Bronnen en vóórkomen van gechloreerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen in Nederlandse wateren



E. TURKSTRA
Dienst Binnenwateren/RIZA
Dordrecht



H. B. POLS
Dienst Binnenwateren/RIZA
Lelystad

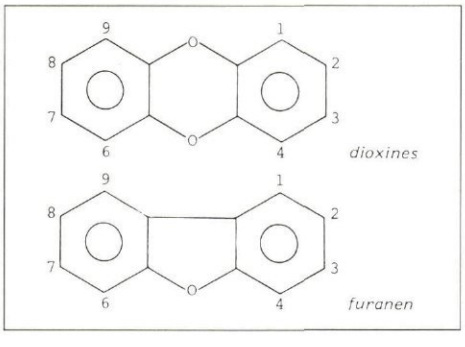
1. Inleiding

Polychloordibenzo-p-dioxines (PCDD) en polychloordibenzofuranen (PCDF), ook wel kortweg dioxines en furanen, vormen twee groepen aan elkaar verwante stoffen. Enkele van deze verbindingen zijn zeer toxisch en 2,3,7,8-TCDD geldt zelfs als één van de meest giftige stoffen die ooit door de mens zijn gemaakt. Deze stof staat ook wel bekend als het Seveso-gif, omdat juist deze stof vooral vrijkwam bij het ongeluk in Seveso (Italië) in 1976.

In Nederland kennen we deze groepen stoffen van de Volgermeerpolder en het Noordzeekanaal. Het sediment in het Noordzeekanaal is in 1984 door de directie Noord-Holland van de Rijkswaterstaat uitgebreid onderzocht op het voorkomen van dioxines en furanen. Dit nadat deze stoffen waren aangetoond in een, inmiddels gesaneerde, afvalwaterlozing ter plekke. Dit onderzoek vormde voor de Dienst Binnenwateren/RIZA van de Rijkswaterstaat mede een aanleiding om landelijk een inventariserend onderzoek in te stellen naar de aanwezigheid van dioxines en furanen in afvalwater en in sedimenten van voornamelijk rijkswateren. Het onderzoek is bedoeld om een beeld te krijgen van plaats en omvang van bronnen alsmede van de verspreiding van dioxines en furanen in de rijkswateren. Dit onderzoek werd in 1983 gestart en de eindrapportage is onlangs afgerond [1]. In dit artikel worden de opzet en de resultaten van het onderzoek gepresenteerd.

2. Eigenschappen

Dioxines en furanen hebben de volgende structuur:



Op 8 plaatsen in beide moleculen is substitutie van een Cl-atoom mogelijk. Een vast aantal Cl-atomen kan op diverse wijzen over het molecuul worden verdeeld. Aldus ontstaan 8 isomeergroepen. Er bestaan 75 gechloreerde dioxine- en 135 gechloreerde furaanverbindingen. Meestal worden alleen de verbindingen met 4 tot 8 chlooratomen in beschouwing genomen.
Dioxines en furanen zijn zeer slecht oplosbaar in water (10^{-10} en 10^{-7} g/l voor O_8CDD en T_4CDD) en hechten zeer goed aan grond en sediment (K_{ow}-waarden variëren van 10^8 tot 10^{12} voor respectievelijk T_4CDD en O_8CDD) [2].
Bij de schadelijkheid gaat het vooral om de 2,3,7,8-gesubstitueerde verbindingen.
De schadelijkheid van deze stoffen wordt gerelateerd aan het 2,3,7,8-TCDD.
Deze stof is tot op heden het meest uitgebreid onderzocht. Omdat van de meeste individuele verbindingen slechts summiere toxiciteitsgegevens bekend zijn, wordt een equivalentenberekening toegepast. Hiertoe worden de toxische eigenschappen van 2,3,7,8-TCDD als standaard genomen en worden op basis van vooral acute toxiciteitsgegevens de toxische eigenschappen van de andere verwante verbindingen vergeleken met die van 2,3,7,8-TCDD en uitgedrukt als 2,3,7,8-TCDD-equivalenten.
Een 11-tal verwante verbindingen worden aan 2,3,7,8-TCDD gerelateerd (tabel I).
Er wordt aangenomen, dat de toxiciteit een factor 10 lager is dan die van 2,3,7,8-TCDD.

TABEL I – *Aan 2,3,7,8-TCDD gerelateerde toxische PCDD en PCDF.*

PCDD	PCDF
	2,3,7,8-TCDF
1,2,3,7,8-PCDD	1,2,3,7,8-PCDF
1,2,3,4,7,8-HCDD	2,3,4,7,8-PCDF
1,2,3,6,7,8-HCDD	1,2,3,6,7,8-HCDF
1,2,3,7,8,9-HCDD	1,2,3,6,7,8-HCDF
	1,2,3,7,8,9-HCDF
	2,3,4,6,7,8-HCDF

Er bestaan geen officiële normen voor dioxines en furanen. Door een internationale groep deskundigen is voor grond in woongebieden een saneringsgrenswaarde opgesteld. Deze bedraagt 1 microgram TCDD-equivalenten per kg droge stof [3].
Voor de menselijke consumptie wordt door het RIVM momenteel een acceptabele dagelijkse inname (ADI) gehanteerd van 0,24 ng/pp/dag.

3. Bronnen

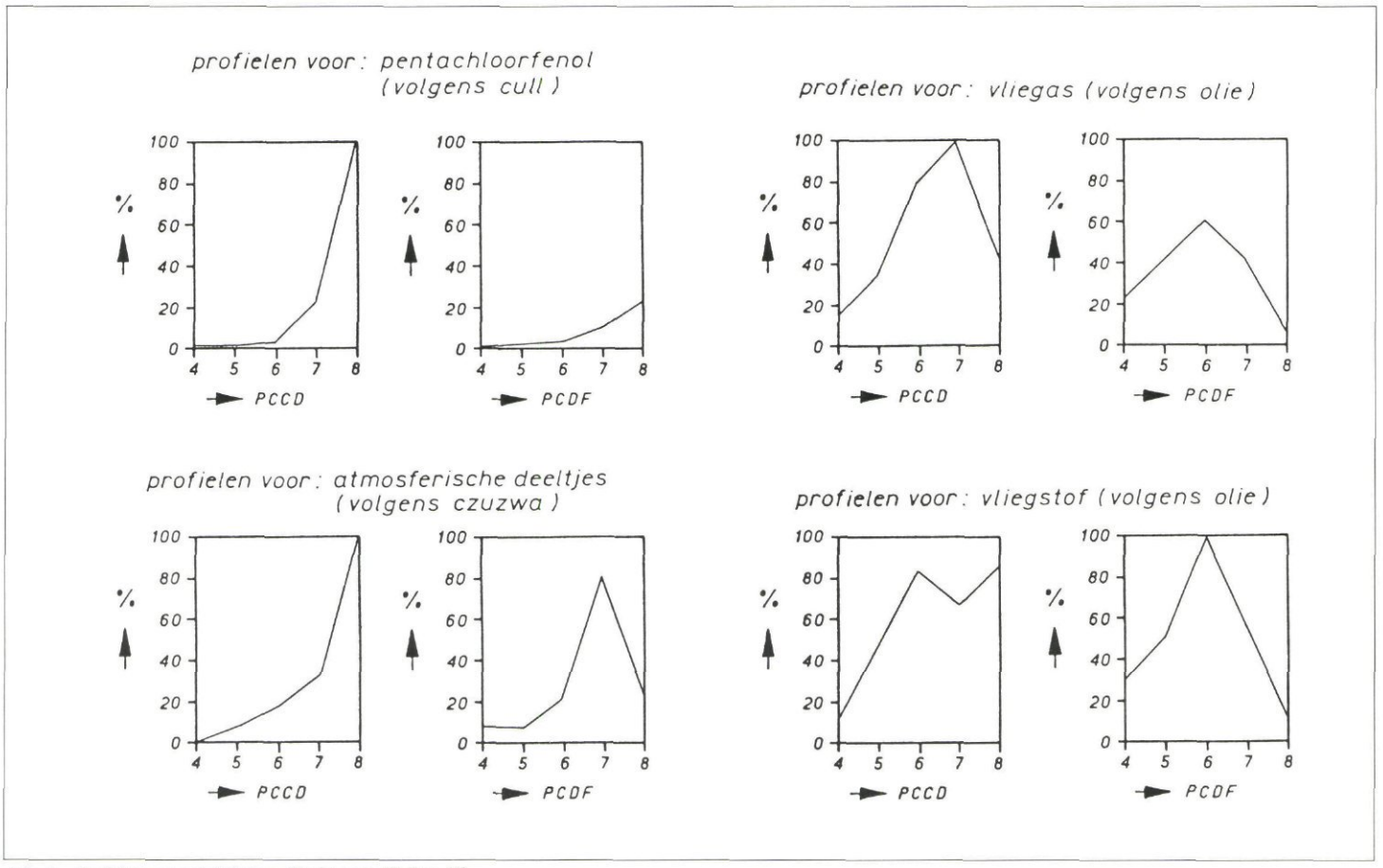
Dioxines en furanen worden niet opzettelijk geproduceerd. Ze ontstaan bij verbrandingsprocessen en bij chemische produktieprocessen. Gunstige omstandigheden voor de vorming bij verbrandingsprocessen zijn een temperatuur van 300-600 graden Celsius en een tekort aan zuurstof. Deze verbindingen worden gevormd uit chloride, zowel organisch als anorganisch, en uit aromatische structuren. Van belang is vooral de verbranding van materiaal met stoffen waaruit dioxines en furanen gemakkelijk gevormd kunnen worden, zoals PCB's, chloorfenolen en chloorbenzenen. In huisvuilverbrandingsinstallaties lijkt, voor wat dit betreft, vooral polyvinylchloride (PVC) een belangrijke stof.
Het voorkomen van PCDD en PCDF in vliegas en vliegstof afkomstig van huisvuilverbrandingsinstallaties is in de vorm van zogenaamde profielen weergegeven in afb. 1.

Een profiel geeft de onderlinge verhouding aan van de PCDD en PCDF met 4-8 chlooratomen. Door het gehalte van de meest voorkomende isomeergroep op 100% te stellen kan men de overige gehalten hieraan relateren. De vorm van het profiel is veelal karakteristiek voor de wijze van ontstaan van de dioxines en furanen.
Bij chemische produktieprocessen komen vooral in aanmerking processen die worden uitgevoerd in een alkalisch milieu bij verhoogde temperaturen en waarbij chloorbenzenen, bifenylen, difenylethers en chloorfenolen worden gevormd of ingezet.
Dioxines en furanen komen voor in allerlei produkten en kunnen met deze produkten in het milieu worden verspreid. Vooral pentachloorfenol verdient in dit opzicht aandacht. Deze stof wordt als houtconserveringsmiddel gebruikt en komt daardoor wijd verspreid voor. De aanwezigheid van dioxines en furanen in pentachloorfenol is voldoende aangetoond. Het PCDD- en PCDF-profiel is weergegeven in afb. 1.

In recente onderzoeken in de Verenigde Staten [4] en West-Duitsland [5] werden dioxines en furanen aangetoond in het slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Dit kan wijzen op het belang van diffuse bronnen of het gevolg zijn van het gebruik van chloor of chloorbleekloog als desinfectiemiddel of ter bestrijding van stank. Dit in aanmerking genomen, verdient het aanbeveling om alle processen, waarbij chloor en aromaten aanwezig zijn, in welke vorm en in welke combinatie dan ook, kritisch te bekijken op de vorming van dioxines en furanen.

4. Opzet onderzoek

Op basis van kennis over het vormingsmechanisme van dioxines en furanen en de bij de Dienst Binnenwateren/RIZA aanwezige procesinformatie, zijn voor het onderzoek in aanmerking komende produktieprocessen geselecteerd. Daarnaast is tevens een aantal afvalstromen geselecteerd, waarin wellicht PCDD en PCDF aangetoond zouden kunnen worden.
In de geselecteerde ruim 20 lozingen werden steekmonsters of etmaalmonsters verzameld.



Afb. 1 - Profielen van enkele belangrijke bronnen [8, 9 en 10].

Sommige lozingen werden tweemaal bemonsterd.

Voor het sedimentonderzoek werden circa 30 locaties geselecteerd. Bij de selectie kwamen de volgende locaties in aanmerking:
1. locaties nabij reeds geselecteerde lozingspunten;
2. locaties waar het voorkomen van PCDD en PCDF om verschillende redenen niet kon worden uitgesloten (verdachte locaties);
3. locaties die een representatief beeld geven van Rijn, Maas en Schelde;
4. locaties die niet in de directe invloedssfeer liggen van lozingen of Rijn, Maas en Schelde.

Het sediment werd bemonsterd met een zogenaamde Van Veen-happer. Per locatie is een mengmonster samengesteld, in principe bestaande uit 5 happen. Er werd naar gestreefd zoveel mogelijk slibbig materiaal te verzamelen.
De analyse van PCDD en PCDF werd uitgevoerd door de Afd. Milieuchemie van de Universiteit van Amsterdam.
Het voorkomen van PCDD en PCDF in sediment zal worden uitgedrukt als het aantal TCDD-equivalenten per kg droge stof en per kg organische stof. Het aantal TCDD-equivalenten per kg droge stof maakt een vergelijking met de saneringsgrenswaarde mogelijk. Door het aantal TCDD-equivalenten op te geven per kg organische stof kunnen de locaties onderling beter vergeleken worden. Dit is het geval omdat in het algemeen organische microverontreinigingen zijn geassocieerd met de organische stof. Het corrigeren van gehalten organische microverontreinigingen voor de hoeveelheid organische stof is bij de normering van de waterbodem gemeengoed [6].

5. Resultaten van het afvalwateronderzoek

De lozingen kunnen worden verdeeld in lozingen van procesafvalwater en lozingen vanuit verbrandingsinstallaties voor chemisch afval.

TABEL II – Omvang van de vrachten aan PCDD en PCDF in (proces-)afvalwater.

Proces	Debiet (m^3/jr)	TCDD-equivalenten (ng/l)	(g/jr)
styreen	40.000	0	0
styreen	10.000	0,4	0,004
MCPA/MCPP	160.000	0,02	0,003
vinylchloride	280.000	0,7	0,2
DBN	130.000	0,1	0,02
Cl-sulfonzuren	5.000.000	0	0
kleurstoffen	330.000	0,2	0,01
anthrachinonen	120.000	0,5	0,06
papier	9.000.000	0,003	0,03
rwzi-effluent (gechloord)	15.000.000	0,3	4
koelwater (gechloord)	6.500.000	0,1	0,6
industriële persleiding	5.000.000	0	0

De geselecteerde lozingen van procesafvalwater zijn vrijwel allemaal lozingen op rijkswater. In tabel II wordt een samenvatting gegeven van de onderzoeksresultaten.
In een aantal gevallen vindt er, na het punt waarop de bemonstering van PCDD en PCDF heeft plaatsgevonden, nog een zuivering van het afvalwater plaats, waardoor de omvang van de geloosde vracht waarschijnlijk zal afnemen.
Inrichtingen voor de verbranding van chemisch afval zijn in Nederland, in tegenstelling tot huisvuilverbrandingsinstallaties, voorzien van een natte gaswasinstallaties voor de reiniging van rookgassen. Hierdoor kan er vanuit deze installaties een directe emissie naar het oppervlaktewater plaatsvinden.

TABEL III – *Omvang van de vrachten aan PCDD en PCDF in gaswaswater.*

Installatie	Debiet (m^3/jr)	TCDD-equivalenten (ng/l)	(g/jr)
A	70.000	0,5	0,03
B	21.500	0,8	0,02
C	1.650.000	0,2	0,4
D	1.600.000	0,01	0,02
E	1.000.000	0,08	0,08
F	40.000	0,2	0,007
G	3.200	0	0
H	1.300.000	0,4	0,6

Een overzicht van de analyseresultaten voor dit soort installaties, alle lozend op rijkswater, wordt gegeven in tabel III.

De tabellen II en III laten zien, dat de omvang van de lozingen, met uitzondering van het gechloreerde rwzi-effluent, zeer gering is. De hoogte van de vracht vanuit de rwzi gaf aanleiding om een nader onderzoek in te stellen.

Uit de voorlopige resultaten (het onderzoek wordt medio 1987 afgerond) moet geconcludeerd worden, dat de werkelijke vracht veel geringer is dan op basis van dit inventariserend onderzoek in eerste instantie gedacht werd. Deze conclusie sluit aan bij het feit dat het sediment ter plekke niet of slechts in geringe mate beïnvloed wordt door de desbetreffende lozing (zie hierna).

6. **Resultaten van het sedimentonderzoek**

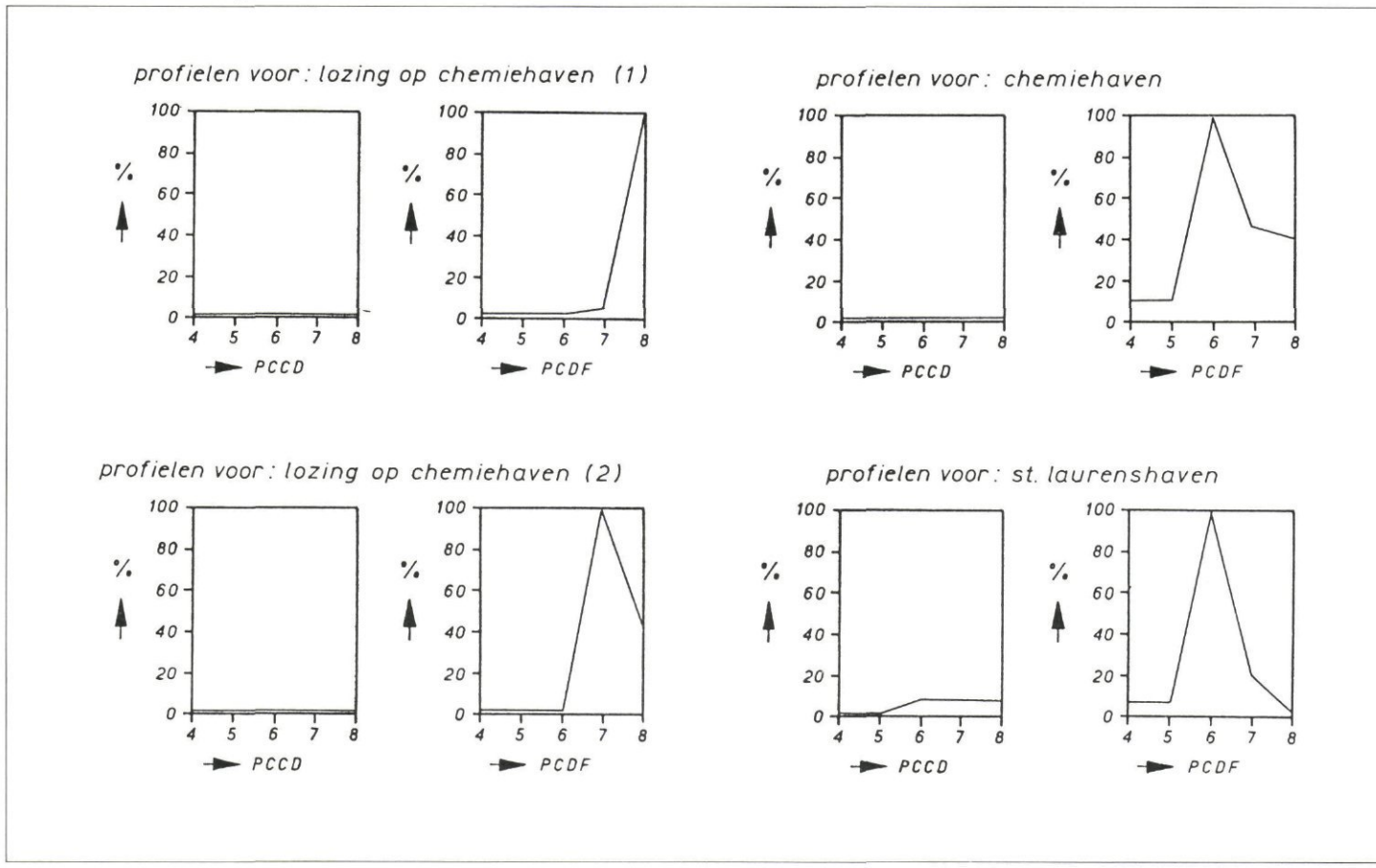
In tabel IV staan de geselecteerde lozingen, ingedeeld op basis van de eerder genoemde criteria, weergegeven.
Ter vergelijking zijn enkele locaties uit het Noordzeekanaal als vijfde groep toegevoegd. De gegevens hiervoor werden overgenomen uit het desbetreffende rapport [7].
De organische stof werd bepaald door destructie met kaliumbichromaat.

TABEL IV – *PCDD en PCDF als TCDD-equivalenten in sediment, ongecorrigeerd en gecorrigeerd voor organische stof.*

Groep	Locatie	TCDD-equivalenten in ng/g droge stof	TCDD-equivalenten in ng/g organische stof
1	Chemiehaven	3,89	52
	St. Laurenshaven	2,46	17
	1° Petroleumhaven	0,23	1
	3° Petroleumhaven	0,01	–
	Veluwemeer	0,01	–
2	Hollandsche IJssel ter hoogte van Kattendijkse Polder, kmr 5	0,13	1
	Hollandsche IJssel ter hoogte van Gouderak, kmr 6	0,10	1
	Hollandsche IJssel ter hoogte van Sliksloot, kmr 18.2	0,08	–
	Hollandsch Diep ter hoogte van Moerdijk	0,02	–
	Apeldoorns Kanaal	0,26	–
	Kanaal van Gent naar Terneuzen	0,02	–
	Noordhollands Kanaal ter hoogte van Alkmaar	0,01	–
3	Lobith, zwevende stof	0,02	–
	Lobith, uiterwaard (I)	0,12	1
	Lobith, uiterwaard (II)	< 0,01	–
	Ketelmeer	0 01	–
	Nieuwe Maas ter hoogte van Noordereiland, kmr 1000.8	0,08	1
	Nieuwe Merwede	0,17	2
	Haringvliet, H12	0,10	–
	Eijsden, zwevende stof	0,01	–
	Maas, Roermond	0,08	1
	Maas, Grave	0,02	–
	Westerschelde, Schaar den Ouden Doel	0,02	–
	IJmeerput	0,11	1
	IJsselmeer, Den Oever	0,09	1
5	Noordzeekanaal, kmr 17.8	0,42	4
	Noordzeekanaal, monding Zijkanaal G	0,32	2
	Noordzeekanaal, kmr 19-23	0,18	2
	Noordzeekanaal, kmr 13	0,07	1
	Noordzeekanaal, kmr 24-27,5	0,01	–
	Buitenhaven IJmuiden	0,01	–

(– = kleiner dan 1)

Afb. 2 - Profielen van de lozing en het sediment.



Uit de resultaten in tabel IV kan het volgende geconcludeerd worden:
– Op de locaties nabij de geselecteerde lozingspunten (groep 1) worden de hoogste gehalten aangetroffen; dit geldt ook voor de locaties in het Noordzeekanaal (groep 5).
– Op vrijwel alle locaties worden dioxines en furanen aangetroffen, ook op de locaties waar geen rechtstreekse beïnvloeding plaatsvindt (groep 4).
– Op twee locaties in het Botlekgebied wordt de saneringsgrenswaarde voor grond in woongebieden overschreden.
– De gehalten in Rijn en Maas liggen globaal gesproken op eenzelfde niveau.

Opmerkelijk is, dat op (vrijwel) alle locaties dioxines en furanen voorkomen. Vooral het feit dat de stoffen worden aangetroffen op plaatsen waar geen rechtstreekse beïnvloeding plaatsvindt, wijst erop dat deze stoffen mogelijk alom in het aquatische milieu aanwezig zijn. Dat in zowel Rijn- als Maassediment de gehalten in dezelfde orde van grootte liggen, wijst mede op een diffuse oorsprong van de PCDD en PCDF. Op de herkomst van deze stoffen wordt teruggekomen.

Op het overgrote deel van de locaties liggen de gehalten min of meer op hetzelfde niveau. Er zijn twee locaties die er duidelijk uitspringen. Dit zijn de Chemiehaven en de St. Laurenshaven in het Botlekgebied. De gehalten liggen hier hoger dan in het Noordzeekanaal, en de saneringsgrenswaarde voor grond in woongebieden wordt overschreden. In de Chemiehaven wordt procesafvalwater geloosd. Deze lozing is onderzocht. Aan de op enige kilometers afstand gelegen St. Laurenshaven is een installatie voor verbranding van huishoudelijk en chemisch afval gesitueerd. Om de karakteristieken van een lozing te vergelijken met de karakteristieken in het sediment worden de profielen van de lozing en het sediment vergeleken.

Het profiel van het sediment in de Chemiehaven komt niet goed overeen met het profiel van de lozing op de haven (afb. 2). Zeker op details binnen een isomeergroep zijn duidelijke verschillen aanwezig.
Het profiel van het sediment uit de St. Laurenshaven kan niet worden vergeleken met dat van een lozing op deze haven. Ten tijde van het onderzoek vond een relevante lozing niet plaats. Het profiel kan niet volledig worden verklaard door verbrandingsprocessen. Bepaalde verbindingen wijzen op chemische processen als herkomst. Mogelijk is er een beïnvloeding vanuit de Chemiehaven.
Van de overige bemonsterde sedimenten is de herkomst van de aangetroffen PCDD en PCDF niet altijd duidelijk. Van het merendeel van de onderzochte sedimenten nabij lozingen zijn de karakteristieken niet geheel in overeenstemming met de desbetreffende lozing. Vaak stemmen de profielen wel overeen, maar zijn er op details duidelijke verschillen.
Een verklaring voor deze verschillen kan zijn, dat de analyse van een monster van de lozing veel meer een momentopname is, dan het geval is bij sediment. Hierdoor kan de relatieve verdeling binnen een isomeergroep verschillen. Daarnaast wordt het profiel in sediment mede beïnvloed door diffuse bronnen, waardoor de relatie met de lozing ter plaatse minder duidelijk kan worden.
De profielen van de overige sedimenten, die niet in de directe invloedssfeer liggen van lozingen, kunnen niet eenduidig worden gerelateerd aan één bepaalde diffuse bron. Niettemin bestaat de indruk, dat de herkomst van de dioxines en furanen voornamelijk in diffuse bronnen moet worden gezocht.
Uit het afvalwateronderzoek bleek al, dat de relatieve bijdrage van de onderzochte puntbronnen aan de totale belasting gering is. Voor het stroomgebied van de grote rivieren is in ieder geval de belasting als gevolg van grensoverschrijdend transport van belang. Op basis van de gevonden gehalten voor zwevende stof en het gemiddelde zwevendestoftransport, wordt de vracht in Lobith geschat op 50-70 gram TCDD-equivalenten per jaar en in Eijsden op 5-10 gram TCDD-equivalenten per jaar. Dat de niveaus in zowel Rijn- als Maassediment in dezelfde orde van grootte liggen, wijst tevens op de herkomst van diffuse bronnen. Gezien het feit dat de sedimentprofielen vaak in details verschillen, moet gedacht worden aan een veelheid van diffuse bronnen. Op basis van een door de Dienst Binnenwateren/RIZA gemaakte inventarisatie blijken de huisvuilverbrandingsinstallaties en het gebruik van pentachloorfenol de belangrijkste bronnen te zijn [3].
Op enkele locaties, die verdacht waren vanwege vuilstortingen die hier vroeger hebben plaatsgevonden (tabel IV, groep 2), werden karakteristieke verbindingen aangetroffen. Een relatie van de sedimentverontreiniging met de vuilstort lijkt daardoor niet uitgesloten.

7. Risico-analyse

Hoewel de saneringsgrenswaarde voor grond in woongebieden wordt overschreden, kan momenteel slechts beperkt een inschatting worden gemaakt van de risico's welke zijn verbonden aan het voorkomen van PCDD en PCDF in de Chemie- en St. Laurenshaven. In de eerste plaats gaat het hier om een verkennend onderzoek. Het verdient dan ook aanbeveling deze twee havens nader te onderzoeken. Inmiddels is de directie Benedenrivieren van de Rijkswaterstaat hiermee gestart.
Van directe contacten van de mens met het sediment, zoals met grond in woongebieden mogelijk is, is hier geen sprake. Een vergelijking met de saneringsgrenswaarde is daarom nauwelijks zinvol. De havens zijn niet bedoeld als zwemgelegenheid en zijn ook niet uitnodigend om in te zwemmen.
Van indirecte contacten kan op dit moment sprake zijn door consumptie van vis. In het Botlekgebied wordt recreatief en commercieel gevist. De gehalten in vis in het Botlekgebied zijn op dit moment niet bekend. Extrapolatie vanuit de schaarse gegevens vanuit het Noordzeekanaal is hachelijk. Er is daarom een nader onderzoek ingesteld naar de gehalten in vissen uit het Botlekgebied.

Directe contacten kunnen optreden wanneer bij baggeren de specie op land wordt opgeslagen. Voor specie uit het Rotterdamse havengebied zijn twee depots beschikbaar. Voor minder vervuilde specie is er de grootschalige locatie (Slufterdam) en voor ernstig verontreinigde specie de zogenaamde Papegaaiebek op de Maasvlakte. Indien om nautische of mogelijk om saneringsredenen in de twee havens gebaggerd moet worden, dient door nader onderzoek vastgesteld te worden welke van deze twee locaties het meest geschikt is voor berging van de specie. Mogelijk kan blijken dat een specifieke oplossing gewenst is.
Zoals gezegd is een nader onderzoek naar de mate en omvang van de verontreiniging van het sediment in de twee havens ingesteld.
De gevonden gehalten in de onderzochte sedimenten buiten de Chemie- en St. Laurenshaven leveren vermoedelijk geen gevaar op voor de volksgezondheid.
De saneringsgrenswaarde voor grond in woongebieden wordt niet overschreden. Wel worden inmiddels vissen van een beperkt aantal locaties onderzocht.

8. Conclusies en aanbevelingen

1. De belasting van het oppervlaktewater met TCDD-equivalenten door afvalwaterlozingen vanuit de tot op heden onderzochte puntbronnen is zeer gering ten opzichte van de milieubelasting door andere bronnen. Deze belasting is een maximale, omdat in een aantal gevallen de bemonstering heeft plaatsgevonden op een punt in de afvalwaterstroom nog voor het punt waarop de zuivering van het afvalwater plaatsvond.
2. De belasting van de Nederlandse oppervlaktewateren als gevolg van grensoverschrijdend transport is aanzienlijk in relatie tot de afvalwaterlozingen.
3. De gevonden gehalten in de waterbodems leveren vermoedelijk geen gevaar op voor de volksgezondheid. Een oriënterend

onderzoek naar de gehalten in vissen is echter wel wenselijk en inmiddels opgestart.
4. Bij de berging van baggerspecie op het land dient ernstig rekening gehouden te worden met de toekomstige bestemming van de stortlocatie. Dit geldt met name voor specie die met gehalten de saneringsgrenswaarde voor grond van 1 ng per gram droge stof overschrijden.
5. Omdat gebleken is, dat afvalwaterlozingen uit puntbronnen geen grote bijdrage leveren aan de belasting van het oppervlaktewater met PCDD en PCDF – ondanks het feit dat plaatselijk wel degelijk van een grote invloed sprake kan zijn – moet de oorzaak van de verontreiniging vooral gezocht worden in diffuse bronnen en grensoverschrijdend transport. Ten behoeve van het terugdringen van de verontreiniging van de sedimenten, dient aan deze twee aspecten de nodige aandacht geschonken te worden. In het geval van diffuse bronnen gaat het vooral om het gebruik van pentachloorfenol en huisvuilverbrandingsinstallaties. Het stellen van strengere eisen aan het gebruik van pentachloorfenol wordt hiermee onderstreept.

Referenties

1. Turkstra, E. en Pols, H. B. (1986). *Dioxines in afvalwater en sediment.* Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA. Nota nr. 86.30. Lelystad.
2. Webster, G. R. B. et al. (1985). *Environmental fate modelling of chlorodioxins: determination of physical constants.* Chemosphere 14: 609-622.
3. Pols, H. B. (1985). *Gechloreerde dibenzo-p-dioxines en dibenzofuranen.* Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA. Nota nr. 85.08. Lelystad.
4. Weerasinghe, N. C. A., Gross, M. L. and Lisk, D. J. (1985). *Polychlorinated dibenzodioxins and polychlorinated dibenzofurans in sewage sludges.* Chemosphere 14: 557-564.
5. Hagenmaier, H., Brunner, H., Hack, R. and Berchtold, A. (1985). *PCDD's and PCDF's in sewage sludge, river and lake sediments from South-West Germany.* 5th International symposium on chlorinated dioxins and related compounds. September 16-19, Bayreuth (FRG). Wordt gepubliceerd.
6. Onderwaterbodem-overleg RWS-DGHM, werkgroep Normering (1986). *Interimrapport.* Dordrecht, Leidschendam, Lelystad.
7. Werkgroep Dioxine (1985). *Dioxines en furanen in het Noordzeekanaalgebied.* Rijkswaterstaat, Directie Noord-Holland. Rapport WDIJ 85.02. Haarlem.
8. Cull, M. R. et al. (1984). *Polychlorodibenzo-p-dioxines and dibenzofurans in technical pentachlorophenol-results of a collaborative analytical exercise.* Chemosphere 10: 1157.
9. Czuczwa, J. M. and Hites, R. A. (1984). *Environmental fate of combustion-generated polychlorinated dioxins and furans.* Environ. Sci. Technol. 18: 444-450.
10. Olie, K., Vermeulen, P. L. and Hutzinger, O. (1977). *PCDD and PCDF trace constituents of fly ash and flue gas of some municipal incinerators in the Netherlands.* Chemosphere 6: 455-459.

● ● ●

WRK neemt windturbines en warmtekracht-installaties officieel in gebruik

Een deel van de benodigde energie voor waterwinstation Prinses Juliana van de nv Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) te Enkhuizen, wordt vanaf 6 november jl. in eigen beheer gewonnen. Op die datum stelde de Noordhollandse gedeputeerde drs. W. T. van Gelder, president-commissaris van de WRK een tweetal windturbines en een warmtekrachtinstallatie officieel in gebruik. De windturbines leveren 8% en de dieselgeneratoren via de warmtekrachtkoppeling 28% van de totale benodigde energie. De rest wordt betrokken van het openbare net.

Subsidies

Hoewel de wind als energiebron ons kosteloos komt aanwaaien, zijn de kosten van een windenergieproject toch zeer aanzienlijk. Windturbines zijn dynamisch zeer zwaar belaste constructies, waardoor tijdens het ontwerp met hoge veiligheidsfactoren rekening moet worden gehouden. De totale kosten van het project beliepen bijna *f* 2 miljoen. De WRK ontving echter voor het project subsidies van het ministerie van Economische Zaken en van de EEG. In totaal bestaat 58,5% van de totale investering uit subsidies, waardoor de terugverdientijd van het project is teruggebracht van 7 jaar naar 2,7 jaar.
Voor de EEG-subsidie gelden de volgende voorwaarden:
– het project moet een demonstratie- of voorbeeldkarakter hebben;
– er moet sprake zijn van nieuwe technieken, apparaten, systemen of processen;
– het moet een technisch risico inhouden.

Locatie

Voor een economische energieconversie moeten windturbines in gebieden worden geplaatst met hoge gemiddelde windsnelheden. Er wordt door een windturbine alleen energie geleverd bij windsnelheden tussen 4 m/s en 20 m/s. Gebieden waar de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid op 10 m hoogte boven maaiveld lager is dan 5 m/s, komen in het algemeen voor toepassing van deze techniek niet in aanmerking.
Windrijke gebieden in Nederland zijn de kustgebieden langs Noordzee en IJsselmeer. De WRK-turbines zijn geplaatst op enige afstand van het waterwinstation aan het IJsselmeer. Ondanks de aangehouden afstand, bleek uit voorstudies, dat de hoogte van de gebouwen (15 m) de gemiddelde windsnelheid zodanig beïnvloedde, dat de masten van de windturbines van 23 naar 31 m moesten worden verlengd.

Warmtekrachtkoppeling

Het rendement van de noodstroomaggregaten van WRK-3 bedroeg in het verleden slechts 34%. De aggregaten werden alleen gebruikt in geval van een stroomstoring in het openbare net en om pieken weg te draaien.
Door de afvalwarmte in de uitlaatgassen te gebruiken voor de verwarming van de gebouwen, gaat het rendement van de noodaggregaten aanzienlijk omhoog, namelijk met 51,8%. Gedurende de wintermaanden zal een van de twee warmtekrachtinstallaties draaien met een gemiddelde elektrische belasting van 74% (435 kW). De andere warmtekrachtinstallatie staat dan paraat om bij storingen of periodiek onderhoud de levering over te nemen.
De warmtekrachtinstallatie levert zoveel warmte, dat slechts bij temperaturen lager dan –4 °C met de CV moet worden bijgestookt.

Waterwinstation Prinses Juliana met op de achtergrond één van de twee juist in gebruik genomen 'Windmasters'.

