

RIVM Rapport 609021027/2004

**Immissie-, gewas en depositieonderzoek in de omgeving
van Van Voorden gieterij te Zaltbommel**

M.G. Mennen, E.M. van Putten en P. Krystek

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de gemeente Zaltbommel in het kader van project M/609023 'Ondersteuning lagere overheden' en ten laste van de VROM inspectie in het kader van het project M/609021 'Raamproject adhoc ondersteuning Inspectieonderzoek'.

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

Abstract

A study commissioned by the Inspectorate of the Netherlands Ministry of Spatial Planning, Housing and the Environment and the municipality of Zaltbommel was conducted by RIVM on the living environment in the surroundings of the Van Voorden gieterij BV foundry in the city of Zaltbommel in 2003. The measurements collected were used to study both the exposure of residents to compounds emitted from the foundry and the health effects and annoyance experienced by the residents. This was done through air quality measurements, determination of the particle and heavy-metal deposition, and analyses of grass and soil samples taken in the surroundings of the foundry. The results showed that concentrations of several compounds were enhanced during working hours, with peak values up to 10-50 times above the background level. Annoyance due to bad odours was also thought to occur, particularly in winter. The long-term average rural and urban background concentrations in this area did not, however, exceed the normal levels, except for isopropyl alcohol and heavy metals, for which the average concentrations were 2 to 5 times the normal level. The deposition of heavy metals in the surroundings of the foundry was also found to have increased. Further, elevated levels of some heavy metals, particularly copper, were found in the grass samples. The exposure of residents through inhalation of toxic compounds in the air did not exceed the tolerable limit values. Furthermore, oral exposure to heavy metals was below the Tolerable Daily Intake, provided that residents did not intensively consume produce from their own gardens, i.e. on a daily basis. Daily consumption of self-grown vegetables implies a risk of exposure to lead and barium at levels above the Tolerable Daily Intake, particularly for young children.

Voorwoord

Het in dit rapport beschreven immissie-, gewas- en depositieonderzoek is een onderdeel van een onderzoek naar de potentiële blootstelling aan stoffen als gevolg van de emissies van de metaalgieterij Van Voorden BV te Zaltbommel en naar de gezondheidsklachten en hinder van omwonenden van het bedrijf. Dit onderzoek is uitgevoerd door het RIVM en de GGD Rivierenland in opdracht van de gemeente Zaltbommel en de VROM Inspectie regio Oost.

Het onderzoek is begeleid door een commissie, bestaande uit vertegenwoordigers van de betrokken partijen en geleid door een onafhankelijk voorzitter. De volgende personen namen deel aan de commissie:

- Dhr. prof. dr. A.B. Ringeling, hoogleraar bestuurskunde, Erasmus Universiteit Rotterdam, voorzitter van de commissie
- Dhr. ir. R. Hackert, wethouder gemeente Zaltbommel
- Dhr. mr. S. Wakelkamp, medewerker gemeente Zaltbommel, secretaris van de commissie
- Mevr. ing. C. van Zuthem, hoofd afdeling Bouw- en milieuzaken, gemeente Zaltbommel
- Dhr. ir. K. Waterlander, VROM Inspectie regio Oost
- Dhr. F. Bekhuis, provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
- Mevr. J.C.H. Schuurmans, omwonende van het bedrijf
- Mevr. L.I. Tijssen, omwonende van het bedrijf
- Dhr. dr. ir. W.G. van Inzen, omwonende van het bedrijf
- Dhr. drs. ing. J.G. Vollenbroek, deskundige namens de omwonenden
- Dhr. J.A. Meeuwissen, directeur Van Voorden Gieterij BV
- Dhr. W. van Overdam, medewerker Van Voorden Gieterij BV
- Dhr. M. van der Slik, KWA Bedrijfsadviseurs, deskundige namens Van Voorden Gieterij BV
- Dhr. drs. G.C. Geujen, Actorion, communicatieadviseur

Deze begeleidingscommissie had de volgende taken:

1. het adviseren van de opdrachtgevers en de onderzoekers inzake de opzet van de te verrichten onderzoeken, meetplannen en eventuele vervolgonderzoeken;
2. het toezien op een juiste en objectieve wijze van uitvoering van de betreffende onderzoeken en meetplannen;
3. het vervullen van een intermediaire functie voor de achterban (bewoners en betrokken organisaties) om draagvlak te genereren voor het onderzoek en de uiteindelijke resultaten en gevolgen;
4. het adviseren van het college van burgemeester en wethouders over de door het college te nemen vervolgstappen na het bekend worden van de resultaten van de diverse onderzoeken.

De commissie is zowel in de voorbereidingsfase als tijdens het onderzoek een aantal malen bijeengewees om de voortgang te bewaken, (tussentijdse) resultaten en rapportages te bespreken en zo nodig adviezen uit te brengen voor bijstelling van de

onderzoeken.

Daarnaast is een technische commissie in het leven geroepen om de door het RIVM uitgevoerde delen van het onderzoek (het emissieonderzoek en het immissie-, gewas- en depositieonderzoek) technisch-inhoudelijk te begeleiden. De technische commissie had tot taak zowel de onderzoekers als de begeleidingscommissie te adviseren over de voortgang, resultaten en rapportages van de onderzoeken.

Deze technische commissie bestond uit:

- Dhr. F.P.E. Warrens, medewerker gemeente Zaltbommel
- Mevr. M.A.A. Blom, Intergemeentelijk Orgaan Rivierenland, Milieu Advies Dienst
- Dhr. ir. K. Waterlander, VROM Inspectie regio Oost
- Dhr. dr. C.J.M. van den Bogaard, VROM Inspectie accountmanagement
- Dhr. F. Bekhuis, provincie Gelderland, Dienst Milieu en Water
- Dhr. drs. ing. J.G. Vollenbroek, deskundige namens de omwonenden
- Dhr. M. van der Slik, KWA Bedrijfsadviseurs, deskundige namens Van Voorden Gieterij BV

Binnen de technische commissie is tijdens de voorbereiding, uitvoering en afronding van de onderzoeken regelmatig overleg gevoerd om meetplannen, (tussentijdse) resultaten en rapportages op technisch-inhoudelijke punten te bespreken.

Inhoud

Samenvatting	9
1 Inleiding.....	11
1.1 Algemene inleiding.....	11
1.2 Leeswijzer.....	11
2 Doel van het onderzoek.....	13
3 Meetprogramma.....	15
3.1 Opzet.....	15
3.1.1 Continue luchtmetingen	16
3.1.2 Intensieve luchtmetingen	17
3.1.3 Luchtmetingen op zeswaardig chroom	18
3.1.4 Depositieonderzoek	18
3.1.5 Gewasonderzoek.....	19
3.1.6 Blootstellingsschattingen en evaluatie van gezondheidsrisico's.....	19
3.2 Uitvoering van de metingen.....	20
3.2.1 Continue luchtmetingen	20
3.2.2 Intensieve luchtmetingen	23
3.2.3 Luchtmetingen op zeswaardig chroom	25
3.2.4 Depositie metingen: veegstof.....	27
3.2.5 Depositie metingen: gras en bodem	29
3.2.6 Data uitval.....	30
4 Resultaten.....	33
4.1 Weersomstandigheden.....	33
4.2 Representativiteit van het immissieonderzoek.....	33
4.2.1 Voorwaarden.....	34
4.2.2 Analyse van de weersgegevens.....	34
4.2.3 Analyse van de productiecijfers.....	36
4.2.4 Conclusie over representativiteit.....	39
4.3 Continue luchtmetingen.....	40
4.3.1 Inleiding.....	40
4.3.2 Zwaveldioxide en andere gasvormige zwavelcomponenten.....	42
4.3.3 Stikstofoxiden	45
4.3.4 PM10 (fijn stof)	48
4.3.5 TSP (totaal stof).....	50
4.3.6 Vluchtige organische componenten (VOC's).....	51
4.3.7 Zware en andere metalen	55
4.3.8 PAK's	59
4.3.9 Respirabel kwarts.....	60
4.4 Intensieve luchtmetingen.....	62
4.4.1 Inleiding.....	62
4.4.2 Zwaveldioxide en andere gasvormige zwavelcomponenten.....	63
4.4.3 Stikstofoxiden	66
4.4.4 PM10 (fijn stof)	68
4.4.5 TSP (totaal stof).....	70
4.4.6 Vluchtige organische componenten (VOC's).....	70
4.4.7 Zware en andere metalen	71
4.4.8 PAK's	73
4.4.9 Respirabel kwarts.....	75
4.4.10 Vluchtige aldehyden	75

4.5 Luchtmetingen op zeswaardig chroom	76
4.6 Depositieonderzoek	80
4.7 Gras- en bodemonderzoek	82
5. Evaluatie blootstelling en gezondheidsrisico's	86
5.1 Blootstellingsroutes	86
5.2 Inhalatoire blootstelling	88
5.3 Orale blootstelling	94
5.3.1 Orale blootstelling door bodemingestie	94
5.3.2 Orale blootstelling door inname van verontreinigd voedsel bij het buiten eten	95
5.3.3 Orale blootstelling door consumptie van zelf gekweekte gewassen	96
5.3.4 Orale blootstelling door inslikken van ingeademd stof	97
5.3.5 Totale orale blootstelling	98
5.4 Totaaloverzicht, mengseleffecten en evaluatie gezondheidsrisico's	101
6 Conclusies	104
Met dank	106
Literatuur	107
Bijlage 1. Overzicht meetlocaties	112
Bijlage 2. Overzicht locaties chroom (VI) metingen	113
Bijlage 3: Weersomstandigheden tijdens de meetcampagne	114

Samenvatting

Het bedrijf Van Voorden gieterij BV in Zaltbommel maakt bronzen scheepsschroeven en diverse soorten gietstukken van ijzerhoudende legeringen. Tijdens de bedrijfsprocessen worden stofdeeltjes en gasvormige verbindingen uitgestoten naar de lucht. Bij omwonenden van de metaalgieterij bestaat onrust over de gevolgen voor de gezondheid, die de activiteiten van het bedrijf met zich mee brengen. Ook zeggen omwonenden gezondheidsklachten te ondervinden door de emissies uit het bedrijf. Daarom is door RIVM en de GGD Rivierenland in opdracht van de gemeente Zaltbommel en van de VROM Inspectie regio Oost een onderzoek gedaan naar de blootstelling van omwonenden aan stoffen, die door de gieterij worden geëmitteerd, naar de gezondheidsklachten en hinder van omwonenden.

Als onderdeel van dit onderzoek zijn door het RIVM metingen uitgevoerd in de leefomgeving van de gieterij. Dit leefomgevingsonderzoek bestond uit metingen van de concentraties aan schadelijke stoffen in de lucht, bepaling van de depositie aan stof en metalen en analyses van gras- en bodemonsters uit de omgeving van het bedrijf. Het onderzoek naar de luchtkwaliteit bestond uit continue metingen gedurende 6 weken op twee locaties in de woonwijk en, op enkele dagen, intensieve metingen benedenwinds van het bedrijf tijdens perioden dat verhoogde emissies uit het bedrijf plaatsvonden, bijvoorbeeld tijdens het gieten. Er is gemeten op een groot aantal stoffen, waaronder stof, metalen, zwavelhoudende verbindingen en vluchtige organische verbindingen. Verder zijn specifieke metingen naar concentraties zeswaardig chroom in de lucht verricht. De gemeten stoffen waren geselecteerd op basis van de resultaten van een voorafgaand uitgevoerd emissieonderzoek bij het bedrijf, dat separaat is gerapporteerd (RIVM rapport 609021026).

De resultaten van de metingen in de lucht toonden aan dat op werkdagen tot op in ieder geval 150 m benedenwinds van het bedrijf verhoogde concentraties aan schadelijke stoffen in de lucht voorkomen, met name (grof) stof, respirabel kwarts, de metalen chroom (ook zeswaardig chroom), ijzer, mangaan, nikkel, koper, zink, lood en (incidenteel) cadmium, enkele gasvormige zwavelverbindingen en een aantal vluchtige organische verbindingen, in het bijzonder isopropylalcohol. De hoogste waarden worden gevonden tijdens het gieten van ferro gietstukken. Echter, ook emissies uit andere bedrijfsonderdelen zijn in de leefomgeving waar te nemen. De hoogst gemeten piekwaarden van enkele stoffen – gemiddeld over een werkdag – waren 10 tot 50 maal zo hoog als het achtergrondniveau. De *gemiddelde* luchtkwaliteit in de omgeving van het bedrijf ligt op het niveau in regionale en onbelaste stedelijke gebieden, uitgezonderd de component isopropylalcohol en de metalen. De gemiddelde concentraties van deze stoffen liggen een factor 2 tot 5 boven het achtergrondniveau.

De invloed van emissies uit verkeer op de A2 is amper merkbaar in de woonwijk.

De depositie aan metalen in de omgeving van het bedrijf is verhoogd. Ook zijn van enkele

metalen, namelijk koper en, in mindere mate, chroom, nikkel, lood en ijzer verhoogde gehalten gemeten in grasmonsters uit de omgeving. Waarschijnlijk zijn deze verhogingen vooral het gevolg van de depositie van metaalhoudende stofdeeltjes afkomstig van het bedrijf. Op enkele locaties waar gras is bemonsterd zijn ook monsters genomen van de toplaag van de bodem, maar daarin zijn nauwelijks verhoogde gehalten aan metalen geconstateerd.

Op basis van de meetresultaten is een inschatting gemaakt van de blootstelling van omwonenden door inademing (inhalatoire blootstelling) en door inname via de mond (orale blootstelling). Wat betreft de inname via de mond zijn er verschillende routes meegenomen, namelijk opname van gedeponeed stof door zogenaamd hand-mond gedrag of tijdens het buiten eten, inname via consumptie van in eigen tuin gekweekte gewassen en inslikken van ingeademd (grof) stof.

De blootstelling door inademing ligt onder de gezondheidkundige grenswaarden voor de onderzochte stoffen, zij het dat voor nikkel, cadmium en zeswaardig chroom de gemiddelde concentratie in de leefomgeving op een niveau tot 40-60% van de chronische grenswaarde ligt. De orale blootstelling aan metalen en andere stofgebonden componenten ligt onder de Toelaatbare Dagelijkse Inname, als er geen intensieve consumptie van zelf gekweekte gewassen plaatsvindt (oftewel 'dagelijks eten uit eigen tuin'). Intensief consumeren van zelf gekweekte gewassen brengt echter een risico op te hoge blootstelling aan lood en barium met zich mee, met name voor zeer jonge kinderen. De gemeten piekconcentraties waterstofsulfide en andere zwavelverbindingen in de lucht zijn dusdanig hoog dat mogelijk geurhinder optreedt, met name in de winterperiode.

1 Inleiding

1.1 Algemene inleiding

Van mei tot oktober 2003 is een immissie-, gewas- en depositieonderzoek uitgevoerd in de leefomgeving van het bedrijf Van Voorden gieterij BV, gevestigd te Zaltbommel. Dit immissieonderzoek vormt de tweede fase van een onderzoek naar de potentiële blootstelling aan stoffen als gevolg van de emissies van de gieterij en naar de gezondheidsklachten en hinder van omwonenden van het bedrijf. Naast het immissieonderzoek bestaat het totale onderzoek verder nog uit een emissieonderzoek, dat voorafgaand aan de immissiemetingen is uitgevoerd (Broekman *et al.*, 2003; Olthuis, 2003), en uit een dagboek- en een gezondheidsonderzoek onder de bewoners. Het totale onderzoek wordt uitgevoerd door het RIVM (emissie- en immissieonderzoek) en de GGD Rivierenland (dagboek- en een gezondheidsonderzoek) in opdracht van de gemeente Zaltbommel en de VROM Inspectie regio Oost. Voor nadere informatie over de problematiek, de aanleiding en het doel van het totale onderzoek wordt verwezen naar Mennen *et al.* (2004). Daarin zijn ook de samenvattingen van alle deelonderzoeksrapporten opgenomen en zijn de resultaten van de deelonderzoeken geïntegreerd.

Dit rapport heeft uitsluitend betrekking op het immissie-, gewas- en depositieonderzoek.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 wordt de doelstelling van het immissie-, gewas- en depositieonderzoek geformuleerd. In hoofdstuk 3 worden de opzet en uitvoering van het meetprogramma beschreven. Dit programma is ten dele gebaseerd op de uitkomsten van het emissieonderzoek, die uitvoerig zijn weergegeven in de rapportage van dit onderzoek (Broekman *et al.*, 2003). In deze rapportage is ook een korte beschrijving opgenomen van de productieprocessen en de daarbij gebruikte stoffen in de verschillende bedrijfshallen van de gieterij. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van de immissie-, gewas- en depositiemetingen. Ook wordt in dit hoofdstuk aandacht gegeven aan de representativiteit van het onderzoek, door middel van een analyse van de weersomstandigheden en de productie van het bedrijf tijdens de meetcampagne en over meerdere jaren. In hoofdstuk 5 wordt op basis van de meetresultaten berekend hoe hoog de blootstelling is van omwonenden aan stoffen in de leefomgeving. Daarbij worden alle relevante blootstellingsroutes besproken. Tenslotte worden aan de hand van de berekende blootstelling de gezondheidsrisico's voor omwonenden geëvalueerd. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies van het onderzoek.

2 Doel van het onderzoek

Het doel van het immissie-, gewas- en depositieonderzoek is het middels een meetprogramma vaststellen van de (potentiële) blootstelling van omwonenden aan gasvormige en stofvormige componenten die afkomstig zijn van de gieterij of eventueel van andere bronnen, waarbij met name wordt gedacht aan het verkeer op de A2. Daarbij worden alle relevante blootstellingsroutes (via de lucht, via opname van gedeponeed stof en via consumptie van in eigen tuin gekweekte gewassen) in acht genomen.

Het immissieonderzoek is gericht op het vaststellen van de luchtkwaliteit op leefniveau en de (potentiële) blootstelling van omwonenden aan stoffen via de lucht, zowel tijdens het optreden van emissies uit de fabriek als gemiddeld over langere tijd.

Het depositie- en gewasonderzoek heeft tot doel na te gaan of er in de woonomgeving van de gieterij sprake is van verhoogde depositie van verontreinigende componenten en verhoogde gehalten van deze componenten in gewassen in de tuinen van omwonenden ten opzichte van normaal voorkomende waarden in Nederland. Met de gegevens kan ook de potentiële blootstelling via opname van gedeponeed stof en via consumptie van in eigen tuin gekweekte gewassen worden geschat. Ook wordt onderzocht of er een verband bestaat tussen eventuele verhoging aan depositie of in gewassen en de uitstoot van de gieterij.

Door toetsing van de gemeten en berekende (potentiële) blootstelling aan gezondheidskundige grenswaarden kan worden bepaald of er sprake is van een verhoogd gezondheidsrisico voor omwonenden van de gieterij.

3 Meetprogramma

3.1 Opzet

Het immissieonderzoek bestaat uit twee onderdelen. Ten eerste worden gedurende een langere periode op twee meetlocaties in de woonomgeving continu metingen verricht van een aantal stoffen in de lucht. Ten tweede worden op enkele werkdagen benedenwinds van het bedrijf intensieve metingen verricht van stoffen in de lucht, waarbij de metingen worden geconcentreerd op de dan optredende emissies uit het bedrijf.

Het depositie- en gewasonderzoek bestaat uit het nemen van veeg-, gras- en bodemmonsters in de leefomgeving, gevolgd door analyse van die monsters op gedeponeerde componenten.

De keuze van de te meten componenten is gebaseerd op de resultaten van het emissieonderzoek. Uit dit onderzoek is gebleken dat de volgende componenten in zodanige hoeveelheden door het bedrijf worden uitgestoten, dat deze *mogelijk* in verhoogde mate in de leefomgeving zullen worden aangetroffen: benzeen, isopropanol, totaal stof, respirabel kwarts en de metalen chroom, koper, mangaan, kobalt, nikkel en lood. Van deze componenten zullen tijdens het immissieonderzoek metingen in de lucht worden verricht, zowel continu als tijdens de intensieve metingen. Voor wat betreft chroom gaat het bij deze metingen om totaal chroom. Daarnaast zullen apart metingen op zeswaardig chroom worden verricht, omdat van zeswaardig chroomverbindingen bekend is dat ze carcinogeen zijn en er daarom een zeer lage grenswaarde (veel lager dan voor andere chroomverbindingen) is vastgesteld. Omdat deze metingen zeer arbeidsintensief zijn en de specifieke monsterbehandeling en analysemethode ten tijde van het continu onderzoek nog niet volledig waren getest, worden de metingen op zeswaardig chroom separaat uitgevoerd (zie paragraaf 3.1.3). Een andere reden om deze metingen separaat uit te voeren is dat bij de aanvangsfase van het onderzoek is bepaald dat alleen op zeswaardig chroom zou worden gemeten, als de gemeten concentraties totaal chroom boven de grenswaarde voor zeswaardig chroom lagen. Tijdens de verwerking van de eerste gegevens van het immissieonderzoek bleek dit het geval.

Uit het emissieonderzoek was ook naar voren gekomen dat er een groep componenten is die in relatief minder hoge hoeveelheden door het bedrijf worden uitgestoten, maar nog wel zodanig dat ze tijdens perioden met emissies uit het bedrijf, bijvoorbeeld tijdens het gieten, in verhoogde mate kunnen worden aangetroffen. Deze groep bestaat uit formaldehyde, toluen, ethanol, waterstofsulfide, carbonylsulfide, zwaveldioxide en de metalen aluminium, calcium, ijzer en zink. Bij deze componenten zijn ook andere selectiecriteria (hoe giftig is de stof; is de stof gerelateerd aan andere stoffen die toch al worden gemeten; is er een geschikte, praktisch uitvoerbare meetmethode voor beschikbaar) gebruikt om te bepalen of ze worden meegenomen in het immissieonderzoek. Dit heeft geresulteerd in de keuze om ethanol (vanwege de geringe

toxiciteit) niet te meten. Verder wordt formaldehyde alleen tijdens de intensieve metingen bepaald en de andere componenten zowel bij de continue als de intensieve metingen. Omdat ook de invloed van emissies uit verkeer van de nabijgelegen snelweg op de blootstelling deel uitmaakt van het onderzoek, zijn stikstofoxiden en PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen), die typerend zijn voor verkeersuitstoot, toegevoegd aan de groep te meten componenten. Het depositie- en gewasonderzoek is met name gericht op stofgebonden componenten (namelijk de al genoemde metalen).

In de volgende paragrafen worden de metingen per onderdeel toegelicht.

3.1.1 Continue luchtmetingen

Om de gemiddelde concentraties aan componenten in lucht in de leefomgeving te bepalen, moet gedurende een langere tijd continu bemonsterd en gemeten worden. Om een voldoende mate van middeling te krijgen is uitgegaan van een meetperiode van 6 weken. In het algemeen is zo'n periode lang genoeg om, gelet op de variatie in weersomstandigheden (in het bijzonder windrichting en windsnelheid die het meest bepalend zijn voor de verspreiding van stoffen door de lucht), een representatief beeld te geven van de situatie over meerdere jaren. Niettemin moet worden nagegaan of dat ook geldt voor de periode die voor dit onderzoek is gekozen. In paragraaf 4.2. wordt daarom specifiek ingegaan op de representativiteit van de continue metingen, gelet op de opgetreden weersomstandigheden.

Tijdens de meetperiode zijn op twee vaste meetlocaties in de woonwijk metingen verricht op de hieronder genoemde componenten. Eén meetpunt is ingericht ten westen van de fabriek en één aan de zuidoostkant. Dit tweede meetpunt ligt bovendien dicht bij de snelweg (het andere meetpunt ligt daar verder vandaan). Dit biedt het voordeel dat bij een aantal windrichtingen de bijdragen van de twee bronnen (snelweg en fabriek) duidelijk onderscheiden kunnen worden.

De volgende componenten worden gemeten:

1. Daggemiddelde concentraties van totaal stof oftewel TSP (Totaal Suspended Particulate) op beide locaties
2. Daggemiddelde concentraties stofgebonden elementen, in het bijzonder zware metalen, op beide locaties
3. Daggemiddelde concentraties van PAK's, op beide locaties, eens per 4 dagen¹; daarnaast wordt op beide locaties met een PAK monitor continu het verloop van de PAK concentratie in de lucht gemeten²

¹ Metingen op PAK's en respirabel kwarts worden om kostentechnische redenen op een beperkt aantal dagen uitgevoerd. Verwacht wordt dat dit voldoende informatie geeft om de gemiddelde blootstelling door inhalatie van deze componenten te bepalen.

² Met deze monitoren wordt niet de absolute PAK concentratie in de lucht bepaald; het meetsignaal is slechts een maat voor de PAK concentratie.

4. Daggemiddelde concentraties inhaleerbaar kwarts op één van de twee locaties, op een aantal steekproefsgewijs genomen dagen (in totaal 10 dagen gedurende het hele onderzoek)
5. Daggemiddelde concentraties aan VOC's (vluchtige organische componenten), waaronder isopropanol³, op de locatie die het dichtst bij de snelweg ligt
6. 12-uursgemiddelde concentraties (namelijk overdag) aan VOC's, op de locatie die het dichtst bij de snelweg ligt
7. Driewekelijks gemiddelde concentraties aan VOC's, op 8 plaatsen verspreid over de woonomgeving
8. Continue meting van de PM10 (fijn stof) concentratie op beide locaties
9. Continue meting van de concentraties aan stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂) en totaal zwavelcomponenten (S_{totaal})⁴ op beide locaties

3.1.2 Intensieve luchtmetingen

Dit onderdeel betreft onderzoek naar de luchtkwaliteit op leefniveau benedenwinds van het bedrijf tijdens werkdagen en dan met name tijdens perioden dat verhoogde emissies uit het bedrijf plaatsvinden (bijvoorbeeld tijdens het gieten). Deze metingen worden verricht op drie dagen in de periode dat ook de continue metingen plaatsvinden. De keuze voor het aantal meetdagen is gebaseerd op het feit dat er sprake kan zijn van wisselende emissies en weersomstandigheden. De metingen moeten een voldoende representatief beeld van de situatie benedenwinds van de bron tijdens werkdagen geven. De meetlocaties zijn afhankelijk van de heersende windrichting op elk van de dagen dat de intensieve metingen plaatsvinden. Getracht wordt de dagen zodanig te kiezen dat deze meetlocaties in de woonwijk (dus daar waar daadwerkelijk blootstelling plaatsvindt) liggen.

De volgende componenten worden gemeten:

1. Gemiddelde concentratie van totaal stof oftewel TSP gedurende de werkdag (circa 8 uur)
2. Gemiddelde concentraties van stofgebonden elementen gedurende de werkdag (circa 8 uur)
3. Gemiddelde concentratie van respirabel kwarts gedurende de werkdag (circa 8 uur)
4. Gemiddelde concentraties van VOC's gedurende de werkdag (circa 8 uur)
5. Gemiddelde concentraties van aldehyden (waaronder formaldehyde) gedurende de werkdag (circa 8 uur)
6. Momentane concentraties van gasvormige verbindingen door monsternamen in Tedlar

³ In de door RIVM gebruikte analysemethode wordt normaliter geanalyseerd op een standaardpakket van ongeveer 45 vluchtige organische componenten (waartoe onder andere benzeen en toluen behoren) die veelvuldig voorkomen in lucht. Isopropanol behoort niet tot dit standaardpakket, maar zal separaat worden bepaald.

⁴ Hiertoe wordt een monitor gebruikt, waarmee de totale concentratie gasvormige zwavelhoudende verbindingen, waaronder waterstofsulfide, carbonylsulfide en zwaveldioxide, wordt gemeten. Omdat zwaveldioxide ook apart wordt bepaald, kan uit de signalen van de beide instrumenten de concentratie aan overige gasvormige zwavelhoudende verbindingen (waaronder waterstofsulfide en carbonylsulfide) worden berekend. Er zijn geen meetmethoden beschikbaar om waterstofsulfide en carbonylsulfide apart continu te bepalen.

- bags, gevolgd door analyse met behulp van een mobiele GC/MS⁵
7. Continue monitoring van de PM10 concentratie gedurende de werkdag
 8. Continue monitoring van de concentraties stikstofdioxide, zwaveldioxide en totaal gasvormige zwavelverbindingen gedurende de werkdag

3.1.3 Luchtmetingen op zeswaardig chroom

In aanvulling op de continue en intensieve metingen is een aantal specifieke metingen op zeswaardig chroom in de lucht uitgevoerd. Omdat deze metingen zeer arbeidsintensief zijn, is het aantal metingen beperkt tot in totaal 10. Deze metingen zijn verdeeld over enkele metingen bij twee emissiepunten van het bedrijf, namelijk de vormerij handelsgietwerk en het lasbedrijf (HODI), enkele metingen in de leefomgeving. Bij de metingen op zeswaardig chroom worden ook de concentraties totaal chroom in de lucht bepaald om inzicht te krijgen in de verhouding van zeswaardig chroom tot totaal chroom. De twee emissiepunten zijn een dakventilator van de HODI en een dakventilator van de vormerij handelsgietwerk. De reden om juist bij deze punten te meten is dat volgens de resultaten van het emissieonderzoek bij de processen in deze bedrijfsruimten (in de HODI is dat het lassen en in de vormerij handelsgietwerk het gieten van ferro-legeringen in de vorm) relatief veel chroom vrijkomt waarvan een deel mogelijk zeswaardig is. Uiteraard zullen de metingen worden gedaan als deze processen plaatsvinden. Doel van de emissiemetingen is vast te stellen of er zeswaardig chroom vrijkomt en, zo ja, wat de verhouding is van zeswaardig chroom tot totaal chroom in de uitstoot bij deze processen. Een deel van de metingen in de leefomgeving zal worden gedaan tijdens werkdagen en dan met name tijdens perioden dat verhoogde emissies uit het bedrijf plaatsvinden (bijvoorbeeld tijdens het gieten)⁶. De resterende metingen worden verricht gedurende 24 uur, op beneden- en op bovenwinds gelegen locaties. Op deze wijze worden zowel de achtergrondconcentratie als de piekconcentraties aan zeswaardig en totaal chroom bepaald. Tevens wordt inzicht verkregen in de verhouding zeswaardig chroom tot totaal chroom.

3.1.4 Depositieonderzoek

De depositie van stofdeeltjes en dan met name de daarin voorkomende (zware) metalen zal worden onderzocht door op een aantal locaties, verspreid over het woongebied, veegmonsters te nemen en deze te analyseren. De veegmonsters zullen worden genomen van beschikbare 'gladde' oppervlakken zoals vensterbanken, vuilcontainers en dergelijke.

⁵ Deze metingen zijn gericht op het vaststellen van incidenteel optredende piekconcentraties aan gasvormige verbindingen, in het bijzonder vluchtige organische componenten en specifieke gasvormige zwavelverbindingen. Daartoe worden tijdens momenten dat er verhoogde emissies vanuit het bedrijf worden waargenomen benedenwinds van het bedrijf luchtmonsters genomen in Tedlar bags. De monsternameduur bedraagt enkele tientallen seconden. De bemonsterde lucht wordt ter plaatse geanalyseerd met een mobiele Gas Chromatograaf met Massa Spectrometer (GC/MS), waarmee een breed scala aan componenten kan worden gemeten. Ook kunnen met de GC/MS 'onbekende' componenten worden geïdentificeerd.

⁶ Het zij opgemerkt dat om een voldoende lage detectielimiet voor zeswaardig chroom te halen er minimaal enkele uren achtereenvolgende lucht moet worden bemonsterd.

Deze oppervlakken zullen enkele dagen tevoren worden gereinigd, zodat een beeld kan worden verkregen van de depositie die gedurende die dagen plaatsvindt en zo min mogelijk verstoring optreedt van al aanwezig stof, waarvan de herkomst niet altijd bekend is.

De veegmonsters zullen worden geanalyseerd op (zware) metalen.

3.1.5 Gewasonderzoek

Op een aantal locaties in de omgeving van de gieterij zullen grasmonsters worden genomen. Om te kunnen bepalen waar eventuele verhoogde gehalten aan componenten in het gras van afkomstig zijn (namelijk door opname uit de bodem of door op het gewas gedeponeerde stofdeeltjes) worden ook enkele grondmonsters genomen nabij het bemonsterde gras. Tevens zullen referentiemonsters (zowel gras als bodem) worden genomen op een onbelaste locatie op ruime afstand van het bedrijf. De gras- en bodemmonsters zullen worden geanalyseerd op (zware) metalen.

Aanvankelijk was het de bedoeling om door omwonenden gekweekte groenten en fruit uit de tuinen in de woonwijk te bemonsteren en analyseren, volgens het protocol voor gewasonderzoek van GGD Nederland. In de woonwijk rond de gieterij bleken er echter in beperkte mate gewassen te worden gekweekt. Daarom is het onderzoek gericht op gras. De analyses van de grasmonsters leveren ook voldoende informatie om een inschatting te maken van de blootstelling via consumptie van gewassen en de daarmee samenhangende gezondheidsrisico's. Hiertoe wordt verondersteld dat depositie van stofdeeltjes op gras ongeveer gelijk zal zijn aan de depositie op een snelgroeiend bladgewas, zoals sla. Een bijkomend voordeel van het bemonsteren en analyseren van gras is dat er voldoende gegevens zijn over 'normaal voorkomende gehalten' (achtergrondwaarden) van componenten in gras.

3.1.6 Blootstellingsschattingen en evaluatie van gezondheidsrisico's

Met de verzamelde meetgegevens zal de totale blootstelling van omwonenden aan schadelijke stoffen worden berekend. Hierbij zullen alle verschillende blootstellingsroutes in acht worden genomen, namelijk inhalatoire blootstelling (door inademing van schadelijke stoffen), orale blootstelling door consumptie van verontreinigde gewassen en orale blootstelling door ingestie (inname van gedeponeerde stof via hand-mond gedrag). De laatste route is met name relevant voor kleine kinderen die zulk hand-mond gedrag vertonen. Blootstelling via de huid (dermale blootstelling) speelt geen rol, omdat de componenten die in de omgeving van Van Voorden in verhoogde mate zouden kunnen voorkomen (vrijwel) niet via de huid worden opgenomen.

Door de berekende blootstelling te vergelijken met gezondheidkundige grenswaarden voor de betreffende stoffen kan een inschatting worden gemaakt van de gezondheidsrisico's die omwonenden lopen als gevolg van deze blootstelling. De berekening van de blootstelling en evaluatie van gezondheidsrisico's worden besproken in hoofdstuk 5.

3.2 Uitvoering van de metingen

3.2.1 Continue luchtmetingen

De continue metingen hebben plaatsgevonden op twee locaties in de woonwijk. De meetlocaties zijn aangegeven op de plattegrond in Bijlage 1. De eerste locatie (LC1) lag op ongeveer 40 m ten westen van de gieterij, uitgaande van het midden van hal 12, qua emissies de meest relevante bron. De tweede locatie (LC2) op lag ongeveer 160 m ten zuidoosten van de gieterij.

Op beide meetpunten zijn in de week van 12 tot 16 mei 2003 de benodigde meetapparaten geïnstalleerd. Vanaf vrijdag 16 mei zijn op één uitzondering na alle meetinstrumenten gestart en zijn de metingen volgend plan uitgevoerd. Het 'officiële' aanvangstijdstip van de geplande meetperiode van 6 weken is vastgesteld op maandag 19 mei (begin van een werkweek)⁷ en de meetperiode is op 30 juni afgesloten.

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetmethoden en instrumenten. De meeste van deze instrumenten worden ook gebruikt in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML), hetgeen vergelijking van de in Zaltbommel gemeten waarden met die op meetstations van het LML vergemakkelijkt.

Voor wat betreft de stofmetingen is afgeweken van de LML methode. In het LML worden PM10 concentraties continu gemeten met Beta Stofmonitoren (FAG Eberline, type FH 62 I-N, Andersen), voorzien van een PM10 inlaat (Sierra Andersen, model 246b). In deze meetcampagne zijn TEOM monitoren gebruikt, omdat geen Beta Stofmonitoren beschikbaar waren. De met de TEOM gemeten concentraties kunnen zodanig worden gecorrigeerd dat ze met gegevens uit het LML vergelijkbaar zijn⁸. Dit zal in paragraaf 4.3.4 worden toegelicht. Verder zijn daarnaast daggemiddelde metingen van totaal stof (TSP) verricht met behulp van Kleinfiltergeräte, uitgerust met een TSP afscheider, een kwartfilter en (soms) een Poly Urethaan Filter (PUF). Deze filters zijn gebruikt om ook metalen en PAK's te kunnen bepalen. Voor de meting van respirabel kwarts is een Kleinfiltergeräte, uitgerust met een PM10 afscheider en een MCE filter gebruikt.

De meetsignalen van de continue monitoren werden geregistreerd met behulp van een computer. De signalen werden verwerkt tot 1-min gemiddelde en uurgemiddelde concentraties. De uurwaarden zijn berekend om vergelijking met concentraties op andere meetstations van het LML mogelijk te maken. Ook is een aantal grenswaarden gebaseerd op uurgemiddelde concentraties. De minuutwaarden hebben tot doel kortdurende piekconcentraties te detecteren en na te gaan of die verband houden met kortdurende emissies uit de gieterij of andere bronnen. De monitoren zijn voorafgaand aan en na afloop van de meetcampagne gekalibreerd met nulgas en met gecertificeerde ijkassen.

⁷ De meetgegevens van voor 19 mei zijn uiteraard wel meegenomen bij de gegevensverwerking.

⁸ Uit onderzoek is gebleken dat vanwege verschillen in het meetprincipe en in de temperatuur van de inlaat de TEOM en de Beta Stofmonitor onderling systematische afwijkingen geven. Voor deze afwijkingen zijn uit meetwaarden van eerdere onderzoeken correcties afgeleid.

De TEOM heeft een eigen dataloggingssysteem, waarmee 5-min gemiddelde concentraties werden geregistreerd die vervolgens tot uurgemiddelde zijn verwerkt. Dit instrument heeft een eigen intern kalibratiesysteem.

De filters en actief koolbuizen werden dagelijks tussen 15:00u en 16:00u verwisseld, waardoor ze steeds ongeveer 24 uur zijn beladen. De passieve samplers (Organic Vapor Monitors) zijn om de twee weken verwisseld, ook steeds tussen 15:00u en 16:00u.

Tabel 1. Overzicht van gebruikte meetmethoden bij de continue metingen

Component	Methode; instrument	Meetlocaties	Meet-frequentie
Stikstofoxiden (NO, NO ₂ en NO _x)	Chemiluminescentiemonitor Ecophysics model CLD 700AL respectievelijk Thermo Electron Instruments model 42C	LC1, LC2	1 min
Zwavel dioxide (SO ₂)	UV fluorescentie monitor Thermo Electron Instruments model 43W	LC1, LC2	1 min
Totaal gasvormige zwavelverbindingen (S _{totaal}) ⁴	UV fluorescentie monitor Thermo Electron Instruments model 45C respectievelijk 43W	LC1, LC2	1 min
PM10	Tapered Element Oscillating Monitor (TEOM)	LC1, LC2	5 min
TSP	KleinfILTERgerät (Derenda) met TSP afscheider en kwartsfilter	LC1, LC2	24 uur
(Zware) metalen	KleinfILTERgerät (Derenda) met TSP afscheider en kwartsfilter	LC1, LC2	24 uur
PAK	KleinfILTERgerät (Derenda) met TSP afscheider, kwartsfilter en Poly Urethaan filter (PUF)	LC1, LC2	24 uur
PAK totaal ²	Kimessa UV fluorescentie monitor	LC1, LC2	1 min
Kwarts (respirabel)	KleinfILTERgerät (Derenda) met PM10 afscheider en MCE filter	LC1 of LC2	24 uur
VOC's	Monstername op actief koolbuizen (Anasorb CSC 200/800, SKC Inc)	LC2	24 uur
VOC's	Monstername op Organic Vapor Monitors, type 3500 (3M)	LC1, LC2, LP1 t/m LP6	14 dagen

De kwartsfilters voor de TSP metingen zijn voorafgaand aan en na afloop van de bemonstering gewogen in een klimaatkamer na acclimatiseren gedurende enkele uren. Uit het verschil in massa na en voor monstername is de belading berekend, die na deling door het volume bemonsterde lucht wordt omgerekend in de TSP concentratie. Vervolgens zijn de filters geanalyseerd op (zware) metalen en stofgebonden PAK's. De PUF's zijn geanalyseerd op vluchtige PAK's. Voor de metaalanalyse werden de filters geanalyseerd met ICP-MS⁹ na destructie met koningswater conform SOP¹⁰ LAC/M388/02. Voor de

⁹ Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

¹⁰ Standard Operation Procedure

PAK analyse werden de filters en PUF's met aceton geëxtraheerd met behulp van de microwave assisted solvent extraction (MASE), waarna de extracten met LC-UV werden geanalyseerd.

De bepaling van het kwartsgehalte op de bemonsterde PM10 filters is uitgevoerd door ASCOR Analyse BV met behulp van FTIR¹¹ conform de NIOSH¹² 7902 methode.

De actief koolbuizen en passieve samplers zijn na monsternamen in het laboratorium conform SOP LOC 130/01 geëxtraheerd CS₂, gevolgd door analyse met behulp van GC/ECD¹³ en GC/FID¹⁴. Met deze methode kunnen 47 VOC's gekwantificeerd worden. De concentraties aan VOC's worden berekend uit de analyseresultaten en de volumina van de luchtmonsters c.q. de monsternametijden. Met behulp van een aangepaste methode zijn ook analyses op isopropanol (dat geen deel uitmaakt van het standaard VOC pakket) verricht.

De passieve samplers hingen op een hoogte van ongeveer 2 tot 3 m +mv¹⁵. De meetapparatuur op de twee meetlocaties was zodanig geïnstalleerd dat de aanzuighoogte circa 1,5 tot 2 m +mv (ademhoogte) bedroeg behalve voor de twee Kleinfiltergeräte, waarvoor de aanzuighoogte om praktische redenen ongeveer 1 tot 1,5 m bedroeg.

Vanwege een technisch probleem met een timer zijn de geplande 12- en 24-uurs gemiddelde VOC metingen op LC2 niet gelukt. Na enkele mislukte pogingen tot reparatie van de timer is besloten alleen 24-uurs gemiddelde VOC metingen te doen door de monsters dagelijks 'met de hand' te verwisselen. Deze metingen zijn vanaf 6 juni ingezet. Tevens is toen besloten de VOC metingen op locatie LC1 uit te voeren in plaats van locatie LC2. De voornaamste reden daarvoor was dat verwacht werd dat op deze wijze inzicht kon worden verkregen in de bijdrage van de emissies uit het bedrijf aan VOC's in de leefomgeving, in het bijzonder ten aanzien van de component isopropylalcohol waarvan bekend is dat ze door verkeer niet wordt geëmitteerd. Ook bij de 'handmatige' metingen is vanwege logistieke problemen enige uitval opgetreden. Vanwege de genoemde problemen is ook besloten de VOC metingen met de passieve samplers te intensiveren om een voldoende betrouwbaar beeld van de VOC concentraties in de woonomgeving te krijgen. Aanvankelijk zouden de metingen met passieve samplers 3-weeks gemiddelde waarden geven. Dit is gewijzigd in 2-weeks gemiddelde waarden. Ook zijn twee meetlocaties toegevoegd, waarmee het totaal komt op 10. De meetlocaties zijn aangegeven op de plattegrond in Bijlage 1 (locaties B1 tot en met B10).

De overige metingen zijn grotendeels volgens plan uitgevoerd. Wel is er af en toe sprake geweest van uitval van instrumenten door technische problemen waardoor in de dataset 'missing values' voorkomen. Ook zijn op twee van de drie meetdagen waarop de

¹¹ Fourier Transform InfraRood spectroscopy

¹² National Institute for Occupational Safety and Health, een Amerikaans onderzoeksinstituut op het gebied van Arbeidshygiëne

¹³ Gas Chromatography with Electron Capture Detection

¹⁴ Gas Chromatography with Flame Ionisation Detection

¹⁵ + mv staat voor boven het maaiveld

intensieve metingen plaatsvonden vanwege beperkte beschikbaarheid een aantal instrumenten (de PM10 monitor en de gasmonitoren) tijdelijk uit één van de meetpunten van het continu onderzoek betrokken, waardoor gedurende enkele uren geen meetwaarden op dat meetpunt werden verzameld.

In totaal bedroeg het percentage 'missing values' (oftewel de data uitval) 13%. Dit is overigens een normaal percentage voor een veldmeetcampagne. In paragraaf 3.2.6 is een meer gedetailleerd overzicht gegeven van de data uitval. Met nadruk wordt gesteld dat deze uitval en de wijzigingen in het meetplan geen consequenties hebben voor de resultaten, interpretatie en conclusies van het immissieonderzoek. Er zijn immers voldoende meetgegevens verzameld en de uitval is verspreid over de hele campagne voorgekomen en niet bijvoorbeeld alleen op dagen dat de wind van het bedrijf richting het dichtstbijzijnde meetpunt stond.

3.2.2 Intensieve luchtmetingen

De intensieve luchtmetingen hebben plaatsgevonden op 2 juni, 26 juni en 14 juli. De derde meetdag viel buiten de periode van de continue metingen. De reden hiervoor was dat er tijdens deze periode onvoldoende dagen waren met geschikte omstandigheden, namelijk een stabiele oostelijke tot noordwestelijke wind¹⁶, een windkracht van minimaal 3 tot 4 m s⁻¹ en droog weer. Een min of meer constante windrichting en windsnelheid is noodzakelijk, omdat het vrijwel onmogelijk om reeds opgestelde meetapparatuur in korte tijd te verplaatsen en op een andere plaats snel weer operationeel te hebben. Daarnaast is het ook van belang dat het niet regent omdat stofdeeltjes dan gedeeltelijk met de regendruppels worden weggevangen, hetgeen tot een onderschatting van de concentratie kan leiden.

De meetlocaties (LI1 tot en met LI4) zijn aangegeven op de plattegrond in Bijlage 1. De locatie op 2 juni (LI1) lag op ongeveer 150 m ten noorden van het bedrijf. Aanvankelijk was de weersverwachting voor die dag zodanig dat oostelijke wind werd verwacht, maar al vroeg op de dag begon de wind naar het zuiden te draaien. De meetlocatie aan de noordzijde was niet optimaal in die zin dat de afstand tot de belangrijkste bron (hal 12) relatief groot was en tussen het bedrijfsterrein en het meetpunt een aantal hoge bomen staan die mogelijk enige invloed hebben op de verspreiding van uitgestoten stoffen. Ook de variatie in de windrichting (de wind draaide in de loop van de meetperiode nog van zuidzuidoost naar zuidzuidwest) was een beperkende factor. Niettemin werd op de locatie wel de kenmerkende zwavelachtige geur uit hal 12 waargenomen (de verhoogde uitslag van de zwavelmonitor bevestigde dit).

De locatie op 26 juni (LI2) lag op ongeveer 120 m ten westzuidwesten van het bedrijf. Het meetpunt lag daarmee in dezelfde richting als het vaste meetpunt LC1, maar dan op iets grotere afstand van het bedrijf. De omstandigheden tijdens deze dag waren optimaal, dat wil zeggen er was een stabiele oostelijke wind, de locatie lag in de woonwijk, er was een vrije aanstroom tussen bedrijf en meetpunt, de geur uit het bedrijf was duidelijk

¹⁶ Bedoeld wordt dat de windrichting gedurende de hele dag constant is. De gewenste windrichting (oost tot noordwest) is noodzakelijk om op voldoende korte afstand van hal 12 in de woonomgeving metingen te kunnen uitvoeren.

waarneembaar en de uitslagen van de zwaveldioxide monitor, de ‘totaal zwavel’ monitor en de stofmonitor waren soms verhoogd.

Op 14 juli is op twee locaties gemeten, op ongeveer 80 respectievelijk 140 m ten westen van het bedrijf (LI3 en LI4). Ook hier waren de omstandigheden gunstig. De reden om op twee locaties te meten is om zo veel mogelijk informatie over de luchtkwaliteit benedenwinds van het bedrijf te verzamelen. Omdat de continue metingen inmiddels waren beëindigd, waren er voldoende meetinstrumenten beschikbaar om op twee locaties te meten.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de gebruikte meetmethoden en instrumenten. De meeste van deze instrumenten zijn ook gebruikt bij de continue metingen (zie paragraaf 3.2.1). Daarnaast zijn enkele aanvullende methoden ingezet, die niet bij de continue metingen zijn gebruikt, namelijk methoden om concentraties aldehyden te meten en om ‘onbekende’ gasvormige verbindingen te bepalen bij het optreden van verhoogde emissies, bijvoorbeeld tijdens het gieten.

Tabel 2. Overzicht van gebruikte meetmethoden bij de intensieve metingen

Component	Methode; instrument	Meetfrequentie
Stikstofoxiden (NO, NO ₂ en NO _x)	Chemiluminescentiemonitor Ecophysics model CLD 700AL respectievelijk Thermo Electron Instruments model 42C	1 min
Zwaveldioxide (SO ₂)	UV fluorescentiemonitor Thermo Electron Instruments model 43W	1 min
Totaal gasvormige zwavelverbindingen (S _{totaal}) ⁴	UV fluorescentiemonitor Thermo Electron Instruments model 45C respectievelijk 43W	1 min
PM10	Tapered Element Oscillating Monitor (TEOM)	5 min
TSP	Kleinfiltergerät (Derenda) met TSP afscheider en kwartsfilter	5 tot 8 uur
(Zware) metalen	Kleinfiltergerät (Derenda) met TSP afscheider en kwartsfilter	5 tot 8 uur
PAK ¹⁷	Kleinfiltergerät (Derenda) met TSP afscheider, kwartsfilter en Poly Urethaan filter (PUF)	5 tot 8 uur
Kwarts (respirabel)	Kleinfiltergerät (Derenda) met PM10 afscheider en MCE filter	5 tot 8 uur
VOC's	Monstername op actief koolbuizen (Anasorb CSC 200/800, SKC Inc)	5 tot 8 uur
Aldehyden	Monstername op DNPH cartridges	5 tot 8 uur
Gasvormige componenten incl ‘onbekende’ ⁵	Monstername in Tedlar bags, direct gevolgd door analyse met GC/MS	10 tot 30 s

¹⁷ PAK's zijn uitsluitend gemeten op 14 juli. Aanvankelijk maakten PAK's geen deel uit van het meetpakket op de intensieve dagen. Omdat de derde meetdag buiten de periode voor continue metingen viel en er daardoor voldoende meetinstrumenten beschikbaar waren, is besloten om op die dag ook PAK's te meten.

De meetsignalen van de monitoren werden op dezelfde wijze verwerkt als beschreven onder Tabel 1.

De filters, actief koolbuizen en DNPH cartridges zijn gedurende 5 tot 8 uur bemonsterd. Om praktische redenen viel de bemonsteringsduur soms korter uit dan de aanvankelijk geplande 8 uur. Alle bemonsteringen hebben echter wel steeds plaatsgevonden in perioden dat er verhoogde emissies uit het bedrijf waren, zoals tijdens het smelten en het gieten.

De bemonsteringen in Tedlar bags zijn met name uitgevoerd tijdens perioden met verhoogde emissies. Tijdens deze perioden werden benedenwinds ook verhoogde concentraties aan zwavelcomponenten en stof gemeten. Met behulp van een handpomp werd gedurende 10 tot 30 seconden een luchtmonster in een Tedlar bag gebracht, waarna de Tedlar bag werd afgesloten.

De Tedlar bags zijn direct ter plaats geanalyseerd met een mobiele GC/MS⁵, omdat de wand van een Tedlar bag doorlaatbaar is voor sommige gasvormige componenten en de concentraties van die componenten in de Tedlar bag daardoor in de loop der tijd afnemen. Bij analyse in het lab zouden dan te lage concentraties worden gevonden.

De filters en actief koolbuizen zijn op dezelfde wijze geanalyseerd als beschreven in paragraaf 3.2.1. De DNPH cartridges zijn geëxtraheerd met acetonitril, waarna de DNPH-aldehyde adducten zijn geanalyseerd met LC-UV. De concentraties aan aldehyden worden berekend uit de analyseresultaten en de volumina van de luchtmonsters.

De meetapparatuur is steeds zodanig geïnstalleerd dat de aanzuighoogte circa 1 tot 1,5 m +mv (ademhoogte) bedroeg.

3.2.3 Luchtmetingen op zeswaardig chroom

De specifieke metingen op zeswaardig chroom zijn uitgevoerd in de periode september – november 2003. In het overzicht in Tabel 3 is per meting aangegeven op welk tijdstip en locatie de meting is verricht, welk type meting het betreft (een emissiemeting, een benedenwindse immissiemeting of een achtergrond immissiemeting) en wat de meteorologische omstandigheden waren. De meetlocaties zijn weergegeven op de plattegrond in Bijlage 2.

Op de tijdstippen dat er op het dak van of benedenwinds van de HODI werd bemonsterd (metingen C1 tot en met C3 en meting C10) waren steeds 5 of 6 werknemers diverse las- en snijwerkzaamheden aan het verrichten. De bezettingsgraad en de omvang van de verrichte activiteiten waren representatief voor de normale situatie in deze bedrijfsruimte.

Tabel 3. Overzicht van de metingen op zeswaardig en totaal chroom

Locatie	Datum en tijd	Type meting	Windrichting	Windsnelheid (m s ⁻¹)
C1	24-9, 14:00 – 25-9, 10:20	Imm. achtergrond ¹⁾	NW tot OZO	0 tot 2
C2	25-9, 11:15 – 25-9, 15:50	Imm. ben. HODI	ZZO	3 tot 5
C3	25-9, 13:25 – 25-9, 15:00	Emissie HODI ²⁾	ZZO	5 tot 7
C4	13-10, 12:30 – 13-10, 17:30	Imm. ben. hal 12	ONO tot O	4 tot 6
C5	14-10, 9:40 – 15-10, 9:45	Imm. ben. hal 12 ³⁾	NO tot O	4 tot 6
C6	15-10, 10:25 – 16-10, 9:25	Imm. achtergrond	ONO tot OZO	3 tot 6
C7	22-10, 11:05 – 23-10, 9:30	Imm. achtergrond ⁴⁾	NO tot ZO	3 tot 6
C8	22-10, 11:50 – 23-10, 9:50	Imm. achtergrond	NO tot ZO	3 tot 6
C9	23-10, 13:10 – 23-10, 13:40	Emissie hal 12	NO	9
C10	10-11, 12:45 – 10-11, 13:30	Emissie HODI	N tot NO	1

- ¹⁾ Deze meting was bedoeld als achtergrondmeting, maar achteraf is gebleken dat de wind tijdens de meetperiode draaide van noordwest naar oostzuidoost. De wind was gedurende een aantal uren overdag afkomstig uit de richting van het bedrijf (noordnoordwestenwind).
- ²⁾ Meting aan de rand van het dak van de HODI. Door praktische omstandigheden kon geen meting direct bij de dakventilator worden verricht. Dat is bij de andere emissiemeting bij de HODI (C10) wel gebeurd.
- ³⁾ De wind was aanvankelijk afkomstig uit het oosten, maar is later op de dag ook een aantal uren noordoostelijk geweest en daarmee afkomstig van de HODI.
- ⁴⁾ Deze meting was bedoeld als achtergrondmeting, maar de wind bleek gedurende een aantal uren afkomstig te zijn geweest uit de richting van het bedrijf (zuidoostelijk).

De procedure voor de bepaling van zeswaardig chroom is grotendeels gelijk aan de methode beschreven in Mennen *et al.* (1998)¹⁸. Hierbij wordt lucht aangezogen door vier sets van twee impingers. Elke set bestaat uit twee achter elkaar geschakelde impingers en een pomp met flowregeling. De eerste impinger bevat een vloeistof, de tweede is leeg. Deze dient om de pomp te beschermen tegen eventueel uit de eerste impinger afkomstige waterdruppels. De vloeistof in de eerste impingers is een bufferoplossing van 0,5 mMol Na₂CO₃ / 0,1 mMol NaHCO₃ (totaal volume 150 mL). Bij twee van de impingers is aan deze vloeistof een kleine hoeveelheid van een Cr(VI) respectievelijk een Cr(III) oplossing toegevoegd. Hiermee kan achteraf worden gecontroleerd of tijdens de meting afgevangen Cr(VI) in Cr(III) wordt omgezet of andersom. De andere twee impingers bevatten uitsluitend de Na₂CO₃ / NaHCO₃ oplossing.

Na afloop van de bemonstering is elke oplossing als volgt geanalyseerd. Voor een volledige beschrijving van de methode wordt verwezen naar Mennen *et al.* (1998). Uit elke oplossing is 75 mL genomen, waaraan vervolgens een complexeringsreagens (het ammonium zout van pyrrolidine-1-dithiocarbonzuur) en een organisch oplosmiddel (methyl-isobutylketon) zijn toegevoegd. Het in de oplossing aanwezige Cr(VI) wordt door het reagens selectief gecomplexed en het complex wordt in het organisch oplosmiddel geëxtraheerd. Vervolgens wordt de organische fase gescheiden van de

¹⁸ Het verschil tussen de hier gebruikte methode en de in Mennen *et al.* (1998) beschreven methode is dat de monsteropwerking is gemodificeerd en een andere analysemethode is gebruikt.

waterfase, gevolgd door indampen van de organische fase tot bijna droog. De ingedamppte organische fase wordt opgelost in 1,5 mL 1 Mol HNO₃ oplossing en daarna geanalyseerd met HR-ICPMS¹⁹.

Om de concentratie zeswaardig chroom in de lucht te berekenen wordt de gemiddelde hoeveelheid Cr(VI) in de twee impingers met alleen de Na₂CO₃ / NaHCO₃ oplossing gedeeld door het volume aan bemonsterde lucht. De hoeveelheden Cr(VI) in de twee andere impingers dienen uitsluitend ter controle op eventuele omzetting van Cr(VI) in Cr(III) of andersom.

Tegelijk met elke meting op zeswaardig chroom is ook de concentratie totaal chroom bepaald volgens dezelfde methode als bij de continue en intensieve metingen. Voor de bemonstering bij de emissiepunten echter is om praktische redenen in plaats van een Kleinfiltergerät gebruik gemaakt van een pomp met een aparte filterhouder. De bemonsterde filters zijn behalve op chroom ook nog geanalyseerd op andere metalen volgens de procedure beschreven in paragraaf 3.2.1.

3.2.4 Depositietingen: veegstof

Voor depositietingen is het van belang dat de monstername plaats vindt na een droge periode van in ieder geval enkele dagen. Immers, door neerslag kunnen stofdeeltjes die op de bodem en gewassen zijn neergekomen met het regenwater meegespoeld worden naar de lager gelegen bodem en dan zijn ze niet meer in veeg- en grasmonsters²⁰ waarneembaar.

Op 2 juni (de eerste intensieve meetdag) zijn vier veegmonsters genomen in de woonomgeving, verspreid over het hele gebied. Voorafgaand aan deze dag was het namelijk ongeveer een week achtereen droog weer geweest. De bemonsterde oppervlakken waren echter niet van tevoren gereinigd, zoals in het plan was opgenomen, omdat van tevoren niet was voorzien dat op 2 juni gemeten zou gaan worden. Bovendien heeft het bedrijf tijdens de droge periode een aantal dagen stilgelegd vanwege Hemelvaart.

Op 26 juni zijn nog eens 15 veegmonsters genomen, na een periode met 18 dagen vrijwel droog weer (op 8 juni heeft het enkele uren fors geregend en op 14 en 23 juni heeft het gedurende respectievelijk 20 min en een uur zacht geregend, bij elkaar 1 mm). In dit geval waren de bemonsterde oppervlakken wel van tevoren gereinigd, namelijk op 16 juni, dus 10 dagen voor de monstername. De analyses van de veegmonsters geven dus een beeld van de depositie over ongeveer 10 dagen.

¹⁹ High Resolution-Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry..

²⁰ We hebben het hier over stofdeeltjes die op het gras terecht komen. In het gras kunnen ook metalen en andere stoffen voorkomen, die door het gras vanuit de bodem zijn opgenomen nadat ze in een eerder stadium vanuit de lucht in die bodem kunnen zijn gekomen. Om die reden zijn nabij de plaatsen waar gras is bemonsterd ook enkele bodemmonsters genomen (zie paragraaf 3.1.4).

De veegmonsters zijn, op 2 monsters na, genomen door met behulp van in oplosmiddel²¹ gedrenkte watten een afgebakend glad oppervlak stofdeeltjes van dit oppervlak op te nemen. De watten zijn vervolgens in afgesloten petrischalen vervoerd naar het laboratorium waar ze zijn geanalyseerd op (zware) metalen. Hiertoe werd elke veegmonster in zijn geheel gedestruerd door er 20 mL koningswater aan toe te voegen, gevolgd door koken en indampen tot een volume van circa 5 mL. Het residu werd met water aangevuld tot 50 mL en vervolgens gecentrifugeerd. De destrukaten werden geanalyseerd met behulp van ICP-MS.

De twee andere veegmonsters (V18 en V19 in Tabel 4) zijn genomen door van een bord respectievelijk een atlas op een tafel in de tuin van een nabij het bedrijf gelegen woning het stof te verzamelen in een lege petrischaal. Dit droge stof is in het laboratorium gewogen en vervolgens in zijn geheel bewerkt en geanalyseerd, analoog aan de werkwijze voor de bodemmonsters (zie paragraaf 3.2.5). Het verzamelde stof kan worden gebruikt om de orale blootstelling door consumptie van verontreinigd voedsel te berekenen (zie paragraaf 5.3.2).

Tabel 4. Overzicht van de veegmonsters

Locatiecode	Omschrijving	Bemonsterd oppervlak (m ²)
V1	Bovenkant Kleinfiltergerät op locatie LC1	0,06
V2	Grafsteen	0,16
V3	Elektriciteitskastje	0,18
V4	Elektriciteitskastje	0,18
V5	Elektriciteitskastje	0,18
V6	Grafsteen	0,16
V7	Vensterbank	0,064
V8	Vensterbank	0,15
V9	Petrischaal ²²	0,015
V10	Vensterbank	0,09
V11	Petrischaal ²²	0,015
V12	Bovenkant voet parasol	0,16
V13	Vensterbank	0,25
V14	Vensterbank	0,16
V15	Brievenbus	0,12
V16	Vensterbank	0,064
V17	Bord	0,053
V18	Bord	0,053
V19	Atlas	0,12

²¹ Voor metingen op metalen en andere elementen wordt als oplosmiddel demi-water gebruikt, voor metingen op organische componenten wordt bemonsterd met een organisch oplosmiddel zoals aceton of methanol. In dit geval is demi-water gebruikt.

²² Omdat in deze richting geen geschikte oppervlakken aanwezig waren, is een lege, droge petrischaal geplaatst dat als afvangstmedium voor het gedeponeerde stof diende.

Door de gehalten aan metalen in de watten te delen door het bemonsterde oppervlak werd per monster de depositie aan metalen berekend.

In Tabel 4 zijn de meetlocaties van de veegmonsters omschreven. De locaties zijn ook aangegeven op de plattegrond in Bijlage 1 (locaties V1 tot en met V19).

3.2.5 Depositie metingen: gras en bodem

Voor de grasmonsters geldt hetzelfde als voor de veegmonsters, namelijk dat de bemonstering dient plaats te vinden na een droge periode van in ieder geval enkele dagen. De grasmonsters zijn op dezelfde dag genomen als de tweede set veegmonsters (26 juni). Een aantal dagen daarvoor, namelijk op 16 juni, is aan omwonenden gevraagd het gras niet te maaien voor de bemonstering, omdat een deel van de gedeponeerde stofdeeltjes met het gemaaid gras zou kunnen worden afgevoerd. Enkele grasmonsters zijn genomen op openbare plaatsen zoals de berm van de snelweg, waar een verzoek tot niet maaien niet kon worden gedaan. Uit de lengte van het gras kon worden afgeleid dat ook op deze locaties het gras zeker gedurende enkele dagen voorafgaand aan de bemonstering niet was gemaaid.

Grasmonsters zijn genomen door in een afgebakend terrein van één tot enkele m² steekproefsgewijs gras af te knippen en dit gras te verzamelen in een van tevoren gespoelde monsterpot van 1 liter. De potten zijn meegenomen naar het laboratorium waar het gras is geanalyseerd. Hiertoe werd van elk monster 1 g veldvochtig gras gedestruerd door er 20 mL koningswater aan toe te voegen, gevolgd door koken en indampen tot een volume van circa 5 mL. Het residu werd met water aangevuld tot 50 mL en vervolgens gecentrifugeerd. De destruatens werden geanalyseerd met behulp van ICP-MS.

In totaal zijn er 8 grasmonsters genomen. In Tabel 5 zijn de meetlocaties omschreven. De locaties zijn ook aangegeven op de plattegrond in Bijlage 1 (locaties G1 tot en met G8). Behalve in de woonwijk is ook, als referentie, een grasmonster genomen op een onbelaste locatie, namelijk nabij het gemeentekantoor in Kerkwijk op 3,5 km ten zuidwesten van het bedrijf. Deze locatie is niet aangegeven op de plattegrond.

Tabel 5. Overzicht van de locaties van de gras- en bodemmonsters

Locatiecode	Omschrijving	Bodemmonster genomen?
G1	Gazon in tuin bij woning	Ja
G2	Gazon in tuin bij woning	Ja
G3	Gazon in tuin bij woning	Ja
G4	Talud van de snelweg	Nee
G5	Gazon in tuin bij woning	Nee
G6	Talud van de snelweg	Nee
G7	Gras op braakliggend terrein nabij begraafplaats	Nee
G8	Gazon in gemeenteplantsoen	Ja

Zoals vermeld in paragraaf 3.1.5 zijn op enkele locaties, aangegeven in Tabel 5, tevens bodemmonsters genomen. Aanvankelijk was gepland op alle locaties van grasmonsters ook bodemmonsters te nemen, maar dit bleek om praktische redenen niet mogelijk of niet zinvol, onder meer omdat de bodem nog niet zo lang voor de monsternamen nog was bewerkt of omdat de bovenlaag van de bodem stukken steen bevatte. Om inzicht te krijgen in de relatie tussen verontreiniging van het gras en de bodem in het gebied, zullen ook gegevens uit eerder verrichte bodemonderzoeken worden gebruikt.

De monsters werden genomen door in het afgebakend terrein met behulp van een graszodenmonsternemer steekproefsgewijs monsters te nemen van de bovenste 5 cm van de bodem en deze monsters te verzamelen in een van tevoren gespoelde monsterpot van 1 liter. De potten zijn meegenomen naar het laboratorium waar de bodemmonsters werden gedroogd bij 40°C, gemalen en gehomogeniseerd. Van elk monster werd vervolgens 0,5 g met koningswater gedestruerd conform SOP LAC/M388/02 en werden de destruatanten geanalyseerd op metalen met behulp van ICP-MS. Van elk bodemmonster is ook de droge stoffractie bepaald bij 105°C.

3.2.6 Data uitval

In de voorafgaande paragrafen is aangegeven dat door diverse problemen van technische en logistieke aard in de dataset zogenaamde 'missing values' voorkomen. In Tabel 6 is per component of groep componenten aangegeven hoe hoog het percentage 'missing values' bedraagt. De uitval over de totale dataset bedroeg 13%, hetgeen een normaal percentage is voor een veldmeetcampagne. Het uitvalpercentage verschilt wel sterk per component. In paragraaf 3.2.1 is al beschreven dat de VOC's (gemeten met de actief kool methode het grootste probleem vormden, maar dit is deels gecompenseerd doordat de VOC metingen met de passieve samplers alle zijn gelukt. Verder vertoonden de monitoren voor zwaveldioxide en overige gasvormige zwavelverbindingen nogal eens problemen. Daartegenover staat dat de metingen op metalen, een in dit onderzoek zeer belangrijke groep componenten, nagenoeg allemaal zijn gelukt.

Belangrijk is dat de uitval verspreid over de hele campagne is voorgekomen en niet bijvoorbeeld alleen op dagen dat de wind van het bedrijf richting één van de meetpunten stond, waardoor een vertekend beeld had kunnen ontstaan. De uitval heeft dan ook geen consequenties voor de resultaten, interpretatie en conclusies van het immissieonderzoek.

Tabel 6. Overzicht van de data uitval per component en in totaal

Component(en)	Percentage uitval	Component(en)	Percentage uitval
Zwavedioxide	20%	TSP	9%
Totaal gasvormige zwavel- verbindingen	28%	(Zware) metalen	3%
Stikstofoxiden	8%	PAK's	4%
PM10	11%	Kwarts	17%
VOC's (actief kool)	47%	Aldehyden	0%
VOC's (passief)	0%		
Gemiddelde uitval	13%		

4 Resultaten

4.1 Weersomstandigheden

Omdat verspreiding van stoffen via de lucht sterk samenhangt met de weersomstandigheden, zijn over de onderzoeksperiode (12 mei tot en met 30 juni ²³) weersgegevens opgevraagd van het KNMI-meetstation Herwijnen, gelegen op ongeveer 5 km van Zaltbommel (dichter bij liggen er geen weerstations). Van de volgende parameters zijn uurgemiddelde waarden opgevraagd:

- Windrichting
- Windsnelheid
- Temperatuur
- Globale straling (maat voor de hoeveelheid zonnestraling)
- Bewolkingsgraad
- Hoeveelheid en duur van de neerslag
- Relatieve vochtigheid
- Stabiliteit

De windrichting en windsnelheid zijn vooral bepalend voor de verspreiding van stoffen door de lucht. De hoeveelheid neerslag heeft grote invloed op de uitwassing en depositie van stofdeeltjes. Andere weersparameters, zoals de hoeveelheid zonnestraling en de temperatuur, zijn niet direct van invloed op de (lokale) verspreiding en depositie, maar geven wel een vollediger beeld van de weersomstandigheden.

In Bijlage 3 zijn grafische overzichten gegeven van het verloop van de windrichting en windsnelheid. Ook zijn daarin de tijdstippen aangegeven waarop in het bedrijf werd gegoten. In paragraaf 4.2 wordt nader ingegaan op de representativiteit van het onderzoek, waarvan een analyse van de weersgegevens een essentieel onderdeel vormt.

4.2 Representativiteit van het immissieonderzoek

Een belangrijk aspect van het onderzoek Van Voorden is de representativiteit van de meetgegevens. Anders geformuleerd: Leveren de meetgegevens die in de onderzoeksperiode zijn verzameld een representatief beeld van de blootstelling en milieubelasting in de omgeving van het bedrijf over meerdere jaren? Om dit na te gaan is een aantal gegevens verzameld en geanalyseerd. Het gaat dan met name om weersgegevens en productiecijfers van het bedrijf.

In deze paragraaf worden de opzet en resultaten van deze analyse weergegeven.

²³ Hoewel de meetcampagne 'officieel' op 19 mei van start is gegaan, zijn ook weersgegevens over de week van 12 tot 19 mei opgevraagd, omdat in die week al met meten is begonnen.

4.2.1 Voorwaarden

Wil de meetperiode representatief zijn voor de situatie over meerdere jaren, dan moet aan de volgende twee voorwaarden worden voldaan:

1. De weersomstandigheden, en dan met name de windrichting, de windsnelheid en de neerslag, tijdens de meetperiode moeten gemiddeld genomen overeenkomen met die over meerdere jaren.
2. De productie van het bedrijf tijdens de meetperiode moet gemiddeld genomen overeenkomen met de jaarlijkse productie, zowel qua omvang als qua samenstelling van de producten.

4.2.2. Analyse van de weersgegevens

Omdat vooral de windrichting en windsnelheid bepalend zijn voor de verspreiding van stoffen door de lucht, richt de analyse van de weersgegevens zich op deze twee parameters. Daarnaast zijn de hoeveelheid en duur van de neerslag nader bekeken, daar deze grote invloed hebben op de uitwassing en depositie van stofdeeltjes.

Wind

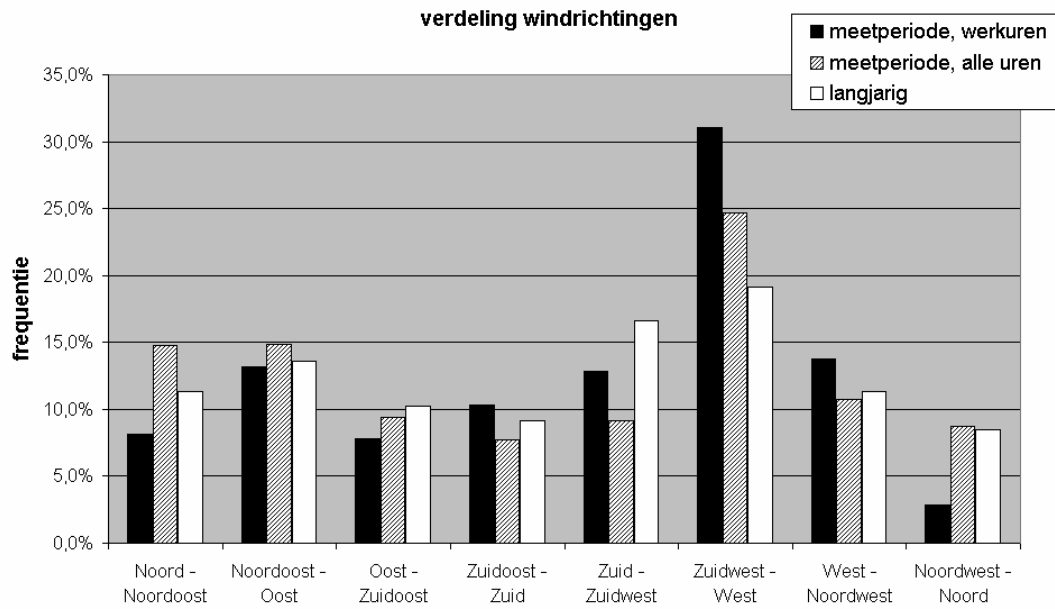
De windrichting- en windsnelheidsgegevens zijn statistisch vergeleken met die over meerdere jaren. Deze vergelijking is weergegeven in de Figuren 1 en 2, in de vorm van zogenaamde staafdiagrammen. Hiermee is aangegeven hoeveel procent van de tijd een bepaalde windrichting (Figuur 1) of windsnelheidsklasse (Figuur 2) is voorgekomen

- tijdens de hele meetperiode (grijze staven),
- tijdens de uren in de meetperiode dat het bedrijf werkzaam was (zwarte staven),
- over meerdere jaren (witte staven).

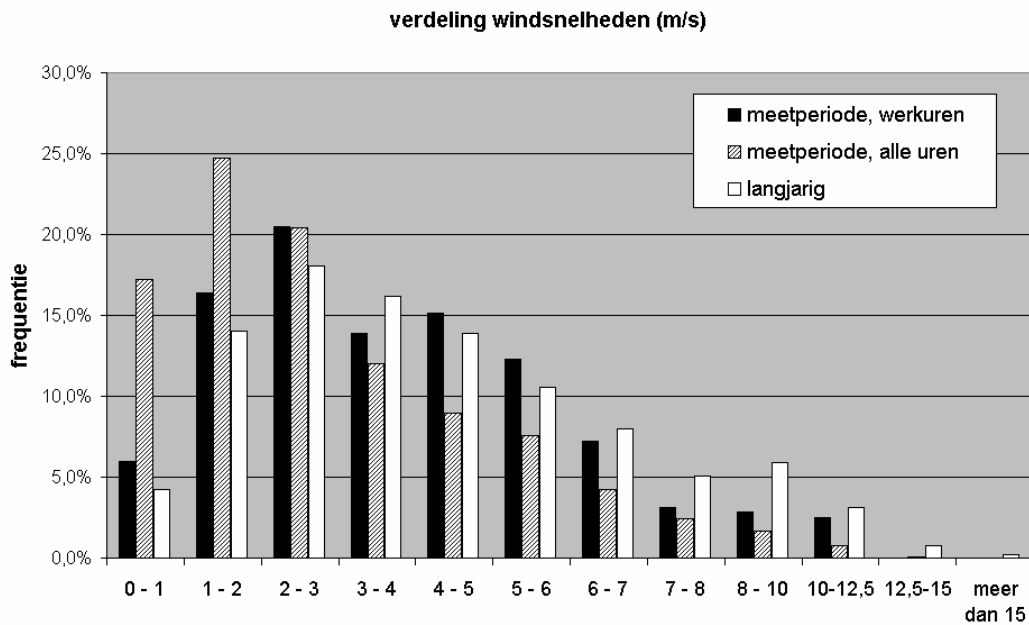
De grijze en witte staven in Figuur 1 vertonen een goede overeenkomst. Alleen in de richtingen 'zuid - zuidwest' en 'zuidwest - west' zijn er (kleine) verschillen, maar die zijn voor de representativiteit niet van belang aangezien in noordelijke tot oostelijke richting van het bedrijf geen woningen bevinden. Ook de beide meetpunten voor de continue metingen (LC1 en LC2) liggen niet in die richting. De zwarte staven vertonen iets meer afwijking van de witte, maar uit de figuur blijkt dat oostelijke wind in ieder geval ongeveer even vaak is voorgekomen tijdens de uren dat het bedrijf werkzaam was als over meerdere jaren. Dat betekent dat op meetpunt LC1 de meetgegevens een, voor zover het de windrichting betreft, representatief beeld geven. Noordwestenwind is tijdens de uren dat het bedrijf werkzaam was te weinig voorgekomen. Daardoor is de uitstoot van het bedrijf op meetpunt LC2 wellicht minder goed merkbaar geweest. Dit meetpunt was echter mede bedoeld om de invloed van het verkeer op de A2 op de luchtkwaliteit te onderzoeken en daarvoor is vooral oostenwind van belang en die is, zo hebben we al laten zien, voldoende vaak voorgekomen.

Figuur 2 geeft aan dat in de hele meetperiode lage windsnelheden oververtegenwoordigd zijn geweest. Dat geldt ook, zij het in mindere mate, voor de uren dat het bedrijf werkzaam was. Het gevolg is dat concentraties van stoffen in de lucht gemiddeld genomen iets hoger zijn geweest dan normaal (dat wil zeggen op jaarbasis), omdat bij

lage windsnelheid sprake is van minder verdunning.



Figuur 1. Voorkomen van verschillende windrichtingen tijdens de meetperiode en over meerdere jaren



Figuur 2. Voorkomen van verschillende windsnelheden tijdens de meetperiode en over meerdere jaren

Neerslag

De hoeveelheid neerslag, die tijdens de meetperiode is gevallen, was minder dan normaal. In de meetperiode is in totaal 48 mm regen gevallen, hetgeen na extrapolatie neerkomt op 406 mm in een jaar. De werkelijke hoeveelheid die in een jaar valt bedraagt 700 tot 800 mm. Ook de duur van de neerslag viel lager uit dan normaal, namelijk ongeveer 5% van de tijd tegen normaliter 8%. Minder neerslag heeft tot gevolg dat de concentraties stofdeeltjes (en dus ook stofgebonden componenten zoals metalen) in de lucht tijdens de meetperiode iets hoger zijn uitgevallen dan normaal, omdat er minder uitwassing is opgetreden. Het effect van neerslag op de concentratie is voor korte afstanden tot de bron echter gering.

4.2.3. Analyse van de productiecijfers

Het bedrijf heeft gedurende het immissieonderzoek een logboek bijgehouden van de giet- en smeltactiviteiten, de hoeveelheden en typen gegoten stukken, de gebruikte materialen en overige relevante parameters zoals starttijd en tijdsduur van de gietprocessen (andere werkzaamheden zoals slijpen en bramen vinden de hele werkdag plaats en zijn daarom niet apart geregistreerd).

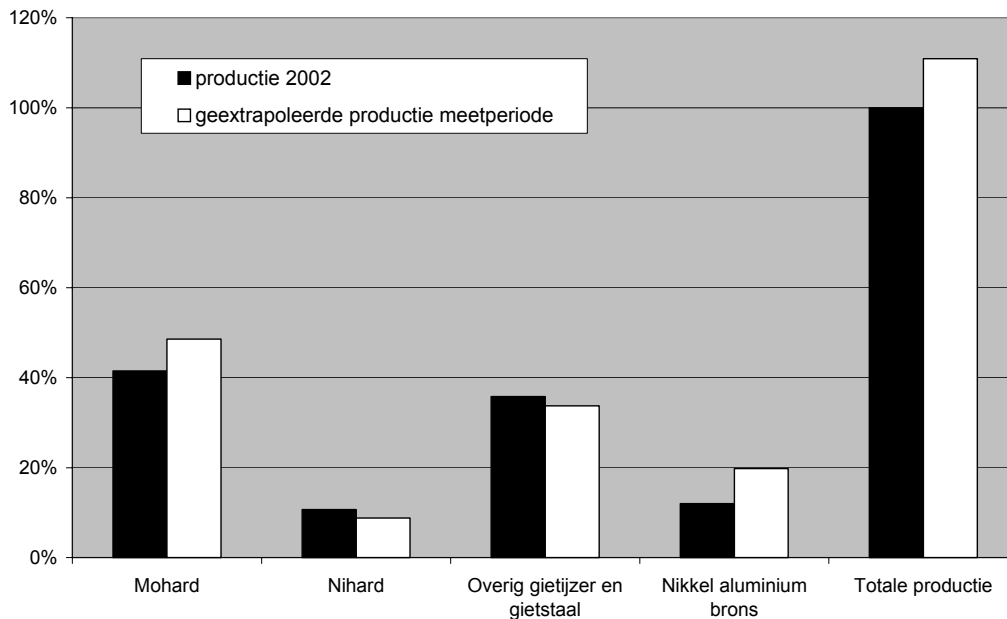
Op basis van dit logboek heeft het bedrijf aan RIVM tijdens de meetperiode opgegeven wat zij dagelijks aan gietstukken produceerde. Opgegeven werden:

- het type legering,
- het gietgewicht van elk gietstuk,
- de tijdstippen van gieten,
- de hal waarin werd gegoten.

Ook zijn door het bedrijf gegevens verstrekt over de samenstelling van elk type legering. Daarnaast heeft het bedrijf de jaarproductie over 2002 opgegeven, per type legering. Door de gemeente Zaltbommel zijn gegevens verstrekt over de totale productie (niet per type legering) van het bedrijf over de jaren 1993 tot en met 2002.

De productiegegevens over de meetperiode zijn door de onderzoekers geëxtrapoléerd naar jaarbasis en vervolgens vergeleken met de werkelijke jaarproductie over 2002. De resultaten van deze vergelijking zijn weergegeven in Figuur 3.

Bij de vergelijking is onderscheid gemaakt tussen de verschillende typen legeringen die het bedrijf produceert, namelijk nikkel-aluminium brons, Mohard, Nihard en overig gietijzer en gietstaal. Mohard, Nihard en 'overig' zijn alle ferro-legeringen. De groep 'overig' bestaat uit een grote groep van verschillende typen ferro-legeringen waarvan de productie van elk type relatief klein is ten opzichte van die van Mohard en Nihard. De productiecijfers in Figuur 3 zijn uitgedrukt als percentage ten opzichte van de totale productie in 2002 op basis van netto gietgewicht.



Figuur 3. Productiecijfers (op basis van netto gietgewicht) per type legering over de meetperiode en het jaar 2002.

Omdat de samenstelling van de verschillende typen legeringen uiteen loopt, is ook een schatting gemaakt van de hoeveelheden verschillende metalen in de geproduceerde gietstukken tijdens de meetperiode en op jaarbasis. Deze hoeveelheden zijn berekend met de opgegeven gietgewichten en de opgegeven samenstelling van elke legering. Een voorbeeld: als in de meetperiode in totaal 17000 kg van legering A is gegoten en 33.000 kg van legering B en deze legeringen respectievelijk 3% en 5% nikkel bevatten (NB dit zijn fictieve cijfers die als voorbeeld dienen), is de hoeveelheid ‘geproduceerd’ nikkel uit deze legeringen in de meetperiode $510 + 1650 = 2160$ kg. Op dezelfde wijze zijn de hoeveelheden voor de andere metalen berekend.

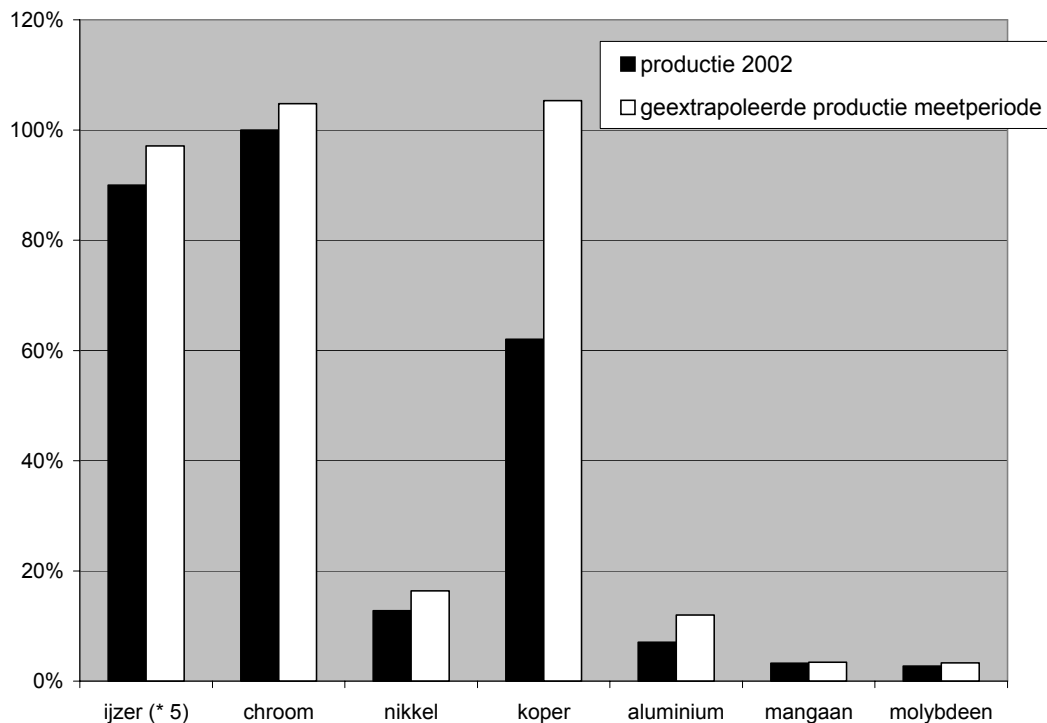
Aangenomen wordt dat deze hoeveelheden een maat vormen voor de uitstoot van de verschillende metalen, omdat elke legering een vaste receptuur (samenstelling) heeft en bij het vervaardigen van elke legering steeds dezelfde soorten en hoeveelheden grondstoffen worden gebruikt. Dat geldt ook voor het gebruik van blikpakketten en andere restmaterialen uit de metaalverwerkende industrie (soms aangeduid met ‘schroot’²⁴), die als grondstof worden ingezet. Immers, als van de samenstelling en het grondstoffen-verbruik wordt afgeweken, heeft dit negatieve gevolgen voor de kwaliteit van de producten.

Volgens opgave van het bedrijf wordt in de winter wel meer (maximaal 67%) paratolueensulfonzuur toegevoegd in het bindmiddel dat wordt toegepast bij het maken

²⁴ Hoewel soms de term ‘schroot’ wordt gebruikt, gaat het in feite om schone restmaterialen, dat wil zeggen deze materialen mogen bijvoorbeeld geen restanten lak, olie of andere koolwaterstoffen bevatten.

van gietvormen voor de ferro-gietstukken. Hierdoor kan de emissie aan zwavelhoudende componenten in de winter hoger zijn dan in de zomer.

De berekende hoeveelheden metalen zijn vergeleken in Figuur 4, uitgedrukt als percentage ten opzicht van de hoeveelheid 'geproduceerd' chroom over 2002.

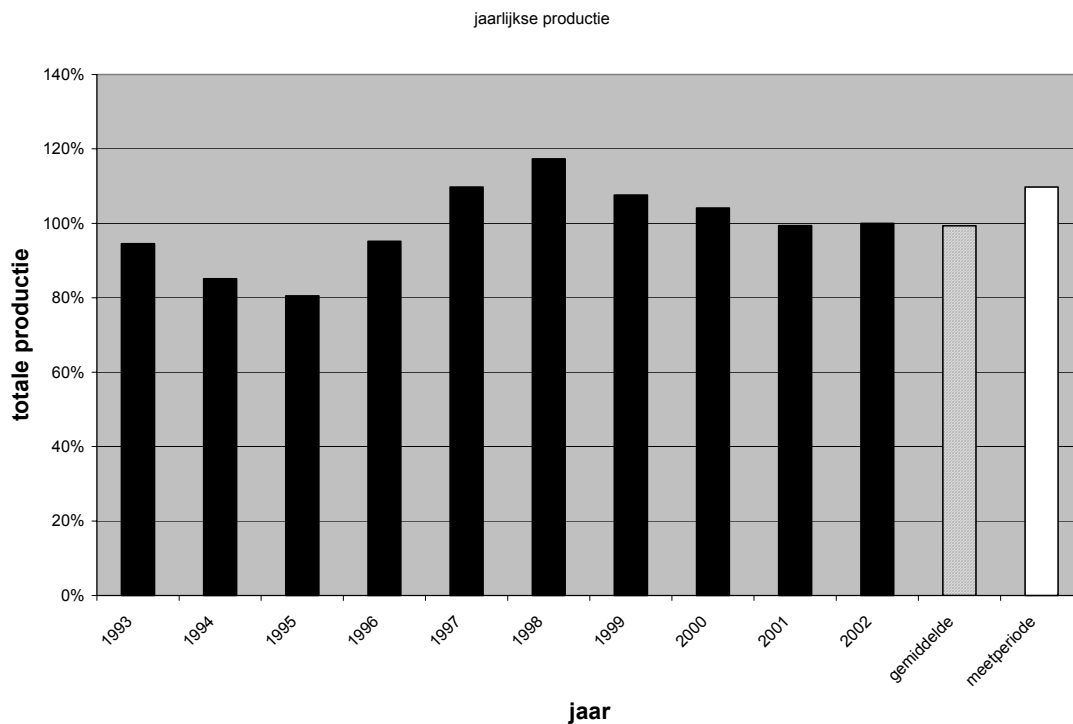


Figuur 4. Productiecijfers per metaal (op basis van netto gietgewicht) over de meetperiode en het jaar 2002 (NB de hoeveelheden ijzer zijn i.v.m. de schaalindeling door een factor 5 gedeeld; de werkelijke 'productie' aan ijzer ligt dus een factor 5 hoger).

Tenslotte is nagegaan of de productie van het bedrijf over de afgelopen jaren ongeveer overeenkomt met die over 2002. Hiervoor zijn de door de gemeente verstrekte gegevens grafisch weergegeven in Figuur 5, wederom uitgedrukt als percentage ten opzichte van de totale productie in 2002. Uitgezet zijn de totale productie per jaar (zwart), de gemiddelde totale productie over 1993 tot en met 2002 (gearceerd) en de naar jaarbasis geëxtrapoleerde productie over de meetperiode (wit).

De totale productie blijkt over de jaren heen enigszins te variëren, maar gemiddeld over langere tijd ongeveer overeen te komen met die over 2002 en de geëxtrapoleerde productie over de meetperiode. Echter, voor zover bekend wijkt de samenstelling van de productie voor het jaar 2000 af van de samenstelling vanaf het jaar 2000, omdat voor 2000 ook producten van andere legeringen, onder andere mangaanbrons, werden vervaardigd. Ook waren voor het jaar 2000 in een aantal bedrijfsruimten geen

dakventilatoren geïnstalleerd, waardoor de emissies op andere wijze plaatsvonden dan tijdens de meetperiode. Geconcludeerd wordt dat de productie in de meetperiode ongeveer overeenkomt met de jaargemiddelde productie vanaf het jaar 2000. Dan zullen ook de emissies tijdens de meetperiode ongeveer overeenkomen met de jaargemiddelde emissies vanaf het jaar 2000.



Figuur 5. Productiecijfers op basis van netto gietsgewicht over de jaren 1993 tot en met 2002.

4.2.4 Conclusie over representativiteit

De weersomstandigheden tijdens de meetperiode waren zodanig, dat de meetgegevens van het immissieonderzoek een redelijk representatief beeld geven van de normaal voorkomende situatie. De gemeten concentraties zijn mogelijk iets hoger dan normaal vanwege de lagere windsnelheid en de geringere hoeveelheid neerslag. Wat betreft de windrichting, geven de resultaten op meetpunt LC1 een representatief beeld van de uitstoot van het bedrijf, terwijl die op meetpunt LC2 een onderschatting geven van de uitstoot van het bedrijf, maar wel een representatief beeld van de invloed van de snelweg. De productie in de meetperiode komt ongeveer overeen met de jaargemiddelde productie vanaf het jaar 2000. De hoeveelheid gegoten nikkel-aluminium brons stukken in de meetperiode zijn zelfs iets hoger dan jaargemiddeld. Geconcludeerd wordt dat ook de emissies tijdens de meetperiode ongeveer overeenkomen met de jaargemiddelde emissies vanaf het jaar 2000.

4.3 Continue luchtmetingen

4.3.1 Inleiding

Bij de verwerking en interpretatie van de gegevens is onderscheid gemaakt tussen de continu gemeten componenten, de op 24-uursbasis gemeten componenten en de op 2-weeksbasis gemeten componenten.

Van de continu gemeten componenten (zwaveldioxide, ‘overige gasvormige zwavelcomponenten’, stikstofoxide, stikstofdioxide, stikstofoxide en PM10) zijn eerst uurgemiddelde concentraties berekend. De concentraties ‘overige gasvormige zwavelcomponenten’ zijn berekend door op elk meetpunt het signaal van de SO₂ monitor af te trekken van dat van de S_{totaal} monitor²⁵. Vervolgens zijn voor elke component uit de uurgemiddelde concentraties enkele kenmerkende statistische parameters over de hele meetperiode berekend, namelijk het gemiddelde, de mediaan, het 95 percentiel²⁶ en het maximum.

Verder zijn uurgemiddelde concentraties van deze componenten, gemeten op een aantal stations uit het LML (Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit), verzameld en op dezelfde wijze statistisch verwerkt. Vergelijking met deze waarden geeft inzicht in de luchtkwaliteit in Zaltbommel in relatie tot die op andere soorten locaties. In het LML wordt onderscheid gemaakt in enkele typen locaties, namelijk ‘regionaal’ (platteland), ‘stadsachtergrond’ (stedelijk en industrieel gebied; de luchtkwaliteit op deze locaties wordt gekarakteriseerd door stedelijke en industriële emissies) en ‘straat’ (drukke straten en wegen met veel verkeer; de luchtkwaliteit op deze locaties wordt sterk bepaald door emissies uit het verkeer). Van elk van deze typen zijn voor de vergelijking met de meetwaarden in Zaltbommel één tot enkele locaties geselecteerd, waarbij als criterium is gebruikt dat de locaties zo dicht mogelijk bij Zaltbommel liggen. De gekozen regionale stations liggen bovendien in verschillende richtingen rondom Zaltbommel om rekening te kunnen houden met mogelijke ‘regionale’ verschillen als gevolg van grootschalig transport van luchtverontreiniging. Naast genoemde typen is ook het enige ‘snelwegstation’ in het LML geselecteerd²⁷. Omdat niet alle componenten op elk LML station gemeten worden, kan de keuze voor de stations in deze gegevensanalyse per component enigszins verschillen. In de paragrafen, waarin de resultaten per groep componenten worden besproken, worden de gekozen stations steeds vermeld.

²⁵ De S_{totaal} monitor meet de totale concentratie aan gasvormige zwavelverbindingen, waar SO₂ deel van uitmaakt. Door de SO₂ concentratie af te trekken van de S_{totaal} concentratie wordt de concentratie ‘overige gasvormige zwavelverbindingen’ (waaronder waterstofsulfide en carbonylsulfide, verbindingen die blijkens het emissieonderzoek door Van Voorden worden uitgestoten) berekend. Het zij vermeld dat in het algemeen de concentratie SO₂ in de buitenlucht hoger is dan de totale concentratie ‘overige gasvormige zwavelverbindingen’.

²⁶ Het 95 percentiel van de gemeten concentraties is de waarde die gedurende 5% van de tijd wordt overschreden. Het 95 percentiel is daarmee een maat voor regelmatig voorkomende piekconcentraties.

²⁷ In de terminologie van het LML wordt dit station ook een straatstation genoemd. In tegenstelling tot andere straatstations, die veelal liggen langs drukke straten en wegen in steden, ligt dit station vlak naast een snelweg.

Daarnaast zijn enkele berekeningen gedaan om inzicht te krijgen in de mogelijke bijdragen van lokale bronnen (in het bijzonder de metaalgieterij en de snelweg) aan verhoogde concentraties van sommige componenten. Ten eerste zijn voor elke component en elke meetlocatie de gemiddelde concentraties per windrichtingssector berekend. Op deze wijze kan worden vastgesteld of bij een bepaalde windrichting gemiddeld genomen hogere concentraties voorkomen dan bij andere windrichtingen en of die zijn toe te schrijven aan een in die betreffende windrichting gelegen bron. Een nadeel van deze benadering is dat ook meetwaarden op momenten dat de bron niet emitteert worden meegenomen, hetgeen de gemiddelde concentratie voor die windrichtingssector kan doen afnemen. Het effect van de bron is dan minder goed waarneembaar.

Om de invloed van de twee meest relevante bronnen, namelijk het bedrijf en het verkeer op de snelweg, op de concentraties in de leefomgeving vast te stellen is daarom ook nog de volgende bewerking uitgevoerd. Per meetlocatie zijn de meetwaarden verdeeld in twee groepen, waarbij als onderscheidend criterium is gebruikt dat én de wind van bron naar meetpunt waaide én de bron op hetzelfde moment mogelijk stoffen emitteerde. Deze verdeling in twee groepen is gemaakt voor zowel het bedrijf als voor de snelweg als bron. Voor het bedrijf zijn daartoe de uren genomen dat het bedrijf werkzaam was (overdag door de weeks), waarbij de uren waarop het gieten plaatsvond twee keer zo zwaar zijn meegeteld. Voor de snelweg zijn uren met druk tot zeer druk (spits) genomen, waarbij uren met zeer druk verkeer extra zwaar zijn meegeteld. Vervolgens zijn voor beide groepen meetwaarden de gemiddelden berekend en is gekeken of er significante verschillen bestaan tussen deze waarden van de groep 'wind van actieve bron' en de groep 'wind niet van bron of bron niet actief'. Een significant verschil duidt dan op een duidelijke bijdrage van die bron.

Tenslotte zijn de ruwe meetwaarden van de continu gemeten componenten (dus de 1-min en 5-min gemiddelde concentraties) gebruikt om het verloop van de concentratie en de hoogten van kortdurende piekwaarden in de leefomgeving te onderzoeken tijdens perioden dat er emissies van het bedrijf of de snelweg voorkwamen en de wind naar één van de meetpunten stond. Dit dient vooral ter verificatie van de bevindingen uit de hiervoor beschreven statistische analyses. Bij de bespreking van de intensieve metingen in paragraaf 4.4 zal, ter illustratie, het verloop van de concentraties van continu gemeten componenten op enkele meetdagen grafisch worden weergegeven.

Van de op daggemiddelde basis gemeten componenten (totaal stof, metalen, PAK's, VOC's en respirabel kwarts) zijn over de hele meetperiode eveneens enkele statistische parameters berekend, namelijk het gemiddelde en de laagste en hoogste waarde. Berekeningen van percentielen zijn vanwege het beperkte aantal meetwaarden statistisch onverantwoord en daarom achterwege gelaten. Van de op 2-weeksbasis gemeten componenten (VOC's, op 8 locaties) zijn alleen de gemiddelde concentraties over de hele meetperiode berekend.

Voor de meeste van deze componenten is een vergelijking met concentraties op andere meetstations in het LML niet mogelijk, omdat ze eenvoudigweg niet in het LML worden

bepaald. Alleen VOC's worden in het LML bepaald, maar op een beperkt aantal locaties en slechts op enkele van deze locaties ook op daggemiddelde basis. Daarom is er voor gekozen om als referentie gebruik te maken van jaargemiddelde concentraties en laagste en hoogste waarden op jaarbasis gemeten op verschillende typen meetstations in het LML.

Voor PAK's en metalen is voor de vergelijking van de in Zaltbommel gemeten waarden gebruik gemaakt van gegevens uit andere meetcampagnes. Van respirabel kwarts zijn dergelijke gegevens niet bekend. Concentraties totaal stof zijn vergeleken met de concentraties PM10 na omrekening van uurgemiddelden naar daggemiddelden. Deze vergelijkingen hebben tot doel een beeld te krijgen in de luchtkwaliteit in Zaltbommel in relatie tot die op andere soorten locaties. Daarnaast zijn, analoog aan de eerder beschreven werkwijze voor de continu gemeten componenten, voor elke component de meetwaarden (per bron) in twee groepen verdeeld om inzicht te krijgen in de bijdragen van de lokale bronnen (bedrijf en verkeer op de A2) aan eventueel verhoogde concentraties. Berekeningen van de gemiddelde concentraties per windrichtingssector zijn vanwege het geringe aantal meetwaarden achterwege gelaten. Tenslotte geven de op 10 locaties gemeten concentraties VOC's over de hele meetperiode ook inzicht in de ruimtelijke verspreiding van deze componenten in de lucht en daarmee in de bijdragen van de lokale bronnen.

4.3.2 Zwaveldioxide en andere gasvormige zwavelcomponenten

In Tabel 7 zijn het berekende gemiddelde, mediaan, 95 percentiel en maximum van de concentraties zwaveldioxide gemeten op de meetpunten in Zaltbommel en de geselecteerde LML stations vermeld. In Tabel 8 staan het berekende gemiddelde, mediaan, 95 percentiel en maximum van de concentraties 'overige gasvormige zwavelverbindingen' in Zaltbommel. Deze componenten worden niet in het LML gemeten.

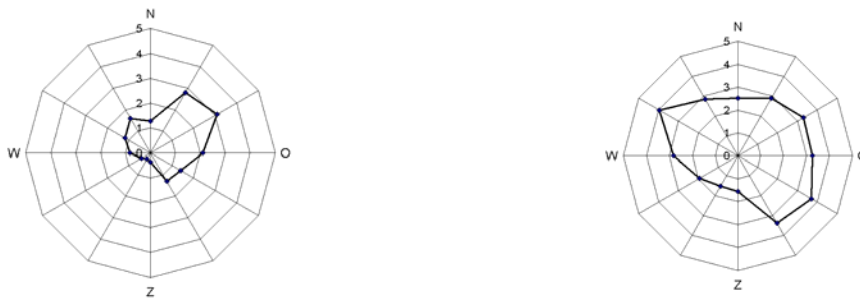
De Figuren 6 en 7 geven de gemiddelde concentraties aan zwaveldioxide respectievelijk 'overige gasvormige zwavelverbindingen' per windrichtingssector weer, voor twaalf verschillende windrichtingen, variërend tussen noord (N), oost (O), zuid (Z) en west (W). In het linkerplaatje van Figuur 6 wordt bijvoorbeeld aangegeven dat bij oostenwind de gemiddelde concentratie zwaveldioxide $2 \mu\text{g m}^{-3}$ bedroeg, bij oostnoordoostenwind $3 \mu\text{g m}^{-3}$ en bij westenwind minder dan $1 \mu\text{g m}^{-3}$. De schaalverdeling is weergegeven op de verticale as in noordelijke richting.

Tabel 7. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties SO_2 (in $\mu g m^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele LML stations tijdens de meetperiode

Locatie	Type locatie	Gemiddelde	mediaan	95 percentiel	maximum
Zaltbommel, LC1		3,7	2,8	11	35
Zaltbommel, LC2		7,2	6,2	16	58
Vredepeel	Regionaal	1,8	1	6	15
Biest-Houtakker	Regionaal	2,8	2	8	15
Wekerom	Regionaal	1,2	1	4	16
Zegveld	Regionaal	1,8	1	6	28
Eindhoven	Stad	3,4	2	9	38
Breukelen	Snelweg	3,8	3	9	23

Tabel 8. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties 'overige gasvormige zwavelverbindingen' (uitgedrukt in $\mu g SO_2 m^{-3}$) in Zaltbommel tijdens de meetperiode

Locatie	Gemiddelde	mediaan	95 percentiel	maximum
Zaltbommel, LC1	0,3	0,1	1,9	8,6
Zaltbommel, LC2	1,1	0,8	3,0	63



Figuur 6. Gemiddelde concentraties SO_2 (in $\mu g m^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)



Figuur 7. Gemiddelde concentraties 'overige zwavelverbindingen' (in $\mu\text{g SO}_2 \text{ m}^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)

Uit Tabel 7 blijkt dat de concentraties zwaveldioxide op meetpunt LC1 hoger zijn dan op regionale stations en ongeveer vergelijkbaar zijn met die in steden en langs de snelweg. Op meetpunt LC2 vallen de concentraties zelfs hoger uit dan die op de LML stations Eindhoven (stad) en Breukelen (snelweg). Verwacht mag worden dat, behoudens de bijdrage van de lokale bronnen, de luchtkwaliteit in Zaltbommel ongeveer ligt tussen die in regionale gebieden en stedelijke gebieden. De gemeten concentraties zwaveldioxide liggen echter op of boven het stedelijk niveau, zodat geconcludeerd kan worden dat er een bijdrage is van de lokale bronnen.

De analyse naar windrichtingssector in Figuur 6 laat dit duidelijk zien. Uit deze figuur blijkt dat zowel het bedrijf als het verkeer op de A2 een bijdrage leveren. Immers, op meetpunt LC2 komen verhoogde concentraties zwaveldioxide voor bij zowel noordwesten- tot noordenwind (waar het bedrijf ligt) als bij noordoosten- tot zuidoostenwind (waar de A2 ligt). Op meetpunt LC1 is het onderscheid moeilijk te maken, omdat beide bronnen in dezelfde richting liggen, maar ook daar zijn de concentraties bij oostelijke wind hoger dan bij andere winden.

De analyse, waarbij de meetwaarden zijn verdeeld in twee groepen met als onderscheidend criterium dat én de wind van bron naar meetpunt waaide én de bron op hetzelfde moment mogelijk stoffen emitterde, bevestigt dit beeld. De concentratie zwaveldioxide op meetpunt LC1 was tijdens de uren dat de wind van het bedrijf kwam en bedrijf 'actief' was gemiddeld 2,5 maal hoger dan tijdens de andere uren. Op meetpunt LC2 was het verschil minder goed waarneembaar, omdat de wind tijdens de meetcampagne niet vaak van het bedrijf afkomstig is geweest. Op beide meetpunten was de gemiddelde concentratie zwaveldioxide 30 tot 50% hoger tijdens perioden met druk verkeer en wind vanaf de snelweg.

Deze bevindingen komen overeen met de resultaten van het emissieonderzoek bij Van Voorden, waarin is aangetoond dat het bedrijf zwaveldioxide emitteert, met name tijdens het gieten van ferrolegeringen in hal 12. Ook is bekend dat zwaveldioxide door verkeer wordt uitgestoten, zij het in beperkte mate. Ter indicatie: de totale jaarlijkse uitstoot aan zwaveldioxide uit het verkeer bedraagt minder dan 10% van de jaarlijkse uitstoot aan

stikstofoxide en stikstofdioxide, die als ‘typische verkeerscomponenten’ bekend staan (Feimann *et al.*, 2001).

Er is weinig bekend over achtergrondconcentraties van andere gasvormige zwavelverbindingen in de lucht. Bij een onderzoek naar de luchtkwaliteit in de omgeving van een afvalstortplaats werd een gemiddelde concentratie waterstofsulfide van 0,2 tot 0,3 $\mu\text{g m}^{-3}$ gevonden (Mennen *et al.*, 2000a). Dit waterstofsulfide was gedeeltelijk afkomstig van de nabijgelegen afvalstortplaats. Aangenomen wordt dat in onbelaste gebieden de concentraties aan waterstofsulfide en andere zwavelverbindingen nog lager zijn (in de orde van 0,1 $\mu\text{g m}^{-3}$ of daaronder). De in Zaltbommel gemeten concentraties bij wind uit noordelijke tot zuidoostelijke richting liggen boven dit niveau, zo blijkt uit Figuur 7. Dit is onder meer toe te schrijven aan de emissies van Van Voorden, dat met name tijdens het gieten van ferrolegeringen onder andere waterstofsulfide en carbonylsulfide uitstoot. Ook kunnen emissies van het verkeer een rol hebben gespeeld (waterstofsulfide wordt onder meer gevormd door reacties van zwavelcomponenten uit de brandstof in de katalysator van een auto; er zijn echter geen gegevens over de bijdrage hiervan aan de totale uitstoot aan waterstofsulfide door verkeer). Dit wordt ook duidelijk uit de analyse, waarbij de meetwaarden zijn verdeeld in twee groepen met als onderscheidend criterium dat én de wind van bron naar meetpunt waaide én de bron op hetzelfde moment mogelijk stoffen emitterde. Deze analyse geeft nagenoeg hetzelfde beeld als bij zwaveldioxide.

4.3.3 Stikstofoxiden

In de Tabellen 9 t/m 11 zijn het gemiddelde, mediaan, 95 percentiel en maximum van de concentraties stikstofoxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden gemeten op de meetpunten in Zaltbommel en de geselecteerde LML stations vermeld.

Tabel 9. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties NO (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele LML stations tijdens de meetperiode

Locatie	Type locatie	Gemiddelde	Mediaan	95 percentiel	maximum
Zaltbommel, LC1		3,7	1,6	14	127
Zaltbommel, LC2		6,3	3,0	22	142
Vredepeel	Regionaal	1,2	1	6	44
Biest-Houtakker	Regionaal	1,8	1	8	65
Wekerom	Regionaal	1,6	1	7	36
Zegveld	Regionaal	1,8	1	7	35
Eindhoven	Stad	7,1	2	32	220
Dordrecht	Stad	2,9	1	11	81
Nijmegen, Ruitersstraat	Stad	5,5	2	40	69
Nijmegen, Graafseweg	Straat	35,5	25	94	150
Breukelen	Snelweg	44,2	33	130	326

Tabel 10. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties NO_2 (in $\mu g m^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele LML stations tijdens de meetperiode

Locatie	Type locatie	Gemiddelde	Mediaan	95 percentiel	maximum
Zaltbommel, LC1		24	21	49	89
Zaltbommel, LC2		23	19	57	104
Vredepeel	Regionaal	15	13	30	60
Biest-Houtakker	Regionaal	18	16	35	52
Wekerom	Regionaal	16	14	32	55
Zegveld	Regionaal	17	14	38	60
Eindhoven	Stad	32	30	58	92
Dordrecht	Stad	28	25	57	114
Nijmegen, Ruitersstraat	Stad	29	24	67	146
Nijmegen, Graafseweg	Straat	- ²⁸	- ²⁸	- ²⁸	- ²⁸
Breukelen	Snelweg	45	45	93	128

Tabel 11. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties NO_x (in $\mu g NO_2 m^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele LML stations tijdens de meetperiode

Locatie	Type locatie	Gemiddelde	Mediaan	95 percentiel	maximum
Zaltbommel, LC1		30	25	69	230
Zaltbommel, LC2		32	23	84	266
Vredepeel	Regionaal	16	14	37	86
Biest-Houtakker	Regionaal	20	18	46	128
Wekerom	Regionaal	18	15	39	84
Zegveld	Regionaal	20	16	47	92
Eindhoven	Stad	42	36	97	390
Dordrecht	Stad	33	28	75	180
Nijmegen, Ruitersstraat	Stad	38	27	128	214
Nijmegen, Graafseweg	Straat	- ²⁸	- ²⁸	- ²⁸	- ²⁸
Breukelen	Snelweg	113	101	281	604

De Figuren 8 tot en met 10 geven de gemiddelde concentraties aan stikstofoxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden per windrichtingssector weer.

²⁸ Voor dit station was het aantal meetgegevens voor NO_2 en NO_x te beperkt om de statistische parameters te kunnen berekenen.



Figuur 8. Gemiddelde concentraties NO (in $\mu\text{g m}^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)



Figuur 9. Gemiddelde concentraties NO_2 (in $\mu\text{g m}^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)



Figuur 10. Gemiddelde concentraties NO_x (in $\mu\text{g NO}_2 \text{ m}^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)

De vergelijking met meetwaarden uit het LML laat zien dat de gemeten concentraties stikstofoxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden in Zaltbommel ongeveer op het niveau voor stedelijke achtergrond liggen en lager zijn dan het niveau in drukke straten en op het snelwegstation bij Breukelen. Het zij vermeld dat dit station op minder dan 10 m van de snelweg ligt, terwijl afstand tussen de meetpunten in Zaltbommel tot de snelweg respectievelijk 250 en 120 m bedraagt. Meetpunt LC2 ligt het dichtst bij, hetgeen is waar te nemen in de iets hogere concentraties die daar zijn gevonden, met name voor NO dat een goede indicator is voor directe verkeersemissies (NO_2 wordt in mindere mate door

verkeer geëmitteerd maar wordt tevens uit NO gevormd door reacties in de atmosfeer). De analyse naar windrichtingssector geeft aan dat de hoogste concentraties voorkomen als de wind van de snelweg naar de meetpunten waait. Het lokaal verkeer in Zaltbommel blijkt slechts een zeer beperkte bijdrage te leveren. Het bedrijf stoot nagenoeg geen stikstofoxiden uit en is in de Figuren 8 tot en met 10 dan ook niet terug te zien. Ook de analyse, waarbij de meetwaarden zijn verdeeld in twee groepen met als onderscheidend criterium dat én de wind van bron naar meetpunt waaide én de bron op hetzelfde moment mogelijk stoffen emitterde, geeft dit aan. Met name tijdens de spitsuren werden, als de wind van de snelweg kwam, hoge concentraties stikstofoxiden gemeten, ongeveer 4 tot 5 keer zo hoog als tijdens andere uren.

4.3.4 PM10 (fijn stof)

In Tabel 12 zijn het berekende gemiddelde, mediaan en 95 percentiel van de concentraties PM10 (fijn stof) gemeten op de meetpunten in Zaltbommel en de geselecteerde LML stations vermeld. De maxima zijn niet vermeld, omdat deze waarden vanwege de grote statistische variatie van het meetsignaal van de in het LML gebruikte monitoren te onnauwkeurig zijn.

Om een juiste vergelijking met de op de LML stations gemeten concentraties mogelijk te maken zijn de in Zaltbommel gemeten waarden gecorrigeerd voor systematische verschillen in de gebruikte meetinstrumenten (zie paragraaf 3.2.1). Uit diverse onderzoeken (TüV, 1990; Van Putten *et al.*, 2002) is namelijk gebleken dat er systematische verschillen bestaan tussen de met verschillende stofmonitoren gemeten PM10 concentraties. Deze worden o.a. veroorzaakt door verschillen in meetprincipe (respectievelijk gravimetrie, verzwakking van Beta straling en trillingsfrequentie), maar ook doordat bij de sommige instrumenten de inlaat wordt verwarmd om er voor te zorgen dat bemonsterd stof steeds onder dezelfde vochtigheidscondities op het filter worden afgevangen en gemeten. Bij het KleinfILTERgerät wordt geen verwarmde inlaat toegepast omdat de filters steeds onder dezelfde condities worden gewogen. Op basis van bovengenoemde onderzoeken zijn correctieformules afgeleid, die voor dit onderzoek zijn gebruikt om de gemeten PM10 in Zaltbommel om te rekenen naar 'equivalente LML meetwaarden'²⁹. Uit deze omgerekende waarden zijn de statistische parameters berekend die in Tabel 12 zijn vermeld.

In Figuur 11 zijn de gemiddelde concentraties aan fijn stof per windrichtingssector weergegeven.

²⁹ Bij deze correctie is inbegrepen een correctiefactor die in het LML wordt toegepast om te corrigeren voor systematische afwijkingen van de Andersen PM10 afscheider.

Tabel 12. Statistische parameters van uurgemiddelde concentraties PM10 (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele LML stations tijdens de meetperiode

Locatie	Type locatie	Gemiddelde	Mediaan	95 percentiel
Zaltbommel, LC1		30	25	69
Zaltbommel, LC2		24	22	51
Vredepeel	Regionaal	46	40	103
Biest-Houtakker	Regionaal	38	30	104
Wekerom	Regionaal	29	24	69
Zegveld	Regionaal	30	21	97
Eindhoven	Stad	36	34	72
Dordrecht	Stad	27	26	60
Nijmegen, Graafseweg	Straat	36	33	81
Breukelen	Snelweg	32	29	68



Figuur 11. Gemiddelde concentraties PM10 (in $\mu\text{g m}^{-3}$) op de meetpunt LC1 (links) en LC2 (rechts)

Uit Tabel 12 blijkt dat de gemeten concentraties PM10 in Zaltbommel niet significant verschillen van elders gemeten waarden. Ook zijn er geen grote verschillen in PM10 concentraties tussen verschillende typen locaties. De reden hiervoor is dat de verschillende typen bronnen van fijn stof (verkeer, industrie, huishoudens en dergelijke) in min of meer gelijke mate bijdragen aan de totale hoeveelheid in de atmosfeer en de bijdrage van elk van die bronnen relatief beperkt is. Schattingen van bijvoorbeeld de bijdrage van verkeersemisies aan de totale concentraties fijn (PM10) stof in de atmosfeer lopen uiteen van ongeveer 10 tot 30% (Annema *et al.*, 1994; Chow *et al.*, 1996; Van den Brink, 1996; Harrison *et al.*, 1997; VROM, 1999a). Ook bedraagt de totale jaarlijkse uitstoot aan fijn stof uit het verkeer slechts enkele procenten van die van stikstofoxiden (Feimann *et al.*, 2001). Bovendien wordt een deel van het fijn stof in de lucht gevormd uit gasvormige componenten (dit stof wordt secundair aërosol genoemd). Deze vorming hangt vooral samen met grootschalig transport van luchtverontreiniging en niet met specifieke bronnen.

De analyse naar windrichtingssector geeft aan dat bij wind uit oostelijke richtingen de PM10 concentratie iets hoger uitvalt dan bij andere windrichtingen, hetgeen duidt op een (beperkte) bijdrage van de snelweg en het bedrijf. Uit het emissieonderzoek is bekend dat het bedrijf stofdeeltjes emitteert en zoals al is vermeld ook verkeer stoot fijn stof uit. Het verschil in de fijn stof concentratie per windrichting is echter minder uitgesproken dan bij de zwavelcomponenten en stikstofoxiden en het onderscheid naar de bijdragen uit beide bronnen is niet uit de grafieken af te lezen.

De analyse, waarbij de meetwaarden zijn verdeeld in twee groepen met als onderscheidend criterium dat én de wind van bron naar meetpunt waaide én de bron op hetzelfde moment mogelijk stoffen emitteerde, scheidt hier meer duidelijkheid in. Tijdens de uren dat de wind van het bedrijf kwam en het bedrijf 'actief' was, was de concentratie PM10 op meetpunt LC1 gemiddeld hoger (1,5 tot 2 keer) dan tijdens andere uren. Met de snelweg als bron was het verschil veel kleiner. Alleen tijdens de spitsuren viel de PM10 concentratie iets hoger uit. Dit geeft aan dat met name het bedrijf bijdraagt aan de PM10 concentratie op meetpunt LC1, ook al is deze bijdrage niet zodanig hoog dat de gemiddelde concentratie over lange tijd verhoogd is, zoals blijkt uit de vergelijking met de waarden op andere LML meetpunten (zie Tabel 12). Op meetpunt LC2 waren de verschillen tussen de gemiddelde concentraties van beide groepen (zowel met het bedrijf als met de snelweg als bron) niet significant.

4.3.5 TSP (totaal stof)

In Tabel 13 zijn de gemiddelden en de laagste en hoogste waarden van daggemiddelde concentraties aan totaal stof vermeld. Ter vergelijking zijn ook de waarden voor daggemiddelde concentraties aan fijn stof gegeven. Deze concentraties zijn berekend uit de uurgemiddelde concentraties PM10, gemeten met de TEOM monitoren. De met de TEOMs gemeten waarden zijn gecorrigeerd naar 'equivalente Kleinfiltergeräte meetwaarden', de instrumenten waarmee totaal stof werd gemeten (zie paragraaf 4.3.4 voor een toelichting op deze correcties). Op deze wijze kan inzicht worden verkregen in het aandeel fijn en grof stof in het totaal stof in de lucht op de meetlocaties.

Voor beide locaties zijn tevens waarden vermeld voor de groepen meetwaarden 'wind van actief bedrijf' en 'wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief' (zie beschrijving selectiecriterium in paragraaf 4.3.1), waarbij moet worden aangetekend dat voor locatie LC2 slechts 4 dagen voldeden aan het criterium 'wind van actief bedrijf'.

Onderscheid in meetwaarden voor de groepen 'wind van snelweg en druk verkeer' en 'wind niet van snelweg of geen druk verkeer' leverde geen aanvullende informatie op. Emissies van grof stof uit verkeer zijn dan ook gering.

Er worden geen reguliere metingen verricht naar de concentratie totaal stof in buitenlucht. Uit enkele meetcampagnes en incidentele metingen is bekend dat totaal stof in buitenlucht meestal voor 70-90% uit fijn stof (PM10) bestaat (RIVM, 2000; Mennen, 2002). Echter, nabij bronnen van grof stof kan het aandeel fijn stof relatief kleiner zijn. Uit Tabel 13 blijkt dat op de meetpunten in Zaltbommel het totaal stof gemiddeld voor ongeveer 70%

uit fijn stof bestaat. Dit is relatief laag, hetgeen kan duiden op de aanwezigheid van een grof stof bron in de omgeving. Aangezien op dagen dat de wind van het bedrijf naar meetpunt LC1 stond hogere totaal stof concentraties zijn gemeten, ligt het voor de hand dat het grof stof afkomstig is van het bedrijf, te meer daar er voor zover bekend geen andere bronnen van grof stof in de nabijheid liggen. Weliswaar is ook de concentratie PM10 op die dagen hoger dan anders, maar het verschil is kleiner dan voor totaal stof. In het emissieonderzoek zijn geen specifieke metingen op fijn en grof stof verricht (alleen de totaal stof emissie is bepaald), maar uit visuele waarnemingen is gebleken dat onder meer op de daken van de bedrijfshallen grof stof voorkomt, dat bij voldoende windkracht in de omgeving kan worden verspreid.

Grof stof deponeert snel en is op enige afstand van de bron niet meer in de lucht terug te vinden. Op het verder weggelegen meetpunt LC2 is de verhouding fijn en grof stof dan ook min of meer constant, ongeacht de windrichting.

Tabel 13. Gemiddelde, laagste en hoogste waarden van de daggemiddelde concentraties totaal stof en PM10 (in ng m⁻³) in Zaltbommel tijdens de meetperiode

Locatie	PM10	Totaal stof
Zaltbommel, LC1, <i>hele periode</i>	30 15-63	42 15-96
Zaltbommel, LC1, <i>'van bedrijf'</i>	40 19-63	59 26-96
Zaltbommel, LC1, <i>'niet van bedrijf'</i>	27 15-51	35 15-77
Zaltbommel, LC2, <i>hele periode</i>	24 12-52	38 23-73
Zaltbommel, LC2, <i>'van bedrijf'</i>	23 17-29	35 23-42
Zaltbommel, LC2, <i>'niet van bedrijf'</i>	25 12-52	38 23-73

4.3.6 Vluchtige organische componenten (VOC's)

De VOC concentraties in lucht in de omgeving van de fabriek zijn op verschillende manieren bepaald. Er is gebruik gemaakt van een methode met passieve bemonstering gedurende de totale periode van het onderzoek en er is actief bemonsterd met behulp van koolbuizen. De passieve bemonstering heeft plaatsgevonden in drie batches van twee weken. Gedurende elke batch werd op 10 locaties in de omgeving van Van Voorden een passieve sampler opgehangen waarna deze samplers gedurende circa twee weken bemonsterden (zogenaamde passieve bemonstering). De samplers zijn grofweg in een cirkel rond het bedrijf opgehangen, zodat er een goed beeld kon ontstaan van de gemiddelde concentraties VOC's in de omgeving.

Met behulp van deze methode is het echter onmogelijk om te bepalen hoe het verloop van

de concentraties aanwezige VOC's is onder invloed van de weers-omstandigheden. Hiervoor is de bemonsteringsperiode te lang. Daarom is er ook bemonsterd door actieve bemonstering met behulp van koolbuizen. Deze bemonsteringen zijn uitgevoerd over perioden van circa 24 uur en uitsluitend op locatie LC1 (in paragraaf 3.2.1 is deze keuze toegelicht). Uit de 24-uursmetingen kan wel inzicht worden verkregen in hoeverre de gemeten concentraties bij bepaalde weersomstandigheden afkomstig zouden kunnen zijn van het bedrijf of van de snelweg. Probleem daarbij is echter dat deze metingen niet over de hele meetperiode zijn uitgevoerd en er relatief veel uitval was (zie paragraaf 3.2.1).

De resultaten van de actieve koolbuis bemonsteringen staan weergegeven in Tabel 14, de resultaten van de passieve bemonsteringen in Tabel 15 en Figuur 12. Gegeven zijn de concentraties van enkele afzonderlijke VOC's, namelijk benzeen, toluen, ethylbenzeen (deze komen in buitenlucht het meest voor) en isopropylalcohol (deze componenten wordt door Van Voorden uitgestoten) en daarnaast van groepen VOC's met een structuurverwantschap (xylenen, niet-gechloreerde alifaten, niet-gechloreerde aromaten en gechloreerde alifaten). De concentraties gechloreerde aromaten lagen alle onder de detectielimiet ($0,1 \mu\text{g m}^{-3}$) en daarom zijn van deze groep geen waarden opgenomen.

Tabel 14. Gemiddelden, minima en maxima van daggemiddelde concentraties VOC's (in $\mu\text{g m}^{-3}$) in Zaltbommel en op enkele meetstations in het LML

Locatie	Benzeen	Toluene	Ethyl Benzeen	Xylenen	Overig Aromaten	Niet-gechlor. Alifaten	Gechlor. Alifaten	Isopropyl alcohol
Zaltbommel, LC1 <i>hele periode</i>	2,0 <i>0,3-6,1</i>	13,1 <i>1,3-52,6</i>	0,4 <i>0,2-0,9</i>	1,4 <i>0,4-2,9</i>	1,6 <i>0,8-3,1</i>	2,0 <i>0,7-4,5</i>	1,2 <i>0,8-2,9</i>	28 <i>< DL-95</i>
Zaltbommel, LC1 <i>'van bedrijf'</i>	2,9 <i>0,9-5,6</i>	17,2 <i>5,9-52,6</i>	0,4 <i>0,2-0,9</i>	1,6 <i>0,9-2,8</i>	2,1 <i>1,2-3,1</i>	2,5 <i>1,4-4,5</i>	1,0 <i>0,8-1,3</i>	79,6 <i>6,8-95</i>
Zaltbommel, LC1 <i>'niet van bedrijf'</i>	1,7 <i>0,3-6,1</i>	11,4 <i>1,3-34,6</i>	0,4 <i>0,2-0,9</i>	1,3 <i>0,4-2,9</i>	1,4 <i>0,8-2,5</i>	1,8 <i>0,7-3,6</i>	1,3 <i>0,8-2,9</i>	11,8 <i>< DL-71</i>
Stad ¹⁾	1,2 <i>0,2-10,2</i>	3,0 <i>0,4-17,7</i>	0,7 <i>0,1-4,2</i>	2,4 <i><0,1-30,0</i>	2,7 <i>0,2-29,6</i>	2,8 <i><0,2-20,0</i>	2,2 <i><0,2-15,3</i>	NB
Straat ²⁾	2,3 <i>0,2-9,1</i>	8,9 <i>0,6-28,8</i>	1,8 <i>0,1-5,2</i>	6,1 <i>0,1-17,9</i>	7,4 <i>0,4-24,1</i>	5,1 <i><0,2-48,8</i>	3,5 <i><0,2-22,3</i>	NB
Regionaal ³⁾	0,7 <i>0,1-3,9</i>	1,6 <i>0,2-10,1</i>	0,4 <i>0,0-1,9</i>	1,0 <i><0,1-7,7</i>	1,1 <i><0,2-8,3</i>	1,1 <i><0,2-6,0</i>	1,5 <i><0,2-8,8</i>	NB

DL = Detectielimiet

NB = Niet Bekend (deze component wordt niet in het LML bepaald).

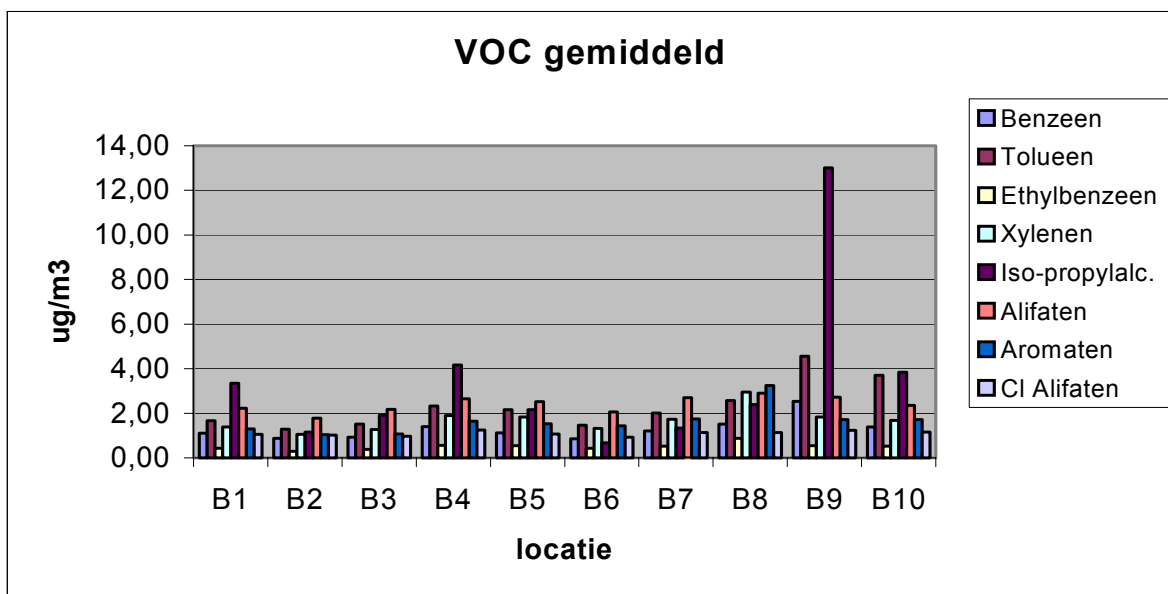
- ¹⁾ Stations Maassluis en Utrecht Universiteitsbibliotheek. Bij station Maassluis worden de VOC concentraties tevens bepaald door de invloed van industriële emissies. De maxima zijn daarom vergelijkbaar met die in de straatstations.
- ²⁾ Stations Apeldoorn Stationsstraat en Utrecht Vleutenseweg, Utrecht Erzeijstraat en Utrecht Kardinaal de Jongweg.
- ³⁾ Stations Zegveld, Biest-Houtakker en Kollumerwaard.

In Tabel 14 zijn tevens waarden vermeld voor de groepen meetwaarden ‘wind van actief bedrijf’ en ‘wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief’. Een analyse op grond van de groepen meetwaarden ‘wind van snelweg en druk verkeer’ en ‘wind niet van snelweg of geen druk verkeer’ gaf ongeveer hetzelfde beeld, aangezien snelweg en bedrijf vanuit meetpunt LC1 in dezelfde richting liggen. Op grond van de met de passieve samplers gemeten concentraties (Tabel 15) kan de invloed van beide bronnen wel apart worden bekeken.

Ter vergelijking zijn in Tabel 14 gemiddelden en hoogste waarden van concentraties VOC's op jaarbasis, gemeten op enkele typen locaties in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (RIVM, 2001a) vermeld.

Tabel 15. Gemiddelde luchtconcentraties VOC's rondom Van Voorden in $\mu\text{g m}^{-3}$

Locatie	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
benzeen	1,1	0,9	0,9	1,4	1,1	0,9	1,2	1,5	2,5	1,4
tolueen	1,7	1,3	1,5	2,3	2,2	1,5	2,0	2,6	4,6	3,7
ethylbenzeen	0,4	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,9	0,5	0,5
xylenen	1,4	1,1	1,3	1,9	1,8	1,3	1,7	2,9	1,8	1,7
iso-propylalc.	3,3	1,2	1,9	4,2	2,2	0,7	1,3	2,4	13,0	3,8
aromaten	1,3	1,0	1,1	1,7	1,5	1,4	1,7	3,3	1,7	1,7
n.-g. alifaten	2,2	1,8	2,2	2,7	2,5	2,1	2,7	2,9	2,7	2,4
gechl. alifaten	1,1	1,0	1,0	1,3	1,1	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2



Figuur 12. Gemiddelde concentraties vluchtige organische componenten (in $\mu\text{g m}^{-3}$) op de 10 meetlocaties in de woonwijk rond de gieterij

Uit Tabel 14 blijkt dat op dagen dat het meetpunt is blootgesteld aan emissies van Van Voorden de concentraties isopropylalcohol hoger zijn dan op de andere dagen, in overeenstemming met de verwachtingen. Er zijn geen gegevens bekend over de achtergrondconcentratie isopropylalcohol in buitenlucht. Aangenomen wordt dat deze zeker lager is dan $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

Voor de andere VOC's is er geen of weinig verschil te zien tussen beide groepen meetwaarden 'wind van actief bedrijf' en 'wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief', behalve voor benzeen en toluen waarvoor de concentraties in de twee groepen licht verschillen. Deze componenten worden ook door Van Voorden geëmitteerd. De concentraties VOC's liggen ongeveer tussen die op regionaal en stadsachtergrondniveau. De resultaten van de metingen met de passieve samplers (Tabel 15) geven eenzelfde beeld. Op het meetpunt het dichtst bij het bedrijf (locatie B9) wordt de hoogste concentratie isopropylalcohol gevonden. Ook de concentraties benzeen en toluen zijn op deze locatie het hoogst. Opvallend is dat op de meetpunten het dichtst bij de snelweg (locaties B3 tot en met B5) de concentraties aan benzeen, toluen en andere aromaten (waarvan bekend is dat ze door verkeer worden uitgestoten) niet verhoogd zijn en bovendien lager zijn dan op de straatstations in het LML. Bij een meetcampagne langs de A28 in Zwolle (Mennen *et al.*, 2000c) werden ongeveer 1,5 maal hogere concentraties aan vluchtige organische componenten gevonden. In deze campagne werd echter direct naast de snelweg gemeten (in de berm van de vluchtstrook), terwijl de passieve samplers op de locaties B3 tot en met B5 verder van de snelweg af waren bevestigd. Samplers B3 en B4 waren elk bevestigd in een boom op ongeveer 10 m van de rand van de snelweg; de monsternamehoogte lag enkele meters beneden het wegdek (vanwege het sterk hellend, aflopend talud). Sampler B5 was bevestigd in een boom aan de rand van de parkeerplaats van het bedrijf, op nog grotere afstand en meer beneden het wegdek dan de samplers B3 en B4. Ook heeft de geluidswal naast de snelweg een rol gespeeld in de verspreiding van de door het verkeer geëmitteerde componenten in de zin dat er een grotere verdunning heeft plaatsgevonden. Tenslotte moet worden vermeld dat componenten als benzeen en toluen vooral bij lagere snelheden door voertuigen worden geëmitteerd.

De gemiddelde concentraties gemeten met de twee methoden op meetpunt LC1 (in Tabel 15 is dit locatie B9) komen behalve voor toluen en isopropylalcohol onderling redelijk tot goed overeen. Met de actief koolbuizen werden echter hogere concentraties toluen en isopropylalcohol gevonden dan met de passieve samplers. Dit is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat de metingen met de actief koolbuizen pas vanaf 6 juni van start gingen. In de periode na 6 juni heeft de wind relatief vaker richting meetpunt LC1 gestaan en is dit meetpunt dus meer 'belast' geweest door emissies uit het bedrijf dan in de eerste weken van de campagne. Toluene en isopropylalcohol zijn de organische componenten die het meest door het bedrijf worden geëmitteerd, vandaar de hogere gemiddelde waarden in Tabel 14.

4.3.7 Zware en andere metalen

In Tabel 16 zijn de gemiddelden en de laagste en hoogste waarden van daggemiddelde concentraties van een aantal (zware) metalen weergegeven. Vermeld zijn de metalen die op grond van de resultaten van het emissieonderzoek zouden worden onderzocht (zie paragraaf 3.1), aangevuld met enkele ‘bekende’ toxische elementen zoals cadmium. Andere elementen werden ofwel niet aangetoond (dat wil zeggen hun concentratie lag onder de detectielimiet) ofwel aangetoond in niveaus die niet afweken van de normaal voorkomende waarden in buitenlucht.

Voor locatie LC1 zijn tevens waarden vermeld voor de groepen meetwaarden ‘wind van actief bedrijf’ en ‘wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief’ (zie paragraaf 4.3.1); voor locatie LC2 voldeden slechts 2 dagen aan het criterium ‘wind van actief bedrijf’, hetgeen te weinig is om daar statistisch verantwoord gemiddelden uit te berekenen. Op de twee dagen die wel aan het selectiecriterium ‘wind van actief bedrijf’ voldeden waren de concentraties metalen niet hoger dan gemiddeld op de andere meetdagen.

Ook zijn voor beide meetlocaties gemiddelde concentraties en laagste en hoogste waarden berekend voor de groepen meetwaarden ‘wind van snelweg en druk verkeer’ en ‘wind niet van snelweg of geen druk verkeer’. Deze waarden zijn niet in Tabel 16 opgenomen, omdat er niet of nauwelijks verschillen waren tussen beide groepen meetwaarden. Op meetlocatie LC2 waren de concentraties op dagen die voldeden dagen aan het criterium ‘wind van snelweg en druk verkeer’ voor alle metalen iets hoger dan of ongeveer even hoog als op de andere dagen. Op meetlocatie LC1 was er wel een verschil voor de metalen chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper, zink en lood, maar dat wordt veroorzaakt door de emissies uit het bedrijf (zie Tabel 16). Immers, vanuit meetpunt LC1 gezien liggen de snelweg en het bedrijf in dezelfde richting.

In de tabel zijn ook de concentraties metalen gemeten tijdens de daggemiddelde immissiemetingen uit het chroom (VI) onderzoek opgenomen (zie paragraaf 4.5). Deze zijn apart vermeld, omdat ze zijn verricht in een andere periode dan het continu onderzoek. Ook zijn de metingen niet alleen op de locaties LC1 en LC2 verricht, maar op wisselende meetlocaties, afhankelijk van de heersende windrichting (zie Tabel 3). In totaal zijn er vier metingen verricht, twee bij ‘wind van bedrijf’ (zie de toelichting bij Tabel 28 in paragraaf 4.5) en twee bij ‘wind niet van bedrijf’. In Tabel 16 zijn van beide groepen de gemiddelde waarden vermeld.

Ter vergelijking zijn in Tabel 16 ook meetwaarden uit een campagne naar de herkomst van stof en metalen in stofdeeltjes in de buitenlucht opgenomen (Bloemen en van Putten, 2000). In deze campagne zijn gedurende een jaar op zes typen locaties de concentraties en samenstelling van fijn stof in de lucht gemeten. Van vier van deze locaties zijn de gemiddelde concentraties en de 10- en 90-percentielen gegeven³⁰. Opgemerkt wordt dat

³⁰ Er is voor gekozen niet de minima en maxima weer te geven, omdat in de set meetgegevens soms uitschieters voorkwamen die het beeld van de luchtkwaliteit niet goed weergeven. De 10- en 90-percentielen geven een goed beeld van de ‘range’ aan normaliter voorkomende concentraties.

deze meetwaarden betrekking hebben op PM10, terwijl de in Zaltbommel gemeten concentraties betrekking hebben op totaal stof. Uit de gegevens in paragraaf 4.3.5 is af te leiden dat het totaal stof gemiddeld voor ongeveer 70% uit PM10 bestaat.

Daarnaast zijn meetgegevens uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en uit diverse andere kortlopende onderzoeken (zowel in Nederland als in het buitenland) samengevat onder de noemer 'referentiegegevens; diverse locaties'. In de meeste gevallen waren deze metingen gericht op totaal stof.

Tabel 16a. Gemiddelde, laagste en hoogste daggemiddelde concentraties metalen (in ng m^{-3}) in Zaltbommel tijdens de meetperiode en referentiegegevens uit andere onderzoeken

Locatie	Type locatie	Chroom	Lood	Mangaan	Nikkel	Koper	Kobalt
Zaltbommel, LC1 hele periode		15,6 2,0-94,4	17,0 2,8-68,1	39 2,0-245	11,6 1,8-56,3	99 6,3-443	0,4 0,3-1,2
Zaltbommel, LC1 'van bedrijf'		51,1 6,0-94,4	38,6 9,1-68,1	106 24,3-245	26,7 4,6-56,3	206 50-342	0,5 0,4-0,6
Zaltbommel, LC1 'niet van bedrijf'		7,0 2,0-44,3	11,7 2,8-32,9	23 5,2-129	7,9 1,8-48,4	73 6,3-443	0,4 0,3-1,2
Zaltbommel, LC2 hele periode		6,0 1,9-32,7	11,4 1,4-44,0	20 4,5-55	7,3 2,0-30,3	29 5,1-293	0,6 0,3-3,2
Cr (VI) ¹⁾ , 'wind van bedrijf'		19,9	28,6	43	9,2	100	0,5
Cr (VI) ¹⁾ , 'wind niet van bedrijf'		3,3	16,3	10	3,5	40	< 0,3
Vredepeel	Regionaal	3,8 1,3-10,5	23,5 3-55	15,0 2,9-32,8	2,9 1,4-5,9	9,1 2,6-18,3	niet gemeten
R'dam Overschie	Stad, nabij snelweg	7,1 1,3-14,1	27 3-59	19,7 3,3-41,4	7,4 1,4-14,8	18,3 5,3-36,4	niet gemeten
A'dam Overtoom	Stadachter grond	2,7 1,3-5,3	16 3-41	10,4 2,7-21,2	3,5 1,4-6,7	9,6 4,2-17,9	niet gemeten
A'dam Stadhouderskade	Straat	5,8 1,3-12,5	32 3-60	20,9 7,3-42	5,5 1,4-10,3	35 17-59	niet gemeten
Referentie- gegevens ²⁾	Diverse locaties	3 0,5-10	15 3-150	20 1-100	5 0,3-50	30 1-250	1 0,05-3

¹⁾ Concentraties metalen gemeten tijdens de daggemiddelde immisiemetingen uit het chroom (VI) onderzoek bij 'wind van bedrijf' respectievelijk 'wind niet van bedrijf'; de hier vermelde concentraties chroom hebben betrekking op totaal chroom.

²⁾ Thurston en Spengler, 1985; Chan *et al.*, 1986; Noll *et al.*, 1990; Ponka *et al.*, 1993; Kim en Fergusson, 1994; Foltescu *et al.*, 1994; Ylärinta, 1995; Swietlicki *et al.*, 1996; Fang *et al.*, 1997; Janssen *et al.*, 1997; Caffrey *et al.*, 1998; Reimann en de Caritat, 1998; Zufall *et al.*, 1998; Paode *et al.*, 1999; RIVM, 2001a.

Tabel 16b. Gemiddelde, laagste en hoogste daggemiddelde concentraties metalen (in ng m⁻³) in Zaltbommel tijdens de meetperiode en referentiegegevens uit andere onderzoeken

Locatie	Type locatie	Alu-minium	Calcium	IJzer	Zink	Cadmium	Antimoon
Zaltbommel, LC1 hele periode		260 58-636	547 252-1294	691 199-2320	113 16,5-533	1,9 0,2-29,7	2,3 0,5-9,2
Zaltbommel, LC1 'van bedrijf'		453 76-636	881 553-1294	1630 707-2320	233 76-533	4,3 0,4-29,7	2,1 1,4-2,8
Zaltbommel, LC1 'niet van bedrijf'		213 58-561	465 252-1090	463 199-947	83 16,5-227	1,3 0,2-27,9	2,3 0,5-9,2
Zaltbommel, LC2 hele periode		340 48-808	517 323-1289	546 186-983	63 32-234	0,9 0,2-10,6	2,7 0,7-9,2
Cr (VI) ¹⁾ , 'wind van bedrijf'		260	667	1294	124	0,7	4,3
Cr (VI) ¹⁾ , 'wind niet van bedrijf'		162	462	800	66	0,5	3,9
Vredepeel	Regionaal	298 41-863	549 127-1087	493 100-1053	61 15-113	niet gemeten	niet gemeten
R'dam Overschie	Stad, nabij snelweg	258 42-666	584 179-1228	697 185-1250	58 11-110	niet gemeten	niet gemeten
A'dam Overtoom	Stad	129 41-354	388 135-772	403 152-747	32 10-68	niet gemeten	niet gemeten
A'dam Stadhouderskade	Straat	216 41-701	801 302-1378	1148 521-1911	33 18-115	niet gemeten	niet gemeten
Referentie- gegevens ²⁾	Diverse locaties	300 50-1000	1000 50-2000	1000 20-2500	50 10-200	0,5 0,1-10	3 0,5-30

¹⁾ Concentraties metalen gemeten tijdens de daggemiddelde immissiemetingen uit het chroom (VI) onderzoek bij 'wind van bedrijf' respectievelijk 'wind niet van bedrijf'; de hier vermelde concentraties chroom hebben betrekking op totaal chroom.

²⁾ Thurston en Spengler, 1985; Chan *et al.*, 1986; Noll *et al.*, 1990; Ponka *et al.*, 1993; Kim en Fergusson, 1994; Foltescu *et al.*, 1994; Ylärinta, 1995; Swietlicki *et al.*, 1996; Fang *et al.*, 1997; Janssen *et al.*, 1997; Caffrey *et al.*, 1998; Reimann en de Caritat, 1998; Zufall *et al.*, 1998; Paode *et al.*, 1999; RIVM, 2001a.

Uit Tabel 16 valt af te leiden dat op dagen dat de wind afkomstig is van het bedrijf de daggemiddelde concentraties chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper en zink op meetpunt LC1 een factor 3 tot 10 verhoogd zijn ten opzichte van de normaal voorkomende waarden. Ook de loodconcentraties zijn verhoogd, zij het in mindere mate dan de andere genoemde metalen. De verhoogde waarden zijn ter verduidelijking vet weergegeven. Op dagen dat de wind niet van het bedrijf komt zijn de concentraties metalen op meetpunt LC1 ongeveer even hoog als op meetpunt LC2, behalve voor koper. Op beide locaties blijken de concentraties aan chroom, nikkel, koper en zink verhoogd te zijn ten opzichte van het achtergrondniveau (gemiddeld tot een factor 2). Op meetpunt LC1 was de concentratie koper op dagen dat de wind niet van het bedrijf afkomstig was, wel hoger dan op meetpunt LC2. Dit blijkt vooral te worden veroorzaakt door enkele hoge waarden

van 200 tot 450 ng m⁻³. De tegelijkertijd gemeten concentraties van de andere metalen waren niet of nauwelijks verhoogd. Dit duidt op een specifieke bron van koper (anders dan de gieterij) in de omgeving van meetpunt LC1. Voor zover bekend is zulk een bron echter niet aanwezig.

De uitstoot aan de metalen chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper en zink uit het bedrijf leidt dus tot verhoogde concentraties in de lucht in de directe leefomgeving, die *gemiddeld* 2 tot 5 keer boven de achtergrondwaarde liggen. Op het verder weggelegen meetpunt LC2 zijn ook verhoogde concentraties van enkele metalen gevonden (tot een factor 2, voor nikkel en chroom), zij het in mindere mate dan op LC1. Ook moet daarbij worden vermeld dat de wind gedurende de meetperiode slechts een enkele dag van het bedrijf naar meetpunt LC2 heeft gestaan. De lagere concentraties op meetpunt LC2 zijn het gevolg van het effect van verdunning en van depositie van grovere metaalhoudende stofdeeltjes tussen het bedrijf en het meetpunt.

Metalen als cadmium en antimoon worden in geringe mate door het bedrijf geëmitteerd en zijn dan ook nauwelijks in verhoogde mate in de leefomgeving terug te vinden, uitgezonderd enkele hoge piekwaarden tussen 5 en 30 ng m⁻³ voor cadmium. Door deze piekwaarden vallen de gemiddelde concentraties op de meetpunten hoger uit dan de achtergrondwaarde, op meetpunt LC1 ongeveer 4 maal hoger dan het achtergrondniveau. Als de piekwaarden (4 in totaal) worden weggelaten, worden de gemiddelde concentraties op de meetpunten LC1 en LC2 respectievelijk 0,5 en 0,6 ng m⁻³, hetgeen ongeveer gelijk is aan het achtergrondniveau in stedelijk gebied.

Drie van de vier piekwaarden op meetpunt LC1 zijn gemeten op dagen dat de wind van het bedrijf kwam, de vierde piekwaarde is gemeten bij wind uit een andere richting. Op meetpunt LC2 werd één piekwaarde gemeten bij wind van bedrijf en twee piekwaarden bij wind uit andere richting. Op de andere dagen dat de wind van bedrijf kwam, en er verhoogde concentraties aan chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper en zink werden gevonden, was de cadmium concentratie niet hoger dan de achtergrondwaarde. De piekwaarden kwamen steeds voor op dagen dat er nikkel-aluminium brons producten werden gegoten. Echter, niet op alle dagen dat dit type producten werden gegoten, was de cadmium concentratie verhoogd. Dit duidt er op dat de piekwaarden voor cadmium mogelijk verband houden met incidenteel optredende emissies uit het bedrijf tijdens het smelten en/of gieten van nikkel-aluminium brons producten.

Kobalt, aluminium en calcium worden wel door het bedrijf geëmitteerd. Voor kobalt is de emissie blijkbaar dusdanig gering dat de er, zo valt te zien in Tabel 16, nauwelijks verhoogde concentraties van voorkomen. Aluminium en calcium komen 'van nature' al in redelijk hoge concentraties voor in lucht en daarom leidt de bijdrage door de uitstoot van het bedrijf slechts tot een relatief geringe verhoging ten opzichte van de normaal voorkomende waarden.

Zoals al is gemeld, levert het verkeer op de snelweg nagenoeg geen bijdrage aan verhoogde concentraties metalen in de leefomgeving. Dat geldt ook voor lood, dat wil zeggen op meetdagen dat de wind van de snelweg naar meetpunt LC2 stond werden geen

hogere loodconcentraties gevonden dan op andere dagen (voor meetpunt LC1 wordt deze analyse bemoeilijkt doordat snelweg en bedrijf in dezelfde richting liggen). Op de twee verkeerslocaties in de meetcampagne naar de herkomst van stof (zie Tabel 16) werd wel meer lood gemeten. Deze gegevens dateren echter van 1998-1999 en het gebruik van lood in benzine is gedurende de laatste jaren sterk afgenomen.

4.3.8 PAK's

In Tabel 17 zijn de gemiddelden en de laagste en hoogste waarden van daggemiddelde concentraties aan PAK's weergegeven. Vermeld zijn de totaalconcentraties aan PAK's (in het milieubeleid ook aangeduid als de zogenaamde EPA³¹ PAK's) en daarnaast de concentraties aan benz(a)pyreen. Voor benz(a)pyreen, de meest carcinogene PAK, bestaat namelijk een grenswaarde in buitenlucht.

Tabel 17. Gemiddelde, laagste en hoogste waarden van de daggemiddelde concentraties PAK's en benz(a)pyreen (in ng m^{-3}) in Zaltbommel tijdens de meetperiode en referentiegegevens uit andere onderzoeken

Locatie	Type locatie	Som EPA PAK's	Benz(a)pyreen
Zaltbommel, LC1 <i>hele periode</i>		62 <i>39-90</i>	0,13 <i><0,1-0,31</i>
Zaltbommel, LC1 <i>'van snelweg'</i>		74 <i>65-90</i>	0,13 <i><0,1-0,19</i>
Zaltbommel, LC1 <i>'niet van snelweg'</i>		55 <i>39-79</i>	0,13 <i><0,1-0,31</i>
Zaltbommel, LC2 <i>hele periode</i>		75 <i>46-105</i>	0,12 <i><0,1-0,19</i>
Zaltbommel, LC2 <i>'van snelweg'</i>		89 <i>81-105</i>	0,13 <i><0,1-0,19</i>
Zaltbommel, LC2 <i>'niet van snelweg'</i>		52 <i>46-64</i>	0,11 <i><0,1-0,11</i>
Westmaas	Regionaal	71 <i>31-115</i>	0,27 <i>0,01-0,63</i>
Den Haag	Stad	100 <i>43-153</i>	0,31 <i>0,06-0,56</i>
Apeldoorn	Straat	194 <i>68-312</i>	0,91 <i>0,06-1,71</i>

³¹ Environmental Protection Agency, een Amerikaanse organisatie die zich bezig houdt met beleid, toezicht en handhaving op milieugebied. Door de EPA zijn 16 PAK's geselecteerd die samen worden gebruikt als indicator voor alle PAK's.

Voor beide locaties zijn tevens waarden vermeld voor dagen waarop wel respectievelijk niet voldeed aan het criterium 'wind van snelweg en druk verkeer' (zie paragraaf 4.3.1). Ook zijn waarden berekend voor de groepen meetwaarden 'wind van actief bedrijf' en 'wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief'. Deze waarden zijn niet in Tabel 17 opgenomen, omdat er niet of nauwelijks verschillen waren tussen de beide groepen.

Ter vergelijking zijn in de tabel ook meetwaarden uit een meetcampagne naar PAK niveaus in Nederland (Van Velze, 1995) opgenomen, waarin gedurende 3 maanden PAK concentraties zijn gemeten op een regionaal, een stadsachtergrond- en een straatlocatie. De vergelijking laat zien dat de gemeten concentraties PAK's in Zaltbommel gemiddeld genomen ongeveer op regionaal niveau liggen. Op dagen dat de wind van de snelweg waait vallen de concentraties op meetpunt LC2 hoger uit en wel op het niveau voor stedelijke achtergrond. De bijdrage van emissies van het verkeer op de snelweg is dus merkbaar, zij het in beperkte mate. Ook op meetpunt LC1 komen bij wind van de snelweg iets hogere concentraties voor. Gehalten zoals die worden gevonden langs drukke wegen en straten (bijvoorbeeld de locatie in Apeldoorn in Tabel 17) zijn in Zaltbommel niet gevonden.

Opvallend is dat in Zaltbommel lagere concentraties benz(a)pyreen zijn gemeten dan in de genoemde meetcampagne. De reden hiervoor is onduidelijk.

Zoals al is gemeld, leveren de emissies uit het bedrijf geen bijdrage aan verhoogde concentraties PAK's in de leefomgeving, in overeenstemming met de conclusies uit het emissieonderzoek.

In voetnoot 2 is gemeld dat met de PAK monitoren geen absolute PAK concentraties gemeten kon worden, maar alleen het verloop van de concentratie in de tijd. Op beide vertoonde meetpunten dit verloop een hoge correlatie met die van de concentraties NO_x. De meetsignalen van de PAK monitoren zijn daarom niet verder (statistisch) uitgewerkt. Beide componenten worden vooral door verkeer uitgestoten en vrijwel niet door het bedrijf. De NO_x metingen geven voldoende informatie over de invloed van de emissies van het verkeer op de luchtkwaliteit ter plaatse.

4.3.9 Respirabel kwarts

Gedurende de meetperiode zijn op locatie LC1 op enkele steekproefsgewijs gekozen dagen metingen verricht op respirabel kwarts. Omdat het een beperkt aantal meetdagen betreft, zijn alle meetwaarden (behoudens die van de intensieve metingen) vermeld in Tabel 18. Tevens is aangegeven of de meetdag voldeed aan het criterium 'wind van actief bedrijf' of niet en zijn de gemiddelde concentraties over de dagen die wel respectievelijk niet aan dit criterium voldeden weergegeven.

De groep meetwaarden op grond van het criterium 'wind van snelweg en druk verkeer' kwam exact overeen met de groep 'wind van actief bedrijf' vanwege het feit dat beide bronnen voor meetpunt LC1 in dezelfde richting liggen. Omdat uit het emissieonderzoek

bekend is dat het bedrijf kwartshoudende stofdeeltjes emitteert en dergelijke deeltjes niet door verkeer worden uitgestoten, mag worden aangenomen dat het bedrijf hier als bron heeft gefungeerd.

Tabel 18. Daggemiddelde concentraties respirabel kwarts (in ng m^{-3}) in Zaltbommel tijdens de meetperiode en concentraties silicium in PM10 uit ander onderzoek

Datum	Voldoet aan criterium 'wind van actief bedrijf'	Concentratie respirabel kwarts
21 mei	–	59
26 mei	–	43
30 mei	–	Meting uitgevallen
11 juni	–	232
16 juni	+	1675
17 juni	+	1408
21 juni	–	131
24 juni	–	143
28 juni	±	612
Gemiddelde hele meetcampagne		540
Gemiddelde 'wind van actief bedrijf'	+	1230
Gemiddelde 'wind niet van bedrijf of bedrijf niet actief'	–	120
Locatie	Type	Gemiddelde, laagste en hoogste waarde
Vredepeel	Regionaal	1249 117-3094
Amsterdam Overtoom	Stadsachtergrond	755 191-1661
Overschie	Stadsachtergrond, nabij snelweg	1237 361-2454
Amsterdam Stadhouderskade	Straat	1433 364-2980

Ter vergelijking zijn in Tabel 18 ook gemeten gehalten aan silicium in PM10 uit de in paragraaf 4.3.7 genoemde bron-stof meetcampagne vermeld. Siliciumhoudende deeltjes betreffen echter niet uitsluitend kwarts maar ook zeer fijne bodemdeeltjes. De concentratie silicium in de lucht zal daardoor hoger zijn dan de concentratie kwarts. De waarden in Tabel 18 geven wel een beeld van op welke type locaties hogere concentraties silicium voorkomen.

Van de normaal voorkomende concentratie respirabel kwarts in buitenlucht zijn geen gegevens bekend.

Tabel 18 laat zien dat op dagen dat de wind afkomstig is van het bedrijf de concentraties respirabel kwarts aanzienlijk hoger zijn dan op andere dagen, hetgeen duidt op een duidelijke bijdrage vanuit het bedrijf, in overeenstemming met de bevindingen uit het emissieonderzoek.

4.4 Intensieve luchtmetingen

4.4.1 Inleiding

Op 2 juni, 26 juni en 14 juli zijn de intensieve metingen verricht. De metingen en bemonsteringen zijn steeds uitgevoerd op een benedenwindse locatie ten opzichte van de gieterij, op dagen dat er daadwerkelijk activiteiten waren bij het bedrijf. Het meetprogramma, de ligging van de locaties en de omstandigheden tijdens de intensieve metingen zijn beschreven in paragraaf 3.2.2.

Vanwege verschillen in eigenschappen tussen de te meten stoffen en verschillen in meetapparatuur is het niet mogelijk alle stoffen op dezelfde tijdschaal te bepalen. Alleen de componenten zwaveldioxide, overige zwavelverbindingen, stikstofoxiden en fijn stof zijn continu gemeten, terwijl bijvoorbeeld van de PAK's, VOC's en metalen slechts gemiddelde concentraties over de werkdag zijn bepaald. Doordat sommige emissies uit de gieterij incidenteel over korte tijd plaatsvinden (denk daarbij met name aan het uitgieten in de ovenpan en het gieten van de smelt in de vorm), kan het gebeuren dat er van bijvoorbeeld PAK's concentraties worden bepaald over een periode van een werkdag, terwijl er in deze periode gedurende enkele minuten een piekconcentratie is voorgekomen door een kortdurende emissie. Die piekconcentratie is dan niet afzonderlijk te meten. Wel kan worden vastgesteld of de emissie leidt tot een blootstelling die, gemiddeld over een werkdag, verhoogd is.

De gegevens van de intensieve metingen zijn als volgt verwerkt. Uit de 'ruwe' meetgegevens zijn per meetdag voor elke component de gemiddelde concentraties over de meetperiode (5 tot 8 uur) bepaald.

De waarden voor zwaveldioxide, overige zwavelverbindingen, stikstofoxiden en fijn stof zijn vergeleken met de gemiddelde concentraties over dezelfde meetperiode op het andere (vaste, bovenwinds gelegen) meetpunt en met de gemiddelde concentraties over de hele meetperiode van het continu onderzoek. Ook is voor deze componenten het verloop van de concentratie op beide meetpunten, dat wil zeggen het tijdelijke meetpunt benedenwinds van het bedrijf en het vaste meetpunt, vergeleken.

Voor de overige stoffen zijn de waarden alleen vergeleken met de gemiddelde concentratie over de volledige meetperiode. De waarden konden niet worden vergeleken met de concentraties over dezelfde meetperiode op het andere meetpunt vanwege de verschillen in bemonsteringsduur (5 tot 8 uur op het tijdelijke meetpunt benedenwinds

van het bedrijf en 24 uur op het vaste meetpunt).

Voor de metingen op 14 juli was een vergelijking met de concentraties op het vaste meetpunt niet mogelijk, omdat het continu onderzoek inmiddels was gestopt. Op die dag zijn de concentraties op de beide meetpunten (LI3 en LI4, beide gelegen benedenwinds van het bedrijf maar op verschillende afstanden) onderling vergeleken om inzicht te krijgen tot op welke afstand van de gieterij nog verhoogde concentraties van geëmitteerde stoffen voorkomen.

4.4.2 Zwaveldioxide en andere gasvormige zwavelcomponenten

De gemeten concentraties zwaveldioxide en overige gasvormige zwavelverbindingen, gemiddeld over de meetperioden op de intensieve meetdagen, staan weergegeven in Tabel 19.

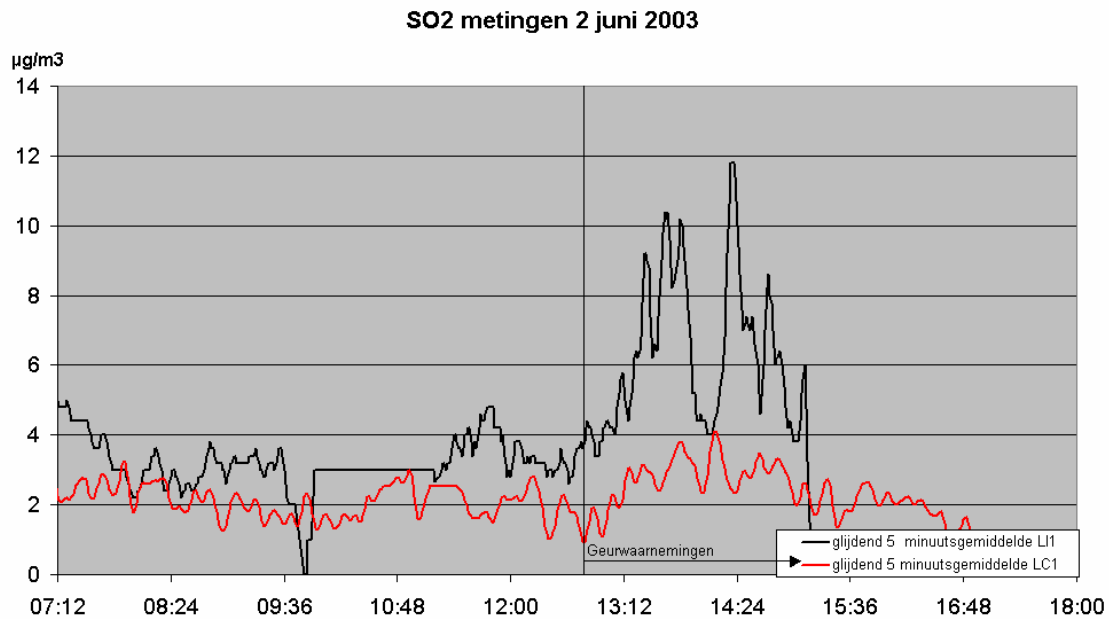
Tabel 19. Gemiddelde concentraties zwaveldioxide en overige gasvormige zwavelverbindingen op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

	2 juni		26 juni		14 juli		Hele meetperiode
	LI1 bwd	LC1 vast	LI2 bwd	LC1 vast	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	LC1 vast
zwaveldioxide	5,3	2,4	4,9	4,8	13,5	4,6	3,7
zwavel overig	1,6	< 0,1	< 0,1	0,2	3,3	1,2	0,3

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

Op 2 en 26 juni waren de gemiddelde concentraties zwaveldioxide benedenwinds van het bedrijf hoger dan op het vaste meetpunt. Op 2 juni lag dit vaste meetpunt niet benedenwinds van het bedrijf en op deze dag is het verschil in waarden tussen beide locaties groot. Op 26 juni lagen de meetpunten LI2 en LC1, als gevolg van de toen heersende weerssituatie, ongeveer in dezelfde richting ten opzichte van het bedrijf (LI2 lag iets meer in de wind), waardoor de verschillen in concentraties zwaveldioxide zeer gering zijn. Op beide punten was de gemiddelde concentratie hoger dan gemiddeld over de hele meetperiode.

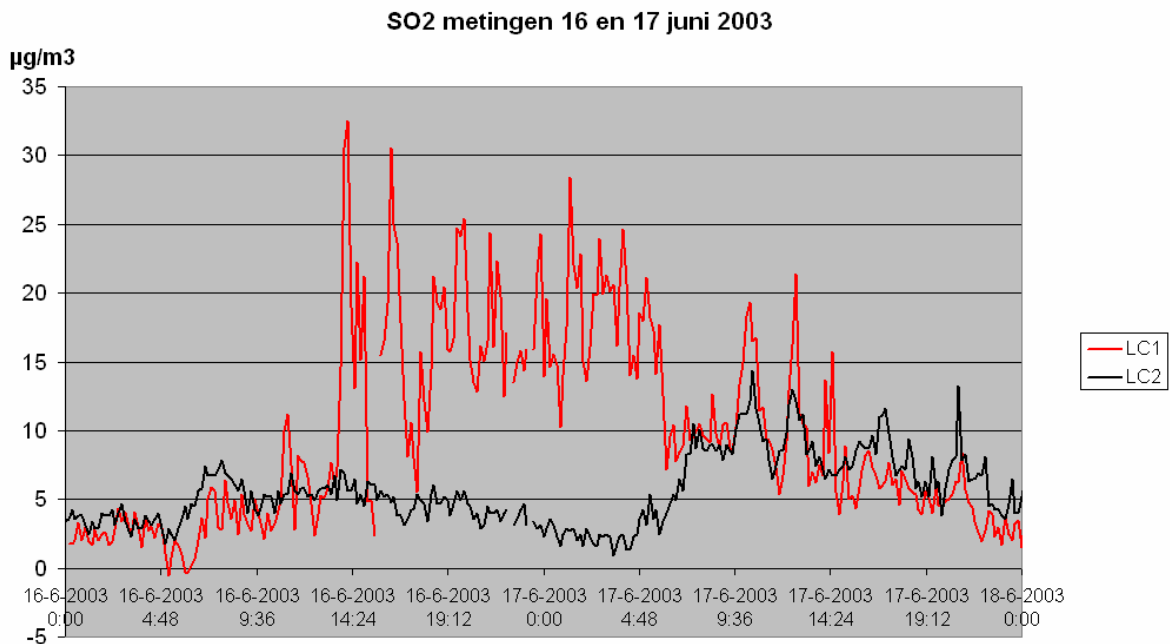
In Figuur 13 wordt het verloop van de SO_2 concentratie op 2 juni op het intensieve meetpunt LI1 en het vaste meetpunt LC1 uitgezet tegen de tijd. Op deze dag is in de vormerij handelsgietwerk een gietstuk van een ferro-legering vervaardigd. Het gieten vond plaats tussen 13:45u en 14:00u. De figuur laat zien dat rond die tijd de gemeten SO_2 concentraties benedenwinds van het bedrijf hoger zijn dan bovenwinds. Ook het karakter van de emissies (kortdurend en pieksgewijs) komt uit de figuur duidelijk naar voren. Tegelijk met de toename van de SO_2 concentratie werd door de meetploeg op locatie LI1 een karakteristieke, zwavelachtige geur waargenomen.



Figuur 13. SO₂ concentraties beneden- en bovenwinds van Van Voorden tijdens de intensieve meetdag op 2 juni.

Niet alleen tijdens de intensieve metingen, maar ook op andere dagen in de hele meetperiode zijn pieken van zwaveldioxide waargenomen tijdens gietactiviteiten in de vormerij handelsgietwerk. Ter illustratie is in Figuur 14 het verloop van de concentraties zwaveldioxide op 16 en 17 juni weergegeven. Op 16 juni werd aan het eind van de ochtend aangevangen met het gieten van een ferro-gietstuk. De wind was op dat moment afkomstig uit oostnoordoostelijke richting met een snelheid van circa 1 tot 2 m s⁻¹. Op meetpunt LC1 zijn vanaf die tijd pieksgewijs verhoogde concentraties zwaveldioxide gemeten, terwijl de concentratie op meetpunt LC2 (op dat moment niet belast) min of meer constant blijft. Opvallend is dat de concentratie zwaveldioxide op meetpunt LC1 lange tijd verhoogd blijft, tot in de ochtend van de volgende dag toe. Een verklaring hiervoor is dat door de extreem lage windsnelheid er weinig verspreiding is opgetreden. Ook kan langdurige nalevering van zwaveldioxide uit hal 12 via de dakventilatoren of via diffuse emissies een rol hebben gespeeld.

In de ochtend van 17 juni trok de wind iets aan en draaide ze naar zuidoostelijke richting. Hierdoor nam de concentratie zwaveldioxide op meetpunt LC1 af. De kleine pieken op 17 juni houden verband met gietactiviteiten op die dag.

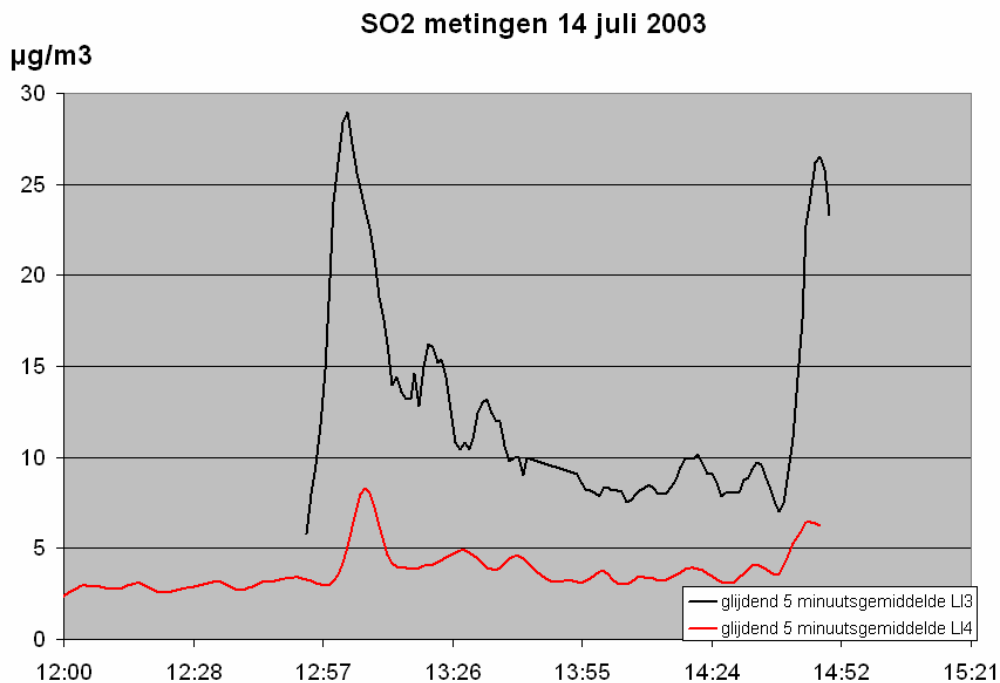


Figuur 14. Verloop van de SO₂ concentratie op beide meetpunten tijdens twee dagen uit de meetperiode.

In Figuur 15 is het verloop van de SO₂ concentratie op de twee meetlocaties op 14 juli 2003 uitgezet tegen de tijd. Op deze dag hebben in de vormerij handesgietwerk gietingen plaatsgevonden om ongeveer 13:00u en 14:30u. In deze figuur is wederom duidelijk zichtbaar dat de SO₂ concentratie benedenwinds van het bedrijf stijgt tijdens het gieten. Ook is goed waar te nemen dat op het iets verder weg gelegen meetpunt de concentratie tijdens het gieten toeneemt, maar in veel mindere mate dan op de locatie dichterbij de fabriek. Op deze afstand (circa 140 m van het midden van de vormerij handesgietwerk) is de concentratieverhoging dusdanig gering, dat de gemiddelde concentratie over de werkdag amper boven de achtergrondwaarde uit komt.

Het beeld voor de overige gasvormige zwavelverbindingen is ongeveer identiek aan dat voor zwaveldioxide, maar de concentraties zijn lager. Uit het emissieonderzoek is gebleken dat bij het gieten van ferro-legeringen in hal 12 onder meer carbonylsulfide en waterstofsulfide vrijkomen. Waarschijnlijk zijn bij het immissieonderzoek deze componenten gezamenlijk gemeten als 'overige gasvormige zwavelverbindingen'. Mogelijk worden door het bedrijf ook nog andere gasvormige zwavelverbindingen uitgestoten³², maar de concentraties daarvan zijn zo laag dat ze niet of nauwelijks bijdragen aan de totale concentratie gasvormige zwavelverbindingen.

³² Bij het emissieonderzoek zijn geen andere zwavelverbindingen aangetoond dan carbonylsulfide en waterstofsulfide, maar het zou kunnen dat er andere zwavelverbindingen worden geëmitteerd in concentraties die onder de detectielimiet van de gebruikte meetmethode liggen. Het gaat dan om een geringe emissie.



Figuur 15. Het verloop van de SO₂ concentratie op de twee meetlocaties op 14 juli tijdens activiteiten van het bedrijf.

In de Tedlar bags waarmee tijdens de intensieve meetdagen luchtmonsters zijn genomen, met name op momenten dat er verhoogde emissie uit het bedrijf waren, zijn geen zwavelverbindingen zoals carbonylsulfide gedetecteerd. De detectielimiet van de gebruikte meetmethode (GC/MS; zie paragraaf 3.1.2 en voetnoot 5) ligt echter op een niveau van ongeveer $10 \mu\text{g m}^{-3}$, dus ruim boven de concentratie overige gasvormige zwavelverbindingen gemeten met de totaal zwavelmonitor.

4.4.3 Stikstofoxiden

De gemeten concentraties stikstofoxiden, gemiddeld over de meetperioden op de intensieve meetdagen, staan weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20. Gemiddelde concentraties stikstofoxiden op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

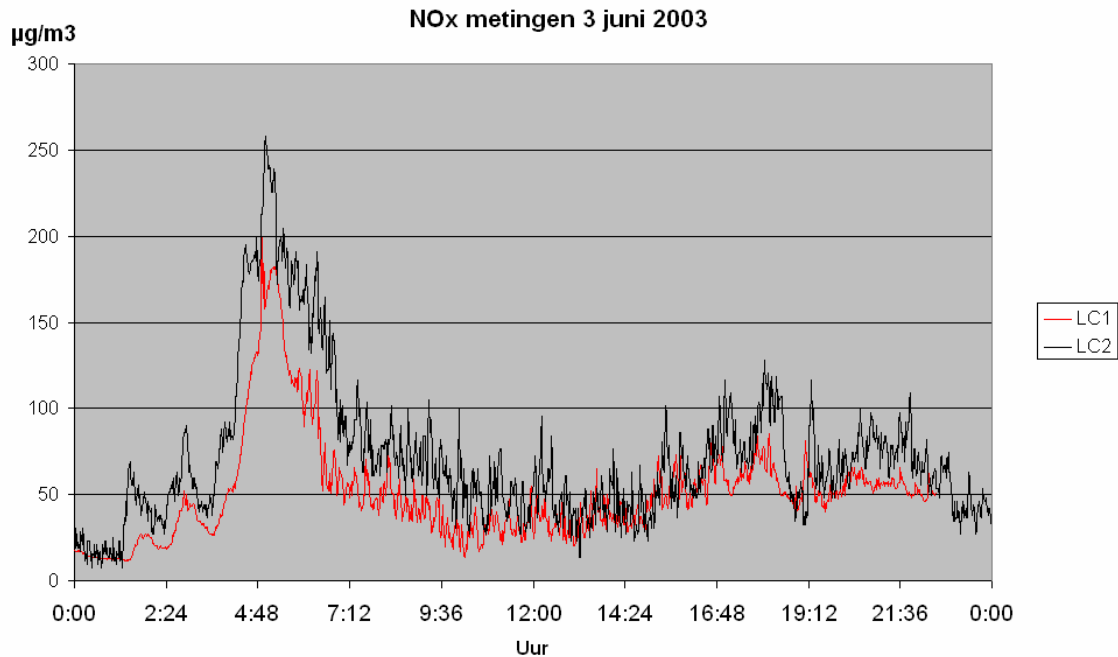
	2 juni		26 juni		14 juli		Hele meetperiode
	LI1 bwd	LC1 vast	LI2 bwd	LC1 vast	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	LC1 vast
NO	2,0	4,9	2,0	4,5	---	---	3,7
NO ₂	4,3	10,6	5,0	11,2	8,5	---	24
NO _x	7,9	17,4	12,5	17,4	16,5	---	30

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

Op 14 juli was slechts één NO_x monitor beschikbaar en daarom zijn op locatie LI4 geen stikstofoxiden gemeten. De meting van NO op locatie LI3 werd als gevolg van een technisch probleem niet betrouwbaar geacht.

De gemeten concentraties stikstofoxiden benedenwinds van het bedrijf zijn lager dan op het vaste meetpunt. In tegenstelling tot bij de zwavelcomponenten werden er ook geen pieken met verhoogde concentraties NO_x waargenomen ten tijde van gietactiviteiten in de fabriek. Wel werden er pieken waargenomen op het vaste meetpunt, maar die lijken meer met verkeersemmissies vanaf de nabijgelegen Koningin Wilhelminaweg te maken te hebben.

De concentraties stikstofoxiden op de intensieve meetdagen liggen ook onder de gemiddelde waarden over de hele meetperiode. Een verklaring hiervoor is dat in deze gemiddelde waarden de bijdrage van verhoogde emissies van het verkeer op de nabijgelegen snelweg tijdens de ochtend- en avondspits zijn verdisconteerd. De meetperioden op de intensieve dagen lagen tussen de ochtend- en avondspits in. Ter illustratie is in Figuur 16 voor beide meetpunten het verloop van de concentratie stikstofoxiden op 3 juni weergegeven. Op deze dag kwam de wind uit het zuidoosten met een windsnelheid van 3 tot 4 m s⁻¹ overdag afnemend tot 2-3 m s⁻¹ 's nachts. De verhoogde uitstoot aan stikstofoxiden tijdens de ochtendspits is op beide meetpunten duidelijk waarneembaar, zij het dat de concentraties op het dichterbij de snelweg gelegen meetpunt LC2 het hoogst zijn. Tijdens de avondspits zijn de concentraties ook verhoogd, maar de piek is over een langere periode uitgesmeerd en de piek is daardoor minder hoog dan in de ochtendspits.



Figuur 16. Het verloop van de NO_x concentratie op de twee meetlocaties op 3 juni.

4.4.4 PM10 (fijn stof)

De gemeten concentraties PM10, gemiddeld over de meetperioden op de intensieve meetdagen, staan weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21. Gemiddelde concentraties PM10 op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

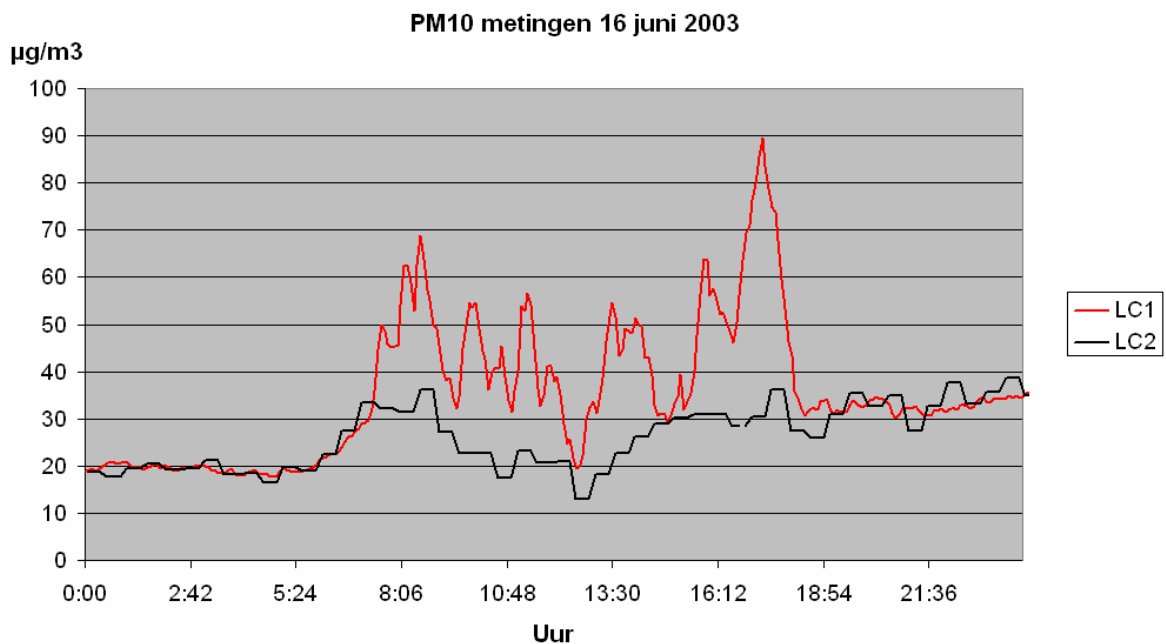
	2 juni		26 juni		14 juli		Hele meetperiode
	LI1 bwd	LC1 vast	LI2 bwd	LC1 vast	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	LC1 vast
PM10	37	46	45	70	---	26	30

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

De meting op 14 juli op locatie LI3 werd verstoord door een technisch probleem, waardoor geen betrouwbare concentratie kon worden bepaald.

Voor de PM10 concentraties geldt net als voor de NO_x concentraties dat er op basis van de intensieve metingen geen direct verband tussen de activiteiten van de gieterij en de gemeten concentraties is te leggen. De gemeten concentraties fijn stof benedenwinds van het bedrijf zijn lager dan op het vaste meetpunt en, gemiddeld genomen, ongeveer even hoog als de gemiddelde waarde over de hele meetperiode. Op andere dagen zijn

benedenwinds van het bedrijf soms wel verhoogde concentraties PM10 gemeten. Als voorbeeld is in Figuur 17 voor beide meetpunten het concentratieverloop van PM10 op 16 juni uitgezet. Op deze dag was wind afkomstig uit oostnoordoostelijke richting met een snelheid van circa 1 tot 2 m s⁻¹. Tijdens werkuren is de concentratie op meetpunt LC1, benedenwinds van het bedrijf, duidelijk verhoogd ten opzichte van die op het andere meetpunt. Het verloop vertoont, net als bij zwaveldioxide (zie Figuur 14), een pieksgewijs karakter. Een verschil met zwaveldioxide is dat de eerste pieken al optreden voordat met gieten is begonnen. Blijkbaar spelen ook andere bronnen van het bedrijf (denk aan de slijperij en de bramerij) hier een rol. De concentraties TSP en metalen vertoonden op deze dag een vergelijkbaar verschil (voor TSP bijvoorbeeld 62 µg m⁻³ op meetpunt LC1 en 48 µg m⁻³ op meetpunt LC2), zij het dat dit daggemiddelde waarden zijn. Deze resultaten laten zien dat met name bij lage windsnelheid benedenwinds van het bedrijf verhoogde concentraties PM10 kunnen voorkomen. Gemiddeld over de hele meetperiode is, zo blijkt ook uit de interpretatie in paragraaf 4.3.4, het verschil tussen de PM10 concentratie boven- en benedenwinds van het bedrijf echter beperkt.



Figuur 17. Het verloop van de PM10 concentratie op de twee meetlocaties op 16 juni.

4.4.5 TSP (totaal stof)

De TSP concentratie kon alleen ‘werkdaggemiddeld’ bepaald worden. Omdat de TSP concentratie op de vaste meetlocaties op daggemiddelde basis (24-uur) bepaald is, is het niet mogelijk een vergelijking te maken met de waarden op de vaste meetlocaties. Daarom is alleen vergeleken met de gemiddelde concentratie over de hele meetperiode. De werkdaggemiddelde concentraties TSP op de intensieve meetpunten en het gemiddelde over de gehele periode op het vaste meetpunt LC1 zijn weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22. Gemiddelde concentraties TSP op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

	2 juni	26 juni	14 juli		Hele meetperiode
	LI1 bwd	LI2 bwd	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	LC1 vast
TSP	185	116	82	75	38

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

Uit de metingen blijkt dat er een duidelijk verband is tussen de emissies van de gieterij en de gemeten concentraties totaal stof. Op alle intensieve meetdagen was de concentratie TSP hoger dan tijdens de hele meetperiode. Tijdens de bemonstering op 2 juni was de TSP concentratie zelfs zeer hoog.

Als de TSP resultaten worden vergeleken met de fijn stof resultaten in paragraaf 4.4.4 wordt duidelijk dat het stof dat het bedrijf emitteert hoofdzakelijk uit grof stof bestaat. Dit was ook al geconstateerd uit de meetresultaten van het continu onderzoek in paragraaf 4.3.5.

4.4.6 Vluchtige organische componenten (VOC's)

Ook van de VOC's zijn alleen ‘werkdaggemiddelde’ concentraties bepaald. Wel is daarnaast geprobeerd om piekconcentraties van gasvormige componenten (waaronder VOC's) vast te stellen door, bij waarneming van geur vanuit de fabriek (kenmerkend voor het optreden van emissies), lucht te bemonsteren in een Tedlar bag. Deze luchtmonsters zijn ter plaatse geanalyseerd met een mobiele GC/MS.

In Tabel 23 zijn de ‘werkdaggemiddelde’ concentraties VOC's op de intensieve meetdagen, de gemiddelde concentraties over de hele meetperiode en de piekconcentraties bepaald met de Tedlar bags en de GC/MS weergegeven. De indeling in afzonderlijke en groepen VOC's is identiek aan die in de Tabellen 14 en 15.

Tabel 23. Gemiddelde concentraties vluchtige organische componenten op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

Locatie	Benzeen	Tolueen	Ethyl Benzeen	Xylenen	Overig Aromaten	Niet-gechlor. Alifaten	Gechlor. Alifaten	Isopropyl alcohol
<i>Actief koolbuizen (werkdaggemiddeld)</i>								
LI1, bwd, 2 juni	---	---	---	---	---	---	---	---
LI2, bwd, 26 juni	0,9	5,7	0,4	1,7	1,5	1,4	0,8	123
LI3, bwd 1, 14 juli	3,4	12,4	< DL	< DL	< DL	1,4	1,1	38
LI4, bwd 2, 14 juli	< DL	2,7	< DL	1,1	< DL	< DL	< DL	3,3
<i>Tedlar bags (pieken)</i>								
LI1, bwd, 2 juni	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	< DL	+ ³³
LI2, bwd, 26 juni	< DL	14	< DL	13	< DL	< DL	< DL	+ ³³
LI3, bwd 1, 14 juli	< DL	17	11	28	< DL	17	< DL	+ ³³
LC1, hele periode	2,0	13,1	0,4	1,4	2,0	1,6	1,2	28

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

De resultaten van de metingen uitgevoerd op 2 juni (LI1) ontbreken vanwege een technisch probleem met de bemonsteringsapparatuur.

Tabel 23 laat zien dat tijdens de intensieve meetdagen geen duidelijke verhogingen van VOC's in de lucht zijn gemeten, behalve voor isopropylalcohol. Bij enkele piekmetingen zijn van enkele aromatische verbindingen (tolueen, ethylbenzeen en xyleen) verhoogde concentraties gemeten, maar die geven geen significante bijdrage aan de gemiddelde concentraties over een werkdag.

Van isopropylalcohol is bekend dat het door de gieterij wordt geëmitteerd en dat het normaliter in buitenlucht nauwelijks voorkomt. De gemeten concentraties houden duidelijk verband met de emissies uit de gieterij. Ook zijn ze consistent met de resultaten uit het continu onderzoek.

Volgens de resultaten van het emissieonderzoek worden ook benzeen, tolueen en andere aromatische verbindingen geëmitteerd, zij het in veel mindere mate dan isopropylalcohol. De concentraties tolueen in de leefomgeving van Van Voorden zijn licht verhoogd (zie Tabel 14), al is er geen significant verschil tussen de meetwaarden op de intensieve dagen en het continu onderzoek. De concentraties aan benzeen en andere aromatische verbindingen zijn niet verhoogd.

4.4.7 Zware en andere metalen

De gemeten 'werkdaggemiddelde' concentraties aan (zware) metalen op de intensieve dagen zijn weergegeven in Tabel 24. Ter vergelijking zijn ook de gemiddelde concentraties op locatie LC1 over de hele meetperiode (mei/ juni) vermeld. In de tabel zijn alleen de elementen vermeld die op grond van het emissieonderzoek te verwachten

³³ Met de GC/MS is isopropylalcohol wel aangetoond, maar de concentratie kon niet worden gekwantificeerd.

zijn en enkele 'bekende' toxische elementen als cadmium. De concentraties van de overige elementen waren lager dan de detectielimiet of lagen rondom de achtergrondwaarden.

De tabel bevat tevens de resultaten van de drie benedenwinds van het bedrijf verrichte immissiemetingen uit het chroom (VI) onderzoek (zie paragraaf 4.5). Ook deze metingen zijn steeds gedurende enkele uren overdag benedenwinds van het bedrijf uitgevoerd. Meting C2 vond specifiek benedenwinds van de HODI plaats (zie ook de toelichting bij Tabel 28 in paragraaf 4.5).

Tabel 24. Werkdaggemiddelde concentraties metalen op de intensieve meetdagen (in ng m⁻³)

Locatie	Chroom	Lood	Mangaan	Nikkel	Koper	Kobalt
L11, bwd, 2 juni	168	79	249	128	634	1,7
L11, bwd, 26 juni	75	70	349	62	476	< DL
L13, bwd 1, 14 juli	83	27	106	76	746	< DL
L14, bwd 2, 14 juli	49	27	67	34	325	< DL
C2, bwd, 25 september	312	< 10	377	111	169	< DL
C4, bwd, 13 oktober	139	255	207	69	521	< DL
C5, bwd, 14 oktober	153	239	161	106	1040	2,3
LC1, hele periode	15,6	17,0	39	11,6	99	0,4
Locatie	Alu- minium	Calcium	IJzer	Zink	Cadmium	Antimoon
L11, bwd, 2 juni	3050	1847	6590	316	1,1	9,0
L11, bwd, 26 juni	1118	2827	3479	621	1,5	3,6
L13, bwd 1, 14 juli	829	1320	3340	175	< DL	2,3
L14, bwd 2, 14 juli	1020	< DL	2190	330	< DL	3,8
C2, bwd, 25 september	362	787	4000	116	< DL	3,1
C4, bwd, 13 oktober	1150	1310	4740	1010	3,5	3,3
C5, bwd, 14 oktober	803	1100	5960	8040	15,2	3,5
LC1, hele periode	260	547	691	113	1,9	2,3

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

De resultaten in Tabel 24 bevestigen wat ook al uit het continue metingen naar voren kwam, namelijk dat door de emissies van het bedrijf de concentraties chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper, zink en lood benedenwinds van het bedrijf verhoogd zijn, met piekwaarden tot 50 maal het achtergrondniveau (zie Tabel 16). Tijdens de intensieve metingen waren ook de concentraties aan aluminium en calcium verhoogd. Ook deze elementen worden door het bedrijf geëmitteerd, maar omdat hun achtergrondconcentratie in de buitenlucht al hoog is waren de emissies in de 24-uursgemiddelde waarden van het continue onderzoek (zie Tabel 16) niet duidelijk waarneembaar. Tijdens de immissiemetingen uit het chroom (VI) onderzoek is ook twee maal een verhoogde concentratie aan cadmium gemeten; op één van deze dagen (namelijk 14 oktober) werd een nikkel-

aluminium brons product gegoten. Dit bevestigt het beeld uit de resultaten van de continue metingen (zie paragraaf 4.3.7).

In Tabel 24 vallen enkele zaken op. Bij meting C5 werden een extreem hoge concentratie zink (8000 ng m^{-3}) en relatief hoge concentraties koper, lood en cadmium (respectievelijk 1040, 239 en $15,3 \text{ ng m}^{-3}$) gemeten. De concentraties van de andere metalen waren van hetzelfde niveau als bij de andere intensieve metingen.

Bij meting C2, benedenwinds van de HODI, werden zoals mocht worden verwacht alleen die metalen gevonden, die uit de HODI worden geëmitteerd (zie Tabel 29), namelijk chroom, nikkel, ijzer, mangaan en, in lagere hoeveelheden, koper en zink. De concentraties chroom en mangaan benedenwinds van de HODI zijn duidelijk hoger dan bij de andere intensieve metingen.

Verder valt op dat de concentratie aan lood bij de metingen C4 en C5 hoog is.

De emissies aan metalen zijn met name verhoogd tijdens de gietactiviteiten. Echter, ook tijdens perioden dat niet wordt gegoten, worden er metaalhoudende stofdeeltjes uitgestoten, onder meer uit de bramerij en smelterij (waar gedurende de hele werkdag activiteiten plaatshebben), uit de HODI en door verwaaing van stofdeeltjes van de daken van de bedrijfshallen.

De resultaten op meetpunt LI4 geven aan dat tijdens werkuren de concentraties metalen ook op grotere afstand (in dit geval 140 m) benedenwinds van het bedrijf verhoogd zijn, zij het in mindere mate dan op afstanden tot circa 100 m. Opvallend is ook dat voor enkele elementen (aluminium en zink) op locatie LI4 hogere waarden zijn gevonden dan op locatie LI3. Voor de meeste elementen zijn de concentraties op LI4 echter ongeveer half zo hoog als die op locatie LI3.

De ‘werkdaggemiddelde’ concentraties zijn gemiddeld genomen hoger dan de 24-uursgemiddelde waarden bij ‘wind van het bedrijf’ uit Tabel 16. Dit is niet verwonderlijk, aangezien tijdens de 24-uur bemonstering een soort verdunning optreedt, omdat de concentraties buiten de werkdag lager zijn dan tijdens de werkdag.

4.4.8 PAK's

De ‘werkdaggemiddelde’ concentraties aan PAK's op de intensieve dagen en gemiddeld over de hele meetperiode zijn vermeld in Tabel 25. Net als in Tabel 17 zijn zowel de totaalconcentraties aan EPA³¹ PAK's als de concentraties benzo(a)pyreen gegeven.

Tabel 25. Gemiddelde concentraties PAK's op de intensieve meetdagen (in ng m^{-3})

	2 juni	26 juni	14 juli		Hele meetperiode
	LI1 bwd	LI2 bwd	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	LC1 vast
Som EPA PAK's	---	204	557	246	62
Benzo(a)pyreen	---	0,11	0,07	0,07	0,13

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

Op 2 juni heeft geen bemonstering op PAK's plaatsgehad.

De gemeten PAK concentraties op de intensieve meetdagen zijn verhoogd, terwijl dat niet het geval was bij de 24-uursmetingen in het continu onderzoek op dagen dat de wind van het bedrijf afkomstig was (zie paragraaf 4.3.8). Uit het emissieonderzoek is gebleken dat de PAK's met name vrijkomen tijdens gietactiviteiten in de vormrij handesgietwerk. Blijkbaar leiden deze kortstondige emissies wel tot een verhoging in de 'werkdaggemiddelde' concentraties aan PAK's, maar is ze door het in de vorige paragraaf genoemde verdunningseffect niet meer merkbaar in de 24-uursgemiddelde waarden. Hoewel de totaalconcentraties aan EPA PAK's op de intensieve meetdagen verhoogd waren, is dat niet het geval voor benzo(a)pyreen. Uit de analysegegevens is af te leiden dat de op de intensieve meetdagen bemonsterde PAK's vooral tot de categorie vluchtige PAK's behoren (onder andere naftaleen, fenentheen en fluorantheen), terwijl deeltjesgebonden PAK's als benzo(a)pyreen en benzo(ghi)peryleen nauwelijks in verhoogde mate voorkomen. Dit komt overeen met de resultaten van de emissiemetingen.

4.4.9 Respirabel kwarts

Op twee van de drie intensieve meetdagen is benedenwinds van het bedrijf de 'werkdaggemiddelde' concentratie respirabel kwarts gemeten. De meting op 2 juni op locatie L11 is namelijk mislukt door een gescheurd filter. De resultaten van de metingen staan in Tabel 26. Naast de gemeten concentraties op de intensieve dagen is in deze tabel ook de gemiddelde concentratie van de metingen op het vaste meetpunt LC1 weergegeven.

Tabel 26. Gemiddelde concentraties respirabel kwarts (in $ng\ m^{-3}$)

	2 juni	26 juni	14 juli	Gemiddelde hele periode LC1
Kwarts	---	830	2410	540

De concentraties op de intensieve meetdagen zijn van hetzelfde niveau als die van de 24-uursbemonsteringen op dagen dat de wind van het bedrijf naar meetpunt LC1 woei en duidelijk hoger dan op andere dagen (zie Tabel 18). Deze resultaten bevestigen dat het bedrijf een bijdrage levert aan de concentratie respirabel kwarts in de lucht in de omgeving van Van Voorden.

4.4.10 Vluchtige aldehyden

Tijdens de intensieve meetdagen zijn benedenwinds van het bedrijf bemonsteringen uitgevoerd naar de aanwezigheid in de omgevingslucht van vluchtige aldehyden. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Tabel 27. Omdat aldehyden niet zijn gemeten in het continu onderzoek, zijn de gemeten gehalten op de intensieve meetdagen vergeleken met achtergrondwaarden in de buitenlucht in Nederland (Mennen *et al.*, 1997)

Tabel 27. Gemiddelde concentraties aldehyden op de intensieve meetdagen (in $\mu\text{g m}^{-3}$)

	2 juni	26 juni	14 juli		Achtergrond in Nederland
	LI1 bwd	LI2 bwd	LI3 bwd 1	LI4 bwd 2	
Formaldehyde	5	3	6	3	2,3
Aceetaldehyde	22	7	11	6	2,3

bwd = benedenwinds; bwd 1 = benedenwinds dichterbij; bwd 2 = benedenwinds verder weg

Andere aldehyden dan de twee in Tabel 27 genoemde zijn niet aangetoond. De in Zaltbommel gemeten concentraties formaldehyde en aceetaldehyde liggen boven het achtergrondniveau. Het verschil met het achtergrondniveau is, op één meting na (die van aceetaldehyde op 2 juni), echter geringer dan voor bijvoorbeeld de metalen. Uit het emissieonderzoek is gebleken dat beide aldehyden vrijkomen tijdens het gieten van ferrolegeringen als gevolg van reacties van het bindmiddel in het vormzand. Echter, onduidelijk is waarom de concentraties aceetaldehyde hoger zijn dan die van formaldehyde, terwijl de emissies van aceetaldehyde juist lager uitvielen. Uit navraag bij Van Voorden blijkt dat de gebruikte furaanhars een klein percentage aceton bevat. Volgens de leverancier van de hars is het goed mogelijk dat tijdens het gieten de aceton omgezet wordt in aceetaldehyde. Waarschijnlijk hangt de mate van omzetting af van de omstandigheden tijdens het gietproces en dit zou kunnen verklaren waarom de ene keer iets meer formaldehyde wordt geëmitteerd en de andere keer iets meer aceetaldehyde. Volgens de leverancier van de hars is dit in Duitsland een bekend fenomeen.

4.5 Luchtmetingen op zeswaardig chroom

De recovery van zeswaardig chroom in de impingers waaraan van tevoren een vaste hoeveelheid Cr(VI)-oplossing was toegevoegd (zie paragraaf 3.2.3) bedroeg gemiddeld 88% (72 tot 105%). Dit geeft aan dat er tijdens de bemonstering een beperkte omzetting van Cr(VI) in Cr(III) heeft plaatsgehad van gemiddeld ongeveer 10%. Alleen bij de meting nabij de dakventilator van de HODI viel de recovery iets lager uit, namelijk 66%. De analyses van de impingers waaraan van te voren een vaste hoeveelheid Cr(III)-oplossing was toegevoegd wees uit dat er vrijwel geen omzetting van Cr(III) in Cr(VI) had plaatsgevonden (minder dan 2%). De totale meetfout als gevolg van deze resultaten, het verdampen van een deel van de vloeistof tijdens de bemonstering en de meetfout in het volume bemonsterde lucht is berekend op maximaal 20% voor de immisiemetingen en op circa 50% voor de emissiemeting bij de HODI.

In Tabel 28 is een overzicht gegeven van alle gemeten concentraties zeswaardig chroom. Ook de concentraties totaal chroom en TSP zijn vermeld en het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom. De metingen zijn gerangschikt naar type.

Tabel 28. Resultaten van de metingen op zeswaardig en totaal chroom

Locatie	Type meting	Concentratie Cr(VI) (ng m ⁻³)	Concentratie Cr totaal (ng m ⁻³)	Percentage Cr(VI)/Cr totaal	Concentratie TSP (µg m ⁻³)
C3	Emissie HODI ¹⁾	55	n.g. ²⁾	n.g. ²⁾	n.g. ²⁾
C10	Emissie HODI	180 ³⁾	9200	2%	1950
C9	Emissie hal 12	< 5	8740	< 0,1%	4100
C2	Imm. ben. HODI	20,3	312	6,5%	48,5
C4	Imm. ben. hal 12	0,7	139	0,5%	115
C5	Imm. ben. hal 12 ⁴⁾	1,3	153 ⁵⁾	(0,8%) ⁵⁾	103 ⁵⁾
C6	Imm. achtergrond	0,4	< 2,0	(20%)	43
C8	Imm. achtergrond	0,5	4,7	11%	45,2
C7	Imm. achtergrond ⁶⁾	0,5	32,4	1,5%	91
C1	Imm. achtergrond ⁷⁾	1,5	7,3	21%	30,8

1) Meting aan de rand van het dak van de HODI. Door praktische omstandigheden kon geen meting direct bij de dakventilator worden verricht. Dat is bij de andere emissiemeting bij de HODI (C10) wel gebeurd.

2) Het filter is tijdens de bemonstering gescheurd.

3) Gemiddelde waarde van twee metingen, waarvan de afzonderlijke waarden sterk verschilden, respectievelijk 95 en 265 ng m⁻³.

4) De wind was aanvankelijk afkomstig uit het oosten, maar is later op de dag ook een aantal uren noordoostelijk geweest en daarmee afkomstig van de HODI.

5) De bemonstering op TSP en totaal chroom heeft slechts 5 uur geduurd (onjuist geprogrammeerde timer), terwijl zeswaardig chroom gedurende 24 uur is bemonsterd.

6) Deze meting was bedoeld als achtergrondmeting, maar de wind bleek gedurende een aantal uren afkomstig te zijn geweest uit de richting van het bedrijf, in het bijzonder hal 12 (zuidoostelijk).

7) Deze meting was bedoeld als achtergrondmeting, maar achteraf is gebleken dat de wind tijdens de meetperiode draaide van noordwest naar oostzuidoost. De wind was gedurende een aantal uren overdag afkomstig uit de richting van het bedrijf (noordnoordwestenwind).

De concentraties aan andere metalen die gemeten zijn bij de immissiemetingen van het chroom (VI) onderzoek zijn verwerkt in de Tabellen 16 (daggemiddelde waarden) en 24 (werkdaggemiddelde waarden). De gemeten emissieconcentraties van de andere metalen zullen hieronder worden besproken.

Emissiemetingen

Uit de metingen blijkt dat bij de HODI zeswaardig chroom wordt uitgestoten. Bij de dakventilator is een gemiddelde concentratie van 180 ng m⁻³ gemeten (meting C10) en aan de rand van het dak van de HODI, dus niet direct bij de opening van de ventilator, een concentratie van 55 ng m⁻³ (meting C3). De meetwaarden van de twee duplo bepalingen bij de ventilator bedroegen afzonderlijk respectievelijk 95 en 265 ng m⁻³. Het relatief grote verschil tussen beide waarden kan onder meer verklaard worden doordat de bemonstering niet in een laminair stromingsprofiel heeft plaatsgevonden. De meetwaarde moet als indicatief worden beschouwd, te meer ook daar de werkelijke emissie zal

fluctueren, afhankelijk van de soort en omvang van de processen in de HODI. De concentratie totaal chroom bij de dakventilator bedroeg 9200 ng m^{-3} oftewel $9,2 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$. Het percentage zeswaardig chroom was ongeveer 2%. In Tabel 29 zijn de concentraties van de andere metalen vermeld. Ter vergelijking zijn ook de op basis van kentallen geschatte emissieconcentraties bij de HODI, afkomstig uit de rapportage van het emissieonderzoek (Broekman *et al.*, 2003), weergegeven. Qua orde van grootte komen de gemeten en geschatte concentraties redelijk overeen, gegeven het indicatieve karakter. De concentratie TSP bij de dakventilator bedroeg $1950 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$, een waarde die ongeveer overeenkomt met resultaten van metingen door Pro Monitoring (1999).

Tabel 29. Resultaten van de metingen op andere metalen bij de emissiepunten

Metaal	Emissieconcentr. HODI Meting C10 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Emissieconcentr HODI o.b.v. kentallen ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Emissieconcentr hal 12 Meting C9 ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Emissieconcentr hal 12 Emissieonderzoek ($\mu\text{g m}^{-3}$)
Chroom	9,2	26	8,7	27
Lood	< 0,5	1	32,1	241
Mangaan	24	82	59	97
Nikkel	13	12	1,1	4,0
Koper	4,2	1	5,6	73,6
Aluminium	< 5	-	30,9	486
IJzer	489	211	154	397
Zink	2,3	-	253	674
Cadmium	< 0,05	-	0,7	2,7
Antimoon	0,07	-	0,3	2,8

Uit hal 12 komt geen aantoonbaar zeswaardig chroom vrij. De concentratie TSP bij deze emissiemeting komt qua orde van grootte redelijk overeen met het resultaat van de bepaling bij het emissieonderzoek (4,1 respectievelijk $9,3 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$).

In Tabel 29 zijn de emissieconcentraties van de andere metalen opgenomen en vergeleken met die uit het emissieonderzoek. De concentraties aan chroom, ijzer, mangaan, nikkel, zink en cadmium bedragen 25 tot 50% van de waarden die bij het emissieonderzoek zijn gevonden. De concentraties aan lood, koper en aluminium vallen bij meting C9 veel lager uit. Bij beide metingen werd een gietstuk van Mohard 454 vervaardigd, maar bij de meting tijdens het emissieonderzoek bedroeg het gietgewicht in totaal 7700 kg (twee gietstukken) en bij meting C9 5000 kg (drie gietstukken). Een ander verschil was dat bij de meting tijdens het emissieonderzoek er vrijwel direct onder de dakventilator waar de emissiemetingen plaatsvonden werd gegoten, terwijl bij meting C9 het gieten tussen twee dakventilatoren in plaatsvond. Dit verklaart de lagere concentraties aan chroom, ijzer, mangaan en nikkel bij meting C9. De andere metalen (zink, cadmium, lood, koper en

aluminium) komen voor zover bekend niet voor in de betreffende legering, maar mogelijk wel als verontreiniging in de legeringsmetalen.

Immissiemetingen

De metingen C6 tot en met C8 geven aan dat de achtergrondconcentratie aan zeswaardig chroom circa $0,5 \text{ ng m}^{-3}$ bedraagt. Bij meting C7 heeft de wind weliswaar gedurende enkele uren uit de richting van hal 12 gewaaid, maar daar wordt geen zeswaardig chroom geëmitteerd. De in Zaltbommel gemeten achtergrondconcentraties zijn hoger dan de resultaten van achtergrondmetingen in Bilthoven (Mennen *et al.*, 1998), waar concentraties van $<0,1$ tot $0,2 \text{ ng m}^{-3}$ werden gevonden. De meetwaarden in Zaltbommel zijn wel vergelijkbaar met concentraties gemeten op rurale en stedelijke locaties in de USA en Canada, die variëren van $0,1$ tot enkele ng m^{-3} . In Mennen *et al.* (1998) is een overzicht gegeven van deze meetresultaten.

Benedenwinds van de HODI komen verhoogde concentraties zeswaardig chroom voor in de leefomgeving, tot 20 ng m^{-3} als ‘werkdaggemiddelde’ (meting C2). Uit de metingen C1 en C5 is af te leiden dat ook daggemiddeld verhoogde concentraties van circa $1,5 \text{ ng m}^{-3}$ voorkomen als de wind – in ieder geval een deel van de werkdag – van de HODI af komt (zie de noten 4 en 7 bij Tabel 28)

Bij meting C4, benedenwinds van hal 12, werd een concentratie gemeten die nauwelijks hoger is dan de achtergrondwaarde ($0,7 \text{ ng m}^{-3}$). Bij de andere meting benedenwinds van hal 12 (C5) werd een hogere concentratie gevonden, maar waarschijnlijk hebben emissies uit de HODI daarbij een rol gespeeld. Volgens het eerder genoemde overzicht van meetresultaten voor zeswaardig chroom in andere studies (Mennen *et al.*, 1998) variëren de concentraties op door industrie belaste locaties in de USA en Canada van $0,5$ tot 100 ng m^{-3} . In Nederland zijn metingen verricht nabij houtverduurzamingsbedrijven, waar ook zeswaardig chroom wordt geëmitteerd. De aldaar aan de terreingrens en in de directe omgeving gemeten concentraties waren, bij wind vanaf het bedrijf, van dezelfde orde van grootte (<1 tot 60 ng m^{-3}).

Het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom in de lucht rondom het bedrijf Van Voorden varieert van minder dan 1 tot ongeveer 20%, waarbij de hoogste percentages voorkomen als de wind afkomstig is van het bedrijf. De gevonden percentages zijn vergelijkbaar met resultaten uit eerder onderzoek (Mennen *et al.*, 1998). Opvallend is dat het percentage zeswaardig chroom bij de emissiemeting bij de HODI slechts 2% bedraagt, terwijl op leefniveau benedenwinds hogere percentages voorkomen. Mogelijk is de concentratie zeswaardig chroom in de lucht die de HODI verlaat onderschat door de eerder genoemde beperkingen bij de bemonstering (niet isokinetisch; geen laminair stromingsprofiel).

De concentraties TSP bij de immissiemetingen C4 en C5, benedenwinds van hal 12, waren vergelijkbaar met de waarden gemeten op de intensieve meetdagen (Tabel 22). Ze bevestigen dat op werkdagen bij wind vanaf het bedrijf verhoogde concentraties stof

voorkomen in de leefomgeving.

De concentraties TSP bij de metingen C1, C6 en C8 (en ook C2) waren van vergelijkbaar niveau als de gemiddelde waarde uit de continue metingen (Tabel 13). Meting C2 vond benedenwinds van de HODI plaats. Blijkbaar zijn de stofemissies uit deze bedrijfsruimte lager dan die uit de voormalig handelsonderzoek. Ook liggen de andere bedrijfsruimten waar stof wordt geëmitteerd (de slijperij en de bramerij) iets verder weg van deze meetlocatie. Bij de achtergrondmeting C7 was de TSP concentratie relatief hoog. De verklaring hiervoor is dat tijdens deze meting de wind enige tijd van hal 12 afkomstig was. Ook de concentraties totaal chroom en andere metalen (zie Tabel 16) waren verhoogd.

4.6 Depositieonderzoek

Uit de analyseresultaten van de veegmonsters is de depositie (dat is de hoeveelheid van een stof per oppervlak) aan metalen en elementen berekend. In Tabel 30 zijn de gemiddelden en de laagste en hoogste waarden van de depositie van een aantal metalen en andere elementen op de bemonsterde locaties weergegeven. Vermeld zijn de metalen die op grond van de resultaten van het emissieonderzoek zouden worden onderzocht, aangevuld met enkele 'bekende' toxische elementen. Van andere elementen week de gemeten depositie niet af van de normaal voorkomende waarden. Ter vergelijking zijn in de tabel ook waarden uit andere onderzoeken opgenomen.

De depositiegegevens in de tabel hebben betrekking op een periode van 10 dagen, waarover ze zijn vastgesteld. Om de depositieflux te berekenen (dat is de hoeveelheid die per tijdseenheid deponert op een oppervlak, uitgedrukt in $\mu\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) moeten de waarden in Tabel 30 door 10 worden gedeeld.

Bij het berekenen van de gemiddelden en de laagste en hoogste waarden is één locatie, namelijk V8 (vensterbank van de woning bij locatie LC2), niet meegenomen omdat hier van enkele metalen uitzonderlijk hoge waarden werden gevonden die naar alle waarschijnlijkheid niet zijn veroorzaakt door depositie van stofdeeltjes van Van Voorden. De op deze locatie gemeten deposities zijn daarom apart vermeld in de tabel. De meetwaarden op de andere locaties vertoonden weliswaar enige spreiding en variatie, maar op geen van de meetpunten werden uitzonderlijk hoge of lage deposities van één of meer metalen gevonden. Dit is te verklaren doordat in de dagen voorafgaand aan de monsternamen de wind uit uiteenlopende richtingen heeft gewaaid, zodat door Van Voorden geëmitteerde stofdeeltjes in alle richtingen zijn verspreid.

Ook is geen significant verschil gevonden tussen de resultaten van de monsters die zijn genomen zonder dat het oppervlak van te voren was gereinigd (op 2 juni) en de monsters van gereinigde oppervlakken (genomen op 26 juni). Een verklaring hiervoor kan zijn dat beide monsternamen plaatsvonden na een ongeveer even lange periode met droog weer.

Tabel 30. Gemiddelde, laagste en hoogste waarden van de depositie aan metalen (in $\mu\text{g m}^{-2}$) in Zaltbommel tijdens de meetperiode en referentiegegevens uit andere onderzoeken

Locatie	Chroom	Lood	Mangaan	Nikkel	Koper	Kobalt
Zaltbommel, V1 –V7 en V9 –V19	264 <i>11-1850</i>	176 <i>10-545</i>	311 <i>36-900</i>	133 <i>11-510</i>	660 <i>58-2200</i>	5 <i>1-12</i>
Zaltbommel, V8	80	13700	308	68	414	13
Referentiegegevens (diverse locaties) ¹⁾	15 <i>3-100</i>	80 <i>5-1100</i>	160 <i>3-900</i>	8 <i>1-60</i>	50 <i>2-520</i>	6 <i>1-30</i>
Locatie	Aluminium	Calcium	IJzer	Zink	Cadmium	Barium
Zaltbommel, V1 –V7 en V9 –V19	3860 <i>380-9780</i>	12900 <i>3300-34500</i>	11900 <i>1190-30000</i>	450 <i>83-1380</i>	2,4 <i>0,5-11</i>	101 <i>10-280</i>
Zaltbommel, V8	4620	15200	13200	3200	3	7000
Referentiegegevens (diverse locaties) ¹⁾	3000 <i>60-18000</i>	7000 <i>200-25000</i>	5300 <i>100-28500</i>	240 <i>5-1800</i>	3,5 <i>0,3-19</i>	130 <i>5-680</i>

¹⁾ Chan *et al.*, 1986; Noll *et al.*, 1990; Foltescu *et al.*, 1994; Kliet *et al.*, 1995; Ylärinta, 1995; Fang *et al.*, 1997; Caffrey *et al.*, 1998; Reimann en de Caritat; 1998; Paode *et al.*, 1998; Sufuoglu *et al.*, 1998; Zufall *et al.*, 1998; Paode *et al.*, 1999; RIVM, 2000.

De depositie aan chroom, koper en nikkel op de bemonsterde locaties in Zaltbommel is hoger dan de normaal voorkomende waarden³⁴. In beperkte mate geldt dit ook voor ijzer, mangaan, zink en lood. Waarschijnlijk zijn stofdeeltjes afkomstig van Van Voorden hier de oorzaak van. De genoemde metalen zijn immers ook bij de luchtmetingen op meetpunt LC1 tijdens perioden met wind vanaf het bedrijf in verhoogde concentratie aangetroffen (zie Tabel 16). Van de andere metalen in Tabel 30 is de gemeten depositie niet verhoogd, ofwel omdat ze niet of in zeer geringe mate door het bedrijf worden geëmitteerd (bijvoorbeeld barium), ofwel omdat de ‘van nature’ voorkomende depositie al relatief hoog is (bijvoorbeeld voor aluminium).

Op locatie V8 zijn zeer hoge deposities van lood, barium en zink gevonden. De oorzaak hiervan moet worden gezocht in een andere bron dan het bedrijf. Op de bemonsterde locaties het dichtst bij locatie V8 zijn geen hogere deposities van deze metalen aangetroffen. Dit duidt op een zeer lokale bron.

³⁴ Lees: de referentiegegevens. Hierbij moet de kanttekening worden gemaakt dat er slechts op beperkte schaal gegevens van de depositie aan metalen beschikbaar zijn. Bovendien is de spreiding in referentiewaarden al groot. Het is echter evident dat van enkele metalen in Zaltbommel verhoogde waarden zijn gevonden.

4.7 Gras- en bodemonderzoek

De gemeten gehalten aan metalen in gras op de acht bemonsterde locaties zijn gegeven in Tabel 31. Vermeld zijn wederom de metalen die op grond van de resultaten van het emissieonderzoek zouden worden onderzocht, aangevuld met enkele ‘bekende’ toxische elementen. Van andere elementen weken de gemeten gehalten niet af van de normaal voorkomende waarden.

Ter vergelijking zijn in de tabel ook waarden van referentielocaties uit andere onderzoeken opgenomen.

Tabel 31. Gehalten aan metalen (in mg/kg veldvochtig gras) op de meetlocaties in Zaltbommel en referentiegegevens uit andere onderzoeken

Locatie	Chroom	Lood	Mangaan	Nikkel	Koper	Kobalt
G1	0,5	0,8	11	1,0	7,2	0,04
G2	0,1	0,6	11	0,4	3,3	0,04
G3	0,1	0,1	19	0,5	3,6	0,01
G4	0,8	0,5	17	0,8	5,2	0,04
G5	0,1	1,3	14	0,4	4,1	0,04
G6	0,6	0,5	24	0,8	4,7	0,05
G7	0,9	12,7	39	1,3	5,4	0,37
G8 (lokale referentie)	0,1	0,3	31	0,2	2,3	0,03
Referentiegegevens (diverse locaties) ¹⁾	0,1-0,4	0,2-1,5	10-80	0,1-0,7	1,5-3	0,01-0,05
Locatie	Aluminium	Calcium	IJzer	Zink	Cadmium	Barium
G1	38	2069	97	15	0,04	6,5
G2	49	2012	94	10	0,02	8,2
G3	10	1612	41	20	0,06	5,6
G4	39	3660	118	12	0,05	9,2
G5	42	2427	96	18	0,02	7,3
G6	58	2044	142	10	0,03	8,0
G7	381	4158	826	22	0,15	15,1
G8 (lokale referentie)	28	1831	61	8	0,07	10,4
Referentiegegevens (diverse locaties) ¹⁾	15-50	1000-2000	25-100	5-25	0,01-0,06	3-10

¹⁾ Broekman *et al.*, 2001a; Broekman *et al.*, 2001b; Cleven *et al.*, 1992; Mennen, 2001; Mennen *et al.*, 2001; Slooff *et al.*, 1987; Slooff *et al.*, 1989; van Bruggen *et al.*, 2001.

Op enkele van de bemonsterde locaties (behalve de referentielocatie G8) blijken er licht verhoogde gehalten aan enkele metalen in gras voor te komen. Het gaat daarbij om koper (op vrijwel alle plaatsen licht verhoogd), chroom, nikkel, lood en ijzer (op enkele plaatsen licht verhoogd). Bovendien is het grasmonster van locatie G7, een braakliggend terrein

nabij een begraafplaats ten noorden van het bedrijf, sterk verontreinigd met lood, ijzer en aluminium. De oorzaak van deze verontreiniging moet waarschijnlijk in een zeer lokale bron worden gezocht en niet in emissies van Van Voorden.

De gehalten aan metalen in de bodemmonsters van de vier bemonsterde locaties zijn vermeld in Tabel 32. Opgemerkt wordt dat de vier monsters in dit onderzoek niet zijn genomen volgens de procedures bij onderzoeken in het kader van de Wet bodembescherming, omdat het voornaamste doel was na te gaan of verhoogde gehalten metalen in gras afkomstig waren van directe depositie of van opname uit de bodem.

Tabel 32. Gehalten aan metalen in de bodem (in mg/kg d.s.) op de meetlocaties in Zaltbommel en achtergrond-, streef- en interventiewaarden

Locatie	Chroom	Lood	Mangaan	Nikkel	Koper	Kobalt
G1	9	22	228	5	15	1,7
G2	36	90	697	27	64	7,4
G3	29	98	522	23	40	7,4
G8 (lokale referentie)	54	45	676	38	34	10,5
Gemiddelde eerdere bodemonderzoeken	27	146	n.b.	20	63	n.b.
Maximum eerdere bodemonderzoeken	40	390	n.b.	28	140	n.b.
Achtergrondwaarden (diverse locaties) ¹⁾	10-120	10-150	200-800	5-50	5-50	3-15
Streefwaarde	100	85	n.v.	35	36	9
Interventiewaarde ²⁾	380	350	n.v.	210	190	240
Locatie	Aluminium	Calcium	IJzer	Zink	Cadmium	Barium
G1	5300	1870	4900	38	0,3	34
G2	17.100	15.700	22.400	140	0,7	191
G3	16.100	10.800	16.700	150	0,7	152
G8 (lokale referentie)	33.600	12.700	26.200	130	0,8	200
Gemiddelde eerdere bodemonderzoeken	n.b.	n.b.	n.b.	146	0,45	n.b.
Maximum eerdere bodemonderzoeken	n.b.	n.b.	n.b.	250	0,61	n.b.
Achtergrondwaarden (diverse locaties) ¹⁾	2000-60.000	1500-25.000	2000-40.000	20-200	0,1-3	200-800
Streefwaarde	n.v.	n.v.	n.v.	140	0,8	160
Interventiewaarde ²⁾	n.v.	n.v.	n.v.	720	12	625

¹⁾ Broekman *et al.*, 2001b; Cleven *et al.*, 1992; Janus *et al.*, 1999; Reimann en de Caritat, 1998; Slooff *et al.*, 1987; Slooff *et al.*, 1989.

²⁾ Voor een standaardbodem met 10% organisch stof en 25% lutum.

n.v. = niet vastgesteld

n.b. = niet bepaald

In Tabel 32 zijn ook waarden uit eerder verrichte bodemonderzoeken tussen 1990 en heden opgenomen. Deze bodemonderzoeken zijn wel uitgevoerd in het kader van de Wet bodembescherming. In totaal blijken er acht bodemonderzoeken te zijn verricht, waarvan vijf op het terrein van de gieterij en drie in de leefomgeving.

De bodemonderzoeken op het terrein van de gieterij worden hier verder buiten beschouwing gelaten. Het gaat immers om een onderzoek in de leefomgeving. Wel is van belang dat uit de onderzoeken van het terrein vast is komen te staan dat de bodem daar weliswaar ernstig verontreinigd is, maar dat deze verontreiniging voornamelijk aanwezig is in de toplaag (tot 0,5 m -mv) van het terrein en deze door de aanwezige (voor het water) ondoordringbare kleilagen in de onderliggende bodemlagen niet heeft geleid tot een ernstige verontreiniging van het grondwater. De kans op verspreiding van de schadelijke stoffen naar aangrenzende percelen rondom de gieterij wordt dan ook zeer gering geacht.

Van de drie bodemonderzoeken in de leefomgeving dateert er één uit 1993, terwijl de andere twee in 1999 respectievelijk 2000 zijn verricht (Verhoeven, 1999; NIPA, 2000). De resultaten uit het, overigens beperkte, onderzoek van 1993 zijn hier niet gebruikt. Van de gegevens uit de beide andere onderzoeken, in totaal 17 monsters, zijn de gemiddelde en de maximale gehalten aan metalen in de bodem opgenomen in Tabel 32.

Ter vergelijking zijn in Tabel 32 ook de streefwaarden, de interventiewaarden en de achtergrondwaarden voor metalen in de bodem gegeven. De achtergrondwaarden (oftewel referentiewaarden) zijn gebaseerd op gegevens uit diverse onderzoeken en meetnetten. De streefwaarden zijn waarden, die in het milieubeleid worden gebruikt als toetswaarde voor schone grond; veelal liggen streefwaarden op hetzelfde niveau als achtergrondwaarden. Interventiewaarden geven het niveau aan waarbij een bodem als ernstig verontreinigd wordt beschouwd. De interventiewaarden worden in het milieubeleid gebruikt om te bepalen of een verontreinigde bodem al dan niet gesaneerd moet worden en met welke urgentie dat moet gebeuren.

De metaalgehalten in de bodem op de vier bemonsterde locaties wijken gemiddeld genomen niet af van de streef- en achtergrondwaarden. Op geen van de locaties zijn 'hoge uitschieters' gevonden en de gemeten gehalten liggen ruim onder de interventiewaarden. Ook in de eerder verrichte bodemonderzoeken werden geen verhoogde gehalten aan chroom, nikkel en cadmium gevonden. Zelfs de hoogste gehalten van deze elementen lager onder de streefwaarde. Voor zink lag het gemiddelde rond de streefwaarde, maar werden op enkele plaatsen licht verhoogde gehalten gevonden (tot 250 mg/kg), die echter nog altijd ruim onder de interventiewaarde lagen. Koper en lood zijn wel in verhoogde mate aangetroffen, gemiddeld genomen ruim 1,5 maal zo hoog als de streefwaarde. Op één plaats werd een loodgehalte boven de interventiewaarde aangetroffen. Dit betreft echter een zeer lokale verontreiniging (zogenaamde hot spot), aangezien in een ander bodemonster van hetzelfde perceel het loodgehalte veel lager was (140 mg/kg). Ook in de nabijgelegen percelen lag het loodgehalte ruim onder de interventiewaarde. De verhoogde gehalten aan koper in de grasmonsters zouden mede een gevolg kunnen

zijn van opname uit de bodem, aangezien ook daarin het kopergehalte verhoogd is. Voor de andere metalen, waarvan in het gras verhoogde waarden zijn gemeten (chroom, nikkel en ijzer), lijkt depositie van stofdeeltjes de belangrijkste oorzaak van de verhoging te zijn, aangezien zij in de bodem niet in verhoogde mate voorkomen.

Uit de meetresultaten van het depositieonderzoek zou berekend kunnen worden of de depositie aan metalen kan leiden tot verhoogde gehalten in de bodem. Deze berekening is uitgevoerd, waarbij is aangenomen dat de depositie gedurende 50 jaar heeft plaatsgevonden en de gedeponeerde metalen zijn opgenomen in de bovenste 10 cm van de bodem. Verder is verondersteld dat er geen uitloging plaatsvindt. Het op deze wijze berekende gehalte aan bijvoorbeeld chroom, lood en koper bedraagt respectievelijk 5, 4 en 14 mg/kg, welke waarden bij het achtergrondniveau moeten worden opgeteld. Kortom, de berekende bijdrage door depositie is relatief klein en geeft geen verklaring voor de geconstateerde verhoogde gehalten aan lood en koper in de bodem. Het is echter goed mogelijk dat de depositie in het verleden heeft afgeweken van de in dit onderzoek gemeten waarden die representatief worden geacht voor de periode vanaf het jaar 2000.

5. Evaluatie blootstelling en gezondheidsrisico's

In dit hoofdstuk wordt de (potentiële) blootstelling van omwonenden aan componenten die afkomstig zijn van de gieterij of eventuele andere bronnen bepaald en worden de mogelijke gezondheidsrisico's die dit zou kunnen opleveren, geëvalueerd. Eerst zal in paragraaf 5.1 een overzicht worden gegeven van alle relevante blootstellingsroutes en zullen enkele algemene aspecten van de risicobeoordeling worden toegelicht. In de daaropvolgende paragrafen wordt elke blootstellingsroute apart besproken, waarbij beschreven zal worden op welke wijze en op basis van welke meetgegevens de (potentiële) blootstelling wordt bepaald. Ook wordt voor elke route de berekende of gemeten blootstelling getoetst aan gezondheidkundige grenswaarden voor de gevonden stoffen om te bepalen de blootstelling mogelijk leidt tot een verhoogd gezondheidsrisico voor de omwonenden. Tenslotte wordt in paragraaf 5.4 een totaaloverzicht gegeven.

5.1 Blootstellingsroutes

Mensen kunnen via verschillende routes worden blootgesteld aan schadelijke stoffen: door inademing (inhalatoire blootstelling), via de mond (orale blootstelling) en via de huid (dermale blootstelling).

Inhalatoire blootstelling vindt plaats door inademing van gasvormige componenten of van stofdeeltjes in de lucht.

Bij blootstelling via de mond kan onderscheid gemaakt worden tussen inname van gedeponerd stof door zogenaamd hand-mond gedrag en consumptie van verontreinigd voedsel. Bij dit laatste kan gedacht worden aan het opeten van in eigen tuin gekweekte gewassen, maar ook aan consumptie van producten afkomstig van dieren (vlees, melk, eieren) die met de verontreinigde gewassen in aanraking zijn gekomen. Ingestie van gedeponerd stof is met name relevant voor kleine kinderen die immers vaak hand-mond gedrag vertonen.

Dermale blootstelling kan plaatsvinden door huidcontact met gassen of stofdeeltjes in de lucht of met gedeponerde stofdeeltjes. In het geval van Van Voorden speelt deze route geen rol, omdat de componenten die in de omgeving van de gieterij in verhoogde mate zouden kunnen voorkomen niet of nauwelijks via de huid worden opgenomen. Sommige van de aangetoonde stoffen, met name organische componenten zoals benzeen, kunnen wel door de huid worden opgenomen, maar dan vooral als men de component als vloeistof op de huid krijgt. In de leefomgeving rond de gieterij komen deze componenten echter alleen voor in gasvormige toestand in de lucht en de heersende concentraties zijn zo laag dat de opname via de huid verwaarloosbaar klein is.

Voorafgaand aan de bespreking van de verschillende blootstellingsroutes zullen eerst enkele algemene aspecten van de risicobeoordeling worden toegelicht.

Bij de evaluatie van gezondheidsrisico's wordt veelal onderscheid gemaakt tussen kortdurende blootstelling aan hoge concentraties en langdurige blootstelling aan lage concentraties. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat in praktijksituaties dit vaak het patroon is dat voorkomt (kortdurend hoog, langdurend laag). Cruciaal daarbij zijn de verschillende effecten die stoffen kunnen hebben op de gezondheid. Sommige stoffen veroorzaken geen effecten bij langdurige blootstelling aan lage concentraties (bijvoorbeeld omdat het lichaam kleine hoeveelheden van de stof gemakkelijk uitscheidt), maar wel bij een kortdurende blootstelling aan een hoge concentratie. Andere stoffen veroorzaken juist wel effecten bij langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties, onder meer omdat stoffen die zich in het lichaam ophopen. Ook zijn er stoffen die zowel bij kortdurende blootstelling aan hoge concentraties als bij langdurige blootstelling aan lage concentraties effecten kunnen bewerkstelligen. Het gaat dan meestal om verschillende effecten.

In de normstelling voor chemische stoffen voor de algehele bevolking wordt onderscheid gemaakt in *chronische* grenswaarden (voor langdurige blootstelling) en *acute* grenswaarden (voor kortdurende blootstelling). Voor wat betreft de *chronische* grenswaarden is er een verdere onderverdeling tussen *kankerverwekkende* en *niet-kankerverwekkende* stoffen. Bij niet-kankerverwekkende stoffen geeft de chronische grenswaarde de concentratie aan waaraan een mens gedurende een heel leven mag worden blootgesteld zonder dat daarvan schade voor de gezondheid zal ontstaan. Bij kankerverwekkende stoffen is de chronische grenswaarde gelijkgesteld aan de concentratie, waarvoor bij levenslange blootstelling het additioneel risico op kanker 1:10⁴ bedraagt. Dit betekent dat iemand die zijn hele leven wordt blootgesteld aan een concentratie die even hoog is als de grenswaarde een kans van 1 op de 10.000 loopt om kanker te krijgen. De kans van 1 op de 10.000 wordt door de Nederlandse overheid geaccepteerd als het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR).

Bij de normstelling wordt onderscheid gemaakt tussen de wijze waarop blootstelling plaatsvindt (door inademing, inname via de mond of opname via de huid), omdat deze bepaalt hoe een stof in het lichaam terechtkomt, hetgeen van invloed kan zijn op het effect dat de stof bewerkstelligt. Bij de bespreking van de verschillende blootstellingsroutes zullen alle relevante typen grenswaarden aan de orde komen.

Een ander belangrijk aspect bij de risicobeoordeling zijn de begrippen potentiële blootstelling en 'worst case' benadering. Bij de berekening van de blootstelling wordt vaak in eerste instantie uitgegaan van een 'worst case' benadering, dat wil zeggen er wordt berekend hoeveel schadelijke stoffen een omwonende in het ergste geval binnen krijgt. Bij deze benadering wordt bijvoorbeeld aangenomen dat een omwonende zich altijd bevindt op de plaats waar de hoogste concentraties in de lucht voorkomen of dat een omwonende dagelijks 200 gram groente uit eigen tuin consumeert. Beide situaties komen in werkelijkheid meestal niet voor.

De blootstelling die met deze benadering wordt berekend wordt de *potentiële blootstelling* genoemd. Als de potentiële blootstelling al onder de gezondheidkundige grenswaarden ligt, zal de actuele (werkelijke) blootstelling daar zeker ook onder liggen en is er geen

sprake van een verhoogd gezondheidsrisico door deze blootstelling. Als de potentiële blootstelling boven de gezondheidskundige grenswaarden ligt, zal een realistischer schatting van de actuele blootstelling worden gemaakt. Hierbij zal informatie over het activiteitenpatroon en het gedrag van omwonenden moeten worden gebruikt. Doel daarbij is om te komen tot een betrouwbaardere risico-uitspraak.

5.2 Inhalatoire blootstelling

Om de inhalatoire blootstelling aan gasvormige en stofgebonden componenten te bepalen kan gebruik worden gemaakt van de resultaten van de luchtmetingen uit het immissieonderzoek. Zoals gezegd wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde blootstelling over langere tijd en kortdurende blootstelling aan verhoogde concentraties gedurende een beperkte periode. Deze kunnen zich bijvoorbeeld voordoen tijdens het optreden van emissies uit de fabriek.

In dit onderzoek is per component als maat voor de gemiddelde inhalatoire blootstelling over langere tijd de gemiddelde concentratie op één van de twee meetpunten uit het continue onderzoek genomen. Vanuit de 'worst case' benadering is er voor gekozen steeds de hoogste gemiddelde concentratie van de twee meetpunten te nemen. Voor de meeste componenten, met name de componenten die door de gieterij worden uitgestoten, werd de hoogste waarde gemeten op meetpunt LC1. Voor de componenten die typerend zijn voor verkeeremissies (stikstofoxiden en PAK's) en ook voor zwaveldioxide en overige zwavelcomponenten, die door zowel het bedrijf als door verkeer worden geëmitteerd, was de gemiddelde concentratie het hoogst op meetpunt LC2. De werkelijke blootstelling van omwonenden zal lager zijn dan de gemiddelde concentraties op de meetpunten, omdat ze zich niet gedurende 24 uur per dag bij (één van) de meetpunten hebben bevonden ofwel omdat ze verder weg van de fabriek en de snelweg wonen. Ook moet bedacht worden dat de feitelijke inhalatoire blootstelling aan metalen lager is dan de gemeten concentraties, omdat een deel van het stof in de leefomgeving rond Van Voorden uit grove, niet-inhaleerbare deeltjes bestaat. Deze metalen kan men wel via inslikken binnen krijgen. Deze inname wordt in paragraaf 5.3.4 berekend.

Om de gemiddelde blootstelling aan zeswaardig chroom te schatten is de volgende benadering gehanteerd. Tijdens werkuren komen benedenwinds van het bedrijf verhoogde concentraties zeswaardig chroom voor van ongeveer 20 ng m^{-3} (meting C2 in Tabel 28). De daggemiddelde concentratie zal, uitgaande van deze waarde en de situatie dat de windrichting gedurende de hele dag constant is, ongeveer 6 tot 7 ng m^{-3} bedragen. De resultaten van de daggemiddelde metingen benedenwinds van het bedrijf (C1 en C5) vallen lager uit, namelijk ongeveer $1,5 \text{ ng m}^{-3}$, maar op die dagen heeft de wind slechts enkele uren van bedrijf naar meetlocatie gestaan.

Uit Figuur 1 is af te lezen dat op jaarbasis een bepaalde windrichting ongeveer 10 tot 20% van de tijd voorkomt, waarbij wind uit het zuidwesten het meest voorkomt en

noordenwind het minst. Op basis van de daggemiddelde concentratie benedenwinds (6 tot 7 ng m⁻³), het percentage dat een bepaalde windrichting (ten hoogste 20%) voorkomt en het gegeven dat in de weekenden en vakantieperioden – in totaal circa – geen emissies plaatsvinden, kan worden berekend dat de jaargemiddelde concentratie in de leefomgeving als gevolg van de emissies uit het bedrijf ongeveer 0,8 tot 0,9 ng m⁻³ bedraagt. Hier moet de achtergrondconcentratie (ongeveer 0,4 tot 0,7 ng m⁻³) nog worden bijgeteld, waarmee de jaargemiddelde concentratie op ongeveer 1,2 tot 1,6 ng m⁻³ komt. Deze berekening is gebaseerd op een beperkt aantal metingen, waardoor de onzekerheid in de berekende concentratie relatief groot is.

Voor de kortdurende blootstelling aan verhoogde concentraties is uitgegaan van de hoogste gemeten uurgemiddelde of (werk)daggemiddelde (afhankelijk van de meetduur) concentraties van *alle* metingen, dus zowel de continue als de intensieve. Verwacht zou worden dat, met name van componenten die door de gieterij worden uitgestoten, de hoogste concentraties gevonden zouden worden op de intensieve dagen. Van enkele componenten bleek de maximale concentratie op één van de meetpunten tijdens de continue metingen echter hoger te zijn dan die op de intensieve dagen. Vanuit het perspectief van de ‘worst case’ benadering is er voor gekozen om in die gevallen de maximale concentratie uit de continue metingen te nemen.

Uit onder meer Figuur 13 blijkt dat bepaalde emissies uit de gieterij kunnen leiden tot piekconcentraties in de leefomgeving die gedurende enkele minuten hoger zijn dan de maximale uurgemiddelde concentraties. Niettemin is er voor gekozen om bij de toetsing van de kortdurende blootstelling uit te gaan van uurgemiddelde waarden, omdat de acute grenswaarden ook geldig zijn voor een blootstellingsduur van minimaal een uur. In deze grenswaarden zijn effecten van hogere, kortdurende piekconcentraties verdisconteerd.

In Tabel 33 zijn de gemiddelde en de maximale uurgemiddelde of (werk)dag-gemiddelde concentraties aan stoffen vermeld met daarbij de bijbehorende chronische respectievelijk acute grenswaarden. De vermelde gemiddelde concentraties zijn gemeten op meetpunt LC1, tenzij in de tabel anders is aangegeven. De vermelde maximale concentraties zijn gemeten op één van de meetpunten van de intensieve dagen, tenzij in de tabel anders is aangegeven. De opgevoerde grenswaarden zijn ontleend aan bestaande toxicologische evaluaties door RIVM, US-ATSDR³⁵, US-EPA³⁶, WHO³⁷ of anderen. Voor bronverwijzingen wordt verwezen naar de literatuurlijst.

³⁵ Agency for Toxic Substances and Disease Registry, een Amerikaanse overheidsinstantie die onder meer gezondheidkundige grenswaarden voor stoffen in het milieu vaststelt.

³⁶ Environmental Protection Agency, een Amerikaanse overheidsinstantie die onder andere de toezicht en handhaving op milieugebied als taak heeft.

³⁷ World Health Organisation.

Tabel 33. Gemiddelde en maximale concentraties en bijbehorende chronische en acute grenswaarden

Component	Eenheid	Gemiddelde concentratie	Chronische grenswaarde	Maximale concentratie	Acute grenswaarde
Zwavel dioxide	$\mu\text{g m}^{-3}$	7,2 ¹⁾	20 ²⁾	58 ^{1,3)}	350 ⁴⁾
Waterstofsulfide	$\mu\text{g m}^{-3}$	1,1 ^{1,5)}	2 ⁶⁾	63 ^{1,3,5)}	99 ⁷⁾
Carbonylsulfide	$\mu\text{g m}^{-3}$	1,1 ^{1,5)}	1400 ⁸⁾	63 ^{1,3,5)}	n.v. ⁸⁾
Stikstofoxide	$\mu\text{g m}^{-3}$	6,3 ¹⁾	n.v. ⁹⁾	142 ^{1,3)}	n.v. ⁹⁾
Stikstofdioxide	$\mu\text{g m}^{-3}$	24	40	104 ^{1,3)}	200 ¹⁰⁾
Benzeen	$\mu\text{g m}^{-3}$	2,0	10 ¹¹⁾	6,1 ³⁾	160 ⁷⁾
Tolueen	$\mu\text{g m}^{-3}$	13	300	53 ³⁾	3800 ⁷⁾
Ethylbenzeen	$\mu\text{g m}^{-3}$	0,4	770	0,9 ³⁾	4400 ¹²⁾
Xylenen	$\mu\text{g m}^{-3}$	1,4	870	2,9 ³⁾	4400 ⁷⁾
Aromatische koolwaterstoffen	$\mu\text{g m}^{-3}$	1,6	200 ¹³⁾	3,1 ³⁾	n.v.
Alifatische koolwaterstoffen	$\mu\text{g m}^{-3}$	2,0	1000 ¹⁴⁾	4,5 ³⁾	n.v.
Gechloroerde alifatische koolwaterstoffen	$\mu\text{g m}^{-3}$	1,2	12 ¹⁵⁾	2,9 ³⁾	235 ¹⁵⁾
Isopropylalcohol	$\mu\text{g m}^{-3}$	34	2200	123 ³⁾	n.v.
Formaldehyde	$\mu\text{g m}^{-3}$	-	10	6	120 ¹⁶⁾
Acetaldehyde	$\mu\text{g m}^{-3}$	-	300 ¹⁷⁾	22	2000 ¹⁷⁾
Fijn stof	$\mu\text{g m}^{-3}$	30	40	69 ^{3,18)}	70 ¹⁹⁾
Aluminium	ng m^{-3}	260	10.000.000 ²⁰⁾	3050	n.v.
Antimoon	ng m^{-3}	2,3	3200 ²¹⁾	9,0	n.v.
Calcium	ng m^{-3}	547	7.000.000 ²²⁾	2830	n.v.
Cadmium	ng m^{-3}	1,9	5 ²³⁾	29,7 ³⁾	330 ²⁴⁾
Chroom	ng m^{-3}	15,6	60.000 ²⁵⁾	312	n.v.
Chroom (VI)	ng m^{-3}	1,2 tot 1,6 ²⁶⁾	2,5 ²⁵⁾	20,3	50 ²⁴⁾
Kobalt	ng m^{-3}	0,4	500	2,3	n.v.
Koper	ng m^{-3}	99	1000	1040	n.v.
Lood	ng m^{-3}	17,0	500	255	n.v.
Mangaan	ng m^{-3}	39	600	377	n.v.
Nikkel	ng m^{-3}	11,6	20 ²³⁾	128	n.v.
IJzer	ng m^{-3}	691	5.000.000 ²⁷⁾	6590	n.v.
Zink	ng m^{-3}	113	18.000	8040	n.v.
Respirabel kwarts	$\mu\text{g m}^{-3}$	0,5	8 ²⁸⁾	2,4	n.v.
PAK's totaal	ng m^{-3}	75 ¹⁾	n.v. ²⁹⁾	557	n.v.
Benz(a)pyreen	ng m^{-3}	0,12 ¹⁾	1	0,31 ³⁾	n.v.

n.v. = niet vastgesteld

1) Gemeten op meetpunt LC2.

2) Grenswaarde ter bescherming van ecosystemen. Voor humaan-toxicologische risico's is een daggemiddelde grenswaarde vastgesteld van $125 \mu\text{g m}^{-3}$, welke niet meer dan 3 dagen per jaar mag worden overschreden.

- 3) Gemeten tijdens het continu onderzoek.
- 4) Grenswaarde voor de uurgemiddelde concentratie, welke niet meer dan 24 uur per jaar mag worden overschreden.
- 5) Gemeten totale concentratie aan gasvormige zwavelverbindingen (behalve zwaveldioxide); de concentraties aan waterstofsulfide en carbonylsulfide zijn niet hoger dan deze waarde.
- 6) Chronische grenswaarde, afgeleid door de US-EPA. De geurdrempel van deze component bedraagt 0,7 tot 14 $\mu\text{g m}^{-3}$. (Ruth, 1986).
- 7) Acute Minimum Risk Level, een grenswaarde afgeleid door de ATSDR, bedoeld voor een blootstellingsduur van maximaal 14 dagen.
- 8) Voorlopig afgeleide Toelaatbare Concentratie in Lucht (Mennen *et al.*, 2000a). Voor carbonylsulfide is geen acute grenswaarde vastgesteld.
- 9) Er zijn geen chronische en acute grenswaarde afgeleid voor NO. NO wordt gebruikt in medische toepassingen (inhalatie bij de behandeling van longaandoeningen). Er is een waarschuwingswaarde voor calamiteiten van 100.000 $\mu\text{g m}^{-3}$, waarbij gevoelige individuen enige hinder kunnen ondervinden.
- 10) Grenswaarde voor de uurgemiddelde concentratie, welke niet meer dan 18 uur per jaar mag worden overschreden.
- 11) Grenswaarde volgens het Besluit Luchtkwaliteit. Deze grenswaarde zal in de toekomst worden bijgesteld naar 5 $\mu\text{g m}^{-3}$. Voor benzeen wordt ook een TCL (Toelaatbare Concentratie in Lucht) gehanteerd van 20 $\mu\text{g m}^{-3}$. Deze is gebaseerd op een kankerrisicoschatting waaruit bleek dat levenslange expositie aan 20-36 $\mu\text{g m}^{-3}$ benzeen een extra kankerrisico veroorzaakt dat gelijk is aan het MTR zoals gedefinieerd in het Nederlandse milieubeleid.
- 12) Intermediate Minimum Risk Level, een grenswaarde afgeleid door de ATSDR bedoeld voor een blootstellingsduur van maximaal 1 jaar.
- 13) Grenswaarde voor aromatische koolwaterstoffen met 10 of meer koolstofatomen (zogenaamde minerale oliefractie genaamd 'aromatic, C10-C12 en C12-C16').
- 14) Grenswaarde voor alifatische koolwaterstoffen met 8 of meer koolstofatomen (zogenaamde minerale oliefractie genaamd 'alifatic, C8-C10, C10-C12 en C12-C16').
- 15) De groep gechloroerde alifatische koolwaterstoffen bevat een aantal verbindingen, die verschillen in toxiciteit. Vanuit de 'worst case' benadering is er voor gekozen de grenswaarde van de meest toxische verbinding uit deze groep (dichloorpropan) te hanteren om de totale concentratie aan verbindingen uit deze groep te toetsen.
- 16) Grenswaarde voor een blootstellingsduur van 30 minuten. Omdat de meetperiode voor formaldehyde ongeveer 5 uur duurde, betekent dit dat de 5-uurgemiddelde concentratie in ieder geval niet hoger mag zijn dan 12 $\mu\text{g m}^{-3}$.
- 17) Er zijn geen Nederlandse grenswaarden vastgesteld. De vermelde grenswaarden zijn vastgesteld door de WHO (1995).
- 18) Vanwege de grote statistische variatie van het meetsignaal van de gebruikte monitoren is niet de maximale uurgemiddelde concentratie genomen, maar het 95 percentiel.
- 19) Grenswaarde voor de daggemiddelde concentratie, welke niet meer dan 18 dagen per jaar mag worden overschreden. Deze grenswaarde zal in 2005 worden bijgesteld naar 50 $\mu\text{g m}^{-3}$, welke niet meer dan 35 dagen per jaar mag worden overschreden.
- 20) Dit is geen volwaardige Toelaatbare Concentratie in Lucht afgeleid, maar een voorlopige richtwaarde (RIVM, 1992).
- 21) Er is vanwege de geringe toxiciteit van deze stof geen lange termijn grenswaarde voor aluminium afgeleid. Vermeld is de MAC waarde, afgeleid voor aluminiumoxide en uitgedrukt als aluminium. Deze MAC waarde beschermt gezonde werknemers tegen luchtwegirritatie.
- 22) Er is vanwege de geringe toxiciteit van deze stof geen lange termijn grenswaarde voor calcium afgeleid. Vermeld is de MAC waarde, afgeleid voor calciumoxide en uitgedrukt als calcium. Deze MAC waarde beschermt gezonde werknemers tegen luchtwegirritatie.
- 23) Norm voor buitenlucht afkomstig uit de Richtlijn van het Europees Parlement en de Raad betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht, COM(2003). Het RIVM heeft voor nikkel in 2001 een TCL voorgesteld van 50 ng m^{-3} (RIVM, 2001b). De ATSDR heeft een chronische grenswaarde voor nikkel voorgesteld van 200 ng m^{-3} (ATSDR, 1997b).
- 24) "Orientierungswert für kurzfristige Aufnahme – inhalativ". Dit zijn onofficiële richtwaarden voor kortdurende exposities (duur \leq 180 dagen), afgeleid door de FoBiG (Forschungs- und Beratungsinstitut

- Gefahrstoffe GmbH in Duitsland). Voor wat betreft chroom geldt de gegeven waarde voor zeswaardig chroom. Er is geen acute grenswaarde afgeleid voor driewaardig chroom.
- 25) Zeswaardig en driewaardig chroom verschillen sterk in toxiciteit. Voor zeswaardig chroom bedraagt de chronische grenswaarde $2,5 \text{ ng m}^{-3}$, voor driewaardig chroom bedraagt de chronische grenswaarde 60.000 ng m^{-3} .
 - 26) Indicatieve schatting van de gemiddelde concentratie op leefniveau, gebaseerd op een beperkt aantal metingen en een aantal aannames (zie hoofdttekst).
 - 27) Er is vanwege de geringe toxiciteit van deze stof geen lange termijn grenswaarde voor ijzer afgeleid. Vermeld is de MAC waarde, afgeleid voor ijzeroxide en uitgedrukt als ijzer. Deze MAC waarde beschermt gezonde werknemers tegen longeffecten.
 - 28) Er is geen chronische grenswaarde voor de algemene bevolking beschikbaar. De WHO (2000) heeft het risico op silicose gekwantificeerd. Bij levenslange inademing van gemiddeld $8 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ zou dit het risico kleiner zijn dan 3% voor gezonde personen. Het gevonden gemiddelde van $0,5 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ ligt daar ruim onder, zodat geen noemenswaard gezondheidsrisico is te verwachten.
 - 29) Er is geen chronische grenswaarde voor PAK's totaal of afzonderlijke PAK's afgeleid, behalve voor benz(a)pyreen, de meest carcinogene PAK. Benz(a)pyreen wordt gebruikt als indicator voor carcinogene PAK's. De ATSDR hanteert verder een chronische grenswaarde van 10.000 ng m^{-3} voor naftaleen, de meest vluchtige PAK. De gemeten totale concentraties aan PAK's liggen hier ruim onder.

Over de acute grenswaarden kan nog het volgende worden gezegd. Voor stoffen waarvan bij inhalatie alleen bij langdurige blootstelling effecten worden verwacht, zoals metalen, een aantal stofgebonden PAK's en respirabel kwarts, bestaan in het algemeen geen acute grenswaarden. Een kortdurende verhoogde blootstelling aan deze stoffen leidt niet tot gezondheidsschade zolang de gemiddelde blootstelling over langere tijd maar onder de chronische grenswaarde ligt. Voor cadmium en zeswaardig chroom zijn door de FoBiG (zie noot 24 van Tabel 33) wel richtwaarden voor kortdurende exposities afgeleid, maar die gelden voor een duur van minder dan 180 dagen en niet voor regelmatig optredende, kortdurende verhoogde blootstelling. Niettemin kunnen deze richtwaarden worden gebruikt als indicatieve waarde (screeningsinstrument) bij de risicobeoordeling. Uit Tabel 33 blijkt dat de gemiddelde concentraties van de onderzochte stoffen in de omgeving van de gieterij onder de chronische grenswaarden liggen. Daarbij moet worden opgemerkt dat de gemiddelde concentratie aan nikkel en cadmium en ook de geschatte gemiddelde concentratie aan zeswaardig chroom op een niveau van 40-60% van de chronische grenswaarde ligt. Ook de concentratie fijn stof ligt dicht tegen de grenswaarde, maar dat is ook elders in Nederland het geval en kan niet worden toegeschreven aan de emissies uit het bedrijf.

Behalve voor cadmium, koper, nikkel, zeswaardig chroom en fijn stof liggen ook de maximale werkdaggemiddelde concentraties onder de chronische grenswaarden. De hoogst gemeten concentraties aan cadmium en zeswaardig chroom (werkdag) onder de richtwaarde voor kortdurende blootstelling (voor de andere metalen zijn geen richtwaarden voor kortdurende blootstelling bekend).

Van aluminium, calcium en ijzer ontbreken chronische grenswaarden in lucht voor de algehele bevolking. Voor deze metalen zijn wel MAC waarden beschikbaar. Hoewel deze MAC waarden bedoeld zijn voor gezonde werknemers, waarbij wordt uitgegaan van een blootstelling van 8 uur per dag, 5 dagen per week gedurende 40 jaar, is de marge tussen de MAC waarden en de gemeten concentraties dermate groot (een factor 1000 of meer)

dat effecten niet verwacht worden.

Er bestaan wel acute grenswaarden voor de meeste gasvormige componenten die in dit onderzoek zijn gemeten en ook voor fijn stof. Voor zwaveldioxide en stikstofdioxide zijn dat waarden die niet meer dan een aantal uren per jaar mogen worden overschreden. Voor fijn stof is een daggemiddelde grenswaarde gedefinieerd, die niet meer dan een aantal dagen per jaar mag worden overschreden. De grenswaarden voor de vluchtige organische componenten en waterstofsulfide zijn concentraties die gedurende een periode van maximaal 14 dagen of 1 jaar niet mogen worden overschreden³⁸. In de omgeving van de gieterij is geen sprake van verhoogde blootstelling gedurende een langere periode achter elkaar, maar van regelmatig optredende, kortdurende verhoogde blootstelling. Niettemin kunnen, net als de eerder genoemde richtwaarden voor kortdurende expositie van enkele metalen, de acute grenswaarden worden gebruikt als indicatie bij de risicobeoordeling. De resultaten in Tabel 33 tonen dat de maximale concentraties aan vluchtige organische componenten onder de chronische grenswaarden liggen, zodat grenswaarden voor kortdurende blootstelling zeker niet worden overschreden.

Van waterstofsulfide wordt de geurdrempel ($0,7$ tot $14 \mu\text{g m}^{-3}$; zie noot 6 in de tabel) mogelijk overschreden. De in de tabel vermelde gemiddelde concentratie heeft echter betrekking op de som van gasvormige zwavelverbindingen behalve zwaveldioxide. Uit het emissieonderzoek kan worden afgeleid dat naast waterstofsulfide ook carbonylsulfide in substantiële hoeveelheden wordt uitgestoten³⁹ en dat het aandeel waterstofsulfide ongeveer 60% bedraagt, waarmee de gemiddelde concentratie ongeveer $0,7 \mu\text{g m}^{-3}$ wordt en de maximale uurgemiddelde concentratie ongeveer $40 \mu\text{g m}^{-3}$. Van de blootstelling aan waterstofsulfide in de omgeving van de gieterij is dus mogelijk geurhinder te verwachten, te meer daar behalve waterstofsulfide waarschijnlijk ook nog andere zwavelverbindingen met een lage geurdrempel in verhoogde mate voorkomen. Het is namelijk bekend dat bij reacties waarbij waterstofsulfide ontstaat, zoals tijdens het gieten van de ferro-legering in de vorm, veelal ook andere zwavelverbindingen worden gevormd. Omdat in de winter meer paratoluensulfonzuur wordt toegevoegd in het bindmiddel dat wordt toegepast bij het maken van gietvormen voor de ferro-gietstukken (zie paragraaf 4.2.3), kan geurhinder in de winter vaker voorkomen dan in de zomer.

Samengevat kan worden gesteld dat de blootstelling van omwonenden aan stoffen in de lucht in de omgeving van de gieterij onder de van toepassing zijnde gezondheidkundige grenswaarden ligt. De gemiddelde concentratie aan nikkel en cadmium en ook de geschatte gemiddelde concentratie aan zeswaardig chroom liggen echter op een niveau van 40-60% van de chronische grenswaarde. Op grond van de gemeten concentraties waterstofsulfide en andere zwavelverbindingen is het mogelijk dat geurhinder optreedt, het meest in de winterperiode.

³⁸ Deze grenswaarden zijn afgeleid om de eventuele blootstelling aan vluchtige stoffen tijdens bodemsaneringen te toetsen.

³⁹ Waarschijnlijk komen er nog meer zwavelverbindingen vrij, maar deze waren niet aantoonbaar zodat geconcludeerd kan worden dat waterstofsulfide en carbonylsulfide de belangrijkste zwavelverbindingen vormen.

5.3 Orale blootstelling

In de leefomgeving van de gieterij zijn vier orale blootstellingsroutes van belang:

- a) inname van gedeponeed stof door hand-mond gedrag; deze route is met name relevant voor kleine kinderen,
- b) consumptie van voedsel dat verontreinigd is geraakt door depositie van stofdeeltjes; hier wordt specifiek bedoeld op de situatie dat door omwonenden buiten (in de tuin) wordt gegeten,
- c) consumptie van in eigen tuin gekweekte gewassen; in de directe omgeving van Van Voorden worden door een aantal omwonenden groenten, kruiden en met name fruit voor eigen gebruik gekweekt,
- d) inslikken van ingeademd stof.

Blootstelling door consumptie van producten van dieren (vlees, melk, eieren) die met de verontreinigde gewassen in aanraking zijn gekomen is bij dit onderzoek niet aan de orde. In de volgende paragrafen wordt elke route nader uitgewerkt. Deze uitwerking richt zich in eerste instantie op de *extra* blootstelling als gevolg van verhoogde concentraties en depositie aan metalen in de leefomgeving rond het bedrijf. Daarna zal de *totale* blootstelling worden berekend, waarbij ook rekening wordt gehouden met de *achtergrondblootstelling*, dat wil zeggen de hoeveelheid aan metalen die een gemiddeld persoon dagelijks binnen krijgt uit voedsel en via de hier genoemde routes.

Omdat kinderen de meest kwetsbare groep vormen, is de berekening van de blootstelling gericht op deze groep. Voor volwassenen zal de blootstelling per lichaamsgewicht lager uitvallen.

5.3.1 Orale blootstelling door bodemingestie

Kinderen kunnen bij het spelen op de grond of in de zandbak zand- en bodemdeeltjes aan de handen krijgen, dat zij onbedoeld inslikken. Uit onderzoek is gebleken dat een kind door dit gedrag gemiddeld per dag 100 mg stof en bodemdeeltjes binnen krijgt (Otte *et al.*, 2001). Om de inname via deze route te berekenen wordt gebruik gemaakt van de meetgegevens uit het bodemonderzoek⁴⁰.

De extra blootstelling aan metalen als gevolg van verhoogde gehalten in de bodem kan als volgt worden berekend. Het gemiddelde gehalte van elk metaal in de bodem in de omgeving van Van Voorden wordt gecorrigeerd voor het achtergrondgehalte (de

⁴⁰ In paragraaf 4.6 is aangegeven dat door de emissies van Van Voorden de depositie van een aantal metalen in de omgeving is verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaarden. Het zou dan voor de hand liggen de extra blootstelling aan metalen als gevolg van deze depositie te berekenen uit de resultaten van de depositiemetingen. Aan het eind van paragraaf 4.7 is echter aangegeven dat de depositie een beperkte bijdrage levert aan het gehalte aan metalen in de bodem. Dit kan ook als volgt worden aangetoond. De gedeponeerde stofdeeltjes uit de gieterij mengen zich met de bovenste millimeter van al op de grond of in de zandbak aanwezige zand- en bodemdeeltjes (in werkelijkheid zullen, door het wroeten in de grond of zandbak tijdens het spelen, de deeltjes zich met een dikkere laag grond of zand mengen, maar vanuit de 'worst case' benadering wordt uitgegaan van 1 mm). De dichtheid van grond bedraagt ongeveer 1500 kg m^{-3} , zodat een laag grond van 1 m^2 oppervlak en 1 mm dikte 1,5 kg weegt. De hoogste depositie aan lood in de omgeving van de gieterij bedraagt $545 \text{ } \mu\text{g m}^{-2}$ (zie Tabel 30), zodat na menging van het gedeponeerde stof met de al aanwezige grond het gehalte aan lood in de grond $545/1,5 = 363 \text{ } \mu\text{g/kg} = 0,363 \text{ mg/kg}$ grond bedraagt. Uit Tabel 32 blijkt dat dit een zeer geringe bijdrage is aan het totale loodgehalte in de bodem.

achtergrondinname door bodemingestie is immers al verdisconteerd in de totale achtergrondblootstelling). Het verschil wordt vermenigvuldigd met de hoeveelheid dagelijks ingenomen stof en gedeeld door het gemiddeld lichaamsgewicht van een kind (voor de groep kinderen waarvan de inname aan stof door hand-mond gedrag op is vastgesteld ligt dat op 20 kg).

Een probleem bij deze benadering is dat een aanname moet worden gemaakt over het achtergrondgehalte aan metalen in de bodem. Hierbij kunnen de gemeten waarden op de referentielocatie G8 worden gebruikt, maar voor sommige metalen zijn de gehalten daar hoger dan op de andere locaties in Tabel 32. Daarom is uitgegaan van de gemiddelde waarden van de referentiegegevens uit andere onderzoeken.

In Tabel 34 is voor elk metaal de berekende inname door bodemingestie weergegeven. Voor een aantal metalen zijn de gehalten in de bodem en daarmee ook de extra blootstelling door bodemingestie niet verhoogd.

Tabel 34. Berekende extra orale inname van metalen door kinderen via bodemingestie (in µg per kg lichaamsgewicht per dag)

Component	Berekende inname	Component	Berekende inname
Chroom	niet verhoogd	Aluminium	niet verhoogd
Lood	0,3	Calcium	20
Mangaan	0,7	IJzer	15
Nikkel	niet verhoogd	Zink	0,4
Koper	0,2	Cadmium	niet verhoogd
Kobalt	niet verhoogd	Barium	niet verhoogd

5.3.2 Orale blootstelling door inname van verontreinigd voedsel bij het buiten eten

Twee veegmonsters, namelijk de monsters V18 en V19, zijn genomen door van een bord respectievelijk een atlas, die enige tijd op een tafel in de tuin van één van de woningen hadden gelegen, het gedeponeerde stof te verzamelen. Dit stof is gewogen en geanalyseerd. Uit de massa en samenstelling van het stof kan worden berekend hoe hoog de inname is als dit stof zou worden gemengd met voedsel op het bord⁴¹. Bij deze berekening zijn we er van uitgegaan dat al het stof op het bord wordt ingenomen. De inname is gedeeld door het lichaamsgewicht van een kind (20 kg), omdat ook een kind de totale hoeveelheid stof kan innemen bij consumptie van met het stof verontreinigd voedsel op het bord; voor een volwassene (standaardgewicht 70 kg) is de inname per lichaamsgewicht 3,5 maal zo laag.

⁴¹ Het bord was al eerder op de tafel gezet met de bedoeling buiten te eten. Omdat visueel waarneembaar was dat er inmiddels stofdeeltjes op het bord waren gekomen, heeft de bewoner besloten het bord te bewaren in verband met het onderzoek. Het was echter heel goed mogelijk geweest dat het stof pas was gedeponeed als er al voedsel op het bord lag. In dat geval was het stof met het voedsel mee geconsumeerd.

De aldus berekende inname is vermeld in Tabel 35. De berekende waarden zijn een overschatting, daar het niet waarschijnlijk is dat deze blootstelling elke dag plaatsvindt, omdat slechts een deel van het jaar buiten wordt gegeten en ook omdat alleen bij windrichting van het bedrijf richting woonwijk stofdeeltjes in de tuinen neerkomen.

Tabel 35. Berekende orale inname van metalen door kinderen door consumptie van verontreinigd voedsel bij het buiten eten (in μg per kg lichaamsgewicht per dag)

Component	Berekende inname	Component	Berekende inname
Chroom	1,9	Aluminium	6,8
Lood	0,1	Calcium	3,9
Mangaan	0,3	IJzer	27
Nikkel	0,1	Zink	1,5
Koper	0,8	Cadmium	0,001
Kobalt	0,003	Barium	0,03

5.3.3 Orale blootstelling door consumptie van zelf gekweekte gewassen

Om een inschatting te maken van de blootstelling via consumptie van gewassen is gebruik gemaakt van de gemeten gehalten aan metalen in de grasmonsters. Hierbij is impliciet verondersteld dat de depositie van stofdeeltjes op gras ongeveer gelijk zal zijn aan de depositie op een snelgroeïend bladgewas, zoals sla. Voor de berekening van de blootstelling zijn we er van uitgegaan dat een kind van 20 kg dagelijks 66 gram groente uit eigen tuin consumeert (gegevens afkomstig uit Kistemaker *et al.*, 1998) en dat die groente gehalten aan metalen bevat gelijk aan de hoogst gemeten waarden in de genomen grasmonsters (zie Tabel 31), uitgezonderd het monster van locatie G7. De op deze locatie gemeten gehalten zijn namelijk niet representatief voor de rest van de grasmonsters en de oorzaak ervan is dan ook waarschijnlijk een andere bron dan de gieterij.

Omdat we hier alleen de *extra* blootstelling berekenen door consumptie van zelf gekweekte gewassen en de achtergrondinname aan metalen uit groenten al is verdisconteerd in de dagelijkse achtergrondblootstelling, zijn de metaalgehalten in gras uit Tabel 31 gecorrigeerd voor de achtergrondwaarden, berekend uit de referentiegegevens. De berekende inname aan metalen is vervolgens gedeeld door het lichaamsgewicht van een kind (20 kg).

De berekende inname is weergegeven in Tabel 36. De berekende inname via deze route is hoger dan die via de andere orale routes. Bij de berekende waarden moet een aantal kanttekeningen worden gemaakt:

- De berekeningen zijn, uitgaande van de ‘worst case’ benadering, gebaseerd op de hoogst gemeten gehalten – en niet de gemiddelden – in de grasmonsters.
- Waarschijnlijk zal een deel van de metaalhoudende stofdeeltjes worden afgespoeld door wassen van de groenten en het fruit voor consumptie, waardoor de blootstelling lager is dan hier berekend. Hier is echter geen specifiek onderzoek naar gedaan (de

grasmonsters zijn namelijk ongewassen geanalyseerd) en daarom wordt uitgegaan van de totale hoeveelheid gemeten metalen in de grasmonsters.

- Door een aantal omwonenden wordt met name fruit eigen geteeld geconsumeerd en in mindere mate kruiden en gewassen. De depositie van stofdeeltjes op fruit kan vanwege verschillen in vorm en groei mogelijk enigszins afwijken van die op gras en bladgewassen. Echter, qua orde van grootte zullen de in Tabel 36 vermelde waarden ook kunnen worden gehanteerd voor de inname door consumptie van fruit.

Tabel 36. Berekende extra orale inname van metalen door consumptie van zelf gekweekte gewassen door kinderen (in μg per kg lichaamsgewicht per dag)

Component	Berekende inname	Component	Berekende inname
Chroom	1,7	Aluminium	125 ¹⁾
Lood	2,3 ¹⁾	Calcium	5.500
Mangaan	53	IJzer	270 ¹⁾
Nikkel	2,0	Zink	17
Koper	17	Cadmium	0,1
Kobalt	0,1	Barium	18

¹⁾ Deze waarden zijn berekend op grond van de hoogst gemeten gehalten aan lood, aluminium en ijzer in Tabel 31 met uitsluiting van het monster op locatie G7 (zie hoofdtekst). Als zou worden uitgegaan van de op locatie G7 gemeten gehalten, worden de berekende extra inname aan lood, aluminium en ijzer respectievelijk 40, 1190 en 2530 μg per kg lichaamsgewicht per dag.

5.3.4 Orale blootstelling door inslikken van ingeademd stof

Fijne stofdeeltjes (met een aërodynamische diameter kleiner dan circa 10 μm) komen na inademing in de longen terecht. Zeer grove stofdeeltjes, met een aërodynamische diameter groter dan ongeveer 100 μm worden überhaupt niet ingeademd. Van de tussenliggende fractie stofdeeltjes blijft een gedeelte na inademing achter in de mondholte waarna ze worden ingeslikt. In dat geval is er sprake van orale inname, die als volgt kan worden berekend.

Om de blootstelling via inslikken te berekenen zijn de maximale concentraties uit Tabel 33 vermenigvuldigd met het volume lucht dat een kind dagelijks inademt (ongeveer 12 m^3) en deze zijn vervolgens gedeeld door het lichaamsgewicht (20 kg). Dit is een worst case benadering, omdat wordt uitgegaan van de maximale concentraties – en niet van de gemiddelden – en omdat niet al het ingeademde stof wordt ingeslikt. Bovendien is niet gecorrigeerd voor de achtergrondinname. Deze is echter veel lager dan de hier berekende inname op basis van de maximale concentraties en daarom verwaarloosd. De aldus berekende inname is vermeld in Tabel 37.

Tabel 37. Berekende orale inname van metalen door kinderen door inslikken van ingeademd stof (in μg per kg lichaamsgewicht per dag)

Component	Berekende inname	Component	Berekende inname
Chroom	0,1	Aluminium	1,8
Lood	0,05	Calcium	1,6
Mangaan	0,2	IJzer	3,8
Nikkel	0,07	Zink	0,4
Koper	0,4	Cadmium	0,02
Kobalt	0,001	Barium	0,12

5.3.5 Totale orale blootstelling

Volwassenen en kinderen krijgen dagelijks metalen binnen via voeding, drinkwater en de andere beschreven orale routes zoals inslikken van ingeademd stof en bodemingestie. Dit wordt de dagelijkse achtergrondinname genoemd. Om de totale inname aan metalen in de leefomgeving van de gieterij te berekenen is de berekende extra inname via alle in de vorige paragrafen besproken routes gesommeerd en vervolgens opgeteld bij de gemiddelde dagelijkse achtergrondinname (RIVM, 2003). In Tabel 38 is de *extra* inname via de verschillende routes samen (dus de som van de berekende inname uit de Tabellen 34 tot en met 37), de achtergrondinname en de totale inname en de bijbehorende TDI (Toelaatbare Dagelijkse Inname) waarden weergegeven. Wat betreft de *extra* inname en de totale inname is onderscheid gemaakt in met en zonder gewasconsumptie omdat deze route het meest bijdraagt en waarschijnlijk het meest overschat is. De gegevens hebben betrekking op kinderen van 20 kg. Voor kleinere kinderen kan de inname per kg lichaamsgewicht iets hoger uitvallen (maar niet proportioneel⁴²). Voor volwassenen is de inname per kg lichaamsgewicht lager.

Bij deze berekening is impliciet aangenomen, dat de componenten dezelfde biologische beschikbaarheid in het lichaam hebben, ongeacht de wijze waarop ze het lichaam binnenkomen. In werkelijkheid is dat meestal niet het geval. In principe is hier bij het vaststellen van de grenswaarden echter wel rekening mee gehouden.

⁴² Bedoeld wordt dat een kind van 10 kg niet 2 maal zo veel metalen per kg lichaamsgewicht inneemt als een kind van 20 kg.

Tabel 38. Achtergrondinname, extra inname en totale inname aan metalen door kinderen en Toelaatbare Dagelijkse Inname (in µg per kg lichaamsgewicht per dag)

Component	Achtergrondinname	Extra inname in leef-omgeving gieterij excl. gewassen	Extra inname in leef-omgeving gieterij incl. gewassen	Totale inname excl. gewassen	Totale inname incl. gewassen	TDI
Chroom	1,0	2,0	3,6	3,0	4,6	5
Lood	2,0	0,4	2,7	2,4	4,7	3,6
Mangaan	50	1,2	54	51	104	140
Nikkel	4	0,2	2,2	4,2	6,2	50
Koper	20	1,4	18,6	21,4	39	140
Kobalt	0,3	0,004	0,07	0,3	0,4	1,4
Aluminium	80	9	134	89	215	1000 ¹⁾
Calcium	13.000	27	5.500	13.000	18.500	36.000 ²⁾
IJzer	140	46	316	186	460	800 ³⁾
Zink	130	2,3	19	132	150	1000
Cadmium	0,2	0,02	0,12	0,22	0,3	1
Barium	9	0,1	18	9	27	20

¹⁾ Voorlopige TDI, vastgesteld door de WHO Joint Expert Committee on Food Additives (WHO-JECFA, 1989).

²⁾ Gebaseerd op een TDI van 2500 mg per dag voor een volwassene, afgeleid door de Scientific Committee on Food van de EU (SCF, 2003).

³⁾ Teneinde te beschermen tegen overmatige ijzerafzetting in het lichaam heeft de WHO-JECFA in 1983 deze voorlopige TDI vastgesteld (WHO-JECFA, 1983).

De berekeningen laten zien dat, behalve voor chroom, de *extra* inname aan metalen door bodemingestie, inslikken en het buiten eten kleiner is dan de achtergrondinname. Voor chroom is de inname van verontreinigd voedsel bij het buiten eten groter dan de achtergrondinname, zij het dat hierbij is uitgegaan van dagelijks buiten eten. De *extra* inname wordt voornamelijk bepaald door de consumptie van zelf gekweekte gewassen. Voor de meeste metalen ligt deze rond of boven de achtergrondinname. De berekende inname via deze route is echter gebaseerd op een 'worst case' benadering, dat wil zeggen er is uitgegaan van de hoogste gemeten gehalten in de grasmonsters en er is geen rekening gehouden met verminderde blootstelling door wassen van groenten en fruit.

Voor de meeste metalen ligt de totale blootstelling onder de TDI waarde. De TDI voor lood en barium wordt overschreden. Een deel van het barium bestaat echter uit onoplosbare verbindingen, die niet in het lichaam worden opgenomen (denk aan het gebruik van bariumpap als contrastmedium in de geneeskunde), zodat de werkelijke blootstelling lager zal zijn dan de berekende. Verder is al aangegeven dat vanwege de gehanteerde 'worst case' benadering de actuele blootstelling lager zal zijn dan de hier berekende.

Niettemin kan geconcludeerd worden dat intensief consumeren van zelf gekweekte

gewassen (oftewel ‘dagelijks eten uit eigen tuin’) een risico op te hoge blootstelling aan enkele metalen, te weten lood en barium, met zich mee brengt. Dit risico is het grootst voor jonge kinderen omdat zij per kg lichaamsgewicht een hogere groenteconsumptie hebben.

Naast metalen kan men ook aan andere stofgebonden componenten, zoals respirabel kwarts, niet-vluchtige PAK’s en dioxinen, worden blootgesteld via orale inname. Respirabel kwarts, en ook zeswaardig chroom, zijn echter alleen schadelijk voor de gezondheid bij inademing.

De orale blootstelling aan PAK’s kan bij gebrek aan gegevens over depositie en voorkomen in gras niet worden berekend. Echter, uit de luchtmetingen is gebleken dat de gemiddelde concentratie in de lucht niet verhoogd is ten opzichte van regionale achtergrondwaarden. Bij de intensieve metingen zijn wel verhoogde concentraties gemeten, maar vrijwel alleen van de niet-stofgebonden PAK’s. De concentraties stofgebonden PAK’s, en daarmee ook de depositie, verschillen dus niet van de achtergrondwaarden en dat geldt dan ook voor de orale blootstelling

Om de blootstelling aan dioxinen in te schatten is gebruik gemaakt van de analyseresultaten van de veegmonsters die tijdens het emissieonderzoek zijn genomen op de daken van enkele bedrijfsruimten van de gieterij. Deze monsters zijn geanalyseerd op metalen en dioxinen. Uit de verhoudingen van de gehalten aan metalen en dioxinen in deze monsters kan worden geschat hoe hoog de extra orale inname aan dioxinen is via de in de paragrafen 5.3.1 tot en met 5.3.4. besproken routes. Als wordt uitgegaan van het veegmonster met het hoogste dioxinegehalte (236 pg WHO-TEQ⁴³ dioxine per g veegstof; zie Broekman *et al.*, 2003), bedraagt de *extra* orale inname 0,32 pg WHO-TEQ per kg lichaamsgewicht per dag. De dagelijkse achtergrondinname aan dioxinen in Nederland bedraagt gemiddeld 1,2 pg WHO-TEQ dioxine per kg lichaamsgewicht per dag. De totale inname in de leefomgeving van de gieterij wordt daarmee ten hoogste – er wordt immers uitgegaan van een worst case berekening – 1,5 pg WHO-TEQ per kg lichaamsgewicht per dag. De Scientific Committee on Food van de Europese Commissie heeft in 2001 een Toegestane Wekelijkse Inname vastgesteld van 14 pg WHO-TEQ per kg lichaamsgewicht per dag, overeenkomend met een daggemiddelde waarde van 2 pg WHO-TEQ per kg lichaamsgewicht per dag. Met de keuze van de wekelijkse inname wordt aangegeven dat dagelijkse schommelingen in de inname geen directe gezondheidsrisico’s met zich meebrengen.

⁴³ WHO-TEQ = Toxiciteits EQuivalenten volgens de WHO. Dit is een internationaal afgesproken maat voor de totale concentratie van polychloordibenzo-p-dioxinen (PCDD’s) en polychloordibenzofuranen (PCDF’s) – deze stoffen worden meestal aangeduid onder de verzamelnaam “dioxinen” –, elk gewogen met hun specifieke Toxiciteits Equivalentie Factor (TEF). De TEF is een weegfactor voor de relatieve giftigheid van de betreffende verbinding ten opzichte van die van 2,3,7,8-TCDD, de meest giftige dioxine.

5.4 Totaaloverzicht, mengseleffecten en evaluatie gezondheidsrisico's

In de voorafgaande twee paragrafen is voor alle gemeten stoffen nagegaan wat de mogelijke blootstelling is van omwonenden via inademing of via orale inname. Daarbij is per stof de geschatte blootstelling getoetst aan de van toepassing zijn de chronische en acute grenswaarden voor de betreffende blootstellingsroute. Voor de inhalatoire blootstelling is vastgesteld dat deze onder de gezondheidkundige grenswaarden ligt, zij het dat voor nikkel, cadmium en zeswaardig chroom de gemiddelde concentratie in de leefomgeving op een niveau tot 40-60% van de chronische grenswaarde ligt. Ook de orale route levert geen blootstelling op die boven de grenswaarde ligt behalve bij intensieve consumptie van zelf gekweekte groenten (oftewel 'dagelijks eten uit eigen tuin'); dit levert namelijk een risico op te hoge blootstelling aan enkele metalen (met name lood).

De risicobeoordeling is tot nu toe gericht op alle stoffen afzonderlijk. Het zou, in theorie, echter mogelijk kunnen zijn dat bij afwezigheid van een gezondheidsrisico voor de *individuele* stoffen, blootstelling aan het *totale mengsel* toch tot gezondheidseffecten leidt. Zeker in het huidige geval, waar we te maken hebben met een groot aantal stoffen, is dit een uiterst complexe vraagstelling. Een volledige analyse van dit probleem zou naast aspecten van blootstelling (welke van de stoffen worden daadwerkelijk gelijktijdig ingeademd of ingenomen) ook gedetailleerd moeten ingaan op de gelijkenis in toxicologische werking van de verschillende stoffen en op de mogelijkheid dat er interactie optreedt (synergie, antagonisme) tussen de verschillende stoffen. In het huidige kader is een dergelijke analyse door het ontbreken van gegevens niet mogelijk.

De risicobeoordeling voor mengsels kent enkele simpele benaderingswijzen met behulp waarvan een indicatie kan worden verkregen over de aannemelijkheid van mengsel-effecten. Stoffen aanwezig in het mengsel worden daarbij ingedeeld als ofwel vergelijkbaar werkend of als onafhankelijk werkend. Voor de eerste categorie wordt dosis-additie aanbevolen en voor de tweede categorie respons-additie. Voor wat betreft de laatste categorie, de ongelijksoortige mengsels, geldt wanneer voor de individuele stoffen de concentraties onder de relevante grenswaarden blijft ook geen effecten verwacht worden door het totale mengsel (het gesommeerde effect zal immers nul bedragen). Voor de gelijksoortige mengsels (bestaand uit stoffen met vergelijkbare toxicologische werking) kan de zgn. Hazard Index worden toegepast. De Hazard Index voor een stof is de blootstelling gedeeld door de grenswaarde (geeft dus dat deel van de grenswaarde aan dat als het ware 'opgevuld' is in de desbetreffende situatie). Door deze index te sommeren voor de stoffen waarvan wordt aangenomen dat ze eenzelfde toxische werking hebben kan de Hazard Index voor het mengsel berekend worden. Is de resulterende som-index groter dan 1, dan is er sprake van een risico volgens deze methode. Ook wanneer tussen stoffen in mengsels toxicologische interacties optreden (dit is een derde categorie van mengsels) is de Hazard Index-methode te gebruiken. Daarvoor is dan wel nadere

informatie nodig over deze interacties. Wanneer er geen nadere informatie is over interacties tussen stoffen in het mengsel, wordt door de EPA dosis-additie aanbevolen als eerste benadering.

In het huidige geval zou bijvoorbeeld voor de acute neurologische effecten van benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen een Hazard Index berekening op basis van dosis-additie verdedigbaar zijn, omdat deze stoffen ten aanzien van dit soort effecten een vergelijkbare werking hebben. Op basis van de maximale concentraties en de relevante acute grenswaarden in Tabel 33 bedraagt de Hazard Index in dit geval minder dan 0,1, hetgeen ruim beneden de 1 ligt, zodat er dus van de blootstelling aan deze groep stoffen geen risico valt te verwachten. Ook als wordt uitgegaan van de gemiddelde concentraties en de chronische grenswaarden in Tabel 33, bedraagt de Hazard Index minder dan 1. Voor stoffen als zwaveldioxide, stikstofdioxide en fijn stof en ook voor de metalen zijn er geen aanwijzingen uit wetenschappelijk onderzoek dat ze *vergelijkbaar werkend* zijn. Voor deze groepen stoffen kan de Hazard Index methode dus niet worden toegepast.

Uit uitgevoerde toxicologische onderzoeken naar mengseleffecten – waarin uiteraard slechts een zeer beperkt aantal van enorme hoeveelheid stofcombinaties die kunnen voorkomen getest werden – blijkt in grote lijnen dat, zelfs wanneer stoffen op vergelijkbare wijze werken, geen mengseleffecten optreden wanneer de toedienende concentraties beneden de individuele no-effect-niveaus blijven. Omdat grenswaarden altijd ruim beneden de individuele no-effect-niveaus worden vastgesteld, wordt er in het algemeen van uitgegaan dat wanneer individuele componenten hun grenswaarden niet noemenswaard overschrijden, de kans op mengseleffecten zeer klein zal zijn.

6 Conclusies

1. De meetcampagne is over het geheel genomen goed gelukt. De meetperiode was representatief voor wat betreft de weersomstandigheden en de productie van het bedrijf, zodat de meetgegevens een voldoende representatief geven beeld van de blootstelling en milieubelasting in de omgeving van het bedrijf over de periode vanaf 2000 tot heden. De data uitval was beperkt tot gemiddeld 13% en de omstandigheden tijdens de intensieve meetdagen waren gunstig.
2. De invloed van emissies uit het bedrijf is in de leefomgeving goed waar te nemen. Stoffen die door het bedrijf worden geëmitteerd worden, als de wind van het bedrijf naar de leefomgeving waait, daar in verhoogde concentraties gemeten, tot op in ieder geval 150 m van het bedrijf. Dit blijkt uit zowel de continue metingen als uit de intensieve metingen. De hoogste waarden worden gevonden op momenten dat emissies uit de voormalig handesgieterij plaatsvinden. Echter, ook emissies uit andere bedrijfsonderdelen (HODI, smelterij, voormalig schroeven, slijperij en bramerij) zijn benedenwinds in de leefomgeving waar te nemen.
3. De stoffen die bij wind van het bedrijf duidelijk in verhoogde mate voorkomen in de lucht, zijn zwaveldioxide en andere zwavelcomponenten, isopropylalcohol, stof (met name grof stof), de metalen chroom, ijzer, mangaan, nikkel, koper, zink en lood, en respirabel kwarts. De hoogste gemeten piekwaarden – gemiddeld over een werkdag – aan isopropylalcohol, chroom (ook zeswaardig chroom), ijzer, mangaan, nikkel, koper, zink en lood waren 10 tot 50 maal zo hoog als het achtergrondniveau. Voor de zwavelverbindingen en respirabel kwarts lagen de piekwaarden op 5 tot 10 maal het achtergrondniveau. In beperkte mate werden ook van benzeen, toluen, formaldehyde en PAK's verhoogde waarden gemeten. Incidenteel zijn verhoogde concentraties aan cadmium gevonden, die mogelijk verband houden met emissie tijdens het smelten en gieten van nikkel-aluminium brons producten.
4. De invloed van emissies uit verkeer op de A2 is amper merkbaar in de woonwijk. Op meetpunt LC2 waren de concentraties stikstofoxiden en PAK's weliswaar licht verhoogd, maar nog altijd niet hoger dan op stadsachtergrondniveau. De concentraties aan benzeen, toluen en andere aromaten (waarvan bekend is dat ze door verkeer worden uitgestoten) waren vrijwel niet verhoogd, ook niet op de meetpunten die het dichtst bij de snelweg lagen.
5. Gemiddeld genomen ligt de luchtkwaliteit in de leefomgeving rond het bedrijf tussen die van regionaal (platteland) en stadsachtergrondniveau, *uitgezonderd* de component isopropylalcohol en de metalen chroom (ook zeswaardig chroom), nikkel, koper, mangaan, zink en cadmium. De gemiddelde concentraties van deze metalen liggen een factor 2 tot 5 boven het niveau in regionale en onbelaste stedelijke gebieden.
6. De depositie aan (zware) metalen in de omgeving van het bedrijf is verhoogd. In de veegmonsters is dat goed waar te nemen, in de grasmonsters komt dat minder duidelijk naar voren. Echter, ook in de grasmonsters zijn van sommige metalen verhoogde gehalten gevonden, namelijk van koper (op vrijwel alle plaatsen licht

- verhoogd) en van chroom, nikkel, lood en ijzer (op enkele plaatsen licht verhoogd).
7. In de bodemmonsters die in dit onderzoek zijn genomen, zijn geen verhoogde gehalten metalen geconstateerd. Opgemerkt wordt dat de monsters niet zijn genomen volgens de procedures bij onderzoeken in het kader van de Wet bodembescherming, omdat het voornaamste doel was na te gaan of verhoogde gehalten metalen in gras afkomstig waren van directe depositie of van opname uit de bodem. In eerder verrichte bodemonderzoeken, die wel zijn gedaan in het kader van de Wet bodembescherming, zijn op enkele plaatsen in de woonwijk verhoogde gehalten aan koper en lood gevonden, gemiddeld genomen ruim 1,5 maal zo hoog als de streefwaarde. Op één plaats werd een loodgehalte boven de interventiewaarde aangetroffen. Dit betreft echter een zeer lokale verontreiniging (zogenaamde hot spot), aangezien in een ander bodemmonster van hetzelfde perceel het loodgehalte veel lager was. De verhoogde gehalten aan lood en koper zijn niet te verklaren uit de in dit onderzoek gemeten depositiefluxen, die representatief worden geacht voor de periode vanaf het jaar 2000. Het is echter goed mogelijk dat de depositie voor het jaar 2000 heeft afgeweken van de in dit onderzoek gemeten waarden.
 8. De verhoogde gehalten aan koper in de grasmonsters zouden mede een gevolg kunnen zijn van opname uit de bodem, aangezien ook daarin het kopergehalte verhoogd is. Voor de andere metalen lijkt alleen depositie van stofdeeltjes de belangrijkste oorzaak van de verhoogde gehalten in gras te zijn.
 9. De blootstelling van omwonenden door inademing van stoffen in de lucht in de omgeving van de gieterij ligt onder de van toepassing zijnde gezondheidskundige grenswaarden, zij het dat voor nikkel, cadmium en zeswaardig chroom de gemiddelde concentratie in de leefomgeving op een niveau tot 40-60% van de chronische grenswaarde ligt. De berekende blootstelling aan zeswaardig chroom is gebaseerd op een beperkt aantal metingen en daarom indicatief.
 10. De gemeten piekconcentraties waterstofsulfide en andere zwavelverbindingen zijn dusdanig hoog dat mogelijk geurhinder optreedt, met name in de winterperiode, omdat dan meer paratolueensulfonzuur wordt toegevoegd in het bindmiddel dat wordt toegepast bij het maken van gietvormen voor de ferro-gietstukken.
 11. De orale blootstelling aan metalen en andere stofgebonden componenten ligt onder de Toelaatbare Dagelijkse Inname, als er geen intensieve consumptie van zelf gekweekte gewassen plaatsvindt (oftewel 'dagelijks eten uit eigen tuin'). Intensief consumeren van zelf gekweekte gewassen brengt echter een risico op te hoge blootstelling aan lood en barium met zich mee, met name voor zeer jonge kinderen.

Met dank

Aan dit onderzoek hebben de volgende RIVM medewerkers een bijdrage geleverd: M.R. Ramlal, A.C.W. van de Beek, H.A.G. Heusinkveld, R.J.W. Zwartjes, J.W. Uiterwijk en H.J. Th. Bloemen (LVM), R. Ritsema, S. Piso, P.M. Wolfs, E.A. Hogendoorn en C.J. Berkhoff (LAC), N.J.C. van Belle, M.H. Broekman, S. van Dijk, E. Schols, T. Knol-de Vos, M. van Bruggen (IMD), P. van Iersel (SEC) en P.C.J.M. Janssen (SIR).

De medewerkers van de gemeente Zaltbommel worden bedankt voor het dagelijks verwisselen en tijdelijk opslaan van monsters tijdens de continue metingen.

Mevr. Schuurmans, dhr. van Kooten, dhr. en mevr. Van Schaijk en dhr. en mevr. Tijssen worden bedankt voor het ter beschikking stellen van hun woning, tuin en schuur om de meetapparatuur op te stellen en metingen uit te voeren.

De firma Van Voorden BV heeft gedurende het hele onderzoek informatie geleverd over de productieprocessen, zoals de tijdstippen van gieten en de typen legering en massa's van de gietstukken. Ook heeft het bedrijf de nodige medewerking gegeven bij het inrichten van de meetlocaties voor de emissiemetingen op zeswaardig chroom.

Literatuur

- AEGL (1998) Acute Exposure Guideline Levels for Nitric Oxide – Draft September 1998. US-EPA
- Annema J.A., Booij H., Hesse J.M., Meulen A. van der en Slooff W. (1994) Basisdocument Fijn Stof. RIVM rapport 710401029, RIVM, Bilthoven.
- ATSDR (1989) Toxicological Profile for 1,2-dichloropropane, December 1989.
- ATSDR (1995) Toxicological Profile for Xylenes, August 1995.
- ATSDR (1997a) Toxicological Profile for Benzene, September 1997.
- ATSDR (1997b) Toxicological Profile for Nickel, September 1997.
- ATSDR (1999a) Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide, July 1999.
- ATSDR (1999b) Toxicological Profile for Ethylbenzene, July 1999.
- ATSDR (2000) Toxicological Profile for Toluene, September 2000.
- Bloemen H.J.Th. en van Putten E.M. (2000) Bronherkenningsstudie fijn stof. RIVM tussenrapport, augustus 2000.
- Broekman M.H., Mennen M.G. en Bloemen H.J.Th. (2004) Emissieonderzoek Van Voorden Gieterij BV te Zaltbommel. RIVM rapport 609021026, RIVM, Bilthoven.
- Broekman M.H., Reijnders H.F.R., de Groot A.C., Hamzink M.R.J., Mennen M.G. en Bresser A.H.M. (2001a) Eindrapportage RIVM onderzoek brand V.A.R. te Wilp. Briefrapport 787/01 IEM, RIVM, Bilthoven.
- Broekman M.H., Mennen M.G., Kliet J.J.G., Traag W. en Hoogenboom R. (2001b) Eindrapportage RIVM onderzoek brand “De Bonte Wever” te Slagharen. Briefrapport 378/01 IEM, RIVM, Bilthoven.
- Caffrey P.F., Ondov J.M., Zufall M.J. en Davidson C.I. (1998) Determination of size-dependent dry particle deposition velocities with multiple intrinsic elemental tracers. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 1615-1622.
- Chan W.H., Tang A.J.S., Chung D.H.S. en Lusic M.A. (1986) Concentration and deposition of trace metals in Ontario-1982. *Water Air Soil Pollut.*, 29, 373-89.
- Chow J.C., Watson J.G., Zhiqiang L., Lowenthal D.H. en Countess R.J. (1996) Sources and chemistry of PM10 aerosol in Santa Barbara County, CA. *Atmos. Environ.* 30, 1489-1499.
- Cleven R.F.M.J., Janus J.A., Annema J.A. en Slooff W. (1992) Basisdocument zink. RIVM rapport 710401019, RIVM, Bilthoven.
- EU (2003) Voorstel voor een Richtlijn van het Europees Parlement en Europese Raad betreffende Arseen, Cadmium, Kwik, Nikkel en Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen in de lucht. COM (2003) 423 definitief.
- Fang G.C., Chang C.N. en Chang S.Y. (1997) Dry deposition of metal elements on surrogate surfaces in the ambient air of central Taiwan. *Toxicol. Environ. Chem.*, 62, 111-123.
- Feimann P.F.L., Geurs K.T., Brink R.M.M., Annema J.A. en Wee G.P. van (2001) Verkeer en vervoer in de Nationale Milieuverkenning 5. RIVM rapport 408129014, RIVM, Bilthoven.

- FoBiG (1992) Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten. Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (FoBiG), Freiburg i. Br, Duitsland.
- Foltescu V.L., Isakson J., Selin E. en Stikans M. (1994) Measured fluxes of sulphur, chlorine and some anthropogenic metals to the Swedish West coast. *Atmos. Environ.* 28, 2639-2649.
- Harrison R.M., Deacon A.R., Jones M.R. en Appleby R.S. (1997) Sources and processes affecting concentrations of PM10 and PM2.5 particulate matter in Birmingham (U.K.). *Atmos. Environ.*, 31, 4103-4117.
- Janssen N.A.H., van Mansom D.F.M., van der Jagt K., Harssema H. en Hoek G. (1997) Mass concentration and elemental composition of airborne particulate matter at street and background locations. *Atmos. Environ.*, 31, 1185-1193.
- Janus J.A., Annema J.A., Aben J.M.M., Slooff W. en Wesselink L.G. (1999) Evaluatiedocument lood. RIVM rapport 601014003, RIVM, Bilthoven.
- Kliet J.J.G., van der Eerden L.J.M., Diederens H.S.M.A. en van de Beek A.C.W. (1995) Resultaten van een onderzoek naar schade aan planten veroorzakende luchtverontreiniging in het Sloegebied. RIVM rapport 609021009, RIVM, Bilthoven.
- Kim N.D. en Fergusson J.E. (1994) The concentrations, distribution and sources of cadmium, copper, lead and zinc in the atmosphere of an urban environment. *Sci. Total Environ.*, 144, 179-189.
- Kistemaker C., Bouman M., Hulshof, K.F.A.M. (1998). De consumptie van afzonderlijke producten door de Nederlandse bevolkingsgroepen- Voedselconsumptiepeiling 1997-1998. TNO-rapport V98.812, Zeist.
- Mennen M.G. (2001) Eindrapportage RIVM metingen en analyses brand Hazeldonk. Briefrapport 213/01 IEM, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Bos H.P., Linders S.H.M.A., Stil G.H. en Kootstra P.R. (1997) Aldehyde concentrations in ambient air. Results of a one-year measuring campaign at two sites in the Netherlands. Report no. 723101028, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Koot W., Putten E.M. van, Ritsema R., Piso S., Knol-de Vos T., Fortezza F. en Kliet J.J.G. (1998) Hexavalent chromium in ambient air in the Netherlands. Results of measurements near wood preservation plants and at a regional site. RIVM rapport 723101031, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., van Bruggen M., Kliet J.J.G., Bloemen H.J.Th., Zwartjes R.J.A., Fortezza F., Regts T.A., Bos H.P., van Putten E.M., Wiese C.J., Janssen P.J.C.M., Kruize H. en van Kamp I. (2000a) Emissie en verspreiding van geur en toxische stoffen in de omgeving van de Tweede en Derde Merwedehaven te Dordrecht en de hiermee samenhangende gezondheidsaspecten. RIVM rapport 609021018, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Fortezza F., Knol-de Vos T., van Hellemond J., van de Beek A.C.W., Breugem P.M. en van den Beld W. (2000b) Verslag van de monsternemingen en analyses van luchtstof en gedeponeerd stof bij een woning in Zoeterwoude. Briefrapport 154/00 IEM, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Knol-de Vos T., Fortezza F., van Putten E.M., Wiese C.J., Regts T., Kootstra P.R., Zwartjes R.J.W. en van Velze K. (2000c) Metingen van

- luchtverontreiniging aan de A28 bij Zwolle in de periode van 18 oktober t/m 4 november 1999. RIVM rapport 609023003, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Kliet J.J.G. en van Bruggen M. (2001) Vuurwerkkramp Enschede: Deel 1. Metingen van concentraties, verspreiding en depositie van schadelijke stoffen. RIVM rapport 609022002, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G. (2002) Resultaten van metingen door de Milieu Ongevallen Dienst bij branden. RIVM rapport 609100002, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., Kwekkeboom J.M.I., Broekman M.H. en van Brederode N. (2004) Milieu- en gezondheidsonderzoek in de leefomgeving van Van Voorden gieterij te Zaltbommel: samenvatting deelonderzoeken. RIVM rapport 609021028, RIVM, Bilthoven. GGD Rivierenland, Tiel. *In voorbereiding*.
- NIPA (2000) Resultaten bodemonderzoek omliggende percelen bij Van Voorden te Zaltbommel. NIPA milieutechniek BV, Rosmalen.
- Noll K.E., Yuen P.F. en Fang K.Y.P. (1990) Atmospheric coarse particulate concentrations and dry deposition fluxes for ten metals in two urban environments. *Atmos. Environ.*, 24A, 903-908.
- Olthuis H.J. (2003) Emissieonderzoek Van Voorden gieterij BV te Zaltbommel, maart 2003. TNO-MEP briefrapport BR2003PA/93. TNO, Apeldoorn.
- Otte P.F., Lijzen J.P.A., Otte J.G., Swartjes F.A. en Versluijs C.W. (2001) Evaluatie en herziening van de CSOIL parameter set. Parameter set voor de modellering van de humane blootstelling en onderbouwing van Interventiewaarden voor stoffen van de eerste tranche. RIVM rapport 711701021, RIVM, Bilthoven.
- Paode R.D., Sofuoglu S.C., Sivadechthep J., Noll K.E., Holsen T.M. en Keller G.J. (1998) Dry deposition fluxes and mass size distributions of Ph, Cu, and Zn measured in southern Lake Michigan during AEOLUS. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 1629-1635.
- Paode R.D., Shahin U.M., Sivadechathep J., Holsen T.M. en Franek W.J. (1999) Source apportionment of dry deposited and airborne coarse particles collected in the Chicago area. *Aerosol Sci. Technol.*, 31, 473-486.
- Ponka A., Salminen E. en Ahonen S. (1993) Lead in the ambient air and blood specimens of children in Helsinki. *Sci. Total Environ.*, 138, 301-308.
- Pro Monitoring (1999) Emissieonderzoek bij Van Voorden gieterij BV te Zaltbommel. RIVM rapport R02503e, Pro Monitoring, Barneveld.
- Reimann C. en Caritat P. de (1998) Chemical elements in the environment: (factsheets for the geochemist and environmental scientist), Springer Verlag, Berlin.
- RIVM (1992) Exploratory report antimony and antimony compounds. RIVM rapport 71001020, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (1993) Exploratory report Aluminium and aluminium compounds. RIVM RIVM rapport 710401022, d.d. Januari 1993.
- RIVM (1998) Maximum Permissible Risk Levels for Human Intake of Soil Contaminants: Fourth Series of compounds. RIVM rapport 711701004, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2000) Verslag van de monsternemingen en analyses van luchtstof en gedeponeerd stof bij een woning in Zoeterwoude. Briefrapport 154/00 IEM MM, RIVM, Bilthoven.

- RIVM (2001a) Luchtkwaliteit. Jaaroverzicht 1998 en 1999. RIVM rapport 725301006, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2001b) Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. RIVM rapport 71701025, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2003) Oriënterende evaluatie gezondheidsrisico metalen in tatoeages. RIVM rapport 320105001, RIVM, Bilthoven. In druk.
- Ruth J.H. (1986) Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances: A review. *Am. Ind. Hyg. Assoc.*, 47, A142-A151.
- SCF (2003) Opinion of the Scientific Committee on Food on the Tolerable Intake Level of Calcium (expressed on 4 April 2003).
- Slooff W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en Ros J.P.M. (1987) Ontwerp basisdocument koper. RIVM rapport 758474003, RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en van der Poel P. (1989) Basisdocument chroom. RIVM rapport 758701001, RIVM, Bilthoven.
- Sofuoglu S.C., Paode R.D., Sivadechathep J., Noll K.E., Holsen Th.M. en Keeler G.J. (1998) Dry deposition fluxes and atmospheric size distributions of mass, Al, and Mg measured in southern Lake Michigan during AEOLOS. *Aerosol Sci. Technol.*, 29, 281-293.
- Swietlicki E., Puri S., Hansson H.-C. en Edner H. (1996) Urban air pollution source apportionment using a combination of aerosol and gas monitoring techniques. *Atmos. Environ.*, 30, 2795-2809.
- Thurston G.D. en Spengler J.D. (1985) A quantitative assessment of source contributions to inhalable particulate matter pollution in metropolitan Boston. *Atmos. Environ.*, 19, 9-25.
- TüV (1990) Test report on the comparison of the concentration measuring instrument of airborne particulates TEOM 1400a revision B, from the Rupprecht & Patashnick Co., Inc., Albany/New York, by request of Rupprecht & Patashnick Co., Inc., Albany, NY 12 203, USA using the reference method in accordance with the European Standard prEN 12341.
- US-EPA (2003) Hydrogen Sulfide - Reference Concentration for Chronic Inhalation Exposure (RfC), d.d. 28-07-3002. US-EPA Integrated Risk Information System (IRIS).
- Van Bruggen M., Baars A.J. en Traag W. (2001) Onderzoek naar de emissies van de brand bij ATF in Drachten. RIVM rapport 609022001, RIVM, Bilthoven.
- Van Putten E.M., Bloemen H.J.Th. en van der Meulen A. (2002) Betrouwbaarheid van PM₁₀ metingen in Nederland. RIVM rapport 650010026, RIVM, Bilthoven.
- Van Velze K. (1996) PAK in stedelijke omgeving, benzo(a)pyreen en mogelijke alternatieven als gidsstof voor PAK. RIVM rapport 723301005, RIVM, Bilthoven.
- Van den Brink R.M.M. (1996) Deeltjesemissie door Wegverkeer: Emissiefactoren, Deeltjesgrootteverdeling en Chemische Samenstelling. RIVM rapport 773002008, RIVM, Bilthoven.
- Verhoeven (1999) Rapport Verkennend bodemonderzoek Koningin Wilhelminaweg 27b te Zaltbommel. Projectnummer B99.1145, Verhoeven Milieutechniek BV, Velddriel.
- VROM (1999a) Emissies en afval in Nederland. Jaarrapport 1996 en ramingen 1997.

- Publicatiereeks Emissieregistratie nr 47, VROM, Den Haag.
- VROM (1999b) Stoffen en normen. Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. Samson, Alphen aan den Rijn. VROM, Den Haag.
- WHO (1995) Environmental Health Criteria no 167 – Acetaldehyde. WHO IPCS, Geneva.
- WHO (2000a) Air quality Guidelines for Europe - Second edition. WHO, Regional Publications Series no. 91. WHO IPCS, Geneva.
- WHO (2000b) Concise International Chemical Assessment Document no. 24 - Crystalline silica. WHO IPCS, Geneva.
- WHO/JECFA (1983) Food Additives Series no 18.
- WHO-JECFA (1989) Monograph on Aluminium. WHO Food Additives Series no. 24.
- Ylärinta T. (1995) Effect of road traffic on heavy metal concentrations of plants. *Agric. Sci. Finl.*, 4, 35-48.
- Zufall M.J., Davidson C.I., Caffrey P.F. en Ondov J.M. (1998) Airborne concentrations and dry deposition fluxes and particulate species to surrogate surfaces deployed in Southern Lake Michigan. *Environ. Sci. Technol.*, 32, 1623-1628.

Bijlage 1. Overzicht meetlocaties



Locatie, passieve sampler ¹⁾	Veegmonsters	Grasmonsters
LI1, B1	V14	G3
B2	V2, V6	G7
B3	V9	G4
B4	V11	G6
B5		
B6	V4, V5	
LC2, B7	V8, V3 (aan straatkant)	G1
B8	V7, V10, V16	G5
LC1, B9	V1, V12, V13, V17	G2
LI2	V15 (overzijde straat)	
LI3		
LI4		
B10		

¹⁾ LC = meetpunt continue luchtmetingen; LI = meetpunt intensieve luchtmetingen;
B = meetpunt passieve sampler

De referentielocatie (monster G8), gelegen nabij het gemeentegebouw in Kerkwijk, is niet op deze plattegrond aangegeven.

Bijlage 2. Overzicht locaties chroom (VI) metingen

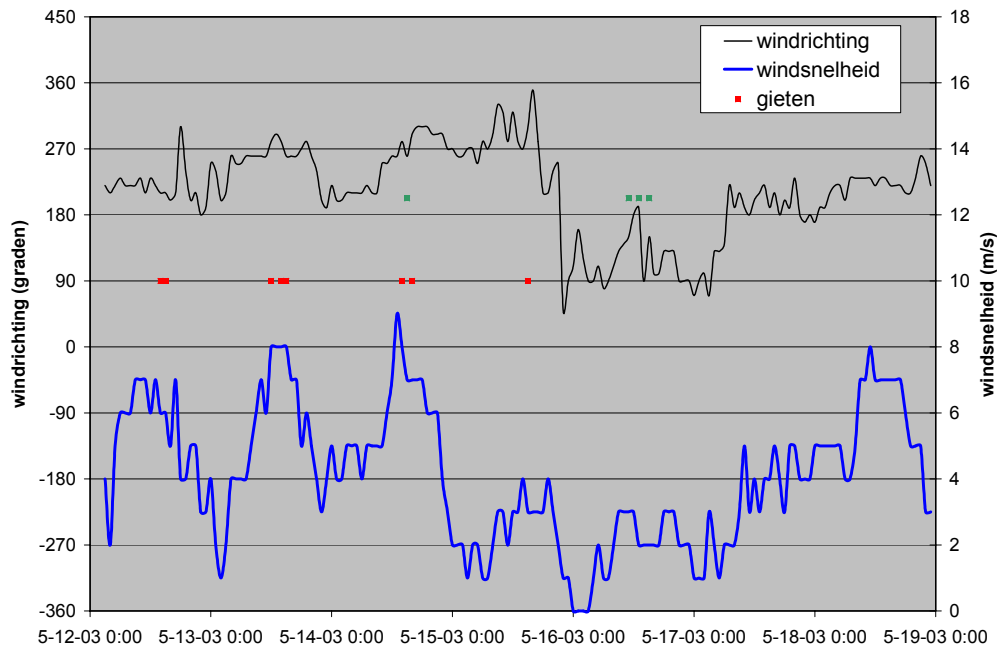


1) C = meetpunt luchtmetingen op zeswaardig chroom

Bijlage 3: Weersomstandigheden tijdens de meetcampagne

In deze Bijlage zijn per week het verloop van de uurgemiddelde windrichting en de windsnelheid tijdens de continue metingen grafisch weergegeven. Elke grafiek heeft betrekking op één week (maandag tot en met zondag). De windrichting is uitgedrukt in graden (linkeras⁴⁴), de windsnelheid in m s^{-1} (rechteras).

In de grafieken zijn met blokjes de momenten aangegeven, waarop in het bedrijf een gietstuk werd gegoten, hetzij in de vormrij handsgietwerk (hal 12, aangegeven met rode blokjes), hetzij in de vormrij schroeven (hal 22, aangegeven met groene blokjes). Zoals in paragraaf 4.1 is aangegeven, zijn de windrichting en windsnelheid de belangrijkste meteorologische parameters als het gaat om verspreiding van stoffen door de lucht. Verder speelt neerslag een rol, omdat die invloed heeft op de uitwassing en depositie van stofdeeltjes. Informatie over de hoeveelheid neerslag is gegeven in paragraaf 4.2.2. Andere weersparameters, zoals de hoeveelheid zonnestraling en de temperatuur, zijn niet direct van invloed op de (lokale) verspreiding en depositie en daarom is het verloop van deze parameters niet opgenomen in deze rapportage.



⁴⁴ De assen zijn zodanig ingedeeld, dat het verloop van de windrichting boven in de grafiek verschijnt en het verloop van de windsnelheid onder in de grafiek. De negatieve windrichtingen op de linkeras hebben verder geen betekenis.

