.2.5 *PAK's en dioxinen in gras*

Uit Bijlage 6 blijkt dat er geen concentraties PAK's in gras boven normale achtergrondconcentraties zijn gemeten. Ook de concentraties dioxinen in gras zijn niet verhoogd ten opzichte van normale achtergrondconcentraties in dit seizoen.

3 Risicobeoordeling

3.1 Vluchtige organische componenten (VOC's)

Zoals uit Bijlage 1 blijkt, zijn in de luchtmonsters die in het benedenwindse gebied zijn genomen, nauwelijks verhoogde concentraties vluchtige organische componenten aangetoond. Op één locatie iets ten noorden van Strijen-Sas is een licht verhoogde concentratie ethylbenzeen van $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten. Dit is ruim beneden het niveau waarboven gezondheidseffecten zijn te verwachten. In de twee luchtmonsters die in winkelcentrum Sterrenburg in Dordrecht zijn gekomen, zijn de gemeten waarden niet afwijkend van wat normaal in stedelijk milieu aangetroffen kan worden. De concentraties liggen ruim onder de niveaus waarboven gezondheidseffecten zijn te verwachten.

Deze resultaten komen overeen met de waarneming van de brandweer en de MOD dat er sprake was van een grote pluimstijging, waardoor de rook hoog over de Hoeksche Waard heentrok en er *op leefniveau* niet of nauwelijks rook was waar te nemen.

Geconcludeerd kan worden dat er geen gezondheidseffecten zijn te verwachten ten gevolge van blootstelling aan vluchtige organische componenten ten gevolge van de brand.

In één van de twee bovenwinds referentiemonsters, die door de brandweer zijn genomen bij de hoofdingang van Shell Chemie in Moerdijk, zijn diverse alkanen en alkenen in concentraties van minder dan $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ per afzonderlijke component gemeten. Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat het hier om een terrein van een chemische fabriek gaat waar petrochemische stoffen worden verwerkt. Hoewel het buiten de scope van deze studie valt (het gaat bij dit bovenwindse monster immers niet om stoffen die bij de brand zijn vrijgekomen), kan gesteld worden dat er geen gezondheidseffecten zijn te verwachten bij hulpverleners die tijdens het incident aan deze concentraties stoffen zijn blootgesteld. Ter referentie: de Voorlichtingsrichtwaarden van lagere alkanen en alkenen liggen in de orde van enkele honderden tot duizenden mg/m^3 . Ook (buitenlandse) private arbogrenswaarden liggen voor alifatische koolwaterstoffen (C5-C9 en C9-C15) op enkele honderden tot meer dan duizend mg/m^3 (SER, 2014). Gezien het feit dat deze waarden enkele ordegrottes hoger zijn dan de gemeten concentraties, worden geen gezondheidsrisico's verwacht van blootstelling aan het gecombineerde mengsel van alkanen en alkenen.

3.2 Metalen en andere elementen

3.2.1 *Metalen en andere elementen in veegstof en gras*

Beoordeling woensdag 4 juni

In de nacht van 3 op 4 juni zijn met een kwalitatieve meetmethode verhoogde concentraties koper, chroom, barium en silicium gemeten in veegmonsters. Op dat moment was bij de brandweer bekend dat er naast ethylbenzeen ook katalysatormateriaal in de geëxplodeerde installatie van Shell aanwezig was, dat

volgens het door Shell verstrekte Veiligheidsinformatieblad bestond uit koperoxide (<50%), chroomoxide (onbekend percentage)¹⁰, chroomtrioxide (<5%), bariumchromaat (<10%) en siliciumdioxide (onbekend percentage). Omdat de samenstelling van het katalysatormateriaal zeer goed overeen kwam met het patroon van de verhoogde concentraties koper, chroom, silicium en barium in depositie, kon worden aangenomen dat de gemeten concentraties koper, chroom, barium en silicium afkomstig waren van gedeponeerd katalysatormateriaal.

Volgens het Veiligheidsinformatieblad bevat het katalysatormateriaal onder andere bariumchromaat (<10%) en chroom(tri)oxide (< 5%). Dit zijn zeswaardige chroomverbindingen. Zeswaardig chroom (ook wel hexavalent chroom genoemd of chroom(VI)) is een sterk corrosieve, huidsensibiliserende en kankerverwekkende stof (bij zowel inademing als inname via de mond). Daarnaast kan chroom(VI) ook effecten op de vruchtbaarheid veroorzaken. Het RIVM heeft daarom aan het BOT-mi geadviseerd om direct contact met (gedeponeerd) katalysatormateriaal te vermijden. Ook is geadviseerd om plaatsen waar kinderen verblijven/spelen te inspecteren op de aanwezigheid van brokstukken en roet en indien aanwezig te verwijderen. Naast chroomverbindingen is ook voorzichtigheid geboden met (inademing van) het in de katalysator aanwezige koperoxide.

Woensdagmiddag 4 juni is ten behoeve van de GAGS een beknopt overzicht opgesteld waarin de belangrijkste effecten van chroom(VI) zijn samengevat en bij welke blootstelling deze effecten zouden kunnen optreden (zie Bijlage 7).

Beoordeling donderdag 5 juni

De eerste laboratoriumanalyses van de meetresultaten wezen op hoge depositiewaarden van chroom, koper en barium in veegmonsters en grasmonsters op twee locaties (1, 5) in Strijen (zie Bijlage 2 en Bijlage 3). In de veegmonsters werden ook verhoogde zinkconcentraties gevonden. Twee standaardscenario's met een geschatte hoge blootstelling werden doorgerekend om een eerste indicatie van mogelijke gezondheidsrisico's te krijgen (zie Bijlage 8). Op basis van de gemiddelde hoeveelheden in de drie betreffende veegmonsters werden mogelijke gezondheidsrisico's voor jonge kinderen bij hand-mond contact berekend. In een vergelijking met bestaande normen voor chronische blootstelling werden mogelijke gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan koper, zink en barium verwaarloosbaar geacht. De beoordeling van de gezondheidsrisico's van blootstelling aan chroom werd bemoeilijkt omdat nog niet bekend was in welke verhouding de concentratie totaal-chroom bestond uit chroom(III) en chroom(VI), en om welke verbinding (wateroplosbaar of -onoplosbaar). De berekende blootstelling aan totaal-chroom voor dit scenario is hoger dan de chronische norm voor oplosbare chroom(III) verbindingen, maar lager dan de chronische norm voor onoplosbare chroom(III) verbindingen. Voor chroom(VI) is geen officiële norm afgeleid. Als er worst case van wordt uitgegaan dat al het chroom geheel uit chroom(VI) bestaat kan op basis van een dierexperiment worden berekend dat het extra risico op kanker bij kortdurende blootstelling ongeveer gelijk is aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 1 op 1 miljoen (zie Bijlage 8).

Het tweede scenario betreft groenteconsumptie waarbij, vanwege het ontbreken van metingen in groenten, is aangenomen dat de concentraties in gras

vergelijkbaar zijn voor groente. De berekende innames aan koper en barium waren lager dan de normen voor chronische blootstelling. Gezondheidsrisico's als gevolg van blootstelling aan deze stoffen werden verwaarloosbaar geacht. Hoewel de geschatte blootstelling aan chroom ongeveer een factor 2 hoger is dan in het eerste scenario, kunnen voor blootstelling aan chroom vergelijkbare conclusies worden getrokken als in het eerste scenario.

Beoordeling vrijdag 6 juni

Op vrijdag 6 juni kwamen de resultaten van aanvullende meetlocaties beschikbaar. Op één van deze locaties (13) werden verhoogde chroomconcentraties in veeg- en grasmonsters aangetroffen vergelijkbaar met de eerder gevonden gehalten op locaties 1 en 5.

Analyses van het chroom(VI)-gehalte toonden aan dat gemiddeld 5% (<1 tot 12%) van het totaal-chroom in veegmonsters 1 en 5 in Strijen chroom(VI) betrof. In de grasmonsters was chroom(VI) alleen detecteerbaar op locatie 5 (minder dan 1% van totaal chroom). Omdat er aanwijzingen waren dat de gebruikte analysemethode bij deze matrices (gras en veegstof) een onderschatting gaf van het chroom(VI)gehalte, is uiteindelijk bij de blootstellingsberekeningen worst case uitgegaan van een chroom(VI)-aandeel van 100%.

Aangenomen werd dat de in veegmonsters en gras aanwezige metaalverbindingen door regenval in de bodem waren gespoeld. Ook vindt naar alle waarschijnlijkheid reductie plaats van chroom(VI) tot het minder schadelijke chroom(III). De reductie van chroom(VI) tot chroom(III) hangt af van diverse factoren zoals temperatuur, zuurgraad en de aanwezigheid van reducerende agentia, zoals organisch materiaal, nitraten, ammonia, zwavelhoudende verbindingen. Deze omzetting kan al in de lucht plaatsvinden. De halfwaardetijd van chroom(VI) varieert van minder dan enkele uren tot enkele dagen, afhankelijk van de omstandigheden; onder specifieke omstandigheden is de omzetting zelfs momentaan. Hoe snel de reductie van chroom(VI) in gedeponeerde katalysatormateriaal optreedt, is onbekend.

Uitgaande van de gemeten gehalten totaal-chroom in de veegmonsters van de locaties met verhoogde chroomgehalten (1, 5, 13) werd berekend dat, indien al het chroom geheel uit chroom(VI) bestaat en in de bodem (verdeeld over een bovenlaag van 5 mm) zou terechtkomen, het chroom(VI) gehalte in de bodem met gemiddeld 0,8 mg/kg zou toenemen. Voor chroom(VI) geldt een huidige bodeminterventiewaarde van 78 mg/kg bodem¹¹. Deze waarde is afgeleid op basis van een TDI¹² van 5 µg Cr(VI)/kg lichaamsgewicht en houdt rekening met verschillende routes en vormen van blootstelling. De additionele bijdrage van het door het incident gedeponeerde chroom(VI) aan het bodemgehalte is dermate gering, dat een additioneel gezondheidsrisico als gevolg hiervan zeer gering werd geacht (zie Bijlage 9).

Beoordeling zaterdag 7 juni

Analyses van veeg- en grasmonsters genomen op vrijdag 6 juni op locaties 1, 5 en 13 (na twee dagen met veel regen), toonden aan dat de concentraties chroom, koper, barium en zink in de grasmonsters tot normale achtergrond-

¹¹ Bij het vaststellen van de bodeminterventiewaarde van 78 mg/kg bodem is uitgegaan van een orale norm voor niet-carcinogene effecten. Het orale kankerrisico kon destijds niet worden gekwantificeerd. Recent is in een dierexperiment aangetoond dat chroom(VI) ook bij orale inname tumoren kan veroorzaken. Op basis van deze studie is kwantificering wel mogelijk. Deze bevindingen zouden aanleiding kunnen geven tot een verlaging van de bodeminterventiewaarde, maar hebben geen invloed op de conclusie.

¹² Tolerable Daily Intake

niveaus waren gedaald. Ook in de veegmonsters werden lagere concentraties aangetroffen dan in de veegmonsters die op 4 juni waren genomen. In twee veegmonsters op locatie 1 waren de concentraties chroom nog verhoogd, hoewel de concentraties lager waren dan in het monster van woensdag 4 juni op deze locatie. Deze resultaten bevestigden de verwachting dat het chroom en de andere metalen door regenval grotendeels zouden zijn weggespoeld in de bodem.

Het gemiddelde chroomgehalte in de twee monsters die nog wel een verhoogd chroomgehalte toonden was $900 \mu\text{g chroom}/\text{m}^2$, waarbij er vanwege de onzekerheid m.b.t. de analyse van specifiek chroom(VI) in veegmonsters, worst case van wordt uitgegaan dat dit geheel uit chroom(VI) bestaat. De blootstelling per gebeurtenis volgens het standaardscenario in Bijlage 8 (jong kind met handmond contact) wordt dan $7,6 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht. Deze blootstelling is ongeveer een factor 7 lager dan berekend op donderdag 6 juni (Bijlage 8). Het extra risico op kanker bij kortdurende blootstelling is bij deze blootstelling een factor 10 lager dan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 10^{-6} .

Op basis van de metingen en deze 'worst-case' risicoberekening werd geconcludeerd dat gezondheidsrisico's van blootstelling aan totaal-chroom of chroom(VI) als verwaarloosbaar kunnen worden ingeschat en dat het gehalte van het nog aanwezige chroom verder zou afnemen. Bovendien zal het chroom(VI) verder worden gereduceerd tot chroom(III).

Beoordeling woensdag 18 juni

In de veegmonsters van maandag 16 juni zijn de concentraties chroom nog steeds licht verhoogd, maar de niveaus zijn dusdanig dat ook bij blootstelling van enkele weken het risico beneden het Verwaarloosbaar Risiconiveau blijft.

Opgemerkt moet worden dat er bij de berekeningen vanwege de onzekerheid m.b.t. de chroom(VI)-bepaling in veegmonsters, worst case vanuit is gegaan dat al het chroom in veegmonsters chroom(VI) betreft. Als echter wordt aangenomen dat het katalysatormateriaal naast de chroom(VI)verbindingen bariumchromaat (<10%) en chroomtrioxide (<5%), óók chroomoxide bevat (het Veiligheidsinformatieblad geeft daarover geen 100% uitsluitel), dan kan op basis van de XRF-analyse en het productinformatieblad van het katalysatormateriaal worden afgeleid dat maximaal 20% van het totaalchroom chroom(VI) betreft.

3.2.2 *Risico's van blootstelling aan metalen in lucht*

Gezien de depositie van katalysatormateriaal in de omgeving van Strijen en het daarin aanwezige koper, chroom en barium, kunnen vooral mensen die in de omgeving van Strijen tijdens de explosie en brand buiten waren, blootgesteld zijn aan metalen in lucht. Hoe groot deze blootstelling precies kan zijn geweest valt vanwege het ontbreken van luchtstofbemonsteringen niet te achterhalen. Gezien het tijdstip van de explosie en brand, zullen de meeste mensen op dat moment binnen zijn geweest. Uit waarnemingen van de brandweer blijkt dat de verspreiding en depositie van katalysatormateriaal vooral heeft plaats gevonden ten gevolge van de explosie. De mogelijke blootstelling aan katalysatormateriaal in lucht heeft dus vooral aan het begin van het incident plaatsgevonden.

Blootstelling aan metalen, waarvan chroom(VI) in deze casus het meest relevant is, kan ook plaatsvinden door opwaaiende depositie en bodemstof. Van vrijdag 6 tot en met zondag 8 juni hebben er daarom 24-uurs bemonsteringen van

luchtstof plaatsgevonden in Strijen. Ten gevolge van beschadigingen van de filters is alleen het 24-uursmonster van vrijdag 6 juni bruikbaar. Analyse van dit monster laat zien dat de concentratie totaal-chroom met 5 ng/m^3 binnen de spreiding van normale achtergrondniveaus valt. De concentratie chroom(VI) lag beneden de detectielimiet.

3.2.3 *Risico's ten gevolge van verontreinigde groenten of diervoedergewassen*

Het Frontoffice Voedselveiligheid van het RIVM en RIKILT heeft in opdracht van de NVWA een risicobeoordeling voor de volksgezondheid (m.b.t. voedsel) en voor de diergezondheid (m.b.t. diervoeder) gemaakt. Deze beoordeling is apart aan de NVWA gerapporteerd. Het Frontoffice heeft daarbij gebruik gemaakt van de meetresultaten van de MOD. Uit analyse van grasmonsters dat er gedurende korte tijd verhoogde concentraties chroom, koper en barium in het gras aanwezig zijn geweest bleek (zie Bijlage 6). In de monsters van 6 juni waren de verhoogde concentraties die in de grasmonsters van 4 juni waren aangetroffen, vermoedelijk door de regen tot normale achtergrondniveaus afgenomen. Het Frontoffice heeft op basis hiervan geconcludeerd dat er vanwege de zeer beperkte duur van de aanwezigheid van verhoogde concentraties chroom, koper en barium in het gras en de ter plekke aanwezige groente, geen noemenswaardig risico voor de volksgezondheid wordt verwacht door groenteconsumptie en/of door consumptie van dierlijke producten afkomstig van landbouwhuisdieren die aan het verontreinigde gras zijn blootgesteld. Ook voor landbouwhuisdieren zelf wordt als gevolg van de snelle afname van de concentraties op gras geen risico verwacht.

3.2.4 *Risico's van depositie van metalen voor de drinkwatervoorziening*

In de wijde omgeving van de Shell-locatie bevinden zich innamepunten van oppervlaktewater dat wordt gebruikt voor de drinkwatervoorziening. Het gaat om de volgende locaties van waterbedrijf Evides:

- Het Haringvliet bij Scheelhoek waar oppervlaktewater wordt ingenomen en dat wordt geïnfiltreerd in de duinen bij Ouddorp;
- De ontvangstbekkens van Biesboschwater bij de drinkwaterproductiebedrijven Kralingen (Rotterdam), Berenplaat(Spijkenisse) en Baanhoek (Dordrecht).

Door depositie van metalen zou dit water mogelijk niet meer geschikt zijn als grondstof voor de drinkwatervoorziening. Daarom heeft Evides op 6 juni aan BOT-mi gevraagd wat de risico's van deze depositie voor de drinkwatervoorziening zijn op basis van de analyseresultaten. Deze vraag is doorgespeeld aan de drinkwaterdeskundige van de MOD. Om een advies op te stellen is overleg gepleegd met KWR en Evides. Het advies is op 7 juni verstrekt.

Van de genoemde wateren waren geen meetgegevens beschikbaar. Om tot een schatting van de concentraties metalen te komen is gebruik gemaakt van de depositiemetingen van het RIVM en van meetgegevens van oppervlaktewater in het beheersgebied van het waterschap Hollandse Delta; het betreft gegevens voor verschillende locaties. De gegevens van het waterschap zijn via de Veiligheidsregio ter beschikking gesteld. Beide gegevensbronnen hebben betrekking op meer nabij het Shell-terrein gelegen locaties. Verwacht mag worden dat op de voor de drinkwatervoorziening relevante locaties door verdunning de concentraties lager zullen zijn. Voor de beoordeling van de risico's zijn steeds de hoogst gemeten concentraties gebruikt, als worst case benadering.

De berekende concentraties metalen op basis van de depositiemetingen van het RIVM en de metingen van Hollandse Delta komen goed overeen, gelet op de verschillende soorten metingen op verschillende locaties. De gevonden waarden zijn getoetst aan de drinkwaternormen en de normen voor oppervlaktewater ten behoeve van de drinkwaterbereiding (zie Bijlage 10). Hieruit is gebleken dat de concentraties ruim beneden de drinkwaternormen liggen en in iets geringere mate beneden de normen voor oppervlaktewater t.b.v. de drinkwaterbereiding. Wat betreft de toetsing aan drinkwaternorm geldt nog dat de gehalten verder verlaagd worden in het zuiveringsproces, en bij Scheelhoek ook nog een bodempassage. Op basis van deze bevindingen is aan Evides geadviseerd dat de inname vanuit het Haringvliet en de drie genoemde ontvangstbekkens kan worden hersteld c.q. gecontinueerd.

Wat betreft chroom dient nog vermeld te worden dat in de metingen en normstelling geen onderscheid wordt gemaakt tussen chroom(III) en chroom(VI). Omdat in het geheel geen directe metingen van chroom(III) en chroom(VI) in de voor Evides relevante wateren zijn uitgevoerd is aan Evides geadviseerd dit ter controle alsnog te doen.

3.2.5 *Risico's van potentiële bodemverontreiniging*

De mate van potentiële bodemverontreiniging door inspoeling van metalen, waaronder chroom en chroom(VI) wordt als zeer beperkt ingeschat. De gemiddelde depositie van totaal-chroom op de vier meest belaste locaties (1, 5 (2x) en 13) bedroeg circa 6 mg/m² (zie Bijlage 2). Aangenomen dat de in de bodem gespoelde hoeveelheid chroom zich verdeelt in de bovenste bodemlaag van 5 mm (dat bij een bodemdichtheid van 1.500 kg/m³ neerkomt op 7,5 kg/m²), dan wordt de additionele concentratie chroom ($6 / 7,5 =$) 0,8 mg/kg bodem. Deze bijdrage is, afgezet tegen de bodeminterventiewaarde van totaal-chroom van 380 mg/kg bodem en de bodeminterventiewaarde van chroom(VI) van 78 mg/kg bodem, zeer beperkt.

Uit Bijlage 4 blijkt dat de concentraties totaal-chroom, koper, zink en barium in de monsters van het bovenste toplaagje van de bodem (ca. 1 mm), in het algemeen ruim onder bodeminterventiewaarden voor bodem liggen. Twee monsters wijzen op wat hogere concentraties totaal-chroom, koper en barium in het bovenste toplaagje; in één monster ligt de concentratie koper boven de bodeminterventiewaarde. Opgemerkt moet worden dat het hier gaat om het bovenste toplaagje van de bodem dat met een kwastje bijeen is geveegd. De vergelijking met de bodeminterventiewaarden is dus slechts ter indicatie bedoeld. Eén van de twee monsters waarin hogere concentraties koper, totaal-chroom en barium zijn gemeten, is genomen van een kale plek op een grasveldje naast de linoleumvloer van een oude gymzaal in Strijen (locatie 1, genomen op 16 juni). In het monster dat op hetzelfde grasveldje op 6 juni is genomen, liggen de waarden een stuk lager. Blijkbaar is er zeer lokaal een aanzienlijke spreiding in concentraties mogelijk. Voor een beoordeling van de resultaten is het daarom beter om naar gemiddelde waarden te kijken. Gemiddeld genomen liggen op de drie locaties waar de hoogste concentraties koper, totaal-chroom en barium in *depositie* (veegstof) zijn aangetoond (locaties 1, 5, 13 in Strijen), de concentraties van deze metalen in het toplaagje van de bodem, ruim onder de interventiewaarden voor bodem.

Geconcludeerd kan worden dat er op basis van zowel depositiemetingen als analyses van het bovenste toplaagje van de bodem, geen risico's worden

verwacht ten gevolge van depositie op en inspoeling naar de bodem van (zware) metalen.

3.3 PAK's en dioxinen

In de grasmonsters zijn geen verhoogde concentraties PAK's en dioxinen aangetoond. Er zijn dan ook geen risico's te verwachten ten gevolge van depositie van PAK's en dioxinen op gras of andere gewassen door de brand.

4 Nut en noodzaak gezondheidsonderzoek

Op 4 juni heeft de GHOR Zuid-Holland Zuid het RIVM gevraagd om de 'Expertgroep Gezondheidsonderzoek & Nazorg na rampen en (milieu-)incidenten' te laten adviseren over nut en noodzaak van gezondheidsonderzoek na de brand bij Shell te Moerdijk. Na het gereed komen van de eerste analyseresultaten heeft het RIVM op 6 juni een advies uitgebracht aan de GHOR op basis van het oordeel van de leden van de Expertgroep. Conform het advies van de Expertgroep heeft het RIVM geadviseerd om géén gezondheidsonderzoek (in enigerlei vorm) uit te voeren. Biomonitoring werd niet zinvol geacht omdat de blootstelling aan chroom na korte tijd al niet meer te meten is. Mede door het ontbreken van een klachtenpatroon en de afwezigheid van maatschappelijke onrust was er ook geen aanleiding om een registratievragenlijst uit te zetten. Aangezien de aanwezigheid van chroom tot onrust kan leiden, heeft het RIVM de GHOR geadviseerd om een ondersteuningspunt te organiseren waar bewoners en andere betrokkenen met al hun vragen terecht kunnen. Ten slotte heeft het RIVM geadviseerd om, indien dit nog niet werd uitgevoerd, de huisarts(en) te verzoeken opvallende zaken aan de GGD te melden.

5 Conclusies

Depositie van (zware) metalen

Na de explosie en brand bij Shell Chemie in Moerdijk in de nacht van 3 op 4 juni 2014, zijn (sterk) verhoogde concentraties (zware) metalen gemeten in veegstof en gras in en rond Strijen. Het gaat om koper, chroom en barium afkomstig uit gedeponiseerd katalysatormateriaal. In de grasmonsters die drie dagen na de brand zijn genomen zijn de concentraties metalen tot normale achtergrondconcentraties gedaald. Dit komt waarschijnlijk door de regen die die dagen is gevallen. In de veegmonsters zijn drie dagen na de brand de concentraties gedaald tot een niveau die naar verwachting geen gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Ook de aanvankelijk hogere concentraties chroom, koper en barium in veegstof en gras veroorzaken naar verwachting geen gezondheidsrisico's, vanwege de korte duur van mogelijke blootstelling. Hierbij is rekening gehouden met hand-mondcontact bij jonge kinderen en consumptie van verontreinigde groenten.

Omdat laboratoriumanalyses mogelijk een onderschatting gaven van het gehalte chroom(VI) in veegstof en katalysatormateriaal, is bij de risicobeoordeling uitgegaan van de worst-casesituatie dat al het chroom in veegstof en gras uit de meest schadelijke vorm, chroom(VI), bestond. Volgens informatie van Shell bevatte het katalysatormateriaal onder andere chroom(VI)verbindingen. Chroom(VI) wordt in het milieu gereduceerd tot het minder schadelijke chroom(III). Hoe snel deze omzetting in neergedaalde katalysatordeeltjes plaatsvindt is niet bekend.

In de laatste veegmonsters die op 16 juni zijn genomen, zijn nog licht verhoogde concentraties koper en chroom aangetoond. Het is de verwachting dat deze concentraties in de komende weken of maanden verder zullen afnemen tot normale achtergrondniveaus.

Het gebied waar in de periode 4 - 16 juni verhoogde concentraties koper, chroom en barium zijn gemeten in veegstof en/of gras strekt zich uit van Strijen tot aan Puttershoek, op ongeveer 6 tot 12 kilometer ten noorden van geëxplodeerde installatie.

In luchtstof dat enkele dagen na de brand is bemonsterd, is geen verhoging van chroom gemeten ten gevolge van opwaaierend bodemstof of depositie.

De depositie van metalen vormt geen risico voor de drinkwaterwinning en bodem.

Depositie van PAK's en dioxinen

In de grasmonsters zijn geen verhoogde concentraties PAK's en dioxinen gemeten.

Vluchtige organische stoffen in luchtmonsters

In de luchtmonsters die tijdens de brand door de brandweer zijn genomen in het benedenwindse gebied, is in één monster een licht verhoogde concentratie

ethylbenzeen gemeten. De gemeten concentratie ligt ruim onder het niveau waarbij gezondheidseffecten kunnen optreden.

Tussentijdse rapportage

Bovenstaande analyseresultaten en risicobeoordelingen zijn tussentijds met de desbetreffende veiligheidsregio's gedeeld. In de periode van de nacht van 3 op 4 juni tot en met zondag 8 juni is dit gebeurd via het Beleidsondersteunend Team milieu-incidenten (BOT-mi) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Bijlage 1 Vluchtige organische componenten (VOC's) in lucht

Tabel 3 Indicatieve concentraties vluchtige organische componenten in lucht, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, gemeten m.b.v. Tedlar-bags. Alleen stoffen vermeld waarvan de concentratie groter is dan de bepalingsgrens (m.u.v. benzeen en styreen¹³).

Locatie	9	10	11	12	12	7 (bovenwinds, ingang Shell Chemie)	7 (bovenwinds, ingang Shell Chemie)	Voorlichtingsrichtwaarde ¹⁴ (1-uurs blootstelling)	AEGL-1 (8-uur blootstelling) ¹⁵
Datum, tijdstip	4 juni 0:10 uur	4 juni 3:20 uur	4 juni 0:15 uur	4 juni 1:30 uur	4 juni 3:15 uur	4 juni 2:51 uur	4 juni 3:55 uur		
Standaard componenten ('TO15 ijkstandaard')									
Propeen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	41	200.000	-
Hexaan	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	121	500.000	-
Benzeen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	100.000	30.000 (9 ppm)
Ethylbenzeen	< 10	17	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	-	150.000 (33 ppm)
Styreen	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10.000	85.000 (20 ppm)
Ethanol	< 10	< 10	< 10	51	41	93	118	1.000.000	-
Aceton	< 10	< 10	< 10	117	80	24	28	500.000	475.000 (200 ppm)
Koolstofdisulfide	< 10	< 10	< 10	27	18	< 10	< 10	2.000	21.000 (6,7 ppm)
MTBE	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	84	5.000	180.000 (50 ppm)
Ethylacetaat	< 10	< 10	< 10	44	27		< 10	200.000	
Overige geïdentificeerde stoffen (indicatieve concentratie)									
Ketonen									
ETBE	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	224		
Alcoholen									
3-methyl-3-buten-1-ol	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	78		
2-methyl-2-propanol	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	524		
3-hexanol	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	110		
Epoxyde									
2,2-dimethyloxetane	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	123		
Alkanen, alkenen (vertakt)									
2-methylpropan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	175		
2-methyl-1-propeen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	211		
2-methylbutaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	110		

¹³ Omdat er in de media werd gesproken over het mogelijk vrij zijn gekomen van benzeen (waarmee waarschijnlijk op ethylbenzeen werd bedoeld) en het een styreenproductiefaciliteit betrof, zijn deze twee stoffen expliciet genoemd, hoewel deze niet zijn aangetoond boven de bepalingsgrens van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹⁴ De Voorlichtingsrichtwaarde is de concentratie van een stof die met grote waarschijnlijkheid door het merendeel van de blootgestelde bevolking hinderlijk wordt waargenomen of waarboven lichte, snel reversibele gezondheidseffecten mogelijk zijn bij een blootstelling van 1 uur.

¹⁵ AEGL: Acute Exposure Guideline Level. AEGL-waarden zijn Amerikaanse rampeninterventiewaarden, waarbij de AEGL1 vergelijkbaar is met de Nederlandse Voorlichtingsrichtwaarde. AEGL-waarden worden afgeleid voor blootstellingstijden van 10 minuten, 30 minuten, 1 uur, 4 uur en 8 uur.

Locatie	9	10	11	12	12	7 (bovenwinds, ingang Shell Chemie)	7 (bovenwinds, ingang Shell Chemie)	Voorlichtingsrichtwaarde ¹⁴ (1-uurs blootstelling)	AEGL-1 (8-uur blootstelling) ¹⁵
Datum, tijdstip	4 juni 0:10 uur	4 juni 3:20 uur	4 juni 0:15 uur	4 juni 1:30 uur	4 juni 3:15 uur	4 juni 2:51 uur	4 juni 3:55 uur		
1-penteen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	52		
pentaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	414	500.000	
2-methylpentaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	432		
2-methyl-1-penteen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	303		
2,4,4-trimethyl-1-penteen	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	60		
2,3-dimethylhexaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	45		
4-methylheptaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	229		
3-ethylhexaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	135		
2,4-dimethylheptaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	479		
2,4-dimethyl-1-heptene	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	309		
4-methyl-octaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	235		
2,3,4-trimethylhexaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	74		
3,5-dimethyl-octaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	79		
docosaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	54		
2,6,11-trimethyl-dodecaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	246		
6-ethyl-2-methyloctaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	58		
2,4,6-trimethyl-decaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	157		
nonadecaan	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	101		

Bijlage 2 (Zware) metalen en andere elementen in veegstof

Tabel 4 (Zware) metalen en andere elementen in veegstof, in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ – Monsters nacht 3-4 juni + middag 4 juni.

Datum monstername	nacht 3-4 juni	nacht 3-4 juni	nacht 3-4 juni	nacht 3-4 juni	nacht 3-4 juni	nacht 3-4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	middag 4 juni	Achtergrond- concentratie in NL ¹⁶
Locatie	1	2	3	4	5	5	13	14	15	16	17	18	18	19	20	
Magnesium Mg	728	172	430	939	2.200	1.263	2.001	1.002	257	497	340	776	762	1.500	1.132	2.500 (500-10.000)
Aluminium Al	4.830	703	994	4.417	7.323	5.391	5.852	2.023	268	1.211	343	1.585	1.569	2.632	976	3.000 (1.000-10.000)
Titanium Ti	274	222	241	212	550	451	436	103	56	70	20	62	92	195	76	
Vanadium V	22,1		3,4	11,3	58,6	30,0	41,1	7,0		3,4	2,7	4,1	4,7	10,9		10 (3-30)
Chroom Cr	7.415	19,8	22,0	32	8.048	3.571	5.270	49	6,5	14,5	5,9	8,9	12,7	128	13,3	15 (5-50)
Chroom(VI)	62,2*				333*	422*										
%	0,8%*				4,1%*	11,8%*										
Mangaan Mn	76	32	62	131	199	70	163	110	17	32	13	98	111	276	63	120 (40-500)
IJzer Fe	4.521	2.658	1.571	3.774	5.579	2.141	9.269	3.612	578	2.638	542	2.386	3.041	7.771	1.168	5.000 (2.000-15.000)
Cobalt Co	2,2		1,8	2,6	3,6	2,2	2,5			1,5			0,8	18,0		5 (1-25)
Nikkel Ni	15,8	25,4	11,9	9,4	38,4	9,1	19,9	10,4		5,5		4,1	5,4	18,8		8 (3-30)
Koper Cu	29.266	83	65	23	69.051	46.773	46.958	66	11	19	48	12	26	207	19	40 (10-200)
Zink Zn	5.045	333	155	638	13.164	1.002	1.864	190	75	77	156	211	129	384	440	250 (50-1.000)
Arseen As	2,6			2,9	8,0	3,9	5,3					1,6	1,2	3,4		2 (0,5-10)
Strontium Sr	82,2	3,5	8,1	9,8	268,8	189,7	350,9	22,9	8,9	11,8	12,5	15,5	17,8	45,1	75,3	80 (30-300)
Cadmium Cd														1,6		3 (0,5-10)
Tin Sn	13,2	2,3		1,4	18,2	2,7	33,2	11,7	7,4	13,1		15,7	10,3	36,1	31,4	
Antimoon Sb				42			2,9							5,7		2 (0,5-10)
Barium Ba	6.456	28	18	152	21.067	15.009	29.486	41	31	85	26	17	328	94	2.205	100 (30-300)
Lood Pb	15	8	21	30	488	24	114	36	3	14	5	12	28	102	14	100 (20-300)

Vet: Verhoging ten opzichte van (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

Vet + geel gearceerd: >2 x verhoogd t.o.v. (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

* De chroom(VI)-concentraties geven mogelijk een onderschatting. Zie paragraaf 2.2.3 voor een toelichting.

¹⁶ Mennen en Van Belle, 2007. Gegeven zijn de gemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland en tussen haakjes de bandbreedte van de achtergrondconcentraties in Nederland. Deze waarden zijn indicatief. De spreiding in achtergrondconcentraties is groot.

Tabel 5 (Zware) metalen en andere elementen in veegstof, in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ – Monsters 6 juni.

Datum monstername		6 juni	6 juni	6 juni	6 juni	6 juni	6 juni	Achtergrond-concentratie in NL ¹⁷
Locatie		1	1*	5	13	38	42	
Magnesium	Mg	2.560	5.152	430	412	660	97	2.500 (500-10.000)
Aluminium	Al	6.336	18.728	2.283	491	693	218	3.000 (1.000-10.000)
Titanium	Ti	245	672	45	30	112	12	
Vanadium	V	20,2	47,2	2,0	1,5			10 (3-30)
Chroom	Cr	565	1.233	16,2	7,0	14,6	4,3	15 (5-50)
Mangaan	Mn	314	786	25	31	38	9	120 (40-500)
IJzer	Fe	10.508	20.522	1.751	960	1.428	462	5.000 (2.000-15.000)
Cobalt	Co	2,9	9,2	6,7				5 (1-25)
Nikkel	Ni	18,8	49,6					8 (3-30)
Koper	Cu	7.623	19.699	106	35	282	20	40 (10-200)
Zink	Zn	446	2.157	128	93	163	27	250 (50-1.000)
Arseen	As	4,0	9,8					2 (0,5-10)
Strontium	Sr	74,6	175,1	9,6	9,3	20,8	2,3	80 (30-300)
Cadmium	Cd							3 (0,5-10)
Tin	Sn	18,9	20,1	10,0	7,6	20,6		
Antimoon	Sb	4,7						2 (0,5-10)
Barium	Ba	2.520	8.669	51	20	275	27	100 (30-300)
Lood	Pb	60	137	8	4	10	3,8	100 (20-300)

* NB: Dit tweede monster van locatie 1 betreft een veegmonster van een stuk vloer van een gesloopte gymzaal in Strijen waar weinig afspoeling lijkt plaats te vinden.

¹⁷ Mennen en Van Belle, 2007. Gegeven zijn de gemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland en tussen haakjes de bandbreedte van de achtergrondconcentraties in Nederland. Deze waarden zijn indicatief. De spreiding in achtergrondconcentraties is groot.

Tabel 6 (Zware) metalen en andere elementen in veegstof, in $\mu\text{g}/\text{m}^2$ – Monsters 16 juni.

Datum monstername		16 juni	16 juni	16 juni	16 juni	16 juni	Achtergrond-concentratie in NL
Locatie		1*	47	48 (nabij 13)	49	50	
Magnesium	Mg	3.430	1.788	1.331	1.334	1.418	2.500 (500-10.000)
Aluminium	Al	11.000	3.712	4.139	3.630	4.241	3.000 (1.000-10.000)
Titanium	Ti	433	158	562	126	174	
Vanadium	V	42	10	10	9	12	10 (3-30)
Chroom	Cr	890	71	196	188	160	15 (5-50)
Mangaan	Mn	432	138	115	99	170	120 (40-500)
IJzer	Fe	20.896	5.778	6.000	5.112	10.278	5.000 (2.000-15.000)
Cobalt	Co	6	2	2	2	2	5 (1-25)
Nikkel	Ni	44	15	11	12	27	8 (3-30)
Koper	Cu	5.248	123	82	418	433	40 (10-200)
Zink	Zn	769	342	464	227	340	250 (50-1.000)
Arseen	As	8	2	2	2	3	2 (0,5-10)
Strontium	Sr	92	24	17	19	24	80 (30-300)
Cadmium	Cd						3 (0,5-10)
Tin	Sn	28	13		13	29	
Antimoon	Sb	3			2	8	2 (0,5-10)
Barium	Ba	3.386	153	88	181	188	100 (30-300)
Lood	Pb	209,3	37,3	519,2	31,7	96,1	100 (20-300)

* NB: Het betreft een veegmonster van een stuk vloer van een gesloopte gymzaal in Strijen waar weinig afspoeling lijkt plaats te vinden.

Vet: Verhoging ten opzichte van (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

Vet + geel gearceerd: >2 x verhoogd t.o.v. (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

Bijlage 3 Metalen en andere elementen in gras

Tabel 7 Concentraties metalen en andere elementen in gras, in mg/kg product – Monsters genomen in de nacht van 3-4 juni en op 4 juni.

Datum monstername	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	4 juni middag	Achtergrondconcentratie in NL ¹⁸
Locatie	1	2	3	4	5	6	13	14	15	16	17	18	19	20	
Magnesium Mg	303	265	350	281	303	400	274	296	305	262	260	308	246	276	500 (100-1.000)
Aluminium Al	53	9	6	59	57	10	24	14	11	24	52	267	4,1	47	25 (3-400)
Titanium Ti	1,5	0,5	0,3	2,3	2,1	0,5	1,0	0,5	0,4	0,6	2,1	7,4	0,2	1,3	0,25 (0,05-2,5)
Vanadium V	0,1	-	-	0,4	0,3	-	0,1	<0.05	<0.05	0,1	0,1	0,6	<0.05	0,1	0,1 (0,02-2)
Chroom Cr	6,6	0,2	0,2	0,4	67,4	0,3	12,1	0,2	0,1	0,2	0,4	1,5	0,1	0,3	0,1 (0,02-2)
Chroom VI* Cr-6*	<0.3*	<0.3*	<0.3*	<0.3*	0,5*	<0.3*	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
%					0,7%										
Mangaan Mn	6,7	4,6	3,7	8,3	13,9	11,9	8,0	3,9	6,1	5,8	3,2	7,8	5,6	4,6	40 (10-200)
IJzer Fe	62	24	16	77	49	27	29	23	21	36	58	286	16	47	50 (10-500)
Cobalt Co							<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,09	<0.05	<0.05	0,03 (0,01-0,5)
Nikkel Ni	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	<0.15	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	<0.15	0,3 (0,1-5)
Koper Cu	20,2	2,2	1,7	1,9	261,6	1,3	78,7	1,7	1,2	1,4	1,7	1,9	1,8	1,5	2,5 (0,5-25)
Zink Zn	9,0	6,3	6,2	5,4	14,2	10,4	7,5	5,7	6,2	5,4	11,0	7,6	7,0	4,9	15 (3-50)
Arseen As	0,06						0,12	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,06	0,15	<0.05	0,05 (0,01-1)
Strontium Sr	4,0	4,7	2,8	2,9	4,6	6,3	3,0	4,3	3,9	3,2	5,6	4,1	3,8	3,3	4 (1-20)
Cadmium Cd							<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,08	<0.05	<0.05	<0.05	0,02 (0,005-0,2)
Tin Sn							<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	
Antimoon Sb							<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	0,05 (0,01-5)
Barium Ba	9,0	2,5	1,9	1,3	67,8	2,2	23,4	1,8	1,0	3,3	5,1	3,4	2,8	1,3	5 (1-50)
Lood Pb	0,4	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,7	<0.05	0,1	0,5 (0,1-5)

Vet: Verhoging ten opzichte van (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

Vet + geel gearceerd: >2 x verhoogd t.o.v. (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

* De chroom(VI)-concentraties geven mogelijk een onderschatting. Zie paragraaf 2.2.3 voor een toelichting.

¹⁸ Mennen en Van Belle, 2007. Gegeven zijn de gemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland en tussen haakjes de bandbreedte van de achtergrondconcentraties in Nederland. Deze waarden zijn indicatief. De spreiding in achtergrondconcentraties is groot en bovendien afhankelijk van onder andere het seizoen. In de winter worden doorgaans hogere concentraties in gras aangetroffen dan in de zomer, omdat in de zomer het gras harder groeit en de bijdrage van depositie dan relatief minder groot is.

Tabel 8 Concentraties metalen en andere elementen in gras, in mg/kg product – Monsters genomen op 6 juni

Datum monstername	6 juni						Achtergrond- concentratie in NL ¹⁹
	1	5	13	35	39	46	
Locatie							
Magnesium Mg	339	414	283	467	442	689	500 (100-1.000)
Aluminium Al	61	6	3	26	39	8	25 (3-400)
Titanium Ti	1,8	0,3	0,2	1,3	1,2	0,5	0,25 (0,05-2,5)
Vanadium V	0,1	<0.05	<0.05	0,1	0,1	<0.05	0,1 (0,02-2)
Chroom Cr	0,4	0,1	0,5	0,2	0,6	0,2	0,1 (0,02-2)
Chroom VI Cr-6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
Mangaan Mn	6,0	15,9	8,0	6,9	7,1	9,0	40 (10-200)
IJzer Fe	65	19	16	34	45	20	50 (10-500)
Cobalt Co	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,03 (0,01-0,5)
Nikkel Ni	0,21	<0.15	0,21	0,17	0,37	0,22	0,3 (0,1-5)
Koper Cu	1,7	2,1	4,4	1,8	8,4	2,0	2,5 (0,5-25)
Zink Zn	7,7	6,7	6,4	8,2	9,8	9,4	15 (3-50)
Arseen As	0,068	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,05 (0,01-1)
Strontium Sr	4,7	4,5	3,8	4,7	8,3	3,3	4 (1-20)
Cadmium Cd	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,02 (0,005-0,2)
Tin Sn	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	
Antimoon Sb	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	0,05 (0,01-5)
Barium Ba	6,1	3,1	2,2	3,3	6,0	2,1	5 (1-50)
Lood Pb	0,22	<0.05	<0.05	0,09	0,14	0,08	0,5 (0,1-5)

Vet: Verhoging ten opzichte van (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

Vet + geel gearceerd: >2 x verhoogd t.o.v. (bovengrens) normale achtergrondconcentratie.

¹⁹ Mennen en Van Belle, 2007. Gegeven zijn de gemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland en tussen haakjes de bandbreedte van de achtergrondconcentraties in Nederland. Deze waarden zijn indicatief. De spreiding in achtergrondconcentraties is groot en bovendien afhankelijk van onder andere het seizoen. In de winter worden doorgaans hogere concentraties in gras aangetroffen dan in de zomer, omdat in de zomer het gras harder groeit en de bijdrage van depositie dan relatief minder groot is.

Bijlage 4 Metalen in bovenste toplaag bodem

Tabel 9 Concentraties metalen in bovenste toplaag van de bodem (ca. 1 mm), in mg/kg droge stof. Het watermonster is in mg/l. NB: Het gaat hier om het bovenste bodemlaagje dat met een kwastje bijeen is geveegd.

Locatie	1	5	13	13		Interventiewaarde bodem
	6 juni	6 juni	6 juni	6 juni		
	Grond	Grond	Grond	Waterbodem (van een regenplas)	Bovenstaand water (van een regenplas)	
					mg/l	
Chroom (totaal)	66	180	89	83	<0,05	380
Koper	71	177	50	76	<0,15	190
Zink	57	57	107	164	<0,5	720
Barium	43	61	131	132	0,09	625

Locatie	1	47	48 (nabij 13)	49	50	Interventiewaarde bodem
	16 juni	16 juni	16 juni	16 juni	16 juni	
	Grond	Grond	Grond	Grond	Grond	
Chroom (totaal)	160	38	39	41	36	380
Koper	240	28	41	27	29	190
Zink	160	340	150	110	150	720
Barium	230	56	86	76	90	625

Bijlage 5 Metalen in luchtstof

Tabel 10 Concentraties stofgebonden metalen in lucht (in ng/m³).

Datum		Vrijdag 6 juni	Achtergrond- concentratie in NL ²⁰	TCL ²¹
Locatie		Strijen		
Aluminium	Al	279	300	50.000
Barium	Ba	1	n.b.	1.000
Chroom	Cr	5	3 (<1 - >10) ²²	60.000 (chroom ³⁺ , onoplosbaar)
Chroom(VI)	Cr (VI)	<4 (B.G.)	<0,15	2,5
Koper	Cu	161	50	1.000
IJzer	Fe	413	1.000	n.b.
Mangaan	Mn	11	20	150
Lood	Pb	21	5 - 30	500
Zink	Zn	155	100	n.b.

B.G.: Bepalingsgrens.

²⁰ O.a. op basis van eerdere referentiemetingen door de MOD.²¹ Toelaatbare Concentratie in Lucht (bij levenslange blootstelling).²² WHO (2000). Air quality guidelines. Chapter 6.4 – Chromium. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.

Bijlage 6 PAK's en dioxinen in gras

Tabel 11 Concentraties PAK's in gras, in $\mu\text{g}/\text{kg}$ (o.b.v. 88% droge stof)

Datum monster-name	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Achtergrond-concentr. in NL
Meet-locatie	1	2	3	4	5	6 (bovenwinds)	
PAK4 ²³	12	4.4	2.6	9.8	15	3.2	50 (4-800) ²⁴
Som 16 EU PAK ²⁵	24	12	8.2	21	30	9.4	

Tabel 12 Concentratie dioxinen en dioxine-achtige PCB's in gras, in $\text{ng TEQ}/\text{kg}$ product (o.b.v. 88% droge stof)

	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni	Nacht 3-4 juni		
Meet-locatie	1	2	3	4	5	6 (bovenwinds)	Achtergrond-conc. in NL	EU-norm veevoedermiddelen van plantaardige oorsprong
WHO-PCDD/F-TEQ	0.2	0.18	0.17	0.17	0.21	0.17	0,5 ('s zomers) tot 4 ('s winters)	0,75
WHO-PCDD /F-PCB-TEQ	0.35	0.25	0.24	0.3	0.33	0.34		1,25

Dioxinen worden gemeten als de som van verschillende groepen stoffen met dioxine-achtige werking. Dit zijn dioxinen, dibenzofuranen en dioxine-achtige PCB's. De som van de gemeten waarden wordt uitgedrukt in PCDD/F-TEQ (=exclusief dioxine-achtige PCB's) of PCDD/F-PCB-TEQ (=inclusief dioxine-achtige PCB's). TEQ staat voor toxische equivalenten.

²³ PAK4: Som van benzo[a]pyreen, benzo[a]antraceen, benzo[b]fluoranteen en chryseen.

²⁴ Mennen en Van Belle, 2007. Gegeven zijn de gemiddelde achtergrondconcentratie in Nederland en tussen haakjes de bandbreedte van de achtergrondconcentraties in Nederland. Deze waarden zijn indicatief. De spreiding in achtergrondconcentraties is groot. In de winter zijn de PAK- en dioxinenconcentraties hoger dan in de zomer.

²⁵ Som van 16 EU PAK: benzo[c]fluoreen, benzo[a]antraceen, cyclopenta[c,d]pyreen, chryseen, 5-methylchryseen, benzo[b]fluoranteen, benzo[k]fluoranteen, benzo[j]fluoranteen, benzo[a]pyreen, indeno[1,2,3,c,d]pyreen, dibenzo[a,h]antraceen, benzo[g,h,i]peryleen, dibenzo[a,l]pyreen, dibenzo[a,e]pyreen, dibenzo[a,i]pyreen en dibenzo[a,h]pyreen.

Bijlage 7 Beknopt overzicht van gezondheidseffecten van chroom(VI)

Opmerking: Dit overzicht is gebaseerd op een snelle screening van beschikbare gegevens en is bedoeld om een indicatie te geven van te verwachten effecten en bij welke blootstellingen deze kunnen optreden. Met uitzondering van het inhalatoire MTR voor carcinogeniteit betreft het hier geen officiële normen.

Chroom(VI) kan aanleiding geven tot de volgende gezondheidseffecten:

- a. Carcinogeniteit
- b. Effecten op bloedcellen
- c. Effecten op de vruchtbaarheid (m.n. bij de man, effecten op de testes)
- d. Luchtweg- en huidirritatie
- e. Huid- en mogelijk ook luchtwegsensibilisatie

Ad a. Carcinogeniteit

Bij inhalatoire blootstelling is chroom(VI) kankerverwekkend voor de mens (IARC Groep 1), er is geen veilige drempelwaarde af te leiden. De MTR voor levenslange blootstelling aan chroom(VI) is $2,5 \text{ ng/m}^3$; levenslange blootstelling aan deze concentratie geeft een additionele tumorincidentie van 10^{-4} .

Ook bij orale blootstelling doen zich carcinogene effecten voor (aangetoond in proefdieren na toediening in drinkwater). Er is geen officieel MTR afgeleid. Op basis van dit dierexperiment kan tentatief een met een MTR vergelijkbare waarde van $1,1 \text{ } \mu\text{g/kg}$ lichaamsgewicht worden afgeleid (additionele tumorincidentie van 10^{-4} bij levenslange blootstelling).

Ad. b. Effecten op bloedcellen

Op basis van dierexperimenten kan worden afgeleid dat effecten op bloedcellen bij de mens mogelijk optreden vanaf een orale dosis van $5 \text{ } \mu\text{g/kg}$ lichaamsgewicht ($50 \text{ } \mu\text{g}$ voor een kind van 10 kg ; $350 \text{ } \mu\text{g/kg}$ voor een volwassene van 70 kg).

Opgemerkt wordt dat ook irritatie van maag en darmen kan optreden.

Ad c. Effecten op de vruchtbaarheid

Deze effecten kunnen mogelijk optreden bij innames die iets hoger liggen dan die voor effecten op bloedcellen (zie ad b.).

Ad d. Luchtweg- en huidirritatie

Voor het voorkomen van huidirritatie geldt dat ieder contact met de huid dient te worden vermeden.

Uit informatie afkomstig van werkers kan worden afgeleid dat luchtwegirritatie kan voorkomen bij luchtconcentraties vanaf ongeveer $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Ad e. Huidsensibilisatie

Voor huidsensibilisatie kan geen veilige waarde worden afgeleid. Daarom dient ieder contact met de huid te worden vermeden.

Bijlage 8 Indicatieve risicobeoordeling blootstelling aan metalen bij brand Shell Moerdijk

Indicatieve risicobeoordeling van mogelijke gezondheidsrisico's op basis van de procedure en berekeningen volgens de Handleiding Milieu Ongevallen Dienst – Toxicologische Deskundige (Janssen, 2013).

Onderstaande indicatieve risicobeoordelingen hebben achtereenvolgens betrekking op de analyseresultaten van:

1. Veeg- en grasmonsters genomen in de nacht van dinsdag 3 op woensdag 4 juni;
2. Veegmonsters genomen op vrijdag 6 juni;
3. Veegmonsters genomen op maandag 16 juni.

1. Veeg- en grasmonsters genomen in de nacht van 3 op 4 juni

a. Veegmonsters (depositie)

De hoogste depositiewaarden in veegmonsters (totaal 3 veegmonsters) zijn gevonden op locaties 1 en 5 (beide in locatie Strijen). Gerekend is met het gemiddelde van deze drie monsters; de gemiddelde depositiewaarden van de drie veegmonsters ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) staan in de volgende tabel.

Element	Depositiewaarde ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)
Chroom	6.344
Koper	48.363
Zink	6.403
Barium	14.177

Standaardscenario

Dermaal contact met veegstof kan leiden tot dermale en orale blootstelling, met name bij jonge kinderen door hand-mondcontact. Met gebruikmaking van een aantal aannames is vervolgens een 'worst case' schatting te maken voor een eenmalige blootstelling ('gebeurtenis'). Deze berekening dient ter oriëntatie: de berekende blootstelling kan afgezet worden tegen beschikbare referentiewaarden en aan de hand daarvan kan bepaald worden of er mogelijk gevaar voor de gezondheid bestaat bij de beschouwde eenmalige blootstelling.

Standaardfactoren:

Grondhechting aan huid: $0,35 \text{ mg}/\text{cm}^2$ (kind, recreatie)

Handoppervlakte kind 4,5 jaar: 389 cm^2

Gewicht kind 4,5 jaar: 16,3 kg

Hoeveelheid veegstof per m^2 : $500 \text{ mg}/\text{m}^2$

Opname metalen uit veegstof op handen: 50% (50% hand-mond-contact, worst-case)

Variabelen:

Depositiewaarde: $D \mu\text{g}/\text{m}^2$

Berekening blootstelling:

Blootstelling veegstof per gebeurtenis: $0,35 * 389 = 138 \text{ mg}$ veegstof

Hoeveelheid per mg veegstof: $D/500 \mu\text{g}/\text{mg}$

Blootstelling per kind per gebeurtenis: $138 * D/500 \mu\text{g}$

Opnamefractie: 0,5

Blootstelling per kg lichaamsgewicht:

$138 * D/500/16,3 * 0,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ /gebeurtenis

Element	Blootstelling per gebeurtenis ($\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht)	Chronische orale norm ($\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht) (uit: Janssen, 2013)
Chroom	53	Zie onder
Koper	404	830
Zink	53	500
Barium	118	600

Voor koper, zink en barium is de geschatte blootstelling per gebeurtenis lager dan de chronische normen; het gezondheidsrisico door mogelijke blootstelling aan deze stoffen wordt verwaarloosbaar geacht.

Over de risico's van blootstelling aan chroom kan geen duidelijk uitspraak worden gedaan omdat niet bekend is aan welke vorm (Cr(III) of Cr(VI)) of welke verbinding (wateroplosbaar of wateronoplosbaar) blootstelling plaatsvindt. Voor Cr(III) geldt een chronische norm van 5.000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht voor oplosbare Cr(III) verbindingen en van 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht voor oplosbare Cr(III) verbindingen (uit: Janssen, 2013). De geschatte blootstelling per gebeurtenis aan totaal chroom is hoger dan de chronische norm voor oplosbare Cr(III) verbindingen, maar lager dan de chronische norm voor oplosbare Cr(III) verbindingen.

Voor Cr(VI) is nog geen officiële orale norm afgeleid. Recent heeft EFSA (2014) op basis van een experiment met muizen voor neoplastische effecten een BMDL10 van 1,0 mg/kg lichaamsgewicht per dag afgeleid voor Cr(VI). Op basis hiervan kan een tentatieve VSD²⁶ (additionele tumorincidentie van 10^{-6}) worden afgeleid van 0,01 $\mu\text{g}/\text{kg}$ per dag. Indien van de worst-casesituatie wordt uitgegaan dat al het chroom in het veegmonster bestaat uit chroom(VI), kan het extra kankerrisico voor blootstelling aan chroom(VI) per gebeurtenis als volgt worden berekend:

$$53 \mu\text{g}/\text{kg} \text{ lg} * 2,8/[0,01 \mu\text{g}/\text{kg} \text{ lg}/\text{dag} * 365 \text{ dagen} * 70 \text{ jaar}] * 10^{-6} = 0,6 * 10^{-6}.$$

Het additionele risico is dus ongeveer gelijk aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 1 op 1 miljoen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de mogelijke blootstelling aan chroom bij concentraties zoals gemeten in de veeg- en grasmonsters van 4 juni hoog is. Chroom(VI) is kankerverwekkend. Indien al het chroom in het veegmonster uit chroom(VI) bestaat, is bij een kortdurende blootstelling het extra risico op kanker verwaarloosbaar.

b. Gras

De hoogste gehalten in grasmonsters zijn gevonden op locaties 1 en 5 (beide in locatie Strijen). Gerekend is met het gemiddelde van deze twee monsters; de gemiddelde gehalten (mg/kg gras) staan in de volgende tabel. Opgemerkt dient te worden dat de verschillen in gehalten tussen beide locaties groot zijn, met uitzondering van zink.

²⁶ Virtually Safe Dose

Element	Gehalte (mg/kg gras)
Chroom	37
Koper	141
Zink	11,6
Barium	38

Wanneer metingen in groente ontbreken maar op de desbetreffende locatie wel voor mensen bedoelde gewassen gekweekt worden, kan een humane risicobeoordeling uitgevoerd worden op basis van de gemeten concentraties in gras. Deze berekening dient als indicatief te worden beschouwd omdat niet bekend is in hoeverre de concentraties metalen in groenten en gras ten gevolge van depositie overeenkomen. De concentraties hebben betrekking op ongewassen product.

Standaardfactoren:

Groenteconsumptie: 200 gram per dag (indicatief en afhankelijk van de groentesoort)

Lichaamsgewicht: 60 kg

Variabelen:

Concentratie in gras: C mg/kg

Blootstelling per kg lichaamsgewicht: $C * 0,2/60$ mg/kg lg per dag.

Element	Blootstelling per dag ($\mu\text{g} / \text{kg}$ lichaamsgewicht)	Chronische orale norm ($\mu\text{g} / \text{kg}$ lichaamsgewicht)
Chroom	123	Zie onder
Koper	470	830
Zink	39	500
Barium	127	600

Voor koper, zink en barium is de geschatte blootstelling per dag lager dan de chronische normen; blootstelling aan deze stoffen wordt verwaarloosbaar geacht. De geschatte blootstelling aan totaal chroom door de consumptie van verontreinigde groente per dag, is een factor 2 hoger dan de geschatte blootstelling door hand-mondcontact. Indien wordt uitgegaan van de worst-casesituatie dat al het chroom in gras en groenten chroom(VI) betreft, dan kan op een vergelijkbare manier als voor veegstof is uitgevoerd, het additionele kankerrisico ten gevolge van de consumptie van verontreinigde groenten worden berekend:

$$123 \mu\text{g}/\text{kg lg} * 2,8/[0,01 \mu\text{g}/\text{kg lg}/\text{dag} * 365 \text{ dagen} * 70 \text{ jaar}] * 10^{-6} = 1,3 * 10^{-6}.$$

Het additionele risico is ongeveer gelijk aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 1 op 1 miljoen.

2. Risicoberekening m.b.t. veegmonsters 6 juni

Op een vergelijkbare manier als het additionele kankerrisico ten gevolge van chroom(VI)blootstelling door hand-mondcontact hierboven is berekend voor de veegmonsters van 3/4 juni, kan dit gedaan worden voor de veegmonsters van 6 juni. De concentratie chroom in de twee veegmonsters van 6 juni met de hoogste concentraties bedraagt gemiddeld $900 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (beiden locatie 1). De blootstelling door hand-mondcontact bedraagt dan $7,6 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht per gebeurtenis. Het additionele kankerrisico bedraagt (in de worst-casesituatie dat al het chroom uit chroom(VI) bestaat), dan $0,09 * 10^{-6}$ per gebeurtenis. Dit is

ongeveer een factor 10 lager dan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 1 op 1 miljoen.

Er is geen berekening voor blootstelling aan chroom(VI) door consumptie van verontreinigde groenten berekend, omdat de concentraties in gras, vermoedelijk door de regen, in de monsters van vrijdag 6 juni al op normale achtergrondniveaus lagen.

3. Risicoberekening m.b.t. veegmonsters 16 juni

De gemiddelde concentratie chroom in de veegmonsters van locaties 47, 48, 49 en 50 van 16 juni bedraagt $154 \mu\text{g}/\text{m}^2$. (Het veegmonster van de linoleumvloer van de gesloopte gymzaal is hierbij buiten beschouwing gelaten omdat dit veegmonster als niet representatief wordt beschouwd; zie paragraaf 2.2.2). De blootstelling door hand-mondcontact bedraagt dan $1,3 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht per gebeurtenis. Het additionele kankerrisico bedraagt (in de worst-casesituatie dat al het chroom uit chroom(VI) bestaat), dan $0,01 \cdot 10^{-6}$ per gebeurtenis. Dit is ongeveer een factor 100 lager dan het Verwaarloosbaar Risiconiveau van 1 op 1 miljoen.

Bijlage 9 Berekening gezondheidsrisico's van chroom(VI) in bodem

Verhoogde chroomgehalten in veegmonsters van 4 juni waren gemeten op locaties 1, 5 (twee monsters) en 13. Het gemiddelde gehalte aan totaal-chroom was $6.076 \mu\text{g}/\text{m}^2$, waarbij er worst case van wordt uitgegaan dat dit geheel uit chroom (VI) bestaat.

Aangenomen wordt dat de in de bodem gespoelde hoeveelheid chroom zich verdeelt in de bovenste bodemlaag (5 mm); de additionele concentratie chroom(VI) wordt dan $(6,1/0,005=)$ $1.220 \text{ mg}/\text{m}^3$ bodem. De dichtheid van bodem wordt gesteld op $1.500 \text{ kg}/\text{m}^3$; het additionele gehalte chroom(VI) wordt dan $(1.220/1.500=)$ $0,8 \text{ mg}/\text{kg}$ bodem.

De huidige bodeminterventiewaarde voor chroom(VI) is $78 \text{ mg}/\text{kg}$ bodem (Lijzen et al., 2001). Dit gehalte is berekend op basis van een TDI²⁷ van $5 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht voor niet-kankerverwekkende effecten. Destijds was voor de mogelijke kankerverwekkende werking van chroom(VI) via orale route geen risicokwantificering mogelijk. Bij de afleiding van een bodeminterventiewaarde wordt rekening gehouden met de totale blootstelling van de mens via verschillende routes en bij verschillende activiteiten.

Op basis van een later oraal experiment in proefdieren (dus uitgevoerd ná vaststelling van de huidige bodeminterventiewaarde in 2001) is orale kankerrisicokwantificering wel mogelijk.. Tot op heden is echter geen officieel MTR²⁸ op basis van dit experiment afgeleid. EFSA²⁹ (2014) heeft wel een risicokwantificering op basis van dit experiment gepubliceerd en op basis daarvan kan tentatief een met een MTR vergelijkbare waarde van $1,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht worden afgeleid. Dit MTR komt overeen met een additionele tumorincidentie van 10^{-4} bij levenslange blootstelling. Deze tentatieve waarde is een factor 5 lager dan de TDI waarop de huidige bodeminterventiewaarde is afgeleid. Zelfs bij een overeenkomstig verlaagde bodeminterventiewaarde voor chroom(VI) (met factor 5) zou de hierboven berekende bijdrage van $0,8 \text{ mg}/\text{kg}$ bodem erg klein zijn (minder dan 5%).

Geconcludeerd kan worden dat op basis van de worst-case aanname dat al het chroom in de depositie uit chroom(VI) bestaat, het additionele risico van blootstelling aan chroom(VI) in de bodem ten gevolge van het ongeval bij Shell, als verwaarloosbaar kan worden beschouwd.

²⁷ Tolerable Daily Intake

²⁸ Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau

²⁹ European Food Safety Authority

Bijlage 10 Beoordeling risico's voor de drinkwatervoorziening

In onderstaande tabel zijn de relevante meetgegevens en normen vermeld.

Stof	Hoogste depositie-waarde gemeten door RIVM (ug/m ²)	Mogelijke hoogste concentratie in 5 m diep bekken op basis van depositie-waarde (ug/l)	Hoogste concentratie in wateren beheers-gebied Hollandse Delta (ug/l)	Drinkwaternorm (ug/l)	Norm oppervlakte-water t.b.v. drinkwater-bereiding volgens BKMW (ug/l)
Chroom (totaal)	8.000	1.6	1.8	50 (Drinkwater-besluit)	20
Koper	69.000	13.8	4.5	2000(Drinkwater-besluit)	20
Zink	13.000	2.6	31	3000 (Drinkwater-besluit)	200
Barium	21.000	4.2	onbekend	700 (WHO guidelines)	100

KRW= Kader Richtlijn Water

BKM= Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009 Tabel 2

Toelichting:

1. Wat betreft de meetgegevens is steeds uitgegaan van de hoogst gemeten waarden (worst case). Deze waarden zijn gevonden in een relatief smalle strook bij Strijen (ten noorden van het Shell-terrein). Voor de berekening van de concentratie in een bekken op basis van de depositiemetingen is uitgegaan van een gemiddelde diepte van 5 meter. In werkelijkheid mag worden verwacht dat de concentraties lager zullen zijn op voor de drinkwatervoorziening relevante locaties ten gevolge van een lagere depositie en verdunning.
2. Gelet op alle onzekerheden wat betreft locaties en verdunning komen de waarden van het RIVM en het Waterschap Hollandse Delta goed overeen.

Conclusies:

1. De gevonden en berekende concentraties liggen ruim beneden de drinkwaternormen.
2. De gevonden en berekende concentraties liggen ook beneden de normen voor oppervlaktewater t.b.v. de drinkwaterbereiding volgens het BKMW; de marges zijn kleiner dan die bij de drinkwaternormen.
3. Het water uit de bekkens kan zonder meer gebruikt voor de drinkwaterbereiding.

Referenties

- Clariant, 2012. Safety Data Sheet in accordance with Regulation (EU) No.453/2010; G-22/2 Tab 3x3. Revision Date: 08.11.2012.
- EFSA, 2014. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of chromium in food and drinking water. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM).
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3595.pdf>
- Janssen, P.J.C.M. 2013. Handleiding Milieu Ongevallen Dienst - Toxicologisch Deskundige. Versie 08, december 2013. RIVM, Bilthoven.
- Lijzen, J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J. Verbruggen, A.P. van Wezel, 2001. [Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater. RIVM report 711701023](#). RIVM, Bilthoven.
- Mennen, M.G. en N.J.C. van Belle, 2007. [Emissies van schadelijke stoffen bij branden. RIVM-rapport 609021051](#). RIVM, Bilthoven.
- SER, 2014. Databank Grenswaarden Stoffen op de Werkplek (GSW).
<http://www.ser.nl/nl/themas/grenswaarden.aspx>.
- Süd-Chemie, 2005. Catalyst Specification Sheet. Hydrogenation Catalyst G-22/2.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag