

rivm

Rapport 609100004/2010

M.G. Mennen et al.

Emissies en verspreiding van zware metalen

RIVM Rapport 609100004/2010

Emissies en verspreiding van zware metalen

M.G. Mennen
W.A.J. van Pul
P.L. Nguyen
E.A. Hogendoorn
E.M. van Putten
M.E. Boshuis-Hilverdink
G.M. de Groot

Contact:
Matthijs de Groot
Centrum Inspectie-, Milieu- en Gezondheidsadviesing, IMG
Matthijs.de.Groot@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM, Directie Klimaat en Luchtkwaliteit, in het kader van M/609100/10: 'Milieurisico's DMI stoffen'.

© RIVM 2010

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

Rapport in het kort

Emissies en verspreiding van zware metalen

De emissies aan cadmium, chroom, kwik, lood en zink van de Nederlandse industrie naar lucht en oppervlaktewater zijn in de afgelopen 20 jaar flink verminderd. Dit blijkt uit een onderzoek naar de industriële emissies en verspreiding van cadmium, chroom, kwik, lood en zink die het RIVM in opdracht van het ministerie van VROM heeft gemaakt.

Begin jaren negentig heeft de overheid afspraken gemaakt met de industrie om de emissies van diverse stoffen te reduceren. Hoewel niet voor alle metalen de toen vastgestelde percentages van 70 tot 90% emissiereductie zijn gehaald, zijn de emissies wel aanzienlijk verminderd.

Hierdoor zijn de ook de concentraties cadmium, chroom, kwik, lood en zink in lucht en regenwater in Nederland fors gedaald. De concentraties van deze metalen in de lucht liggen nu onder de milieukwaliteitsnormen. De huidige emissies en concentraties in de lucht hebben geen gevolgen voor de gezondheid van mensen.

Ook de gehalten aan cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de Nederlandse oppervlaktewateren zijn flink gedaald, maar behalve voor kwik worden de streefwaarde en milieukwaliteitsnormen op verschillende plaatsen nog overschreden. Dat wordt overigens vooral veroorzaakt door andere bronnen dan de industrie.

Vanwege de Europese Kaderrichtlijn Water moeten de emissies aan zware metalen in de komende jaren verder worden teruggedrongen. Ook zijn er internationale afspraken gemaakt om de emissies van cadmium, lood en kwik naar de lucht te verminderen. Door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie, zal de emissie van kwik waarschijnlijk echter toenemen.

Trefwoorden:

Zware metalen, emissies, industrie, luchtkwaliteit, waterkwaliteit

Abstract

Emission and dispersion of heavy metals

Emissions to air and surface waters of cadmium, chrome, mercury, lead and zinc coming from Dutch industry, have been reduced, considerably, over the past 20 years. This, according to research into industrial emissions and dispersion of cadmium, chrome, mercury, lead and zinc, conducted by the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), by order of the Dutch Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (VROM).

In the early 1990s, the national government reached an agreement with the industrial sector about achieving a reduction in emissions of various compounds. Although the agreed on reduction percentages of 70 to 90% have not been achieved for all heavy metals, emission levels have been reduced, significantly.

Concentrations of cadmium, chrome, mercury, lead and zinc in air and rainwater, in the Netherlands, have been substantially reduced. The concentrations in the air now comply with EU environmental quality standards. Current emission and concentration levels in the air have no adverse effects on human health.

In Dutch surface waters, levels of cadmium, chrome, mercury, lead and zinc also have been reduced, considerably. Although, with the exception of mercury, target values and environmental quality standards are being exceeded at various locations. These exceedances, however, mainly originate from sources other than industry.

In accordance with the European Water Framework Directive, emissions of heavy metals need to be brought down further, in the coming years. In addition, international agreements have been made to reduce the emissions to air of cadmium, lead and mercury. However, because of three new coal-fired power stations that are currently under construction, together with a possible new coal gasification plant, mercury emissions are expected to increase again.

Key words:

heavy metals, emissions, concentrations, industry, air, water

Inhoud

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| Samenvatting | | 9 |
| 1 | Inleiding | 13 |
| 1.1 | Algemeen | 13 |
| 1.2 | Leeswijzer | 14 |
| 2 | Doel, vraagstelling en werkwijze | 15 |
| 2.1 | Doel en vraagstelling | 15 |
| 2.2 | Werkwijze | 15 |
| 3 | Voorkomen, effecten en normen | 19 |
| 3.1 | Voorkomen en effecten op mens en milieu | 19 |
| 3.1.1 | Algemeen | 19 |
| 3.1.2 | Cadmium | 19 |
| 3.1.3 | Chroom | 21 |
| 3.1.4 | Kwik | 22 |
| 3.1.5 | Lood | 23 |
| 3.1.6 | Zink | 24 |
| 3.2 | Normen en grenswaarden | 26 |
| 3.2.1 | Compartiment lucht | 26 |
| 3.2.2 | Compartiment water | 29 |
| 3.3 | Zware metalen en het Prioritaire Stoffen beleid | 31 |
| 4 | Emissies | 33 |
| 4.1 | Emissies naar de lucht | 33 |
| 4.1.1 | Algemeen | 33 |
| 4.1.2 | Cadmium | 33 |
| 4.1.3 | Chroom | 38 |
| 4.1.4 | Kwik | 42 |
| 4.1.5 | Lood | 48 |
| 4.1.6 | Zink | 53 |
| 4.2 | Emissies naar het oppervlaktewater | 57 |
| 4.2.1 | Algemeen | 57 |
| 4.2.2 | Cadmium | 57 |
| 4.2.3 | Chroom | 60 |
| 4.2.4 | Kwik | 63 |
| 4.2.5 | Lood | 65 |
| 4.2.6 | Zink | 68 |
| 4.3 | Emissienormen en regelgeving | 71 |
| 4.3.1 | Algemeen | 71 |
| 4.3.2 | De Nederlandse emissie Richtlijnen (NeR) | 71 |
| 4.3.3 | De Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) en de Waterwet | 73 |
| 4.3.4 | De IPPC en BBT Reference documents (BREFs) | 74 |
| 4.3.5 | Milieuvergunningen in Nederland | 80 |
| 4.4 | Internationale afspraken en verplichtingen | 81 |
| 4.5 | Toekomstige ontwikkelingen | 83 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5 | Concentraties in het milieu | 85 |
| 5.1 | Lucht | 85 |
| 5.1.1 | Meetstations en methoden in het LML | 85 |
| 5.1.2 | Meetresultaten LML en andere Nederlandse meetnetten | 86 |
| 5.1.3 | Omringende landen | 89 |
| 5.1.4 | EMEP | 89 |
| 5.1.5 | Kortdurende meetcampagnes | 91 |
| 5.1.6 | Vergelijking concentraties met normen en grenswaarden | 94 |
| 5.2 | Regenwater | 95 |
| 5.3 | Oppervlaktewater | 98 |
| 5.4 | Depositie en bodembelasting | 105 |
| 6 | Conclusies | 107 |
| | Literatuur | 111 |

Samenvatting

In het begin van de jaren negentig zijn voor verschillende prioritaire stoffen, waaronder zware metalen, doelstellingen geformuleerd om de emissies uit industriële en andere bronnen te reduceren. De reductie werd noodzakelijk geacht om de concentraties zware metalen in de lucht en het oppervlaktewater tot een voldoende laag niveau te doen dalen. De overheid heeft hiertoe afspraken gemaakt met de industrie: de zogenaamde Integrale Milieutaakstellingen. Daarin zijn doelstellingen opgenomen die varieerden van 50 tot 70% emissiereductie in het jaar 2000 en van 70 tot 90% in het jaar 2010 ten opzichte van het uitgangsjaar 1985 (de te realiseren reductie verschilt per soort metaal).

In dit rapport worden de (industriële) emissies van vijf zware metalen, namelijk cadmium, chroom, kwik, lood en zink naar de lucht en het oppervlaktewater geïnventariseerd, zowel in de huidige situatie als de ontwikkelingen in de afgelopen jaren en de verwachting voor de toekomst. Ook wordt een overzicht gegeven van de concentraties in het milieu en de ontwikkelingen daarin. De vijf metalen zijn geselecteerd op grond van hun status in het Prioritaire Stoffenbeleid en de relatief grote bijdrage van de industrie aan hun emissies. Het rapport kan worden gebruikt ter onderbouwing van het emissiebeleid voor zware metalen in de nabije toekomst.

Emissies van cadmium, chroom en lood naar de lucht zijn voor 70 tot 90% afkomstig van de industrie, vooral de basismetaleindustrie. Voor kwik en zink is de bijdrage van de industrie lager, namelijk 30% respectievelijk 43%. Emissies van kwik worden ook veroorzaakt door de Energiesector (21%) en de Afvalverwijderingsbedrijven (24%). De doelgroepen Verkeer en vervoer (41%) en Landbouw (9%) dragen veel bij aan de emissies van zink. Sinds 1985 zijn de emissies aanzienlijk afgenomen, variërend van een factor 2,5 (voor cadmium) tot een factor 8 (voor lood). De daling is niet alleen het gevolg van emissiereducties in de industrie, maar ook van maatregelen bij andere doelgroepen, zoals het niet meer toepassen van lood in benzine.

Ondanks de afname, haalt de industrie als geheel de doelstellingen voor cadmium, chroom en lood uit de Integrale Milieutaakstellingen (IMT) niet. Alleen voor kwik wordt het doel (70% in 2010) wel gerealiseerd en voor zink kan het doel (80% in 2010) nog bereikt worden. Sommige branches uit de industrie realiseren hun doelstellingen overigens wel.

Tabel 1 Emissies naar lucht en emissiereducties van de doelgroep industrie en totaal, periode 1985/1990 – 2007 (in kg).

| | | 1985 | 2000 | 2007 | Realisatie 1985-2007 | Doel IMT 1985-2010 |
|---------|-----------|---------|---------|--------|-------------------------|-----------------------|
| Cadmium | Industrie | 1.845 | 846 | 1.436 | -22% | -80% |
| | Totaal NL | 4.135 | 1.049 | 1.624 | -61% | |
| Chroom | Industrie | 4.600 | 2.306 | 1.756 | -62% | -90% |
| | Totaal NL | 11.261 | 3.373 | 2.426 | -78% | |
| Zink | Industrie | 164.000 | 70.608 | 41.330 | -75% | -80% |
| | Totaal NL | 268.500 | 112.467 | 95.433 | -64% | |
| | | 1990 | 2000 | 2007 | Realisatie 1990-2007 | Doel IMT 1985-2010 |
| Lood | Industrie | 67.959 | 24.412 | 32.929 | -52% | -70% |
| | Totaal NL | 337.984 | 36.499 | 44.753 | -87% | |
| Kwik | Industrie | 1.346 | 1.296 | 232 | -83% | -70% |
| | Totaal NL | 3.862 | 1.045 | 770 | -80% | |

In de komende jaren zullen de emissies van lood en chroom naar de lucht bij ongewijzigd beleid min of meer constant blijven met kleine variaties van jaar tot jaar. De emissies van cadmium en zink zullen mogelijk licht dalen door voorgenomen maatregelen bij enkele grote bronnen. Daarentegen zal de emissie van kwik waarschijnlijk toenemen door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie. Geschat wordt dat in dat geval de emissies over enkele jaren tegen de 1000 kg per jaar zullen bedragen tegen 770 kg in 2007.

De bijdrage van de industrie aan de directe emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater is beperkt, namelijk 1 tot 3% voor kwik, lood en zink, 12% voor cadmium en 20% voor chroom. Binnen de industrie stoot de chemische sector het meeste uit. De grootste bronnen van zware metalen naar het oppervlaktewater zijn atmosferische depositie (deels afkomstig van de industrie) en de doelgroep Riolerings en waterzuiveringsinstallaties. De onzekerheid in de atmosferische depositie is overigens vrij groot. Deze wordt namelijk berekend met behulp van lange afstand transportmodellen en emissiegegevens op Europese schaal. Verder draagt de Landbouw veel bij aan de uitstoot van lood en zink en vormt de doelgroep Verkeer en vervoer een belangrijke bron van zink.

Sinds 1985 zijn de totale emissies van cadmium en chroom naar het oppervlaktewater gedaald met een factor 8, die van kwik en lood met een factor 3 en die van zink met een factor 2. Dat is deels te danken aan maatregelen bij de industrie. De industrie als geheel zal dan ook de emissiereductiedoelstellingen uit de Integrale Milieutaakstellingen (70 tot 90% in 2010) gaan bereiken. Een enkele branche haalt haar doelstelling niet, maar voor die branches geldt dat de bijdrage aan de totale emissie van de industrie beperkt is.

Tabel 2 Emissies naar water en emissiereducties van de doelgroep industrie en totaal, periode 1985/1990 – 2007 (in kg).

| | | 1985 | 2000 | 2007 | Realisatie 1985-2007 | Doel IMT 1985-2010 |
|---------|-----------|-----------|---------|---------|-------------------------|-----------------------|
| Cadmium | Industrie | 15.450 | 242 | 325 | -98% | -90% |
| | Totaal NL | 20.867 | 4.303 | 2.597 | -88% | |
| Chroom | Industrie | 93.500 | 3.943 | 2.908 | -97% | -85% |
| | Totaal NL | 120.310 | 17.376 | 14.141 | -88% | |
| Zink | Industrie | 130.500 | 32.970 | 17.560 | -87% | -80% |
| | Totaal NL | 1.212.000 | 790.725 | 648.143 | -47% | |
| | | 1990 | 2000 | 2007 | Realisatie 1990-2007 | Doel IMT 1985-2010 |
| Lood | Industrie | 18.148 | 2.844 | 2.129 | -88% | -70% |
| | Totaal NL | 241.829 | 147.228 | 90.646 | -63% | |
| Kwik | Industrie | 437 | 27 | 16 | -96% | -70% |
| | Totaal NL | 3.479 | 1.347 | 1.248 | -64% | |

Naar verwachting zullen de emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater in de komende jaren nog licht dalen. De industrie draagt hier in geringe mate aan bij, vooral vanwege de recente sluiting van een chemisch bedrijf dat relatief veel metalen op het water loosde.

Er zijn vanuit internationale regelgeving geen emissieplafonds voor zware metalen, maar er zijn – via de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution en het OSPAR-verdrag – wel afspraken gemaakt om de emissies van cadmium, lood en kwik naar lucht en water verder te verminderen.

De concentraties aan cadmium en zink in de lucht en in regenwater zijn in de afgelopen 20 jaar afgenomen met een factor 2 tot 3 en de concentratie lood in de lucht met een factor 5 tot 10. Deze daling houdt gelijke tred met die van de emissies naar de lucht. Het loodgehalte in regenwater is minder sterk gedaald. De concentratie kwik in regenwater is tot het jaar 2000 gedaald, maar neemt sindsdien niet verder af.

Chroom wordt niet gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Er zijn wel gegevens beschikbaar uit kortdurende meetcampagnes en uit andere landen in Europa (EMEP-meetnet), maar daaruit is geen duidelijke trend af te leiden. Kwik wordt in verschillende toestanden gemeten (gasvormig, stofgebonden of beide) en daarvoor worden meerdere methoden gebruikt, waardoor geen goede trendanalyse is te maken. De chroomgehalten in regenwater liggen alle onder de detectiegrens, zodat geen trend kan worden vastgesteld.

De huidige niveaus van cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de buitenlucht in Nederland liggen onder de normen, grens- en advieswaarden ter bescherming van mens en milieu, ook in door industriële bronnen belaste gebieden.

Nederland is op grond van de Europese Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa verplicht een meetpunt in te richten voor (gasvormig) kwik. Dit meetpunt is nog niet operationeel, omdat de meetmethode nog in ontwikkeling is.

De concentraties cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de Nederlandse oppervlaktewateren zijn in de afgelopen 20 jaar met een factor 5 tot 10 gedaald. Desondanks worden de streefwaarde en de Europese milieukwaliteitsnormen (MKN) voor cadmium en zink op verschillende plaatsen overschreden, vooral in de Maas en haar stroomgebied. De gemiddelde waarde van de zinkconcentraties op alle meetpunten in Nederland ligt eveneens boven de streefwaarde. De streefwaarde en – in sommige jaren – de jaargemiddelde MKN voor chroom en lood worden eveneens op een aantal meetpunten overschreden, met name in de Rijn, de Maas en de Westerschelde. De kwikconcentraties in het oppervlaktewater liggen op de meeste locaties rond of onder de streefwaarde en de jaargemiddelde MKN. Op een enkel meetpunt is er een overschrijding, maar niet elk jaar. Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water moeten de emissies van kwik en cadmium binnen 20 jaar worden gestopt en de emissies van lood geleidelijk worden verminderd. Ook de afspraken als gevolg van het OSPAR-verdrag zijn in lijn met dit beleid. Vanwege de structurele overschrijding van de jaargemiddelde MKN zullen de emissies van zink eveneens moeten worden teruggebracht. De doelgroep Industrie levert echter een beperkte tot zeer beperkte bijdrage aan de directe emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater.

Ter bescherming van mens en milieu zijn in het kader van de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution kritische depositiewaarden voor cadmium, lood en kwik vastgesteld. Voor grote delen van Europa, en ook voor Nederland, is berekend dat de kritische depositiewaarden voor lood en kwik worden overschreden. Deze overschrijding zal waarschijnlijk tot in 2020 voortduren. De bij de Convention aangesloten landen hebben daarom afgesproken de emissies van deze metalen verder terug te dringen. Voor kwik kan dit worden bemoeilijkt door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie.

De directe bijdrage van de huidige industriële emissies aan de gehalten aan zware metalen in bodem en grondwater is beperkt. Op diverse plaatsen in Nederland komen verhoogde gehalten aan zware metalen in de bodem en het grondwater voor, maar die zijn veelal het gevolg van een historische belasting, atmosferische depositie of andere bronnen dan de huidige industriële emissies.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Begin jaren negentig zijn in het kader van het Nationaal Milieu Beleidsplan voor verschillende prioritaire stoffen doelstellingen geformuleerd om de emissies uit industriële en andere bronnen te reduceren. Een aantal zware metalen maakt deel uit van de totale groep prioritaire stoffen. Voor diverse zware metalen zijn doelstellingen vastgesteld om de emissies naar lucht en water terug te brengen. Deze doelstellingen zijn vastgelegd in de zogenaamde IMT's, de Integrale Milieutaakstellingen (Facilitaire Organisatie Industrie, 1992; 1993; 1995; 1996a; 1996b), waarmee de overheid met een aantal brancheorganisaties uit de doelgroep Industrie nadere afspraken heeft gemaakt om de emissies van metalen te verminderen. De beoogde reductie ten opzichte van 1985 varieerde van 50 tot 70% in het jaar 2000 en van 70 tot 90% in het jaar 2010 (de te realiseren reductie verschilt per soort metaal). De doelstellingen voor 2010 zijn destijds geformuleerd als richtinggevende doelstellingen.

Hoewel de emissies van de meeste zware metalen sinds 1985 aanzienlijk gedaald zijn, zal voor enkele van hen de richtinggevende doelstelling in 2010 niet gehaald worden zonder dat bijzonder ingrijpende maatregelen nodig zijn. Ook is geconstateerd dat voor koper, cadmium, nikkel en zink het Maximaal Toelaatbaar Risico of de Europese milieukwaliteitsnorm in water structureel wordt overschreden. Om deze reden zijn deze metalen in de voortgangsnotitie Prioritaire Stoffen, een rapportage uit 2006 over de stand van zaken in het Prioritaire Stoffen beleid, ingedeeld in categorie A: 'Stof vormt nog steeds een milieuprobleem, bijvoorbeeld doordat de concentratie in één of meer milieucompartmenten boven het MTR ligt'. Enkele andere metalen, namelijk kwik, lood, arseen en chroom, zijn ingedeeld in categorie B: 'Stof vormt een beperkt milieuprobleem, bijvoorbeeld doordat de concentratie in één of meer milieucompartmenten nog boven de SW ligt'. Daarnaast is er enige zorg of Nederland voldoet aan internationale afspraken met betrekking tot het beperken van emissies van zware metalen (onder andere via de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution).

Dit onderzoek is vooral gericht op emissies uit industriële bronnen. Omdat arseen, nikkel en koper in beperkte mate door de industrie worden uitgestoten – de emissies zijn vooral afkomstig van de doelgroepen Verkeer en vervoer, Consumenten en soms andere niet-industriële bronnen –, vallen deze metalen buiten beschouwing van dit onderzoek. Ook zink wordt voornamelijk door andere bronnen uitgestoten, maar de absolute emissies uit de Industrie zijn toch aanzienlijk. Voor de andere metalen uit de categorieën A en B is de bijdrage van de Industrie substantieel. Het onderzoek richt zich daarom op de metalen kwik, cadmium, lood, zink en chroom.

In verband met een evaluatie van het doelgroepenbeleid en een mogelijke herziening daarvan in de komende jaren is er behoefte aan inzicht in de emissies van zware metalen, het verloop daarvan in de afgelopen jaren en de verwachting voor de toekomst. Daarbij moet rekening worden gehouden met de mogelijke gevolgen van nieuw beleid (te denken valt Europese regelgeving en internationale verplichtingen) en andere ontwikkelingen (de bouw van nieuwe kolencentrales; technologische ontwikkelingen). De nadruk ligt op de emissies van industriële bronnen.

Daarnaast is inzicht in de concentraties, zowel in de lucht als in het oppervlaktewater, en de depositie van zware metalen in Nederland van belang. Bijzondere aandacht gaat uit naar de bijdrage van de industriële emissies aan de concentraties op leefniveau, niet alleen landelijk gemiddeld maar vooral ook lokaal, in de directe omgeving van grote industriële bronnen. Ook hier dienen trends en ontwikkelingen te worden meegenomen.

Tot slot is er de wens een overzicht te hebben van de gezondheidskundige en ecologische normen en grenswaarden voor deze stoffen in de verschillende milieucompartmenten en van de onderbouwing van die waarden.

1.2 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

In hoofdstuk 2 worden het doel en de vraagstelling van het onderzoek beschreven en toegelicht en wordt een korte beschrijving gegeven van de onderzoeksaanpak.

Hoofdstuk 3 gaat in op de verschillende normen en grenswaarden voor cadmium, chroom, kwik, lood en zink en in lucht en water. Daarnaast wordt beknopte informatie gegeven over het voorkomen van deze stoffen en hun effecten op mens en milieu. Tot slot besteden we aandacht aan de status van en het beleid rond deze zware metalen als prioritaire stoffen.

In hoofdstuk 4 staan de emissies van de zware metalen centraal. Er wordt een overzicht gegeven van de verschillende bronnen en hun bijdragen aan de totale jaarlijkse emissies van cadmium, chroom, kwik, lood en zink naar lucht en oppervlaktewater tussen 1985 (of 1990) en nu. Per metaal wordt dieper ingegaan op de emissies van de doelgroep Industrie, de verschillende daartoe behorende bedrijfstakken en de grootste bronnen. Vervolgens worden de doelstellingen voor emissiereductie uit de Integrale Milieutaakstellingen geëvalueerd. Naast industriële bedrijven zullen ook de emissies van energiecentrales, afvalverbrandingsinstallaties en raffinaderijen (alle behorend tot een andere doelgroep) worden meegenomen, omdat deze een substantiële bijdrage leveren aan de emissies van zware metalen.

Ook wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan wettelijke regelingen en richtlijnen voor emissienormen in het kader van de milieuvergunningen en de praktische invulling daarvan. Naast het doelgroepenbeleid vormen de milieuvergunningen een belangrijk middel om indien dat nodig is de emissies van zware metalen te reguleren. In aanvulling daarop komen internationale afspraken en verplichtingen aan bod, zowel op het gebied van monitoring als het emissiebeleid. Ten slotte wordt een korte blik op de toekomst gegeven voor wat betreft de verwachte ontwikkeling van de emissies van zware metalen naar de lucht en het oppervlaktewater.

De concentraties zware metalen in de buitenlucht en het oppervlaktewater worden besproken in hoofdstuk 5. Concentratiegegevens zijn betrokken uit de verschillende meetnetten op het gebied van buitenlucht en oppervlaktewater, aangevuld met data uit korter durende meetcampagnes en gegevens uit andere landen, in het bijzonder uit de EMEP-database. Deze gegevens zijn gebruikt, omdat voor sommige zware metalen geen of onvoldoende geschikte waarden beschikbaar zijn van metingen in Nederland. Naast concentraties in lucht en water wordt ook aandacht besteed aan de atmosferische depositie van zware metalen. Ten eerste draagt deze depositie fors bij aan de belasting van het oppervlaktewater. Ten tweede zijn er internationale afspraken over het terugdringen van emissies vanwege overschrijdingen van zogenaamde kritische depositiewaarden. Tot slot wordt kort aandacht besteed aan het voorkomen van zware metalen in bodem en grondwater in relatie tot emissies uit de industrie.

In hoofdstuk 6 worden de conclusies uit dit onderzoek beschreven.

2 Doel, vraagstelling en werkwijze

2.1 Doel en vraagstelling

Het ministerie van VROM heeft aan het RIVM gevraagd een inventarisatie te maken, waarin de verschillende in paragraaf 1.1 genoemde aspecten systematisch tegen het licht worden gehouden. Deze inventarisatie dient ter onderbouwing van een mogelijke herziening van het emissiebeleid voor zware metalen.

In de inventarisatie moeten de volgende zaken aan de orde komen:

- De stand van zaken, de trends van de afgelopen jaren en de verwachtingen voor de toekomst ten aanzien van de emissies van kwik, cadmium, lood, zink en chroom uit de industrie en andere bronnen. Daarbij is het gewenst de belangrijkste industriële branches en bedrijven apart onder de loep nemen en de in de IMT's vastgestelde doelstellingen voor emissiereductie te evalueren. Het gaat om emissies naar zowel de lucht als het water.
- Het berekenen van de relatieve bijdrage van verschillende industriële bronnen aan de totale emissies van de genoemde zware metalen, mede in relatie tot de bijdragen van andere bronnen en doelgroepen. Hierbij dienen ook de ontwikkelingen in de afgelopen jaren en in de toekomst te worden meegenomen.
- De stand van zaken, de trends van de afgelopen jaren en de verwachtingen voor de toekomst ten aanzien van de concentraties van kwik, cadmium, lood, zink en chroom in lucht en oppervlaktewater. Daarbij zal ook aandacht worden besteed aan de atmosferische depositie van deze metalen.
- Een overzicht van normen uit wetgeving (bijvoorbeeld het Besluit Luchtkwaliteit) en van relevante gezondheidskundige en ecologische grenswaarden voor deze metalen in lucht en oppervlaktewater, inclusief de een korte toelichting op de gezondheidskundige en ecologische betekenis.
- Een overzicht van de wet- en regelgeving en daaraan gerelateerde richtlijnen ten aanzien van emissies van zware metalen naar lucht en water, onder andere de NeR, de Wvo, de IPPC en daarmee samenhangende BREF-documenten, en in milieuvergunningen van relevante bedrijven. Daarbij zal ook aandacht worden besteed aan beschikbare technieken en daarmee te halen emissies.
- Een overzicht van internationale afspraken, verordeningen en verdragen ten aanzien van zware metalen en de consequenties daarvan voor de situatie in Nederland.
- Een toelichting op mogelijke veranderingen, zoals nieuwe Europese regelgeving en economische en technologische ontwikkelingen, en de gevolgen daarvan voor de emissies van zware metalen in Nederland.

2.2 Werkwijze

Voor dit onderzoek is een aantal documenten bestudeerd, namelijk:

- Beleidsdocumenten zoals de Nationaal Milieu Beleidsplannen (NMP's) en daaraan gerelateerde stukken, de Voortgangsrapportage milieubeleid voor Nederlandse prioritaire stoffen, intentieverklaringen van verschillende bedrijfstakken, et cetera.

- Intentieverklaringen van verschillende industriële branches in het kader van het doelgroepbeleid Milieu en Industrie en jaarrapportages van deze branches over de periode 2005 tot en met 2007.
- Milieujaarverslagen en data uit E-MJV's van een aantal bedrijven, die zware metalen uitstoten.
- Diverse wetenschappelijke rapporten en artikelen over kwik, cadmium, lood, zink en chroom, in het bijzonder de basisdocumenten. Deze rapporten, opgesteld in de jaren tachtig en negentig, geven een overzicht van de eigenschappen van deze zware metalen, emissies uit verschillende bronnen, ontstaan, verspreiding en voorkomen in het milieu en de effecten op het milieu en de gezondheid.
- Wet- en regelgeving op het gebied van zware metalen in lucht en water, zowel Nederlandse als Europese. Voorbeelden zijn de IPPC-richtlijn, de Wet milieubeheer, het Besluit Luchtkwaliteit, de Kaderrichtlijn Water, de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) en de Waterwet.
- Aan wetgeving gerelateerde documenten over emissie-eisen en emissiebeperkende maatregelen, zoals de Nederlandse emissie Richtlijnen (NeR) en een aantal BREF's (referentiedocumenten waarin voor een bepaalde bedrijfstak de Beste Beschikbare Technieken worden beschreven om het milieu zo min mogelijk te belasten) voor IPPC-plichtige bedrijfstakken.
- Internationale verdragen, verordeningen en richtlijnen op het gebied van zware metalen in het milieu.

Verder is informatie verzameld via diverse websites:

www.emissieregistratie.nl

www.fo-industrie.nl

www.milieuennatuurcompendium.nl

<http://ec.europa.eu/environment/ippc/index.htm>

<http://eper.ec.europa.eu/eper/>

www.unece.org/env/lrtap

www.emep.int

www.ospar.org

www.infomil.nl

www.rivm.nl/rvs/stoffen/prio/totale_prior_stoffenlijst.jsp

www.stoffen-risico.nl

www.wetten.overheid.nl

www.helpdeskwater.nl

www.waterstat.nl

www.lenntech.nl/periodiek/elementen

Meetgegevens van concentraties zware metalen in de buitenlucht zijn gehaald uit de jaarrapporten van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) over de periode 1990 tot nu. Het betreft metingen op vier locaties van het LML en op enkele locaties in het Rijnmondgebied (metingen van DCMR). Ook zijn data betrokken uit de EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) database en gegevens uit verschillende meetcampagnes in binnen- en buitenland.

Er zijn ook gegevens verzameld van concentraties zware metalen in regenwater (ongeveer vijftien locaties in het LML). Deze zijn niet direct te relateren aan concentraties in de lucht of het oppervlaktewater, maar kunnen wel worden gebruikt als aanvullende informatie voor bijvoorbeeld trendanalyses.

Meetgegevens van concentraties zware metalen in het oppervlaktewater zijn betrokken uit de database WaterStat van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. Op ongeveer 25 locaties verspreid over de Nederlandse oppervlaktewateren worden concentraties zware metalen gemeten.

3 Voorkomen, effecten en normen

3.1 Voorkomen en effecten op mens en milieu

3.1.1 Algemeen

In deze paragraaf wordt voor elk van de vijf metalen uit deze studie een beknopt overzicht gegeven van de toepassingen, het voorkomen en gedrag in het milieu (lucht, water, bodem) en de effecten op de humane gezondheid en het ecosysteem. In paragraaf 3.2 worden de normen en grenswaarden besproken.

3.1.2 Cadmium

Cadmium kent verschillende, uiteenlopende toepassingen zoals in laagsmeltende legeringen, in legeringen met grote slijtvastheid en weerstand tegen metaalmoetheid, in ijkcellen, televisiebuizen, batterijen en accu's, om metaaloppervlakken te behandelen (beschermende laag) en als neutronenvanger in regelstaven van kernreactoren. De verbindingen CdS en CdSe zijn belangrijke halfgeleiders. CdS wordt ook als verfkleurstof gebruikt.

Sinds 1999 is het Cadmiumbesluit van kracht, waarmee het gebruik van cadmium aan banden is gelegd. De reden hiervoor is de hoge giftigheid van het element. Het Cadmiumbesluit verbiedt bepaalde toepassingen van cadmium en stelt verder eisen aan het maximale cadmiumgehalte in producten. Niettemin wordt voor specifieke toepassingen nog wel cadmium gebruikt, omdat er geen goed alternatief is. Dit cadmium wordt vooral gewonnen uit zink ertsen, tijdens de zinkproductie. Verder komt cadmium als spore-element voor in fossiele brandstoffen en bepaalde ertsen, waardoor het kan vrijkomen tijdens hoge temperatuurprocessen met deze materialen, zoals de ijzer- en staalfabricage. Ook komt cadmium voor in meststoffen.

Cadmium komt in het milieu voor als vrij gehydrateerd ion en in vele soorten complexen. In bodem, grondwater en oppervlaktewater kunnen cadmiumionen adsorberen aan colloïdale deeltjes en zwevend stof. Ondanks haar relatief hoge vluchtigheid komt het in de lucht niet in gasvormige toestand voor, maar alleen gebonden aan stofdeeltjes. Door de hoge depositiesnelheid zijn de concentraties in de lucht laag; het meeste cadmium in de lucht komt via depositie in bodem en oppervlaktewater terecht. De mobiliteit van cadmium is afhankelijk van vele factoren. In zuur milieu is cadmium goed oplosbaar en daardoor mobiel. Onder die omstandigheden wordt het gemakkelijk opgenomen door planten en kan het uitloggen naar het diepere grondwater. Ook organische stoffen kunnen de mobiliteit van cadmium verhogen door de vorming van slecht adsorberende complexen. Wanneer het door slib geabsorbeerd wordt, kan cadmium over grote afstanden getransporteerd worden en dan zowel oppervlaktewateren als bodems vervuilen.

Het achtergrondgehalte van cadmium in de Nederlandse bodem ligt tussen 0,05 tot 2 mg kg⁻¹; de hoogste waarden komen voor in veengrond. In de uiterwaarden van grote rivieren en sommige polders (waar onder andere havenslib is gebruikt als ophoog materiaal) komen gehalten voor van 1 tot 10 mg kg⁻¹ met uitschieters tot meer dan 100 mg kg⁻¹. Daarnaast vormt de Kempen een aandachtsgebied vanwege de vroegere emissies van de daar gelegen zinkindustrie. Cadmium is een bestanddeel van zinkerts en bij de verwerking van deze erts komen aanzienlijke hoeveelheden cadmium vrij naar de lucht en in het afval. Niet alleen de emissies, maar ook de toepassing van metaalslakken uit deze industrie bij de aanleg van wegen en opritten (in de omgeving van de fabrieken werd ongeveer 500 km weg aangelegd met zink- en loodhoudende materialen) komen verhoogde concentraties

cadmium voor in de bodem, plaatselijk tot enkele honderden mg kg⁻¹. Het gemiddelde gehalte in de bovengrond in het sterkst vervuilde gebied bedraagt ongeveer 8 mg kg⁻¹ (Ros en Slooff, 1990). In een recent onderzoek naar mogelijke gezondheidsrisico's als gevolg van verhoogde blootstelling aan cadmium in de Kempen werden ook in gedeponeerd huisstof, buitenstof en bodem in Budel-Dorplein (direct nabij de zinkfabriek) hogere gehalten aan cadmium – en ook zink– gevonden dan op twee andere plaatsen op 15 en 50 km van de fabriek (Oomen et al., 2007). Budel-Dorplein is het meest verontreinigde gebied in de Kempen, mede door de aanwezigheid van zinkassen in wegen en opritten. De verhoogde blootstelling was echter niet zodanig dat daar onacceptabele gezondheidsrisico's door ontstaan, zo volgde uit een risicobeoordeling waarin alle potentiële blootstellingsroutes werden meegenomen. De concentraties in lucht en oppervlaktewater worden in hoofdstuk 5 besproken.

Al in zeer lage concentraties zijn metallisch cadmium en cadmiumverbindingen uiterst giftig, mede doordat ze zich opeenhopen in organismen en ecosystemen. Voor zover bekend, is cadmium één van de weinige elementen die geen functie hebben voor organismen. Geïnhaleerde cadmiumdampen kunnen grote schade aanrichten met fatale gevolgen in de nieren en luchtwegen. Rokers worden blootgesteld aan beduidend hogere concentraties cadmium en lopen daardoor meer risico. Via orale toediening, zoals door inname van voedsel, kan cadmium schade aanrichten in de lever en nieren. Cadmium komt in ons voedsel terecht, doordat het vrij gemakkelijk wordt opgenomen door planten. Vooral bladgroenten kunnen hoge concentraties bevatten. Cadmium komt echter ook van nature in voedsel voor zoals in paddenstoelen, schelpdieren en gedroogd zeewier. Lage blootstelling aan cadmium geeft geen onmiddellijke gezondheidsproblemen, maar schaadt – als de blootstelling voortduurt – de gezondheid op lange termijn. Het verstoort de werking van de nieren – doordat het de filtermechanismen beschadigt – en maakt de beenderen minder sterk (kans op osteoporose en botbreuken). Het duurt heel lang voordat cadmium dat zich in de nieren heeft opgehoopt door het menselijk lichaam wordt uitgescheiden.

Andere gezondheidseffecten die cadmium veroorzaakt zijn: diarree, buikpijn en ernstig overgeven, mogelijk onvruchtbaarheid, schade aan het centrale zenuwstelsel en het immuunsysteem en psychologische stoornissen.

Van veel cadmiumverbindingen is bekend of wordt sterk vermoed dat ze kankerverwekkend kunnen zijn. Het wordt door de IARC (International Agency for Research on Cancer) dan ook ingedeeld als 'kankerverwekkend voor de mens'.

Cadmium is niet alleen giftig voor de mens. In dieren die planten eten wordt cadmium opgeslagen in de lever en de nieren, vooral wanneer ze verscheidene planten eten. Koeien kunnen daardoor bijvoorbeeld grote hoeveelheden cadmium in hun nieren hebben. Wormen en andere essentiële bodemorganismen zijn extreem gevoelig voor cadmiumvergiftiging. Ze kunnen al bij zeer kleine concentraties sterven en dit heeft weer gevolgen voor de bodemstructuur. Wanneer de concentratie cadmium in de bodem zeer hoog is, kan dit de bodemprocessen van micro-organismen beïnvloeden en het hele bodemecosysteem bedreigen.

In aquatische ecosystemen kan cadmium accumuleren in mossels, oesters, garnalen, kreeften, krabben en vissen. De gevoeligheid van de verschillende organismen voor cadmium verschilt.

Zoutwaterorganismen zijn beter bestand tegen cadmiumvergiftiging dan zoetwaterorganismen.

Sommige diersoorten kunnen door blootstelling aan cadmium een hoge bloeddruk, leverziekte en beschadigingen aan de zenuwen of hersenen krijgen.

3.1.3 Chroom

Chroom en chroomverbindingen worden in diverse industriële producten en processen toegepast, onder meer bij de behandeling van metaaloppervlakken en metaalproducten (verchromen, beitsen en ontlakken), in pigmenten, lakken en verven, in de basismetaleindustrie en ijzergieterijen (productie van roestvrij staal en andere legeringen), in de leerindustrie (voor het looien van leer), in drukkerijen (printplaten), als katalysator, bij de productie van magneetbanden, in de glasindustrie (om glas groen te kleuren) en bij de verduurzaming van hout (koper-chroom-arseen zouten). Verder komt chroom voor als spore-element in aardolie, steenkool en sommige ertsen.

Hoewel de meeste chroomverbindingen niet bekend staan als zeer schadelijk (behalve zeswaardig chroom), is er toch beleid gevoerd om de emissies naar het milieu te reduceren. Dit is vooral bereikt door toepassing van reiniging van afgassen, maar in sommige branches ook door vervanging. Een voorbeeld hiervan vormt de leerlooierijbranche, waar gewerkt wordt aan vervanging van zeswaardig chroomverbindingen door alternatieven.

In het milieu komt chroom voornamelijk voor in twee toestanden, als chroom(III) en chroom(VI). Andere vormen zijn niet of nauwelijks stabiel. De verdeling tussen chroom(III)- en chroom(VI)-verbindingen hangt af van de aanwezigheid van reducerende en oxiderende stoffen, de pH, et cetera. Bij verandering van omstandigheden kan de ene vorm in de andere worden omgezet en omgekeerd. In de lucht komt voornamelijk chroom(III) voor (in stofdeeltjes), in bodem en water worden beide vormen aangetroffen.

Het meeste chroom in de lucht deponert uiteindelijk naar het water of de bodem. In de bodem hecht chroom sterk aan bodemdeeltjes en het zal zich daarom niet zo snel naar het grondwater verplaatsen. In het water adsorbeert chroom aan het sediment en wordt op die manier immobiel. Slechts een klein deel van het chroom dat in het water terechtkomt lost uiteindelijk op.

In de Nederlandse bodem varieert achtergrondgehalte chroom van 10 tot 120 mg kg⁻¹, afhankelijk van de grondsoort en het organischstofgehalte. In verontreinigde gebieden kunnen gehalten tot enkele honderden mg kg⁻¹ voorkomen. De concentraties in lucht en oppervlaktewater worden in hoofdstuk 5 besproken.

Chroom is een essentieel spore-element voor de mens. Het is nodig voor een goede werking van insuline en bij het handhaven van het bloedsuikergehalte en daarnaast speelt het een rol bij de vetstofwisseling. Chroom(III) komt van nature voor in veel groenten, fruit, gisten en granen. De minimaal benodigde dagelijkse inname wordt geschat op 30 tot 130 ng Cr(III) kg⁻¹ lichaamsgewicht (Slooff et al., 1989). In de USA worden hogere doses aanbevolen, tot circa 300 ng Cr(III) kg⁻¹ lichaamsgewicht per dag. De maximaal toelaatbare dagelijkse inname voor chroom bedraagt 5 µg kg⁻¹ lichaamsgewicht. De achtergrondinname ligt hier ruim onder. Opname vindt vooral plaats via de voeding; blootstelling via de lucht en het drinkwater is zeer gering.

Cr(III) is dus niet erg schadelijk voor de mens en ook in metaalvorm is chroom nauwelijks toxisch. Daarentegen wordt Cr(VI) bij inhalatie beschouwd als genotoxisch carcinogeen. Er geldt een zeer strenge norm voor inhalatoire blootstelling (zie paragraaf 3.2.1). Omdat Cr(VI) voorkomt in sigarettenrook, hebben mensen die roken een grotere kans om blootgesteld te worden aan deze verbinding. Ook kan Cr(VI) door de huid diffunderen en daarom moet dermale blootstelling zo goed mogelijk worden vermeden. Wanneer het aanwezig is in leerproducten, kan het allergische reacties veroorzaken zoals huiduitslag. Andere potentiële gezondheidsproblemen van Cr(VI) zijn maagklachten, ademhalingsproblemen, een verzwakt immuunsysteem, nier- en leverschade en aantasting van de vruchtbaarheid. Er zijn geen aanwijzingen dat Cr(VI) ook bij orale blootstelling kankerverwekkend is, maar de mogelijkheid hiertoe kan niet definitief worden uitgesloten.

Chroom(III) is net als voor de mens een essentieel element voor organismen, terwijl chroom(VI) juist zeer giftig is voor in het water levende organismen. Het kan het genetisch materiaal veranderen en kanker veroorzaken. Gewassen bevatten systemen die ervoor zorgen dat de opname van chroom zo laag is, dat deze geen schade kan aanrichten, maar wanneer de hoeveelheid chroom in de bodem stijgt, kan de concentratie chroom in gewassen toch toenemen en kunnen er, bij een bepaald niveau, negatieve effecten ontstaan. Verzuring van de grond kan ook de opname van chroom door gewassen beïnvloeden. Planten absorberen doorgaans alleen chroom(III), de essentiële vorm van chroom.

Chroom staat niet bekend als een stof die accumuleert in de lichamen van vissen, maar als er veel chroom wordt geloosd in oppervlaktewateren, kunnen hoge concentraties chroom de kieuwen van vissen beschadigen. In dieren kan chroom ademhalingsproblemen, geboortefwijkingen, onvruchtbaarheid en de vorming van tumoren veroorzaken.

3.1.4 Kwik

Lange tijd werden kwik en kwikverbindingen voor uiteenlopende toepassingen gebruikt, onder meer als amalgaam voor tandvullingen, in batterijen, schakelaars, meetapparatuur, lampen, pesticiden en farmaceutische producten en als hulpstof in de chlooralkali-industrie. Vanwege de hoge giftigheid is het gebruik van kwik intussen sterk teruggedrongen. In 2003 werd het Kwikbesluit van kracht, waarmee een verbod werd ingesteld op het voorhanden zijn of toepassen van kwikhoudende producten voor handels- en productiedoeleinden (het gebruik van kwik in laboratoria of amalgaam valt hier niet onder). Ook is in 2006 het gebruik van kwik in de chlooralkali-industrie in Nederland gestopt. De emissies van kwik en kwikverbindingen naar het milieu zijn daarmee enigszins afgenomen. Toch vinden er nog steeds emissies plaats, ook omdat kwik voorkomt in bijvoorbeeld ertsen en brandstoffen waardoor emissies ontstaan tijdens aardgaswinning, industriële processen zoals de productie van zink en ijzer en bij de energiewinning, in het bijzonder uit kolengestookte centrales.

Kwik komt in water en bodem voornamelijk voor in anorganische vorm, als kwik(II)verbindingen. Een beperkt deel komt voor als methylkwik en, in nog mindere mate, andere organische kwikverbindingen. In de lucht komt kwik vooral voor als elementair kwik (kwikdamp), maar ook in anorganische vorm gebonden aan stofdeeltjes.

Het achtergrondgehalte van kwik in de bodem ligt over het algemeen beneden $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. In Nederland zijn waarden gemeten van $0,02$ tot $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$, waarbij de hoogste waarden voorkomen in veengrond. Verhoogde waarden (tot 10 mg kg^{-1}) komen voor in de uiterwaarden van grote rivieren, bloembollengebieden en sommige landbouwgronden. De concentraties in lucht en oppervlaktewater worden in hoofdstuk 5 besproken.

Kwik en de meeste kwikverbindingen zijn giftig tot zeer giftig voor de mens. Metallisch kwik kan na inademing en opname in het lichaam in het lichaam worden geoxideerd en worden omgezet in de gevaarlijker geïoniseerde (anorganische) vorm. Kwik kan ernstige schade aanrichten in de hersenen en het zenuwstelsel, de lever en de nieren. Ook kan het beschadiging van DNA en chromosomen bewerkstelligen en allergische reacties veroorzaken, die resulteren in huiduitslag, vermoeidheid en hoofdpijn. Bij herhaaldelijke blootstelling kan kwik zich ophopen in het lichaam. In de nieren wordt kwik gebonden aan eiwitten. Bij langdurige kwikbelasting kan de capaciteit van deze eiwitten overschreden worden waardoor kwik schade kan aanrichten in de nieren. Ook methylkwik is zeer giftig.

Blootstelling aan kwik vindt vooral plaats via de voeding. De opname via drinkwater en lucht is verwaarloosbaar ten opzichte van de opname via de voeding. Via de urine wordt uiteindelijk 90% van het opgenomen kwik weer uitgescheiden.

Hoewel kwik van nature voorkomt in het milieu, zijn de concentraties door menselijke activiteiten langzaam toegenomen. Emissies vinden plaats naar alle milieucompartimenten, maar uiteindelijk

komt het kwik terecht in het oppervlaktewater en vooral in de bodem.

Kwik in de grond accumuleert in paddenstoelen. Zure oppervlaktewaters kunnen aanzienlijke hoeveelheden kwik bevatten. Wanneer de pH-waarde tussen 5 en 7 is, neemt de kwikconcentratie in het water toe, vanwege de toegenomen mobilisatie van kwik in de waterbodem. Als kwik eenmaal het oppervlaktewater of de bodem heeft bereikt, kunnen micro-organismen het omzetten in het zeer schadelijke methyلكwik, dat snel geabsorbeerd wordt door de meeste organismen en zenuwbeschadigingen kan veroorzaken. Met name vissen nemen relatief veel methyلكwik op. Als gevolg hiervan kan methyلكwik accumuleren in vissen en de voedselketen. Daarbij kan het nierschade, maagstoornis, schade aan de ingewanden, het uitvallen van de reproductie en DNA-verandering veroorzaken.

Kwik komt meestal niet in planten voor, maar wanneer er kwikhoudende bestrijdingsmiddelen gebruikt zijn, kan kwik via groenten en andere gewassen het menselijk lichaam binnenkomen. In Nederland zijn kwikhoudende bestrijdingsmiddelen al jaren niet meer toegelaten.

3.1.5 Lood

Lood is een zacht, buigzaam, kneedbaar, blauwgrijs metaal. Het is een slechte geleider van elektriciteit en zeer corrosiebestendig. Van die eigenschappen wordt veel gebruik gemaakt, al is, sinds bekend is dat lood schadelijk is voor het milieu en de gezondheid, het gebruik ervan sterk teruggedrongen. De hoge buigzaamheid maakt lood geschikt om bij woningbouw kieren te dichten (loodslabben). Van deze eigenschap wordt ook gebruikgemaakt in glas-in-loodramen. In oplaadbare batterijen en accu's wordt lood als elektrode gebruikt. In de elektronica gebruikt men soldeerverbindingen van lood met tin en soms ook zilver. Omdat lood goede bescherming biedt tegen gammastraling worden loden omhulsels vaak gebruikt om radioactieve bronnen veilig te bewaren. Ook wordt lood toegepast in munitie, vislood en kabelmantels. Diverse loodverbindingen worden gebruikt als pvc-stabilisator en in glas en keramiek. In brandstoffen werd vroeger tetraethyllood gebruikt als octaanverbeteraar. In de EU is dat sinds 1999 niet meer toegestaan en al eerder waren de loodgehalten in brandstoffen verlaagd. Ook de toepassing van lood in verf (menie), bedoeld om deze beter bestendig te maken tegen weersinvloeden, is sinds 1990 in de EU verboden. Het gebruik van lood voor waterleidingen is eveneens uitgebannen. Andere activiteiten zoals de verbranding van brand- en afvalstoffen en sommige industriële processen (waarover meer in paragraaf 4.1.5) dragen ook bij aan de loodemissies naar het milieu.

Lood komt in het milieu vooral voor als anorganische Pb^{2+} -verbindingen, zowel in de bodem en het water als in de lucht (in stofdeeltjes). Hoewel lood van nature voorkomt in het milieu, is het meeste lood in lucht, water en bodem afkomstig van de hierboven beschreven antropogene bronnen. Omdat metallisch lood veel wordt toegepast, als bouwmetaal, vislood en loodhagel, komt ook deze vorm voor in het milieu. Door de grote corrosiebestendigheid loogt metallisch lood echter nauwelijks uit, waardoor de concentraties laag zijn. Bovendien vindt veelal omzetting plaats in anorganisch Pb^{2+} . Organische loodverbindingen komen vrijwel niet voor. Het vroeger gebruikte tetraethyllood werd door verbranding in de motor grotendeels omgezet in anorganisch lood. Inmiddels wordt tetraethyllood niet meer toegepast. Niettemin heeft het veelvuldig gebruik van lood en loodverbindingen ervoor gezorgd dat loodvervuiling een mondiaal probleem is.

Het achtergrondgehalte van lood in de Nederlandse bodem varieert van 5 tot 50 $mg\ kg^{-1}$ in zand-, klei- en leemgrond en van 50 tot meer dan 100 $mg\ kg^{-1}$ in veengrond. Er zijn echter veel plaatsen met verhoogde loodgehalten in de bodem, veroorzaakt door de veelvuldige toepassing van lood in onder andere de bouw, jacht en visserij. In stedelijke gebieden, op en nabij bedrijventerreinen en in bermen van drukke wegen komen gehalten voor tot 500 $mg\ kg^{-1}$. Ook in uiterwaarden van rivieren en andere overstromingsgebieden kan veel lood voorkomen (tot meer dan 1000 $mg\ kg^{-1}$). Zeer hoge gehalten (meer dan 10.000 $mg\ kg^{-1}$) zijn gevonden op schietterreinen. Deze zijn inmiddels grotendeels gesaneerd. De concentraties in lucht en oppervlaktewater worden in hoofdstuk 5 besproken.

Lood heeft een aantal ongewenste effecten op de gezondheid van de mens, waarbij neurotoxiciteit het meest kritische effect is. Lood verstoort de biosynthese van hemoglobine en veroorzaakt daardoor bloedarmoede, verhoogt de bloeddruk en kan leiden tot nierbeschadiging, miskramen, verstoring van het zenuwstelsel, hersenbeschadiging (soms leidend tot dementie) en afgenomen vruchtbaarheid bij mannen door beschadiging van het sperma. Ook kan het negatieve effecten hebben op het leervermogen van kinderen en gedragsstoornissen opwekken, zoals agressie, impulsief gedrag en hyperactiviteit. Lood kan via de placenta van de moeder bij een foetus terechtkomen. Daardoor kan het ernstige schade toebrengen aan het zenuwstelsel en de hersenen van ongeboren kinderen. Voor zover bekend vervult lood geen essentiële functie in het menselijk lichaam.

Blootstelling aan lood vindt plaats via de opname van voedsel (65%), water (20%) en lucht (15%).

Voedsel zoals fruit, groenten, vlees, granen, zeevoedsel, frisdranken en wijn kunnen aanzienlijke hoeveelheden lood bevatten. Ook sigarettenrook bevat kleine hoeveelheden lood.

Vroeger kwam lood in het drinkwater terecht via de corrosie van waterleidingen (vooral bij licht zure omstandigheden), maar intussen zijn de meeste waterleidingen vervangen door kunststof.

Niet alleen de mens, maar ook ecosystemen kunnen schade ondervinden van lood. Het accumuleert in het lichaam van waterorganismen en bodemorganismen, waardoor effecten van loodvergiftiging kunnen ontstaan. Bij schelpdieren kunnen er zelfs bij zeer lage concentraties al effecten optreden.

Lichaamsfuncties van fytoplankton kunnen verstoord worden door lood. Fytoplankton is een belangrijke zuurstofproducerende bron in de zee en wordt door veel grote zeedieren gegeten. Daardoor kan via deze route de mondiale milieubalans worden beïnvloed.

Bodemfuncties kunnen verstoord worden door lood. Dit gebeurt vooral in de buurt van snelwegen en landbouwgronden, waar zeer hoge concentraties aanwezig kunnen zijn.

3.1.6 Zink

Zink is één van de meest gebruikte metalen in de wereld. Het is een glanzend, blauwwit metaal dat smeedbaar is en kan worden gewalst bij relatief lage temperatuur (100 tot 150°C). Het is goed bestand tegen corrosie en wordt daarom veelvuldig toegepast in de bouw (dakbedekking) en om andere metalen, vooral ijzer, van een beschermende laag te voorzien (verzinken). Ook messing, een legering van zink en koper, kent vele toepassingen. Andere legeringen waar zink in voorkomt zijn soldeer (met lood en tin), prestal (met aluminium) en nikkelzilver (met koper en nikkel). In batterijen wordt zink gebruikt vanwege haar goede reducerende eigenschappen.

Zinkoxide, een veel voorkomende zinkverbinding, wordt toegepast in verf (kleurstof), rubberproducten, cosmetica, medicijnen (onder andere zinkzalf), plastics, inkt, zeep en batterijen. Zinksulfide wordt vanwege haar lichtgevende eigenschappen gebruikt bij het maken van horlogewijzers, televisie beeldschermen en fluorescerende lampen. Zinkchloride wordt gebruikt als houtbeschermer en insecticide. Er bestaan ook organische zinkverbindingen, zoals dimethylzink, in de chemische industrie een belangrijke stof in diverse syntheseprocessen.

Zowel bij de productie als de toepassing van zink en zinkverbindingen kan zink vrijkomen naar de lucht (in de vorm van zinkhoudende stofdeeltjes) en het oppervlaktewater. Ook de productie van ijzer en staal genereert zinkemissies, vanwege het voorkomen van zink in de grond- en brandstoffen, maar vooral ook bij het verwerken van schroot dat relatief veel zink kan bevatten. Verder kan er zink vrijkomen bij de verbranding van brand- en afvalstoffen.

In het milieu is zink alleen aanwezig in tweewaardige vorm (Zn^{2+}). In water komt zink voor als gehydrateerd ion, als anorganisch of organisch complex of geadsorbeerd aan colloïdale deeltjes of zwevend slib. De fractie opgelost versus geadsorbeerd zink hangt sterk af van de pH en andere factoren. Dat geldt ook voor de mobiliteit van zink in de bodem. Zink adsorbeert sterk aan oxiden, hydroxiden, silica, kleideeltjes en organisch materiaal. De mobiliteit is daarom meestal beperkt.

Ongeveer 1 tot 10% van het zink in de bodem wordt als biologisch beschikbaar verondersteld. In de lucht komt zink voornamelijk gebonden aan aerosol (stofdeeltjes) voor, waarvan 25% in wateroplosbare vorm. Zinkhoudende stofdeeltjes kunnen sterk variëren in grootte.

Verbrandingsprocessen genereren vooral fijne deeltjes, terwijl zinkhoudend stof afkomstig van de slijtage van autobanden veel grover is. Hooguit 1% van het zink in de buitenlucht bevindt zich in de gasfase.

Het achtergrondgehalte van zink in de Nederlandse bodem varieert van 10 tot 60 mg kg⁻¹ in zand- en leemgronden en van 60 tot 150 mg kg⁻¹ in klei- en veengebieden. Door emissies van zink uit mest en voedingsstoffen voor vee zijn de gehalten in landbouwgebieden veelal hoger. In de uiterwaarden van de grote rivieren en in recent drooggelegde polders zijn nog veel hogere gehalten gevonden, tot ruim 2000 mg kg⁻¹. Verder komen hoge zinkgehalten voor in Zuid-Limburg en in de Kempen. Deze zijn veroorzaakt door de langdurige emissies van de zink- en zinkwitfabrieken in Nederland en België. Ook de toepassing van zinkhoudende slakken als materiaal in wegebouw heeft geleid tot een toename van zink in de bodem. De gehalten in deze gebieden zijn gemiddeld twee tot driemaal zo hoog als het achtergrondniveau. Tot slot kunnen lokaal verhoogde gehalten voorkomen als gevolg van het uitloggen van zink uit bouwmaterialen. In de bovenlaag van de bodem nabij hoogspanningsmasten en ook in aldaar groeiende planten zijn verhoogde zinkgehalten gevonden. De concentraties in lucht en oppervlaktewater worden in hoofdstuk 5 besproken.

Zink is een sporenelement dat essentieel is voor de menselijke gezondheid. Wanneer mensen te weinig zink binnen krijgen, kunnen ze een gebrek aan eetlust, afgenomen tastzin en reukzin, een traag wondherstel en huidpijnen ervaren. Een tekort aan zink kan zelfs tot geboortefwijkingen leiden. De aanbevolen hoeveelheid bedraagt 9,5 en 7 mg per dag voor respectievelijk mannen en vrouwen. In de regel krijgt de mens voldoende zink binnen via voedsel en drinkwater.

Aan de andere kant kan een teveel aan zink gezondheidsproblemen geven, onder andere buikkrampe, huidirritaties, overgeven, duizeligheid en bloedarmoede. Zeer hoge gehalten zink kunnen de alveesklier beschadigen, de eiwitstofwisseling verstoren en aderverkalking veroorzaken. De toelaatbare dagelijkse inname bedraagt 1 mg per kg lichaamsgewicht per dag (Baars et al., 2001). Een te hoge blootstelling aan zinkchloride kan problemen met de ademhaling veroorzaken. In de werkomgeving kan de besmetting met zink leiden tot een griepachtige aandoening die bekend staat als metaalkoorts. Dit effect verdwijnt na twee dagen en wordt veroorzaakt door overgevoeligheid. Zink kan een gevaar zijn voor ongeboren en jonge kinderen. Kinderen kunnen via het bloed en de borstvoeding van de moeder zink binnenkrijgen.

Zink kan bij hoge dosering een bedreiging vormen voor flora en fauna. Planten nemen vaak zoveel zink op, dat hun systeem het niet meer aan kan. Op zinkrijke gronden hebben slechts enkele soorten planten een kans om te overleven. Daarom is de plantendiversiteit in de omgeving van zinkproducerende bedrijven zeer gering. Doordat er nog veel zinkbevattende kunstmeststoffen worden gebruikt, kunnen gehalten in landbouwgronden oplopen en, na opname, tot effecten op planten leiden. Ook vee kan dit zink opnemen en daardoor schade aan de gezondheid ondervinden. Bij sommige vissen kan zink in het lichaam ophopen als ze in met zink verontreinigd water leven. Dit zink wordt niet gemakkelijk uitgescheiden en vormt zo dus een bedreiging voor de voedselketen.

Zink kan ten slotte ook de activiteit in de bodem verstoren, omdat het de activiteit van micro-organismen en wormen negatief beïnvloedt. De afbraak van organische materie kan hierdoor vertraagd worden.

3.2 Normen en grenswaarden

Voor verschillende metalen zijn zowel gezondheidkundige normen als milieukwaliteitsnormen voor lucht en water beschikbaar. Sommige van deze normen hebben een wettelijke status, andere normen worden in het milieubeleid gebruikt als richtwaarden ter bescherming voor het milieu en de mens. Alvorens in te gaan op de normen voor kwik, cadmium, lood, zink en chroom worden eerst enkele belangrijke begrippen toegelicht.

Het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR) is een voor een stof wetenschappelijke afgeleide waarde die de mate van risico aangeeft voor mens en milieu. Het MTR voor de mens is het maximale risiconiveau dat hoort bij de concentratie van een stof in een milieucompartiment waar beneden geen negatief effect te verwachten is of, voor genotoxisch carcinogene stoffen, waarbij de kans op sterfte voor de mens kleiner is dan 10^{-6} per jaar. In de context van de Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt een risiconiveau van 10^{-6} bij levenslange blootstelling gehanteerd. Voor het ecosysteem is het MTR het maximale niveau waarbij 95% van de potentieel aanwezige soorten in een ecosysteem zijn beschermd. Het MTR is afgeleid in het project Integrale Normstelling Stoffen, vanaf 2004 (Inter)nationale Normen Stoffen (INS).

Luchtkwaliteitsnormen uit de Wet milieubeheer ([Titel 5.2 Luchtkwaliteitseisen en Bijlage II](#)) geven de risicogrenzen aan van stoffen in de buitenlucht. De normen zijn gebaseerd op kennis over de effecten van stoffen in het milieu en op de mens en dienen ter bescherming van beide. De luchtkwaliteitseisen uit de Wet milieubeheer zijn wettelijk vastgestelde normen die Europees zijn vastgelegd in verschillende richtlijnen. Daarnaast bestaan er wettelijke grenswaarden ter bescherming van werknemers. Deze grenswaarden hebben betrekking op een concentratieniveau van een gas, damp, aerosol, vezel of van stof in de lucht op de werkplek. Bij de vaststelling van deze waarde wordt zo veel mogelijk als uitgangspunt gehanteerd dat – voor zover de huidige kennis reikt – de gezondheid van de werknemers én hun nageslacht niet wordt benadeeld. Zelfs niet bij herhaalde blootstelling aan die concentratie, gedurende een langere tot zelfs een arbeidsleven omvattende periode.

De luchtkwaliteitsnormen hebben veelal betrekking op langdurige blootstelling, de grenswaarden voor werknemers op kortdurende blootstelling aan hoge concentraties. Streefwaarden (SW) zijn concentratieniveaus waarbij sprake is van duurzame milieukwaliteit op lange termijn. De streefwaarde ligt meestal op een honderdste van het MTR.

Uitgebreide informatie over de achtergronden en doelen van diverse soorten milieukwaliteitsnormen en de totstandkoming ervan is te vinden op de RIVM-website (www.rivm.nl/rvs/normen) en in een brochure van VROM (Brochure (Inter)nationale Normen Stoffen op www.vrom.nl).

3.2.1 Compartiment lucht

Ter bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu zijn er voor verschillende metalen milieukwaliteitsnormen en gezondheidkundige normen voor lucht vastgesteld. Deze zijn vermeld in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht van normen voor zware metalen in lucht

| Metaal | Type norm | Geldend voor | Waarde ($\mu\text{g m}^{-3}$) |
|-------------------------------------|--|----------------|---------------------------------|
| Cadmium | Nederlandse richtwaarde ²⁾ | Mens en milieu | 0,005 ¹⁾ |
| Chroom ³⁾ | Gezondheidskundige norm | Mens | 60 ^{1,4)} |
| Chroom(VI)verbindingen (als chroom) | Gezondheidskundige norm | Mens | 0,0025 ^{1,4)} |
| Chroom(VI)verbindingen (als chroom) | Streefwaarde | Mens en milieu | 0,000025 ^{1,5)} |
| Kwik | Gezondheidskundige norm | Mens | 0,2 ^{1,4)} |
| Kwik | Gezondheidskundige advieswaarde voor binnenlucht | Mens | 0,05 ^{1,4)} |
| Lood | MTR en grenswaarde | Mens en milieu | 0,5 ¹⁾ |
| Lood | Streefwaarde | Milieu | 0,005 ^{1,5)} |
| Lood | Gezondheidskundige norm | Mens | 0,5 ^{1,4)} |

¹⁾ Jaargemiddelde waarde (ter bescherming tegen chronische effecten).

²⁾ Nederlandse richtwaarde, geldig vanaf 2013.

³⁾ In principe bedoeld voor metallisch en onoplosbaar driewaardig chroom ('Cr(III) insoluble and metallic').

⁴⁾ Norm afgeleid door het RIVM (Baars et al., 2001); heeft geen wettelijke status.

⁵⁾ In het verleden zijn er streefwaarden voor lood en chroom(VI) afgeleid ten behoeve van het prioritaire stoffenbeleid (VROM, 2001). Deze streefwaarden zijn (nog) niet officieel vastgesteld door de Stuurgroep Stoffen in het kader van de (Inter)nationale Normen Stoffen (INS), en staan daarom niet als zodanig vermeld op www.stoffen-risico.nl. Wel worden de streefwaarden gebruikt als richtwaarde voor de toetsing van het beleid.

Voor de bescherming van de gezondheid van de mens en het milieu is in de Europese Richtlijn 2004/107/EG (EU, 2004) voor cadmium een Europese streefwaarde voor het jaargemiddelde vastgesteld. Deze bedraagt $0,005 \mu\text{g m}^{-3}$ (te bereiken in 2013) en is als (Nederlandse) richtwaarde opgenomen in de Wet milieubeheer (Luchtkwaliteitseisen, 2007). Naast de Europese streefwaarde staan in de Richtlijn voor cadmium ook twee beoordelingsdrempels, die tot doel hebben te bepalen op welke wijze een land het cadmiumniveau in de lucht dient vast te stellen (door middel van metingen, modellen, ramingen of een combinatie daarvan). Deze drempels zijn gedefinieerd als 60% (voor de bovenste) en 40% (voor de onderste) van de streefwaarde. In het geval van cadmium zijn de bijbehorende concentratieniveaus 3 (voor de bovenste) en 2 (voor de onderste) ng m^{-3} .

De grenswaarde voor lood bij inhalatie bedraagt $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$. Deze waarde is afgeleid in het kader van de WHO air quality guidelines en opgenomen in de EU Richtlijn 2008/50/EG betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa (EU, 2008a). De NeR (2003) vermeldt voor lood als jaargemiddelde een MTR van $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ en een streefwaarde van $0,005 \mu\text{g m}^{-3}$ (zie voetnoot 5 van Tabel 3).

Voor kwik zijn geen milieukwaliteitsnormen beschikbaar voor de concentraties in lucht. Hoewel kwik in de titel van Richtlijn 2004/107/EG (EU, 2004) genoemd wordt, zijn er in tegenstelling tot bijvoorbeeld arseen en cadmium door de Europese Commissie geen voorstellen gedaan voor een milieukwaliteitsnorm. In de Europese kwikstrategie (COM, 2005) stelt de Commissie daarover: 'In de

vierde dochterrichtlijn inzake de luchtkwaliteit, waarover onlangs overeenstemming is bereikt, worden geen streefwaarden of kwaliteitsnormen voor kwik vastgesteld. De in de lucht waargenomen concentraties liggen lager dan de niveaus waarvan wordt aangenomen dat ze schadelijke effecten op de gezondheid hebben. Maar de concentraties en de depositie moeten worden gemeten om tendensen in ruimte en tijd aan te tonen.⁷ Voor het terugdringen van kwik in het milieu zal de EC verschillende strategieën volgen, maar geen gebruikmaken van bindende milieukwaliteitsnormen. Daarom is in de Wet milieubeheer ook geen norm voor kwik opgenomen.

Door het RIVM is voor de blootstelling aan kwik een gezondheidskundige norm van $0,2 \mu\text{g m}^{-3}$ afgeleid als jaargemiddelde concentratie in lucht (Baars et al., 2001). Ook is er voor kwik een gezondheidskundige advieswaarde voor binnenlucht afgeleid van $0,05 \mu\text{g m}^{-3}$ (Dusseldorp en van Bruggen, 2007). Beide luchtnormen hebben geen wettelijke status.

Ook de gezondheidskundige normen voor chroom en de streefwaarde voor chroom(VI) hebben geen wettelijke status. De gezondheidskundige norm voor zeswaardig chroom is zeer laag. Deze specifieke norm is afgeleid vanwege het carcinogene karakter van deze vorm van chroom bij inhalatie. Er zijn overigens geen aanwijzingen dat Cr(VI) ook bij orale blootstelling kankerverwekkend is, maar de mogelijkheid hiertoe kan niet definitief worden uitgesloten.

Voor zink zijn er voor lucht geen milieu- en/of gezondheidskundige normen beschikbaar. Algemeen kan worden gesteld dat zink niet bekend staat als zeer toxisch voor de mens.

Naast de normen uit Tabel 3, die gelden voor langetermijnblootstelling en betrekking hebben op de mens (algehele bevolking) en/of het milieu, zijn er wettelijke grenswaarden beschikbaar voor een aantal metaalverbindingen ter bescherming van de blootstelling van werknemers (SER, 2009). Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Overzicht van wettelijke grenswaarden van een aantal metaalverbindingen in lucht voor werknemers

| Metaal | TTG-8 uur ¹⁾ (mg m^{-3}) | TTG-15 min ²⁾ (mg m^{-3}) |
|---|---|--|
| Cadmiumchloride (als Cd) | 0,005 | |
| Cadmiumoxide (rook) (als Cd) | 0,005 | |
| Cadmiumsulfaat | 0,005 | |
| Chroom (metallisch) | 0,5 | |
| Anorganische Chroom(II)verbindingen en anorganische Chroom(III)verbindingen (onoplosbaar) | 0,5 | 1 |
| Chroom(III)verbindingen (als Cr), wateroplosbaar | 0,06 | |
| Chroom(III)chromaat (als Cr) | | 0,01 |
| Chroom(VI)-oplosbare verbindingen | 0,025 | 0,05 |
| Bariumchromaat (als Cr) | | 0,025 |
| Calciumchromaat (als Cr) | | 0,01 |
| Chroomtrioxide (als Cr) | 0,025 | 0,05 |
| Loodchromaat (als Cr) | | 0,025 |
| Strontiumchromaat (als Cr) | | 0,01 |
| Zinkchromaat (als Cr) | | 0,01 |

¹⁾ TTG-8 uur = tijdgewogen gemiddelde voor een periode van 8 uur (achturige werkdag).

²⁾ TTG-15 min = tijdgewogen gemiddelde voor een periode van 15 min.

3.2.2 **Compartiment water**

De beschikbare milieukwaliteitsnormen voor kwik en zware metalen voor het compartiment water zijn samengevat in Tabel 5. De Europese Kaderrichtlijn water (KRW) onderscheidt twee soorten milieukwaliteitsnormen: de Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm (JG-MKN), die bescherming moet bieden tegen effecten van langdurige blootstelling, en de Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-MKN), gericht op kortdurende concentratiepieken. De milieukwaliteitsnormen voor de Europese prioritaire stoffen, waaronder cadmium, kwik en lood, zijn vastgelegd in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water 2009 (BKMW). De milieukwaliteitsnormen voor overige stoffen die voor Nederlandse wateren relevant zijn, waaronder chroom en zink, zijn vastgelegd in de Regeling monitoring kaderrichtlijn water. De milieukwaliteitsnormen hebben de MTR-waarden uit de Regeling milieukwaliteitseisen gevaarlijke stoffen oppervlaktewater, als wettelijke toetswaarden vervangen. De Streefwaarden zijn niet vervangen, maar hebben geen wettelijke status. Voor de meeste metalen bestaan er twee typen MTR en streefwaarden, die corresponderen met de concentraties van de opgeloste stof en de totaal aanwezige stof (inclusief zouten). Beide waarden zijn inclusief de achtergrondwaarde voor de betreffende stoffen.

Tabel 5 Overzicht van normen voor zware metalen in oppervlakte- en grondwater

| Metaal | Type norm | Waarde ($\mu\text{g l}^{-1}$) |
|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Cadmium | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | $\leq 0,08$ (klasse 1) ³⁾ |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,08 (klasse 2) ³⁾ |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,09 (klasse 3) ³⁾ |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,15 (klasse 4) ³⁾ |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,25 (klasse 5) ³⁾ |
| | JG-MKN (andere oppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,2 |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | $\leq 0,45$ (klasse 1) ³⁾ |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,45 (klasse 2) ³⁾ |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,6 (klasse 3) ³⁾ |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,9 (klasse 4) ³⁾ |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 1,5 (klasse 5) ³⁾ |
| | (Voormalige) MTR (opgeloste concentratie) | 0,4 |
| | (Voormalige) MTR (totale concentratie) | 2 |
| | Streefwaarde (opgeloste concentratie) | 0,08 |
| | Streefwaarde (totale concentratie) | 0,4 |
| Chroom | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ^{1) 2)} | 3,4 |
| | JG-MKN (andere oppervlaktewateren) ^{1) 2)} | 0,6 |
| | (Voormalige) MTR (opgeloste concentratie) | 8,7 |
| | (Voormalige) MTR (totale concentratie) | 84 |
| | Streefwaarde (opgeloste concentratie) | 0,3 |
| Kwik | Streefwaarde (totale concentratie) | 2,4 |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ^{1) 2)} | 0,05 |
| | JG-MKN (andere oppervlaktewateren) ^{1) 2)} | 0,05 |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,07 |
| | MAC-MKN (andere oppervlaktewateren) ¹⁾ | 0,07 |
| | (Voormalige) MTR (opgeloste concentratie) | 0,2 |
| | (Voormalige) MTR (totale concentratie) | 1,2 |
| Streefwaarde (opgeloste concentratie) | 0,01 | |
| Lood | Streefwaarde (totale concentratie) | 0,07 |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 7,2 |
| | JG-MKN (andere oppervlaktewateren) ¹⁾ | 7,2 |
| | (Voormalige) MTR (opgeloste concentratie) | 11 |
| | (Voormalige) MTR (totale concentratie) | 220 |
| Zink | Streefwaarde (opgeloste concentratie) | 0,3 |
| | Streefwaarde (totale concentratie) | 5,3 |
| | JG-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 7,8 |
| | JG-MKN (andere oppervlaktewateren) ¹⁾ | 3 |
| | MAC-MKN (landoppervlaktewateren) ¹⁾ | 15,6 |
| | (Voormalige) MTR (opgeloste concentratie) | 9,4 |
| | (Voormalige) MTR (totale concentratie) | 40 |
| Streefwaarde (opgeloste concentratie) | 2,9 | |
| | Streefwaarde (totale concentratie) | 12 |

¹⁾ Opgeloste fractie. (Opgeloste fase van een watermonster die wordt verkregen door filtratie over een filter van $0,45 \mu\text{m}$ of een gelijkwaardige voorbehandeling.)

²⁾ Deze milieukwaliteitseis heeft alleen betrekking op directe blootstelling. Er is hierin geen rekening gehouden met doorvergiftiging.

³⁾ Voor cadmium en zijn verbindingen zijn de richtwaarden afhankelijk van de hardheid van het water, ingedeeld in de volgende klassen: klasse 1: $< 40 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, klasse 2: $40 \text{ tot } < 50 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, klasse 3: $50 \text{ tot } < 100 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$, klasse 4: $100 \text{ tot } < 200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$ en klasse 5: $\geq 200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ l}^{-1}$.

3.3 Zware metalen en het Prioritaire Stoffen beleid

De meeste stoffen op de Nederlandse prioritaire stoffenlijst zijn geselecteerd omdat ze vanwege hun gevaarseigenschappen, emissies en/of mate van voorkomen in het milieu een meer dan verwaarloosbaar risico voor mens en milieu kunnen veroorzaken, nu of in het nabije verleden. Blootstelling van mensen aan prioritaire stoffen kan jaarlijks tot enkele duizenden voortijdige sterftegevallen en verlies van gezonde levensjaren leiden, bijvoorbeeld blootstelling aan fijn stof en asbest. Andere componenten kunnen door hun te hoge concentraties in het milieu schade toebrengen aan ecosystemen of bepaalde organismen.

In de notitie Emissiereductiedoelstellingen (VROM, 2001) zijn doelstellingen genoemd voor 50 prioritaire stoffen voor alle compartimenten (lucht, bodem en oppervlaktewater). Naast deze lijst met prioritaire stoffen die in 2001 opgesteld is, is door de ministeries VROM en VWS in 2004 een lijst met 162 aanvullende prioritaire stoffen gemaakt. Het betrof stoffen die op internationale lijsten staan en op basis van hun stoffeigenschappen eveneens reden tot zeer ernstige zorg geven. De oude lijst van 50 prioritaire stoffen en de hierboven genoemde aanvullende stoffenlijst zijn samengevoegd tot een nieuwe Nederlandse prioritaire stoffenlijst. Tevens zijn er enkele nieuwe stoffen toegevoegd waarvoor internationale afspraken zijn gemaakt, die door Nederland moeten worden geïmplementeerd. Uit de voortgangsrapportage prioritaire stoffen (VROM, 2006) blijkt dat voor een aanzienlijk aantal prioritaire stoffen het noodzakelijk blijkt om de emissies verder te reduceren, omdat de milieukwaliteit van deze stoffen nog niet aan de nationale en internationale doelstellingen voldoet. Voor een groot deel van de prioritaire stoffen ligt de concentratie tussen het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR) en de streefwaarde (SW). Voor een ander deel van de stoffen is niet bekend of er milieukwaliteitsnormen overschreden worden. Dit komt doordat er onvoldoende kwantitatieve gegevens zijn over de milieukwaliteit. Dit betreft vooral stoffen die recent aan de Nederlandse prioritaire stoffenlijst zijn toegevoegd en waarvoor geen monitoring plaatsvindt.

In de lijst van prioritaire stoffen komt een viertal verschillende categorieën voor. Tabel 6 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 6 Omschrijving vier categorieën Nederlandse prioritaire stoffenlijst

| Categorie | Omschrijving |
|------------------|--|
| A | <i>Concentratie in één van de milieucompartimenten ligt landelijk of regionaal gezien boven het MTR of er is anderszins sprake van een groot milieuprobleem.</i> |
| B | <i>Concentratie in één of meer milieucompartimenten ligt landelijk of regionaal gezien tussen MTR en SW of er is anderszins sprake van een beperkt milieuprobleem. Incidentele lokale overschrijdingen van het MTR kunnen voorkomen.</i> |
| C | <i>Concentratie in alle milieucompartimenten ligt landelijk gezien rond of beneden de SW of er is geen sprake van een milieuprobleem. Incidentele lokale overschrijdingen van de SW kunnen voorkomen.</i> |
| D | <i>Er zijn onvoldoende gegevens over de concentratie van de stof in het milieu, waardoor de stof nog niet kan worden ingedeeld. De meeste stoffen in deze categorie worden in Nederland wel geproduceerd, gebruikt en/of geëmitteerd naar lucht en/of water.</i> |

Bron: VROM, 2007

Een belangrijk uitgangspunt bij de inzet van landelijke beleidsinstrumenten is dat er vooral aandacht moet worden gegeven aan prioritaire stoffen in de categorie A en in mindere mate aan stoffen in de andere categorieën. Maar de inzet van beleidsinstrumenten mag niet in strijd zijn met internationale verdragen of EU-regelgeving (VROM, 2007).

Naast het zojuist beschreven beleid ten aanzien van prioritaire stoffen bestaat er ook een Prioritaire stoffenlijst KRW, volgend uit de Europese Kaderrichtlijn Water. Deze lijst is minder omvangrijk qua aantal stoffen (het zijn er ongeveer veertig), maar er is een duidelijk beleid vanuit de KRW om lozingen van deze stoffen geleidelijk te verminderen of, in het geval van de prioritaire gevaarlijke stoffen (dat zijn er ongeveer twintig), de emissies, lozingen en verliezen stop te zetten of geleidelijk te beëindigen.

Van de zware metalen in dit onderzoek vallen cadmium en zink in de categorie A van de Nederlandse prioritaire stoffenlijst, omdat de concentraties in de Maas structureel boven het MTR of de Europese milieukwaliteitsnormen liggen (zie paragraaf 3.2). In andere oppervlaktewateren komt overschrijding van het MTR niet of nauwelijks voor, maar liggen concentraties wel veelvuldig boven de streefwaarde (SW).

Chroom, kwik en lood vallen in categorie B. Voor deze stoffen liggen de concentraties in oppervlaktewater niet boven het MTR, maar de streefwaarde voor chroom en lood wordt op meerdere meetpunten in zoete wateren overschreden. De kwikconcentraties in het oppervlaktewater liggen op de meeste locaties rond of onder de streefwaarde en op een enkel meetpunt boven de streefwaarde. Verder zijn kwik, cadmium en hun verbindingen aangewezen als prioritaire gevaarlijke stoffen in de Kaderrichtlijn Water. Emissies, lozingen en verliezen van deze stoffen ten gevolge van menselijke activiteiten moeten binnen twintig jaar worden gestopt. Lood en loodverbindingen zijn prioritaire stoffen in de KRW. Hun lozingen moeten geleidelijk worden verminderd.

In de lucht vormen cadmium, chroom, kwik, lood en zink waarschijnlijk geen probleem in de zin van structurele overschrijding van grenswaarden, maar daar moet bij worden aangetekend dat voor sommige metalen nauwelijks informatie beschikbaar is over concentraties, noch in de omgeving van grote bronnen noch in onbelaste gebieden. Hier wordt in paragraaf 5.1 nader op ingegaan.

Verder kunnen de metalen via depositie vanuit de lucht tot contaminatie van het milieu leiden. De atmosferische depositie is één van de grootste bronnen van zwaremetalenvontreiniging van het oppervlaktewater (zie paragraaf 4.2) en draagt ook bij aan de belasting van bodem en grondwater. Om die reden zijn voor zware metalen zogenaamde kritische depositiewaarden (critical loads) vastgesteld, in het kader van de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) van de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). De landen die de afspraken in deze Conventie hebben onderschreven streven ernaar de depositie van metalen te verminderen tot beneden de kritische waarden. Echter, in grote delen van Europa, ook Nederland, worden de kritische depositiewaarden voor kwik en lood overschreden en dat zal zeer waarschijnlijk tot in 2020 nog zo blijven. Meer informatie over deze kritische depositiewaarden is gegeven in de paragrafen 4.4 en 5.4. Er zijn ook nog andere internationale afspraken over het beperken van emissies van zware metalen. Deze worden besproken in paragraaf 4.4. De afspraken en verdragen hebben alle in principe tot doel die emissies te verminderen, vooral voor de meest schadelijke metalen (cadmium, kwik en lood).

4 Emissies

4.1 Emissies naar de lucht

4.1.1 Algemeen

Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de emissies van cadmium, chroom, kwik, lood en zink uit verschillende bronnen en doelgroepen, zijn de volgende informatiebronnen geraadpleegd: www.emissieregistratie.nl, jaarverslagen van de FO-industrie, de EPER (European Pollution Emission Register) database, gegevens uit milieujaarverslagen (E-MJV's) van grote bedrijven, de basisdocumenten van de betreffende metalen (Cleven et al., 1992; Ros en Slooff, 1990; Slooff et al., 1989; Slooff et al., 1994; Janus et al., 1999) en eventuele aanvullende literatuur. Vanwege enkele ontbrekende cijfers zijn de gegevens uit de verschillende bronnen zo goed mogelijk gecombineerd. Zo zijn via www.emissieregistratie.nl voor bijvoorbeeld kwik geen totaalcijfers beschikbaar van de doelgroepen Chemische Industrie en Energiesector (wel van enkele afzonderlijke bedrijven uit de doelgroep Chemische Industrie, maar alleen over enkele jaren) en ontbreken voor cadmium totaalcijfers van de doelgroepen Chemische Industrie en Raffinaderijen. Voor deze gevallen zijn de emissies per doelgroep geschat door sommering van gegevens van milieujaarverslagen van de belangrijkste bedrijven uit de doelgroepen.

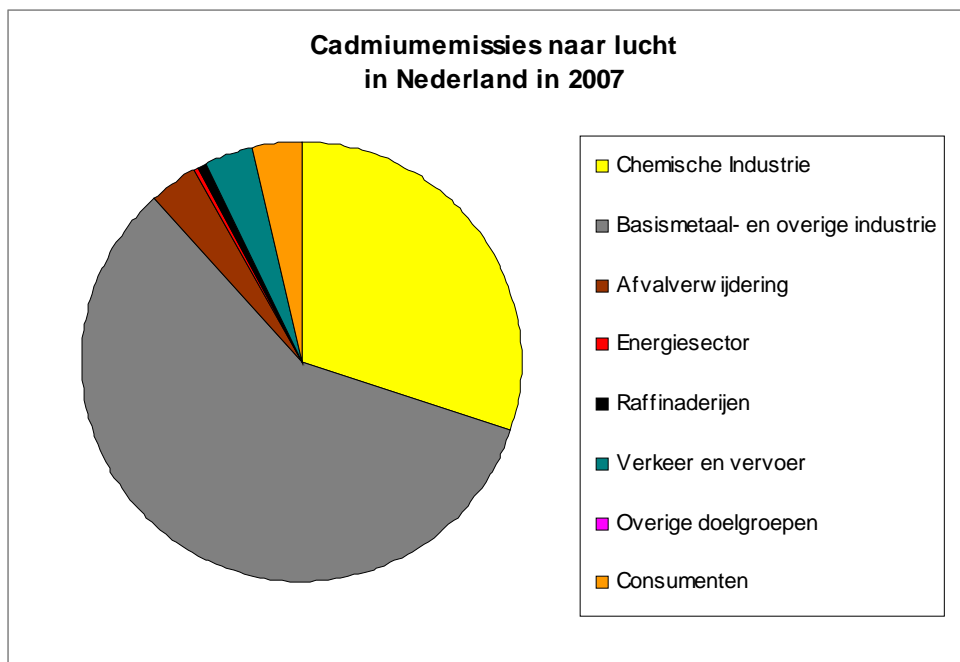
In de E-MJV's zijn in enkele gevallen gegevens op een verkeerde manier opgegeven of verwerkt (zoals door gebruik van een punt in plaats van een komma om tienden, honderdsten, et cetera aan te geven, waardoor een emissie een factor 1000 te hoog of te laag uitvalt). Dit soort fouten zijn opgespoord door bestudering van tijdreeksen van emissies van afzonderlijke bedrijven en doelgroepen. Daarnaast ontbreken soms emissies van bedrijven in sommige jaren ('gaten' in de tijdreeks).

Door controle op consistentie en combinatie van gegevens uit verschillende informatiebronnen is geprobeerd om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de emissies van cadmium, chroom, kwik, lood en zink naar de lucht per doelgroep of branche. Deze worden per metaal in de volgende paragrafen besproken.

4.1.2 Cadmium

De huidige emissies van cadmium naar de lucht worden gedomineerd door twee grote bronnen, beide behorend tot de doelgroep Industrie. Daarnaast dragen diverse kleinere bronnen, zowel industriële als andere, bij.

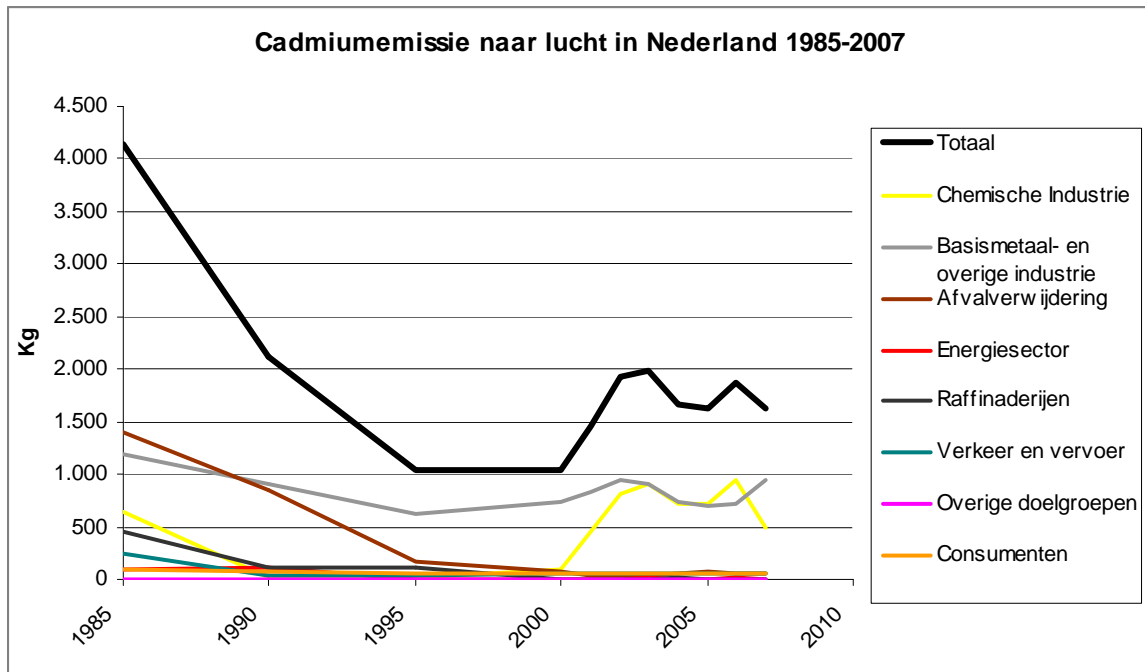
Figuur 1 laat de verdeling van de bijdragen zien in het jaar 2007. De totale cadmiumemissie in dat jaar bedroeg 1624 kg. Uit de figuur blijkt dat de emissies voor bijna 90% afkomstig zijn van de Industrie. Daarnaast dragen de doelgroepen Afvalverwerkingsbedrijven, Consumenten en Verkeer en vervoer elk enkele procenten bij en wordt de bijdrage van de Raffinaderijen geschat op 1%.



Figuur 1 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de cadmiumemissie naar de lucht in 2007

De emissies van de doelgroep Consumenten zijn vrijwel geheel toe te schrijven aan open haarden en houtkachels. Emissies van cadmium in het verkeer zijn vooral afkomstig uit uitlaatgassen (scheepvaart, in het bijzonder zeeschepen, en wegverkeer). Ook slijtage van remmen en banden draagt bij aan de cadmiumemissies. In de doelgroepen Afvalverwerkingsbedrijven gaat het vooral om emissies die vrijkomen bij verbranding van afval. Bij raffinaderijen komt cadmium naar de lucht vrij tijdens het raffinageproces en bij verbranding (affakkelen) van olie. Het cadmium komt voor in ruwe olie (in gehalten van 0,25 tot 0,75 mg kg⁻¹ product) en komt vanwege haar relatief hoge vluchtigheid tijdens het raffineren ook terecht in de lichtere fracties en het afgas. Bij verbranding van steenkool komt cadmium vrijwel geheel terecht in het afgevangen vlieggas. Daardoor is de cadmiumemissie uit de Energiesector gering. Daarbij moet worden opgemerkt dat er niet veel gegevens zijn van cadmiumemissies bij verbranding van biomassa en afval. Naar verwachting zijn ook deze emissies echter beperkt. Op de doelgroep Industrie wordt verderop in deze paragraaf dieper ingegaan.

Figuur 2 geeft het verloop weer van de cadmiumemissies van 1985 tot en met 2007. Deze emissies zijn weliswaar gedaald, maar die daling heeft grotendeels plaatsgevonden in de periode van 1985 tot 1990. Daarna fluctueert de totale emissie tussen 1500 en 2000 kg per jaar. De ogenschijnlijk lagere emissie in 1995 en 2000 is waarschijnlijk veroorzaakt door een onderschatting in de bijdrage van de Chemische industrie.



Figuur 2 Jaarlijkse cadmiumemissies naar de lucht van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

In 1985 werd de totale emissie naar de lucht geschat op ruim 4000 kg. Deze schatting is gebaseerd op gegevens uit het Basisdocument Cadmium (Ros en Slooff, 1990). Mogelijk zijn de toen geschatte emissies van de Raffinaderijen en van het Verkeer en vervoer (vooral gebaseerd op emissiekentallen voor verbranding van fossiele brandstoffen, in het bijzonder olie en daaruit gemaakte brandstoffen) aan de hoge kant, gelet op de beduidend lagere waarden in 1990, welke zijn afgeleid uit de Emissieregistratie. Voor de andere doelgroepen komen de schattingen in 1985 redelijk goed overeen met de gegevens over 1990 uit de Emissieregistratie.

In 2007 was de totale cadmiumemissie afgenomen tot ruim 1600 kg, een reductie van ruim 60%. De afname komt vooral voor rekening van de doelgroepen Afvalverwerkingsbedrijven, Energiesector en Raffinaderijen (alle meer dan 90%). Overigens is de emissie van de laatstgenoemde groep waarschijnlijk onderschat, omdat niet alle raffinaderijen consequent hun emissiedata opgeven in de E-MJV's. In 2007 hebben bijvoorbeeld alleen de bedrijven KPE en Koch HC Partnership emissiedata opgegeven en de grotere raffinaderijen van Total, Shell en NEREFSCO niet.

De emissies uit het Verkeer en vervoer en van de doelgroep Consumenten zijn sinds 1990 vrijwel constant gebleven. Ten opzichte van 1985 is de emissies uit de Industrie met 20% afgenomen, maar vanaf 2000 is er geen significante daling meer te zien. Sindsdien schommelt de totale emissie van de Industrie tussen 1300 en 1800 kg.

Cadmium komt van nature voor in zinkerts, ijzererts en fosfaaterts. Ook schroot en zinkafval bevatten geringe hoeveelheden cadmium. Vanwege haar relatief hoge vluchtigheid komt het cadmium vrij bij hoge temperatuurprocessen zoals sinteren, pelletiseren en de bereiding van ruwijzer en zink. Het cadmium wordt gedeeltelijk afgevangen in rookgasreinigingen, maar een ander deel komt vrij in de lucht.

Twee bedrijven zijn grotendeels verantwoordelijk voor de cadmiumemissies van de doelgroep Industrie, namelijk Corus (behorend tot de basismetiaalindustrie) en Thermphos (behorend tot de

Chemische industrie). Daarnaast emitteren de zinkfabriek van Nyrstar in Budel en een paar andere bedrijven substantiële (maar aanzienlijk lagere) hoeveelheden cadmium.

Omdat Corus grote hoeveelheden erts verwerkt, zijn de emissies aan cadmium van dit bedrijf hoog ten opzichte van die van andere metaalbedrijven. De jaarlijkse emissies variëren tussen 400 en 900 kg. De variatie wordt vermoedelijk veroorzaakt door wisselende cadmiumgehalten in de grondstoffen en verschillen in de jaarlijkse productie.

Andere cadmiumemitterende bedrijven in de sector basismetale industrie zijn:

- De zinkfabriek van Nyrstar in Budel met een emissie van 20 tot 30 kg per jaar. In het verleden was de emissie overigens hoger; in 1990 bedroeg ze ongeveer 100 kg.
- De aluminiumfabrieken van Aldel en ZALCO BV, met een emissie van ongeveer 5 kg per jaar. Tot en met 2003 was de emissie van ZALCO aanzienlijk hoger (150 tot 200 kg per jaar). De reden hiervan is niet bekend. Aldel heeft altijd een emissie van 3 tot 10 kg per jaar gerapporteerd.
- De staalproducent Nedstaal, met een emissie van 1 tot 3 kg per jaar. Nedstaal gebruikt voor haar productie vrijwel uitsluitend schroot en verwerkt geen erts. Het schroot kan weliswaar (licht) verontreinigd zijn met cadmium, maar dat wordt grotendeels verwijderd uit de afgassen. Ook Nedstaal heeft haar emissies flink teruggedrongen. In 1990 was de cadmiumemissie nog 30 kg.

In het Basisdocument Cadmium (Ros en Slooff, 1990) worden ijzergieterijen genoemd als belangrijke bron van cadmium, met een geschatte gezamenlijke emissie van 400 kg per jaar (in 1985). Door sanering van de stofemissies bij deze bedrijven en verbeterde technieken zijn de cadmiumemissies teruggebracht tot minder dan 1 kg per bedrijf per jaar. In de Emissieregistratie en de E-MJV's zijn sporadisch data te vinden van gieterijen die dit bevestigen. In 2003 heeft het RIVM een onderzoek verricht naar de emissies van metaalgieterij Van Voorden in Zaltbommel (Broekman et al., 2004). Uit de gegevens van dit onderzoek wordt de cadmiumemissie van dit bedrijf geschat op maximaal 0,5 kg per jaar.

Binnen de doelgroep Chemische industrie is fosforproducent Thermphos vrijwel het enige bedrijf dat cadmium emitteert naar de lucht. De jaarlijkse emissies variëren sinds 2001 tussen 450 en 950 kg. Net als bij Corus wordt de variatie vermoedelijk veroorzaakt door wisselende cadmiumgehalten in de grondstoffen (fosfaaterts en secundaire grondstoffen zoals rioolslib) en door verschillen in de jaarlijkse productie. Tot en met 2000 rapporteerde Thermphos overigens lagere emissiegegevens: 80 tot 100 kg per jaar.

Naast Thermphos emitteert ook het bedrijf Johnson Matthey, producent van onder andere specifieke chemicaliën en metaalproducten, katalysatoren en componenten voor brandstofcellen, cadmium naar de lucht. In 2007 bedroeg de emissie van dit bedrijf 3,8 kg, maar in het verleden is die hoger geweest, tot 60 kg in 2003.

In Tabel 7 is een overzicht gegeven van de cadmiumemissies van de grootste industriële bronnen over de jaren 1990, 2000, 2005 en 2007. Naast industriële bedrijven zijn voor de volledigheid ook emissies van enkele afvalbedrijven, energiecentrales en raffinaderijen in de tabel opgenomen, omdat zij bijdragen of in het verleden hebben bijgedragen aan de cadmiumemissies naar de lucht.

Tabel 7 Overzicht van de grootste industriële cadmiumbronnen en hun jaarlijkse emissies naar de lucht

| Naam bedrijf | Doelgroep | Activiteit | Jaarlijkse emissie (kg) | | | |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------------|------|------|------|
| | | | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 |
| Corus Staal B.V. | Basismetaal | IJzer- en staalfabriek | 654 | 405 | 659 | 905 |
| Thermphos International B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | g.d. | 103 | 696 | 482 |
| AVR-Afvalverwerking B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 420 | 4,5 | 36 | 32 |
| Nyrstar Budel BV | Basismetaal | Zinkfabriek | 106 | 58 | 23 | 22 |
| ZALCO NV | Basismetaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 228 | 7 | 13 |
| AVR Afvalverw. BV Rotterdam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 23 | g.d. | 15 | 12 |
| Kuwait Petroleum Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 0,8 | g.d. | 0,1 | 7 |
| Afval Energie Bedrijf A'dam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | 2,1 | 3,2 | 4,3 |
| DRSH Zuiveringsslib N.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | g.d. | 1 | 4 |
| Johnson Matthey B.V. | Chemische ind. | Metaalproducten en specialties | g.d. | g.d. | 22 | 3,8 |
| HVC afvalcentrale (Dordrecht) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 32 | 14 | 5 | 2,1 |
| Cookson Electronics Naarden | Basismetaal | Materialen en hulpstoffen | g.d. | 0,5 | 1 | 2,1 |
| AGC Flatglass Nederland bv | Overige ind. | Glasfabriek | g.d. | g.d. | 0,4 | 2 |
| Nedstaal BV | Basismetaal | Fabr. staalproducten | 30 | 2,9 | 1,3 | 1,9 |
| Koch HC Partnership B.V. | Raffinaderij | Aardolieraffinage | g.d. | g.d. | 2,6 | 1,3 |
| Nuon Power Gen. (Velsen) | Energiesector | Energiecentrale | 0,3 | g.d. | g.d. | 1,1 |
| AVR Afvalverw. B.V. Duiven | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 1,6 | g.d. | 0,5 | 1 |
| Electrabel Nederland NV | Energiesector | Energiecentrale | 2,5 | g.d. | g.d. | 1 |
| E.ON Benelux NV (Maasvlakte) | Energiesector | Energiecentrale | 3,6 | 2,8 | 1,1 | 0,7 |
| Essent Energie (Clauscentrale) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | 4 | 0,4 |
| Aluminium Delfzijl B.V. | Basismetaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 4 | 4 | 0,3 |
| Shell Nederland Raffinaderij B.V. | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 85 | g.d. | g.d. | g.d. |
| SITA ReEnergy Roosendaal B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 27 | 0,1 | 2 | g.d. |
| Shell Nederland Chemie B.V. | Chemische ind. | Chemicaliën | 16 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Total Raffinaderij Nederland NV | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 16 | 5 | 4 | g.d. |
| NEREFCO Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 5 | 0,3 | g.d. | g.d. |
| ENCI BV (Maastricht) | Overige ind. | Cementfabriek | 5 | g.d. | 0,7 | g.d. |
| Afvalstoffen Terminal Moerdijk | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 0,1 | g.d. | 3,6 | g.d. |

g.d. = geen data beschikbaar

De basismetiaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor cadmium naar de lucht opgenomen van 70% in 2000 en 80% in 2010 (ten opzichte van de emissie in 1985). Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 gebruikt uit het Basisdocument Cadmium (Ros en Slooff, 1990): ongeveer 1100 kg voor de basismetiaalindustrie en 650 kg voor de chemische industrie (zie ook Figuur 2). Van de metaalelektro-industrie zijn geen gegevens bekend. In de Emissieregistratie is als totale emissie van deze sector in 1990 een waarde van 1,5 kg vermeld. We merken op dat in de intentieverklaringen van andere getallen is uitgegaan, namelijk

1600 kg voor de basismetaalindustrie en 300 kg voor de chemische industrie. In de intentieverklaring van de metaalelektro-industrie staat geen emissie genoemd (wel een reductiepercentage). Ongeacht welke gegevens als uitgangspunt worden genomen, voldoen de basismetaalindustrie en de chemische industrie in 2007 beide niet aan het gestelde reductiepercentage van 70 of 80%. In 2000 leek de Chemische industrie de reductie van 70% wel te halen, maar zoals eerder gemeld was de totale emissie van deze doelgroep toen waarschijnlijk onderschat. Gelet op de trend in Figuur 2 zal de beoogde reductie van 80% in 2010 ook niet gehaald gaan worden. Dat geldt eveneens voor de doelgroep Industrie als geheel. Over de metaalelektro-industrie kan worden opgemerkt dat bij gebrek aan een emissiecijfer over 1985 geen reductie berekend kan worden. In de meeste recente jaarrapportage van deze branche (FO-industrie, 2008b) wordt hier dan ook niet op ingegaan. Echter, de cadmiumemissies van deze branche zijn zo gering (minder dan 5 kg per jaar), dat het terugbrengen ervan niet als prioriteit wordt beschouwd.

De ontwikkeling van de cadmiumemissie in de komende jaren wordt sterk bepaald door de twee grote emittenten Corus en Thermphos. In de afgelopen vijf jaar vertonen deze emissies geen dalende of stijgende lijn en is er alleen sprake van fluctuaties van jaar tot jaar. Niettemin hebben beide bedrijven de intentie om de cadmiumemissies te verminderen. Hier worden via het vergunningentrajec afspraken over gemaakt (zie ook paragraaf 4.5). Tot hoe ver de emissies zullen dalen, is nog niet goed te voorspellen. Voor alle andere bronnen, zowel industriële bedrijven als andere doelgroepen, wordt verwacht dat de emissies nagenoeg stabiel blijven (bijvoorbeeld bij de Consumenten) of geleidelijk verder dalen (zoals bij de afvalverbranders). Het effect hiervan op de totale cadmiumemissie is echter vrijwel verwaarloosbaar.

4.1.3 Chroom

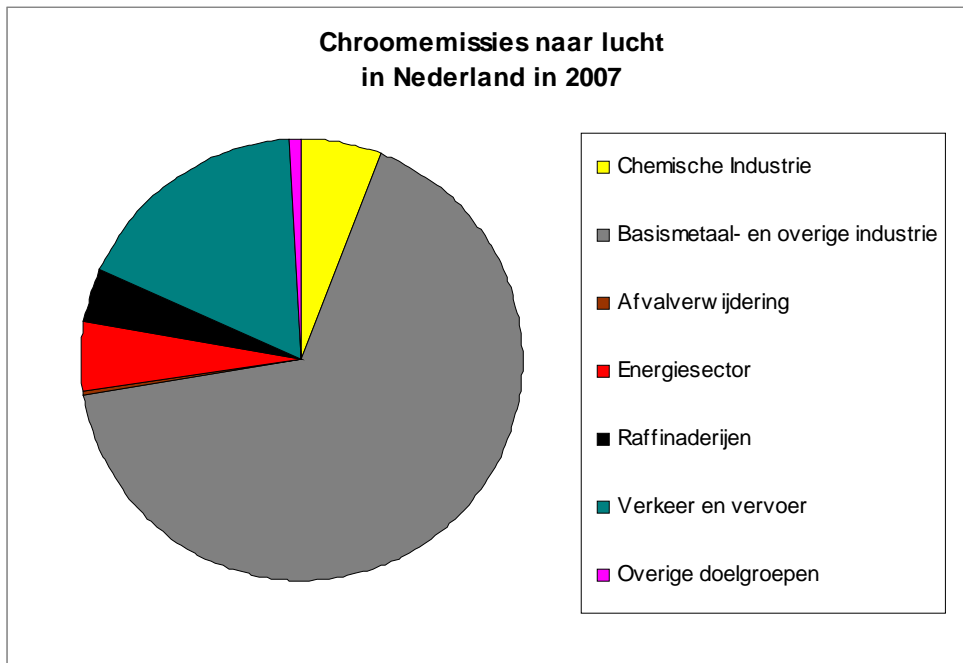
Bij een aantal processen, waarbij chroomverbindingen worden toegepast of vervaardigd (zie paragraaf 3.1.3) ontstaan emissies van chroom naar de lucht.

De omvang van de industriële emissies in 2007 werd geschat op ongeveer 1750 kg. Daarmee was de bijdrage van de Industrie aan de totale chroomemissie naar de lucht (circa 2430 kg) ruim 70%, hetgeen duidelijk wordt uit het overzicht in Figuur 3.

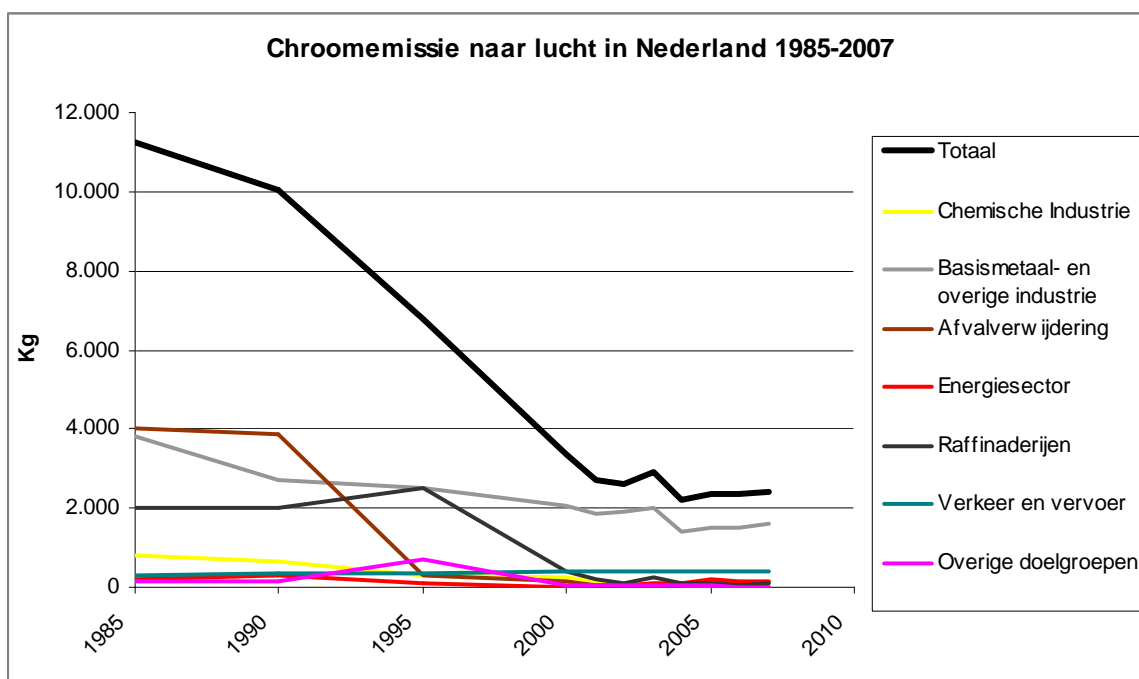
Andere belangrijke bronnen van chroom zijn het Verkeer en vervoer (18%), de Energiesector (5%), de Raffinaderijen (4%) en de doelgroep Afvalverwerkingsbedrijven (0,3% in 2007, maar in de jaren daarvoor 5%; vermoedelijk is de geregistreerde emissie van deze doelgroep over 2007 te laag).

Emissies van cadmium in het Verkeer en vervoer zijn vooral afkomstig uit uitlaatgassen (scheepvaart, vooral zeeschepen, en wegverkeer). Chroom komt als spore-element voor in aardolie (0,01 tot 0,03 mg l⁻¹) en een deel ervan komt bij de raffinage terecht in brandstoffen voor het verkeer. Ook slijtage van banden draagt een beetje bij. Steenkool bevat eveneens chroom (8 tot 40 mg kg⁻¹) en bij verbranding van de kool komt het chroom terecht in vlieg- en bodemassen en belandt een klein gedeelte in de buitenlucht.

Dit is de belangrijkste bron van chroom naar de lucht vanuit de energiesector. Mogelijk levert ook de verbranding van biomassa als brandstof (steeds meer toegepast in de energiewinning) enige chroomemissie op, maar deze is naar verwachting gering. Wel relevant is de emissie door verbranding van afval, hoewel deze door toepassing van efficiënte rookgasreinigingsinstallaties is beperkt. Tijdens het raffinageproces en bij verbranding (affakkelen) van olie komt een beperkte hoeveelheid chroom vrij. Door haar geringe vluchtigheid blijft het grootste deel van het chroom achter in het residu van de raffinage.



Figuur 3 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de chroomemissie naar de lucht in 2007



Figuur 4 Jaarlijkse chroomemissies naar de lucht van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

Volgens het Basisdocument Chroom (Slooff et al., 1989) zou de emissie uit deze sector niet meer dan 10 kg per jaar bedragen, maar in de Emissieregistratie staan veel hogere getallen, van meer dan 2000 kg in 1990 tot ongeveer 100 kg in 2007. De reden voor deze discrepantie is niet duidelijk. Op de doelgroep Industrie wordt verderop in deze paragraaf dieper ingegaan.

Figuur 4 geeft het verloop weer van de chroomemissies van 1985 tot en met 2007. Deze emissies zijn aanzienlijk gedaald, maar vooral in de periode tot 2000. Daarna varieert de totale emissie tussen 2200 en 2700 kg per jaar.

In 1985 werd de totale emissie naar de lucht geschat op ruim 11.000 kg. Deze schatting is gebaseerd op gegevens uit het Basisdocument Chroom (Slooff et al., 1989), aangevuld met geëxtrapoleerde data uit de Emissieregistratie uit 1990. In het basisdocument ontbreken namelijk gegevens van het Verkeer en vervoer en worden de emissies van de Raffinaderijen en Afvalverwijderingsbedrijven onderschat. Voor de industrie en energiesector komen de schattingen in het basisdocument redelijk goed overeen met de gegevens over 1990 uit de Emissieregistratie.

In 2007 was de totale chroomemissie afgenomen tot ruim 1400 kg, een reductie van bijna 80%. De afname komt vooral voor rekening van de doelgroepen Afvalverwerkingsbedrijven, Chemische industrie en Raffinaderijen (alle meer dan 80%), maar ook de emissies van de Energiesector en de Overige industrie zijn gedaald. Alleen de bijdrage van het verkeer is licht toegenomen.

Zoals in het begin van deze paragraaf is aangegeven, kent chroom vele uiteenlopende toepassingen industriële producten en processen. De belangrijkste industriële bronnen zijn:

- De primaire en secundaire producten van ijzer en staal. In deze sector is Corus de grootste emittent, gevolgd door Nedstaal.
- Andere bedrijven uit de basismetaalindustrie, in het bijzonder de aluminiumfabrieken van Aldel en ZALCO BV en ijzergieterijen. In de laatste groep is de emissie per bedrijf niet zo hoog, maar de groep als geheel draagt wel bij aan de totale chroomuitstoot. In de Emissieregistratie en de E-MJV's zijn weinig data te vinden van gieterijen. De Nijmeegse IJzergieterij rapporteerde in 2008 een chroomemissie van 5 kg, maar in andere jaren niet. Het bedrijf Rademakers Gieterij gaf vanaf 1999 een jaarlijkse emissie op van 0,7 kg. Op basis van het RIVM-onderzoek verricht naar de emissies van metaalgieterij Van Voorden in Zaltbommel (Broekman et al., 2004) werd een emissie geschat van enkele kg chroom per jaar. Dit bedrijf heeft haar emissie inmiddels teruggedrongen.
- De metaalelektro-industrie. Deze sector bestaat uit veel bronnen, die elk een beperkte chroomemissie kennen. Volgens de Emissieregistratie was de totale emissie van deze sector in 2007 circa 280 kg.
- Productie van glas en glasvezels. In 2007 was de gezamenlijke emissie van deze branche 180 kg.

Andere branches, zoals de lederindustrie, de textiel- en tapijtindustrie, de grafische industrie en de houtbewerkende industrie dragen beperkt bij aan de totale chroomuitstoot van de doelgroep Overige industrie.

In 2007 waren twee bedrijven verantwoordelijk voor meer dan 95% van de chroomemissie van de doelgroep Chemische industrie: fosforproducent Thermphos en Ciba Specialty Chemicals, producent van pigmenten en additieven voor coatings, inktten, elektronische materialen en plastics. Bij Thermphos is het chroom afkomstig uit de grond- en brandstoffen, bij Ciba uit de chemicaliën die worden gebruikt voor de vervaardiging van de producten. Daarnaast emitteren enkele chemische bedrijven een beperkte hoeveelheid chroom naar de lucht. In het verleden was de emissie van de chemische industrie

aanmerkelijk hoger, maar door emissiebeperkende maatregelen en het vervangen van chroomverbindingen door andere chemicaliën is die fors verminderd.

In Tabel 8 is een overzicht gegeven van de chroomemissies van de grootste industriële bronnen over de jaren 1990, 2000, 2005 en 2007. Naast industriële bedrijven zijn voor de volledigheid ook emissies van enkele afvalbedrijven, energiecentrales en raffinaderijen in de tabel opgenomen, omdat zij bijdragen of in het verleden hebben bijgedragen aan de chroomuitstoot naar de lucht.

Tabel 8 Overzicht van de grootste industriële chroombronnen en hun jaarlijkse emissies naar de lucht

| Naam bedrijf | Doelgroep | Activiteit | Jaarlijkse emissie (kg) | | | |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|------|------|------|
| | | | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 |
| Corus Staal B.V. | Basismetaal | IJzer- en staalfabriek | 1432 | 448 | 593 | 799 |
| Nedstaal BV | Basismetaal | Fabr. staalproducten | 169 | 457 | 215 | 138 |
| ZALCO NV | Basismetaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 653 | 110 | 116 |
| Thermphos International B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | g.d. | g.d. | | 102 |
| PPG Industries Fiber Glas B.V. | Overige ind. | Glasvezelfabriek | 1,8 | g.d. | 99 | 60 |
| Shell Nederland Raffinaderij B.V. | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 1708 | 243 | 67 | 55 |
| Electrabel Nederland NV | Energiesector | Energiecentrale | 47 | g.d. | 38 | 39 |
| Ciba Specialty Chemicals | Chemische ind. | Chemicaliën | 306 | 173 | 42 | 37 |
| Kuwait Petroleum Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 17 | g.d. | 2,4 | 33 |
| Nuon Power Gen. (Velsen) | Energiesector | Energiecentrale | 5 | g.d. | g.d. | 25 |
| NV Afvalv. Zuid-Nederland | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | g.d. | 7 | 25 |
| Essent Energie (Amercentrale) | Energiesector | Energiecentrale | 39 | g.d. | 40 | 24 |
| Aluminium Delfzijl B.V. | Basismetaal | Aluminiumfabriek | 21 | 90 | 18 | 24 |
| E.ON Benelux NV (Maasvlakte) | Energiesector | Energiecentrale | 68 | 24 | 25 | 16 |
| Nuon Power Gen. (Diemen) | Energiesector | Energiecentrale | 1,7 | g.d. | g.d. | 13 |
| Ardagh Glass Dongen BV | Overige ind. | Glasfabriek | g.d. | 97 | 16 | 12 |
| AGC Flatglass Nederland bv | Overige ind. | Glasfabriek | g.d. | g.d. | 13 | 10 |
| Total Raffinaderij Nederland NV | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 136 | 160 | 8 | 7 |
| AVR Afvalverw. BV Rotterdam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 3466 | g.d. | | 7 |
| Keppel Verolme B.V. | Metaalelektro | Scheepsbouw | g.d. | g.d. | 17 | 5 |
| EPZ NV (Conv. Operations) | Energiesector | Energiecentrale | 16 | g.d. | g.d. | 4,4 |
| Essent Energie (Clauscentrale) | Energiesector | Energiecentrale | 0,8 | g.d. | 79 | 4,1 |
| AVR-Afvalverwerking B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 185 | g.d. | 30 | 3,5 |
| Akzo Nobel Chemicals | Chemische ind. | Chemische producten | 205 | g.d. | 2,8 | 2,7 |
| HVC afvalcentrale (Dordrecht) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 46 | 12 | 0,9 | 2,2 |
| Ferro (Holland) B.V. | Chemische ind. | Chemische producten | 20 | 88 | 6 | 0,5 |
| Shell Nederland Chemie B.V. | Chemische ind. | Chemicaliën en specialties | 112 | g.d. | g.d. | g.d. |
| NEREFCO Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 107 | 14 | g.d. | g.d. |
| AVR Afvalverw. BV Duiven | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 43 | g.d. | g.d. | g.d. |

g.d. = geen data beschikbaar

De basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een reductie voor chroom naar de lucht vastgesteld van 50% in 2000 en 90% in 2010, ten opzichte van de emissie in 1985. Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaring zijn als uitgangswaarden de volgende emissies genomen: 1440 kg voor de basismetaalindustrie, 2800 kg voor de metaalelektro-industrie en 1640 kg voor de chemische industrie. De metaalelektro-industrie gaat er daarbij vanuit dat het om specifiek zeswaardig chroom gaat. Hier wordt aan het eind van deze paragraaf op teruggekomen. In het Basisdocument Chroom (Slooff et al., 1989) worden vergelijkbare emissies genoemd voor de basismetaal- en de metaalelektro-industrie, maar de emissies van de Chemische industrie werden lager geschat: 600 kg. Volgens de Emissieregistratie was de totale emissie van deze sector in 1990 circa 680 kg. De metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben een voldoende hoge reductie bereikt, namelijk 90% of meer in 2007. Voor de basismetaalindustrie zijn de emissies in 2007 (1245 kg) licht gedaald ten opzichte van de uitgangswaarde uit de intentieverklaring (1440 kg): 13,5%. De Industrie als geheel voldoet niet aan de beoogde doelstelling. In 2000 was de bereikte afname 60% en in 2007 was de gerealiseerde reductie 70%. Gelet op de trend over de afgelopen jaren (geen significante daling of stijging) zal de beoogde reductie van 90% in 2010 niet gehaald gaan worden.

Voor alle doelgroepen vertonen de chroomemissies sinds 2000 geen duidelijke dalende of stijgende lijn, maar alleen fluctuaties van jaar tot jaar. Naar verwachting zal dit komende jaren zo blijven.

Zeswaardig chroom is carcinogeen bij inademing en voor die route is een zeer strenge gezondheidskundige norm afgeleid (zie ook paragraaf 3.2.1). Het ligt voor de hand om de emissies van deze specifieke vorm van chroom onder de loep te nemen. Bekend is dat bij sommige processen zeswaardig chroom vrijkomt. In het Basisdocument Chroom (Slooff et al., 1989) is voor het jaar 1986 een totale emissie uit de Industrie vermeld van 900 kg zeswaardig chroom ten opzichte van circa 5000 kg totaal chroom. Ofwel ongeveer 20% van het geëmitteerde chroom was toen zeswaardig. De belangrijkste bronnen waren de metaalelektro- en de chemische industrie (productie van pigmenten, verven en lakken) en deze emissies zijn intussen sterk verminderd. Daarom wordt ingeschat dat het aandeel zeswaardig chroom in de huidige totale chroomemissie veel lager is dan 20%.

In de Emissieregistratie worden geen emissies van zeswaardig chroom vermeld. Een enkel bedrijf (onder andere Corus; het aandeel zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom was in 2007 circa 5%) heeft in haar E-MJV de emissie van deze component opgegeven, maar dat is onvoldoende om een totaalbeeld uit af te leiden.

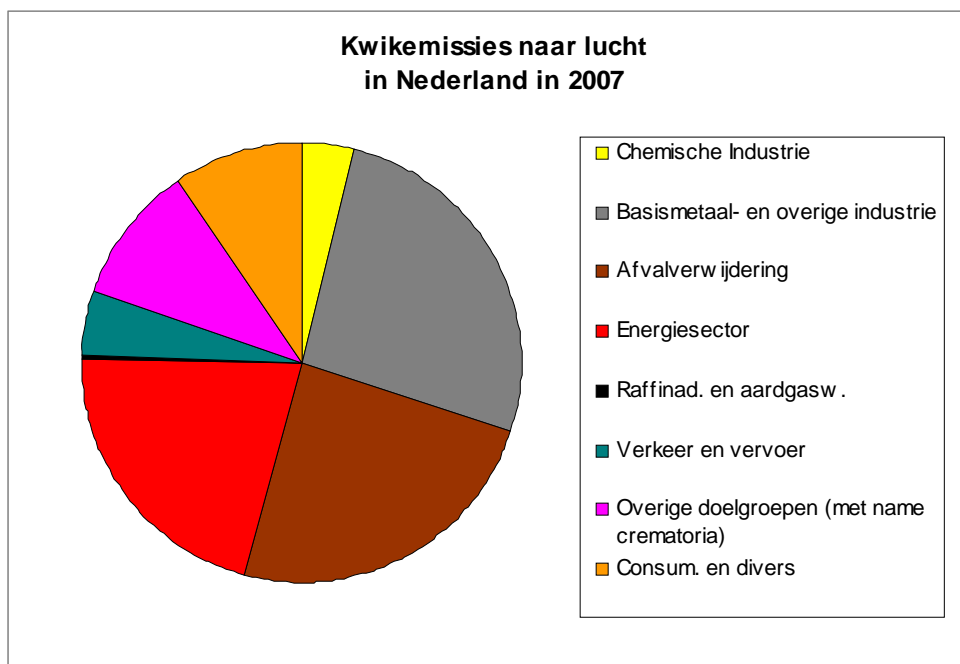
4.1.4 Kwik

Uit het totaalbeeld, verkregen door combinatie van gegevens uit de verschillende informatiebronnen, blijkt dat de laatste jaren de emissies van kwik naar de lucht vooral afkomstig zijn van de doelgroepen Industrie (ongeveer 45%), de Energiesector en de Afvalverwerkingsbedrijven (respectievelijk 13 en 18%). Dit wordt geïllustreerd door Figuur 5 waarin de relatieve bijdragen van de verschillende doelgroepen aan de kwikemissies in 2007 zijn weergegeven. De totale kwikemissie in dat jaar wordt geschat op 876 kg. Dat is ruim 100 kg meer dan een recente schatting van Ytsma (2009). Deze schatting heeft echter betrekking op het jaar 2006 en in de schatting is de bijdrage van enkele doelgroepen zoals Verkeer en vervoer niet meegenomen. Verder zijn er enkele kleine andere verschillen, waarover hierna meer. In grote lijnen komen de data van Ytsma echter overeen met die in dit onderzoek.

Figuur 5 geeft aan dat naast de drie zojuist genoemde doelgroepen ook enkele andere bronnen een niet-verwaarloosbare bijdrage leveren. De emissie van de doelgroep Verkeer en Vervoer (36 kg in 2007) wordt veroorzaakt door de zeescheepvaart. Het kwik is als verontreiniging aanwezig in de zware stookolie, die als brandstof wordt gebruikt.

Crematoria (deze worden gerekend tot de doelgroep Handel, Diensten en Overheid, maar vanwege hun unieke bijdrage aan de kwikemissie hier apart genoemd) vormen een belangrijke bron van kwik met

een emissie van in totaal 79 kg in 2007. Deze emissie neemt overigens geleidelijk af doordat crematoria verplicht zijn om de rookgassen te reinigen tot een maximale concentratie van 0,2 mg Nm⁻³ kwik. De maatregelen om dit te bereiken worden nu door de branche stapsgewijs ingevoerd. Uiterlijk eind 2012 moeten alle crematoria voldoen aan deze emissie-eis.



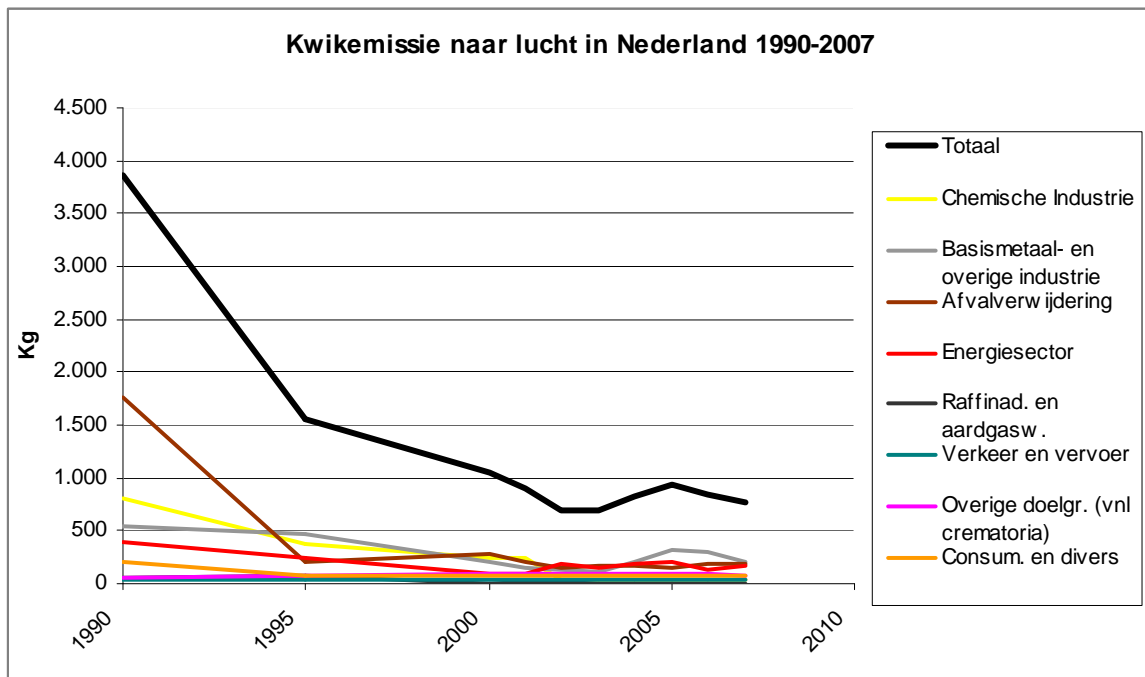
Figuur 5 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de kwikemissie naar de lucht in 2007

Raffinaderijen emitteren ook kwik. Volgens de Emissieregistratie bedroeg deze emissie 2 kg in 2007. Deze wordt veroorzaakt door twee raffinaderijen (KPE en Total Raffinaderij), die elk circa 1 kg kwik per jaar emitteren. KPE is de kleinste raffinaderij in Nederland. Verwacht wordt daarom dat de bijdrage van andere raffinaderijen, niet alleen die van Total, maar ook die van Shell en NEREFSCO, hoger is. Tot en met 2001 rapporteerden Total en NEREFSCO in hun milieujaarverslag een jaarlijkse kwikemissie van gemiddeld ongeveer 5 kg (Shell heeft geen kwikemissies gerapporteerd). Het is niet duidelijk waarom deze emissies daarna zouden zijn afgenomen. Volgens Ytsma (2009) zit er 180 kg kwik in de jaarlijks verwerkte hoeveelheid olie en zal een deel hiervan naar de lucht worden geëmitteerd. Hoeveel is echter niet bekend. Op basis van dit feit en de historische gegevens uit de milieujaarverslagen wordt geschat dat de emissie minimaal 10 kg per jaar bedraagt. Van dit getal is uitgegaan in het overzicht in Figuur 5. In België wordt de kwikemissie uit raffinaderijen geraamd op 4,4 kg per jaar, maar over het algemeen lijken de emissiegegevens van kwik uit België niet erg betrouwbaar.

Voor de aardgaswinning is er 10 kg bijgeteld bij de doelgroep Raffinaderijen. Dit getal is gebaseerd op een emissie van 20 kg in 1994 (Slooff et al., 1994), in combinatie met het gegeven dat het vrijkomende kwik bij de aardgaswinning tegenwoordig steeds beter wordt teruggewonnen of afgefilterd.

Tot slot is de emissie van de doelgroep 'Overige' geschat op een kleine 75 kg. Het gaat hier om emissies uit de landbouw (geschat op 1 kg per jaar) en om kwik dat vrijkomt bij verbranding in open haarden (doelgroep Consumenten) en bij incidenten met kapotte lampen, thermometers en andere kwikhoudende instrumenten zoals ouderwetse barometers, thermostaten en kwikschakelaars. De schatting is zeer indicatief. In het Basisdocument Kwik (Slooff et al., 1994) werd de bijdrage van

kwikemissies uit kapotte lampen, thermometers en instrumenten nog geschat op 200 kg per jaar, maar deze schatting lijkt aan de hoge kant temeer daar op grond van het Kwikbesluit (van kracht sinds januari 2003) kwik steeds minder wordt toegepast in allerlei producten.



Figuur 6 Jaarlijkse kwikemissies naar de lucht van verschillende doelgroepen en in totaal van 1990 tot en met 2007

Figuur 6 geeft het verloop weer van de kwikemissies van 1990 tot en met 2007. Deze emissies zijn in de genoemde periode fors gedaald. In 1990 werd de totale emissie naar de lucht geschat op bijna 4000 kg, terwijl ze in 2007 was afgenomen tot een kleine 850 kg, een reductie van bijna 80%. De afname komt vooral voor rekening van de doelgroep Afvalverwerkingsbedrijven (meer dan een factor 10), maar ook in de Industrie – en dan vooral de Chemische industrie – is de afname aanzienlijk. Toepassing van rookgasreinigingssystemen zoals koolfilters voor het verwijderen van kwik uit afgassen van verbrandingsprocessen hebben hier ongetwijfeld flink aan bijgedragen. Echter, ook het vervangen van kwik door andere stoffen, bijvoorbeeld in batterijen en pesticiden en in allerlei chemische processen zoals de kwikelektrolyse voor vervaardiging van chloor en loog, heeft geleid tot een reductie van de emissies naar de lucht.

In de Energiesector lijken de kwikemissies tussen 1990 en 2000 te zijn afgenomen van 400 naar 100 kg per jaar, gevolgd door een geleidelijke stijging tot meer dan 150 kg in 2007. De tussentijdse daling rond het jaar 2000 is waarschijnlijk geen echte daling, maar veroorzaakt door onvolledige gegevens. In die jaren ontbreken jaarlijkse kwikemissies van een aantal energiecentrales. Vanaf 2003 lijkt het beeld redelijk compleet. De kwikemissie is voornamelijk afkomstig van het gebruik van steenkool en afval of biomassa als brandstof. In Nederland staan zes energiecentrales die steenkool als brandstof gebruiken, soms in combinatie met andere brandstoffen zoals aardgas maar ook biomassa. Eén van deze centrales werkt op het principe van kolenvergassing, waardoor de emissies van kwik en andere zware metalen lager is dan die van conventionele kolencentrales. Om de emissies te beperken worden verschillende vormen van rookgasreiniging gebruikt, namelijk ESP (Electrostatic Precipitator) en natte wassing.

Beide hebben een rendement van 50% en als een combinatie van deze technieken wordt toegepast bedraagt het rendement 75% (in combinatie met een DeNO_x-installatie kan zelfs een rendement van 90% worden gehaald). Door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie, wordt verwacht dat de kwikemissies aanzienlijk zullen toenemen. Ytsma (2009) heeft deze toename geschat op ruim 200 kg per jaar. Daarmee wordt de bijdrage van de Energiesector meer dan twee maal zo hoog en neemt de totale kwikemissie naar de lucht toe met ongeveer 23%.

De kwikemissies uit raffinaderijen en de aardgaswinning lijken te zijn gedaald, maar zoals eerder gemeld zijn de gegevens van deze bronnen schaars en niet erg betrouwbaar. Gebaseerd op de huidige schatting is hun aandeel in de totale kwikemissie beperkt tot enkele procenten.

De emissies van de andere bronnen (verkeer, crematoria, consumenten en incidenten) zijn niet of nauwelijks veranderd, waardoor de relatieve bijdrage van de doelgroepen Industrie en Afvalverwerkingsbedrijven – in 1990 samen nog voor 80% verantwoordelijk voor de totale kwikemissie naar de lucht – zijn gedaald tot een kleine 60%.

Binnen de doelgroep Industrie dragen vooral de volgende sectoren en bedrijfstakken bij aan de kwikemissies:

- De basismetalaalindustrie en binnen deze subdoelgroep met name de ijzer- en staalfabricage.
- De sector ‘overige minerale-productenindustrie’ en dan voornamelijk de productie van cement.
- De chemische industrie, vooral de fabricage van chloor en loog en een enkel bedrijf dat gespecialiseerde chemische producten vervaardigt.

Daarnaast zijn er geringe kwikemissies uit de papier- en kartonindustrie (1 tot 2 kg per jaar) en de voedings- en genotmiddelenindustrie (minder dan 0,1 kg per jaar).

In de basismetalaalindustrie zijn twee bedrijven verantwoordelijk voor het grootste deel van de kwikemissie, namelijk Corus (239 kg in 2007) en Nedstaal (36 kg in 2007). Andere metaalbedrijven emitteren minder dan 1 kg per jaar.

Bij Corus komen de emissies vrij bij de sinter- en de pelletfabriek. Het kwik is afkomstig uit de grondstoffen, zowel het ijzererts als de cokes. Nedstaal verwerkt vooral schroot en dat kan eveneens kwik bevatten. De door deze bedrijven opgegeven emissies fluctueren sterk van jaar tot jaar. De reden voor deze fluctuaties is niet goed bekend, hoewel ten aanzien van Nedstaal de vermoedelijke oorzaak ligt in het wisselende kwikgehalte in het verwerkte schroot. Door de provincie Zuid-Holland, vergunningverlener van dit bedrijf, zijn de kwaliteitseisen voor het ingekochte schroot en ook de emissie-eisen voor stof (en daarmee ook voor stofgebonden kwik) aangescherpt. Daarom wordt verwacht dat de kwikemissies zullen afnemen. Desondanks waren de emissies in 2008 bij beide bedrijven nog niet gedaald.

Binnen de sector ‘overige minerale-productenindustrie’ zorgt één bedrijf voor veruit het grootste deel van de kwikemissies, namelijk de cementproducent ENCI in Maastricht. Kwik komt voor in zowel de grondstoffen (kalksteen, vliegashoudend materiaal en hoogovenslakken) als de gebruikte brandstoffen (bruinkool, cokes, rioolslib en afval). De jaarlijkse kwikemissie bedroeg volgens de Emissieregistratie in 1990 en 1995 109 resp. 99 kg, en in 2007 volgens het E-MJV van ENCI 89 kg. Over andere jaren zijn in deze informatiebronnen geen specifieke emissies van de ENCI vermeld. Inmiddels is bekend dat over 2008 een beduidend lagere kwikemissie in het E-MJV is opgegeven, namelijk 22 kg. De oorzaak hiervan is volgens ENCI te vinden in de hoeveelheid kwik aangevoerd vanuit hun brandstoffen- en grondstoffenpakket. Wel kan worden gesteld dat de opgegeven jaarlijkse emissies zijn gebaseerd op twee metingen per jaar. De onzekerheid is daardoor groot. Ytsma (2009) heeft een schatting van de emissie gemaakt op basis van de jaarlijkse productie, het brandstofgebruik en gemiddelde kwikgehalten in grond- en brandstoffen en komt tot 21,5 kg per jaar. Dat komt goed overeen met de door ENCI

opgegeven emissie in 2008. Niettemin wordt ook deze berekening gekenmerkt door aannames en onzekerheden.

De kwikemissies van de chemische industrie zijn fors afgenomen. In de jaren negentig was die nog ongeveer 800 kg, grotendeels afkomstig van de chlooralkali-industrie waar chloor en loog werden geproduceerd uit keukenzout met behulp van kwikelektrolyse. Bij het recirculeren van het kwik in dit proces ging een gedeelte verloren. Daardoor werden elementair kwik en anorganische kwikverbindingen naar de lucht geëmitteerd. Sinds 2006 worden bij de chloorproductie andere technieken gebruikt en zijn de kwikemissies sterk verminderd. In 2007 bedroeg deze minder dan 20 kg. Fosforproducent Thermphos rapporteerde in 2007 een kwikemissie van 10 kg. Dit kwik komt als verontreiniging voor in de grondstoffen (fosfaaterts en secundaire grondstoffen zoals rioolslib) en de brandstoffen (cokes) en komt vrij bij het productieproces. Vóór 2007 zijn door Thermphos geen emissiegegevens van kwik gerapporteerd.

Verder komen beperkte hoeveelheden kwik vrij bij diverse processen voor het vervaardigen van chemicaliën en specialties. Deze emissies bedragen minder dan 1 kg per bedrijf per jaar.

In Tabel 9 is een overzicht gegeven van de kwikemissies van de grootste industriële en andere bronnen over de jaren 1990, 2000, 2005 en 2007. Hoewel de energiesector, afvalbedrijven en raffinaderijen niet tot de doelgroep Industrie behoren, zijn hun emissies in de tabel opgenomen, omdat zij – en ook deze doelgroepen als geheel – een flinke bijdrage leveren aan de kwikemissies naar de lucht.

In 2007 waren de hoogste emissies afkomstig van Corus en de ENCI, gevolgd door twee energiecentrales, die beide steenkool als brandstof gebruiken. Verder blijkt uit de tabel dat behalve het metaalbedrijf Nedstaal en de twee chemische bedrijven Akzo Nobel en Thermphos vooral energiecentrales en afvalverbrandingsinstallaties relevante bronnen zijn van kwik naar de lucht. Onder in het overzicht komen enkele raffinaderijen voor. De emissies van deze bedrijven zijn relatief laag, maar zoals eerder gemeld wordt niet uitgesloten dat deze onderschat zijn.

Tabel 9 Overzicht van de grootste industriële kwikbronnen en hun jaarlijkse emissies naar de lucht

| Naam bedrijf | Doelgroep | Activiteit | Jaarlijkse emissie (kg) | | | |
|---------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| | | | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 |
| Corus Staal B.V. | Basismetaal | IJzer- en staalfabriek | 388 | 90 | 207 | 239 |
| ENCI B.V. | Overige ind. | Cementfabriek | 109 | 99 ¹⁾ | 99 ¹⁾ | 89 |
| Essent Energie (Amercentrale) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | 54 | 65 |
| E.ON Benelux NV (Maasvlakte) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | 63 | 124 | 41 |
| Afval Energie Bedrijf A'dam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | 77 | 8 | 37 |
| Nedstaal BV | Basismetaal | Fabr. staalproducten | g.d. | 1 | 5 | 36 |
| NUON Power Gen (Velsen) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | g.d. | 27 |
| AVR Rijnmond | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 794 | 8 | 12 | 16 |
| Akzo Nobel Chemicals B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | 226 | 65 | 42 | 15 |
| Nuon Power Gen (Hemweg) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | 18 | 12 |
| Electrabel Nederland NV | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | 5 | 11 |
| Essent Milieu Noord | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | 32 | 71 | 11 |
| ARN B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 6 | g.d. | 2 | 10 |
| Thermphos International B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | g.d. | g.d. | g.d. | 10 |
| HVC afvalcentrale (Dordrecht) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 16 | 39 | 25 | 10 |
| AVR Afvalverw. BV Duiven | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 30 | g.d. | 10 | 8 |
| EPZ NV (Conventional Op.) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | 14 | 13 | 6 |
| AVR Afvalverw. BV Rotterdam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 89 | g.d. | 5 | 6 |
| Slibverwerking Noord-Brabant | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | g.d. | 1 | 5 |
| DRSH Zuiveringsslib N.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 6 | g.d. | 1 | 4 |
| Total Raffinaderij Nederland NV | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 4 | 5 | 3 | 1 |
| Kuwait Petroleum Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | < 1 | g.d. | < 1 | 1 |
| Solvay Chemie B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | 534 | 185 | 0 | 0 |
| Albemarle Catalysts Company | Chemische ind. | Chemicaliën | 47 | < 1 | g.d. | g.d. |
| Afvalstoffen Terminal Moerdijk | Afvalverwerking | Afvalverbranding | g.d. | 8 | 12 | g.d. ²⁾ |
| NEREFCO Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 3 | 3 | g.d. | g.d. |

g.d. = geen data beschikbaar

¹⁾ Geen bedrijfsspecifieke emissiegegevens beschikbaar. Deze cijfers zijn gebaseerd op de emissies van de doelgroep 'overige minerale-productenindustrie', waarvan de emissie voornamelijk wordt bepaald door die van de ENCI.

²⁾ Geen gegevens beschikbaar over 2007. In 2006 werd een kwikemissie van 87 kg gerapporteerd.

De basismetaalindustrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor kwik naar de lucht opgenomen van 70% in 2000 en in 2010 (ten opzichte van de emissie in 1985). Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. Deze zijn niet opgenomen in de Emissieregistratie noch in het Basisdocument Kwik (Slooff et al., 1994) of milieujaarverslagen. In de intentieverklaringen van de basismetaalindustrie en de chemische industrie zijn emissies genoemd van 960 kg respectievelijk 1000 kg. Deze cijfers zijn later bijgesteld naar, volgens de meest recente jaarverslagen (FO-Industrie, 2008a; 2009a), 8,02 en 1253 kg; de reden voor de grote bijstelling van de waarde voor de basismetaalindustrie is niet duidelijk. De schatting voor

de chemische industrie komt redelijk goed overeen met de gegevens in de Emissieregistratie (810 kg in 1990), maar die voor de basismetaalindustrie wijkt daar sterk van af; volgens de Emissieregistratie bedroeg deze 388 kg in 1990. Als we de gegevens uit de jaarverslagen als uitgangspunt nemen, voldoet de chemische industrie ruimschoots aan het gestelde reductiepercentage van 70%, terwijl de emissies van de basismetaalindustrie zijn toegenomen. De uitgangswaarde van 8,02 kg lijkt echter niet realistisch. Nemen we de emissie van 388 kg uit de Emissieregistratie in 1990, dan wordt de reductie van deze bedrijfstak 48% (in 2007), wat nog steeds te laag is vergeleken met de doelstelling van 70% in 2010.

De doelgroep Industrie als geheel haalt het percentage van 70% wel, ongeacht van welke emissies over 1985 of 1990 wordt uitgegaan. Omdat de kwikemissies uit de industrie naar alle waarschijnlijkheid in de komende jaren niet zullen toenemen, kan geconcludeerd worden dat de beoogde reductie van 70% in 2010 zal worden gehaald.

Omdat naast de industrie ook de doelgroepen Energiesector en Afvalverwerkingsbedrijven belangrijk bijdragen aan de kwikemissies, worden deze meegenomen in de beschouwing over het verloop en de ontwikkeling van de kwikemissies naar de lucht.

Ten opzichte van 1990 heeft de doelgroep Afvalverwerkingsbedrijven haar kwikemissie teruggebracht met bijna 95%. De verwachting is dat de emissies nog verder zullen afnemen, maar dat deze afname beperkt zal zijn. De Energiesector heeft de kwikemissies gereduceerd met ongeveer 60% ten opzichte van 1990, al moet daarbij worden opgemerkt dat de geschatte emissie over 1990 hoogst onzeker is.

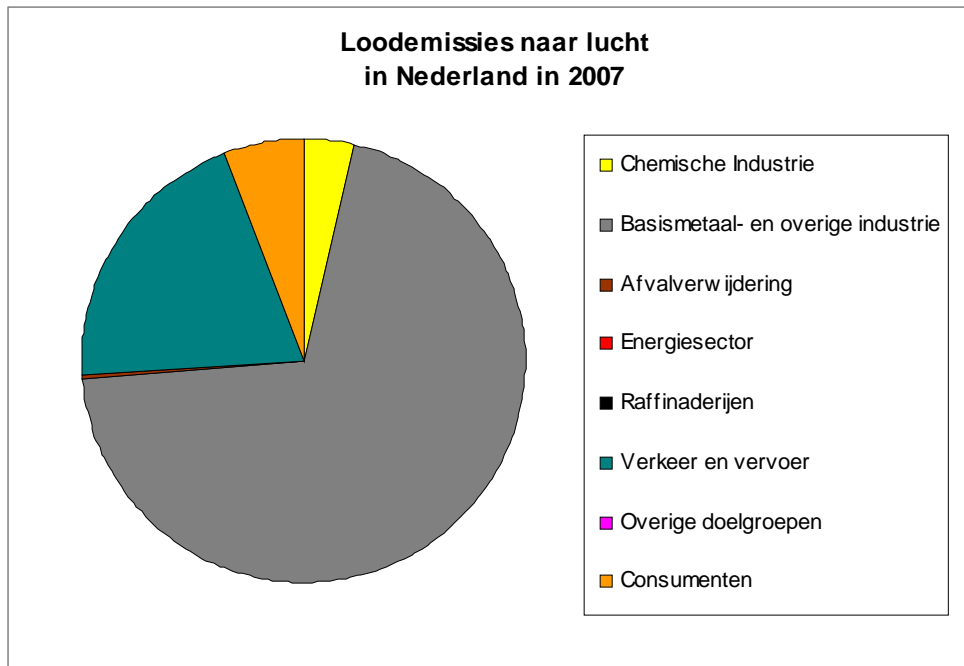
Door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie, zal echter de emissie van kwik door deze doelgroep zeer waarschijnlijk toenemen. Ytsma (2009) schat deze toename op ruim 200 kg per jaar. Daarmee wordt de gerealiseerde emissiereductie sinds 1990 vrijwel geheel teniet gedaan.

De emissies uit crematoria zullen geleidelijk aan afnemen tot maximaal 29 kg per jaar. Deze berekening is gebaseerd op een maximale concentratie van 0,2 mg Nm⁻³ kwik, een gemiddeld afgasdebiet van 900 Nm³ h⁻¹ (Smit, 1995; Smit, 1996; Mennen, 1997) en een jaarlijks aantal crematies van 75.000 (www.crematorium.nl). De werkelijke emissie zal naar verwachting lager zijn dan deze maximaal berekende waarde. Eind 2012 moeten alle crematoria voldoen aan de emissie-eis van 0,2 mg Nm⁻³ kwik. Gelet op de trend over de afgelopen tijd, zal het aantal crematies komende jaren geleidelijk licht stijgen.

Voor de andere doelgroepen en bronnen worden geen grote veranderingen verwacht. Op basis van deze geschetste ontwikkelingen zal, zonder ingrijpende maatregelen, de totale kwikemissie naar de lucht in de komende jaren tegen de 1.000 kg per jaar bedragen.

4.1.5 Lood

In vroegere jaren was het verkeer veruit de grootste bron van lood in de buitenlucht. Sinds 1997 wordt in Nederland geen loodhoudende benzine meer verkocht en ook voor die tijd was er door diverse maatregelen (verlaging van het wettelijk toegestane loodgehalte in benzine in 1986 en toenemend gebruik van loodvrije benzine) al een daling te constateren in de loodemissie uit het Verkeer en vervoer. Ondertussen heeft de Industrie de rol van grootste bron van lood overgenomen. Figuur 7 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage aan de loodemissies van de diverse doelgroepen in 2007. De totale loodemissie in dat jaar wordt geschat op ongeveer 45.000 kg. Hiervan is 73% afkomstig van de industrie, 20% van het verkeer en vervoer, 6% van de doelgroep Consumenten en de rest van de andere doelgroepen.



Figuur 7 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de loodemissie naar de lucht in 2007

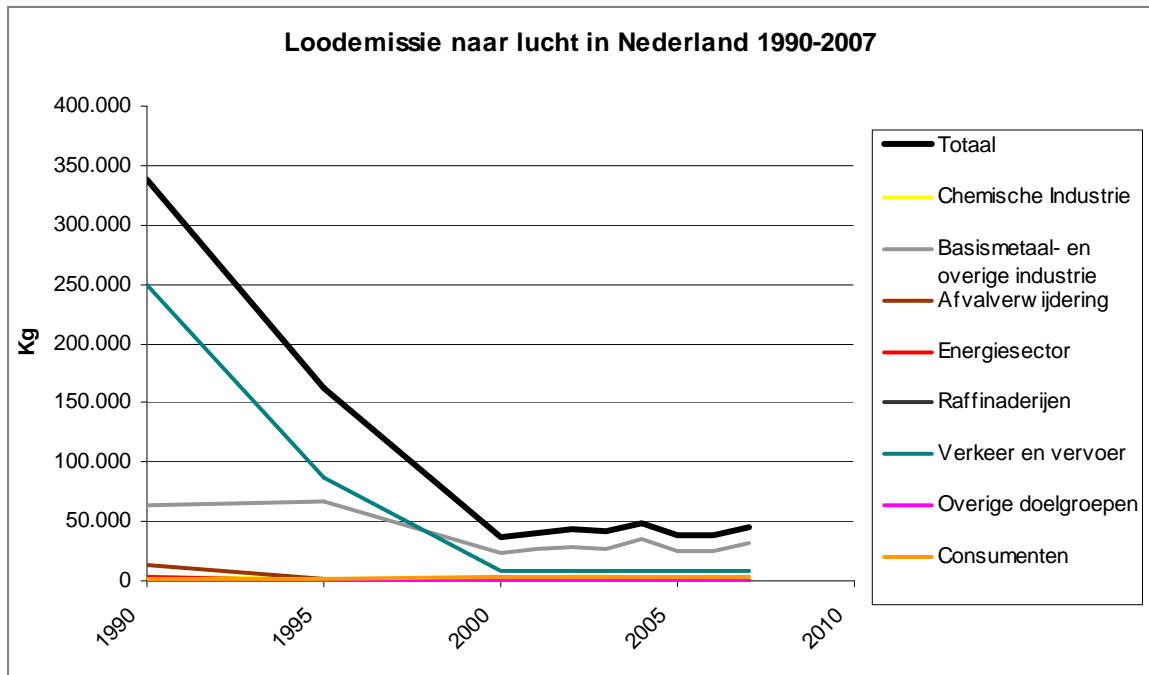
Nu brandstoffen nagenoeg loodvrij zijn (het loodgehalte in benzine bedraagt maximaal $0,01 \text{ mg l}^{-1}$) zijn de emissies uit de doelgroep Verkeer en Vervoer voornamelijk afkomstig van de slijtage van banden en vooral remmen (wegverkeer), de luchtvaart, de slijtage van stroomafnemers en bovenleidingen (railverkeer) en de (zee)scheepvaart. Bij de doelgroep Consumenten zijn de emissies grotendeels afkomstig van open haarden en houtkachels.

De emissies van lood uit afvalverbrandingsinstallaties, energiecentrales en raffinaderijen – veroorzaakt door het voorkomen van loodverbindingen zowel afval, slib, biomassa en fossiele brandstoffen – zijn relatief beperkt. Dat komt doordat een aanzienlijk deel van het lood in rookgasreinigingsinstallaties wordt afgevangen.

De emissies uit de Industrie worden verderop in deze paragraaf besproken.

Figuur 8 geeft het verloop weer van de loodemissies van 1990 tot en met 2007. Deze emissies zijn aanzienlijk gedaald, vooral in de periode tussen 1990 en 2000 (daling met een factor 8). Vanaf 2000 is de totale loodemissie niet meer significant veranderd.

De grote afname komt vooral voor rekening van de doelgroep Verkeer en vervoer. Die daling was overigens al voor 1990 ingezet. Volgens Janus et al. (1999) bedroeg de loodemissie uit het verkeer in 1985 nog meer dan 1100 ton, dus ruim vier maal zo hoog als in 1990. Ook de doelgroepen Industrie, Energiesector en Afvalverwerkingsbedrijven hebben hun emissies drastisch teruggebracht, de eerste groep met ruim de helft en de andere twee met meer dan 95%. De uitstoot van de doelgroep Raffinaderijen was in 1990 nog meer dan 1000 kg. Deze werd voor ruim 80% bepaald door de raffinaderij van Shell. Sinds 1999 heeft Shell geen loodemissies meer gerapporteerd in haar E-MJV (en daarmee ook niet in de Emissieregistratie), waardoor de emissie van deze doelgroep sindsdien mogelijk wordt onderschat.



Figuur 8 Jaarlijkse loodemissies naar de lucht van verschillende doelgroepen en in totaal van 1990 tot en met 2007

Wel zijn de emissies van andere raffinaderijen (die wel gegevens hebben gerapporteerd) sinds 1990 afgenomen. Ook in de Energiesector lijken jaarcijfers van enkele bedrijven te ontbreken (in 2007 hebben vier van de ongeveer tien grote centrales loodemissies opgegeven), maar desondanks kan worden geconcludeerd dat deze doelgroep haar uitstoot flink heeft verminderd. De emissies van de overige doelgroepen zijn nauwelijks veranderd.

Bijna 90% van de industriële emissie van lood is afkomstig van de primaire ijzer- en staalproductie (Corus). Het lood komt voor in de grond- en brandstoffen. Ondanks de toepassing van geavanceerde rookgasreiniging wordt een gedeelte van het lood dat bij de processen vrijkomt, uitgestoten naar de atmosfeer. Om dezelfde redenen wordt ook door enkele andere bedrijven uit de sector basismetiaalindustrie lood naar de lucht geëmitteerd, onder andere bij de productie van aluminium, zink en secundair staal (uit schroot). De omvang daarvan is echter lager dan bij de primaire ijzer- en staalproductie.

Andere industriële bronnen zijn glasproducenten en diverse chemische bedrijven. De emissie van lood bij de glasproductie is gedeeltelijk een gevolg van jarenlange toepassing van lood in diverse glassoorten (onder andere kristal- en beeldbuisglas) en de recycling van glasafval, waarbij loodhoudend glas is vermengd met 'schoon' glas. Bij de glasproductie komt een klein gedeelte van het lood vrij tijdens het smeltproces. Ook worden voor de productie van sommige glassoorten nog loodverbindingen gebruikt.

In de Chemische industrie is fosforproducent Thermphos de grootste bron van lood. De jaarlijkse emissies variëren sinds 2000 tussen 700 en 2000 kg. De variatie is vermoedelijk toe te schrijven aan wisselende loodgehaltes in de grondstoffen (fosfaaterts en secundaire grondstoffen) en aan verschillen in de jaarlijkse productie. Andere chemische bedrijven die lood emitteren zijn onder meer producenten van verven en pigmenten, chemicaliën voor de kunststofindustrie en specifieke chemicaliën voor allerlei toepassingen.

In Tabel 10 is een overzicht gegeven van de loodemissies van de grootste industriële bronnen over de jaren 1990, 2000, 2005 en 2007. Naast industriële bedrijven zijn voor de volledigheid ook emissies van enkele afvalbedrijven, energiecentrales en raffinaderijen in de tabel opgenomen, omdat zij bijdragen of in het verleden hebben bijgedragen aan de loodemissies naar de lucht.

De basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor lood naar de lucht opgenomen van 70% in zowel 2000 als 2010, ten opzichte van de emissie in 1985. Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. Deze zijn niet opgenomen in de Emissieregistratie noch in het Evaluatiedocument Lood (Janus et al., 1999). In de intentieverklaringen zijn als uitgangswaarden de volgende emissies genomen: 44.300 kg voor de basismetaalindustrie, 6000 kg voor de metaalelektro-industrie en 7400 kg voor de chemische industrie.

In 2000 voldeed de chemische industrie aan haar doelstelling (reductie van 70%). De emissie was toen gedaald tot minder dan 1100 kg per jaar. Daarna varieerde de emissie tussen 1600 en 3300 kg per jaar. In 2007 was ze 1676 kg en bedroeg de reductie 77%. Of ook in 2010 wordt voldaan aan de beoogde reductie van 70% is, gelet op de fluctuaties over de afgelopen jaren, echter niet zeker. De emissies van de metaalelektro-industrie zijn gedaald tot vrijwel nihil en daarmee voldoet deze sector aan het gestelde reductiedoel. Opgemerkt wordt dat volgens de Emissieregistratie de emissie al in 1990 veel lager was dan de 6000 kg, die door de branche als uitgangswaarde is gebruikt.

De basismetaalindustrie heeft de opgelegde doelstelling niet gehaald. In 2000 was de emissie met circa 55% gedaald ten opzichte van de uitgangswaarde in 1985, maar in 2007 was de emissie weer toegenomen (nog maar 33% reductie). Net als bij de chemische industrie fluctueerde de emissie sinds 2000, en wel tussen 23.000 en 35.000 kg. De beoogde reductie van 70% in 2010 wordt waarschijnlijk niet gehaald. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de Emissieregistratie voor 1990 een hogere waarde voor de basismetaalindustrie wordt genoemd (namelijk ruim 56.000 kg) dan de waarde voor 1985 uit de Intentieverklaring. Als we het cijfer voor 1990 uit de Emissieregistratie als uitgangspunt nemen, dan bedraagt de emissiereductie van de basismetaalindustrie tussen 1990 en 2007 48%.

Tabel 10 Overzicht van de grootste industriële loodbronnen en hun jaarlijkse emissie naar de lucht

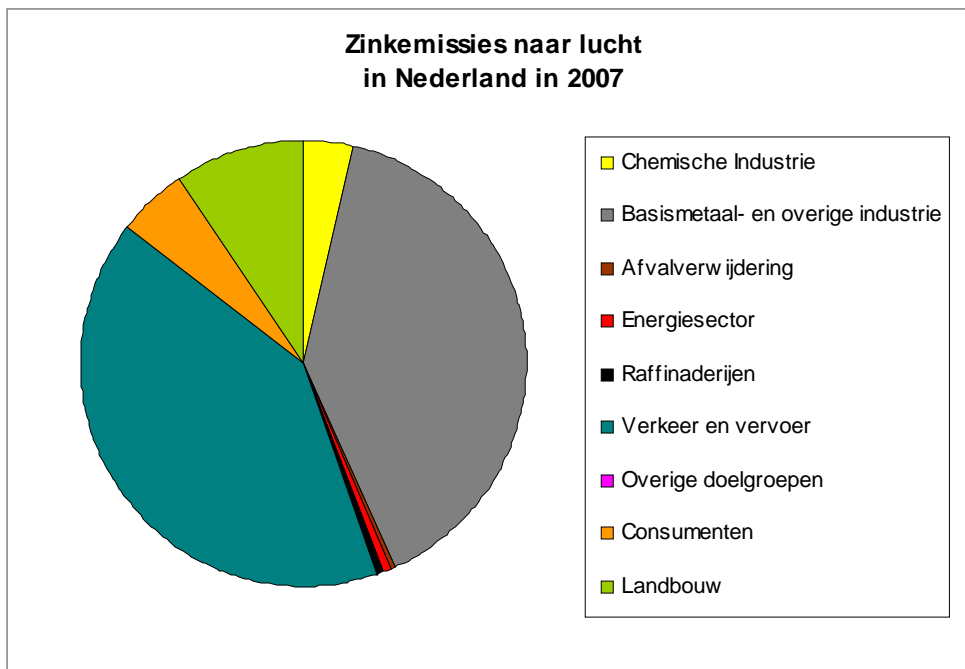
| Naam bedrijf | Doelgroep | Activiteit | Jaarlijkse emissie (kg) | | | |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | | | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 |
| Corus Staal B.V. | Basismetiaal | IJzer- en staalfabriek | 50.417 | 18.484 | 22.835 | 28.651 |
| Thermphos International B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | g.d. | 717 | 1720 | 983 |
| O-I MANufacturing Netherlands | Overige ind. | Glasfabriek | 6601 | 1369 | 1058 | 1460 |
| Johnson Matthey B.V. | Chemische ind. | Metaalproducten en specialties | g.d. | 4 | 35 | 332 |
| Nyrstar Budel BV | Basismetiaal | Zinkfabriek | 324 | 596 | 445 | 323 |
| Nedstaal BV | Basismetiaal | Fabr. staalproducten | 4616 | 311 | 114 | 181 |
| Aluminium Delfzijl B.V. | Basismetiaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 242 | 109 | 174 |
| Ciba Specialty Chemicals | Chemische ind. | Chemicaliën | 1222 | 680 | 230 | 165 |
| Afval Energie Bedrijf (Amsterdam) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 41 | g.d. | 57 | 104 |
| Ardagh Glass Dongen BV | Overige ind. | Glasfabriek | 673 | 1527 | 114 | 85 |
| ZALCO NV | Basismetiaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 529 | 71 | 65 |
| PPG Industries Fiber Glas B.V. | Overige ind. | Glasvezelfabriek | 1 | 74 | 56 | 50 |
| Cookson Electronics Naarden | Basismetiaal | Materialen en hulpstoffen | 16 | 15 | 3 | 29 |
| AGC Flatglass Nederland bv | Overige ind. | Glasfabriek | g.d. | g.d. | 10 | 25 |
| Kuwait Petroleum Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 8 | g.d. | 1,1 | 20 |
| E.ON Benelux NV (Maasvlakte) | Energiesector | Energiecentrale | 315 | g.d. | g.d. | 17 |
| Electrabel Nederland NV | Energiesector | Energiecentrale | 216 | g.d. | 20 | 15 |
| Nannoka Vulcanus Industries | Basismetiaal | IJzergieterij | 97 | g.d. | g.d. | 7 |
| AVR Afvalverw. BV Rotterdam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 586 | g.d. | g.d. | 7 |
| Total Raffinaderij Nederland NV | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 68 | 8 | 7 | 6 |
| HVC afvalcentrale (Dordrecht) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 359 | 13 | 21 | 3 |
| Ferro (Holland) B.V. | Chemische ind. | Chemische producten | 1375 | 23 | 4 | 2 |
| AVR-Afvalverwerking B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 8512 | g.d. | 16,4 | 0,6 |
| Shell Nederland Raffinaderij B.V. | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 854 | g.d. | g.d. | g.d. |
| SITA ReEnergy Roosendaal B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 474 | 1,7 | 1,4 | g.d. |
| Elementis Specialties Netherlands | Chemische ind. | Chemische producten | 377 | 0,5 | g.d. | g.d. |
| Lovink Technocast B.V. | Basismetiaal | Fabr. staal- en aluminiumproducten | 308 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Shell Nederland Chemie B.V. | Chemische ind. | Chemicaliën en specialties | 274 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Essent Energie (Amercentrale) | Energiesector | Energiecentrale | 184 | g.d. | g.d. | g.d. |
| ARN B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 114 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Chemelot | Chemische ind. | Chemicaliën en specialties | 84 | 1,0 | g.d. | g.d. |
| EPZ NV (Conv Operations) | Energiesector | Energiecentrale | 73 | g.d. | g.d. | g.d. |
| ENCI BV (Maastricht) | Overige ind. | Cementfabriek | 60 | g.d. | g.d. | g.d. |
| NEREFCO Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 53 | 4 | g.d. | g.d. |

g.d. = geen data beschikbaar

Sinds 2000 lijkt de totale loodemissie licht te stijgen, voornamelijk door de bijdrage van de industrie (zie Figuur 8). Voor de andere doelgroepen lijken de emissies nauwelijks te veranderen. Naar verwachting zal dat komende jaren zo blijven en zal de totale emissie fluctueren rond de waarden van de afgelopen jaren.

4.1.6 Zink

In Nederland worden zink en zinkverbindingen zowel geproduceerd als toegepast. Bij deze processen kunnen zinkhoudende deeltjes vrijkomen naar de atmosfeer. Daarnaast zijn er aanzienlijke emissies van zink uit het Verkeer en vervoer.

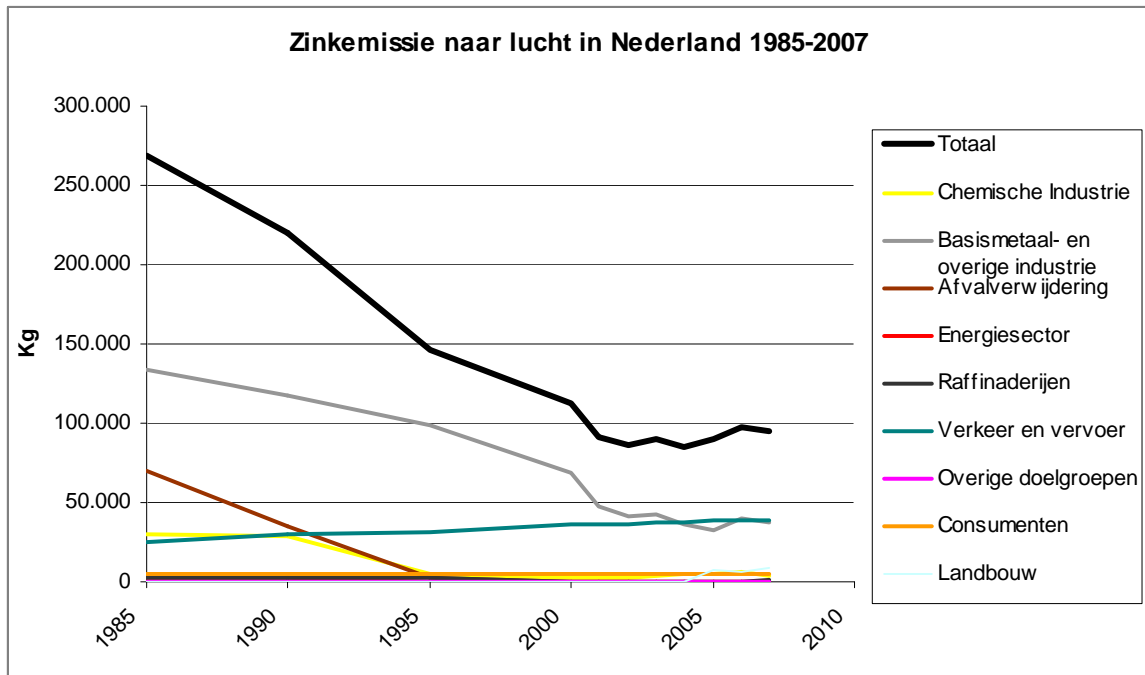


Figuur 9 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de zinkemissie naar de lucht in 2007

Figuur 9 geeft een overzicht van de relatieve bijdrage aan de zinkemissies van de diverse doelgroepen in het jaar 2007. De totale zinkemissie in dat jaar wordt geschat op ruim 95.000 kg. Hiervan is 43% afkomstig van de Industrie, 40% van het Verkeer en vervoer, bijna 10% van de Landbouw, 5% van de doelgroep Consumenten en de rest van de andere doelgroepen.

Emissies uit de doelgroep Verkeer en vervoer komen voornamelijk uit het wegverkeer, door slijtage van banden en remmen en via uitlaatgassen, die geringe hoeveelheden zink bevatten. In de landbouw draagt vooral het gebruik van bestrijdingsmiddelen bij aan de zinkemissie (in 2007 bijna 9000 kg). Bij de doelgroep Consumenten zijn de emissies afkomstig van open haarden en houtkachels.

Zink komt voor in zowel afval, slib als fossiele brandstoffen (in steenkool 10 tot 30 mg/kg). Daarom dragen verbrandingsprocessen ook bij aan de uitstoot van zink, maar de bijdrage daarvan is beperkt getuige de relatief lage emissies van de afvalverbrandingsinstallaties, energiecentrales en raffinaderijen. De emissies uit de industrie worden verderop in deze paragraaf besproken.



Figuur 10 Jaarlijkse zinkemissies naar de lucht van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

Figuur 10 geeft het verloop weer van de zinkemissies van 1985 tot en met 2007. Deze emissies zijn alles bij elkaar met een factor 3 gedaald. De grootste daling vond plaats in de periode van 1985 tot 1995. Daarna fluctueert de emissies tussen 1500 en 2000 kg per jaar. De ogenschijnlijk lagere emissie in 1995 en 2000 is waarschijnlijk veroorzaakt door een onderschatting in de bijdrage van de Chemische industrie.

In 1985 werd de totale emissie naar de lucht geschat op ongeveer 270.000 kg. Deze schatting is gebaseerd op gegevens uit het Basisdocument Zink (Cleven et al., 1992), aangevuld met geschatte cijfers op basis van de gegevens uit de Emissieregistratie over 1990. In het Basisdocument staan bijvoorbeeld geen data van luchtmissies van de doelgroepen Landbouw, Consumenten en Verkeer en vervoer (wel geschatte emissies naar het oppervlaktewater). De reden hiervan is niet bekend. Mogelijk werd destijds geen rekening gehouden met de bijdrage van opwaaiend stof aan de emissies naar de lucht. Echter, emissies uit uitlaatgassen (die ook zink bevatten) vallen hier niet onder. Vanaf 1990 zijn wel data van deze doelgroepen opgenomen in de Emissieregistratie. Deze data zijn in dit onderzoek gebruikt om emissies in 1985 te schatten.

Opvallend is dat de emissie van de Landbouw tot en met 2000 op niet meer dan enkele tientallen kg per jaar werd geschat (afkomstig uit verbranding van loof en dergelijke), terwijl deze vanaf 2005 bijna 8000 kg bedroeg. De reden hiervoor is dat vanaf 2005 de emissie van zink door toepassing van bestrijdingsmiddelen is meegenomen. Hoe hoog die emissie was vóór 2005, is niet bekend.

In 2007 was de totale zinkemissie afgenomen met 65% vergeleken met 1985. De afname komt vooral voor rekening van de doelgroepen Afvalverwerkingsbedrijven (meer dan 99%), de Chemische industrie (circa 90%) en de Overige industrie (circa 70%). Opgemerkt wordt dat de totale emissie van de Afvalverwerkingsbedrijven in 2001 tot en met 2006 is onderschat, omdat lang niet alle bedrijven hun zinkemissies hebben opgegeven in de E-MJV. Desondanks is de totale emissie van deze doelgroep relatief laag (in 2007 circa 260 kg; in dat jaar is het beeld redelijk compleet). Ook de emissies van de Energiesector en Raffinaderijen zijn met meer dan 70% afgenomen, maar hun bijdrage aan de totale

uitstoot is gering. De emissie van de Energiesector is mogelijk licht onderschat, omdat niet alle energiecentrales consequent hun emissiedata hebben opgegeven in de E-MJV's.

De uitstoot uit het Verkeer en vervoer neemt geleidelijk toe, doordat er steeds meer auto's rijden en de emissie per gereden kilometer nauwelijks afneemt. De bijdrage van de doelgroep Consumenten is min of meer constant gebleven.

De basismetaalindustrie vormt verreweg de grootste groep emittenten in de doelgroep Overige industrie. Binnen de basismetaalindustrie kan onderscheid worden gemaakt in:

- Bedrijven die zink of zinkhoudende legeringen produceren.
- Bedrijven die metaaloppervlakken behandelen door het opbrengen van zinklagen (zinkspuiten, elektrolytisch verzinken en thermisch verzinken). Een deel van deze bedrijven valt overigens onder de metaalelektro-industrie.
- Bedrijven die voorwerpen thermische verzinken.
- Bedrijven die ijzer en staal of producten daarvan vervaardigen (hoogovens, ijzergieterijen e.d.). Bij de primaire ijzer en staalproductie gaat het met name om zink dat voorkomt in de grond- en brandstoffen. Bij de secundaire staalproductie (en voor een klein deel ook bij de primaire staalproductie) wordt schroot, waaronder verzinkt staal, verwerkt tot nieuw staal. Ook bij de productie van aluminium kan zink vrijkomen.

Andere bronnen zijn keramische en glasproducerende bedrijven, maar hun bijdrage is veel lager dan die van de basismetaalindustrie.

In de Chemische industrie zijn momenteel twee bedrijven verantwoordelijk voor het grootste deel van de zinkemissies, namelijk fosforproducent Thermphos en de zinkoxidefabrikant Umicore.

Bij Thermphos is het zink afkomstig uit de gebruikte grond- en brandstoffen (fosfaaterts, rioolslib, cokes). Het zink wordt gedeeltelijk afgevangen in een rookgasreiniging, maar het resterende deel komt vrij naar de lucht. Bij Umicore komen zinkhoudende deeltjes vrij tijdens het productieproces.

Tot en met 1990 was de zinkemissie van de Chemische industrie aanzienlijk hoger dan nu. De emissies waren afkomstig van een aantal bedrijven dat uiteenlopende chemicaliën produceerde: naast zinkoxide ook zinkzouten en zinkhoudende bestrijdingsmiddelen zoals metiram, ziram, zinkfosfide en zineb. Ook worden zinkverbindingen toegepast als intermediair of katalysator en daarbij kan zink vrijkomen naar de lucht. Een deel van deze productieprocessen is gestopt en daarnaast zijn er emissiebeperkende maatregelen getroffen, waardoor de totale zinkemissie van deze bedrijfstak is gedaald.

In Tabel 11 is een overzicht gegeven van de zinkemissies van de grootste industriële bronnen over de jaren 1990, 2000, 2005 en 2007. Naast industriële bedrijven zijn voor de volledigheid ook emissies van enkele afvalbedrijven, energiecentrales en raffinaderijen in de tabel opgenomen, omdat zij bijdragen of in het verleden hebben bijgedragen aan de zinkemissies naar de lucht.

Tabel 11 Overzicht van de grootste industriële zinkbronnen en hun jaarlijkse emissie naar de lucht

| Naam bedrijf | Doelgroep | Activiteit | Jaarlijkse emissie (kg) | | | |
|-----------------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | | 1990 | 2000 | 2005 | 2007 |
| Corus Staal B.V. | Basismetaal | IJzer- en staalfabriek | 23170 | 16974 | 14765 | 15772 |
| Nyrstar Budel BV | Basismetaal | Zinkfabriek | 19805 | 17357 | 11255 | 10863 |
| Nedstaal BV | Basismetaal | Fabr. staalproducten | 42844 | 9461 | 2167 | 6734 |
| Thermphos International B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | g.d. | 914 | 4623 | 2614 |
| Componenta B.V. | Basismetaal | IJzergieterij | g.d. | g.d. | 821 | 1036 |
| Umicore Nederland B.V. | Chemische ind. | Basischemicaliën | 25148 | 1274 | g.d. | 440 |
| Shell Nederland Raffinaderij B.V. | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 1708 | 397 | 436 | 348 |
| Outokumpu Copper LDM | Basismetaal | Fabr. koper en koperlegeringen | 8022 | 2288 | 328 | 329 |
| Kuwait Petroleum Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 17 | g.d. | 16 | 271 |
| Aluminium Delfzijl B.V. | Basismetaal | Aluminiumfabriek | g.d. | 632 | 241 | 247 |
| Essent Energie (Clauscentrale) | Energiesector | Energiecentrale | g.d. | g.d. | 79 | 224 |
| AVR Afvalverw. BV Rotterdam | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 1075 | g.d. | g.d. | 150 |
| Nuon Power Gen. (Velsen) | Energiesector | Energiecentrale | 5 | g.d. | g.d. | 141 |
| ZALCO NV | Basismetaal | Aluminiumfabriek | 734 | 288 | 133 | 99 |
| E.ON Benelux NV (Maasvlakte) | Energiesector | Energiecentrale | 900 | 143 | 147 | 85 |
| AVR-Afvalverwerking B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 23949 | g.d. | g.d. | 78 |
| Luvata Netherlands B.V. | Basismetaal | Fabr. koper en koperlegeringen | 11469 | 280 | 387 | 70 |
| Total Raffinaderij Nederland NV | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 136 | 25 | 55 | 49 |
| HVC afvalcentrale (Dordrecht) | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 570 | g.d. | g.d. | 33 |
| Electrabel Nederland NV | Energiesector | Energiecentrale | 618 | g.d. | 192 | 11 |
| AGC Flatglass Nederland bv | Overige ind. | Glasfabriek | 35 | 207 | g.d. | g.d. |
| NEREFCO Europoort | Raffinaderij | Aardolieraffinage | 107 | 90 | g.d. | g.d. |
| SITA ReEnergy Roosendaal B.V. | Afvalverwerking | Afvalverbranding | 1121 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Lovink Technocast B.V. | Basismetaal | Fabr. staal- en aluminiumproducten | 726 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Essent Energie (Amercentrale) | Energiesector | Energiecentrale | 526 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Salzgitter Mannesmann Tubes | Basismetaal | Fabr. staalproducten | 511 | g.d. | g.d. | g.d. |
| Chemelot | Chemische ind. | Chemicaliën en specialties | 235 | g.d. | g.d. | g.d. |

g.d. = geen data beschikbaar

De basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor zink naar de lucht opgenomen van 50% in 2000 en 80% in 2010 (ten opzichte van de emissie in 1985). Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen. Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaringen zijn als uitgangswaarden de volgende emissies genomen: 88.600 kg voor de basismetaalindustrie, 143.000 kg voor de metaalelektro-industrie en 20.360 kg voor de chemische industrie. Deze gegevens verschillen van de waarden uit het Basisdocument Zink (Cleven et al., 1992), al moet daarbij worden opgemerkt dat daarin geen duidelijke indeling naar doelgroep of bedrijfsbranche is gemaakt. In het Basisdocument is de totale emissie van de industrie geschat op

164.000 kg en dat is aanzienlijk minder dan de som van de uitgangswaarden uit de intentieverklaringen: 252.000 kg.

Ongeacht welke gegevens als uitgangspunt worden genomen, voldoet de chemische industrie aan de doelstelling van 50% in 2000 en mag verwacht worden dat ook de beoogde reductie van 80% in 2010 wordt gehaald, aangenomen dat de emissies dan niet hoger (en liefst iets lager) zijn dan in 2007. Voor de basismetalaalindustrie en de metaalelektro-industrie ligt de situatie een beetje anders. Nemen we deze twee sectoren samen (doelgroep Overige industrie), dan worden de doelstellingen wel gehaald als wordt uitgegaan van de waarden in de intentieverklaringen, maar (net) niet als wordt uitgegaan van de waarden uit het Basisdocument. Een reductie van 80% in 2010 kan gehaald worden, mits de emissies verder afnemen. Echter, in de afgelopen vijf jaar zijn ze ongeveer constant.

Sinds 2000 is er geen significante daling of stijging van de zinkemissie te zien (zie Figuur 10). De emissies van de industrie zijn sindsdien licht gedaald, maar daar staat een lichte stijging in de doelgroep Verkeer en vervoer tegenover. Het beeld vanaf 2005 is enigszins vertekend, doordat de emissie als gevolg van gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw (bijna 8000 kg per jaar) vanaf dat moment werd meegenomen. Indien voor deze trendbreuk wordt gecorrigeerd, blijkt de totale emissies ongeveer constant te zijn met kleine variaties van jaar tot jaar. Naar verwachting zal dat de komende jaren zo blijven.

4.2 Emissies naar het oppervlaktewater

4.2.1 Algemeen

Om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de emissies van cadmium, chroom, kwik, lood en zink naar het oppervlaktewater zijn de volgende informatiebronnen geraadpleegd:

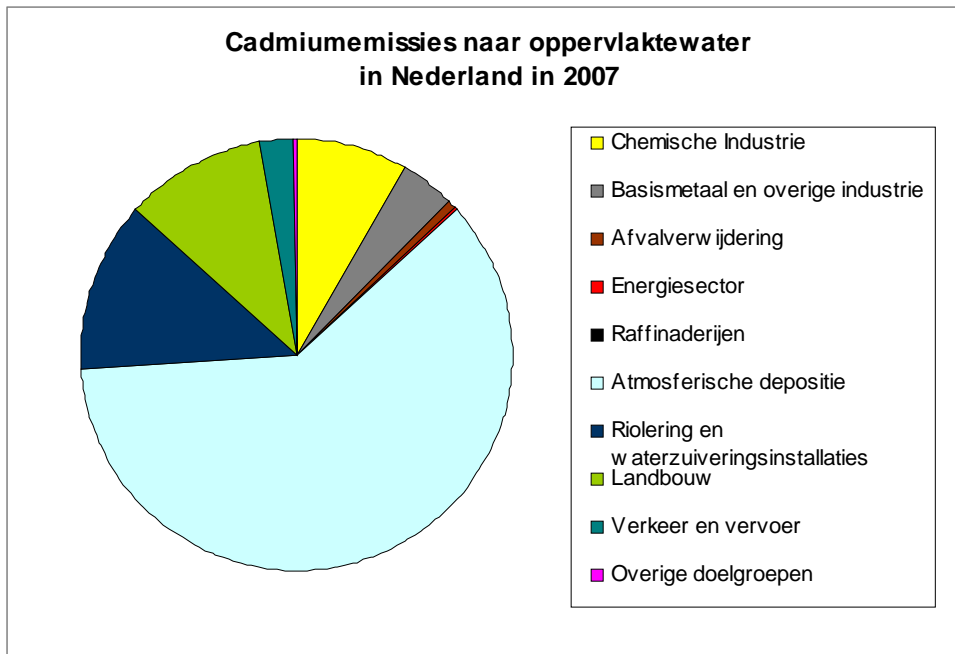
www.emissieregistratie.nl, jaarverslagen van de FO-industrie, de EPER (European Pollution Emission Register) database, gegevens uit milieujaarverslagen (E-MJV's) van grote bedrijven, de basisdocumenten van de betreffende metalen (Cleven et al., 1992; Ros en Slooff, 1990; Slooff et al., 1989; Slooff et al., 1994; Janus et al., 1999) en eventuele aanvullende literatuur.

Evenals voor de emissies naar de lucht spelen er ook bij het oppervlaktewater hier en daar problemen met ontbrekende data, onvolledige tijdreeksen, onjuist opgegeven of verwerkte gegevens en discrepanties tussen cijfers uit verschillende informatiebronnen. Daarom is geprobeerd om door controle op consistentie en combinatie van gegevens uit verschillende informatiebronnen een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de emissies van elk van de metalen naar het oppervlaktewater per doelgroep of branche. Deze worden per metaal in de volgende paragrafen besproken.

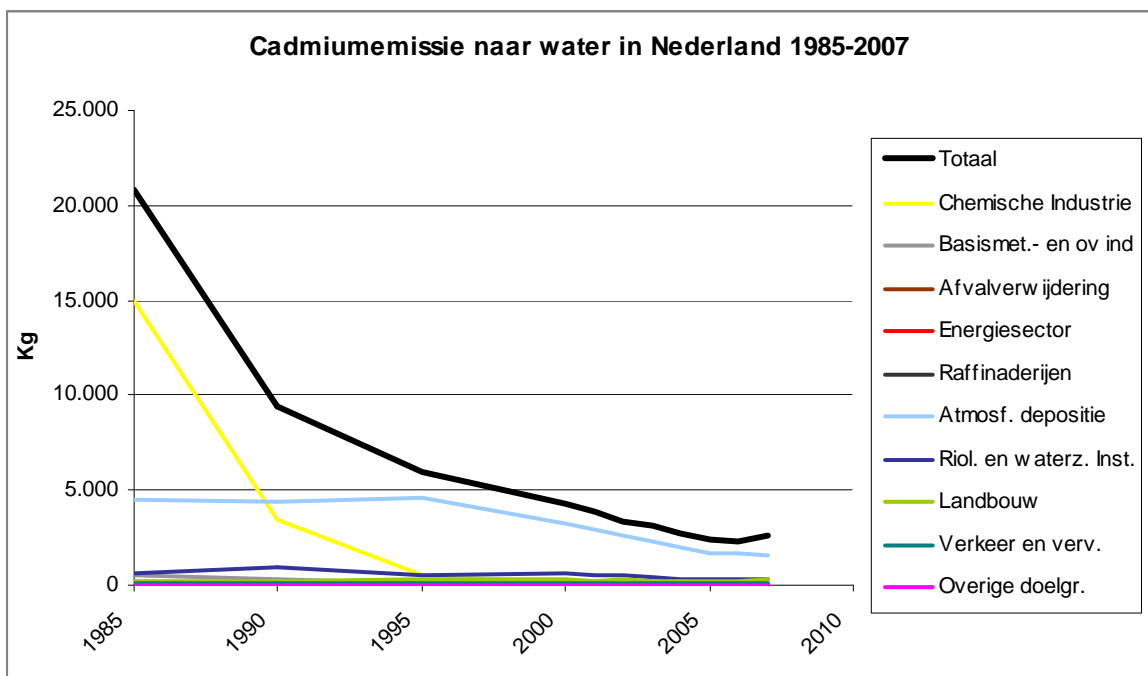
Van belang is nog te melden dat atmosferische depositie een belangrijke bron is voor emissies van metalen naar het oppervlaktewater, voor sommige zelfs de grootste. Deze wordt berekend met behulp van langeafstandstransportmodellen en emissiegegevens op Europese schaal. De onzekerheid van de berekende depositie is niet goed bekend, maar mogelijk is ze relatief groot ten opzichte van die van andere doelgroepen.

4.2.2 Cadmium

De emissies van cadmium naar het oppervlaktewater zijn voornamelijk afkomstig van de atmosferische depositie (60%) en de doelgroepen Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties, Landbouw en Industrie (elk ruim 10%, waarbij de waarden van de Chemische en Overige industrie zijn gesommeerd). Verder dragen Verkeer en vervoer en de Afvalverwijderingsbedrijven enkele procenten bij.



Figuur 11 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de cadmiumemissie naar het oppervlaktewater in 2007



Figuur 12 Jaarlijkse cadmiumemissies naar het oppervlaktewater van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

Dit wordt geïllustreerd in de grafiek in Figuur 11, waarin de relatieve bijdragen van de verschillende doelgroepen in 2007 zijn weergegeven. De totale emissie in 2007 wordt geschat op ongeveer 2600 kg.

Figuur 12 vertoont het verloop van de cadmiumemissies naar het oppervlaktewater van 1985 tot en met 2007. De gegevens over 1985 zijn voornamelijk afgeleid uit het Basisdocument Cadmium (Ros en Slooff, 1990) en moeten als indicatief worden beschouwd, omdat sommige gegevens zijn gebaseerd op grove schattingen en ook omdat de indeling in bronnen en doelgroepen verschilt van die van de Emissieregistratie. Niettemin geven ze wel een orde-van-grootte beeld. Duidelijk is dat de emissies sinds 1985 fors zijn afgenomen, van in totaal bijna 21.000 kg naar 2600 kg in 2007, een daling van een factor 8.

De emissie van de Industrie werd in 1985 geschat op 15.000 kg, waarmee ze toen de grootste bron was van cadmium naar het oppervlaktewater. Vooral de productie van fosfaatkunstmest, fosforzuur en andere fosforhoudende materialen zorgde voor een forse cadmiumemissie: 14.400 kg per jaar. Door afname van de productie, maar vooral door beperkende maatregelen is deze emissie afgenomen tot enkele tientallen kg in 2007. De hele doelgroep Chemische industrie, waartoe de fosfaaterts verwerkende bedrijven behoren, emitteerde in 2007 ongeveer 230 kg. Deze emissie kwam grotendeels (ruim 200 kg) voor rekening van het bedrijf Brunner Mond, dat natriumcarbonaat produceert. Enkele andere chemische bedrijven emitteren elk niet meer dan één tot enkele kg per jaar. De Overige industrie emitteerde in 2007 bij elkaar ruim 100 kg cadmium naar het oppervlaktewater. De grootste bronnen zijn enkele bedrijven uit de basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de papier- en kartonindustrie. In de eerste groep zijn Corus (ijzer- en staalfabricage), ZALCO BV (productie van aluminium), Nyrstar (zinkfabriek) elk verantwoordelijk voor een emissie van 5 tot 20 kg per jaar (de emissies fluctueren enigszins van jaar tot jaar; in 2008 rapporteerde Corus een emissie van 64 kg). Aluminium & Chemie Rotterdam (productie van anoden voor de aluminiumindustrie en gerekend tot de metaalelektro-industrie) heeft een vergelijkbare emissie. Bedrijven in de papier- en kartonindustrie geven emissies op van minder dan 1 tot 15 kg per jaar. Een uitzondering vormt de emissie van Sappi Maastricht in 2007 met een waarde van 47 kg, maar deze is mogelijk onjuist opgegeven. In andere jaren was de emissie van dit bedrijf namelijk hooguit 2 kg.

De totale cadmiumemissie van de Industrie in 2007 bedroeg 334 kg, een daling van 98% ten opzichte van 1985. Ook de emissies uit Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties en de Afvalverwerkingsbedrijven zijn afgenomen, met 50% respectievelijk 85%. Dat is deels toe te schrijven aan verbeterde zuiveringstechnieken, maar ook aan verminderd gebruik van cadmiumhoudende materialen.

De atmosferische depositie van cadmium daalde in deze periode met een factor 3. Deze afname houdt verband met de daling van de cadmiumemissies naar en concentraties in de lucht, zowel in Nederland als in de ons omringende landen.

Een andere belangrijke bron is de Landbouw. Cadmium komt als verontreiniging voor in zowel mest als veevoeder. Het cadmium komt daardoor in de bodem terecht en een deel ervan belandt door uitspoeling in het oppervlaktewater. Deze bijdrage werd door Alterra geschat op 200 tot 300 kg per jaar (Bonten en Groenenberg, 2009).

De emissies van de andere doelgroepen zijn in de afgelopen tien jaar nauwelijks veranderd, maar hun bijdrage aan het totaal is beperkt. Alleen Verkeer en vervoer draagt met een jaarlijkse emissie van ongeveer 70 kg significant bij. Het cadmium komt vooral vrij door uitloging uit zinkanodes schepen en door slijtage van autobanden.

Omdat de emissies van cadmium naar het oppervlaktewater door de industrie slechts een beperkt deel vormen van de totale uitstoot, wordt geen overzichtstabel gegeven van de emissies van afzonderlijke bedrijven.

De basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie en de chemische industrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor cadmium naar het oppervlaktewater opgenomen van 90% in zowel 2000 als 2010 (ten opzichte van de emissie in 1985). De olie- en gaswinningindustrie heeft een iets afwijkende doelstelling, namelijk 70% reductie in 2000 en 90% in 2010, ten opzichte van 1990. Dit betreft echter offshore-activiteiten, waarbij het geëmitteerde cadmium dus nauwelijks in het Nederlandse oppervlaktewater komt. Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

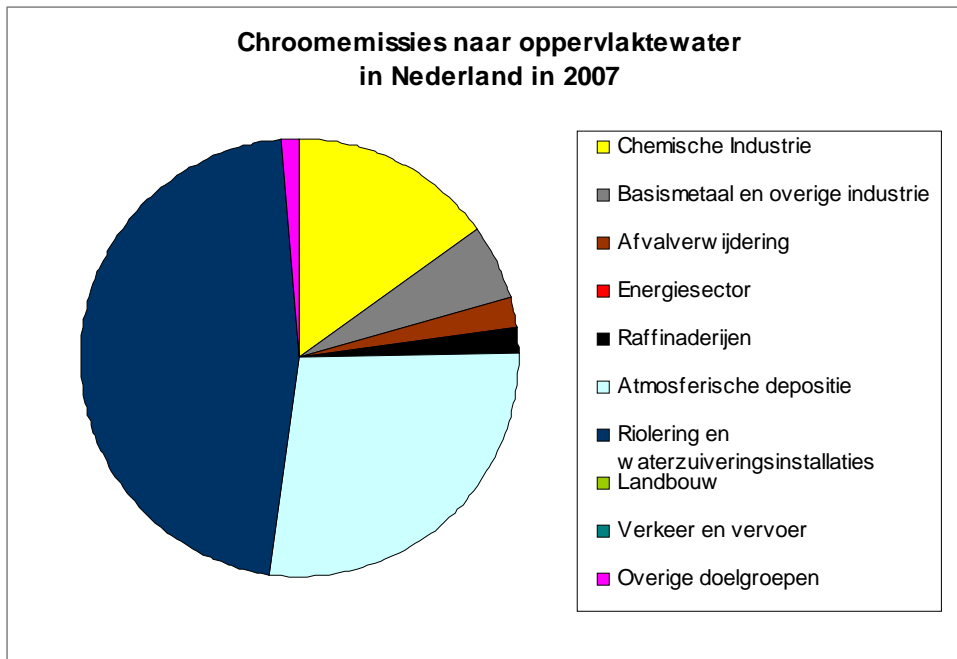
Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaringen van de basismetaalindustrie en de chemische industrie is uitgegaan van 178 kg respectievelijk 14.200 kg. Deze waarden komen goed overeen met de schattingen uit het basisdocument. In de intentieverklaring van de metaalelektro-industrie wordt geen getal genoemd. Met de waarden uit de intentieverklaringen als uitgangspunt bedraagt de reductie voor de chemische industrie in zowel 2000 als 2007 circa 98% en wordt – mede gelet op het feit dat de emissies tot 2010 niet zullen toenemen – het beoogde doel ruim gehaald. Voor de basismetaalindustrie is de reductie berekend op 38% in 2000 en 70% in 2007. De doelstelling van 90% reductie in 2000 is dus niet gehaald en het wordt zeer betwijfeld of die reductie in 2010 wel bereikt zal zijn. De uitstoot moet dan immers zijn gedaald tot minder dan 18 kg per jaar voor alle basismetaalbedrijven samen. Het reductiepercentage voor de metaalelektro-industrie kan niet worden berekend, omdat een uitgangswaarde (emissie in 1985) ontbreekt. Echter, de emissies van deze branche schommelen al sinds 1990 tussen de 10 en 20 kg per jaar. Haar bijdrage aan de totale cadmiumemissie naar het oppervlaktewater is dus gering.

De doelgroep Industrie als geheel haalt een reductiepercentage van 98% in 2000 en in 2007 en zal ook in 2010 ruimschoots aan de beoogde doelstelling voldoen, temeer daar het bedrijf Brunner Mond (met een cadmiumemissie van circa 200 kg in 2007) sinds september 2009 haar activiteiten heeft gestaakt.

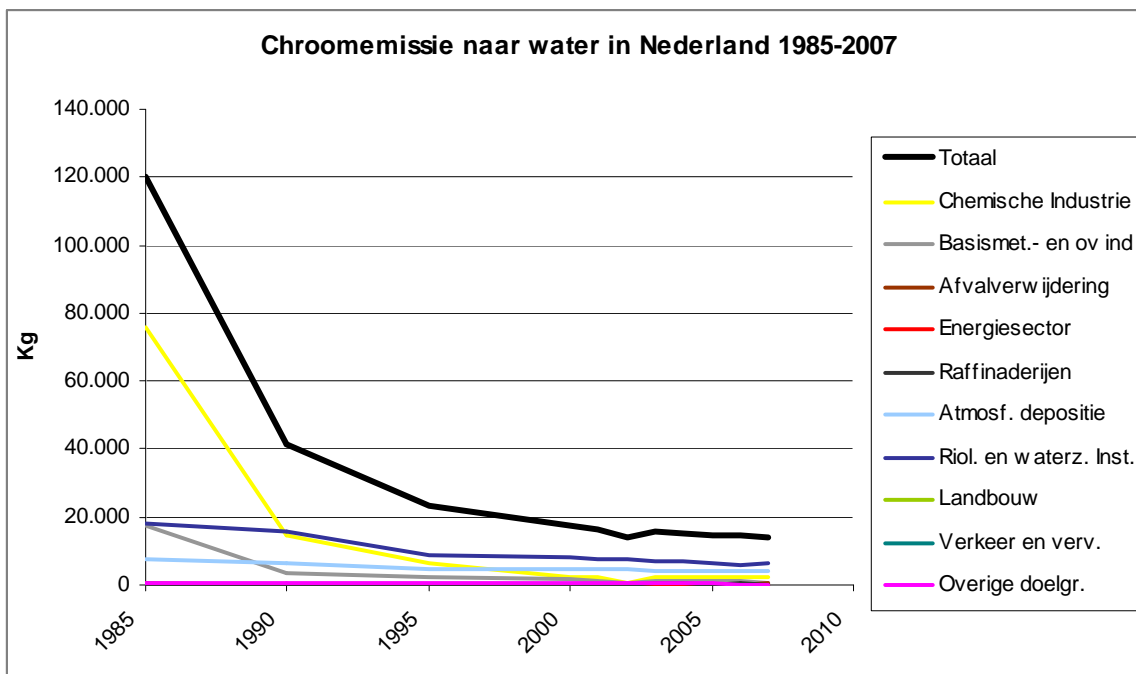
Verwacht wordt dat de totale cadmiumemissie naar het oppervlaktewater in de komende jaren licht zal dalen, aangezien de atmosferische depositie geleidelijk afneemt en ook de bijdrage van de industrie lager wordt, vooral door de sluiting van Brunner Mond.

4.2.3 Chroom

De doelgroep Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties vormt de grootste bron van chroom naar het oppervlaktewater, namelijk 47% van de totale uitstoot, gevolgd door de atmosferische depositie (28%). De industrie draagt in totaal 20% bij en de andere doelgroepen niet meer dan 2%. De totale emissie in 2007 bedroeg ongeveer 14.000 kg (zie Figuur 13).



Figuur 13 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de chroomemissie naar het oppervlaktewater in 2007



Figuur 14 Jaarlijkse chroomemissies naar het oppervlaktewater van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

Figuur 14 vertoont het verloop van de chroomemissies naar het oppervlaktewater van 1985 tot en met 2007. De gegevens over 1985 zijn grotendeels gebaseerd op het Basisdocument Chroom (Slooff et al., 1989) en, voor de industrie, op de intentieverklaringen voor de IMT. Van enkele doelgroepen zijn geen gegevens over 1985 bekend en daarom zijn hiervoor data uit de Emissieregistratie over 1990 genomen. Omdat ook de indeling in bronnen en doelgroepen in het basisdocument verschilt van die van de Emissieregistratie, moeten de gegevens over 1985 worden beschouwd als orde-van-grootte waarden. De emissies zijn sinds 1985 afgenomen van 120.000 kg naar een kleine 14.000 kg in 2007, een daling van bijna 90%.

De emissie van de industrie werd in 1985 geschat op meer dan 93.000 kg, waarmee ze toen de grootste bron was van chroom naar het oppervlaktewater. Vooral bij de productie van titaandioxide en de verwerking van fosfaaterts (met een chroomgehalte van 40 tot 220 mg kg⁻¹) werd veel chroomhoudend afvalwater geloosd, bij elkaar naar schatting 76.000 kg per jaar. Deze lozingen zijn inmiddels nagenoeg gestopt en de emissie is gedaald tot enkele honderden kg per jaar (in 2007). Binnen de doelgroep Chemische industrie wordt de chroomemissie naar het oppervlaktewater nu nog voornamelijk bepaald door één bedrijf, namelijk sodaproductent Brunner Mond (1500 kg in 2007). Dit bedrijf is inmiddels echter gesloten. Enkele andere chemische bedrijven, vooral producenten van pigmenten, additieven en andere specifieke chemicaliën, emitteren 20 tot ruim 100 kg per jaar.

Van de Overige industrie zijn momenteel twee branches verantwoordelijk voor het grootste deel van de chroomemissie: de basismetaalindustrie en de papier- en kartonindustrie. In de eerstgenoemde branche gaat het vooral om producenten van staal (de bedrijven Ovako Wire, Corus en Nedstaal, met emissies van 50 tot 350 kg in 2007). De papier- en kartonindustrie bestaat uit veel bedrijven, die elk een beperkte hoeveelheid chroom op het water lozen (enkele tot enkele tientallen kg per jaar). Alleen het bedrijf Sappi heeft een duidelijk hogere emissie: 190 kg in 2007.

In het verleden was de uitstoot van de basismetaalindustrie overigens hoger (2700 kg in 1990). Ook enkele andere branches, namelijk de metaalelektro-industrie (verchromen, beitsen, e.d.), leerlooierijen, de grafische industrie en de textiel- en tapijtindustrie droegen toen veel bij. In 1985 werd de gezamenlijke uitstoot van deze branches nog geschat op circa 14.000 kg (Basisdocument Chroom; Slooff et al., 1989) en in 1990 op 800 kg (Emissieregistratie). Inmiddels is deze uitstoot teruggebracht tot in totaal enkele tientallen kg per jaar.

Ook de emissies door atmosferische depositie en uit Riolering en waterzuiveringsinstallaties zijn afgenomen, met 50% respectievelijk 65%. De uitstoot van andere doelgroepen zijn ofwel afgenomen ofwel ongeveer constant gebleven. Zoals gezegd, is hun bijdrage echter gering.

Vijf brancheorganisaties hebben reductiedoelstellingen geformuleerd in hun intentieverklaringen voor de IMT, namelijk de basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie, de chemische industrie, de textiel- en tapijtindustrie en de papier- en kartonindustrie. Elke branche heeft een reductie voor chroom naar het oppervlaktewater gesteld van 85% in zowel 2000 als 2010, ten opzichte van 1985. Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaringen is uitgegaan van 9100 kg voor de basismetaalindustrie (deze is later bijgesteld naar 32.600 kg, aldus het meest recente jaarverslag; FO-industrie, 2009a), 9900 kg voor de metaalelektro-industrie, 1500 kg voor de textiel- en tapijtindustrie, 260 kg voor de papier- en kartonindustrie en 81.650 kg voor de chemische industrie. Deze waarden komen qua orde van grootte overeen met de gegevens uit het basisdocument, behalve voor de papier- en kartonindustrie waarvoor in het basisdocument geen waarde is vermeld.

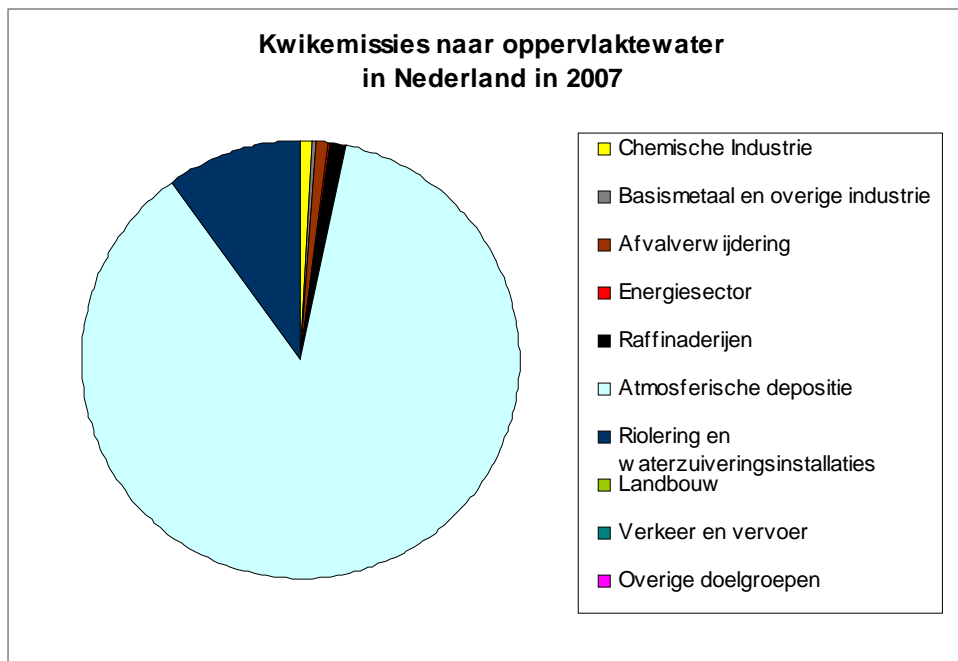
Vrijwel alle brancheorganisaties hebben de doelstelling van 85% in 2000 gehaald. Alleen de uitstoot van de papier- en kartonindustrie is sinds 1985 ongeveer even hoog gebleven (weliswaar met variaties van jaar tot jaar), zodat deze branche de reductiedoelstelling niet heeft gehaald. Omdat haar emissie veel lager is dan die van de andere branches, heeft dit nauwelijks effect op de emissiereductie van de industrie als geheel. Die bedraagt meer dan 95% in zowel 2000 als 2007 en naar verwachting zal het doel van 85% reductie in 2010 ruimschoots gehaald gaan worden.

Verwacht wordt dat de totale chroomemissie naar het oppervlaktewater in de komende jaren eerst nog licht zal dalen en daarna min of meer constant zal blijven.

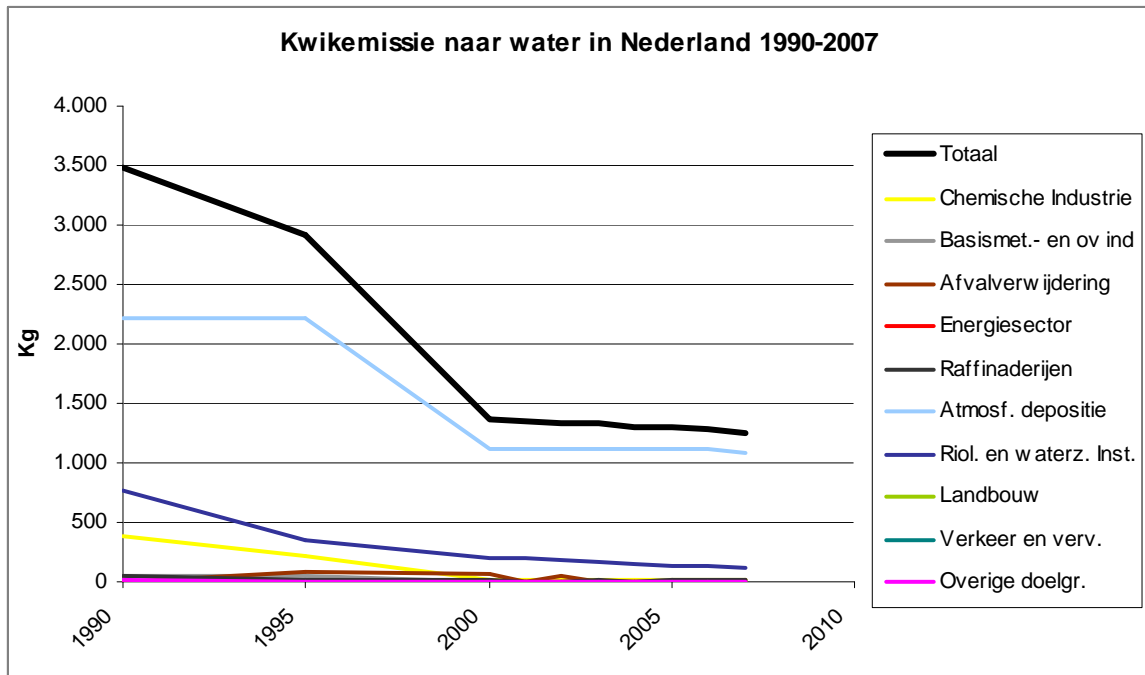
4.2.4 Kwik

De emissies van kwik naar het oppervlaktewater zijn voornamelijk afkomstig van de atmosferische depositie en de doelgroep Riolering en waterzuiveringsinstallaties. Industriële bronnen en daaraan verwante doelgroepen zoals afvalverwijderingsbedrijven en raffinaderijen leveren een beperkte bijdrage.

Figuur 15 geeft een overzicht van de relatieve bijdragen van de verschillende doelgroepen aan de kwikemissies in 2007. De totale emissie in dat jaar wordt geschat op 1234 kg. Ruim 85% daarvan is toe te schrijven aan atmosferische depositie en ongeveer 10% aan de doelgroep Riolering en waterzuiveringsinstallaties. De Raffinaderijen en de Industrie dragen elk ruim 1% bij.



Figuur 15 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de kwikemissie naar het oppervlaktewater in 2007



Figuur 16 Jaarlijkse kwikemissies naar het oppervlaktewater van verschillende doelgroepen en in totaal van 1990 tot en met 2007

Figuur 16 geeft het verloop weer van de kwikemissies naar het oppervlaktewater van 1990 tot en met 2007. Deze emissies zijn met ongeveer een factor 3 gedaald. In 1990 werd de totale emissie naar het oppervlaktewater geschat op circa 3500 kg, waarvan meer dan de helft werd veroorzaakt door atmosferische depositie en ruim 20% door Riolerings en waterzuiveringsinstallaties.

De industrie droeg toen relatief meer bij dan tegenwoordig, bij elkaar ruim 400 kg. Deze emissie was grotendeels afkomstig van de chlooralkali-industrie (geschat op 50 kg per jaar), de productie van fosforkunstmest en andere fosforverbindingen (300 tot 400 kg per jaar), de ijzer- en staalproductie (30 tot 40 kg per jaar) en de primaire zinkproductie. Door verbeteringen in de productieprocessen en reiniging van het afvalwater en door het verdwijnen of inkrimpen van enkele bedrijven zijn de kwikemissies uit de industrie gedaald van 437 kg in 1990 naar 16 kg in 2007, een daling van meer dan 95%.

De emissie van kwik uit raffinaderijen werd in 1990 geschat op 40 tot 50 kg per jaar. Deze is inmiddels afgenomen tot ongeveer 15 kg per jaar.

Ook de emissies uit Riolerings en waterzuiveringsinstallaties is met meer dan 80% afgenomen. Dat is deels toe te schrijven aan verbeterde zuiveringstechnieken, maar ook aan verminderd en meer verantwoord gebruik van kwik. Ter illustratie: Volgens Slooff et al. (1994) werd begin jaren negentig door tandartspraktijken bij elkaar nog 300 kg kwik geloosd op het oppervlaktewater. Dat is nu vrijwel nihil.

De atmosferische depositie van kwik is sinds 1990 met ruim een factor 2 afgenomen. Deze afname houdt verband met de daling van de kwikemissies naar en concentraties in de lucht. Omdat ook buitenlandse bronnen bijdragen aan de atmosferische depositie, zijn de trends niet geheel identiek. Anders gezegd, de daling van emissies naar de lucht (zie paragraaf 4.1.4) is sterker dan die van de depositie.

Omdat de emissies van kwik door de industrie, en ook door de energiesector, afvalbedrijven en raffinaderijen, naar het oppervlaktewater gering zijn, wordt geen overzicht gegeven van de emissies van afzonderlijke bedrijven.

De basismetaalindustrie, de chemische industrie en de papier- en kartonindustrie hebben in de intentieverklaring voor de IMT een beoogde reductie voor kwik naar het oppervlaktewater opgenomen van 50% in 2000 en 70% in 2010 ten opzichte van de emissie in 1985. De olie- en gaswinningindustrie heeft een afwijkende doelstelling, namelijk 70% reductie in 2000 en 90% in 2010, ten opzichte van 1990 (niet 1985). Dit betreft voornamelijk offshore-activiteiten. Het hierbij geëmitteerde kwik komt dus nauwelijks in het Nederlandse oppervlaktewater. Andere brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaringen zijn emissies genoemd van 40 kg (basismetaalindustrie), 960 kg (chemische industrie) en 9 kg (papier- en kartonindustrie). Deze waarden zijn hoger dan die uit de Emissieregistratie over 1990.

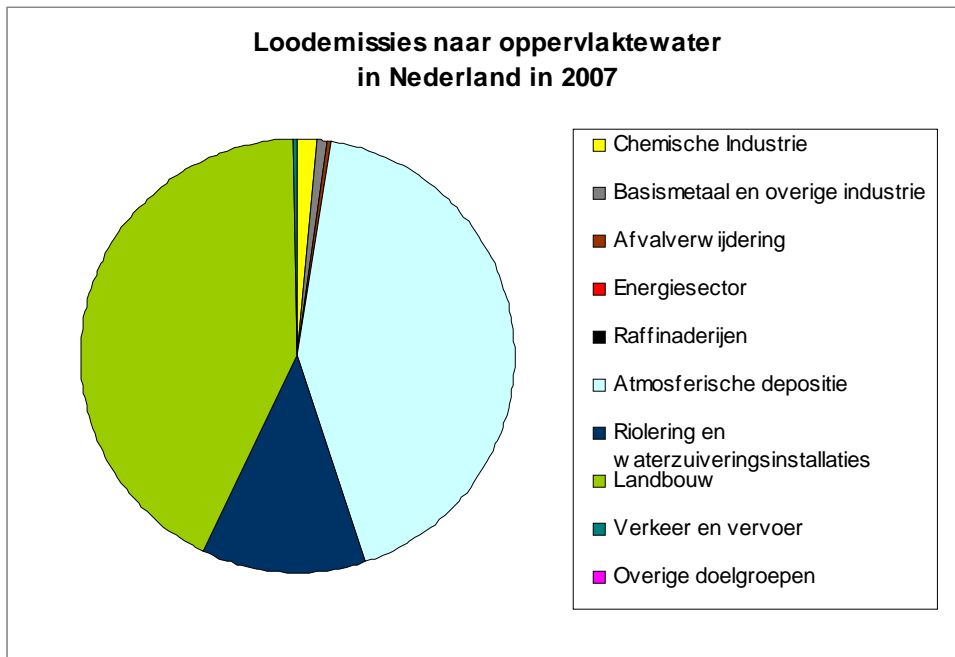
Met de waarden uit de intentieverklaringen als uitgangspunt bedragen de reducties voor de basismetaal- en de chemische industrie zowel in 2000 als in 2007 meer dan 90%. Omdat de kwikemissies uit de industrie in de komende jaren niet of nauwelijks zullen toenemen, zal ook in 2010 de reductie meer dan 90% bedragen. Daarmee wordt ruimschoots voldaan aan de doelstellingen uit de IMT. Opvallend genoeg werd in de intentieverklaring van de Chemische industrie vermeld dat 'op basis van thans bekende technische mogelijkheden een reductie van 50% in 2000 ten opzichte van 1985 niet realiseerbaar is'. Uit de praktijk blijkt dat de reductie toch is gelukt. De papier- en kartonindustrie rapporteerde in 2007 een reductie van 84% met de verwachting dat in 2010 aan de doelstelling van 90% of meer zal worden voldaan.

De doelgroep Industrie als geheel haalt een reductiepercentage van 95% in 2007 en voldoet daarmee ruimschoots aan de beoogde doelstelling.

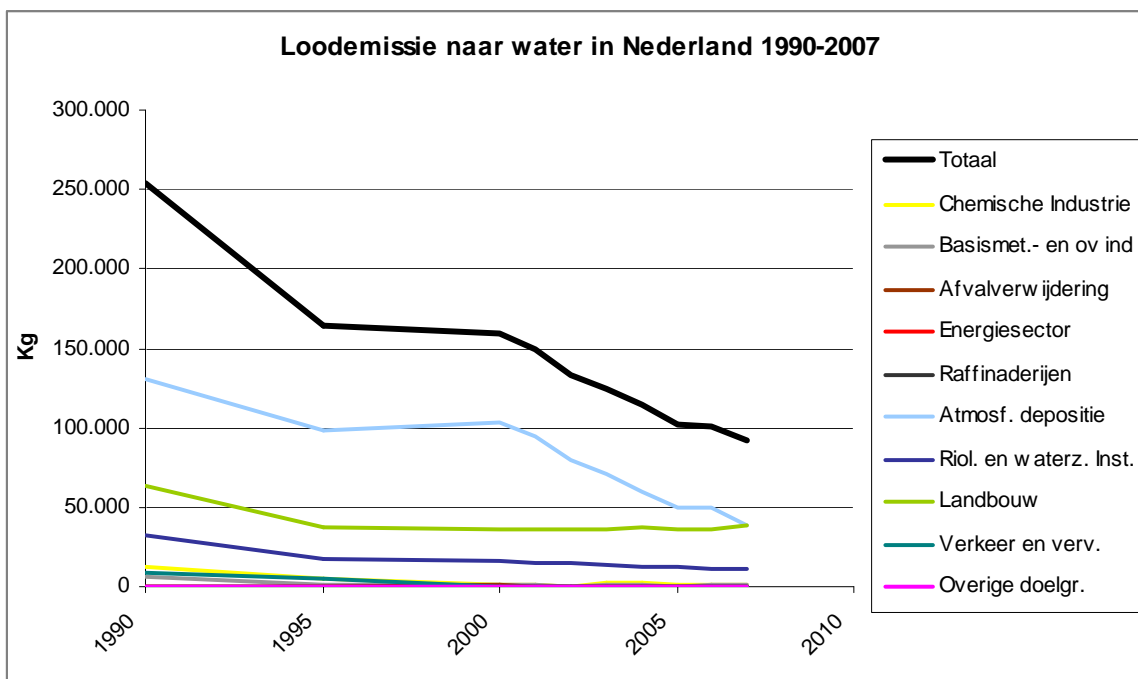
Verwacht wordt dat de kwikemissies naar het oppervlaktewater in de komende jaren geleidelijk, maar in zeer beperkte mate zullen blijven dalen. Op de iets langere termijn wordt een lichte stijging niet uitgesloten, vanwege de toename van emissies naar de lucht (zie paragraaf 4.1.4) en daarmee ook van de atmosferische depositie.

4.2.5 Lood

De emissies van lood naar het oppervlaktewater worden grotendeels veroorzaakt door atmosferische depositie (waarvan deels afkomstig van de Industrie), de Landbouw (beide ruim 40%) en de doelgroep Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties (12%). De directe lozingen van de Industrie op het oppervlaktewater dragen bij elkaar minder dan 2% bij aan de totale uitstoot van lood. Het aandeel van de andere doelgroepen is klein. Dit wordt geïllustreerd in de grafiek in Figuur 17, waarin de relatieve bijdragen van de verschillende doelgroepen in 2007 zijn weergegeven. De totale emissie in 2007 bedroeg circa 91.500 kg.



Figuur 17 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de loodemissie naar het oppervlaktewater in 2007



Figuur 18 Jaarlijkse loodemissies naar het oppervlaktewater van verschillende doelgroepen en in totaal van 1990 tot en met 2007

In Figuur 18 is het verloop van de loodemissies naar het oppervlaktewater van 1990 tot en met 2007 weergegeven. De totale emissie is in die tijd met ongeveer een factor 3 afgenomen, van in totaal 254.000 kg in 1990 naar 91.500 kg ton in 2007. Volgens het Evaluatiedocument Lood (Janus et al., 1999) bedroeg de emissie in 1985 bijna 350.000 kg, maar dat getal moet als indicatief worden beschouwd, omdat gegevens van een aantal doelgroepen ontbreken of niet helemaal consistent zijn met de waarden uit de Emissieregistratie.

De emissie van de Industrie werd in 1990 geschat op 18.000 kg, waarmee haar aandeel in de totale loodemissie toen ongeveer 7% bedroeg. De emissies werden vooral veroorzaakt door lozingen bij de productie van fosfaatkunstmest, titaanpigment, soda en chemicaliën en bij de basismetaal-, de metaalelektro- en de papierindustrie. Bij de kunstmestproductie zijn de lozingen inmiddels vrijwel tot nul gereduceerd. Ook de uitstoot van de metaalelektro-industrie is ondertussen zeer laag. In andere branches zijn de emissies door diverse maatregelen wel afgenomen, maar nog wel substantieel. Vanwege de sluiting van het bedrijf Brunner Mond zal ook de loodemissie van de Chemische industrie verder afnemen. Brunner Mond emitteerde tot en met 2008 ruim 700 kg lood per jaar (60% van de totale uitstoot door deze branche).

De atmosferische depositie en de emissies van lood uit Riolering en waterzuiveringsinstallaties zijn sinds 1990 afgenomen met een factor 3. De vermindering van de depositie is een gevolg van de daling van de loodemissies naar en concentraties in de lucht, zowel in Nederland als in de ons omringende landen. Een andere belangrijke bron is de Landbouw. Tot en met 1993, toen het verboden werd, zorgde het gebruik van loodhagel in de jacht voor een emissie naar het oppervlaktewater van 35 ton per jaar. Ondanks het verbod, dat blijkbaar moeilijk is te handhaven, is deze emissie niet tot nul gereduceerd. In 2007 werd ze geschat op ruim 5 ton. Het gebruik van vislood draagt ook fors bij aan de loodemissie, naar schatting 30 ton in 2007. Deze emissie is in de afgelopen jaren geleidelijk toegenomen. De totale emissie uit de landbouw is sinds 1995 min of meer constant gebleven en dat zal naar verwachting ook de komende jaren het geval zijn.

De emissies uit het Verkeer en vervoer en de Afvalverwijderingsbedrijven zijn duidelijk gedaald. De andere doelgroepen dragen weinig bij en hebben veranderingen geen noemenswaardig effect op het verloop van de totale loodemissie.

Omdat de industriële emissies van lood naar het oppervlaktewater weinig bijdragen aan de totale uitstoot, wordt geen overzichtstabel gegeven van de emissies van afzonderlijke bedrijven.

De basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie, de chemische industrie, de papier- en kartonindustrie en de olie- en gaswinningindustrie hebben reductiedoelstellingen geformuleerd in hun intentieverklaringen voor de IMT. De eerste vier hebben elk een reductie gesteld voor lood naar het oppervlaktewater van 65% in 2000 en 70% in 2010, ten opzichte van 1985. De olie- en gaswinningindustrie heeft een afwijkende doelstelling, namelijk 70% reductie in 2000 en 90% in 2010, ten opzichte van 1990 (niet 1985). Dit betreft echter voornamelijk offshore-activiteiten, waarbij het geëmitteerde lood niet of nauwelijks in het Nederlandse oppervlaktewater terechtkomt. De overige brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

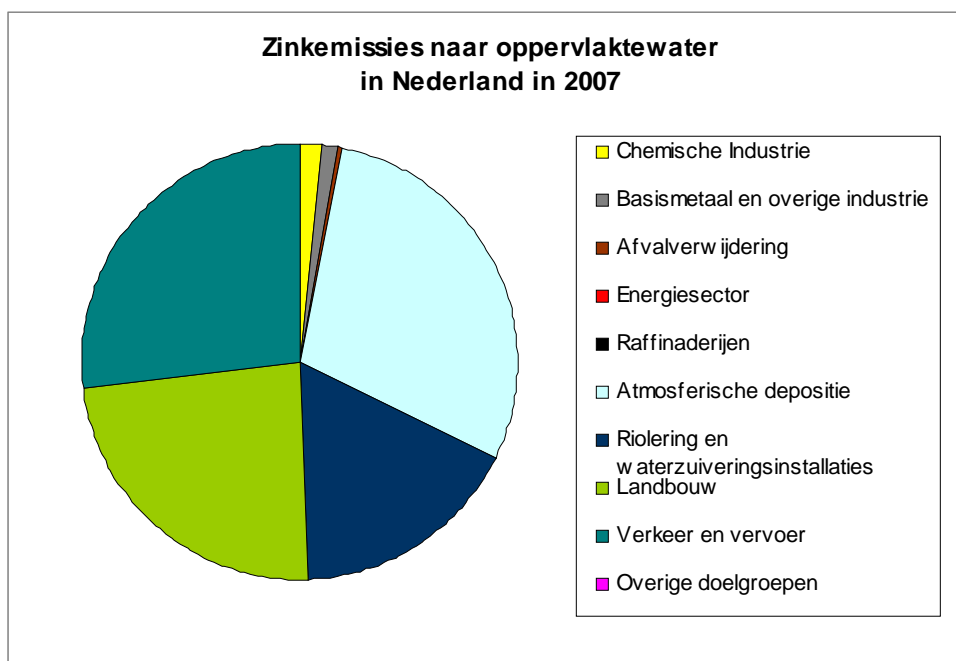
Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 gebruikt uit de intentieverklaringen: 5600 kg voor de basismetaalindustrie, 400 kg voor de metaalelektro-industrie, 14.700 kg voor de chemische industrie en 158 kg voor de papier- en kartonindustrie. Deze uitgangswaarden komen qua orde van grootte redelijk overeen met de gegevens uit de Emissieregistratie over 1990.

Voor alle branches, behalve de papier- en kartonindustrie, ligt de gerealiseerde reductie in zowel 2000 als 2007 boven de 80%. Daarmee wordt ruim voldaan aan de doelstelling in de intentieverklaringen. De papier- en kartonindustrie voldoet niet aan de doelstelling, temeer daar de emissies in de afgelopen jaren licht zijn gestegen. Of deze branche de doelstelling van 70% in 2010 haalt, is onzeker. De Industrie als totale doelgroep zal deze doelstelling wel halen.

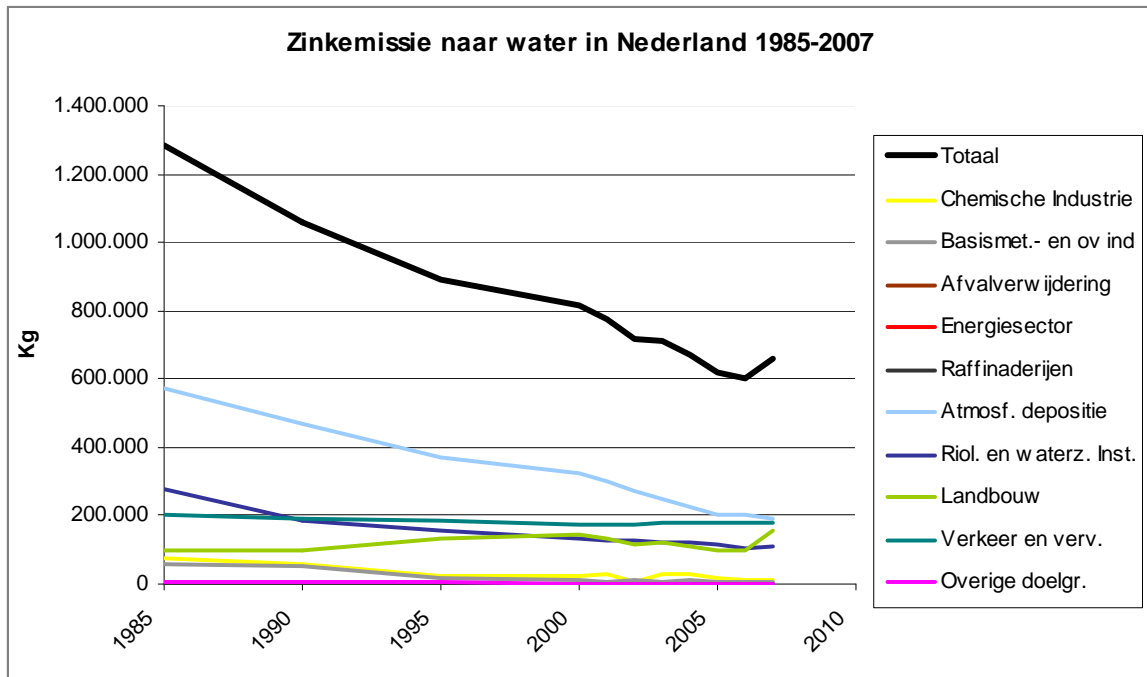
Uit Figuur 18 blijkt dat de totale loodemissie naar het oppervlaktewater in de afgelopen jaren nog een licht dalende trend vertoont. Dat komt vooral door de afname van de atmosferische depositie en de emissies van lood uit Riolering en waterzuiveringsinstallaties. Deze daling zal naar verwachting nog enkele jaren voortduren en daarna stoppen. Immers, zowel de emissies van lood naar de lucht als de concentraties in de buitenlucht nemen niet of nauwelijks af (zie Figuur 8 en Figuur 22). De bijdrage van de Landbouw zal zonder maatregelen ongeveer constant blijven en de andere doelgroepen dragen weinig bij.

4.2.6 Zink

Evenals voor lood worden de emissies van zink naar het oppervlaktewater grotendeels veroorzaakt door atmosferische depositie (30%) (waarvan deels afkomstig van industriële luchtmissies), Verkeer en vervoer (27%), Landbouw (24%) en de doelgroep Riolering en waterzuiveringsinstallaties (17%). De directe lozingen van de Industrie op het oppervlaktewater dragen alles bij elkaar slechts 2% aan de totale zinkemissie. Het aandeel van de andere doelgroepen is verwaarloosbaar klein. Dit wordt geïllustreerd in de grafiek in Figuur 19, waarin de relatieve bijdragen van de verschillende doelgroepen in 2007 zijn weergegeven. De totale emissie in 2007 bedraagt ongeveer 654.000 kg.



Figuur 19 Relatieve bijdrage van verschillende doelgroepen en bronnen aan de zinkemissie naar het oppervlaktewater in 2007



Figuur 20 Jaarlijkse zinkemissies naar het oppervlaktewater van verschillende doelgroepen en in totaal van 1985 tot en met 2007

In Figuur 20 is het verloop van de zinkemissies naar het oppervlaktewater van 1985 tot en met 2007 weergegeven. De gegevens over 1985 zijn afgeleid uit het Basisdokument Zink (Cleven et al., 1992), aangevuld met data uit de Emissieregistratie over 1990. De emissies over 1985 moeten als indicatief worden beschouwd, omdat sommige gegevens zijn gebaseerd op grove schattingen en ook omdat de indeling in bronnen en doelgroepen verschilt van die van de Emissieregistratie. De totale emissie van zink is sinds 1985 met ongeveer de helft afgenomen, van in totaal ruim 1300 ton in 1985 naar ongeveer 660 ton in 2007.

De emissie van de Industrie werd in 1985 geschat op 130.000 kg, waarmee haar aandeel in de totale zinkemissie (ongeveer 10%) toen groter was dan nu. Emissies waren afkomstig van de zinkproductie, in het bijzonder door percolatie van regenwater door opgeslagen zinkassen (in totaal 17 ton), productie van zinkoxide en andere zinkhoudende verbindingen (bij elkaar 14 ton), bewerking van metaaloppervlakken en materialen (circa 10 ton), primaire ijzer- en staalproductie (circa 5 ton) en de productie van fosforzuur (12 ton), titaandioxide (10 ton) en diverse andere chemicaliën (meer dan 60 ton). Door het stoppen of verplaatsen (naar het buitenland) van de productie van bepaalde materialen en chemicaliën, maar vooral door maatregelen om de uitstoot naar het water in te dammen is de zinkemissie van de industrie gedaald tot 17.500 kg in 2007, een daling van ruim 85% ten opzichte van 1985.

Ook de emissies uit Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties zijn afgenomen, met naar schatting meer dan 50%. Dat is deels toe te schrijven aan verbeterde zuiveringstechnieken, maar ook aan verminderde lozing van zinkhoudend afvalwater. De emissies uit het Verkeer en vervoer daalden licht. De atmosferische depositie van zink nam af met een factor 3. Deze afname houdt verband met de daling van de zinkemissies naar en concentraties in de lucht, zowel in Nederland als in de ons omringende landen.

Een andere belangrijke bron is de Landbouw. Zink komt voor in mest, veevoeder en bestrijdingsmiddelen. Bij deze toepassingen komt zink terecht in de bodem en een deel ervan belandt door uitspoeling in het oppervlaktewater. Deze bijdrage wordt geschat op 100.000 kg tot 150.000 kg per jaar.

De emissies van de andere doelgroepen dragen nauwelijks bij en daardoor hebben veranderingen daarin geen noemenswaardig effect op het verloop van de totale zinkemissie.

Omdat de industriële emissies van zink naar het oppervlaktewater weinig bijdragen aan de totale uitstoot, wordt geen overzichtstabel gegeven van de emissies van afzonderlijke bedrijven.

Zes brancheorganisaties hebben reductiedoelstellingen geformuleerd in hun intentieverklaringen voor de IMT, namelijk de basismetaalindustrie, de metaalelektro-industrie, de chemische industrie, de textiel- en tapijtindustrie, de papier- en kartonindustrie en de olie- en gaswinningindustrie. De eerste vijf hebben elk een beoogde reductie voor zink naar het oppervlaktewater gesteld van 65% in 2000 en 80% in 2010, ten opzichte van 1985. De olie- en gaswinningindustrie heeft een iets afwijkende doelstelling, namelijk 50% reductie in 2000 en 80% in 2010, ten opzichte van 1990 (niet 1985). Dit betreft echter voornamelijk offshore-activiteiten, waarbij het geëmitteerde zink niet of nauwelijks in het Nederlandse oppervlaktewater terechtkomt. De overige brancheorganisaties in de doelgroep Industrie hebben geen reductiepercentages als doelstelling opgenomen.

Om het gerealiseerde reductiepercentage te kunnen berekenen zijn emissiegegevens over 1985 nodig. In de intentieverklaringen is uitgegaan van 57.300 kg voor de basismetaalindustrie, 51.000 kg voor de metaalelektro-industrie, 6100 kg voor de textiel- en tapijtindustrie, 2700 kg voor de papier- en kartonindustrie en 65.000 kg (later bijgesteld naar 129.000 kg; FO-Industrie, 2008a) voor de chemische industrie. De aanvankelijke uitgangswaarde voor de chemische industrie komt goed overeen met de schatting uit het basisdocument. Voor de andere drie branches zijn de uitgangswaarden niet goed te vergelijken, omdat in het basisdocument geen duidelijk onderscheid naar branche wordt gemaakt. De som van deze uitgangswaarden (circa 117.000 kg) is aanmerkelijke hoger dan de geschatte emissie voor de overige industrie in het basisdocument (57.000 kg).

In 2000 bedroeg de gerealiseerde reductie voor de chemische industrie ongeveer 80% en in 2007 ruim 90%. Bij ongewijzigd beleid zullen de emissies in 2010 zeker niet hoger zijn dan in 2007. Bovendien is door de sluiting van het bedrijf Brunner Mond in 2009 een belangrijke bron van zink (in 2007 ruim 2300 kg) verdwenen. Daarmee wordt de voorgenomen reductie van 80% gehaald. Ook de andere branches halen hun doelstelling, behalve de papier- en kartonindustrie met een reductie van 23% in 2000 en 48% in 2007.

De Industrie als geheel haalt een reductiepercentage van 82% in 2000 en 90% in 2007 (berekend ten opzichte van de uitgangswaarden in de intentieverklaringen) en zal zeer waarschijnlijk in 2010 aan de beoogde doelstelling voldoen.

Verwacht wordt dat de totale zinkemissie naar het oppervlaktewater in de komende jaren zonder ingrijpende maatregelen geen grote verandering ondergaat. De atmosferische depositie zal nog enkele jaren licht dalen en daarna stabiel blijven. Hetzelfde geldt voor de bijdrage van de Industrie. De emissies uit het Verkeer en vervoer en de Landbouw zijn sinds 2000 ongeveer constant, hoewel de bijdrage van de Landbouw wel aanzienlijke fluctuaties van jaar tot jaar vertoont, die te maken hebben met variaties in de weersomstandigheden (frequentie en hoeveelheid neerslag).

4.3 Emissienormen en regelgeving

4.3.1 Algemeen

De regulering van emissies van stoffen naar water en lucht is vastgelegd in onder meer de Wet milieubeheer en het daaronder vallende Activiteitenbesluit, de Nederlandse emissie Richtlijnen (NeR), de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo), de Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) directive, het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) en het Besluit verbranden afvalstoffen (Bva). Het bevoegd gezag van een bedrijf – bij grote bedrijven is dat meestal de provincie en bij kleinere bedrijven de gemeente – kan emissie-eisen opleggen in de milieuvergunning en dient daarbij de genoemde wettelijke regelingen en richtlijnen in acht te nemen. Voor de meeste kleine en minder milieubelastende bedrijven is de milieuregelgeving ondergebracht in het Activiteitenbesluit, waarin algemeen geldende regels zijn gesteld. De meeste grotere bedrijven vallen onder de IPPC-richtlijn en zijn daarom Wm-vergunningplichtig.

De milieuvergunningen en de daaraan gerelateerde richtlijnen en wettelijke bepalingen vormen naast convenanten met de doelgroepen (zoals de eerder genoemde Integrale Milieutaakstellingen) het belangrijkste instrument voor de overheid om emissies te reguleren. Om die reden besteden we er in dit rapport ruime aandacht aan.

4.3.2 De Nederlandse emissie Richtlijnen (NeR)

In de NeR is voor een groot aantal componenten emissie-eisen naar de lucht vastgesteld. Er zijn algemene emissie-eisen en specifieke eisen voor bepaalde bedrijfstakken, installaties of processen (de zogenaamde bijzondere regelingen). De eisen uit de NeR zijn niet wettelijk verplicht, maar dienen als richtlijn voor vergunningverleners bij het opstellen van vergunningen. Niettemin mag een vergunningverlener alleen gemotiveerd afwijken van de eisen uit de NeR. Dit kan bijvoorbeeld, als het opleggen van een maatregel conform de NeR strijdig is met het toepassen van BBT, waarover meer in paragraaf 4.3.4. De emissie-eisen in de NeR zijn weliswaar zo goed als mogelijk afgestemd met het toepassen van BBT, maar als gevolg van een integrale afweging of wegens specifieke lokale omstandigheden (onderdeel van het BBT-concept) kunnen er soms verschillen zijn tussen toepassen van BBT en NeR-maatregelen.

Voor minimalisatieverplichte stoffen (zoals zeswaardig chroom) moeten de emissie-eisen echter worden beschouwd als absolute bovengrens voor de te vergunnen emissieconcentratie. Alleen voor bestaande situaties kan op grond van een afweging van technische en economische mogelijkheden een hogere worden vergund dan de waarden voor minimalisatieverplichte stoffen.

In de NeR worden anorganische stoffen, waaronder zware metalen en verbindingen daarvan, verdeeld in de categorie stofvormige anorganische stoffen (sA) en de categorie gas- of dampvormige anorganische stoffen (gA). Beide categorieën zijn weer onderverdeeld in een aantal klassen. De metalen in deze studie vallen in verschillende klassen van de categorie stofvormige anorganische stoffen (sA). Omdat kwik ook in gasvormige toestand voorkomt, zou verwacht worden dat kwik, in ieder geval elementair kwik, in de categorie gas- of dampvormige anorganische stoffen zou vallen. Er is echter voor gekozen alle kwikverbindingen, dus ook elementair kwik, in dezelfde categorie en klasse in te delen. Daarbij moet worden opgemerkt dat ‘als zich bij het afvoeren van de gassen fysische omstandigheden voordoen, waarbij een wezenlijk gedeelte van de component in damp- of gasvorm aanwezig kan zijn, moeten de emissie-eisen worden toegepast op de som van de stof- en gasvormige emissies’. Anders gezegd: de concentratie elementair, gasvormig kwik in het rookgas moet bij die van de stofvormige kwikverbindingen worden opgeteld.

Er is geen emissie-eis voor organische kwikverbindingen zoals methylkwik. Organische kwikverbindingen komen echter nauwelijks voor in afgassen van verbrandings- en productieprocessen. In Tabel 12 is voor deze metalen een overzicht gegeven van de klasse en de bijbehorende grensmassaastroom en emissie-eis.

Tabel 12 Overzicht van klasse, grensmassaastroom en emissie-eis van enkele zware metalen en hun verbindingen

| CAS nummer | Stofnaam | Klasse | Grensmassaastroom (g/uur) | Emissie-eis mg m ₀ ⁻³ |
|------------|---|--------|---------------------------|---|
| — | Cadmium en cadmiumverbindingen | sA.1 | 0,25 | 0,05 |
| 14977-61-8 | Chromylchloride | sA.2 | 2,5 | 0,5 |
| — | Chroom en chroomverbindingen, berekend als Cr ¹⁾ | sA.3 | 10 | 5 |
| 18540-29-9 | Chroom(VI)verbindingen | MVP1 | 0,15 | 0,05 |
| — | Kwik en anorganische kwikverbindingen, berekend als Hg | sA.1 | 0,25 | 0,05 |
| — | Lood en anorganische loodverbindingen, berekend als Pb | sA.2 | 2,5 | 0,5 |
| 7784-40-9 | Loodarsenaat | sA.1 | 0,25 | 0,05 |
| 10190-55-3 | Loodmolybdaat | sA.2 | 2,5 | 0,5 |
| — | Zink en zinkverbindingen m.u.v. zinkchromaat en zinkchloride (rook) | S | 200 | 5/20/50 |
| 7646-85-7 | Zinkchloride (rook) | sA.3 | 10 | 5 |
| 13530-65-9 | Zinkstearaat | S | 200 | 5/20/50 |

¹⁾ Uitzonderd chroom(VI)verbindingen.

Uit de tabel blijkt dat van deze stoffen alleen chroom (VI) verbindingen tot de categorie MVP1 behoren (minimalisatieverplichte stoffen klasse 1). Voor deze categorie geldt dat emissies in eerste instantie zo veel mogelijk vermeden dienen te worden. Als dat niet mogelijk is, moeten emissies zo veel mogelijk beperkt worden waarbij de grensmassaastroom en emissie-eisen uit de NeR (zie Tabel 12) als maximaal toelaatbare waarden gelden (behalve voor bestaande situaties, zoals aan het begin van deze paragraaf duidelijk is gemaakt). Daarnaast moet de vergunningaanvrager voor MVP-stoffen een stappenschema doorlopen om tot een zo laag mogelijke, maar wel haalbare emissie te komen, waarbij tevens geen normoverschrijding in de leefomgeving ontstaat. Ook dient de vergunningaanvrager elke vijf jaar een periodieke herbeoordeling van de situatie en stand der techniek te maken. Het stappenschema staat in paragraaf 3.2.1 van de NeR.

Behalve zinkchloride en zinkchromaat vallen zink en zinkverbindingen in de categorie S (stof in algemene zin). De reden hiervoor is dat deze verbindingen als relatief onschadelijk worden beschouwd. De grensmassaastromen en eisen voor categorie S zijn dan ook minder streng dan die voor categorie sA), wat is te zien in de overzichtstabel. Over de categorie S is nog op te merken, dat in principe moet worden uitgegaan van de laagste haalbare emissie-eis (5 mg m₀⁻³). Als het echter niet mogelijk is filterende afscheiders (zoals een doek- of lamellenfilters) toe te passen, geldt een hogere emissie-eis, namelijk: 20 mg m₀⁻³. Voor kleine bronnen kan, indien toepassing van filterende afscheiders niet mogelijk of economisch niet haalbaar is, een emissie-eis van 50 mg m₀⁻³ worden gehanteerd.

De andere metalen en hun verbindingen worden alle gerekend tot de categorie sA (stofvormige anorganische stoffen), maar ze vallen in verschillende klassen. Op deze categorie is altijd de sommatiebepaling van toepassing. Dat betekent dat *‘voor gelijktijdig optredende emissies van verschillende stoffen binnen eenzelfde klasse de massastroom wordt gesommeerd over alle bronnen binnen de inrichting; overschrijdt de gesommeerde emissie de grensmassastroom van de betreffende klasse, dan is de eis per bron van toepassing op de gezamenlijke concentratie van alle tot die klasse behorende stoffen’*. Een voorbeeld ter illustratie. Kwik en cadmium en hun verbindingen behoren tot dezelfde klasse (sA.1). Als beide stoffen door een bron worden geëmitteerd, moeten hun emissies dus worden opgeteld. Als die totale emissie groter is dan $0,25 \text{ g h}^{-1}$ (de grensmassastroom van klasse sA.1), geldt de emissie-eis van $0,05 \text{ mg m}_0^{-3}$ voor de totale concentratie van kwik en cadmium in het geëmitteerde mengsel.

Ook voor stoffen uit verschillende klassen in eenzelfde categorie geldt een sommatiebepaling, maar de rekenregels en bijbehorende toetsingscriteria zijn iets complexer dan voor stoffen uit dezelfde klasse. Daarvoor wordt verwezen naar paragraaf 2.3.4 van de NeR.

Van belang is dat de emissie-eisen voor zware metalen, behalve zink en zeswaardig chroom, aan elkaar gekoppeld zijn in het geval bij een proces tegelijk verschillende zware metalen vrijkomen. Voor veel van de processen bij de bedrijven die in de paragrafen 4.1 en 4.2 zijn besproken is dat het geval, onder meer verbrandingsprocessen (afvalverbranders, energiecentrales), verwerking van verschillende soorten ertsen waar deze metalen in voorkomen (ijzer- en staalfabricage, productie van aluminium, zink, fosfor en fosforhoudende materialen), olieraffinage en de productie van glas en glasvezels (een aantal van de metalen komt voor in de gebruikte grond- en toeslagstoffen). Ook een aantal chemische bedrijven uit de tabellen in paragraaf 4.1 stoot meerdere metalen uit. Voor al deze bedrijven moet bij het stellen van emissie-eisen dus rekening worden gehouden met de sommatiebepaling.

De hierboven beschreven emissie-eisen zijn algemeen van toepassing. Daarnaast bestaan er in de NeR voor bepaalde bedrijfstakken of -processen zogenaamde bijzondere regelingen. Sinds de invoering van de IPPC-richtlijn (zie paragraaf 4.3.4) zijn veel bijzondere regelingen geleidelijk aan vervallen en min of meer vervangen door de BREFs.

Nog één bijzondere regeling is van toepassing op de zware metalen uit deze studie, namelijk die voor crematoria. Deze regeling betreft de emissie van kwik en kwikverbindingen. In de regeling is opgelegd dat een emissiebeperkende techniek moet worden toegepast, zodat de concentratie van kwik en kwikverbindingen niet meer bedraagt dan $0,2 \text{ mg m}_0^{-3}$ als Hg. Zonder emissiebeperkende techniek zou de concentratie, gemiddeld over een aantal crematieprocessen, hoger zijn vanwege het vrijkomen van kwik uit amalgaamvullingen. In de bijzondere regeling zijn verschillende emissiebeperkende technieken genoemd. Het is niet mogelijk deze emissie te vermijden of te reduceren door een procesgeïntegreerde techniek. In de bijzondere regeling staat ook, dat eind 2012 alle crematoria moeten voldoen aan deze eis. Tot die tijd geldt een overgangsregeling.

4.3.3 De Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo) en de Waterwet

De voormalige Wvo, die inmiddels is opgegaan in de nieuwe Waterwet, regelde het bestrijden en voorkomen van verontreiniging van oppervlaktewateren. De Wvo is niet van toepassing op het grondwater en lozingen op volle zee (gedefinieerd als de plaats waar de territoriale wateren ophouden) en ook niet op afvalwaterlozingen op de riolering. De laatstgenoemde lozingen moeten worden geregeld in de Wm-vergunning en vallen daarmee onder het Wm-bevoegde gezag (zodra de Wabo van kracht wordt: het Wabo-bevoegde gezag).

Bedrijven die afvalwater lozen op oppervlaktewater moeten een Wvo-vergunning hebben, waarin voorschriften staan waar de afvalwaterlozing aan moet voldoen. De algemene lijn hierbij is dat eerst verontreinigd afvalwater zo veel mogelijk wordt behandeld voor het wordt geloosd. Hiervoor is een groot aantal technieken beschikbaar, zoals sedimentatie, filtratie en uitvlokking. In diverse BREFs (zie

paragraaf 4.3.4) zijn deze technieken en de daarmee te behalen emissieconcentraties beschreven. Als er wel geloofd wordt, moet de vergunningverlener nagaan of de lozing geen aanleiding geeft tot ongewenste effecten in het oppervlaktewater. Als dat wel zo is, kan hij verdere maatregelen voorschrijven.

Anders dan de NeR bevat de Wvo geen algemene emissie-eisen in de zin van massastroomgrenswaarden. De vergunningverlener stelt per geval de lozingseisen vast op grond van gegevens over het lozingspatroon en de geloosde stoffen (aard en hoeveelheden) en de gevolgen van de lozing voor het oppervlaktewater. Die gevolgen worden berekend met de daarvoor ontwikkelde Emissie-Immissie-toets. De immissiewaarden (concentraties in het oppervlaktewater als gevolg van de lozing en het aanwezige achtergrondniveau) worden getoetst aan de normen en grenswaarden voor het oppervlaktewater, zoals beschreven in paragraaf 3.2.2. Op basis van deze toets worden de lozingseisen vastgesteld. Dat kunnen jaarvrachten zijn, maar bijvoorbeeld ook maximale dagvrachten. Een lozingseis is veelal een emissiegrenswaarde inclusief meet-, analyse- en bemonsteringsfout. Zoals gezegd, is de Wvo recent opgegaan in de nieuwe Waterwet. Niettemin blijven de hierboven beschreven principes gehandhaafd.

Behalve de WvO en de IPPC-richtlijn is ook de Kaderrichtlijn Water (KRW) van belang voor de vergunningverlening en handhaving voor het oppervlaktewater. De doelstelling van de KRW is het verbeteren van de toestand van het water, het harmoniseren van het waterbeleid binnen de EG-lidstaten en het bevorderen van duurzaam gebruik van water. De KRW behelst een resultaatverplichting voor elke lidstaat, wat betekent dat elk land kan worden afgerekend op de resultaten van het waterkwaliteitsbeleid en daarmee ook van het emissiebeheer. Verder is het principe uit de KRW van 'geen achteruitgang' van groot belang. Elke lidstaat is verplicht om de toestand van de waterlichamen niet te laten verslechteren. Dat betekent bijvoorbeeld dat bij toepassing van de Emissie-Immissie-toets niet alleen moet worden onderzocht of de emissie leidt tot een overschrijding van een norm, maar ook of de emissie leidt tot een verslechterde toestand van het water. Dat zou kunnen als de emissie tot gevolg heeft dat de concentratie van een schadelijke stof in het water significant hoger wordt dan voorheen. Ter ondersteuning van vergunningverleners is in 2007 een Leidraad (ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007) opgesteld, waarin wordt toegelicht hoe de KRW kan worden toegepast in het vergunningproces en welke extra zaken aandacht behoeven ten opzichte van het vroegere vergunningproces. Uit een aantal voorbeelden in deze Leidraad blijkt dat in de meeste gevallen de toetsing op basis van de principes uit de KRW niet leidt tot strengere eisen dan voorheen.

4.3.4 De IPPC en BBT Reference documents (BREFs)

Voor grote bedrijven is sinds 1996 de IPPC-richtlijn (Europese Richtlijn 96/61/EG inzake geïntegreerde preventie en bestrijding van verontreiniging) van toepassing. Deze richtlijn verplicht de lidstaten van de EU om de milieubelasting, veroorzaakt door grote vervuilende bedrijven, te reguleren door middel van een integrale vergunning gebaseerd op de beste beschikbare technieken (BBT) voor de betreffende bedrijfstak. De IPPC-richtlijn richt zich op installaties die mogelijk grote verontreiniging veroorzaken en eventueel een grensoverschrijdend risico vormen. In de regel zijn dat de grote bedrijven en installaties zoals energiecentrales, basismetalebedrijven, chemische bedrijven, glasproducenten, afvalverwerkers, raffinaderijen, grote voedselproducenten, maar bijvoorbeeld ook intensieve veehouderijen.

Centraal in de IPPC-richtlijn staat het concept Beste Beschikbare Technieken (BBT). Deze dienen een hoog beschermingsniveau te garanderen voor het gehele milieu. Emissiebeperkingen en 'operating conditions' van de vergunningplichtige bedrijven worden gebaseerd op de BBT, waarbij rekening mag worden gehouden met de technische staat van een installatie, de geografische locatie en het lokale milieu.

De BBT vormen geen emissie-eis en ook geen middelvoorschrift dat voor alle installaties op dezelfde manier geldt, maar een integrale afweging gericht op bescherming van het gehele milieu. Het kan bijvoorbeeld zijn dat een technologie beter scoort op energierendement (en daarmee een lagere CO₂-emissie), maar minder goed op geluidsoverlast. Een andere mogelijkheid is dat een techniek, waarmee de emissie van een stof naar de lucht kan worden beperkt nadelige gevolgen heeft voor het water. Welk effect het belangrijkste is dient in de vergunning te worden afgewogen.

Informatie over de BBT is terug te vinden in de zogenaamde BREFs: de BBT-referentiedocumenten. Deze worden gemaakt door het European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPC) met bijdragen vanuit de industrie, de overheid en de niet-gouvernementele organisaties (NGO's), verenigd in het EEB (European Environmental Bureau). De Europese Commissie organiseert de uitwisseling van informatie tussen de lidstaten en de betrokken bedrijfstakken over de BBT's en de daarmee samenhangende ontwikkelingen. In de BREFs is uitgebreide informatie te vinden over verschillende technieken en ook kentallen van (haalbare) emissies en daaraan verwante parameters. Zowel bedrijven als vergunningverleners kunnen van deze informatie gebruikmaken. De vergunningverlener moet bij het opstellen van de Wm-vergunning in principe uitgaan van de in de BREF omschreven technieken en bijbehorende milieuprestaties (lees: haalbare emissies), tenzij daar gemotiveerd van wordt afgeweken. Bij de motivatie moet worden aangegeven op welke wijze een hoog niveau van milieubescherming is gewaarborgd.

Voor Nederland is, door InfoMil, bij elke BREF een korte oplegnotitie vastgesteld, bedoeld om de vergunningverlener te informeren over de toepassing van de BREF.

Hoewel de BREFs een vergelijkbare status hebben als de NeR – in de zin dat alleen *gemotiveerd* mag worden afgeweken van de in de BREF omschreven technieken en bijbehorende milieuprestaties – bevatten ze geen eisen in de vorm van massagrenswaarden of grenswaarden van emissieconcentraties. In de BREFs en de oplegnotities staan wel kentallen van emissieconcentraties of emissies, die typerend zijn voor bepaalde processen en die met bepaalde technieken en (milieu)maatregelen gehaald kunnen worden. Zoals gezegd, zijn de emissie-eisen in de NeR zo goed als mogelijk afgestemd op deze met BBT-geassocieerde emissieniveaus (BAT-AEL's), maar er kunnen soms verschillen zijn. Het voert te ver om in dit rapport alle kentallen uit de verschillende BREFs te behandelen. Hieronder worden kort de belangrijkste BREFs besproken, die relevant zijn voor wat betreft emissies van cadmium, chroom, kwik, lood en zink.

IJzer- en staalfabricage en ferrometaalbewerking

Bij de processen in deze bedrijfstak komen grote hoeveelheden stof en zware metalen vrij. Twee BREFs zijn van toepassing op deze processen, namelijk de 'BREF on the Production of Iron and Steel' en de 'BREF in the Ferrous Metals Processing Industry'. De eerste beschrijft de primaire productie van ijzer en staal uit erts, de tweede heeft betrekking op de bewerking van ijzer en staal tot producten of halffabrikaten.

In de 'BREF on the Production of Iron and Steel' worden vijf onderdelen in het productieproces onderscheiden. Voor wat betreft de emissies aan zware metalen zijn het sinteren en het pelletiseren de belangrijkste bronnen van stof en metalen, vooral lood en zink. Een probleem bij het sinterproces is dat lood met chloriden reageert tot het relatief vluchtige PbCl₂ en PbO. Deze stoffen worden niet goed afgevangen door de elektrostatische precipitator (ESP), die wordt toegepast om de (grof)stofemissie te reduceren. Volgens de BREF kan de emissie aan lood oplopen tot 70 mg Nm⁻³ voor de ESP en bedraagt ze nog (maximaal) 13 mg Nm⁻³ na de ESP. Om de loodemissie verder terug te dringen wordt een tweede reinigingstechniek toegepast. Dat kan een doekfilter zijn waaraan basische, gebluste kalk is toegevoegd, of een gaswasser (het zogenaamde AIRFINE-systeem). Volgens de BREF kunnen met deze technieken in principe voldoende lage emissies worden gehaald (gemeten bij een staalfabriek in Bremen): 0,003 mg Nm⁻³ voor Cd en Cr, 0,01 mg Nm⁻³ voor Hg, 0,05 mg Nm⁻³ voor Pb en

0,12 mg Nm⁻³ voor Zn. Deze concentraties liggen alle onder de NeR-grenswaarden. De nieuwe concept-BREF noemt het MEROS-proces (maximized emission reduction of sintering), zoals toegepast bij een staalfabriek in Linz (Oostenrijk), als een nog verder geoptimaliseerd systeem. Hierbij gelden de volgende emissiegrenswaarden: <0,002 mg Nm⁻³ voor Cd, Cr en Pb, en 0,016 mg Nm⁻³ voor Hg (EC, 2009). Als BAT wordt in de concept-BREF de combinatie van een ESP of cyclonen in combinatie met een doekfilter genoemd.

De emissies aan zware metalen bij het pelletiseren zijn lager dan bij het sinteren. Door toepassing van gaswassing of semidroge ontzwaveling gevolgd door ontstopping kan de emissies aan stofdeeltjes worden beperkt tot 10 mg Nm⁻³. Daarmee zal ook de uitstoot aan zware metalen voldoende worden beperkt (de BREF bevat geen specifieke data hierover). Hetzelfde geldt voor het reinigen van het hoogovengas en van de afgassen uit de staalproductie (oxystaalfabriek) en het gieten, zij het dat bij sommige processen andere reinigingstechnieken de voorkeur genieten. Toepassing van Regenerated Activated Carbon (met als hoofddoel zwaveldioxide uit het afgas te halen) geeft ook een verlaging van de kwikemissie. Ten aanzien van het hoogovengas is nog te vermelden dat dit vooral zink en lood bevat. De emissie hiervan kan volgens de nieuwe concept-BREF worden beperkt tot 0,01 à 0,05 mg Nm⁻³ voor Pb en 0,03 à 0,17 mg Nm⁻³ voor Zn. Naast reiniging wordt in verschillende processen ook recirculatie toegepast. De effecten hiervan zijn verdisconteerd in de hierboven genoemde haalbare emissies.

Afvalwater afkomstig van het gebruik van spoelwater of een gaswasser kan gezuiverd worden door precipitatie en coagulatie van zwevend stof, waarin het grootste deel van de zware metalen is opgenomen. Met deze gangbare technieken zijn concentraties te halen van minder dan 0,1 mg l⁻¹ voor elk van de metalen. Dat geldt voor nagenoeg alle processen in de fabricage. In een enkel geval zijn de concentraties (vooral van zink) iets hoger dan 0,1 mg l⁻¹. Als BAT-AEL voor zware metalen in het behandelde afvalwater van zowel het sinter- als het pelletiseerproces wordt in de nieuwe concept-BREF een concentratie van < 0,1 mg l⁻¹ genoemd als som van As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn (EC, 2009).

In de 'BREF in the Ferrous Metals Processing Industry' zijn bewerkingsprocessen beschreven zoals warmwalsen, koudwalsen, draadtrekken, beitsen en verzinken. Het gaat om een groot aantal uiteenlopende processen met bijbehorende BBT. De emissies aan zware metalen zijn over het algemeen veel lager dan bij de primaire ijzer- en staalproductie, op een aantal processen na. Emissies van lood naar lucht en water kunnen ontstaan bij bepaalde beitsactiviteiten, waarbij gebruik wordt gemaakt van loodbaden. De emissie naar de lucht kan worden beperkt tot 5 mg Nm⁻³ (dat is hoger dan de NeR-grenswaarde) en emissie naar water kan worden geminimaliseerd door gebruik te maken van gesloten afschrikbaden. Bij het verzinken kan zink vrijkomen. Emissies naar de lucht kunnen worden beperkt tot 5 mg Nm⁻³, overeenkomstig de grenswaarde uit de NeR.

Bij diverse processen ontstaat afvalwater. Dit kan worden behandeld door een combinatie van bezinking, filtratie en flotatie, neerslag of uitvlokking, waarmee de uitstoot aan zware metalen kan worden teruggebracht tot 2 mg l⁻¹ voor zink, 0,5 mg l⁻¹ voor lood en 0,2 mg l⁻¹ voor chroom (de niveaus aan cadmium en zink zijn veel lager).

Non-ferro metaalindustrie

Een aantal Nederlandse bedrijven uit de doelgroep basismetalaalindustrie vallen qua activiteiten onder de 'BREF for Non-Ferrous Metals Industries'. Deze BREF omschrijft een groot aantal processen – er zijn immers vele non-ferro metalen – maar we beperken ons hier tot die bedrijfstakken die voor Nederland relevant zijn. Dat zijn de productie van aluminium, zink, koperlegeringen en grafietanodes voor de aluminiumindustrie en de bewerking van zink en lood. Bij de meeste van deze processen komen zware metalen vrij in stofgebonden vorm. De hoeveelheid verschilt echter per bedrijfstak en hangt ook af van de samenstelling van gebruikte grond- en hulpstoffen en de toegepaste processen. In het algemeen worden stofemissies beperkt met gangbare technieken zoals doekfilters en gaswassers. Volgens de

huidige BREF en de nieuwe concept-BREF kunnen hiermee emissieconcentraties worden bereikt van 1-5 mg Nm⁻³ (EC, 2001, 2009). De emissie van zware metalen hangt af van de samenstelling van het stof. Bij de productie van koperlegeringen kan het stof 0,1% tot meer dan 10% zink en lood bevatten. Volgens de nieuwe concept-BREF zijn met rookgaskoeling en doekfilters bij de productie van koper(legeringen) emissies mogelijk van minder dan 0,2 mg Nm⁻³ als som van Cu, Pb en Zn. Stof uit de productie van zink bevat lood (0,2-2%), zink (tot 50%) en cadmium (0,02 tot 0,7%). Bij de productie van aluminium komen beperkte hoeveelheden metalen vrij en bij de vervaardiging van grafietanodes vrijwel geen. Op basis van deze gegevens kan worden berekend dat door het treffen van de juiste maatregelen om stofemissies te beperken in deze branche over het algemeen wordt voldaan aan de emissie-eisen uit de NeR voor zware metalen.

Voor de behandeling van afvalwater worden technieken beschreven als chemische precipitatie, sedimentatie, elektrolyse en filtratie, naast procesgeïntegreerde maatregelen (specifiek per type proces) en hergebruik. Bij toepassing van de best beschikbare technieken, zijn volgens de nieuwe concept-BREF de volgende emissieconcentraties (BAT-AEL's) in afvalwater mogelijk: <0,2 mg/l voor Pb, <0,01 mg/l voor Hg, <0,05 mg/l voor Cd en <1,0 voor Zn (EC, 2009).

Gieterijen

Ook gieterijen maken deel uit van de doelgroep basismetalaalindustrie. Ze dragen echter, getuige de tabellen in paragraaf 4.1, in geringe mate bij aan de emissies aan zware metalen naar de lucht vergeleken met de uitstoot van de ijzer- en staalfabricage en de non-ferro metaalindustrie.

Op deze branche is de 'BREF in the Smitheries and Foundries Industry' van toepassing. De branche is een gedifferentieerde en gevarieerde industrie waarin een uiteenlopende reeks van installaties met bijbehorende technologieën en apparatuur wordt gebruikt. Rook- en afgassen, die stofgebonden metalen en metaalverbindingen bevatten, komen veelal op verschillende punten vrij, soms ook via diffuse emissies. De BREF beschrijft een aantal preventieve en procesgeïntegreerde maatregelen om emissies van stof en metalen te beperken. Daarnaast kan bij puntbronnen natte of droge ontstoffing worden toegepast. Diffuse emissies bij open bronnen moeten worden bestreden door zogenaamde good housekeeping. Stofemissies kunnen zo worden beperkt tot 5-20 mg Nm⁻³, conform de NeR-eisen. De BREF geeft nagenoeg geen data voor afzonderlijke zware metalen.

De hoeveelheid afvalwater in deze bedrijven is meestal gering, behalve als natte ontstoffing wordt toegepast. In dat geval moet het water worden gezuiverd met behulp van sedimentatie of filtratie.

Productie van glas, glasvezels, glas- en steenwol

De 'BREF on the Glass Manufacturing Industry' beschrijft processen en BBT voor een tiental verschillende typen producten (o.a. verpakkingsglas, vlakglas, consumentenglas, speciaalglas, minerale wollen, glasvezel). Behalve productie van minerale wollen vinden al deze processen plaats in Nederland. Er bestaat een grote diversiteit in gebruikte grondstoffen en toegepaste productietechnieken, maar bij alle processen in de branche komen zware metalen vrij, vooral naar de lucht. De metalen komen voor als onzuiverheden in grondstoffen (zand, kalksteen, veldspaat, toegevoegde chemicaliën (bijvoorbeeld als kleurstof) en in gerecycled glas. Sommige metalen en verbindingen daarvan (vooral lood, chroom en cadmium) worden toegevoegd bij de vervaardiging van speciale glassoorten zoals loodkristal of om het glas een bepaalde eigenschap of kleur te geven.

In de nieuwe concept-BREF worden voor de diverse glasproducten specifieke BAT-AEL's gegeven. Het gaat te ver om deze hier allemaal te benoemen. De waarden liggen tussen de 0,1 en 5 mg Nm⁻³, als som van zware metalen (EC, 2009).

Volgens de oplegnotitie bij de BREF kan het hanteren van strenge grenswaarden de mogelijkheid tot recyclen van glas in gevaar brengen of een ongewenste toename van het energiegebruik tot gevolg hebben. De vergunningverlener dient daar rekening mee te houden.

De glasindustrie veroorzaakt doorgaans niet veel uitstoot naar het oppervlaktewater. Toch kunnen bij bepaalde activiteiten emissies ontstaan, die met gangbare technieken (filtratie, precipitatie, bezinking, et cetera) kunnen worden beperkt. Daarmee kunnen volgens de nieuwe concept-BREF de volgende concentraties in het afvalwater worden gehaald: $<0,05 \text{ mg l}^{-1}$ voor cadmium en $<0,1 \text{ mg l}^{-1}$ voor chroom (totaal), $<0,05 - 0,3 \text{ mg l}^{-1}$ voor lood en $<0,5$ voor zink (EC, 2009).

Chemische industrie

De chemische industrie omvat een zeer groot aantal processen en producten, waarvoor verschillende BREFs (in totaal zeven) zijn opgesteld. De, qua omvang van zware metalen emissies in Nederland, meest relevante processen zijn de productie van fosfor en fosforhoudende materialen, soda, zinkoxide en andere zinkhoudende chemicaliën en van specifieke chemicaliën en metaalproducten zoals katalysatoren, pigmenten, additieven voor coatings, inkt en hulpstoffen in plastics. Informatie hierover is voornamelijk te vinden in de BREFs voor de anorganische bulk- en fijnchemie (in totaal drie BREFs) en in de 'BREF for Common Waste Water and Waste Gas Treatment and Management Systems in the Chemical Sector'. De emissies van kwik uit de chlooralkali-industrie (daar is een aparte BREF voor) zijn in Nederland nagenoeg gestopt.

Vanwege de grote diversiteit in beschreven processen in de genoemde BREFs beperken we ons hier tot de algemene lijnen. De meest genoemde BBT zijn het beperken van het gehalte aan zware metalen in gebruikte grondstoffen en het bestrijden van stofemissies door toepassing van doekfilters, gaswassers of andere technieken. De BREFs bevatten weinig gegevens over haalbare emissieconcentraties, maar in de regel kan gesteld worden dat aan de emissie-eisen uit de NeR voldaan moet kunnen worden. Emissies naar het oppervlaktewater moeten worden geminimaliseerd door zuivering van afvalwater (filtratie, sedimentatie, et cetera), maar ook door selectie van grondstoffen, herroutering van processtromen en hergebruik van afvalstoffen. In principe zijn emissieconcentraties haalbaar van minder dan 1 mg l^{-1} (voor kwik $< 0,1 \text{ mg l}^{-1}$), behalve voor lood en zink waarvoor bij sommige processen concentraties tot 2 á 5 mg l^{-1} realistisch zijn.

Overige industrie

Naast de al besproken bedrijfstakken vinden er ook emissies van zware metalen plaats in onder andere de textiel- en tapijtindustrie, de papier- en kartonindustrie en leerlooierijen. Het betreft vooral emissies naar het oppervlaktewater (emissies naar de lucht zijn zeer gering). De totale emissies van deze branches zijn aanmerkelijk lager dan die van bijvoorbeeld de basismetale- en de chemische industrie. In de betreffende BREFs komen emissies van zware metalen nauwelijks aan de orde en kentallen voor haalbare concentraties worden niet gegeven. In de 'BREF on the Pulp and Paper Industry' bijvoorbeeld staat dat concentraties zware metalen in het afvalwater meestal gering zijn. Hogere concentraties kunnen voorkomen als gevolg van uitloging van metalen (met name koper en zink) uit inkt. Hoewel de concentraties in het afvalwater gering zijn, kan door de forse debieten de totale hoeveelheid uitgestoten metalen nog substantieel zijn. Dat blijkt uit de E-MJV's van sommige papierfabrieken (zie ook paragraaf 4.2). In leerlooierijen worden grote hoeveelheden chroom gebruikt. De 'BREF for the Tanning of Hides and Skins' beschrijft verschillende BBT om het chroomgehalte in het afvalwater te beperken, zowel door gebruik van alternatieve stoffen als door zuiveringstechnieken. Daarbij zijn emissieconcentraties haalbaar van minder dan 1 mg l^{-1} .

Raffinaderijen

De 'BREF on Mineral Oil and Gas Refineries' besteedt vooral aandacht aan emissies van CO_2 , SO_2 , NO_x koolwaterstoffen en, in beperkte mate, stof. Aan zware metalen wordt relatief weinig aandacht besteed behoudens nikkel en vanadium, waarvan bekend is dat deze voorkomen in ruwe olie in gehalten tot meer dan 200 mg/kg . Voor deze metalen worden bij toepassing van elektrostatische precipitatie of doekfilters emissies gehaald van 2 mg Nm^{-3} voor nikkel en 5 mg Nm^{-3} voor vanadium (onder andere bij verbrandingsprocessen en regeneratie van katalysator). Op basis van gegevens over

de samenstelling van olie uit de BREF kan dan worden geschat dat de emissies aan cadmium, chroom, kwik, lood en zink voldoen aan de eisen uit de NeR (dit is echter niet in de BREF als zodanig vermeld). De BREF besteedt wel enige aandacht aan afvalwater, afkomstig van proceswater en koeling. Er worden enkele tientallen technieken beschreven om enerzijds de verontreiniging of het watergebruik terug te dringen en anderzijds afvalwater te recyclen. Concentraties metalen in het afvalwater kunnen zo worden beperkt tot minder dan $0,5 \text{ mg l}^{-1}$.

Afvalverbranding

De 'BREF for Waste Incineration' beschrijft de BBT voor thermische behandeling van (gevaarlijke) afvalstoffen. Hoewel de nadruk ligt op verbranding van afvalstoffen wordt ook aandacht besteed aan vergassings- en pyrolyseprocessen. Omdat deze BREF een zogeheten horizontale BREF is, is ze ook van toepassing op afvalverbrandingsinstallaties in andere inrichtingen, tenzij die installaties onder een andere (verticale) BREF vallen. Meeverbranden van afvalstoffen in een stookinstallatie wordt bijvoorbeeld behandeld in de 'BREF for Large Combustion Plants'.

Naast de 'BREF for Waste Incineration' bestaat er ook de Europese Richtlijn nr. 2000/76/EG Waste Incineration Directive (EU, 2000a), die in Nederland is geïmplementeerd in het Besluit verbranden afvalstoffen. Bij vergunningverlening moet aan zowel de IPPC-richtlijn (en dus de BREF) als het Besluit verbranden afvalstoffen (BvA) worden getoetst. In de praktijk komen de emissie-eisen voor zware metalen uit het BvA overeen met de bovengrens van haalbare emissieconcentraties uit de 'BREF for Waste Incineration'. Voor kwik en cadmium is de eis uit het BvA $0,05 \text{ mg Nm}^{-3}$, identiek aan de algemene eis uit de NeR. Voor de andere zware metalen is de eis uit het BvA $0,5 \text{ mg Nm}^{-3}$ (somparameter). Voor sommige zware metalen, bijvoorbeeld zink, is dit strenger dan de algemene eis uit de NeR.

Ten aanzien van emissies naar het oppervlaktewater worden in de BREF bandbreedtes voor haalbare emissies genoemd. De hoogste waarden van deze bandbreedtes zijn $0,05 \text{ mg l}^{-1}$ voor cadmium, $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ voor chroom, $0,03 \text{ mg l}^{-1}$ voor kwik, $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ voor lood en 1 mg l^{-1} voor zink. Deze waarden zijn lager dan de eisen in de Regeling lozingen afvalwater rookgasreiniging. Laatstgenoemde regeling zal worden aangepast.

Energiecentrales

Energiecentrales, die gebruikmaken van fossiele brandstoffen en biomassa, emitteren zware metalen. Voor deze groep is de 'BREF for Large Combustion Plants' van toepassing. Zware metalen komen vooral voor in steenkool, biomassa en afval dat voor nuttige toepassing (in dit geval brandstof) wordt gebruikt. Stookolie bevat ook zware metalen, vooral vanadium nikkel (de gehalten aan cadmium, chroom, kwik, lood en zink in olie zijn lager dan die in steenkool). Met behulp van een rookgasreiniging om stofdeeltjes uit het afgas te halen (een ESP of een doekfilter) worden ook zware metalen verwijderd. De efficiency bedraagt veelal 99,5% of meer. Alleen voor kwik, dat door de hoge temperatuur van het afgas grotendeels gasvormig is, is een aanvullende reinigingstechniek nodig. Een natte wasser met kalksteen toegepast voor ontzwalling) verwijdert 75% van het kwik en bij gebruik van selectieve katalytische reductie kan zelfs 90% rendement worden behaald. Door toepassing van BBT kunnen emissieconcentraties van zware metalen worden gehaald van $< 0,05 \text{ mg Nm}^{-3}$ voor alle metalen uit deze studie, ongeacht het type brandstof dat wordt toegepast. Deze waarden zijn vergelijkbaar met die voor afvalverbrandingsinstallaties.

Het afvalwater van energiecentrales, vooral afkomstig van natte gaswassers, kan zware metalen bevatten. Door toevoeging van lime milk en soda (pH-verhoging) worden metalen in hydroxyden omgezet, die kunnen worden neergeslagen met behulp van flocculenten (ijzerchloride) en polyelektrolyten voor agglomeratie. Op deze wijze kunnen de concentraties opgeloste metalen in het afvalwater worden teruggebracht tot minder dan 1 mg l^{-1} voor zink en minder dan $0,1 \text{ mg l}^{-1}$ voor de andere metalen.

Naast deze BREF bestaat er ook het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES). In dit besluit zijn specifieke emissie-eisen gesteld voor NO_x, SO₂ en stof, maar niet voor zware metalen

4.3.5 Milieuvergunningen in Nederland

De IPPC-richtlijn is sinds 2006 van kracht en diende voor 30 oktober 2007 te zijn geïmplementeerd in de regelgeving van de EU-lidstaten. In Nederland is die implementatie niet zo snel gerealiseerd als aanvankelijk de bedoeling was, maar inmiddels zijn er veel vorderingen geboekt en zijn de vergunningen van grote bronnen aangepast. Desondanks bleek uit een onderzoek van de VROM-Inspectie dat bij meer dan honderd bedrijven met een vergunning van vóór 30 oktober 1999 onduidelijk is of ze voldoet aan de IPPC-richtlijn (Keller en Bil, 2009). Dit betreft voornamelijk kleinere bedrijven. In onderhavige studie is niet expliciet onderzocht in hoeverre de NeR en de IPPC-richtlijn in Nederland altijd consequent zijn toegepast bij het opstellen van milieuvergunningen van bedrijven, maar de verwachting is dat dit bij de grotere bedrijven zeker het geval is. De emissies van grote bronnen hebben de aandacht van de vergunningverleners.

Niettemin zijn er enkele bijzondere situaties.

In de Wm-vergunning van Corus zijn voor de emissies van cadmium en lood uit de sinterfabriek hogere toegestane concentraties opgenomen dan de eisen uit de NeR, namelijk 0,15 (in plaats van 0,05) mg Nm⁻³ voor cadmium en 4,0 (in plaats van 0,5) mg Nm⁻³ voor lood. Tevens is geen rekening gehouden met de sommatiebepaling. De reden hiervoor is dat Corus met de huidige reinigingstechniek bij dit proces geen lagere emissies kan realiseren. Volgens de 'BREF on the Production of Iron and Steel' zijn emissies conform de NeR-eisen haalbaar, als een ESP wordt gebruikt in combinatie met een doekfilter waaraan gebluste kalk is toegevoegd. Dit is aangetoond bij een staalfabriek in Bremen. De omstandigheden bij Corus zijn echter anders. Niettemin onderzoekt het bedrijf de mogelijkheden voor verdere reductie van haar emissies, waaronder die van zware metalen. In 2010 zal Corus een proefinstallatie voor een doekfilter bij de sinterfabriek in bedrijf nemen, en in 2015 zullen alle drie de sinterfabrieken uitgerust zijn met doekfilters. Hiermee zullen de emissies van (fijn)stof en zware metalen gereduceerd worden.

Ook in de vergunning van Thermphos, dat net als Corus zware metalen naar de lucht uitstoot, zijn voor cadmium en lood hogere jaarvrachten vergund dan op grond van de NeR (respectievelijk 1000 en 4000 kg, terwijl op basis van de eisen uit de NeR circa 287 en 2869 kg zou zijn toegestaan). Emissies van kwik en chroom zijn zelfs niet vergund, terwijl het bedrijf deze metalen wel emitteert. Het bedrijf heeft in 2008 een aanvraag ingediend voor een herziene vergunning. De daarin aangevraagde jaarvrachten voldoen wel allemaal aan de eisen uit de NeR. Op grond van recente meetgegevens kan worden geconcludeerd dat het bedrijf hier aan kan voldoen.

Deze voorbeelden laten zien dat er om meerdere redenen soms uitzonderingen worden gemaakt bij het vaststellen van emissie-eisen, in die zin dat wordt afgeweken van de NeR. Ook bij kleinere bedrijven kan niet worden uitgesloten dat er in de vergunningen soms emissie-eisen zijn opgenomen die niet overeenkomen met de eisen uit de NeR of met de met BBT realiseerbare emissieconcentraties. Het gaat dan vaak om oudere installaties, waarvan is gesteld dat ze na een revisie wel aan de vigerende emissie-eisen moeten voldoen. De omvang van de 'te hoge' emissies uit deze bedrijven is gering vergeleken bij die van de grote bronnen.

Energiecentrales en afvalverbrandingsinstallaties voldoen over het algemeen wel aan de eisen uit de NeR dan wel het BvA. Omdat de debieten uit deze bronnen zo hoog zijn, dragen ze absoluut gezien toch veel bij aan de totale uitstoot aan zware metalen naar de lucht.

Bij grote bedrijven worden emissies van metalen naar het oppervlaktewater beperkt doordat het afvalwater eerst door het bedrijf zelf wordt gereinigd in een zuiveringsinstallatie. De concentraties metalen in het water die vanuit de zuiveringsinstallatie op het oppervlaktewater worden geloosd

voldoen in de regel aan de waarden die op grond van de BREFs haalbaar zijn. Kleinere bedrijven die metalen emitteren, lozen hun afvalwater veelal op een riolering. Directe lozingen van zwaar met metalen verontreinigd afvalwater komt in de praktijk niet meer voor.

4.4 Internationale afspraken en verplichtingen

Er bestaan geen internationale emissieplafonds voor zware metalen, noch naar de lucht noch naar het oppervlaktewater. Er zijn wel afspraken gemaakt ten aanzien van het verminderen van emissies aan zware metalen en ten aanzien van de kritische depositiewaarden (*critical loads*). Deze afspraken zijn vastgelegd in de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) van de UNECE (United Nations Economic Commission for Europe; www.unece.org/env/lrtap/). Deze Conventie, in 1979 opgesteld in Genève, heeft tot doel luchtverontreiniging, inclusief het daaraan gerelateerde grensoverschrijdend transport, te verminderen door wetenschappelijk onderzoek, monitoring (via EMEP, het European Monitoring and Evaluation Programme; zie paragraaf 5.1.4) en het vaststellen en uitvoeren van beleid door de leden. Momenteel hebben 51 landen (alle EU-lidstaten, maar bijvoorbeeld ook Rusland) de Conventie geratificeerd.

De kritische depositiewaarden zijn afgeleid voor de bescherming tegen effecten op de volksgezondheid en ecosystemen. Met betrekking tot de volksgezondheid betreft dit vooral het voorkomen van te hoge gehalten aan zware metalen in het grondwater en het beperken van de contaminatie van zware metalen in voedsel via gewassen en dierlijke producten. Bij terrestische ecosystemen gaat het om de gehalten in bodem en bodemvocht en bij aquatische ecosystemen om de concentraties in water en in vis. De kritische waarden hebben tot doel te voorkomen dat in de genoemde milieucompartimenten of via de genoemde routes mens en milieu aan een te hoge belasting aan zware metalen worden blootgesteld. De waarden zijn gebaseerd op een risk assessment uit het 'Heavy Metal' Protocol uit 1998, één van de 8 protocollen onder de CLRTAP. In dit protocol zijn afspraken vastgelegd voor het verminderen van de emissies van zware metalen, met name cadmium, lood en kwik, tot beneden het niveau van 1990 (of een ander jaar tussen 1985 en 1995). Het protocol richt zich daarbij op maatregelen zoals beschreven in de BREFs voor de grote bronnen van metalen (basismetaleindustrie, afvalverbranding, et cetera), maar bijvoorbeeld ook op het terugdringen van het gebruik van bijvoorbeeld kwik in batterijen. Het protocol is per 29 december 2003 van kracht gegaan en inmiddels door 29 leden onderschreven.

De kritische depositiewaarden zijn bodem- en vegetatieafhankelijk en variëren daarmee over een land en tussen landen. Per land binnen de UNECE worden kritische waarden kaarten gemaakt. Door deze kaarten te vergelijken met (berekende) depositiekaarten kan een beeld van de overschrijdingen verkregen worden. Voor grote delen van Europa, en ook voor Nederland, is berekend dat de kritische depositiewaarden voor kwik en lood worden overschreden en dat deze zeer waarschijnlijk tot in 2020 nog overschreden zullen blijven (Hettelingh en Sliggers, 2007).

Nederland voldoet wel aan de afspraak dat de emissies aan zware metalen naar de lucht en het oppervlaktewater zijn teruggebracht tot onder het niveau van 1990.

Een ander internationaal verdrag, dat relevant is in het kader van het zwaremetalenebeleid, is het OSPAR-verdrag. OSPAR staat voor de Oslo-Parijs Conventie voor de bescherming van het mariene milieu van de Noord-Oost Atlantische Oceaan inclusief de Noordzee (www.ospar.org). Aan dit verdrag doen 15 landen mee, waaronder Nederland. De Conventie bevat een lijst van ruim 300 stoffen, waarvan wordt gestreefd lozingen, emissies en verliezen naar het milieu stop te zetten, zodat ze niet meer of niet boven het natuurlijke achtergrondniveau voorkomen in de zee. Een aantal stoffen van deze lijst, waaronder cadmium, lood en kwik (inclusief organische lood- en kwikverbindingen), vallen onder de List of Chemicals for Priority Action, een subset van stoffen die de hoogste prioriteit krijgen bij het

terugdringen of stoppen van emissies. Deze stoffen zijn ook opgenomen in de Nederlandse prioritaire stoffenlijst.

Om het doel te bereiken passen de betrokken landen principes toe zoals het nemen van preventieve maatregelen om emissies te voorkomen, het toepassen van BBT en schone technologie en het beginsel 'de vervuiler betaalt'. De OSPAR-Commissie, die bestaat uit vertegenwoordigers van deze landen, ziet toe op de uitvoering van het verdrag en kan zelf beslissingen nemen tot het opstellen van programma's en maatregelen. Sinds het verdrag van kracht is (1992) heeft de OSPAR-Commissie een aantal besluiten (Decisions) en een groot aantal aanbevelingen (Recommendations) opgesteld. Deze bevatten wel gewenste maatregelen om emissies van zware metalen terug te dringen, maar geen emissieplafonds of concrete doelstellingen voor emissiereductie.

Onder het OSPAR-verdrag vinden verschillende monitoringactiviteiten plaats, zoals het meten van concentraties van een aantal stoffen uit de lijst (onder andere cadmium, lood en kwik) in zeewater en het bepalen van de atmosferische depositie van deze stoffen. Voor het laatste doel wordt samengewerkt met EMEP.

In de zogeheten NEC-richtlijn (Directive 2001/81/EC of the European Parliament) zijn emissieplafonds vastgesteld voor zwaveldioxide, stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen en ammoniak. Deze hebben vooral tot doel het oppervlak in Europa dat door verzuring is aangetast en de ozonbelasting voor de mens met de helft te verminderen. De maatregelen die worden getroffen om de emissies van de vier NEC-stoffen terug te dringen kunnen invloed hebben op de uitstoot van zware metalen, bijvoorbeeld doordat rookgasreinigingssystemen die zwaveldioxide afvangen ook metalen uit het afgas filteren. Ook het terugdringen van stofemissies heeft een positief effect op de uitstoot van metalen, die veelal aan stofdeeltjes zijn gebonden.

Verder bestaat er een internationale verplichting ten aanzien van de monitoring van emissies van zware metalen, namelijk op grond van de European Pollutant Release Transfer Register-verordening (E-PRTR). Deze verordening (Verordening nr. 166/2006 betreffende de instelling van een Europees register inzake de uitstoot en overbrenging van verontreinigende stoffen en tot wijziging van de Richtlijnen 91/689/EEG en 96/61/EG) is sinds februari 2006 van kracht. De E-PRTR-verordening vloeit voort uit het Aarhus-verdrag (Aarhus Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making), dat tot doel heeft om toegang tot informatie over het milieu voor het publiek te waarborgen.

De verordening verplicht bepaalde bedrijven om de emissiegegevens van diverse componenten te registreren en te rapporteren aan de overheid. De meeste van de bedrijven die hieraan moeten voldoen vallen ook onder de IPPC-richtlijn. Voor Nederland zijn dit voor de doelgroep Industrie ongeveer 1100 bedrijven. Deze moeten jaarlijks de uitstoot van circa 90 stoffen naar de bodem, het water en de lucht rapporteren en ook de hoeveelheden afval die het bedrijfsterrein verlaten. Om de uitstoot te bepalen moet een bedrijf een op het E-PRTR aangepast meet- en registratiesysteem hebben, waarbij ze gebruik moeten maken van de best beschikbare informatie. Wanneer een bedrijf geen eigen meetgegevens ter beschikking heeft, mag het gebruikmaken van vergelijkbare installaties of van kentallen uit de literatuur. Als ook die gegevens ontbreken, moet het bedrijf de emissies zelf schatten.

Het bevoegde gezag moet deze gegevens beoordelen op volledigheid, consistentie en juistheid om ze vervolgens op te nemen in een nationaal register dat via internet toegankelijk is. De EU voegt alle informatie uit de nationale registers van de lidstaten samen tot een Europees register. Met het in werking treden van de verordening is de rapportageplicht van het European Pollutant Emission Register (EPER) vervallen.

Vanaf 2009 wordt de nationale regelgeving geïntegreerd met de het E-PRTR. Het Besluit Milieuverslaglegging komt dan te vervallen en wordt vervangen door nieuwe regelgeving waarbij wel

zo goed mogelijk zal worden aangesloten bij het huidige systeem van elektronische milieuverslaglegging, het E-MJV.

Rapportage is conform de E-PRTR verordening verplicht voor die stoffen waarvan de drempelwaarde in de verordening wordt overschreden (EU, 2000b). De drempelwaarden voor cadmium, chroom, kwik, lood en zink zijn verschillend, zowel wat betreft emissies naar de lucht als naar het water. Voor cadmium bedragen ze respectievelijk 10 kg en 5 kg per jaar, voor chroom 100 kg en 50 kg per jaar, voor kwik 10 kg en 1 kg per jaar, voor lood 200 kg en 20 kg per jaar en voor zink 200 kg en 100 kg per jaar. Een vergelijking van de drempelwaarden met de gerapporteerde emissies in de E-MJV's (zie onder andere paragraaf 4.1) leert dat minimaal 30 bedrijven op grond van deze verordening verplicht zijn de emissies van één of meer zware metalen jaarlijks te rapporteren. In de praktijk wordt dat echter door veel meer bedrijven gedaan.

4.5 Toekomstige ontwikkelingen

In de jaren tachtig en negentig zijn door diverse maatregelen en ontwikkelingen de emissies van zware metalen naar de lucht en vooral naar het oppervlaktewater fors verminderd. Bij een groot aantal bronnen zijn emissiebeperkende maatregelen genomen om te kunnen voldoen aan de eisen gesteld in de NeR en om de belasting van het oppervlaktewater te beperken. Met de inwerkingtreding van de IPPC-richtlijn en de implementatie ervan is hier nog een extra slag gemaakt. De meeste grote bedrijven passen inmiddels BBT toe en voldoen aan de haalbare emissieconcentraties volgens de van toepassing zijnde BREFs. Deze bedrijven kunnen de emissies alleen verder reduceren door aanvullende maatregelen, die gepaard gaan met ingrijpende investeringen en hoge kosten. Zonder duidelijke noodzaak of dwang zullen bedrijven naar verwachting geen investeringen doen om deze emissies verder naar beneden te brengen, temeer daar de emissieplafonds voor de stoffen uit de NEC-richtlijn en het terugdringen van emissies van broeikasgassen momenteel veel meer aandacht vragen.

Toch zijn er op beperkte schaal nog verbeteringen te verwachten. De twee grootste bronnen van zware metalen naar de lucht, Corus en Thermphos, doen onderzoek naar de mogelijkheden voor verdere reductie van haar emissies, waaronder die van zware metalen. Bij Corus is dit expliciet in de meest recente revisievergunning opgenomen. Thermphos heeft in haar aanvraag voor een herziene vergunning jaarvrachten opgenomen die allen voldoen aan de eisen uit de NeR. Met name voor cadmium betekent dat een verdere afname van de uitstoot.

Er is echter ook een andere ontwikkeling. Als gevolg van een toenemend aantal energiecentrales die steenkool (veelal in combinatie met biomassa) gebruiken als brandstof kunnen de emissies van de energiesector naar de lucht de komende jaren stijgen. Dat geldt vooral voor kwik, dat niet eenvoudig uit het afgas is te verwijderen. Ytsma (2009) schat die toename op 200 kg kwik per jaar. Ook de emissies van andere metalen zouden kunnen stijgen, maar in beperktere mate, aangezien deze metalen wel goed uit het rookgas zijn te filteren. Overigens lijkt er in de afgelopen jaren al een toenemende trend in de metaalemissies uit de energiesector te zijn ingezet, maar die toename is gedeeltelijk schijn, omdat niet alle energiebedrijven consequent jaarlijks hun emissies hebben gerapporteerd.

De recente sluiting van het bedrijf Brunner Mond, in het najaar van 2009, heeft een afname van de emissies van cadmium, chroom, lood en zink naar het oppervlaktewater tot gevolg. Omdat dit bedrijf de grootste bron van deze metalen was binnen de doelgroep Industrie, zal de bijdrage van deze doelgroep aan de totale emissies naar het water afnemen. Daar staat tegenover dat de deze bijdrage, en ook die van de energiesector en de afvalverwerkingsbedrijven, relatief klein is vergeleken met

bijvoorbeeld de atmosferische depositie en de emissies uit de Landbouw, Riolering en waterzuiveringsinstallaties.

Het is te verwachten dat onder druk van de doelstellingen in de Europese Kaderrichtlijn Water maatregelen genomen zullen worden om de emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater verder te reduceren, vooral voor die metalen waarvan het MTR of de SW nog wordt overschreden (zie paragraaf 3.3). Echter, vanwege de beperkte bijdrage van de Industrie aan deze emissies is daar weinig winst te behalen. Betere technieken in rioolzuiveringsinstallaties en maatregelen om de emissies naar de lucht – en daarmee de atmosferische depositie – te beperken leveren meer op.

Het is van belang om zowel de emissies als de concentraties in het milieu te blijven monitoren, zodat bij een eventuele verdere stijging tijdig maatregelen genomen kunnen worden.

De monitoring van de emissies is echter nog voor verbetering vatbaar. Volgens de jaarrapportages van verschillende branches in de FO-industrie wordt een deel van de E-MJV's niet of te laat worden aangeleverd door het bedrijf. Het percentage niet of niet tijdig ingediende E-MJV's ligt de laatste jaren rond de 20 tot 40% (Facilitaire Organisatie Industrie, 2008a; 2008b; 2008c; 2009a; 2009b). Het betreft over het algemeen kleinere bedrijven. De controle van de E-MJV's door het bevoegde gezag gebeurt in de meeste gevallen wel op tijd en volledig, al zijn er ook hier uitzonderingen.

Uit een onderzoek van de VROM-Inspectie in samenwerking met PricewaterhouseCoopers, de KEMA en het RIVM naar het validatieproces van milieujaarverslagen, bleek dat er een significant risico bestaat op fouten in de door bedrijven opgegeven emissiecijfers, die in de validatie door het bevoegde gezag onontdekt blijven (VROM-Inspectie, 2007). Ongeveer een kwart van de onderzocht emissies kreeg de kwalificatie 'niet betrouwbaar'. De situatie lijkt sindsdien iets te zijn verbeterd, maar het blijft nodig alert te zijn.

In een evaluatie van data van prioritare stoffen in de Emissieregistratie uitte het MNP haar zorg en stelt zij dat de emissiegegevens beperkt betrouwbaar zijn en dat de betrouwbaarheid toen aan het afnemen was (Alkemade et al., 2005). De bevindingen van onderhavig onderzoek bevestigen dit beeld, zoals duidelijk is gemaakt in de paragrafen 4.1 en 4.2. Zo ontbreken in de (via internet toegankelijke) Emissieregistratie sommige totaalcijfers van bepaalde doelgroepen of bedrijven en zijn in de E-MJV's soms gegevens op een verkeerde manier opgegeven of verwerkt. Daarnaast ontbreken hier en daar emissies van bedrijven in enkele jaren ('gaten' in de tijdreeks) en zijn er enkele discrepanties tussen data in de (Nederlandse) Emissieregistratie en de (Europese) EPER-database. Betrouwbare emissiegegevens zijn van belang om te kunnen voldoen aan de verschillende internationale rapportageverplichtingen. In een recent onderzoek concludeerden Keller en Bil (2009) dat er nog onvoldoende prioriteit wordt gegeven aan de uitvoering van de E-PRTR-verordening, hoewel er een verbetering is geconstateerd ten opzichte van het verslagjaar 2007.

5 Concentraties in het milieu

5.1 Lucht

5.1.1 Meetstations en methoden in het LML

In het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) wordt sinds meer dan 20 jaar op vier locaties een aantal zware metalen in de lucht gemeten. De locaties zijn drie regionale meetstations in het noorden (Kollumerwaard), midden (Bilthoven) en zuiden (Biest-Houtakker) van het land en één straatstation in stedelijk-industrieel gebied (Vlaardingen-Floreslaan). Sinds 2007 wordt ook op zware metalen gemeten op het meetstation Vredepeel en sinds 2008 eveneens op de meetstations Wieringerwerf en Hellendoorn. Dit zijn alle drie regionale locaties. De metingen in Biest-Houtakker zijn vanaf 2008 beëindigd. Behalve in het LML worden ook door DCMR Milieudienst Rijnmond - en in het PIMM (Provinciaal Integraal Meetnet Milieukwaliteit van de provincie Zuid-Holland) op enkele meetpunten concentraties zware metalen gemeten.

De metalen waarop wordt gemeten zijn zink, arseen, cadmium, lood en, sinds kort, nikkel. Voor kwik zal nog een meetlocatie worden ingericht. In het LML wordt niet gemeten op chroom.

De metingen in het LML worden uitgevoerd door bemonstering van aerosolen (de metalen komen in de buitenlucht uitsluitend in stofgebonden toestand voor) uit de lucht met behulp van een Medium Volume Sampler (met een flow van $5,9 \text{ l min}^{-1}$), voorzien van een Whatman nr. 42 filter. De filters worden na afloop van de bemonstering verzameld, geëxtraheerd en met ICP-MS geanalyseerd op zink, arseen, cadmium, lood en nikkel. De bemonsteringsduur is 24 uur. Concentraties worden dagelijks bepaald.

Op grond van de Europese Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa (EU, 2008a) is Nederland verplicht metingen te gaan doen op (gasvormig) kwik. De meetmethode is echter nog in ontwikkeling. In 2010 zal de EU-strategie met betrekking tot het meten van kwik worden geëvalueerd. Volgens de richtlijn is momenteel een dichtheid van één meetpunt per 100.000 km^2 verplicht. Dat betekent dat Nederland één meetpunt voor kwik in lucht moet hebben (Manders en Hoogerbrugge, 2007).

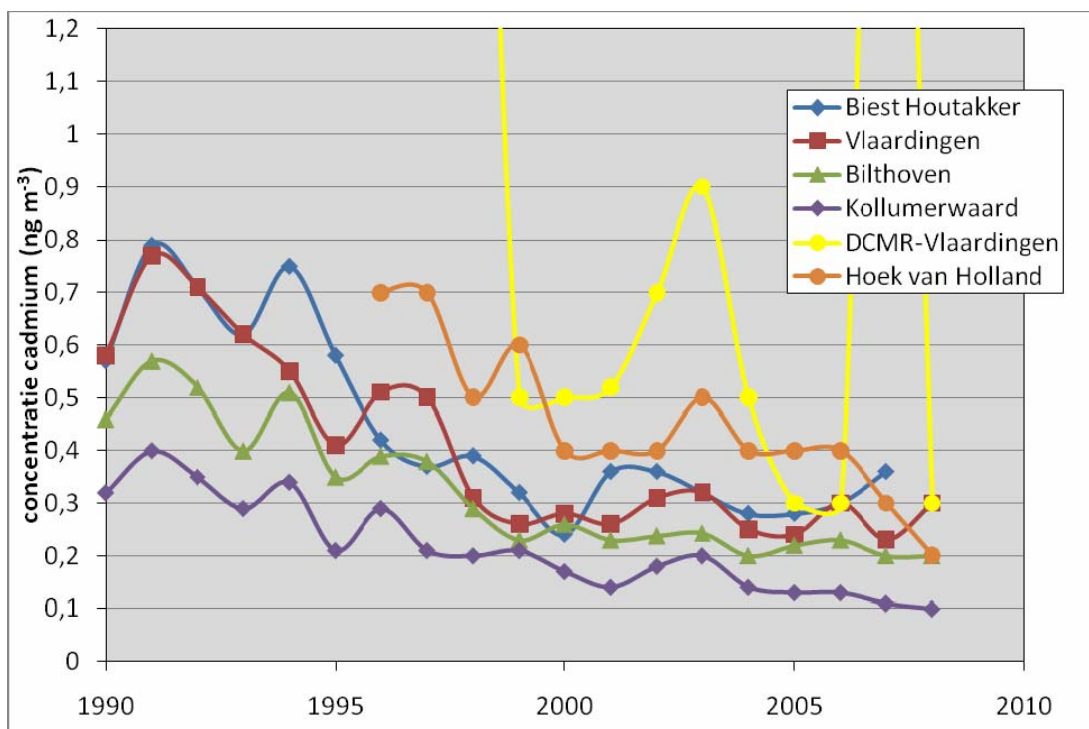
Vanwege het ontbreken van monitoringgegevens van kwik en chroom in Nederland zijn ten behoeve van dit onderzoek data verzameld uit andere bronnen, namelijk:

- Meetgegevens van enkele omliggende landen.
- De database van EMEP, het Europese monitoringnetwerk.
- Gegevens uit kortdurende meetcampagnes en uit de literatuur.

Uit deze bronnen zijn niet alleen data van kwik en chroom gehaald, maar ook van de andere drie metalen die wel in het LML worden gemeten. Doel hiervan is vast te stellen of bijvoorbeeld concentraties in omliggende landen vergelijkbaar zijn met die in Nederland.

5.1.2 Meetresultaten LML en andere Nederlandse meetnetten

In Figuur 21 tot en met Figuur 23 staat het verloop van de jaargemiddelde concentraties cadmium, lood en zink in de lucht op zes meetlocaties uit het LML en van DCMR en de provincie Zuid-Holland (PIMM). Het is duidelijk te zien dat de concentraties sinds 1990 fors zijn gedaald. Vanaf 2000 treedt min of meer stabilisatie op, met beperkte fluctuaties van jaar tot jaar.

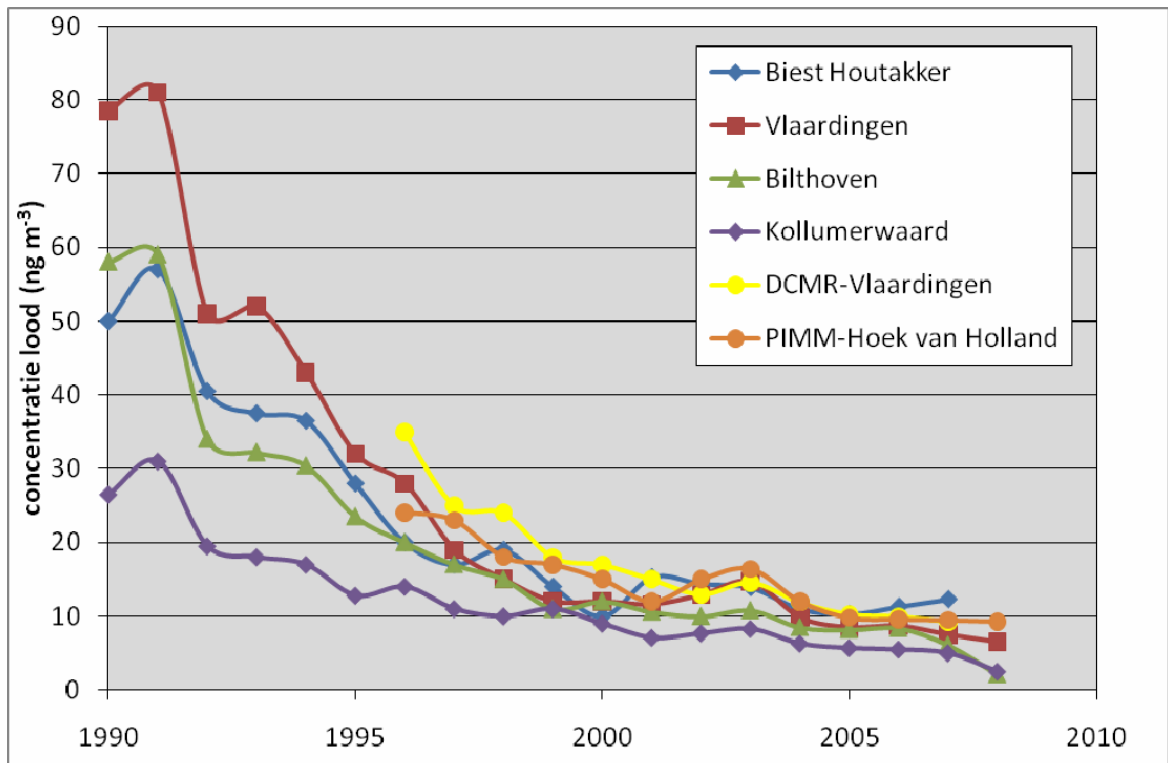


Figuur 21 Verloop van de concentratie cadmium in de lucht op een aantal meetstations in Nederland

De jaargemiddelde concentratie cadmium is sinds begin jaren negentig gedaald van ruim 0,5 tot 0,2 ng m^{-3} (gemiddelde over de LML-locaties). Alleen het meetpunt van DCMR in Vlaardingen (tegenover de Botlekhaven) vormt hierop een uitzondering: in enkele jaren zijn daar jaargemiddelde concentraties van 2 tot 4 ng m^{-3} gemeten. Het is een industrieel belast station met onder andere afvalverbrandingsinstallatie AVR (tot 2010), raffinaderijen (o.a. ExxonMobil), Aluchemie en veel scheepvaart in de buurt.

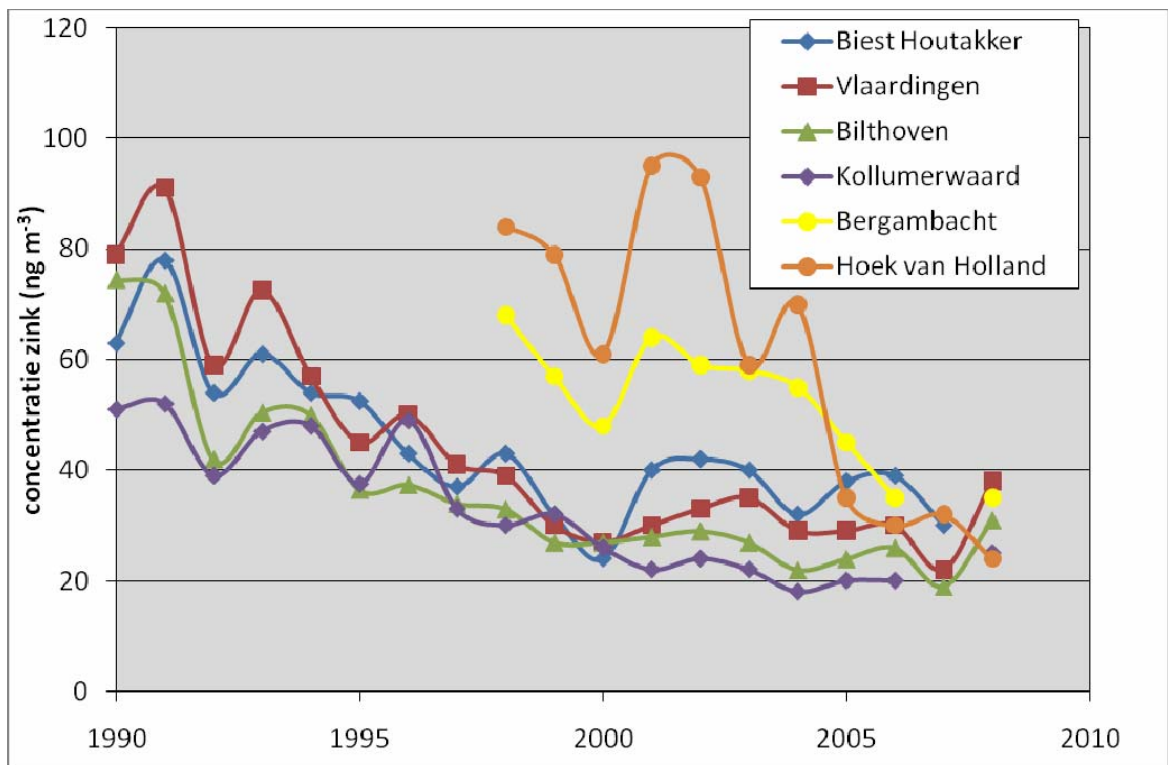
In het Basisdocument Cadmium (Ros en Slooff, 1990) staan gegevens over de periode 1975 tot 1985. Op regionale meetstations bedroegen de concentraties toen 0,7 tot 2 ng m^{-3} en op belaste locaties 2 tot 10 ng m^{-3} .

Uit Figuur 21 blijkt dat er ten aanzien van cadmium in de buitenlucht regionale verschillen zijn. In Kollumerwaard, in het noorden van Nederland, zijn de concentraties duidelijk lager dan op de andere LML-stations, die in het midden, westen en zuiden zijn gelegen. Op de industrieel belaste meetpunten in Vlaardingen en Hoek van Holland zijn de gehalten nog hoger. Naast jaargemiddelden is ook gekeken naar maximum daggemiddelde concentraties. Deze liggen sinds 2000, op een enkel geval na, tussen 1 en 3 ng m^{-3} .



Figuur 22 Verloop van de concentratie lood in de lucht op een aantal meetstations in Nederland

De grootste afname van de concentratie lood vond plaats tussen 1985 en 1995. Deze afname is vooral toe te schrijven aan de vervanging van loodhoudende door loodvrije benzine. In de jaren tachtig en negentig speelden ook industriële emissies nog een rol, gezien de toen hogere waarden op locaties (zoals Vlaardingen) in industriegebieden. In 1985 (niet vermeld in Figuur 22) lagen de jaargemiddelde concentraties nog tussen 70 en 130 ng m^{-3} op regionale locaties en 200 tot 400 ng m^{-3} op stedelijke en industrieel belaste meetpunten. In 1995 waren de niveaus een factor 5 tot 10 lager. Sinds 2000 is de daling van de loodconcentratie in de lucht gering en zijn de regionale verschillen in de concentratie lood beperkt. De maximum daggemiddelde concentraties varieerden in de afgelopen jaren van 20 tot 70 ng m^{-3} .



Figuur 23 Verloop van de concentratie zink in de lucht op een aantal meetstations in Nederland

Het concentratieverloop van zink (Figuur 23) vertoont enige gelijkenis met dat van cadmium. Dat is niet verwonderlijk, aangezien deze metalen aan elkaar zijn gerelateerd (zie paragraaf 3.1.2). De gemiddelde concentratie over de LML-locaties ligt momenteel op een niveau van 30 ng m^{-3} . Begin jaren negentig was dat nog $60 \text{ á } 70 \text{ ng m}^{-3}$. Volgens het Basisdocument Zink (Cleven et al., 1992) waren de concentraties in de jaren tachtig nog iets hoger: $80 \text{ á } 100 \text{ ng m}^{-3}$ op regionale meetstations en $100 \text{ á } 300 \text{ ng m}^{-3}$ op industriële en stedelijke locaties.

Ook de regionale verschillen voor zink komen overeen met die voor cadmium, waarbij de hoogste waarden voorkomen in industriegebieden. De maximum daggemiddelde concentraties liggen tussen $100 \text{ en } 200 \text{ ng m}^{-3}$ met soms een uitschieter (op industrieel belaste meetpunten) tot 400 ng m^{-3} .

Zoals gezegd worden chroom en kwik niet gemeten in het LML. In de Basisdocumenten over deze metalen (Slooff et al., 1989; Slooff et al., 1994) is enige informatie gegeven over de concentraties in de buitenlucht in de jaren zeventig en tachtig, gebaseerd op een beperkte set metingen. Voor chroom worden concentraties genoemd van $2 \text{ tot } 5 \text{ ng m}^{-3}$ (vijf locaties, meest regionaal) en voor kwik waarden tussen $1 \text{ en } 11 \text{ ng m}^{-3}$, gemeten op een kleine tien locaties. In het basisdocument staan ook (betrouwbaarder geachte) data uit een omvangrijke studie in Duitsland, waarin gemiddeld $2 \text{ tot } 4 \text{ ng m}^{-3}$ werd gevonden.

Aangezien de emissies naar de lucht sinds de jaren tachtig fors zijn gedaald, zullen de huidige concentraties chroom en kwik naar verwachting ook zijn afgenomen.

Zeswaardig chroom, waarvoor een aparte norm bestaat, wordt niet gemonitord. In 1996 zijn metingen gedaan op zeswaardig chroom in een meetcampagne van beperkte duur. Deze gegevens worden besproken in paragraaf 5.1.5.

Uit deze monitoringgegevens kan worden geconcludeerd dat de huidige concentraties van de metalen uit dit onderzoek ruim onder de grenswaarden uit Tabel 3 liggen. In paragraaf 5.1.6 wordt hier uitgebreider op ingegaan.

5.1.3 Omringende landen

Aangezien de concentraties metalen in de lucht, op enkele uitzonderingen na, over het algemeen niet sterk lokaal verschillen is het nuttig om na te gaan welke gegevens er zijn uit de landen om ons heen.

In Vlaanderen wordt op meerdere locaties gemeten op cadmium, lood en zink. Elk van deze metalen vertoont een dalende trend sinds de jaren tachtig/negentig, gevolgd door een stabilisatie in de laatste vijf jaar. De concentraties cadmium liggen onder de 5 ng m^{-3} , behalve op de locatie Beerse waar waarden tot 12 ng m^{-3} zijn gevonden. Beerse ligt in de Kempen, een van oudsher met cadmium en zink belast gebied (zie paragraaf 3.1.2). Daarnaast is er metaalindustrie gevestigd. Zelfs als dit in ogenschouw wordt genomen, is de concentratie erg hoog vergeleken met waarden die in grote industriegebieden in bijvoorbeeld Nederland en Duitsland worden gevonden.

De concentraties lood zijn iets hoger dan in Nederland, maar liggen nog wel ruim onder de grenswaarde van 500 ng m^{-3} . In 2007 werden loodconcentraties van 10 tot ruim 300 ng m^{-3} gemeten. De concentraties zink varieerden van 35 tot 330 ng m^{-3} . De ondergrens is vergelijkbaar met de jaargemiddelde concentraties op de Nederlandse locaties.

In Nordrhein Westfalen (Duitsland) wordt op drie locaties gemeten op cadmium en lood (niet op zink, chroom en kwik). De concentraties zijn vergelijkbaar met die in Nederland. Tot ongeveer 2000 was er een sterk dalende trend te zien en de laatste jaren lijken de concentraties min of meer stabiel. Voor cadmium ligt het niveau op ongeveer $0,2 \text{ ng m}^{-3}$ en voor lood op circa 10 ng m^{-3} . In het Roergebied zijn de concentraties ongeveer twee maal zo hoog en daarmee liggen ze iets boven de waarden op de industrieel belaste meetstations in Vlaardingen en Hoek van Holland.

In Engeland is het verloop van de concentraties zware metalen vergelijkbaar met dat in Nederland, België en Duitsland, dat wil zeggen een dalende trend tot 2000 en min of meer constante waarden in de laatste paar jaar. De concentraties cadmium liggen onder de 1 ng m^{-3} , met uitzondering van de locatie Brookside (gehalten tot bijna 5 ng m^{-3}). De loodconcentraties liggen onder de 100 ng m^{-3} en de concentraties zink liggen tussen 30 en 200 ng m^{-3} , met uitzondering weer van de locatie Brookside met concentraties tot bijna $1 \mu\text{g m}^{-3}$.

5.1.4 EMEP

EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) is een langjarig meetprogramma dat tot doel heeft wetenschappelijk gevalideerde gegevens te verzamelen over de luchtkwaliteit in Europa. Deze gegevens kunnen door de aangesloten landen worden gebruikt om het milieubeleid te evalueren en desgewenst aan te passen. Het programma is opgezet naar aanleiding van de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution van de UN-ECE (zie paragraaf 4.4). Het programma richt zich vooral op grootschalige en grensoverschrijdende luchtverontreiniging ('transboundary air pollution problems').

Een belangrijk onderdeel van EMEP is het monitoringnetwerk, waarin concentraties van een groot aantal stoffen in de lucht wordt gemeten. Het netwerk strekt zich uit over vrijwel heel Europa en bestaat in totaal uit ongeveer tweehonderd meetlocaties verspreid over bijna veertig landen (ook een aantal niet-EU-landen is aangesloten). Niet alle relevante stoffen worden op elke locatie gemeten. Metingen op de zware metalen uit dit onderzoek vinden plaats op twintig tot zestig meetpunten, afhankelijk van het soort metaal.

Ten behoeve van dit onderzoek zijn de meetwaarden van kwik, cadmium, lood, zink en chroom uit het EMEP-netwerk verzameld en bestudeerd. Deze resultaten worden hieronder kort besproken. Aan kwik en chroom wordt echter iets meer aandacht besteed, omdat deze metalen niet in Nederland worden gemonitord.

Cadmium en lood worden op ruim zestig locaties van het EMEP-netwerk bepaald, zink op circa vijftig locaties, chroom op minder dan veertig locaties en kwik op ruim twintig locaties. In vrijwel alle EU-landen bevinden zich één of meer meetpunten, waar de concentraties cadmium, lood en zink in de lucht worden gemeten. Chroom en kwik worden echter niet in alle bij EMEP aangesloten landen gemeten.

De gebruikte methoden zijn identiek aan of vergelijkbaar met die welke in Nederland wordt toegepast. Enkele landen meten de gehalten aan metalen in zowel zeer fijn stof (PM_{10} of $PM_{2,5}$) als in fijn stof (PM_{10}), in andere landen worden uitsluitend stofgebonden metalen bepaald (het bemonsterde aerosol is ongeveer gelijk aan fijn stof ofwel PM_{10}). Chroom wordt bepaald als 'totaal chroom'. Er wordt specifiek op zeswaardig chroom gemeten. Voor kwik worden verschillende methoden gehanteerd. Op sommige meetpunten wordt alleen stofgebonden kwik gemeten (in PM_{10} of totaal stof), op andere meetpunten alleen gasvormig kwik en op weer andere meetpunten de som van gasvormig en stofgebonden kwik. Er zijn ook locaties, waar zowel stofgebonden kwik (aerosol) als de som van gasvormig en stofgebonden kwik (air + aerosol) wordt bepaald. Opvallend is dat de gemeten concentraties stofgebonden kwik soms hoger uitvallen dan de somparameter. Waarschijnlijk heeft dit met de gebruikte meetmethode te maken.

Voor dit rapport zijn alleen meetwaarden van gasvormig kwik en van metalen in PM_{10} en stofgebonden metalen gebruikt.

De gemiddelde concentratie cadmium op de EMEP-metpunten schommelt de laatste jaren tussen 0,1 en 0,2 $ng\ m^{-3}$. De laagste waarden worden gemeten op afgelegen locaties zoals in Noorwegen en Finland. Iets hogere waarden (tot 0,4 $ng\ m^{-3}$) worden gevonden in Oost-Europese landen en op sommige stations in landen met veel industriële activiteit. Rond 1990 lag het Europese gemiddelde niveau nog op 0,7 tot 1 $ng\ m^{-3}$. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met die in Nederland.

Op de meeste EMEP-locaties ligt de concentratie chroom sinds 1990 tussen 0,5 en 2 $ng\ m^{-3}$. Op ver afgelegen meetpunten is de concentratie nog lager (0,1 tot 0,2 $ng\ m^{-3}$). Er zijn echter ook een paar plaatsen, waar beduidend hogere waarden worden gevonden, variërend van 3 tot 10 (in een enkel geval zelfs 25) $ng\ m^{-3}$. Deze meetpunten bevinden zich in België, Slowakije, Spanje en IJsland. De reden waarom juist op deze punten relatief hoge chroomgehalten worden gemeten, is niet bekend. De gemiddelde chroomconcentratie over alle EMEP-locaties ligt tussen 1 en 2 $ng\ m^{-3}$. De waarden verschillen enigszins van jaar tot jaar, maar er is vanaf 1990 geen duidelijke dalende of stijgende trend te zien. Vóór 1990 was het aantal meetpunten dusdanig laag, dat geen goed gemiddelde is te berekenen en er dus ook geen trend kan worden vastgesteld.

De loodconcentraties geven een iets ander beeld dan voor cadmium in de zin dat de verschillen in waarden tussen meetlocaties groter zijn. In 2007 liepen de niveaus uiteen van 0,4 $ng\ m^{-3}$ in het noorden van Noorwegen tot meer dan 10 $ng\ m^{-3}$ in Slowakije. Ook hier blijken de concentraties in Oost-Europese landen gemiddeld genomen wat hoger te liggen. Het gemiddelde over alle EMEP-stations bedroeg in 2007 ongeveer 4 $ng\ m^{-3}$, iets lager dan op de Nederlandse meetpunten. Begin jaren negentig was dat gemiddelde nog ongeveer 30 $ng\ m^{-3}$, vergelijkbaar met het niveau op het regionale station Kollumerwaard.

Kwik wordt op een beperkt aantal locaties in het EMEP-netwerk gemeten en in verschillende vormen (gasvormig, stofgebonden of als som), zoals eerder is aangegeven. Waarschijnlijk worden verschillende meetmethoden gebruikt, waardoor meetgegevens niet altijd goed vergelijkbaar zijn. Daar komt bij dat

op de meeste locaties slechts voor enkele jaren (twee tot vijf) meetdata beschikbaar zijn. Langere tijdreeksen zijn er alleen voor meetpunten in Noorwegen, Zweden, IJsland, Finland, Ierland en Duitsland (één meetpunt per land), veelal in afgelegen gebieden die in het geheel niet door industriële activiteiten worden belast. Kortom, de gegevens voor kwik in de lucht zijn beperkt en moeten als indicatief worden beschouwd.

De jaargemiddelde concentraties gasvormig kwik liggen tussen 1 en 2 ng m⁻³. Er zijn geen significante verschillen tussen waarden op verschillende meetpunten en er is sinds 1999 (voor die tijd werd niet gemeten op gasvormig kwik) geen dalende of stijgende trend in de loop der jaren te zien.

Een vergelijkbaar beeld geven de jaargemiddelde somconcentraties gasvormig en stofgebonden kwik (in EMEP aangeduid met 'air + aerosol'). De jaargemiddelde concentraties liggen tussen 1 en 4 ng m⁻³ en er zijn geen duidelijke verschillen tussen de meetlocaties. Op één locatie in Zweden (regionaal station in het zuidwesten) zijn er gegevens van een lange tijdreeks beschikbaar, namelijk sinds 1979. Hieruit blijkt dat de jaargemiddelde concentratie tussen 1979 en 1994 geleidelijk daalde van 4 naar 1,5 ng m⁻³ en daarna min of meer stabiliseerde.

De concentraties stofgebonden kwik (in EMEP aangeduid met 'aerosol' of in een enkel geval met 'PM₁₀') laten een veel grotere spreiding te zien, die zeer waarschijnlijk is toe te schrijven aan verschillen in methoden en de daaraan gerelateerde deeltjesgrootte van het verzamelde stof, variërend van fijn tot totaal stof. De meetlocaties zijn namelijk allemaal regionale stations, veelal zelfs ver verwijderd van gebieden met veel industrie of andere potentiële bronnen. De meetgegevens zijn daardoor moeilijk vergelijkbaar. Ter illustratie geven we enkele resultaten. In Engeland (drie locaties: aan de zuidkust, in het midden en in het noorden van het land; metingen sinds 2003) liggen de concentraties PM₁₀-gebonden kwik tussen 1 en 2 ng m⁻³. In Finland (twee locaties, beide in het noorden) werden iets hogere gehalten gevonden: 1,5 tot 3 ng m⁻³. Dit betreft echter geen PM₁₀-, maar niet nader gedefinieerd stofgebonden kwik. Op de meetpunten in Noorwegen, Zweden en IJsland, ook allemaal regionale stations, zijn echter veel hogere waarden gemeten, namelijk van 1 tot meer dan 25 ng m⁻³ (eveneens niet nader gedefinieerd stofgebonden kwik). De waarden zijn zowel over de tijd als over de locaties min of meer random verdeeld.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat op niet-belaste locaties de concentratie gasvormig kwik op een niveau van 1 tot 2 ng m⁻³ ligt en de concentratie stofgebonden kwik varieert van 1 tot 5 ng m⁻³ met uitschieters tot 25 ng m⁻³.

Het beeld van de zinkconcentraties is qua spreiding van de meetwaarden vergelijkbaar met dat van lood. In 2007 varieerden de jaargemiddelde concentraties van 1 á 2 ng m⁻³ (in Noorwegen en Finland) tot circa 40 ng m⁻³. Deze hoogste waarde werd, anders dan voor lood en cadmium, niet gemeten in Oost-Europa, maar in België. Ook in Nederland en Duitsland bevinden zich enkele meetpunten waar relatief hoge concentraties worden gemeten. Het gemiddelde over de Nederlandse locaties is anderhalf tot twee maal zo hoog dan dat over alle EMEP-locaties. Dat was begin jaren negentig anders. Toen bedroeg het gemiddelde over de EMEP-locaties 70 tot 80 ng m⁻³, iets hoger dan het gemiddelde in Nederland.

5.1.5 Kortdurende meetcampagnes

Eind jaren negentig zijn op verschillende locaties in Nederland gedurende een jaar de concentraties en samenstelling van fijn stof gemeten (Bloemen en van Putten, 2000). Dit onderzoek had tot doel informatie te verzamelen over de herkomst van stof en stofgebonden metalen in de buitenlucht. De resultaten van de metingen kunnen ook in dit onderzoek worden gebruikt. Het bemonsterde stof is steeds geanalyseerd op onder andere chroom, lood en zink, maar niet op cadmium en kwik.

In 1996 en 1997 zijn twee meetcampagnes uitgevoerd met specifieke aandacht voor zeswaardig chroom. Eén campagne had tot doel inzicht te krijgen in de concentratie zeswaardig chroom in de

buitenlucht in Nederland (Mennen et al., 1998). Op tien dagen, verspreid over twee maanden, zijn daggemiddelde concentraties totaal chroom en zeswaardig chroom gemeten op het LML-station Bilthoven. De andere campagne was gericht op de luchtkwaliteit op en in de omgeving van een aantal houtverduurzamingsbedrijven, die zogenaamde CCA (koper-chroom-arseen) zouten als impregneermiddel toepassen (Mennen et al., 1997).

In 2003 zijn concentraties zware metalen, waaronder cadmium, chroom, lood en zink, gemeten op een meetpunt in een woonwijk nabij een metaalgietery in Zaltbommel (Mennen et al., 2004). Gedurende ongeveer zes weken zijn dagelijks metingen verricht en in een aanvullend onderzoek zijn nog eens gedurende een half jaar (september 2004 tot april 2005) 48-uurs gemiddelde concentraties stof en zware metalen gemeten.

In de meetcampagne in 2003 zijn ook enkele specifieke metingen op zeswaardig chroom (chrom(VI)) gedaan. Er waren namelijk aanwijzingen, dat bij laswerkzaamheden in de gieterij zeswaardig chroom zou vrijkomen en in de omgeving zou worden verspreid. Omdat zeswaardig chroom veel schadelijker is dan andere vormen van chroom, is hier specifiek op gemeten. Daarbij zij vermeld dat het aantal chrom(VI)-metingen beperkt was, omdat deze zeer arbeidsintensief en kostbaar zijn.

De meetgegevens uit de bovengenoemde onderzoeken zijn, behoudens die voor zeswaardig chroom, samengevat in Tabel 13. Bij elke locatie zijn de gemiddelde waarden en (cursief) de 10- en 90-percentielen van de daggemiddelde concentraties cadmium, chroom, lood en zink gegeven. Er is gekozen voor 10- en 90-percentielen en niet voor minimale en maximale waarden, omdat in de set meetgegevens soms uitschieters voorkwamen die het beeld van de luchtkwaliteit niet goed weergeven. Voor de locatie Zaltbommel is onderscheid gemaakt tussen 'onbelast' (gemeten op dagen dat de wind niet vanaf het bedrijf richting meetpunt stond) en 'belast' (gemeten op dagen dat de wind gedurende minimaal enkele uren vanaf het bedrijf richting meetpunt stond). De laatste waarden geven inzicht in de concentraties die kunnen voorkomen in belaste gebieden, zij het dat deze data wel een specifieke situatie betreffen. Alle vier de metalen worden door het betreffende bedrijf geëmitteerd, maar dat is niet bij alle gieterijen het geval.

In de onderste rij van Tabel 13 zijn ter aanvulling meetgegevens uit verschillende campagnes in het buitenland samengevat, zowel in landelijk als stedelijk en industrieel gebied. In enkele van deze studies zijn hogere concentraties gemeten, maar dat betrof situaties die niet representatief zijn voor Nederland (bijvoorbeeld ongeveer 500 ng m⁻³ lood op enkele straatstations met druk verkeer in de USA). Deze hogere waarden zijn niet in de tabel verwerkt.

Tabel 13 Overzicht van concentraties cadmium, chroom, lood en zink in de lucht, gemeten in enkele meetcampagnes in Nederland

| Meetlocatie | Concentraties (ng m ⁻³) | | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| | Cadmium | Chroom | Lood | Zink |
| Vredepeel (regionaal) | g.d. | 3,8 <i>1,3 – 10,5</i> | 23,5 <i>3 – 55</i> | 61 <i>15 – 113</i> |
| Rotterdam Overschie (stad, nabij snelweg) | g.d. | 7,1 <i>1,3 – 14,1</i> | 27 <i>3 – 59</i> | 58 <i>11 – 110</i> |
| Amsterdam Overtoom (stadsachtergrond) | g.d. | 2,7 <i>1,3 – 5,3</i> | 16 <i>3 – 41</i> | 32 <i>10 – 68</i> |
| Amsterdam Stadhouderskade (straat) | g.d. | 5,8 <i>1,3 – 12,5</i> | 32 <i>3 – 60</i> | 33 <i>18 – 115</i> |
| Zaltbommel woonwijk (onbelast) | 0,7 <i>0,2 – 11</i> | 6,5 <i>1,2 – 32</i> | 11,5 <i>2 – 44</i> | 73 <i>17 – 230</i> |
| Zaltbommel woonwijk (belast) | 4,3 <i>0,4 – 30</i> | 51 <i>6 – 95</i> | 39 <i>9 – 68</i> | 233 <i>76 – 530</i> |
| Literatuur (diverse buitenlandse meetcampagnes) ¹⁾ | 0,5 <i>0,1 – 30</i> | 5 <i>0,5 – 20</i> | 20 <i>5 – 200</i> | 50 <i>10 – 200</i> |

¹⁾ Onder andere: Noll et al., 1990; Kim and Fergusson, 1994; Foltescu et al., 1994; Janssen et al., 1997; Reimann and de Caritat; 1998; Zufall et al., 1998; Paode et al., 1999; Visser et al., 2001.

Uit de verschillende campagnes waarin op chroom(VI) is gemeten blijkt dat de concentratie in de buitenlucht in onbelaste gebieden over het algemeen lager is dan 0,1 ng m⁻³. In belaste gebieden werden concentraties gevonden van 3 tot 20 ng m⁻³ bij wind vanuit de bron (houtverduurzamingsbedrijf of metaalgieterij tijdens laswerkzaamheden). Dit zijn geen daggemiddelde waarden, maar metingen over perioden van 2 tot 5 uur. Als de wind niet van het bedrijf afkomstig was, was de (daggemiddelde) concentratie maximaal 0,5 ng m⁻³.

Omdat er geen data zijn van kwik uit Nederlandse meetcampagnes, zijn gegevens betrokken uit studies in andere landen. In de USA wordt veel aandacht besteed aan kwik in de lucht, onder andere vanwege de emissies uit kolengestookte energiecentrales, raffinaderijen en de metaalindustrie. Tijdens recente meetcampagnes in Utah, Wisconsin en in een bosgebied in de staat New York (allen aangeduid als relatief onbelaste locaties) werden concentraties gevonden van 1 tot 2,5 ng m⁻³ gasvormig kwik en 2 tot 5 ng m⁻³ stofgebonden kwik (Choi et al., 2008; Peterson and Gustin, 2008; Watras et al., 2009). Deze concentraties zijn vergelijkbaar met de waarden op de EMEP-meetstations. In belaste gebieden komen hogere concentraties voor. Fu et al. (2009) maten gasvormig kwik op verschillende typen locaties in de provincie Sichuan in China. Zij vonden waarden van 1-3 ng m⁻³ op rurale locaties, 3-8 ng m⁻³ in stedelijk gebied en 5-20 ng m⁻³ op locaties nabij een groot industrieel gebied. Gibičar et al. (2009) onderzochten het effect van een chlooralkalifabriek op de kwikconcentraties in de leefomgeving. De emissie van de fabriek werd geschat op 285 kg per jaar, hetgeen hoog is vergeleken met de meeste bronnen in Nederland (zie Tabel 9). Het geëmitteerde kwik was voor ca. 95% gasvormig (Hg⁰). De concentraties in de nabije omgeving varieerden van 2,8-4,2 ng m⁻³ in de winter en 8,0-8,7 ng m⁻³ in de zomer, hoewel op sommige dagen piekwaarden tot 100 ng m⁻³ werden gevonden. Op 3 km en verder van de fabriek was de concentratie gedaald tot het achtergrondniveau van 2 ng m⁻³.

5.1.6 Vergelijking concentraties met normen en grenswaarden

In deze paragraaf worden de concentraties in de lucht zoals weergegeven in de vorige paragrafen vergeleken met de normen en grenswaarden.

De concentratie cadmium in de buitenlucht ligt vrijwel in heel Nederland ruim beneden de richtwaarde van 5 ng m^{-3} . Op de meetlocatie nabij de metaalgieterij in Zaltbommel zijn op sommige dagen hogere concentraties gevonden, maar het jaargemiddelde ligt ook daar onder de richtwaarde. Bovendien is het bedrijf inmiddels verplaatst en zijn de emissies teruggedrongen.

Voor totaal chroom liggen de concentraties in heel Nederland, ook in industriële gebieden en op belaste locaties, ruim beneden de gezondheidkundige grenswaarde van $60 \mu\text{g m}^{-3}$ ofwel 60.000 ng m^{-3} . Ook de grenswaarde voor zeswaardig chroom, $2,5 \text{ ng m}^{-3}$, wordt over het algemeen niet overschreden. In belaste locaties komen geregeld hogere piekconcentraties voor, maar die leiden op jaargemiddelde basis niet tot een overschrijding van de grenswaarde.

Op grond van het beperkte aantal meetgegevens voor kwik op meetpunten in het EMEP-netwerk, uit meetcampagnes in belaste en onbelaste gebieden in Europa, China en de USA dan wel van metingen in Nederland uit de jaren zeventig en tachtig, kan worden geconcludeerd dat het jaargemiddelde niveau in de buitenlucht in Nederland ruim onder de gezondheidkundige grens- en advieswaarden (200 ng m^{-3} voor buitenlucht en 50 ng m^{-3} voor binnenlucht) ligt.

In heel Nederland ligt de concentratie lood ruim beneden het MTR van $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ ofwel 500 ng m^{-3} . De streefwaarde van 5 ng m^{-3} , die overigens niet officieel is vastgesteld door in het kader van de (Inter)nationale Normen Stoffen (zie voetnoot 5 in Tabel 3), wordt op veel plaatsen (nog) niet gehaald.

Er is geen gezondheidkundige norm voor chronische blootstelling aan zink. In het Europese Risk Assessment Report voor zink (EU RAR, 2008) worden de inhalatoire toxiciteitsgegevens samengevat. Er blijken slechts proefdierstudies van korte duur beschikbaar te zijn. In deze studies werd deels op ultrafijn zinkoxide getest (ultrafijne zinkdeeltjes zijn waarschijnlijk meer toxisch dan grotere deeltjes). Bij concentraties van $2,3 \text{ mg m}^{-3}$ en hoger werden directe effecten op de longen (enzymveranderingen, ontstekingsreacties) waargenomen. Dergelijke effecten zijn bij de veel lagere gemeten concentraties in de buitenlucht, zowel in belaste als onbelaste gebieden ($20 \text{ tot } 300 \text{ ng m}^{-3}$), zeer onwaarschijnlijk. Gezien de fysiologische rol van zink zijn effecten in inwendige organen eveneens niet waarschijnlijk bij deze concentraties.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat de huidige niveaus van cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de buitenlucht in Nederland onder de normen, grens- en advieswaarden ter bescherming van mens en milieu liggen. Op basis van metingen nabij bedrijven die metalen emitteren en resultaten van verspreidingsberekeningen rond grote bronnen (zoals bijvoorbeeld in het recente onderzoek naar de invloed van Corus op de leefomgeving; zie Schols, 2009) kan worden vastgesteld dat ook in belaste gebieden geen overschrijding optreedt van de normen, grens- en advieswaarden. Deze zware metalen vormen in de buitenlucht dus geen directe bedreiging voor mens en milieu. Wel kan depositie vanuit de lucht leiden tot een verhoogde belasting van bodem en oppervlaktewater. Hier wordt in paragraaf 5.4 op ingegaan.

5.2 Regenwater

Sinds begin jaren negentig worden op meer dan vijftien plaatsen in het LML concentraties cadmium, chroom, lood en zink in regenwater gemeten. Vanaf 2005 is het aantal stations gereduceerd tot elf en sinds 2006 zijn er nog vier punten in Nederland waar zware metalen worden gemeten in regenwater. Tevens wordt er op één locatie kwik in regenwater gemeten. In 2006 zijn er op de resterende locaties nieuwe regenvangers geplaatst. Een studie naar de vergelijking tussen resultaten met de oude en de nieuwe regenvangers is in voorbereiding (Van der Swaluw et al., in prep.), vandaar dat in dit rapport gekozen is om alleen de resultaten van 1992-2004 te beschrijven.

De monsternamen van regenwater voor analyse op zware metalen vindt plaats met behulp van zogenaamde 'wet-only' vangers. Dit zijn instrumenten waarvan de opvangtrechter met een deksel is afgesloten wanneer er geen regen valt. Bij het begin van regenval geeft de bij de regenvanger behorende detector een signaal af om het deksel te openen. Na afloop van de regen sluit het deksel weer automatisch. De bijdrage van droge depositie in de trechter tijdens droge perioden wordt zodoende geëlimineerd. Op ieder station staan twee vangers opgesteld: één voor de analyse van hoofdcomponenten en één voor de analyse van zware metalen.

De opvangtrechter en de verzamelfles van al deze vangers zijn van glas. Voor nadere bijzonderheden wordt verwezen naar Buijsman (1989) en Elzakker (2001).

De monsters voor analyse op zware metalen worden op tweewekelijkse basis verzameld en aan het eind van twee periodes van twee weken samengevoegd. Zodoende worden in een jaar 13 monsters per station geanalyseerd.

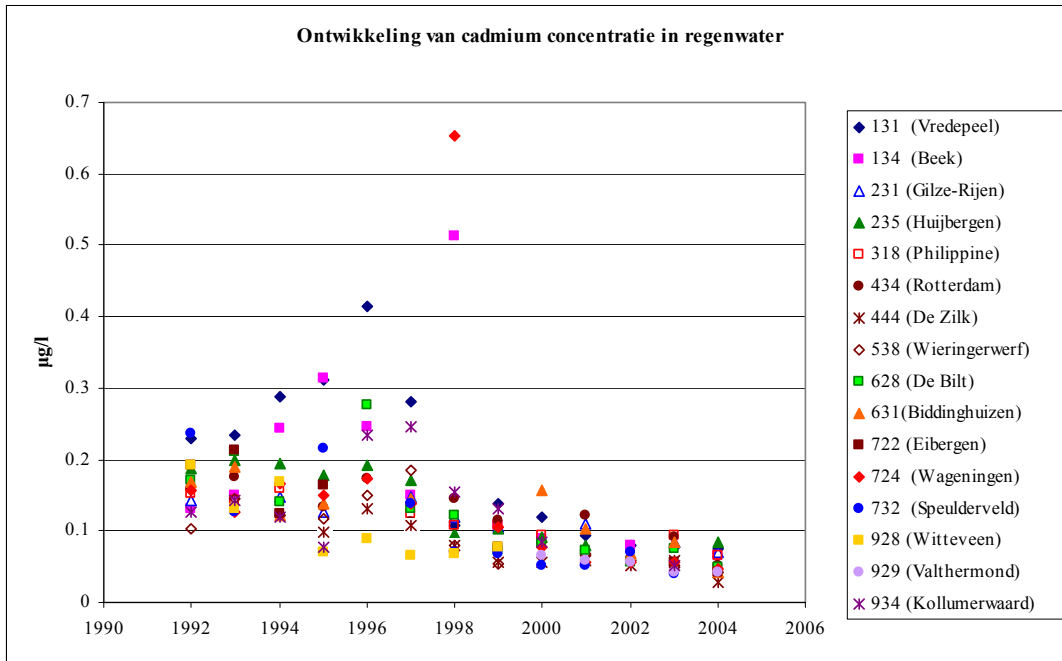
In Figuur 24 tot en met Figuur 28 is het verloop gegeven van de jaargemiddelde concentraties op de meetlocaties in Nederland van 1992 tot en met 2004. De detectiegrens voor chroom in regenwater bedraagt $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$. Uit Figuur 25 blijkt dat alle meetwaarden onder deze detectiegrens liggen, waardoor voor dit metaal geen trendanalyse kan worden gemaakt.

De concentraties in regenwater zijn gerelateerd aan die in de lucht, waardoor is te verwachten dat de concentraties in regenwater en lucht dezelfde trend laten zien. Dat blijkt voor de meeste metalen inderdaad het geval.

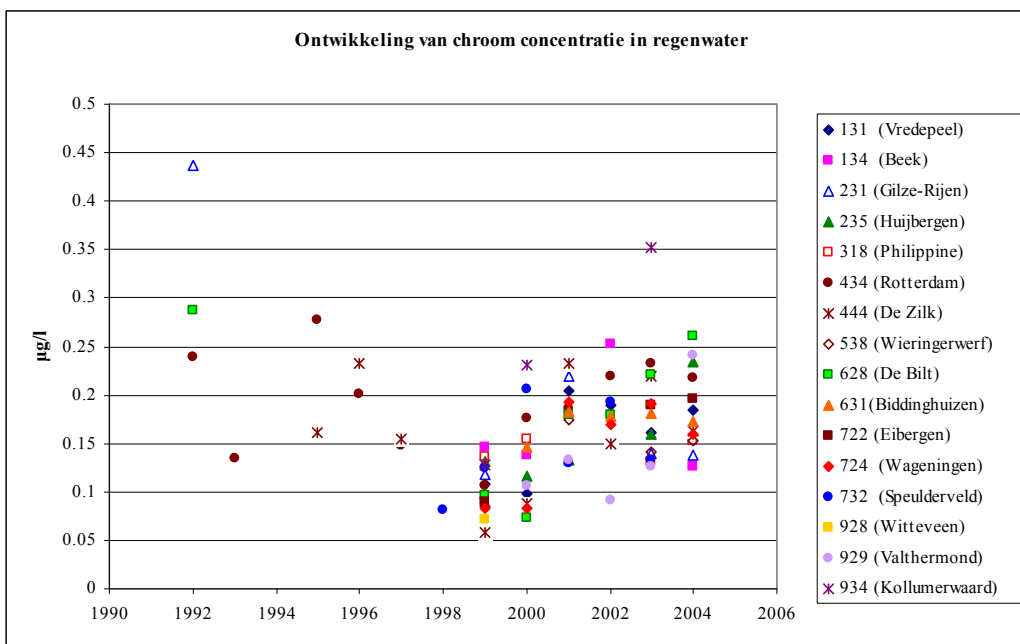
De daling van cadmium en zink in regenwater houdt redelijk gelijke tred met het verloop van de concentraties in de lucht en ook met de emissies naar de lucht (daling van een factor 2 tot 3 tussen 1990 en 2005). De daling van de concentratie kwik in regenwater ligt in lijn met de daling van de kwikemissies naar lucht.

Voor lood is de daling van de emissies naar en concentraties in de lucht sterker dan die in regenwater. Het is niet helemaal duidelijk wat de reden hiervoor is, maar het zou te maken kunnen hebben met het grotere aandeel van droge depositie van loodhoudende stofdeeltjes in de periode dat het verkeer de grootste bron was. Deze deeltjes werden immers op lage hoogte geëmitteerd en daardoor minder opgenomen in regendruppels.

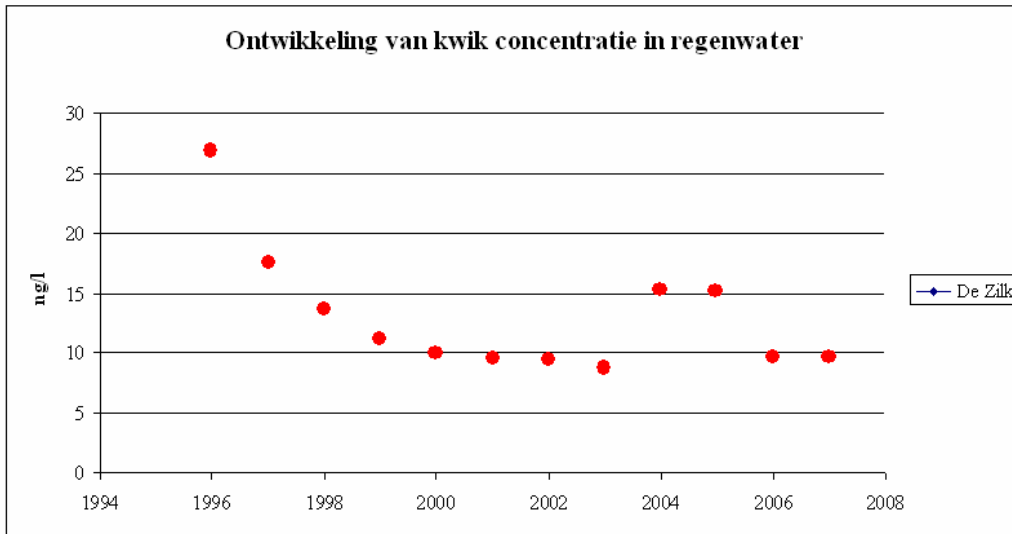
Omdat alle meetwaarden onder de detectiegrens liggen kan het verloop van het chroomgehalte in regenwater niet worden vastgesteld. Zodoende is geen vergelijking met de emissies en concentraties in de lucht te maken.



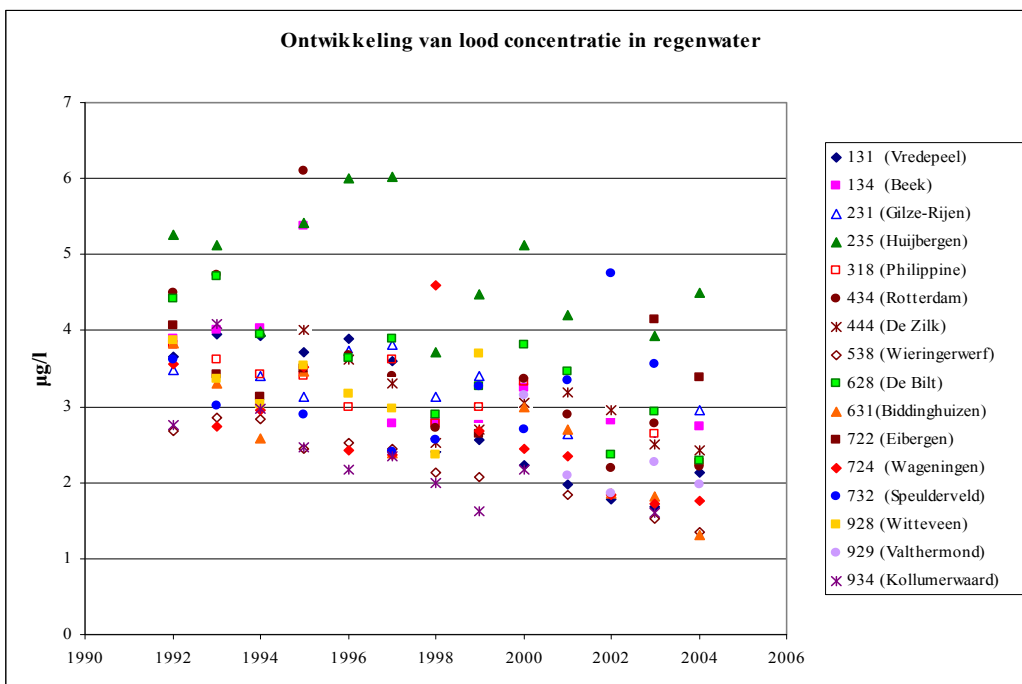
Figuur 24 Verloop van de concentratie cadmium in regenwater



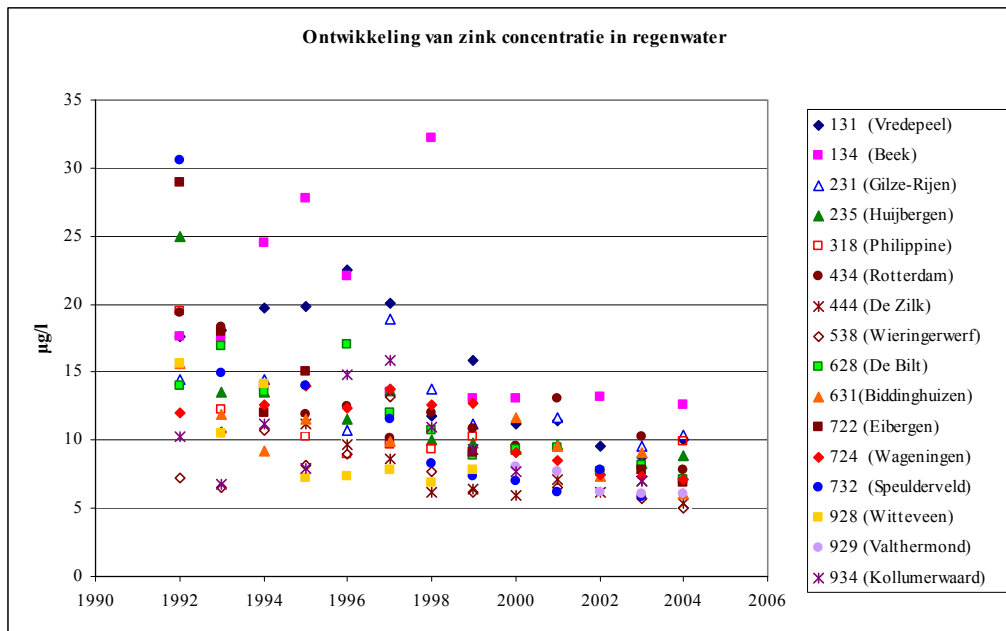
Figuur 25 Verloop van de concentratie chroom in regenwater (alle waarden liggen onder de detectiegrens)



Figuur 26 Verloop van de concentratie kwik in regenwater



Figuur 27 Verloop van de concentratie lood in regenwater

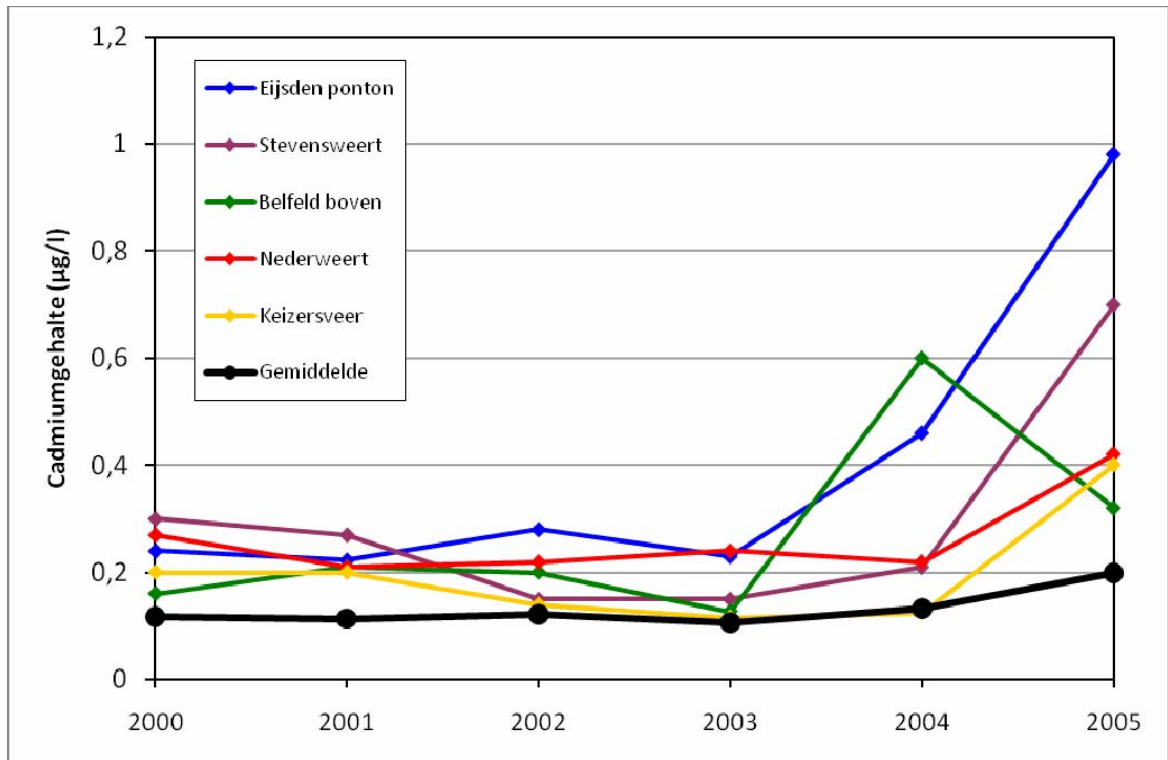


Figuur 28 Verloop van de concentratie zink in regenwater

5.3 Oppervlaktewater

Een overzicht van de huidige concentraties cadmium, chroom, kwik, lood en zink in Nederlandse rijkswateren is gegeven in Figuur 29 tot en met Figuur 33. De gepresenteerde gegevens zijn afgeleid van de set aan beschikbare meetgegevens uit de database WaterStat (www.waterstat.nl/) van het ministerie van Verkeer en Waterstaat. In deze database staan de meetresultaten van stoffen die in het kader van monitoringprogramma's op verschillende relevante locaties in Nederland worden uitgevoerd. Metingen op zware metalen worden gedaan op ongeveer 25 locaties verspreid over Nederland. Zowel de totale concentratie van de stof als de opgeloste fractie worden gemeten. In onderstaande grafieken is echter alleen de totale concentratie van de stof weergegeven.

In de figuren zijn steeds de jaargemiddelde gehalten van 2000 tot en met 2005 gegeven, gemeten op de vijf meest belaste locaties (locaties met de hoogste meetwaarden) en de gemiddelde waarden over alle meetlocaties. Informatie over de ligging van deze locaties kan verkregen worden op de kaart van Nederland op de website van WaterStat (www.waterstat.nl/).



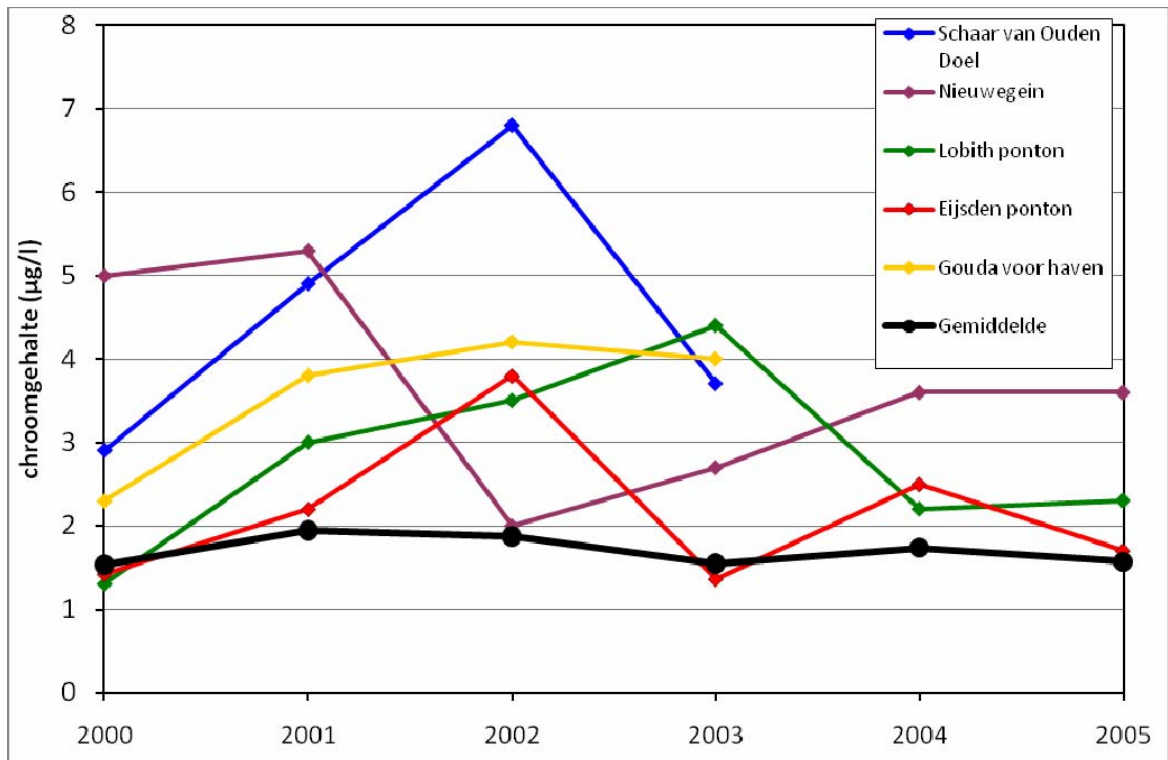
Figuur 29 Overzicht van jaargemiddelde gehalten cadmium (totale fractie) in de Nederlandse oppervlaktewateren

Het natuurlijke cadmiumgehalte in zoetwater bedraagt gemiddeld ongeveer $0,07 \mu\text{g l}^{-1}$ (Förstner en Wittmann, 1981). In zeewater is, in de Stille en Atlantische Oceaan, een laagste waarde gevonden van $0,001 \mu\text{g l}^{-1}$ (Nürnberg en Mart, 1985). Een belangrijk deel van het cadmium komt gebonden aan zwevend slib voor. Het zwevendstofgehalte bepaalt daarmee in aanzienlijke mate het totaalgehalte. In open zeewater is cadmium praktisch geheel in oplossing.

Uit Figuur 29 blijkt dat het gemiddelde cadmiumgehalte in de Nederlandse oppervlaktewateren ligt tussen $0,11$ en $0,2 \mu\text{g l}^{-1}$. Dat is lager dan de streefwaarde voor de totale concentratie ($0,4 \mu\text{g l}^{-1}$). Op de meeste meetpunten ligt de jaargemiddelde concentratie tussen $0,05$ en $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$, maar op enkele locaties zijn de gehalten hoger. Dit betreft vooral meetpunten in de Maas (Belfeld boven, Eijsden ponton, Stevensweert, Nederweert en Keizersveer). In 2004 en 2005 is op enkele van deze punten de streefwaarde overschreden. Ook ligt de jaargemiddelde concentratie op twee (in 2004) respectievelijk vijf (in 2005) meetpunten boven de hoogste JG-MKN (klasse 5; een preciezere vergelijking met de MKN-waarden uit de KRW is niet goed mogelijk vanwege het ontbreken van gegevens over de hardheid van het water). Een verklaring voor deze verhoging is dat sinds 2005 bekend is geworden dat grote hoeveelheden cadmium in de Maas werden geloosd. Dat bleek uit meetresultaten van de Vlaamse Milieu Maatschappij en de Nederlandse Rijkswaterstaat. De bron van de vervuiling werd in mei 2006 ontdekt en bleek afkomstig van een bedrijf uit de omgeving van Luik. Ook relevant is dat op de meetpunten Eijsden en Stevensweert in 2005 het 90 percentiel van daggemiddelde concentraties $1,8$ en $1,5 \mu\text{g l}^{-1}$ bedroeg en dat op deze locaties en ook die in Keizersveer en Belfeld maximale dagwaarden van $2,9$ tot $6,5 \mu\text{g l}^{-1}$ zijn gemeten. Dat is hoger dan de MAC-MKN (klasse 5), de norm voor piekwaarden.

Vergeleken met de toestand van het milieu in de jaren zeventig en tachtig zijn de cadmiumgehalten in de Nederlandse oppervlaktewateren duidelijk gedaald. In de Maas (Eijsden) werd in 1975 nog een

gehalte van $9 \mu\text{g l}^{-1}$ gemeten en tot en met 1985 lag het gehalte boven de $1 \mu\text{g l}^{-1}$. In de Westerschelde werden vergelijkbare waarden gevonden: $0,5$ tot $2 \mu\text{g l}^{-1}$. De concentraties in de Rijn waren in de jaren zeventig nog vrij hoog (1 tot $4 \mu\text{g l}^{-1}$), maar in 1985 waren ze al gedaald tot $0,1$ á $0,4 \mu\text{g l}^{-1}$. Daarmee lagen ze op hetzelfde niveau als het gehalte in het IJsselmeer en omliggende wateren en in het Veerse Meer en Grevelingenmeer. De gehalten in deze wateren liggen nu rond het achtergrondniveau ($0,05$ tot $0,1 \mu\text{g l}^{-1}$).



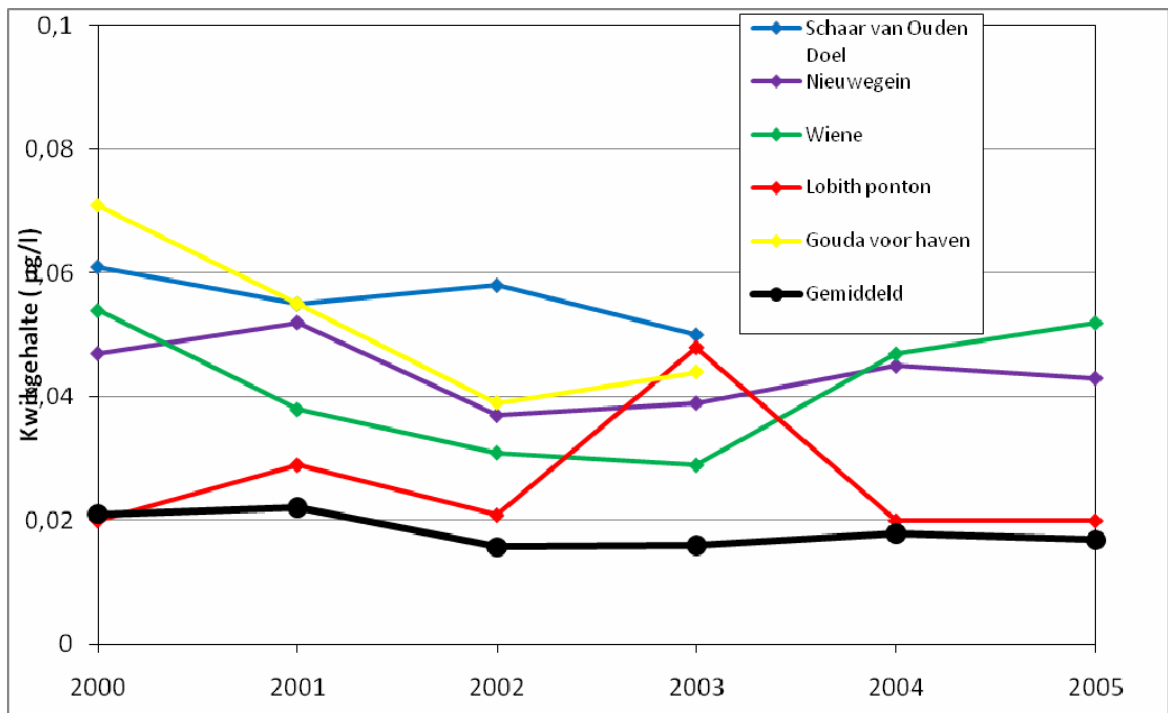
Figuur 30 Overzicht van jaargemiddelde gehalten chroom (totale fractie) in de Nederlandse oppervlaktewateren

Het achtergrondgehalte aan totaal chroom in oppervlaktewater ligt tussen 1 en $2 \mu\text{g l}^{-1}$ (Van Eck et al., 1985; NAS, 1974). In zeewater is het natuurlijk niveau iets lager: $0,04 - 0,5 \mu\text{g l}^{-1}$ (NAS, 1974). De fractie opgelost chroom ten opzichte van totaal chroom varieert van 10 tot 30% .

De gemiddelde chroomconcentratie in de Nederlandse oppervlaktewateren ($1,5$ tot $2 \mu\text{g l}^{-1}$) ligt rond de achtergrondwaarde en onder zowel de streefwaarde van $2,4 \mu\text{g l}^{-1}$ (totale concentratie) als de JG-MKN van $3,4 \mu\text{g l}^{-1}$. Figuur 30 laat echter zien, dat op enkele meetpunten overschrijdingen voorkomen. Het gaat vooral om meetpunten in het stroomgebied van de Rijn (Lobith, Nieuwegein) en de Maas (Eijsden, Belfeld en Keizersveer; van de laatste twee punten zijn geen gegevens opgenomen in Figuur 30, maar de waarden verschillen nauwelijks van die in Eijsden). Daarnaast zijn op de locatie Schaar van Ouden Doel, gelegen in de Westerschelde, verhoogde waarden gemeten. Het MTR ($84 \mu\text{g l}^{-1}$) wordt op geen enkele locatie overschreden.

Volgens Figuur 30 zijn de chroomgehalten sinds 2000 min of meer constant, met lichte variaties van jaar tot jaar. Tot in de jaren negentig was er sprake van een dalende trend, die is ingezet in de jaren zeventig. De chroomgehalten in de grote rivieren waren toen aanzienlijk hoger dan nu, vooral in de Rijn (concentraties van 20 tot $50 \mu\text{g l}^{-1}$) en in iets mindere mate in de Maas (concentraties tot $15 \mu\text{g l}^{-1}$). De belangrijkste oorzaak hiervan was de aanvoer vanuit het buitenland, hoewel ook emissies van de

Nederlandse industrie bijdroegen (zie paragraaf 4.2.3). Ter illustratie: In 1970 werd via de Rijn ongeveer 4000 ton chroom ingevoerd. In 1985 bedroeg die invoer nog maar 563 ton. De concentraties chroom in Rijn en Maas daalden hierdoor tot onder de $10 \mu\text{g l}^{-1}$ en daarna is de daling geleidelijk voortgezet.



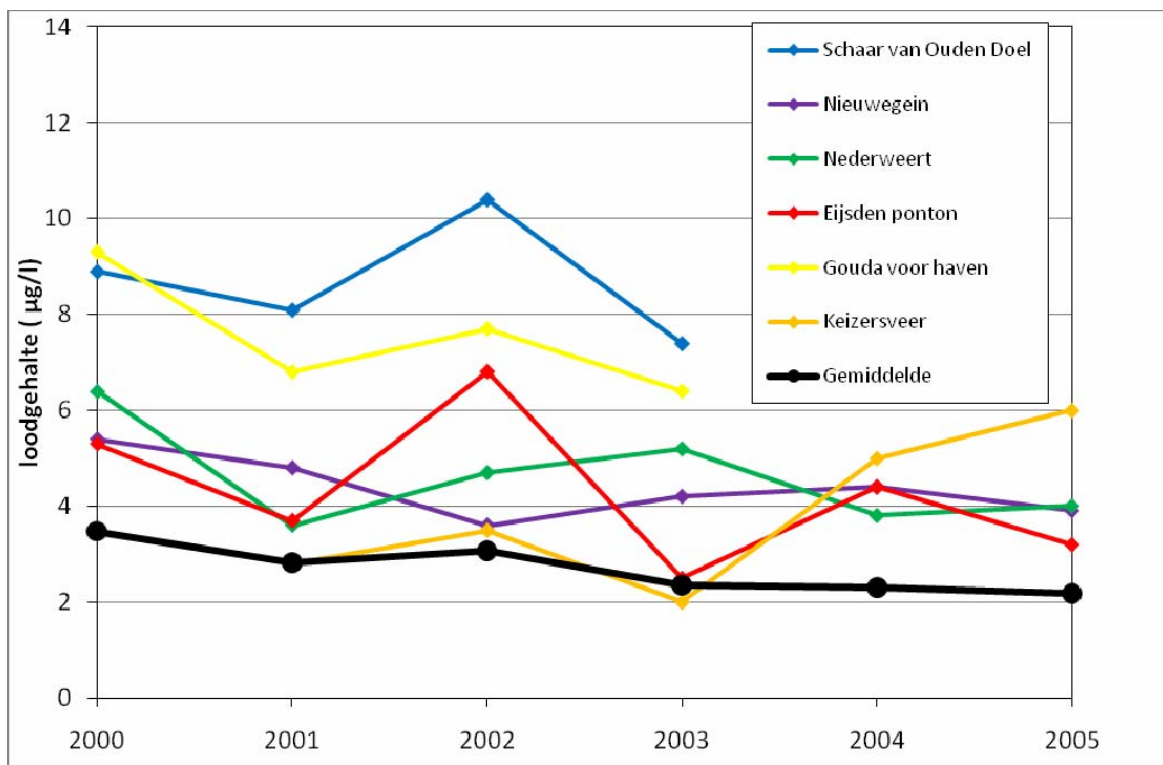
Figuur 31 Overzicht van jaargemiddelde gehalten kwik (totale fractie) in de Nederlandse oppervlaktewateren

Kwik komt van nature voor in oppervlaktewateren, grotendeels in anorganische vorm. Een klein percentage bestaat uit methylkwik. Het achtergrondgehalte aan kwik in zoetwater ligt op een niveau van 1 tot 3 ng l⁻¹ (ofwel 0,001 tot 0,003 µg l⁻¹). In kustwateren varieert het gehalte tussen 2 en 15 ng l⁻¹ en in de open oceaan tussen 0,5 en 3 ng l⁻¹ (WHO, 1989). Slechts een beperkt deel van het kwik komt in opgeloste vorm voor; het grootste deel is gebonden aan zwevend slib.

Figuur 31 toont aan dat de gemiddelde kwikconcentratie in de Nederlandse oppervlaktewateren rond de 0,02 µg l⁻¹ ligt. Dat is ruim beneden de streefwaarde voor de totale concentratie (0,07 µg l⁻¹). Ook op de afzonderlijke meetpunten komt de jaargemiddelde concentratie sinds 2001 niet boven de streefwaarde uit en de JG-MKN wordt vrijwel nergens overschreden. In 2005 lag het jaargemiddelde gehalte op ongeveer de helft van de meetpunten onder de 0,01 µg l⁻¹.

Interessant is nog de 90 percentielen en maximale daggemiddelde concentraties (niet gegeven in Figuur 31) te vergelijken met de MAC-MKN (0,07 µg l⁻¹). Deze heeft immers betrekking op piekwaarden, hoewel ze even hoog is als de streefwaarde, waarop jaargemiddelde gehalten worden getoetst. In de periode 2000 tot en met 2005 lag een kleine 10% van de 90 percentielen en ruim 20% van de maximale daggemiddelde concentraties boven de MAC-MKN. De hoogste waarden waren 0,11 µg l⁻¹ (meetpunt Gouda voor haven, in 2000) en 0,26 µg l⁻¹ (meetpunt Keizersveer, in 2005). In tegenstelling tot voor bijvoorbeeld cadmium komen de hoogste kwikgehalten niet voor in de Maas, maar in enkele andere wateren.

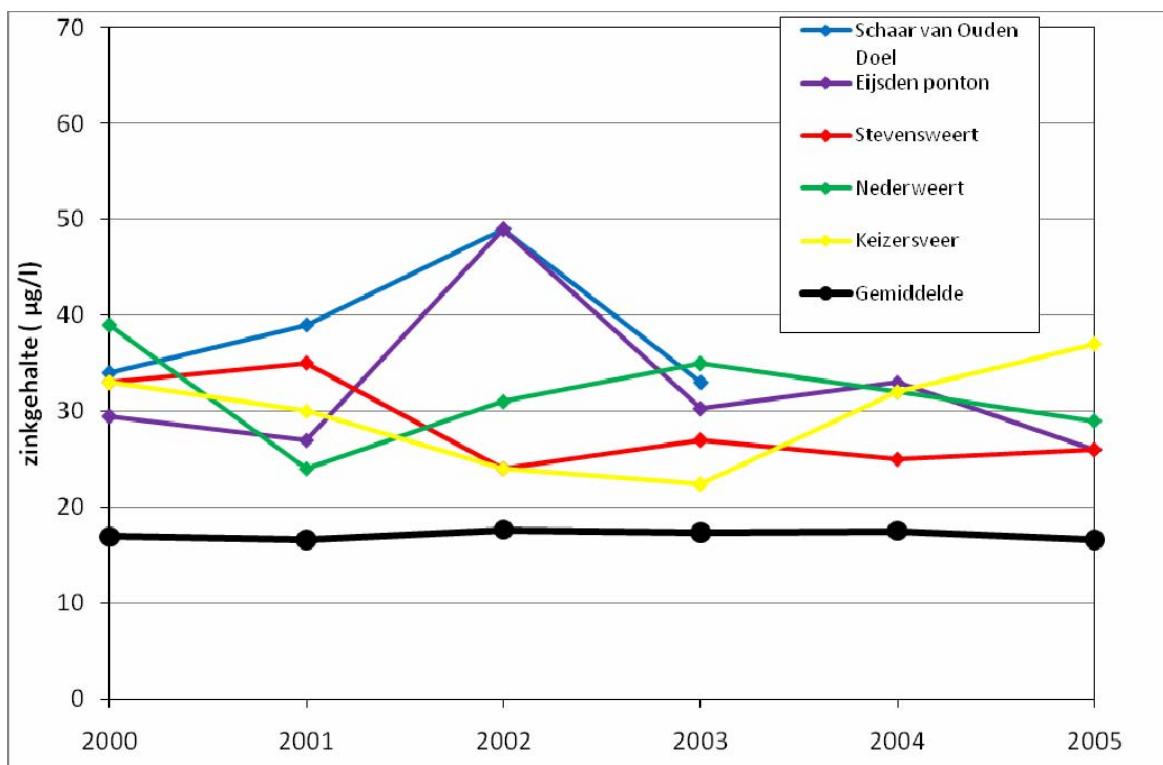
In de jaren zeventig waren de kwikconcentraties in de Nederlandse oppervlaktewateren aanmerkelijk hoger dan nu, namelijk variërend van 0,1 tot 0,4 µg l⁻¹. De hoogste waarden werden gevonden in de Maas en de Rijn. Vooral in de jaren tachtig zijn de kwikgehalten fors gedaald. Eind jaren tachtig lagen ze rond de 0,02 tot 0,05 µg l⁻¹, ongeveer twee maal zo hoog als de huidige concentraties. De daling is daarna geleidelijk, maar in een langzamer tempo doorgegaan.



Figuur 32 Overzicht van jaargemiddelde gehalten lood (totale fractie) in de Nederlandse oppervlaktewateren

Uit Figuur 32 blijkt dat de gemiddelde concentratie lood in de Nederlandse oppervlaktewateren (2 tot 3 $\mu\text{g l}^{-1}$) onder de streefwaarde (5,3 $\mu\text{g l}^{-1}$ voor de totale concentratie) en de JG-MKN (7,2 $\mu\text{g l}^{-1}$) ligt. Op enkele punten komen echter waarden voor die boven of rond de streefwaarde liggen, namelijk Schaar van Ouden Doel (Schelde), Gouda voor haven (Hollandse IJssel) en enkele meetpunten in de Maas. Ook komen er regelmatig verhoogde piekconcentraties voor. Zo ligt voor ruim 30% van de 90-percentielen van daggemiddelde concentraties over alle 25 meetlocaties boven de streefwaarde en zijn in 2004 en 2005 maximum daggemiddelde concentraties gevonden van meer dan 50 $\mu\text{g l}^{-1}$. Alle gehalten liggen ruim onder het MTR (220 $\mu\text{g l}^{-1}$ voor de totale concentratie).

De loodconcentraties in de Nederlandse oppervlaktewateren lijken, nog steeds, geleidelijk af te nemen, gezien de licht dalende trend in Figuur 32. Die daling is eind jaren zeventig ingezet. Rond 1980 lagen de loodgehalten in de grote rivieren en zeearmen op een niveau van 10 tot 30 $\mu\text{g l}^{-1}$ en in 1990 waren ze met een factor 2 tot 3 afgenomen. Die afname was vooral een gevolg van ontwikkelingen in het buitenland, waardoor de aanvoer van loodverbindingen in de Rijn en Maas sterk verminderde. Volgens het Evaluatiedocument Lood (Janus et al., 1999) kwamen tot ver in de jaren negentig verhoogde gehalten voor in een aantal regionale wateren. Details zijn echter niet gegeven. Wel kan, op grond van de gegevens zoals gepresenteerd in Figuur 32, worden gesteld dat ook deze concentraties intussen zijn afgenomen.



Figuur 33 Overzicht van jaargemiddelde gehalten zink (totale fractie) in de Nederlandse oppervlaktewateren

In zeewater en oppervlaktewater varieert het natuurlijke gehalte van zink tussen 0,5 en 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Florence en Batley, 1977; Malle, 1989). In afgelegen gebieden komen nog lagere gehalten voor, tot minder dan 0,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ in rivieren en minder dan 0,1 $\mu\text{g l}^{-1}$ in zeewater.

Het zinkgehalte in de Nederlandse oppervlaktewateren ligt op ruim de helft van de meetpunten boven de streefwaarde (12 $\mu\text{g l}^{-1}$) en in 75% van de gevallen boven de JG-MKN. Een enkele keer wordt het MTR overschreden (in 2002 op de locaties Schaar van Ouden Doel en Eijsden). Ook de gemiddelde waarde over alle meetpunten overschrijdt de streefwaarde en de JG-MKN (zie Figuur 33). De hoogste gehalten worden gevonden in de Maas (net als voor cadmium) en op het meetpunt Schaar van Ouden Doel in de Schelde.

In de periode 2000 tot en met 2005 lag ongeveer 20% van de 90-percentielen van daggemiddelde concentraties boven het MTR en in 70% van de gevallen was het 90-percentiel hoger dan de MAC-MKN, de norm voor piekwaarden. In de Maas zijn in deze periode maximum daggemiddelde gehalten tot boven 500 $\mu\text{g l}^{-1}$. Bijna 80% van de maximumwaarden ligt boven de MAC-MKN.

Net als voor de andere zware metalen in dit onderzoek zijn ook de zinkconcentraties in het oppervlaktewater sinds de jaren zeventig sterk gedaald. Op het meetpunt Eijsden bijvoorbeeld bedroeg het jaargemiddelde gehalte voor 1980 nog meer dan 200 $\mu\text{g l}^{-1}$. In 1990 was dit gedaald tot ruim 50 $\mu\text{g l}^{-1}$ (Cleven et al., 1992) en inmiddels ligt het gehalte rond de 30 $\mu\text{g l}^{-1}$. Uit Figuur 33 blijkt dat er in de periode 2000 tot en met 2005 geen significante daling meer is opgetreden, noch in de Maas noch in andere oppervlaktewateren.

Samengevat kan worden geconcludeerd dat de huidige concentraties cadmium en zink in een gedeelte van de Nederlandse oppervlaktewateren boven de streefwaarde en de Europese milieukwaliteitsnormen (MKN) liggen, zowel die voor jaargemiddelde concentraties als voor piekwaarden. Overschrijdingen komen vooral voor in de Maas en haar stroomgebied, maar voor zink ook in verschillende andere wateren. De gemiddelde waarde van de zinkconcentraties op alle meetpunten ligt eveneens boven de streefwaarde. De streefwaarde voor chroom en lood wordt op een aantal meetpunten in zoete wateren overschreden, met name in de Rijn, de Maas en de Westerschelde. Op een enkel meetpunt is er in sommige jaren ook sprake van een overschrijding van de JG-MKN voor deze metalen. De kwikconcentraties in het oppervlaktewater liggen op de meeste locaties rond of onder de streefwaarde en de JG-MKN. Op een enkel meetpunt is er een overschrijding, maar niet elk jaar.

Vanwege de algemene doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn Water – het halen van een goede chemische en ecologische toestand in 2015 – dienen de gehalten aan zware metalen tot onder de MKN-waarden te worden teruggebracht. Dat geldt in eerste instantie voor de stoffen uit de Prioritaire gevaarlijke stoffenlijst KRW. Kwik, cadmium en hun verbindingen behoren tot deze lijst. Emissies, lozingen en verliezen van deze stoffen ten gevolge van menselijke activiteiten moeten binnen twintig jaar worden gestopt.

Lood en loodverbindingen zijn prioritaire stoffen in de KRW. Hun lozingen moeten geleidelijk worden verminderd. Hoewel zink niet tot de lijst van prioritaire stoffen in de KRW behoort, zullen – vanwege de structurele overschrijding van de JG-MKN – ook de emissies van dit metaal moeten worden verminderd.

In paragraaf 4.2 is aangetoond dat de doelgroep Industrie een beperkte bijdrage levert aan de *directe* emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater. De grootste bronnen zijn atmosferische depositie (voor een deel afkomstig van de industrie) en de doelgroep Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties en, voor lood en zink, de Landbouw en het Verkeer en vervoer. Met name deze bronnen zullen moeten worden aangepakt als het gaat om het terugdringen van de emissies. Voor wat betreft de atmosferische depositie houdt dat in dat op Europese schaal emissies naar de lucht verder moeten worden verminderd (het grootste deel van de bijdrage door atmosferische depositie is afkomstig van buitenlandse bronnen).

5.4 Depositie en bodembelasting

In paragraaf 4.2 is duidelijk gemaakt dat atmosferische depositie een belangrijke bron is van emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater. Ook de bodem, het grondwater en voedselgewassen kunnen worden belast door depositie van zware metalen. Zoals uitgelegd in paragraaf 4.4 zijn er voor de bescherming tegen effecten op de volksgezondheid en ecosystemen als gevolg van deze depositie voor een aantal metalen (cadmium, lood en kwik) kritische depositiewaarden (*critical loads*) afgeleid. Deze hebben tot doel te voorkomen dat in de genoemde milieuc compartimenten en via blootstelling mens en milieu aan een te hoge belasting aan zware metalen worden blootgesteld. De waarden zijn gebaseerd op berekeningen conform het 'Heavy Metal' Protocol uit 1998, één van de protocollen onder de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP).

De kritische depositiewaarden zijn bodem- en vegetatieafhankelijk en variëren daarmee over een land en tussen landen. Per land zijn kritischewaardenkaarten gemaakt. Door deze kaarten te vergelijken met (berekende) depositiekaarten kan een beeld van de overschrijdingen verkregen worden. Hieruit blijkt dat de kritische depositiewaarde op bos voor kwik in heel Nederland wordt overschreden en die voor lood op bos en landbouwgebied op circa 60% van het oppervlak van Nederland. Bij het huidige beleid, zoals afgesproken in het Heavy Metal-protocol, zal die overschrijding ook in 2020 nog aanhouden, al daalt voor lood het percentage oppervlak waar overschrijding plaatsvindt met een paar procent (Hettelingh en Sliggers, 2007). Ook in andere delen van Europa vindt overschrijding plaats van de kritische waarden voor lood en kwik. Om op termijn deze overschrijding ongedaan te maken zijn in heel Europa verdergaande emissiebeperkingen nodig.

De depositie van cadmium blijft wel beneden de kritische waarden.

Emissies en depositie dragen ook bij aan de belasting van de bodem en het grondwater. In Nederland komen op diverse plaatsen verhoogde gehalten aan zware metalen in bodem en grondwater voor. Deze zijn echter veelal het gevolg van een historische belasting of van andere bronnen dan de huidige industriële emissies. Voorbeelden hiervan zijn de verontreiniging met cadmium en zink in de Kempen (veroorzaakt door vroegere emissies uit de zinkindustrie en het gebruik van metaalslakken in wegen en opritten, verhoogde gehalten metalen in de bodem van uiterwaarden van grote rivieren en in polders die met verontreinigd slib uit havens zijn opgespoten, lokale verontreinigingen door vroegere lozingen van bedrijven, verhoogde gehalten aan lood en zink veroorzaakt door jarenlange uitloging uit bouwmaterialen (in stedelijke gebieden), verhoogde gehalten aan kwik in bloembollengebieden als gevolg van het toepassen van kwikhoudende fungiciden en sterk verhoogde concentraties lood in de bodem van schietterreinen.

De directe bijdrage van de huidige industriële emissies aan de gehalten aan zware metalen in de bodem en het grondwater is zeer beperkt behalve voor chroom, dat door corrosie van en uitloging uit roestvast staal tot lokaal verhoogde concentraties kan leiden. De indirecte bijdrage (via atmosferische depositie uit de lucht) is, zoals hierboven duidelijk is gemaakt bij de bespreking van kritische depositiewaarden, wel van belang.

6 Conclusies

1. Ongeveer 70 tot 90% van de emissies aan cadmium, chroom en lood naar de lucht is afkomstig van de doelgroep Industrie, vooral van de basismetaalindustrie. De Chemische industrie is verantwoordelijk voor circa 5% van de emissies, behalve voor cadmium waarvoor haar bijdrage 30% bedraagt.
2. De emissies aan kwik en zink naar de lucht zijn voor 30% respectievelijk 43% afkomstig van de doelgroep Industrie. Ook hier vormt de basismetaalindustrie de grootste bron en draagt de Chemische industrie circa 5% bij. Andere belangrijke bronnen zijn de Energiesector en de Afvalverwerkingsbedrijven voor wat betreft kwik en Verkeer en vervoer en Landbouw voor wat betreft zink.
3. De emissies van zware metalen naar de lucht zijn sinds 1985 aanzienlijk afgenomen. De afname varieert van een factor 2,5 (voor cadmium) tot een factor 8 (voor lood). De daling is niet alleen het gevolg van emissiereducties in de industrie, maar ook van maatregelen bij andere doelgroepen zoals het verwijderen van lood uit benzine. Desondanks haalt de industrie als geheel de reductiedoelstellingen voor cadmium, chroom en lood uit de Integrale Milieutaakstellingen niet. Alleen voor kwik wordt het doel (70% in 2010) wel gerealiseerd en voor zink kan het doel (80% in 2010) nog bereikt worden. Overigens halen bepaalde branches uit de industrie hun doelstellingen wel.
4. De verwachting is dat de emissies van lood en chroom in de komende jaren min of meer constant blijven met kleine variaties van jaar tot jaar. De emissies van cadmium en zink zullen mogelijk licht dalen door voorgenomen maatregelen bij enkele grote bronnen. Daarentegen zal de emissie van kwik waarschijnlijk toenemen door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie. Geschat wordt dat in dat geval de emissies dan over enkele jaren tegen de 1000 kg per jaar zullen bedragen tegen 770 kg in 2007.
5. De bijdrage van de industrie aan de emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater is beperkt. Voor kwik, lood en zink bedraagt dit 1 tot 3%, voor cadmium 12% en voor chroom 20%. Binnen de industrie stoot de chemische sector het meeste uit. De grootste bronnen van zware metalen naar het oppervlaktewater zijn atmosferische depositie en de doelgroep Riolerings- en waterzuiveringsinstallaties. Verder draagt de Landbouw veel bij aan de uitstoot van lood en zink en vormt de doelgroep Verkeer en vervoer een belangrijke bron van zink.
6. Sinds 1985 zijn de totale emissies van cadmium en chroom naar het oppervlaktewater gedaald met een factor 8, die van kwik en lood met een factor 3 en die van zink met een factor 2. Dat is deels te danken aan maatregelen bij de industrie. De industrie als geheel zal dan ook de emissiereductiedoelstellingen uit de Integrale Milieutaakstellingen (70% tot 90% in 2010) gaan bereiken. Een enkele branche haalt haar doelstelling niet, maar voor die branches geldt dat de bijdrage aan de totale emissie van de industrie beperkt is.
7. Naar verwachting zullen de emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater in de komende jaren nog licht dalen. De industrie draagt hier in geringe mate aan bij, vooral vanwege de recente sluiting van een chemisch bedrijf dat relatief veel metalen op het water loosde.
8. De verschillende bronnen waarin emissiecijfers zijn geraadpleegd (www.emissieregistratie.nl, de jaarverslagen van de FO-industrie, de E-MJV's van bedrijven en de European Pollution Emission Register) vertonen enkele onderlinge discrepanties en omissies. Dit bemoeilijkt het maken van overzichten. Hoewel in de laatste jaren de monitoring en registratie van emissies door bedrijven en ook de controle door het bevoegde gezag zijn verbeterd, dient dit een aandachtspunt te blijven. Ten

eerste kunnen toekomstige trends in emissies dan worden gevolgd. Ten tweede heeft Nederland betrouwbare gegevens nodig om te kunnen voldoen aan verschillende internationale rapportageverplichtingen.

9. Er zijn vanuit internationale regelgeving geen emissieplafonds voor zware metalen, maar er zijn – via de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution en het OSPAR-verdrag – wel afspraken gemaakt om de emissies van cadmium, lood en kwik naar lucht en water verder te verminderen.
10. De concentraties aan cadmium en zink in de lucht en in regenwater zijn in de afgelopen 20 jaar afgenomen met een factor 2 tot 3 en de concentratie lood in de lucht met een factor 5 tot 10. Ook de concentratie kwik in regenwater is tot aan het jaar 2000 sterk afgenomen. Deze daling houdt gelijke tred met die van de emissies naar de lucht. Het loodgehalte in regenwater is minder sterk gedaald.
11. Chroom wordt niet gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML). Er zijn wel gegevens beschikbaar uit kortdurende meetcampagnes en uit andere landen in Europa (EMEP-meetnet), maar daaruit is geen duidelijke trend af te leiden. De chroomgehalten in regenwater liggen alle onder de detectiegrens, zodat geen trend kan worden vastgesteld en er geen vergelijking met de emissies en concentraties in de lucht is te maken. Voor kwik zal nog een meetlocatie worden ingericht.
12. Nederland is op grond van de Europese Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa verplicht een meetpunt in te richten voor (gasvormig) kwik. Dit meetpunt is nog niet operationeel, omdat de meetmethode nog in ontwikkeling is.
13. De huidige niveaus van cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de buitenlucht in Nederland liggen onder de normen, grens- en advieswaarden ter bescherming van mens en milieu, ook in door industriële bronnen belaste gebieden.
14. De concentraties cadmium, chroom, kwik, lood en zink in de Nederlandse oppervlaktewateren zijn in de afgelopen 20 jaar met een factor 5 tot 10 gedaald. Desondanks worden de streefwaarde en de Europese milieukwaliteitsnormen (MKN) voor cadmium en zink op verschillende plaatsen overschreden, vooral in de Maas en haar stroomgebied. De streefwaarde en – in sommige jaren – de jaargemiddelde MKN voor chroom en lood wordt eveneens op een aantal meetpunten overschreden, met name in de Rijn, de Maas en de Westerschelde. De kwikconcentraties in het oppervlaktewater liggen op de meeste locaties rond of onder de streefwaarde en de jaargemiddelde MKN. Op een enkel meetpunt is er een overschrijding, maar niet elk jaar.
15. Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water moeten de emissies van kwik en cadmium binnen 20 jaar worden gestopt en de emissies van lood geleidelijk worden verminderd. In het OSPAR-verdrag, dat Nederland heeft onderschreven, zijn soortgelijke afspraken gemaakt. Vanwege de structurele overschrijding van de jaargemiddelde MKN zullen ook de emissies van zink moeten worden teruggebracht. De doelgroep Industrie levert echter een beperkte tot zeer bijdrage aan de directe emissies van zware metalen naar het oppervlaktewater.
16. Ter bescherming van mens en milieu zijn in het kader van de Convention on Long Range Transboundary Air Pollution kritische depositiewaarden voor cadmium, lood en kwik vastgesteld. Voor grote delen van Europa, en ook voor Nederland, is berekend dat kritische depositiewaarden voor lood en kwik tot in 2020 worden overschreden. De aangesloten landen hebben daarom afgesproken de emissies van deze metalen verder terug te dringen. Voor kwik kan dit worden bemoeilijkt door de bouw van drie nieuwe kolengestookte energiecentrales en de mogelijke bouw van een kolenvergassingsinstallatie (zie punt 4).

17. De directe bijdrage van de huidige industriële emissies aan de gehalten aan zware metalen in de bodem en het grondwater is zeer beperkt. Op diverse plaatsen in Nederland komen verhoogde gehalten aan zware metalen in de bodem en het grondwater voor, maar die zijn veelal het gevolg van een historische belasting, atmosferische depositie of andere bronnen dan de huidige industriële emissies.

Literatuur

- Alkemade G.E.M., Peek, C.J., Ruysenaars P.G., 2005. Prioritaire stoffen in de EmissieRegistratie: Emissies naar lucht, kwaliteit en aanbevelingen voor de verbetering van de EmissieRegistratie. RIVM rapport 500055003. RIVM, Bilthoven.
- Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., Apeldoorn M.E. van, Meijerink M.C.M., Verdam L. en Zeilmaker M.J., 2001. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, RIVM report 711701025. RIVM, Bilthoven.
- Beck J., Breugel P. van, Buijsman E., Diederens H., Noordijk H., Ruiter J. de, Tromp J., Velders G., Velze K. van, 2002. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2001. RIVM rapport 725301009. RIVM, Bilthoven.
- Beijk R., Mooibroek D., Hoogerbrugge R., 2007. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2003-2006. RIVM rapport 680704002. RIVM, Bilthoven.
- Beijk R., Mooibroek D., Hoogerbrugge R., 2009a. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2007. RIVM rapport 680704005. RIVM, Bilthoven.
- Beijk R., Mooibroek D., Hoogerbrugge R., 2009b. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2008. RIVM rapport 680704008. RIVM, Bilthoven.
- Bleeker A., Bloemen H.J.Th., Hartog P.R. den, Janssen L.H.J.M., Pul W.A.J. van, Rentinck E.C.M., Swaan P., Velders G.J.M., Velze K. van, 1998. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 1996. RIVM rapport 722101029. RIVM, Bilthoven.
- Bloemen H.J. Th. en Putten E.M. van, 2000. Bronherkenningsstudie fijn stof. RIVM tussenrapport, augustus 2000.
- Bonten L.T.C. en Groenenberg J.E., 2009. Uitspoeling van zware metalen uit landbouw- en natuurbodems. Emissieschattingen diffuse bronnen Emissieregistratie. Alterra, in samenwerking met Rijkswaterstaat Waterdienst en Deltares.
- Breugel P. van, Diederens H., Hammingh P., Jimmink B., Kamst A., Noordijk H., Swaan P., Velders G. en Velze K. van, 2002. Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2000. RIVM rapport 725301008. RIVM, Bilthoven.
- Breugel P. van, Buijsman E., Diederens H., Hammingh P., Kamst A., Noordijk H., Rentink L., Swaan P., Velders G. en Velze K. van, 2001. Jaaroverzicht luchtkwaliteit 1998 en 1999. RIVM rapport 725301006. RIVM, Bilthoven.
- Broekman M.H., Mennen M.G. en Bloemen H.J.Th., 2004. Emissieonderzoek bij Van Voorden Gieterij BV te Zaltbommel. RIVM rapport 609021026. RIVM, Bilthoven.
- Buijsman E., 1989. Kwaliteitsaspecten van het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling. I. Hoofdcomponenten. RIVM rapport 228703009, RIVM, Bilthoven.
- Buijsman E., 2004. Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2002. RIVM rapport 500037004. RIVM, Bilthoven.

Choi H.-D., Holsen Th.M. and Hopke Ph.H., 2008. Atmospheric mercury (Hg) in the Adirondacks: Concentrations and sources. *Environ. Sci. Technol.* 42, 5644-5653.

Cleven R.F.M.J., Janus J.A., Annema J.A. en Slooff W., eds., 1992. Basisdocument zink. RIVM rapport 710401019. RIVM, Bilthoven.

COM, 2005. Mededeling van de commissie aan de raad en het Europese parlement, Strategie van de Gemeenschap voor kwik, COM 20 definitief, 28 januari 2005. Commissie van de Europese gemeenschappen, Brussel, België.

Dusseldorp A. en Bruggen M. van, 2007. Gezondheidskundige advieswaarden binnenlucht, een update. RIVM rapport 609021043. RIVM, Bilthoven.

Eck G. Th.M. van, Sant H. van 't en Turkstra E., 1985. Voorstel referentiewaarden fysisch-chemische waterkwaliteitsparameters Nederlandse zoute wateren. Ministerie van VROM, Den Haag.

Elzakker B.G. van, 2001. Meetactiviteiten in 2000 en 2001 in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. RIVM rapport 723101055, RIVM, Bilthoven.

European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Best Available Techniques Reference Document in the Ferrous Metals Processing Industry.

European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Best Available Techniques Reference Document in the Pulp and Paper Industry.

European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel.

European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing Industry.

European Commission, 2001. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries.

European Commission, 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Common Waste Water and Waste Gas Treatment and Management Systems in the Chemical Sector.

European Commission, 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries'.

European Commission, 2003. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for the Tanning of Hides and Skins.

European Commission, 2005. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry.

European Commission, 2006. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants.

European Commission, 2006. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration.

European Commission, 2007. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals- Ammonia, Acids and Fertilisers.

European Commission, 2007. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals- Solids and Others Industry.

European Commission, 2007. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Specialty Inorganic Chemicals.

European Commission, 2007. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry.

European Commission, 2009. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Draft Reference Document on the Best Available Techniques in the Glas Manufacturing Industry. Draft July 2009.

European Commission, 2009. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Draft Reference Document on the Best Available Techniques for the Non-Ferrous Metals Industrie. Draft July 2009.

European Commission, 2009. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC); Draft Reference Document on the Best Available Techniques for the Production of Iron and Steel. Draft July 2009.

Europese Unie, 2000a. Richtlijn 2000/76/EG van het Europese Parlement en de Raad: betreffende de verbranding van afval.

Europese Unie, 2000b. Commission Decision of July 2000 on the implementation of a European pollutant register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC).

Europese Unie, 2004. Richtlijn 2004/107/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende arseen, cadmium, kwik, nikkel en polycyclische aromatische koolwaterstoffen in de lucht, 15 december 2004.

Europese Unie, 2008a. Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa.

Europese Unie, 2008b. Richtlijn 2008/105/EG van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2008 inzake milieukwaliteitsnormen op het gebied van het waterbeleid tot wijziging en vervolgens intrekking van de Richtlijnen 82/176/EEG, 83/513/EEG, 84/156/EEG, 84/491/EEG en 86/280/EEG van de Raad, en tot wijziging van Richtlijn 2000/60/EG.

EU RAR (2008). Risk Assessment Report Zinc metal. http://ecb.jrc.ec.europa.eu/DOCUMENTS/Existing-Chemicals/RISK_ASSESSMENT/REPORT/zincmetalreport072.pdf

- Facilitaire Organisatie Industrie, 1992. Intentieverklaring Uitvoering Milieubeleid Basismetaalindustrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 1993. Intentieverklaring Uitvoering Milieubeleid Chemische Industrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 1995. Intentieverklaring Uitvoering Milieubeleid Metaal- en Elektrotechnische Industrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 1996a. Intentieverklaring Uitvoering Milieubeleid Papier- en Kartonindustrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 1996b. Intentieverklaring Uitvoering Milieubeleid Textiel- en Tapijtindustrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 2008a. Uitvoering intentieverklaring Chemische industrie Jaarrapportage 2007. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 2008b. Voortgang milieuconvenant metalelektro industrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 2008c. Jaarrapportage 2007 Papier- en kartonindustrie. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 2009a. Uitvoering intentieverklaring Basismetaalindustrie Jaarrapportage 2007. Den Haag.
- Facilitaire Organisatie Industrie, 2009b. Uitvoering intentieverklaring Textiel- en tapijtindustrie Jaarrapportage 2008. Den Haag.
- Florence T.M. en Batley G.E., 1977. Determination of the chemical forms of trace metals in natural waters, with special reference to copper. Lead, cadmium and zinc. *Talanta*, 24, 151-158.
- Foltescu V.L., Isakson J., Selin E. and Stikans M., 1994. Measured fluxes of sulphur, chlorine and some anthropogenic metals to the Swedish West coast. *Atmos. Environ.* 28, 2639-2649.
- Förstner U. en Wittmann G.T.W., 1981. Metal pollution in the aquatic environment. Springer Verlag, Berlin.
- Fu X., Feng X., Wang S., Rothenberg S., Shang L., Li Z. and Qiu G., 2009. Temporal and spatial distributions of total gaseous mercury concentrations in ambient air in a mountainous area in southwestern China: Implications for industrial and domestic mercury emissions in remote areas in china. *Sci. Total Environ.* 407, 2306-2314.
- Gibičar D., Horvat M., Logar M., Fajon V., Falnoga I., Ferrara R., Lanzillotta E., Ceccarini C., Mazzolai B., Denby B. and Pacyna J., 2009. Human exposure to mercury in the vicinity of chlor-alkali plant. *Environ. Res.* 109, 355-367.
- Hartog P. den, Bleeker A., Janssen L., Noordijk H., Rentink L., Swaan P., Velders G. en Velze K. van, 1999. Luchtkwaliteit. Jaaroverzicht 1997. RIVM rapport 725301001. RIVM, Bilthoven.

Hettelingh J.P. en Sliggers J. (eds), 2007. Heavy metals emissions, depositions, critical loads and exceedences in Europe, VROM/DGM.

Janssen N.A.H., Mansom D.F.M. van, Jagt K. van der, Harssema H. and 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.

Keller B.R. en Bil J.W., 2009. Landelijke toezichtactie op Europese regels IPPC en E-PRTR 2009. VROM Inspectie, Inspectie Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

Kim N.D. and 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.

KRW (2009), website Europese Kaderrichtlijn Water (geraadpleegd mei 2009):
<http://www.kaderrichtlijnwater.nl/publicaties/juridische/?ActItmIdt=18374>

Luchtkwaliteitseisen, 2007. Staatsblad 2007, 414, Wet van 11 oktober 2007 ter wijziging van de Wet milieubeheer (luchtkwaliteitseisen).

Malle, 1989. Zink in der Umwelt. Verband der Chemischen Industrie (VCI), Frankfurt.

Manders A.M.M. and Hoogerbrugge R., 2007. Heavy metals and benzo(a)pyrene in ambient air in the Netherlands. A preliminary assessment in the framework of the 4th European Daughter Directive. RIVM rapport 680704001. RIVM, Bilthoven.

Mennen M.G., 1997. Advies inzake emissies en risico's van verspreiding van kwik bij Crematorium 'Den en Rust' te Bilthoven. RIVM briefrapport 401/97 IEM MM. RIVM, Bilthoven.

Mennen M.G., Knol-de Vos T., Fortezza F. Piso S., Koot W., Ritsema R., Janssen P.J.C.M. en Kliet J.J.G., 1997. Concentraties van totaal en zeswaardig chroom, arseen en koper in de lucht bij houtverduurzamingsbedrijven in de lucht. Evaluatie van de risico's voor omwonenden. RIVM rapport 609021012. 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., Putten E.M. van en Krystek P., 2004. Immissie-, gewas en depositieonderzoek in de omgeving Van Voorden Gieterij BV te Zaltbommel. RIVM rapport 609021027. RIVM, Bilthoven.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2007. Leidraad Kaderrichtlijn Water voor de vergunningverlening en handhaving in het kader van de Wvo. Februari 2007. Ministerie van Verkeer en Waterstaat in samenwerking met RIZA, Den Haag.

NAS, 1974. Chromium. Report of the subcommittee on chromium, Committee on Biological Effects on Atmospheric Pollutants. National Academy of Sciences. Washington D.C.

- NeR (2003). Nederlandse emissie Richtlijn Lucht. Website www.infomil.nl, geraadpleegd mei 2009.
- Noll K.E., Yuen P.F. and 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.
- Nürnberg H.W. en Mart L., 1985. Distribution and fate of heavy metals in the oceans. In: T.D. Lekkas (ed), *Heavy metals in the environment*, Athens, p. 340-346.
- Oomen A.G., Janssen P.J.C.M., Eijkeren J.C.H., Bakker M.I. en Baars A.J., 2007. Cadmium in de Kempen: een integrale risicobeoordeling. RIVM rapport 320007001. RIVM, Bilthoven.
- Paode R.D., Shahin U.M., Sivadechathep J., Holsen T.M. and Franek W.J., 1999. Source apportionment of dry deposited and airborne coarse particles collected in the Chicago area. *Aerosol Sci. Technol.*, 31, 473-486.
- Peterson C. and Gustin M., 2008. Mercury in the air, water and biota at the Great Salt Lake (Utah, USA). *Sci. Total Environ.* 405, 255-268.
- Regeling milieukwaliteitseisen gevaarlijke stoffen oppervlaktewateren, 2004, Staatscourant nr. 247 pag. 34.
- Reimann C. en Caritat P. de, 1998. *Chemical elements in the environment: (factsheets for the geochemist and environmental scientist)*, Springer Verlag, Berlin.
- Ros J.P.M. en Slooff W., eds., 1990. Basisdocument cadmium (inclusief addendum industrie en advies Gezondheidsraad). Rapport nr. 4; serie basisdocumenten. Publicatiereeks Milieubeheer. RIVM, Bilthoven. Ministerie van VROM, Den Haag.
- Schols E., 2009. De invloed van Corus op de luchtkwaliteit in de leefomgeving. Deelrapport 1 in de reeks rapporten over de invloed van uitstoot van Corus op de omgeving. RIVM rapport 609021079. RIVM, Bilthoven.
- SER, 2009. Databank voor Grenswaarden Stoffen op de Werkplek (GSW), Sociaal-Economische Raad, Den Haag: <http://www.ser.nl/nl/taken/adviserende/grenswaarden.aspx> , geraadpleegd oktober 2009.
- Slooff W., Beelen P. van, Annema J.A. en Janus J.A., eds., 1994. Basisdocument kwik. RIVM rapport 710401023. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en Poel P. van der, eds., 1989. Basisdocument chroom. RIVM rapport 758701001. RIVM, Bilthoven.
- Smit E.R., 1995. Onderzoek naar de rookgasemissies van Crematorium 'Den en Rust' te Bilthoven, TNO-rapport R95-232, juli 1995. TNO-MEP, Apeldoorn.
- Smit E. R., 1996. Massabalans en emissies van in Nederland toegepaste crematorieverprocessen, TNO-MEP rapport R96/059, februari 1996. TNO-MEP, Apeldoorn.
- Staatsblad, 2005. Staatsblad nr. 303, Wet van 7 april 2005, houdende wijziging van de Wet op de waterhuishouding en de Wet milieubeheer ten behoeve van de implementatie van richtlijn nr. 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 23 oktober 2000 tot

vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid (PbEG L 327) (Implementatiewet EG-kaderrichtlijn water).

Van der Swaluw E., Asman W.A.H. en Hoogerbrugge R, 2010. The Dutch National Precipitation Chemistry Monitoring Network over the period 1992-2004, *in preparation*.

Visser H., Buringh E. en Breugel P.B. van (2001). Composition and origin of airborne particulate matter in the Netherlands. RIVM report 650010029. RIVM, Bilthoven.

VROM, 2001. Emissiereductiedoelstellingen prioritaire stoffen, notitie voor de Tweede Kamer, VROM00694, juli 2001.

VROM, 2006. Voortgangsrapportage Milieubeleid voor Nederlandse Prioritaire Stoffen. VROM, Den Haag.

VROM, 2007. Nederlandse Prioritaire-stoffenlijst april 2007, VROM, Den Haag.

VROM website Brochure [Inter]nationale Normen Stoffen, geraadpleegd mei 2009, <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=w015>

VROM, 2008. Ontwerp Besluit Kwaliteitseisen en monitoring Water (BKMW). Staatscourant 476, 6 november 2008, Den Haag.

VROM-Inspectie, 2007. Omissies in emissies. Onderzoek naar het validatieproces van emissiejaarvrachten in milieujaarverslagen. Artikelcode 7153. VROM, Den Haag.

Watras C.J., Morrison K.A., Rubsam J.L. and Rodger B., 2009. Atmospheric mercury cycles in northern Wisconsin. Atmos. Environ. 43, 4070-4077.

Website: ec.europa.eu/environment/ippc/index.htm
Betreft : De IPPC Directive.

Website: eper.eea.europa.eu
Betreft: Europees bestand met gegevens van jaargemiddelde emissies van stoffen naar de lucht en het oppervlaktewater.

Website: www.emep.int
Betreft: Informatie over EMEP, het European Monitoring and Evaluation Programme.

Website: www.emissieregistratie.nl
Betreft: Gegevens van jaarlijkse emissies van stoffen naar de lucht, oppervlaktewater en bodem.

Website: www.fo-industrie.nl
Betreft: Facilitaire Organisatie Industrie.

Website: www.helpdeskwater.nl
Betreft: Informatie over de Waterwet, het waterbeleid, het waterbeheer en de waterveiligheid.

Website: www.infomil.nl

Betreft: Nederlandse emissierichtlijnen lucht (NeR) 2007, regelingen voor specifieke situaties zoals de BAT Referentie documenten (BREFs) en Besluit verbranden afvalstoffen.

Website: www.lenntech.nl/periodiek/elementen
Algemene informatie over elementen uit het periodiek systeem.

Website: www.milieuennatuurcompendium.nl
Betreft: Diverse informatie en feitelijke gegevens over het milieu.

Website: www.ospar.org
Betreft: Informatie over de OSPAR Conventie.

Website: www.rivm.nl/rvs/stoffen/prio/totale_prior_stoffenlijst.jsp
Betreft: Overzicht van de stand van zaken in het Nederlandse Prioritaire Stoffenbeleid.

Website: www.stoffen-risico.nl
Betreft: Informatie over stoffen, risico's en normen.

Website: www.unece.org/env/lrtap
Betreft: De 'Convention on Long Range Transboundary Air Pollution', een in 1979 in Genève opgestelde en door een groot aantal geratificeerde conventie ter beperking van grootschalige luchtverontreiniging.

Website: www.vrom.nl/pagina.html?id=2706&sp=2&dn=w015, (geraadpleegd november 2009)
Betreft: VROM website Brochure (Inter)nationale Normen Stoffen.

Website: www.waterstat.nl
Betreft: Databank met gegevens van het ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Website: <http://wetten.overheid.nl>
Betreft: Nederlandse wetten en regelgeving luchtkwaliteit.

WHO, 1989. Mercury: environmental aspects. Environmental Health Criteria, 86, 1-115. WHO, Genève.

Ytsma R. (2009). Kwikemissies. Emissies naar de lucht vanuit industriële bronnen. Infomil, Den Haag.

Zufall M.J., Davidson C.I., Caffrey P.F. and 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.

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl