Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmachtigen in het Rotterdamse havengebied.

Het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' is een samenwerkingsverband van:

- namens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat:
  - Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA);
- namens het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer:
  - Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM);
- namens het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij:
  - DLO-Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO-DLO);
  - DLO-Instituut voo Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO);
  - DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het landelijk Gebied (SC-DLO).

Doel van het project is een bijdrage te leveren aan het ecologisch herstel van de Rijn en de Maas. Daartoe wordt onder andere de reeks Publicaties en rapporten van het projet 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' uitgegeven.

Opdrachtgever: RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmachtigen in het Rotterdamse havengebied

H.L.A. Sonneveldt
A.C. Baart

Waterloopkundig Laboratorium, postbus177, 2600 MH Delft

Met als bijlage het memo:

"Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg"

D. Ludikhuize

RIZA

Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' no. 69-1997

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad, 1997

REFERAAT

H.L.A. Sonneveldt, A.C. Baart, 1997, *Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmachtigen in het Rotterdamse havengebied.* Lelystad, RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' no. 69-1997. 49 blz; 19 fig.; 11 tab.; 17 ref.

Dit onderzoek was gericht op de vraag of er op grond van modelberekeningen chemische of thermische barrières voor de intrek van zalmachtigen worden verwacht in het Rotterdamse Havengebied. Voor de onderzochte stoffen, uitgezonderd koper, geven de modelberekeningen geen duidelijke aanwijzingen voor het optreden van chemische of thermische barrières voor migrerende salmoniden op de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg.
De laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper is zeer laag in vergelijking tot de natuurlijke achtergrondsconcentratie, en is daarom onzeker. De waarde wordt ruimschoots overschreden in het aangevoerde Rijnwater
In het rapport is als bijlage opgenomen het memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg" door D. Ludikhuize (RIZA). Hierin is de RAP/NAP stoffenlijst gescreend op relevantie voor de onderhavige studie. De conclusie van deze screening is dat alle in aanmerking komende stoffen van deze lijst reeds zijn onderzocht in de onderhavige studie.

Trefwoorden: vistrek, zalm, Nieuwe Waterweg ,chemische barrières, thermische barrières, verontreiniging, modellen, Noordelijk Deltabekken

ISSN 1381-4656

c 1997 Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling
Postbus 17, 8200 AA Lelystad,
Tel 0320 298411; telefax: 0320 249218

WL nummer: Z2174/T1619.

Inhoud

Voorwoord ii

Abstract iii

Samenvatting iv

1 Inleiding . . . . . 1 — 1

1.1 Probleemstelling . . . . . 1 — 1

1.2 Aanpak . . . . . 1 — 2

1.3 Inhoudelijke achtergronden . . . . . 1 — 5

2 Berekeningen concentratieniveaus met het regionaal model . . . . . 2 — 1

2.1 Methodiek . . . . . 2 — 1

2.2 Resultaten . . . . . 2 — 2

2.2.1 Metaalconcentraties . . . . . 2 — 3
2.2.2 Thermische verontreiniging . . . . . 2 — 6

3 Berekeningen concentratiegradiënten in lozingspluimen . . . . . 3 — 1

3.1 Methodiek . . . . . 3 — 1

3.2 Resultaten . . . . . 3 — 2

4 Discussie . . . . . 4 — 1

4.1 Interpretatie van de resultaten . . . . . 4 — 1

4.2 Beperkingen van de studie, aanbevelingen . . . . . 4 — 2

5 Conclusies . . . . . 5 — 1

6 Literatuur . . . . . 6 — 1

Bijlagen

Bijlage A Berekeningsmethode concentratiegradiënten lozingspluimen . . . . . A — 1

Bijlage B Memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalm-intrek Nieuwe Waterweg" . . . . . B — 1

Voorwoord

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) te Lelystad. Namens de opdrachtgever werd deze studie begeleid door A.J. Hendriks (RIZA). In de begeleidingsgroep hadden verder zitting D. Ludikhuize (RIZA) en E.J. Ooms (Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland).

Door A. bij de Vaate (RIZA) is de nodige informatie verstrekt over het trekgedrag van zalmachtigen (periode, lokatie, effect temperatuur), waarvoor onze dank. Deze informatie is verwerkt in hoofdstuk 1.3.

In dit rapport is het RIZA-memo 'Nader te onderzoeken stoffen in kader zalm-intrek Nieuwe Waterweg'(Ludikhuize, 1995) opgenomen als Bijlage B.

Het projectteam aan de zijde van het Waterloopkundig Laboratorium bestond uit de volgende personen: H.L.A. Sonneveldt (projectleiding, berekeningen Regionaal Model en rapportage), A.C. Baart (analytische berekeningen lozingspluimen, rapportage), J.K.L. van Beek (implementatie surplustemperatuur in Regionaal Model) en J.A.G. van Gils (advisering analytische methode). De interne kwaliteitscontrole van de rapportage is uitgevoerd door P.C.G. Glas. Alle genoemde WL-medewerkers maken deel uit van de sector Waterbeheer en Milieu.

In 1997 is het rapport aangepast naar aanleiding van commentaar van de EHR-groep, en van D. Bijstra (RIZA), A.S. Hassoldt (RIZA) en W.J. Goossen (RWS/HD).

Abstract

The water quality in the Rhine river basin is one of the factors which possibly hampers the re-introduction of migratory fish species such as the salmon (*Salmo salar*). It is known that high concentrations of certain toxic substances and high water temperatures near cooling water discharges cause avoidance-behaviour of migrating species.

The only connection of the Rhine with the North Sea which remains open continuously since the completion of the Delta works in the Netherlands is the Rotterdam Waterway. This is therefore an important potential spawning migration route for salmonides. However, the Rotterdam Harbour area is a zone of intensive industrial activity, so thermal or chemical barriers for migrating fish may occur.

The objective of this study was to determine whether chemical or thermal barriers to salmon migration are to be expected in the Rotterdam Waterway. This problem was investigated by modelling heavy metal concentrations and temperature using a numerical water quality model of the Rhine Delta (far field), and by applying an analytical method which focused on the immediate vicinity of the outfalls (near field). The results of the numerical model indicate that the present water quality concentrations and temperatures are too low to cause chemical or thermal barriers on a regional scale. The modelling of the vicinity of the outfalls indicates that avoidance concentrations may be exceeded in the immediate area near the pipe.

The conclusion, given the present state of knowledge of water quality conditions and of avoidance behaviour, is that the occurrence of chemical or thermal barriers for migrating salmonides in the Rotterdam Waterway is not probable for the compounds studied. The only exception is for copper, for which the lowest known avoidance concentration is exceeded at several locations in the Rhine river. However, the lowest avoidance concentration for copper is uncertain, since it is extremely low in comparison to the natural background concentration in the Rhine. The avoidance concentration for copper should be reviewed critically.

Samenvatting

De waterkwaliteit in het stroomgebied van de Rijn is één van de factoren die mogelijk een beperkende factor vormen voor de herintroductie van migrerende vissoorten, zoals de zalm. Het is bekend dat te hoge concentraties van bepaalde verontreinigingen worden gemeden door trekkende vissen. Ook een te sterke temperatuurstoename door koelwaterlozingen wordt gemeden door vissoorten als de zalm. Te hoge concentraties verontreinigingen of te hoge temperaturen vormen dus een barrière voor de vistrek.

Dit onderzoek was gericht op de vraag of er op grond van modelberekeningen chemische of thermische barrières voor de intrek van zalmachtigen worden verwacht in het Rotterdamse Havengebied. Deze barrières worden mogelijk gevormd door een lokale verhoging van concentraties van verontreinigingen door de industriële activiteiten in dit gebied.

Om dit probleem te onderzoeken zijn twee rekenmethoden toegepast. Met het Regionaal Waterkwaliteitsmodel voor het Noordelijk Deltabekken is op regionale schaal onderzocht of er chemische of thermische barrières zijn te verwachten in het Rotterdamse Havengebied. Met een analytische methode is dit op lokale schaal onderzocht, in de directe omgeving van een aantal lozingspunten.

De berekeningen met het Regionaal Model wijzen er op dat alleen de concentratie van opgelost cadmium in de waterkolom duidelijk is verhoogd ten opzichte van het aangevoerde Rijnwater. De concentraties liggen echter ruimschoots beneden de laagst bekende vermijdingsconcentratie van cadmium.
De concentraties van de andere onderzochte stoffen zijn niet duidelijk verhoogd in het studiegebied. Wel is de concentratie van opgelost koper in het aangevoerde Rijnwater duidelijk hoger dan de laagst bekende vermijdingsconcentratie. De laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper is echter onzeker, omdat deze veel lager is dan de natuurlijke achtergrondsconcentratie in de Rijn. De concentratie opgelost zink in het Rijnwater benadert de 50 % van de laagst bekende vermijdingsconcentratie, maar overschrijdt deze niet.
Door het RIZA is de volledige RAP/NAP stoffenlijst gescreend op relevantie voor de onderhavige studie (memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg", opgenomen als Bijlage B in deze rapportage). De conclusie van deze screening is dat alle in aanmerking komende stoffen van deze lijst reeds zijn onderzocht in de onderhavige studie.

Met het Regionaal Model is de temperatuurverhoging ten opzichte van de lokale achtergrondstemperatuur ten gevolge van thermische lozingen berekend. De hoogste waarde bedraagt enkele graden in de Eemhaven. Op de rivier is de maximale temperatuurverhoging echter 0.4 graden, waarmee de kritische grens van 1 graad niet wordt overschreden.

Met een analytische methode is de concentratieverdeling nabij lozingspunten op de rivier berekend. Tijdens één getij wordt een duidelijke lozingspluim langs de oever gevormd. Het geloosde water wordt echter zeer sterk verdund.
Afgezien van koper wordt slechts in een enkel geval (zink) de vermijdingsconcentratie overschreden, en dan alleen in de onmiddellijke nabijheid van het lozingspunt. Dit gebied strekt zich echter niet verder uit dan een tiental meters uit de oever over een lengte van enkele tientallen meters. Bij koper is deze zone circa 50 meter over een lengte van minimaal een kilometer.

De bevindingen van dit onderzoek kunnen worden samengevat in de volgende conclusies:

Voor de onderzochte stoffen, uitgezonderd koper, geven de modelberekeningen geen duidelijke aanwijzingen voor het optreden van chemische of thermische barrières voor migrerende salmoniden op de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg.

Tot circa 50 meter uit de oever kan de laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper worden overschreden onder invloed van alleen een lozing op de noordoever van de Nieuwe Waterweg. De laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper is echter zeer laag in vergelijking tot de natuurlijke achtergrondsconcentratie, en is daarom onzeker. De waarde wordt ruimschoots overschreden in het aangevoerde Rijnwater.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

Terugkeer van de zalm (en verwante soorten) in de Rijn is de eerste doelstelling van het Rijn Actie Plan (RAP). In de Evaluatienota Water (RIZA, RIKZ, 1994) is als streefbeeld voor de rivieren vastgelegd "Zalm in Rijn en Maas in 2000". Een voorwaarde voor de terugkeer van trekvis in de Rijn is een sterke verbetering van de waterkwaliteit ten opzichte van de situatie in 1985. Door emissiereducties is inmiddels een sterke verbetering van de waterkwaliteit in de Rijn bewerkstelligd, maar het is onzeker of de huidige kwaliteit geen belemmering meer vormt voor zalmachtigen.

Voor een aantal chemische verontreinigingen kan op grond van experimentele gegevens worden aangegeven wat de (opgeloste) concentratieniveaus zijn die door zalmachtigen worden gemeden (Van Brummelen, 1990). Deze niveaus zijn niet nauwkeurig af te bakenen vanwege diverse onzekerheden zoals de mogelijke invloed van andere (chemische) parameters (zoals de hardheid van het water). Ook thermische verontreiniging (koelwaterlozingen) kan een belemmering vormen voor vistrek, ook hier is het vermijdingsniveau onzeker (mondelinge mededeling A. bij de Vaate, RIZA).

Op grond van de gemeten (opgeloste) concentratieniveaus bij Lobith kan voor een beperkt aantal stoffen worden gesteld dat ze geen belemmering vormen voor de zalmoptrek. Voor andere stoffen is het onduidelijk of te Lobith vermijdingsconcentraties worden overschreden of niet. Het vermoeden bestaat dat benedenstrooms (met name in het Rotterdamse havengebied) de chemische en/of de thermische verontreiniging lokaal duidelijk hoger liggen dan de niveaus waarboven vermijding optreedt.
Indien dit inderdaad het geval is, zal herintroduktie van de zalm in de Rijn nog niet mogelijk zijn. Voorlopige resultaten van onderzoek naar de doortrek van salmoniden in Nieuwe Waterweg en Haringvliet wijst erop dat deze minder is dan verwacht (mondelinge mededeling A. bij de Vaate, RIZA). Het optreden van chemische en/of thermische barrières voor zalmachtigen wordt vooral in de Nieuwe Waterweg verwacht, gezien de grote industriële activiteit ter plekke.

De meest directe manier om de concentraties van verontreinigingen en de surplustemperatuur nabij lozingspunten in de Nieuwe Waterweg te vergelijken met de kritische niveaus, is het interpreteren van meetresultaten. De enige beschikbare routinematige metingen van concentraties in de waterkolom in het gebied zijn die voor de monitoringlokatie Maassluis. Metingen van thermische verontreiniging zijn hier niet voorhanden. Wel is door Directie Zuid-Holland recent modelonderzoek uitgevoerd naar de thermische verontreiniging van de Nieuwe Waterweg.
Het meetpunt Maassluis is relatief westelijk gelegen ten opzichte van de lozingspunten in de Nieuwe Waterweg en aangrenzende wateren. Er zijn alleen maandelijkse waarnemingen beschikbaar. Het concentratieverloop gedurende het getij wordt niet gemeten. In de Nieuwe Waterweg treedt een zoet-zout-gelaagdheid op door de indringing van zout zeewater en de uitstroom van zoet rivierwater. Alleen de bovenlaag wordt te Maassluis bemonsterd, de onderlaag wordt niet stelselmatig bemonsterd.

Een alternatief voor het vergelijken van metingen is het vergelijken van de berekeningsresultaten van een waterkwaliteitsmodel van het studiegebied. Een dergelijk model van het studiegebied is door het Waterloopkundig Laboratorium ontwikkeld in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland. Het model is ingeregeld aan de hand van (veld)gegevens van het studiegebied. In het model wordt onderscheid gemaakt tussen de boven- en onderlaag van de waterkolom. Verder zijn er uit de literatuur formuleringen beschikbaar voor het in detail onderzoeken van de mogelijke concentratieverhoging in een lozingspluim.

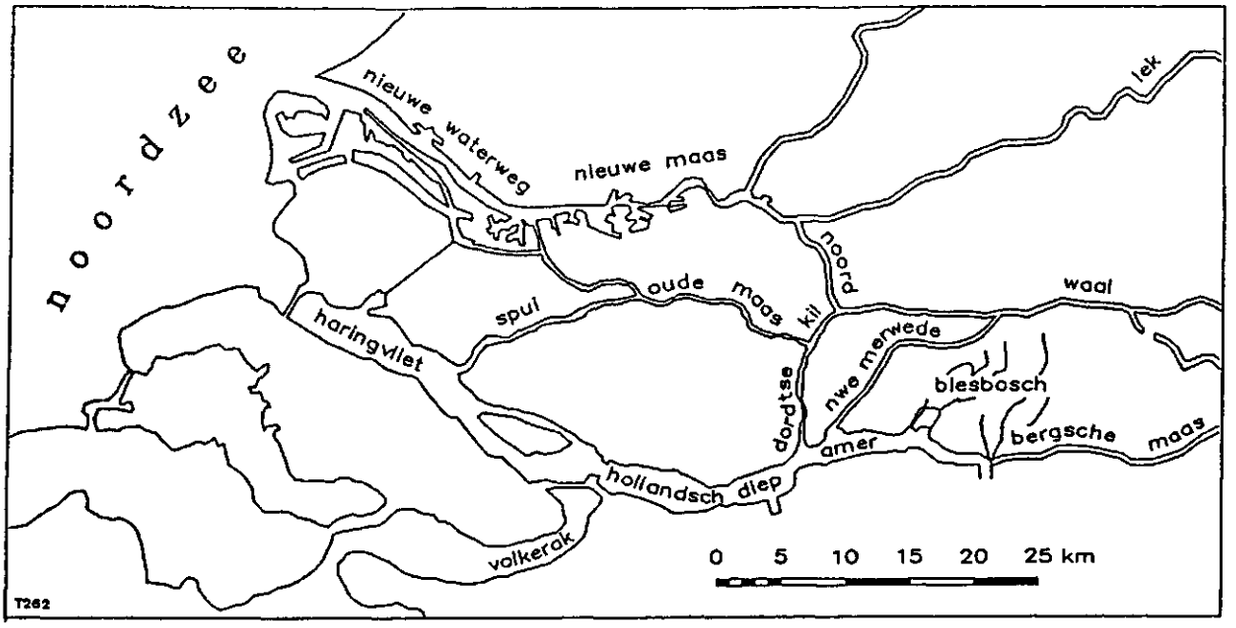
Om te onderzoeken in hoeverre er sprake kan zijn van het optreden van chemische en/of thermische barrières voor zalmoptrek in het Rotterdamse Havengebied kan dus gebruik gemaakt worden van waterkwaliteitsmodellen. Hierbij worden de modelresultaten vergeleken met de kritische niveaus voor vermijding en de concentraties in de Rijn bij Lobith.

De vraagstelling van onderhavig onderzoek is dan ook: *"In hoeverre wijzen modelresultaten op een zodanige verhoging in het Rotterdamse havengebied van concentraties en temperatuur als gevolg van lozingen, dat de intrek van zalmachtigen hierdoor gehinderd kan worden?"*

1.2 Aanpak

Het studiegebied

De mondingen van Lek, Waal en Maas vormen een netwerk van riviertakken en (voormalige) estuaria dat het Noordelijk Deltabekken wordt genoemd (*Figuur 1.1*). De bovenstroomse grenzen van het gebied zijn Hagestein (Lek), Tiel (Waal) en Lith (Maas). De benedenstroomse randen zijn Hoek van Holland (Nieuwe Waterweg) en de Haringvlietsluizen. De waterstroming in het gebied wordt bepaald door de afvoeren van Rijn en Maas, de bediening van de sluizen, en het getij op de Noordzee. In het gebied worden de Noordrand (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Rotterdamse Havens) en de Zuidrand (Haringvliet, Hollandsch Diep, Biesbosch) onderscheiden. Deze studie richt zich met name op de Noordrand, omdat mogelijke chemische en/of thermische barrières vooral hier verwacht worden.



Figuur 1.1 Overzichtskaart Noordelijk Deltabekken

Beschikbare modellen en berekeningsmethoden

In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland is door het Waterloopkundig Laboratorium het Regionaal Model Noordelijk Deltabekken ontwikkeld. Met dit model wordt onderzocht wat de invloed is van lokale lozingen en de aanvoer van verontreinigingen door de rivieren op de water- en waterbodemkwaliteit in de delta van Rijn en Maas.

Het model bevat procesformuleringen voor organische en anorganische verontreinigingen zoals bestrijdingsmiddelen, PAK's en zware metalen. Bovendien is in het kader van de onderhavige studie het model uitgebreid met een procesformulering voor het beschrijven van het gedrag van thermische verontreiniging.

De rivieren en havens zijn in het model onderverdeeld in vakken, waarvan de grootte varieert van enkele honderden meters tot enkele kilometers. Het model is in horizontale richting ééndimensionaal, wat betekent dat er geen ruimtelijk onderscheid wordt gemaakt in de dwarsrichting van de rivier (afgezien van vertakkingen). Dit heeft als consequentie dat het model alleen chemische en thermische barrières kan berekenen over de gehele breedte van de rivier, op de schaal van de modelvakken. Lokale concentratieverhogingen binnen een modelvak kan het model dus niet berekenen.

Dergelijke lokale concentratieverhogingen kunnen vooral nabij lozingspunten een rol spelen. Zo is het denkbaar dat een lozingspluim alleen de oeverzone beïnvloedt, en (in de dwarsrichting gezien) alleen op een gedeelte van de rivier een chemische barrière vormt. Deze problematiek zou met een model met een zeer gedetailleerde ruimtelijke schematisatie kunnen worden bestudeerd. Een dergelijk model van het gebied is echter (nog) niet beschikbaar, daarom is een alternatieve methode toegepast om te onderzoeken in hoeverre lokale lozingspluimen een rol kunnen spelen. Dit betreft een analytische formulering uit de literatuur (ontleend aan Rutherford, 1994).

In deze studie zijn dus twee rekenmethoden toegepast om te onderzoeken of er chemische en thermische barrières zijn te verwachten in het Rotterdamse Havengebied. Met het Regionaal Model is dit op regionale schaal onderzocht. Met de analytische methode is ingezoomd op de directe omgeving van lozingspunten.

Keuze van stoffen en simulatieperiode

In Van Brummelen (1990) worden de volgende probleemstoffen genoemd waarvoor kritische concentratieniveaus voor vermijdingsgedrag bekend zijn:

Metalen
- cadmium
- chroom
- koper
- nikkel
- lood
- zink

Organische verbindingen
- tetrachlooretheen
- chloroform
- "bepaalde anionische detergenten"

Voor alle hier genoemde stoffen, uitgezonderd de anionische detergenten zijn lozingsgegevens voor de Noordrand beschikbaar (DZH, 1994). Voor de genoemde metalen, uitgezonderd nikkel en lood, is de gecalibreerde berekening met het Regionaal Model voor 1990 beschikbaar. Dit houdt in dat lozingen, randconcentraties en procescoëfficiënten zijn gekwantificeerd, en dat de beschikbare veldmeetgegevens in voldoende mate worden gereproduceerd door het model. Voor tetrachlooretheen en chloroform is geen gecalibreerde berekening beschikbaar. Teneinde deze stoffen te modelleren moeten in ieder geval de concentraties op de rivierranden en de zeerand en de procescoëfficiënten worden gekwantificeerd zodat de stoffen kunnen worden toegevoegd aan het model. Wel worden in de berekeningen voor 1990 reeds de organische verontreinigingen benzo(a)pyreen en minerale olie en het metaal kwik gemodelleerd.

Op grond van de beschikbaarheid van vermijdingsconcentraties en gecalibreerde modelformuleringen zijn daarom voor de onderhavige studie de volgende stoffen geselecteerd: cadmium, chroom, koper en zink. Daarnaast zijn berekeningen uitgevoerd voor de parameter surplustemperatuur.

Door het RIZA is de volledige RAP/NAP stoffenlijst gescreend op relevantie voor de onderhavige studie (memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg", opgenomen als Bijlage B in deze rapportage). Deze screening gaf geen aanleiding tot het onderzoeken van andere stoffen dan de bovengenoemde.

In de operationele toepassing van het Regionaal Model is het jaar 1990 gesimuleerd. Dit jaar is geselecteerd in samenspraak met Rijkswaterstaat, en kan als representatief worden beschouwd voor de langjarige water- en slibbeweging in het studiegebied. In dit jaar treden zowel natte als droge perioden op. Het inregelen van het model voor een recenter jaar is een omvangrijke activiteit die buiten de doelstelling van onderhavige studie viel. Daarom is alleen voor 1990 gerekend.

1.3 Inhoudelijke achtergronden

In een aantal literatuurstudies (DBW/RIZA, 1989; TNO/SCMO, 1989; van Brummelen, 1990) wordt een uitgebreid overzicht gegeven van de factoren die bepalen of een rivier geschikt is voor zalmachtigen. Dit wordt niet alleen door de waterkwaliteit bepaald, maar ook door allerlei andere zaken zoals de morfologie van de rivier en de aanwezigheid van kunstwerken zoals stuwen en sluizen. Bovendien moet de riviermonding geschikt zijn om binnengezwommen te worden. Vissen moeten de gelegenheid hebben om zich aan te passen aan het zoete water. Zoals bekend, is de Rijn in al deze opzichten sterk beïnvloed door de mens door bijvoorbeeld de aanleg van dammen, het rechttrekken van riviertakken en het lozen van afvalwater.

In DBW/RIZA (1989) worden de volgende maatregelen genoemd die tegelijkertijd moeten worden genomen om een zichzelf in stand houdende zalmpopulatie terug te krijgen in de Rijn:

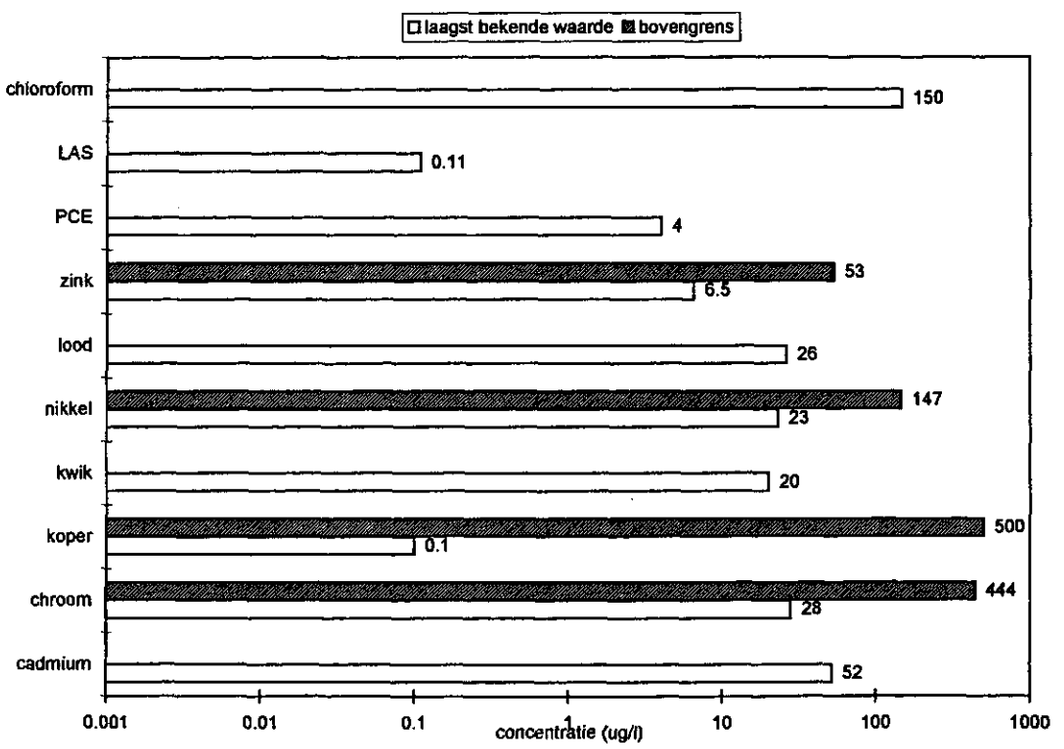
- uitzetten van zalm;
- morfologische aanpassingen in zowel de hoofdstroom als in de zijrivieren;
- herstel van paai- en opgroeigebieden;
- verbetering van de waterkwaliteit;
- het brengen van de zalm onder de natuurbeschermingswet;
- tegengaan van intensieve zeevisserij.

De waterkwaliteit (waaronder chemische en thermische barrières) is dus maar één van de vele factoren die een rol spelen bij het al dan niet geschikt zijn van de Rijn voor de herintroduktie van zalmachtigen. Met andere woorden, een schone Rijn zal nog steeds ongeschikt zijn als zalmrivier indien niet ook aan de andere voorwaarden wordt voldaan.

De invloed van stoffen op de vistrek

Verontreinigende stoffen kunnen op 2 manieren de trek van zalmachtigen belemmeren (Van Brummelen, 1990). In de eerste plaats kan het oriëntatievermogen van vissen nadelig worden beïnvloed omdat het reukvermogen van de vissen kan worden gestoord door waterverontreiniging. Als de vis zich niet meer goed kan oriënteren zal ook de vistrek worden bemoeilijkt. In de tweede plaats kunnen te hoge concentraties van bepaalde stoffen schade toebrengen aan de vis. Daarom zal de vis gebieden met te hoge concentraties verontreinigingen mijden, zodat een chemische barrière ontstaat voor de vistrek. Deze studie is op dit tweede aspect gericht.

In tabel 1 in Van Brummelen (1990) wordt een overzicht gegeven van de laagste gerapporteerde concentraties die vermijdingsgedrag veroorzaken. Deze concentraties zijn weergegeven in Figuur 1.2.



Figuur 1.2 uit de literatuur bekende laagste vermijdingsconcentraties (van Brummelen, 1990)

Periode van visintrek

De enige gegevens waaruit informatie kan worden verkregen over de periode in het jaar waarin de vissen migreren zijn oude vangststatistieken (1911-1918). Verwacht wordt dat de intrekperiode heden niet veel anders zou zijn (pers. mededeling A. bij de Vaate, RIZA). Er vond nauwelijks zalmtrek plaats in de periode oktober-januari. Na januari nam de vangst toe, met een piek in de periode mei-juli, waarna de vangst weer afnam tot september. Er keerden maar weinig zalmen terug naar zee na het paaien. De zeeforel vertoonde geen duidelijke piek, en zwom meer heen en weer (zwerver). Er vond geen zomerintrek plaats (mei-augustus), overigens was deze soort vroeger commercieel niet belangrijk (pers. mededeling A. bij de Vaate, RIZA).

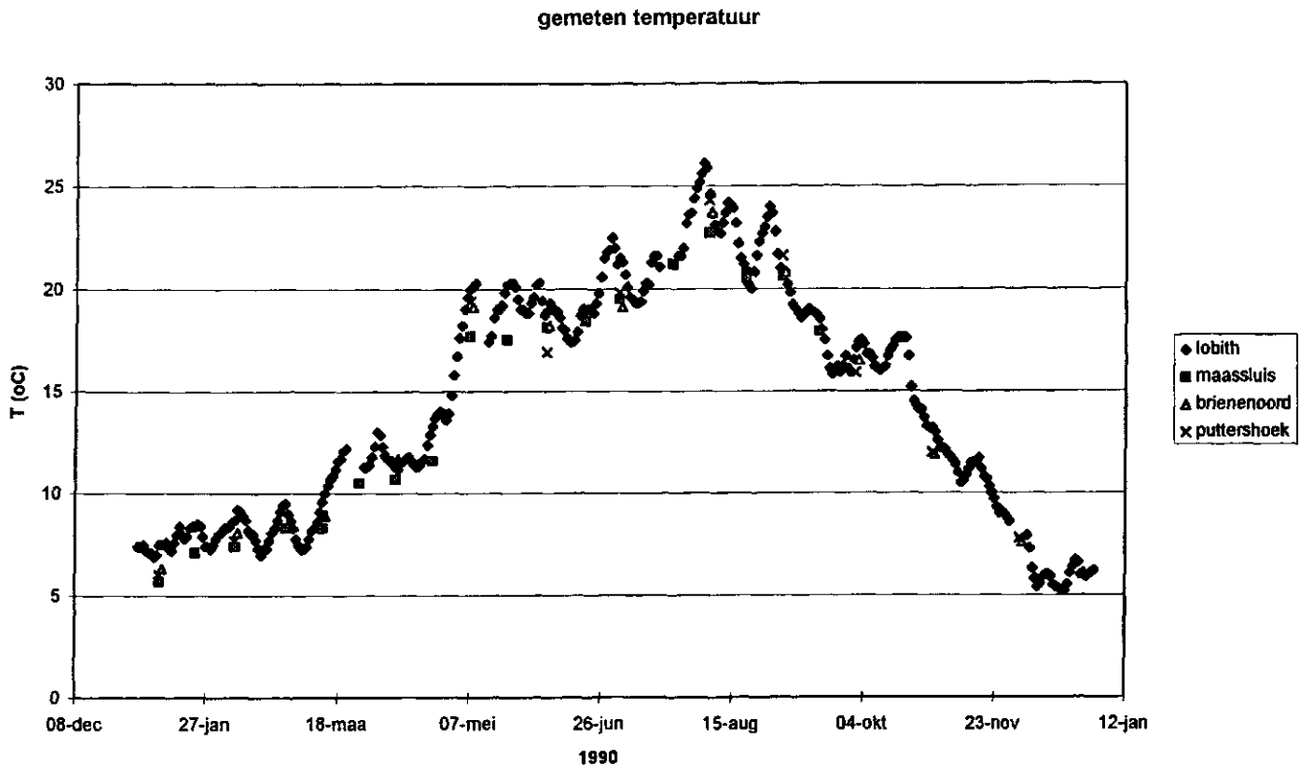
De invloed van de temperatuur op de visintrek

De watertemperatuur beïnvloedt op verschillende manieren de vistrek. Afgezien van een bovengrens voor zalm(achtigen) van 30°C (bij hogere temperaturen sterft zalm) zijn vooral de verschillen tussen zeewater en rivierwater (het temperatuurvenster), en plotselinge gradiënten in de rivier van belang. Deze verschillen zouden niet groter mogen zijn dan 1°C, een lozingspluim met een temperatuur van meer dan 1 °C zou dus een thermische barrière zijn voor zalmachtigen.

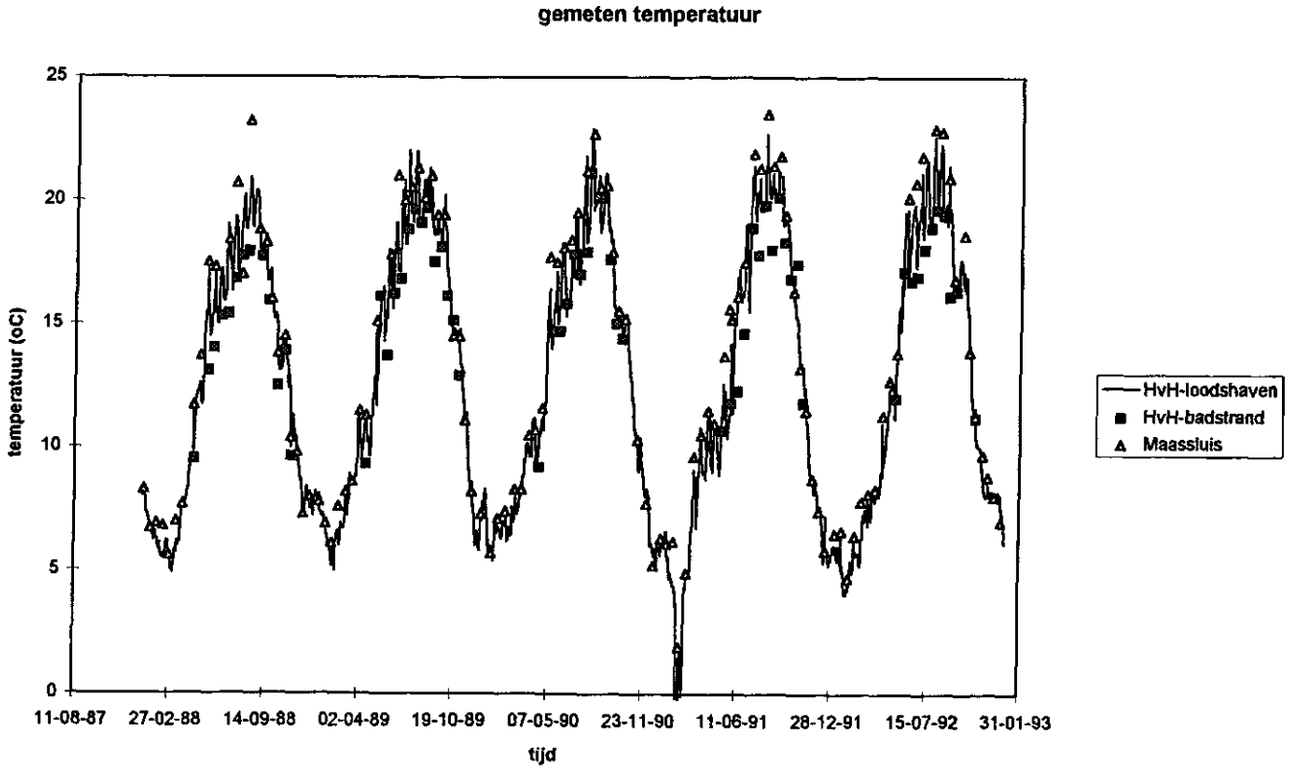
De achtergrondstemperatuur in het watersysteem vertoont zoals te verwachten een seizoensvariatie (Figuur 1.3). De ruimtelijke variatie is echter gering. Tussen de diverse meetstations in de rivier treden geen significante verschillen op, zoals blijkt uit vergelijking van de meetgegevens voor Lobith, Brienenoord, Puttershoek en Maassluis.

In de Nieuwe Waterweg bij Hoek van Holland ('HvH-loodshaven') is (vooral in de zomer) de getijdedynamiek zichtbaar (Figuur 1.4). Dit wijst op een temperatuursverschil tussen rivier en zee in de zomer.

Het onderling vergelijken van de meetstations nabij de monding van de Nieuwe Waterweg is lastig door de getijdedynamiek, bovendien is de meetfrequentie niet gelijk. De gegevens wijzen niet op een continue abrupte temperatuurssprong tussen rivier en zee. Alleen in de zomer lijken er duidelijke verschillen (tot ca. 3 graden) te zijn tussen zee ('HvH-badstrand') en rivier ('Maassluis'). Voor een meer gedetailleerde vergelijking van de watertemperatuur op zee en in de rivier is een uitgebreidere analyse van de beschikbare gegevens nodig dan in het kader van deze studie mogelijk was.



Figuur 1.3 Gemeten temperatuur (°C) voor een aantal meetstations in de rivier (bron gegevens: RIZA)



Figuur 1.4 Gemeten temperatuur (°C) voor een aantal meetstations nabij de monding van de Nieuwe Waterweg (bron gegevens: RIZA)

2 Berekeningen concentratieniveaus met het regionaal model

2.1 Methodiek

Het doel van het Regionaal Waterkwaliteitsmodel voor het Noordelijk Deltabekken (WL, 1994a) is de simulatie van de waterkwaliteit en de sedimentskwaliteit in het Noordelijk Deltabekken. Het instrument is toegepast in samenwerking met het RIZA voor Directie Zuid-Holland in het kader van het 'Samen naar Schone Baggerspecie" (SSB) project (fasen I en II). De verontreinigingen die in het Regionaal Model worden gesimuleerd zijn cadmium, chroom, koper, kwik, zink, benzo(a)pyreen en minerale olie. In een eerdere studie zijn behalve deze stoffen ook lood, PCB-153 en lindaan gesimuleerd.

De waterbeweging is berekend met het door Rijkswaterstaat ontwikkelde model ZWENDL. Dit model is 1-dimensionaal, in het Regionaal Model worden als uitbreiding echter wel de zoute onderlaag en de zoete bovenlaag onderscheiden. Het model rekent voor verschillende afvoersituaties, en met kleine tijdstappen (10 minuten) zodat de variatie binnen het getij wordt meegerekend. De modeluitvoer wordt met grotere tijdstappen bewaard (5 dagen). Zowel de momentane concentraties als de gemiddelde en maximale concentraties in een uitvoertijdstap worden weggeschreven. In het lopende SSB-II project is het model gecalibreerd voor het jaar 1990. In het voorgaande SSB-I project zijn berekeningen voor 1985 en 1991 uitgevoerd.

In het model is het watersysteem onderverdeeld in rekenvakken (zie Figuur 2.1). De grootte van deze vakken varieert van enkele honderden meters tot enkele kilometers. Gradiënten die zich over een kleinere ruimteschaal voordoen kunnen dus niet worden weergegeven met het model (afgezien van de verticale gelaagdheid). Het Regionaal Model kan dus alleen een benadering geven van de concentratie- of temperatuurverhoging nabij een lozingspunt, de piekconcentratie in de pluim zelf wordt niet gesimuleerd. Verder kunnen gradiënten in de dwarsrichting van de rivier niet worden weergegeven vanwege het eendimensionale karakter van het model. Met het Regionaal Model kunnen dus alleen de globale concentratieverhogingen ten gevolge van de lozingen worden berekend.

Behalve toxische stoffen worden ook chloride en slib gesimuleerd. De verontreinigingen zijn in het model aan verschillende processen onderhevig, namelijk:

- transport door het watersysteem,
- verdeling over een aan particulair materiaal gebonden fractie en de opgeloste fractie (sorptie, afhankelijk van chloride);
- afbraak en vervluchtiging (alleen organische verontreinigingen),
- sedimentatie en erosie van de aan particulair materiaal gebonden fractie,
- verlies van warmte aan de atmosfeer (alleen surplustemperatuur).

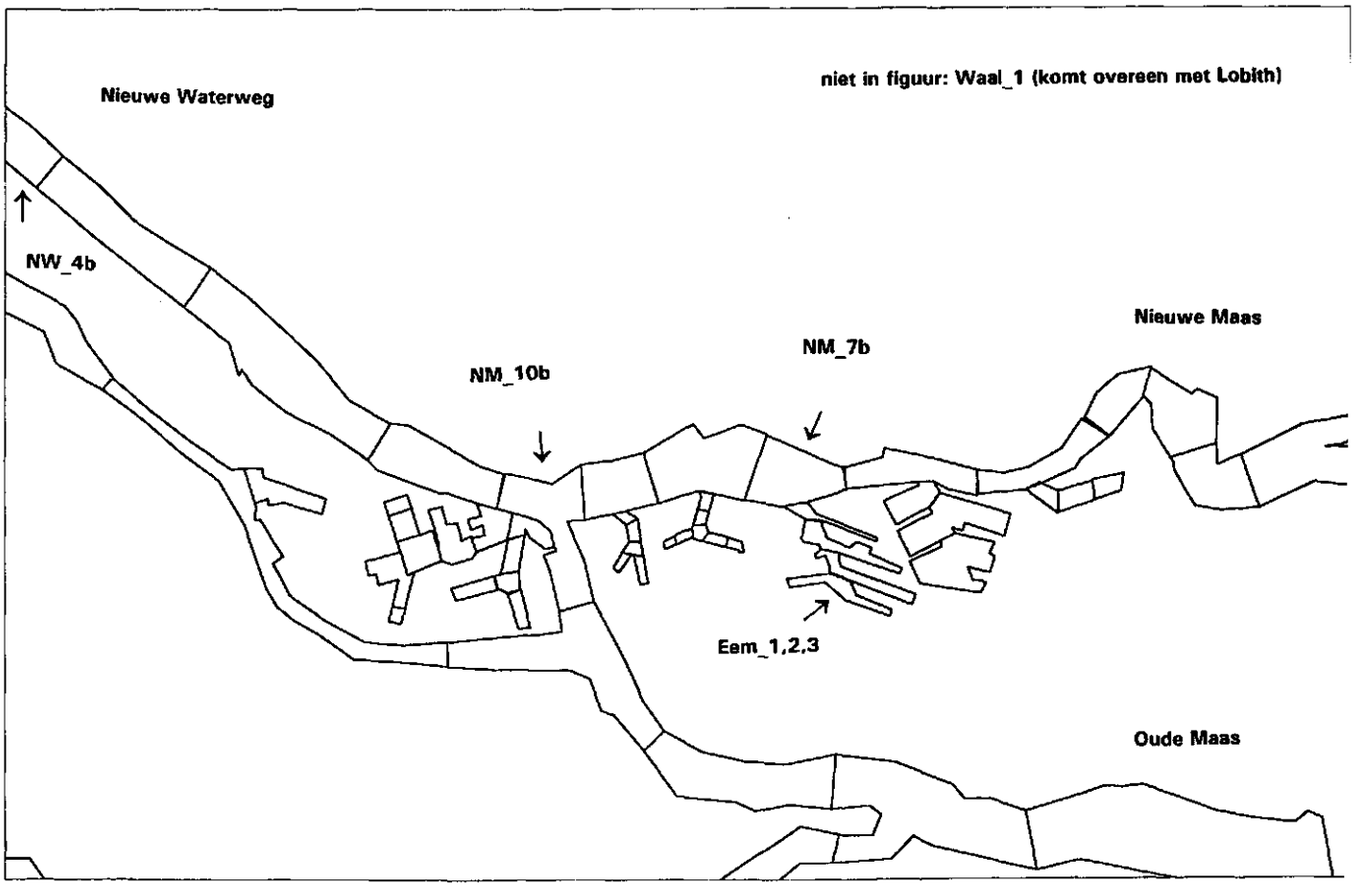
Voor een uitgebreide beschrijving van model, modelparameters, calibratie en verificatie wordt verwezen naar de betreffende rapportage (Regionaal Model: WL, 1994a; surplus temperatuur: WL, 1994b). De gegevens met betrekking tot de thermische lozingen zijn aangeleverd door Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland (E.J. Ooms).

2.2 Resultaten

De berekende concentraties van de metalen worden op twee verschillende manieren gepresenteerd. In de eerste plaats worden in lijngrafieken de concentraties op enkele lokaties in Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas vergeleken met de bovenstroomse randen, als tijdreeksen. In de tweede plaats wordt voor enkele parameters een geografisch beeld gegeven van de berekende maximale concentraties.
In de lijngrafieken hebben de verschillende lijnen betrekking op de verschillende lokaties. De horizontale as geeft de tijdstippen weer, de verticale as de concentratie. Dit is de totale *opgeloste* concentratie (dus exclusief de aan zwevend slib gebonden fractie, maar inclusief gecomplexeerde ionen), in $\mu g.l^{-1}$.

Lokaties tijdreeksen

In de onderstaande kaart zijn de modelsegmenten aangegeven waarvoor de concentraties worden gepresenteerd.



Figuur 2.1 Modelschematisatie en lokaties concentratie-tijdreeksen

De lokaties zijn dus achtereenvolgens de monding van de Nieuwe Waterweg in de Noordzee, het Splitsingspunt Westgeul, de Nieuwe Maas ter hoogte van de uitmonding van de Eemhaven, en het meest bovenstrooms gelegen deel van de Waal zoals die in het model is geschematiseerd. Voor surplustemperatuur wordt daarnaast een figuur gepresenteerd waarin enkele lokaties in de Eemhaven worden vergeleken met de Nieuwe Maas ter hoogte van de Eemhaven.

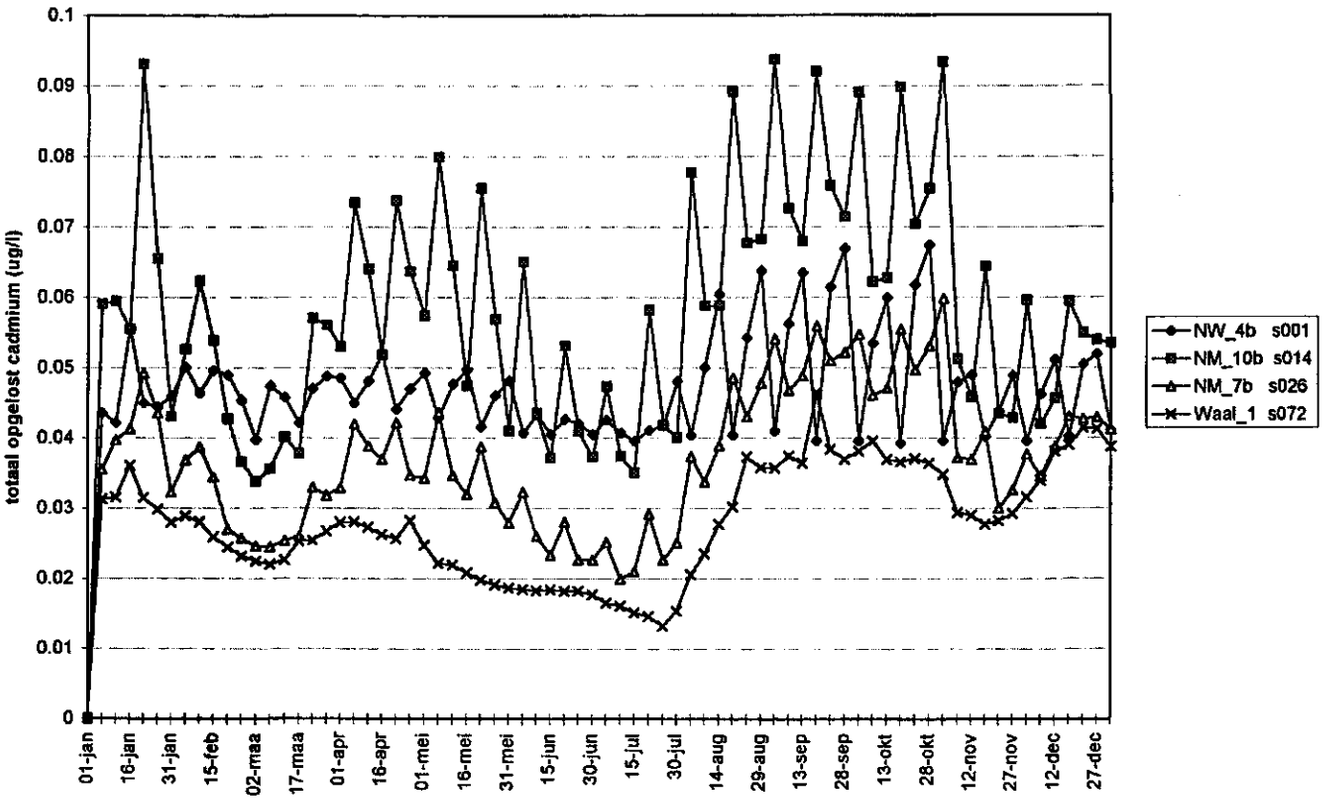
2.2.1 Metaalconcentraties

In de Figuren 2.2 - 2.5 zijn de tijdreeksen voor de 4 metalen weergegeven. De periodieke variatie in de Nieuwe Waterweg geeft de getijdewerking weer (de waarnemingstijdstippen zijn op verschillende fasen in het getij). Bovendien is in de figuren in meer of mindere mate een variatie in het jaar zichtbaar.

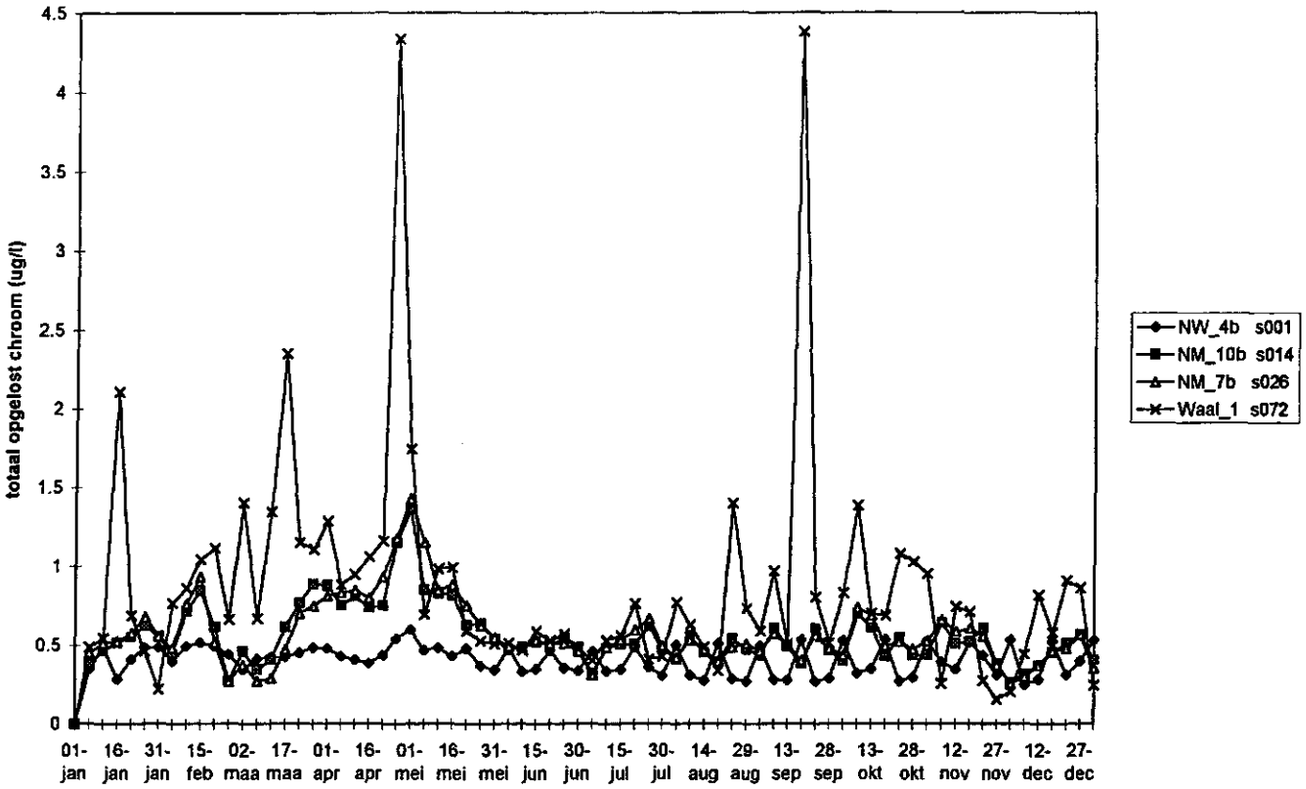
De cadmiumconcentratie is in het havengebied hoger dan op de bovenstroomse rand. De concentratie is maximaal bij Splitsingspunt Westgeul (hier zijn grote cadmiumlozingen gesitueerd). Op de zeerand is de concentratie weer lager door bijmenging van schoner zeewater.

Voor chroom, koper en zink geldt dat de concentratie bovenstrooms van de haven in de rivier het hoogst zijn. In Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg dalen de concentraties door menging met zeewater. Dit duidt er op dat de lozingen van deze metalen in het havengebied verhoudingsgewijs klein zijn in vergelijking met die in het bovenstroomse gebied.

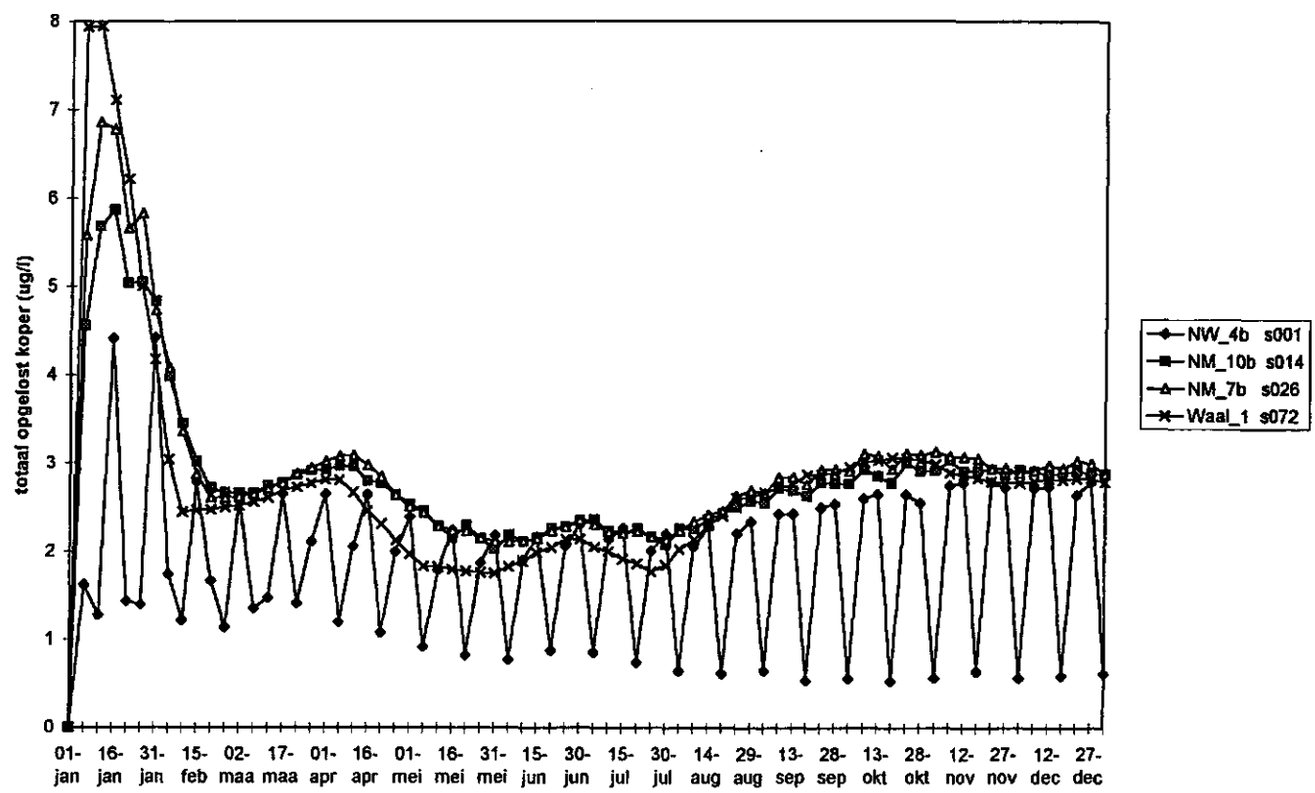
De verhoging van de cadmiumconcentratie in de haven blijkt goed uit de thematische kaart van de maximale gesimuleerde cadmiumconcentraties de verschillende modelvakken in het studiegebied (Figuur 2.6).



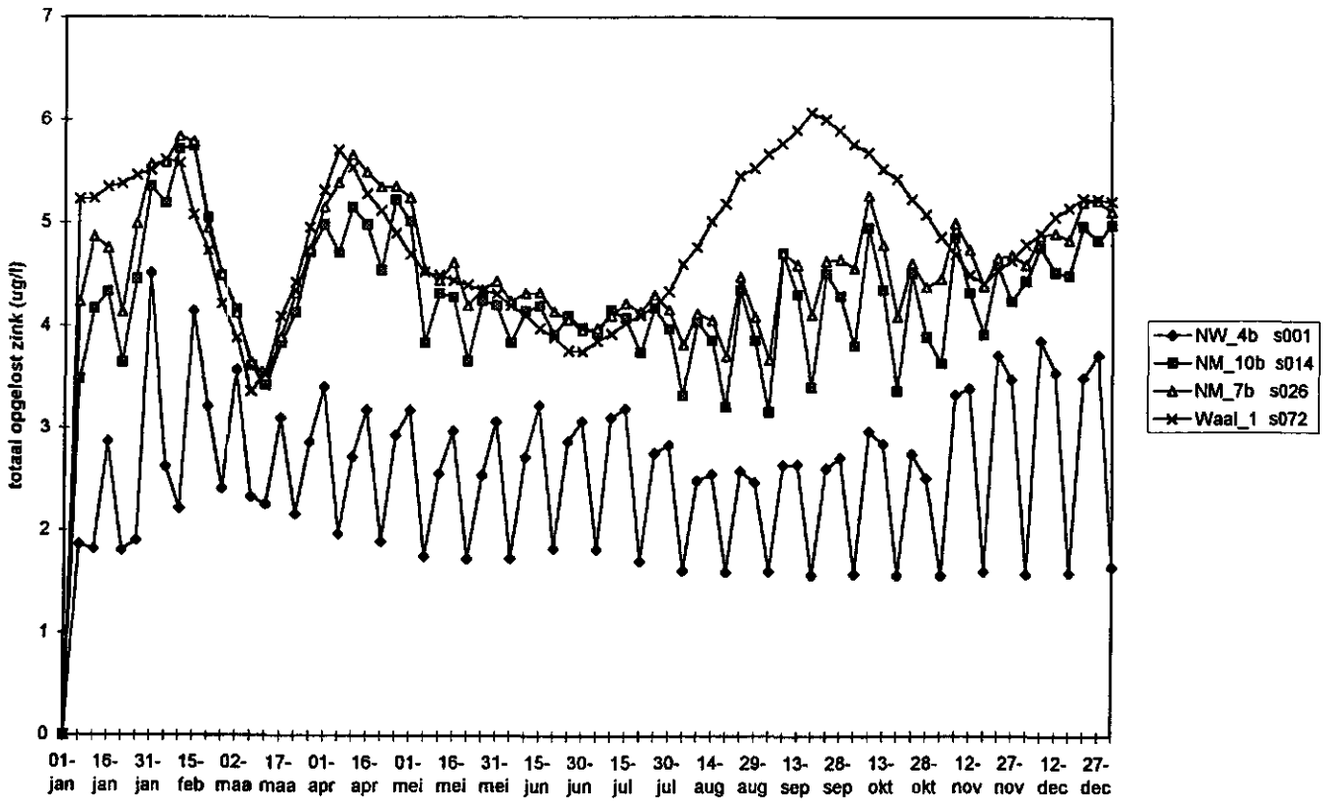
Figuur 2.2 Gesimuleerde totaal opgeloste concentratie cadmium ($\mu g.l^{-1}$) in 1990 op 4 lokaties



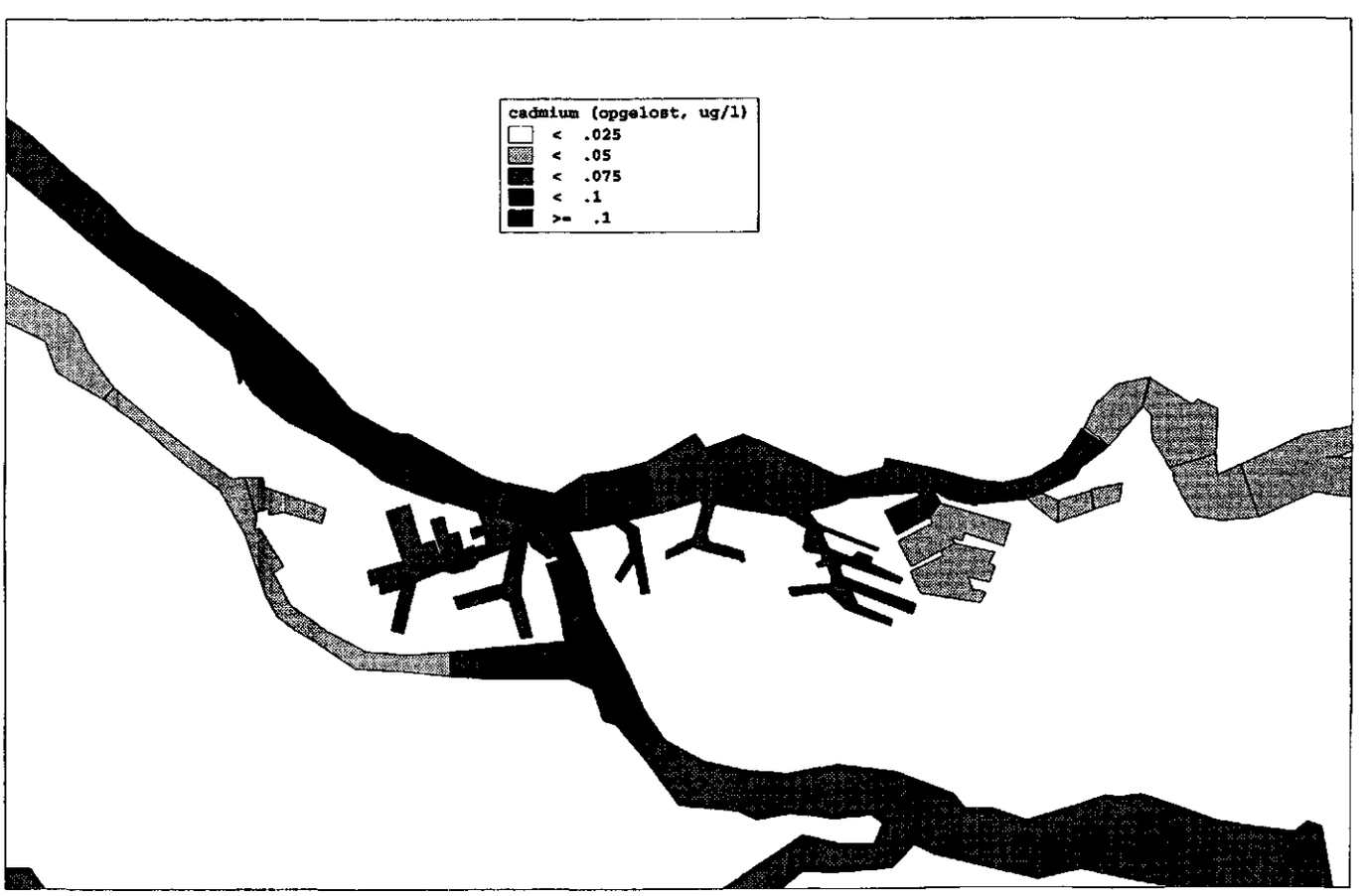
Figuur 2.3 Gesimuleerde totaal opgeloste concentratie chroom ($\mu g.l^{-1}$) in 1990 op 4 lokaties



Figuur 2.4 Gesimuleerde totaal opgeloste concentratie koper ($\mu g.l^{-1}$) in 1990 op 4 lokaties



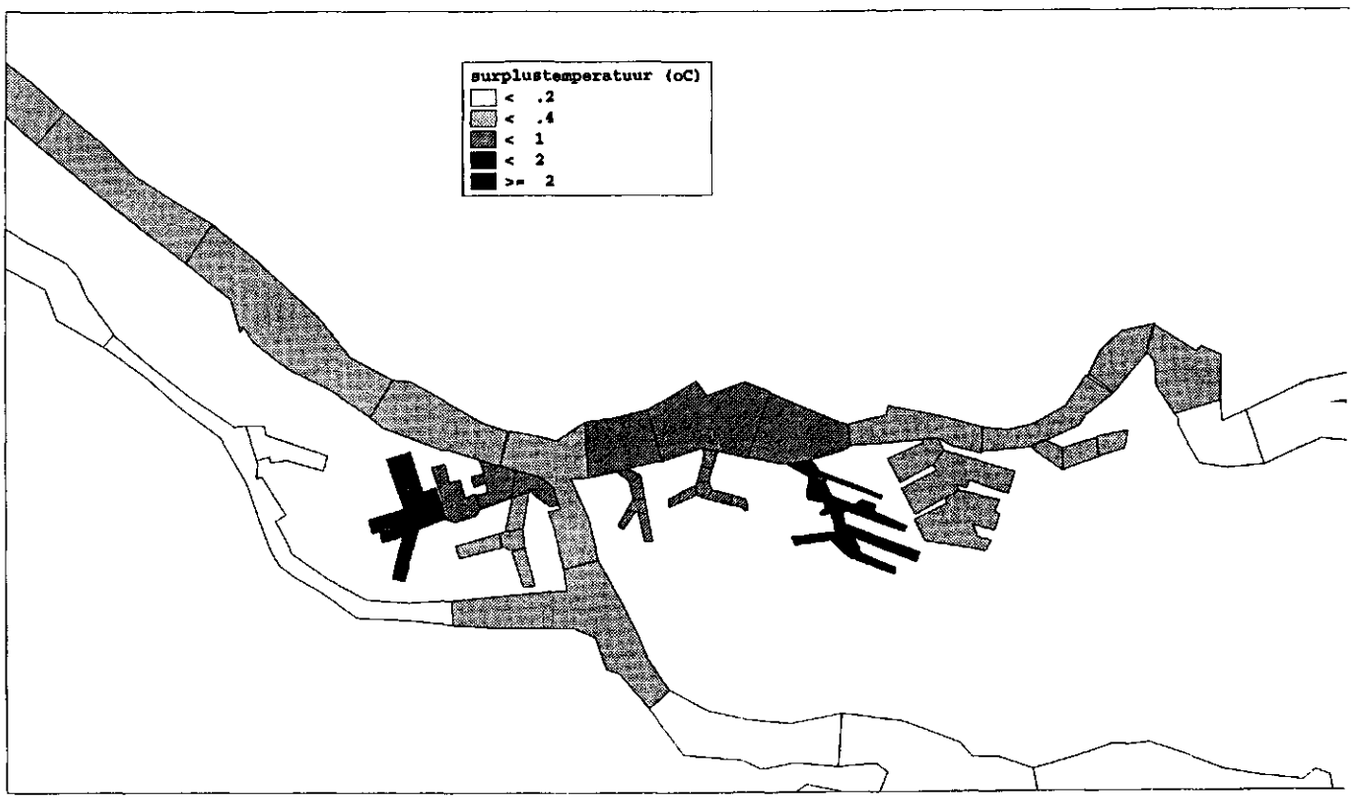
Figuur 2.5 Gesimuleerde totaal opgeloste concentratie zink ($\mu g.l^{-1}$) in 1990 op 4 lokaties



Figuur 2.6 Maximum gesimuleerde totaal opgeloste cadmiumconcentratie in 1990 ($\mu g.l^{-1}$).

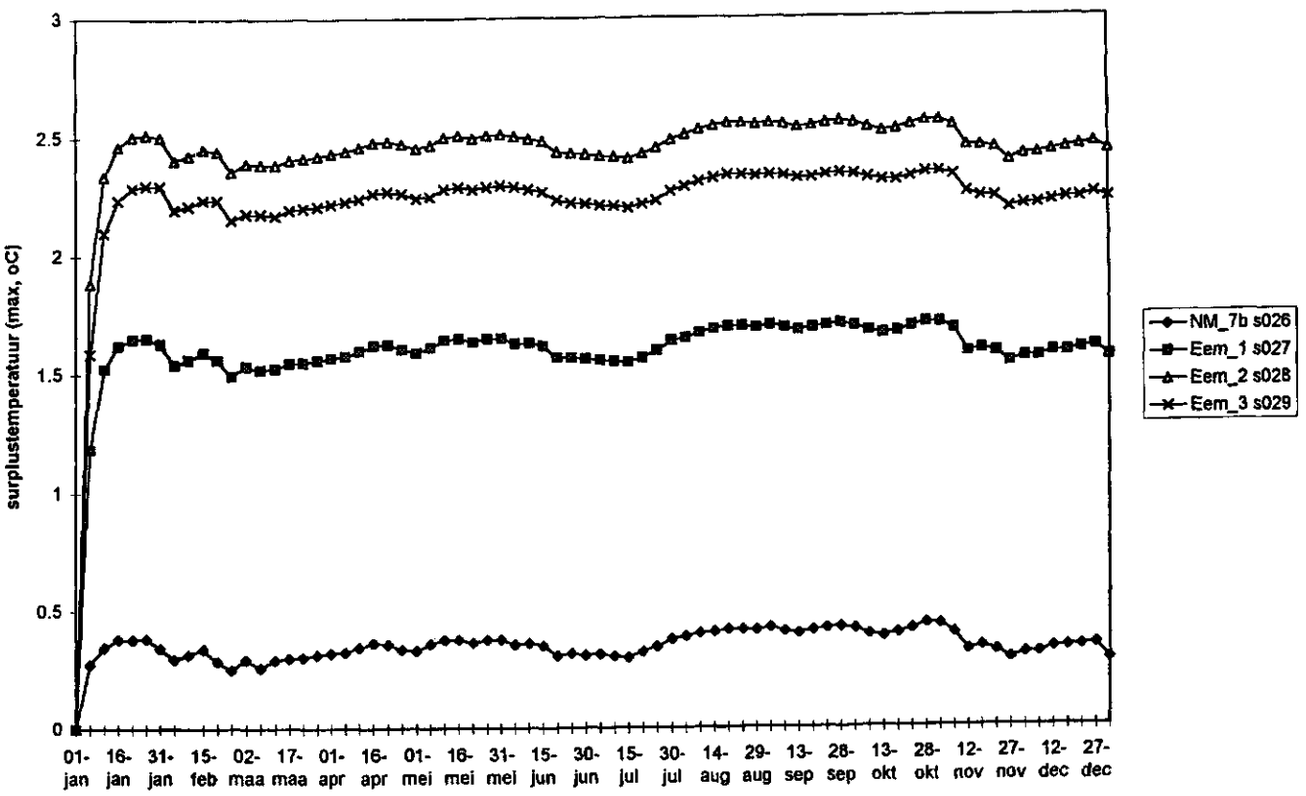
2.2.2 Thermische verontreiniging

Surplustemperatuur is per definitie de temperatuurverhoging ten opzichte van de achtergrondswaarde. In de figuren hebben dus alleen de vakken die worden beïnvloed door de gemodelleerde thermische verontreiniging een waarde groter dan nul. De thematische kaart van Figuur 2.7 laat de maximale gesimuleerde surplustemperatuur zien in de modelvakken van het studiegebied.



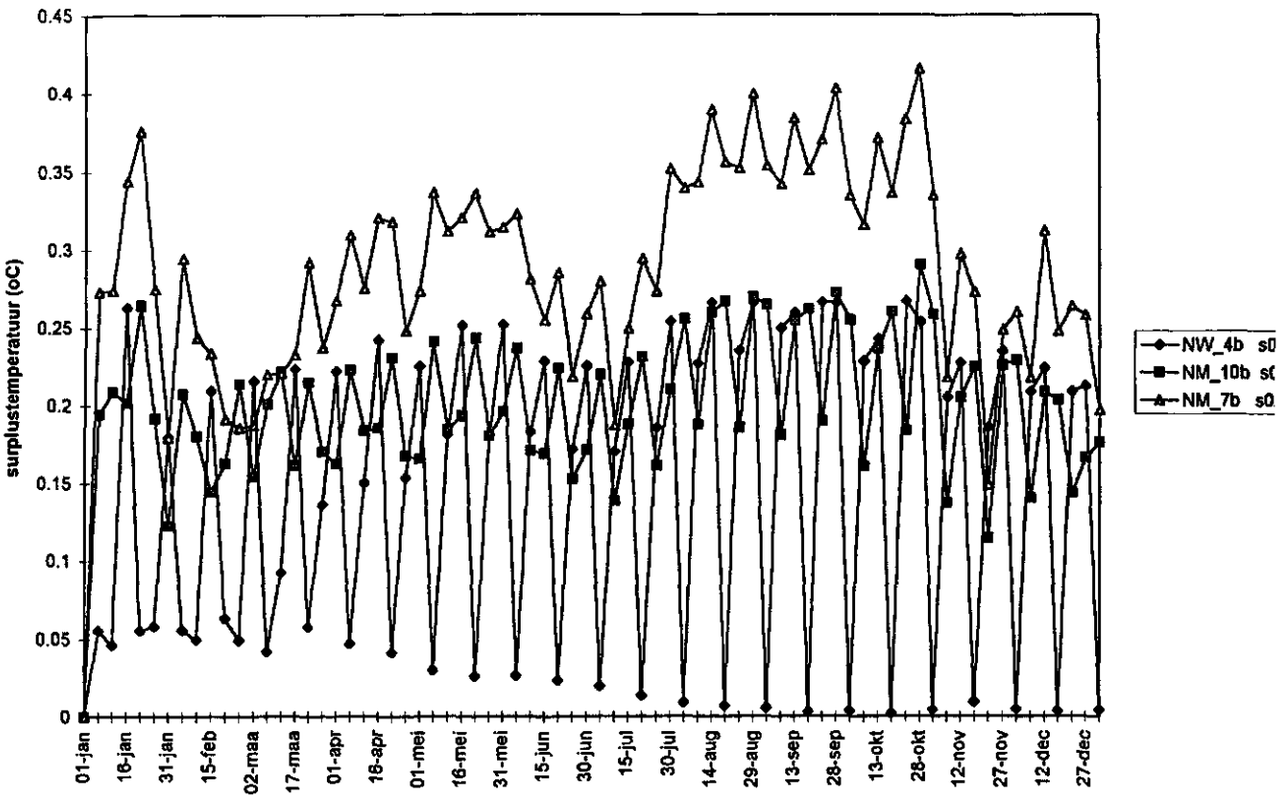
Figuur 2.7 Gemodelleerde surplustemperatuur 1990, maxima (graden)

De grootste temperatuurverhoging vindt plaats in de Eemhaven, tot maximaal circa 2.5 graden, in het vak op de rand van de haven is dit nog maximaal 1.5 graden. Op de Nieuwe Waterweg/Nieuwe Maas is de maximale surplustemperatuur circa 0.4 graden ter hoogte van de Eemhaven, hier treed dus een grote verdunning op. Dit blijkt ook uit Figuur 2.8, dat de tijdreeksen voor enkele vakken in de Eemhaven en de Nieuwe Maas laat zien.



Figuur 2.8 Gemodelleerde surplustemperatuur (°C) voor een raai Nieuwe Maas-Eemhaven, maxima per 5 dagen.

Door de verhoudingsgewijs korte verblijftijden in het systeem koelt het water voornamelijk af door menging met kouder water, en in minder mate door uitwisseling van warmte met de atmosfeer. De parameter is hierdoor sterk afhankelijk van de rivierafvoer, en het getij. De surplustemperatuur in de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas varieert hierdoor nogal over het jaar, en door het getij (Figuur 2.9).



Figuur 2.9 Gemodelleerde surplustemperatuur (°C) voor enkele vakken op Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas

Naar het optreden van thermische barrières in de Noordrand is ook onderzoek gedaan door Directie Zuid-Holland (DZH, 1995) met het model ZWENDL. In deze studie werden temperatuursverhogingen tot 1 °C op de Nieuwe Maas berekend, wat dus duidelijk meer is dan in de simulatie met het Regionaal Model. Het verschil wordt veroorzaakt doordat er in de ZWENDL studie geen afgifte van warmte naar de atmosfeer plaatsvindt, en doordat de dispersieformulering verschillend is in de 2 modellen (dit heeft vooral effect in de Nieuwe Maas). De gelaagdheid (wel in het Regionaal Model, niet in ZWENDL) speelt in het gebied met de maximale temperatuurverhoging (voor de Eemhaven) een kleine rol.

In het najaar van 1996 kwamen nieuwe gegevens beschikbaar met betrekking tot de thermische lozingen in het studiegebied (pers. comm. P. Borgerding, RIZA). Met deze gegevens is een controleberekening met het Regionaal Model uitgevoerd. De maximale berekende temperatuurverhoging op de Nieuwe Waterweg-Nieuwe Maas bedroeg nu 0.5 °C. Ook op grond van de nieuwe lozinggegevens geven wordt dus geen overschrijding van de grens van 1 °C temperatuurverhoging verwacht.

3 Berekeningen concentratiegradiënten in lozingspluimen

3.1 Methodiek

Lokale concentratieverhogingen op de rivier op een kleinere schaal dan de rekenvakken kunnen niet met het Regionaal Model worden berekend. Deze concentratieverhogingen kunnen zich voordoen in lozingspluimen, nabij de lozingspunten op de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas.
Het is denkbaar dat de concentraties in de lozingspluimen beduidend hoger zijn dan de gemiddelde concentratie in een 1d-modelvak. Deze pluimen kunnen daarmee een (zeer lokale) barrière vormen voor visintrek, terwijl de gemiddelde concentratie in de rivier op de schaal van het Regionaal Model dit niet is.

De beste manier om dergelijke lokale gradiënten te voorspellen, zou de toepassing van een gedetailleerd 3-dimensionaal rekenmodel zijn. Een dergelijk model voor de Noordrand is in ontwikkeling, maar vooralsnog nog niet operationeel. Het alternatief voor een gedetailleerd rekenmodel is de toepassing van een analytische methode om de concentratieverhoging in een lozingspluim te benaderen. Dergelijke methoden zijn bekend uit de literatuur (zie bijvoorbeeld overzichten in WL, 1978 en 1980).

Voor deze studie is een analytische oplossing van de 2-dimensionale advectie-diffusie vergelijking toegepast (zie Bijlage B1). Met deze methode wordt de lozingspluim voor een stationaire puntbron in een rivier met constante stroomsnelheid berekend. Om de methode te kunnen toepassen moet wel een aantal vereenvoudigingen en aannames worden gedaan ten aanzien van de transportsituatie, omdat deze in werkelijkheid complexer is dan in de analytische benadering. De technische achtergronden zijn gegeven in Bijlage B1.

De vereenvoudigingen en aannames zijn:

- De lozingen zijn continue puntlozingen;
- Alle lozingen vinden plaats in de bovenlaag;
- Tijdens de kentering van het tij treedt nagenoeg complete menging van de transversale (dwars op de hoofdstroom) gradiënt op. De in een eerdere getijperiode geloosde verontreiniging is hierdoor goed gemengd, en niet meer als pluim herkenbaar. De berekening heeft daarom betrekking op de lozingspluim zoals die gedurende één getij wordt gevormd;
- De "pluimvorming" treedt vooral op gedurende de fase in het getij waarin de eb- of vloedstroom min of meer constant zijn. Deze periode houdt in de Nieuwe Waterweg ongeveer 4 uur aan tijdens eb of vloed;
- De rivier nabij het lozingspunt wordt sterk geschematiseerd weergegeven als een rechthoekig vak. De lozing bevindt zich in het begin van dit vak. De lengte (in de stroomrichting) is 1 km, de breedte 500 m. Er wordt gerekend voor een grid van 10 m bij 10 m;
- Er wordt uitgegaan van instantane verticale menging en van een uniform stromings- en dispersieveld;
- De berekening wordt uitgevoerd voor de ebfase, bij een stroomsnelheid van 0.7 $m.s^{-1}$. Het lozingsdebiet is verwaarloosbaar.

De beschouwing heeft alleen betrekking op de lozingspunten direct op Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas. Aangenomen mag worden dat de lozingen in de havens niet meer als scherp begrensde pluim te onderscheiden zijn, zodat een aanvullende berekening ten opzichte van het Regionaal Model niet zinvol is.

Verontreinigingen

Alleen de lozingen waarin de concentratie van één of meerdere stoffen ver boven de vermijdingsconcentratie liggen worden onderzocht. Voor lagere waarden is het niet waarschijnlijk dat de vermijdingsconcentratie wordt overschreden in verband met de verdunning op de rivier. De concentraties in het geloosde water zijn berekend door de in de vergunning toegestane vrachten te delen door de lozingsdebieten (zie Bijlage B1 voor details en referenties). Deze berekening is uitgevoerd voor de lozingssituatie van 1990.

Surplustemperatuur

Volgens de berekeningen met het Regionaal Model is de surplustemperatuur in de monding van de Eemhaven circa 1.5°C. Deze verhoging ligt boven het vermijdingsniveau voor zalmachtigen (1°C). Mogelijk is de temperatuurverhoging op een deel van de rivier voor de havenmonding ook groter dan 1°C, zodat er een thermische barrière zou optreden voor de Eemhaven.
In tegenstelling tot de andere lozingen kan de thermische lozing niet als een enkelvoudige puntlozing met verwaarloosbaar lozingsdebiet worden beschouwd. Dit zou tot een onrealistische temperatuurverhoging nabij het lozingspunt leiden. Bovendien heeft de pluim bij het verlaten van de Eemhaven een zekere breedte.
De lozing is daarom over een zekere breedte van de rivier verdeeld, zodat de temperatuurverhoging nabij de lozing niet hoger is dan de maximale temperatuurstijging nabij het lozingspunt volgens de vergunning (8°C). Dit is een worst-case aanname omdat de met het Regionaal Model berekende temperatuurstijging in de havenmonding veel lager is (circa 1.5°C).

3.2 Resultaten

In Tabel 3.1 zijn de berekende concentraties in geloosd afvalwater in 1990 vergeleken met de vermijdingsconcentraties. De in Tabel 3.1 gepresenteerde berekende waarden zijn totaalconcentraties, terwijl de vermijdingsconcentraties alleen betrekking hebben op de opgeloste fractie. Welk deel van de geloosde verontreiniging particulair is en welk deel opgelost is niet direct bekend. De vorm waarin de verontreiniging wordt geloosd zal namelijk afhangen van verschillende factoren, zoals de gebruikte grondstoffen en het productieproces. Indien de verontreiniging volledig in opgeloste vorm wordt geloosd zal een deel gebonden worden aan het zwevend slib in de rivier. Uiteindelijk zal dit volgens de gemiddelde partitie op de rivier gebeuren, maar het is niet uitgesloten dat nabij de lozingspijp langzame sorptie een rol speelt. In dat geval zal de opgeloste concentratie hoger zijn dan volgens de gemiddelde partitiecoëfficiënt.

Het is echter ook mogelijk dat de verontreiniging in een vaste vorm wordt geloosd (bijvoorbeeld cadmium in gips), die geleidelijk vrijkomt. In dat geval is de opgeloste fractie juist lager dan het gemiddelde.

De opgeloste fractie nabij de lozingspijp kan dus afwijken van het gemiddelde op de rivier. Het is echter moeilijk aan te geven in welke mate dit het geval is. Daarom wordt bij de beschouwing van de lozingspluimen met de totaalconcentraties gerekend. Wel zijn in de tabel geschatte opgeloste fracties voor gemiddelde omstandigheden op de Nieuwe Waterweg opgenomen.

Tabel 3.1 Berekende concentraties verontreinigingen in geloosd bedrijfsafvalwater (1990)

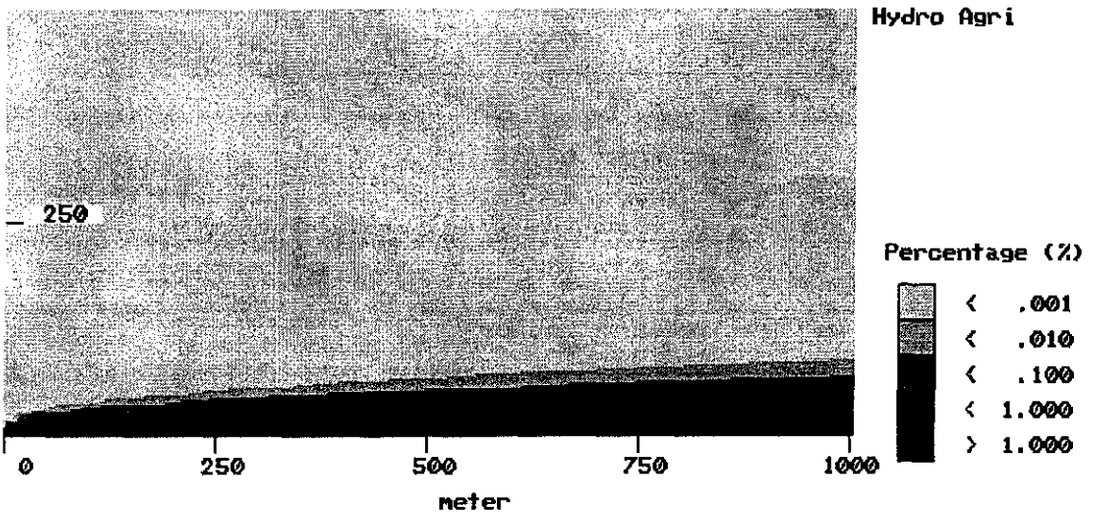
stof	f_{dis}[1] (-)	C_{avoid}[2] ($\mu g.l^{-1}$)	A[3] ($\mu g.l^{-1}$)	B[3] ($\mu g.l^{-1}$)	C[3] ($\mu g.l^{-1}$)	D[3] ($\mu g.l^{-1}$)	E[3] ($\mu g.l^{-1}$)
cadmium	0.5	52	-	1.3	185	38	3
chroom	0.1	28 - 444	130	11	**375**	205	110
koper	0.5	0.1 - 500	-	**2.3**	**295**	**80**	**58**
nikkel	0.9	23 - 147	-	21	**550**	67	**260**
lood	0.1	26	-	11	**735**	66	13
zink	0.4	10 - 53	**410**	4.5	**695**	70	**205**

Noten:
(1) f_{dis} = fractie opgelost, berekend met partitiecoëfficiënten voor de Nieuwe Waterweg volgens van der Kooij et al. (1991) en zwevend stof = 20 $mg.l^{-1}$; (2) C_{avoid} = vermijdingsconcentratie, ontleend aan van Brummelen (1990), zie ook bijlage B1; (3) gegevens ontleend aan DZH (1994), en pers. comm. H. van Bommel, Rijkswaterstaat-Directie Zuid-Holland, zie ook bijlage B1. Verklaring: A = Atochem, B = AVR, C = Hydro-Agri, D = Kemira, E = Tiofine. Zie paragraaf 3.1 voor verdere toelichting.

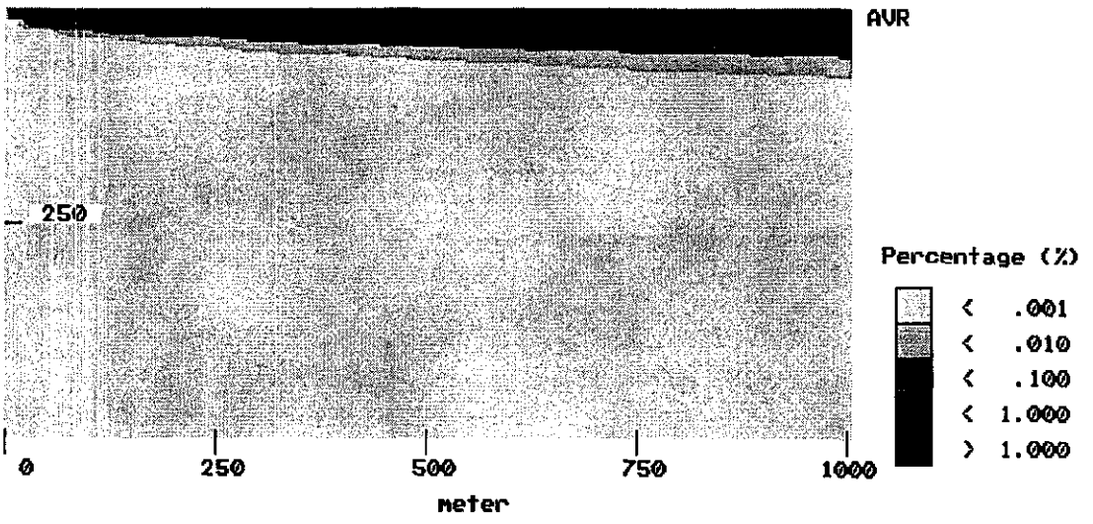
In de tabel zijn alle totaalconcentraties in lozingswater gepresenteerd die konden worden berekend voor de lozingen op de Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas. Een deel van de concentraties is niet of niet veel groter dan de laagst bekende vermijdingsconcentraties. De (totaal) concentraties die de laagst bekende vermijdingsconcentratie met meer dan een factor 10 (1 orde-grootte) overschrijden zijn vet gedrukt.
Verhogingen van meer dan een factor 100 (2 orde-groottes) komen alleen bij koper voor. De laagste vermijdingsconcentratie is echter zeer laag, en de range zeer breed, in vergelijking tot de andere metalen. Overigens is de achtergrondsconcentratie van opgelost koper (circa 3 $\mu g.l^{-1}$, berekening Regionaal Model) in het gebied al ruimschoots hoger dan de laagst bekende vermijdingsconcentratie. De achtergrondsconcentratie van zink (circa 5 $\mu g.l^{-1}$, berekening Regionaal Model) is zo'n 50 % van de laagst bekende vermijdingsconcentratie en is dus relatief hoog.

De berekende lozingspluimen worden gepresenteerd in de vorm van bovenaanzichten van de rivier. De onderkant van de figuren komt overeen met de noordoever, de rechterkant met de zeezijde. De stroomrichting is van links naar rechts (ebstroom).
De lozingspunten bevinden zich op de zuidoever van de Nieuwe Waterweg, op één lozer op de noordoever en één lozer op de zuidoever van de Nieuwe Maas (ten oosten van de Oude Maas) na. De lozingspluim van de laatste zal tijdens de ebstroom door de stroming uit de Oude Maas naar het midden van de rivier worden gedrukt (WL, 1987). Dit is in de analytische berekening weergegeven door het lozingspunt (ongeveer) op het midden van de rivier te situeren.

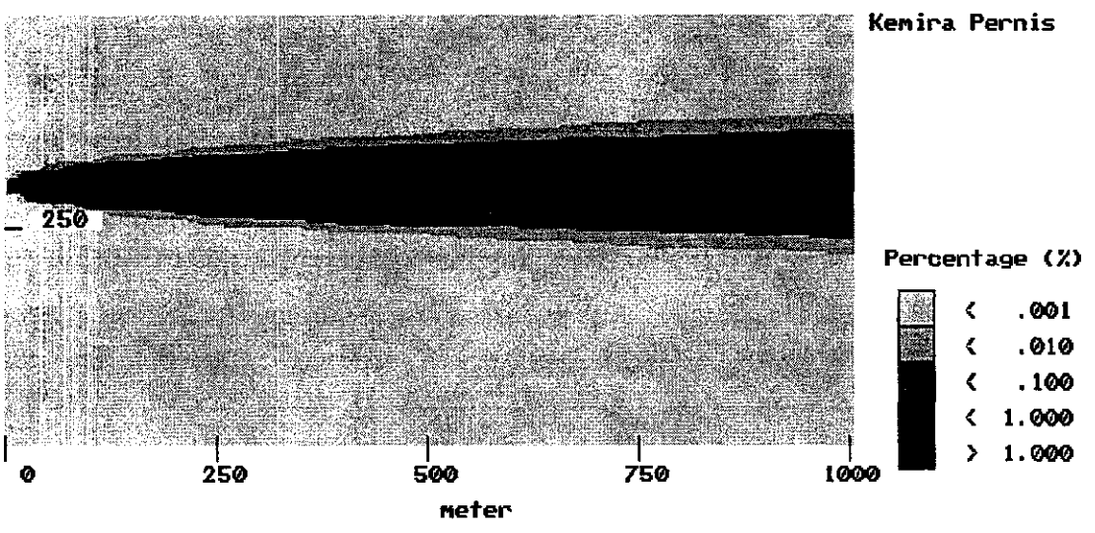
In de lozingspluim vindt verdunning van de oorspronkelijk geloosde concentratie plaats. Het concentratiepatroon dat zo ontstaat is weergegeven in de Figuren 3.1 t/m 3.3 voor de 3 soorten lozingslokaties. Voor elke soort lokatie is de lozer met het grootste lozingsdebiet geselecteerd, omdat deze de grootste invloed op de rivier zal hebben bij een uniforme concentratie in het geloosde water. De schaalverdeling geeft de concentratie als percentage van de oorspronkelijk geloosde concentratie weer.



Figuur 3.1 Lozingspluim tijdens eb van Hydro-Agri (Noordoever Nieuwe Waterweg), procenten van de oorspronkelijke concentratie.



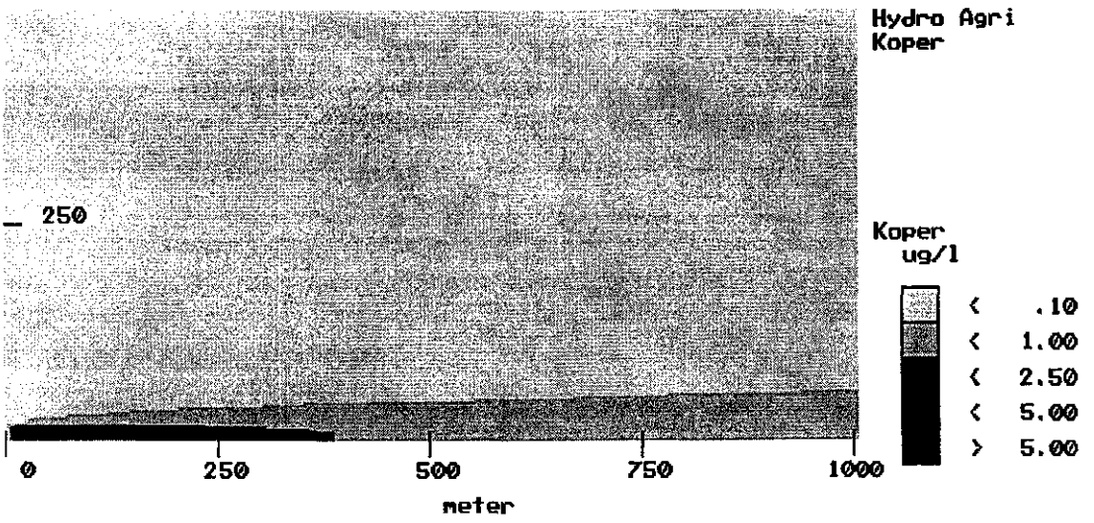
Figuur 3.2 Lozingspluim tijdens eb van AVR (zuidoever van de Nieuwe Waterweg), procenten van oorspronkelijke concentratie.



Figuur 3.3 Lozingspluim ten westen van de Oude Maas tijdens eb van Kemira (zuidoever Nieuwe Maas), procenten van oorspronkelijke concentratie.

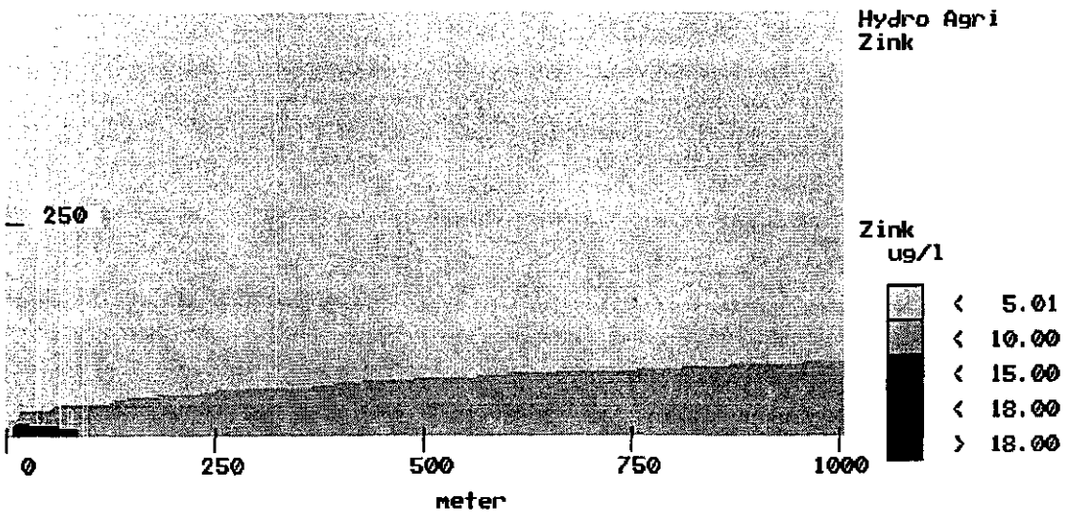
De berekende lozingspluimen hebben een langgerekte, smalle vorm. De breedte van het gebied waar de concentratie groter is dan 0.1 % van de oorspronkelijke waarde is maximaal in de orde van 50 m voor de lozingen op de oever. In de stroomrichting is dit gebied wel zeer uitgestrekt. Het gebied waarin de concentratie groter is dan 1 % van de oorspronkelijke waarde (in de figuren is dit het zwarte gebied) is zeer klein (ook in de stroomrichting).

De concentraties worden dus sterk verdund, het gebied waar de geloosde concentratie minder dan een factor 1000 maal wordt verlaagd is maximaal orde 50 meter breed. Uit Tabel 3.1 blijkt dat alleen in de koperlozing op de noordoever de laagst bekende vermijdingsconcentratie met meer dan een factor 1000 wordt overschreden (indien de opgeloste fractie 100% is). Indien de achtergrondsconcentratie voor koper veel lager zou zijn dan de vermijdingsconcentratie, zou deze worden overschreden in een zone tot circa 50 m uit de noordoever (Figuur 3.4). Voor de andere koperlozingen is dit gebied kleiner.



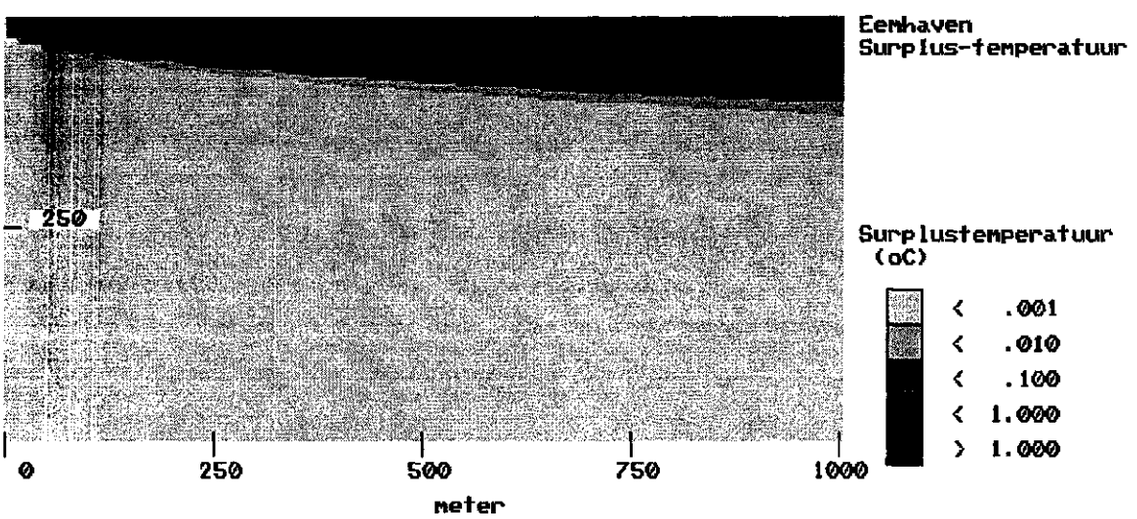
Figuur 3.4 Lozingspluim van koper tijdens eb van Hydro-Agri (totaalconcentratie exclusief achtergrond, $\mu g.l^{-1}$)

Voor de andere metalen wordt de vermijdingsconcentratie volgens de analytische berekening hoogstens overschreden in een zeer klein gebied (orde 10 bij 10 meter) direct bij de lozingspijp. Van deze metalen is de lozing met de verhoudingsgewijs hoogste concentratie in het geloosde water die van zink op de noordoever (Tabel 3.1). Zelfs als de achtergrondsconcentratie van opgelost zink bij de geloosde concentratie wordt opgeteld, en wordt aangenomen dat het geloosde zink voor 100 % in oplossing gaat wordt de vermijdingsconcentratie slechts in een klein gebied overschreden (Figuur 3.5).



Figuur 3.5 Lozingspluim van zink tijdens eb van Hydro-Agri (totaalconcentratie inclusief achtergrond, $\mu g.l^{-1}$)

Ook de lozingspluim van de surplustemperatuur is smal, de zone met een temperatuurverhoging groter dan het vermijdingsniveau van 1 °C is maximaal circa 25 meter breed (Figuur 3.6). De lozing vindt plaats ten oosten van de Oude Maas, en zal tijdens de eb voorbij de Oude Maas naar het midden van de rivier worden verplaatst (Figuur 3.3).



Figuur 3.6 Lozingspluim van surplustemperatuur tijdens eb bij de Eemhaven (°C)

4 Discussie

4.1 Interpretatie van de resultaten

De resultaten van de berekeningen met het Regionaal Model en met de analytische methode zijn samengevat in twee tabellen. In Tabel 4.1 wordt voor de berekeningen met het Regionaal Model aangegeven in hoeverre de concentraties in de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas verhoogd zijn ten opzichte van de bovenstroomse rand (Lobith). Dit is alleen het geval voor cadmium en voor de surplustemperatuur.

Tabel 4.1 Berekende concentraties en surplustemperatuur ten opzichte van de achtergrond

	ΔT	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Regionaal Model	+	+	-	-	n.v.t.	n.v.t.	-

Toelichting:
"+" = verhoogd, "_" = niet verhoogd, "ΔT" = surplustemperatuur

In Tabel 4.2 worden de achtergrondsconcentratie en de berekeningen vergeleken met de laagst bekende vermijdingsconcentraties. Voor opgelost koper is de achtergrondsconcentratie hoger dan de laagst bekende vermijdingsconcentratie, zodat ook alle berekeningen hoger zijn. De (opgelost) zinkconcentratie is circa 50 % van de laagst bekende vermijdingsconcentratie, de achtergrondsconcentraties van de overige metalen zijn veel lager.
Het deel van de rivier dat duidelijk door de lozingspluimen wordt beïnvloed, is volgens de analytische methode maximaal zo'n 50 meter uit de oever voor een gemiddelde eb-situatie, of een wat bredere zone voor de lozingspluim op het midden van de rivier. Alleen koper overschrijdt in dit gebied de vermijdingsconcentratie, voor zink is dit alleen het geval in een veel kleiner gebied vlakbij het lozingspunt op de noordelijke oever.
De zone met een temperatuurverhoging voor de monding van de Eemhaven van meer dan 1°C is hoogstens 25 meter breed, en is bovendien ten oosten van het splitsingspunt Westgeul gesitueerd. Ten westen van de Oude Maas zal de pluim naar het midden van de rivier worden verplaatst. Voor vissen die de zuidoever volgen (en de Oude Maas opzwemmen) zal deze pluim dus waarschijnlijk geen belemmering vormen.

Tabel 4.2 Berekende- en achtergrondsconcentraties ten opzichte van de laagst bekende vermijdingsconcentratie

	Δ-T	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
achtergrond	n.v.t.	-	-	+	-	-	±
Regionaal Model	-	-	-	+	-	-	±
pluimen, zone tot 50 m uit oever	±[1]	-	-	+	-	-	±
pluimen, zeer lokaal	+	-	-	+	-	-	+

Noten: (1): alleen in zone tot circa 25 meter uit de oever.
Toelichting:
"+" = groter dan laagst bekende vermijdingsconcentratie; "_" = lager dan 50 % van laagste vermijdingsconcentratie; "±" = tussen "+" en "-" in, "ΔT" = surplustemperatuur

Volgens de berekeningen zal, van de onderzochte stoffen, alleen koper een duidelijke chemische barrière kunnen vormen voor de vistrek. De oorzaak is de zeer lage waarde van de laagst bekende vermijdingsconcentratie. De betrouwbaarheid van deze waarde is discutabel gezien de grote range in de gepubliceerde vermijdingsconcentraties voor koper. Ter vergelijking: de natuurlijke achtergrondsconcentratie voor opgelost koper in rivieren is circa 2 $\mu g.l^{-1}$ (range 0.8 - 5.3) volgens Bewers and Yeats (1989, aanbevolen en geciteerd in DGW, 1992). Als deze waarden ook van toepassing zijn op de Rijn is de concentratie in de Rijn dus niet veel hoger dan de natuurlijke achtergrond.
Een probleem bij de interpretatie van de vermijdingsconcentraties voor koper is, dat de interactie met andere ionen een grote rol kan spelen. Zo is waargenomen dat een hoge calcium concentratie het reukorgaan van de zalm beschermt tegen het effect van koper (Bjerselius et al., 1993). De calciumconcentratie is hoog in het 'harde' Rijnwater (circa 2 $mol.m^{-3}$). Daarnaast kan koper sterk worden gecomplexeerd door DOC (o.a. humuszuren), waardoor de vrij opgeloste koperconcentratie sterk wordt gereduceerd (Xue and Sigg, 1993). Het is dus de vraag in hoeverre de laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper relevant is voor de Rijn.

Voor de andere onderzochte stoffen geeft het onderzoek geen aanwijzingen voor het optreden van duidelijke barrières.

4.2 Beperkingen van de studie, aanbevelingen

Studieperiode

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de situatie van 1990, met het effect van recente ontwikkelingen is geen rekening gehouden. De waterkwaliteit in het studiegebied is in de periode 1990-1995 echter verder verbeterd of stabiel gebleven voor wat betreft de onderzochte stoffen. Voor de komende jaren wordt een voortzetting van deze ontwikkeling verwacht, de conclusie van dit onderzoek zal dus naar verwachting niet veranderen als rekening wordt gehouden met recente ontwikkelingen.

Onzekerheid in vermijdingsconcentraties

De onzekerheid in de gerapporteerde vermijdingsconcentraties is groot. De ranges zijn wijd en het is onduidelijk in hoeverre de getallen toepasbaar zijn op de Rijn. Het verdient aanbeveling om, in ieder geval voor koper, een beter onderbouwde waarde vast te stellen voor de Rijn.
Wegens deze onzekerheden zijn de resultaten vergeleken met de laagst bekende vermijdingsconcentraties (worst case aanname). De conclusies van dit onderzoek zijn dus gebaseerd op het meest ongunstige geval voor wat betreft de vermijdingsconcentraties.

Beperkingen analytische methode

Zoals reeds uitgelegd in hoofdstuk 3.1 moesten een aantal vereenvoudigingen en aannames worden gemaakt om de methode toe te kunnen passen. De keuzes die hiertoe zijn gemaakt zijn 'worst case' aannames, waarbij de berekende concentraties gemaximaliseerd worden. Een andere keuze van de parameters van het lozingspluimenmodel zal dus niet leiden tot een ongunstiger beeld. De belangrijkste vereenvoudiging is die van de in werkelijkheid complexe

hydrodynamica van het Rotterdamse havengebied. Voor een betere voorspelling is het noodzakelijk om een 3D-model in te zetten dat de lokale hydrodynamica goed beschrijft.

Stofkeuze

Door RIZA is een inventarisatie gemaakt van alle stoffen waarvoor lozingsgegevens van het Rotterdamse havengebied beschikbaar zijn, en die mogelijk vermijdingsgedrag zouden kunnen veroorzaken. Dit RIZA-memo is als Bijlage B opgenomen in dit rapport. Op grond van deze inventarisatie is er geen reden om te veronderstellen dat er in deze studie stoffen 'over het hoofd zijn gezien' (binnen de grenzen van de huidige kennis over lozingen en vermijdingsgedrag).

Studiegebied

Deze studie was gericht op het Rotterdamse havengebied, omdat zich hier de meeste industriële activiteit in het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Rijn bevindt en omdat de Nieuwe Waterweg de enige open verbinding van de Rijn met de Noordzee vormt. In deze studie is dus niet onderzocht of de waterkwaliteit een belemmering kan vormen voor vistrek in het overige deel van de Rijntakken in Nederland. Er vinden bijvoorbeeld grote thermische lozingen plaats op de Zuidrand van het Noordelijk Deltabekken (Haringvliet, Hollandsch Diep, Amer).
Mogelijke knelpunten in het overige deel van stroomgebied van de Rijn in Nederland kunnen worden opgespoord door het overzicht van de lozingen uit te breiden. Indien zich andere knelpunten voordoen kan met het lozingspluimen-model worden onderzocht of er wat betreft de waterkwaliteit barrières voor vistrek worden verwacht.

Andere belemmeringen voor vistrek

Chemische of thermische barrières zijn niet de enige mogelijk beperkende factor voor vistrek, van andere menselijke ingrepen zoals de aanleg van kunstwerken, het normaliseren van de rivierloop is bekend dat deze een belemmering vormen voor de herintroduktie van trekkende vissoorten in de Rijn. Dergelijke factoren waren echter geen onderwerp van onderhavige studie.
De fysische en morfologische situatie bij de monding van een rivier in de zee moet geschikt zijn voor het passeren van trekkende vissoorten. Zo moet de vis de tijd hebben om zich aan te passen aan het zoete water en om zich te oriënteren. De overgang van zee naar rivier mag niet te abrupt zijn. De Nieuwe Waterweg heeft een sterk kunstmatig karakter waardoor deze mogelijk geen geschikte route vormt voor intrekkende vissoorten. Ook dit aspect was geen onderwerp van deze studie.

5 Conclusies

Dit onderzoek was gericht op de vraag of er op grond van modelberekeningen chemische of thermische barrières voor de intrek van zalmachtigen worden verwacht in het Rotterdamse Havengebied. Deze barrières worden mogelijk gevormd door een lokale verhoging van concentraties van verontreinigingen door de industriële activiteiten in dit gebied.

De berekeningen met het Regionaal Model wijzen er op dat alleen de concentratie van opgelost cadmium in de waterkolom duidelijk is verhoogd ten opzichte van het aangevoerde Rijnwater. De concentraties liggen echter ruimschoots beneden de laagst bekende vermijdingsconcentratie van cadmium.
De concentraties van de andere onderzochte stoffen zijn niet duidelijk verhoogd in het studiegebied. Wel is de concentratie van opgelost koper in het aangevoerde Rijnwater duidelijk hoger dan de laagst bekende vermijdingsconcentratie. De laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper is echter onzeker, omdat deze veel lager is dan de natuurlijke achtergrondsconcentratie in de Rijn. De concentratie opgelost zink in het Rijnwater benadert de 50 % van de laagst bekende vermijdingsconcentratie, maar overschrijdt deze niet.
Door het RIZA is de volledige RAP/NAP stoffenlijst gescreend op relevantie voor de onderhavige studie (memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg", opgenomen als Bijlage B in deze rapportage). De conclusie van deze screening is dat alle in aanmerking komende stoffen van deze lijst reeds zijn onderzocht in de onderhavige studie.

Met het Regionaal Model is de temperatuurverhoging ten opzichte van de lokale achtergrondstemperatuur ten gevolge van thermische lozingen berekend. De hoogste waarde bedraagt enkele graden in de Eemhaven. Op de rivier is de maximale temperatuurverhoging echter 0.4 graden, waarmee de kritische grens van 1 graad niet wordt overschreden.

Met de analytische methode is de concentratieverdeling nabij lozingspunten op de rivier berekend. Tijdens één getij wordt een duidelijke lozingspluim langs de oever gevormd. Het geloosde water wordt echter zeer sterk verdund.
Afgezien van koper wordt slechts in een enkel geval (zink) de vermijdingsconcentratie overschreden, en dan alleen in de onmiddellijke nabijheid van het lozingspunt. Dit gebied strekt zich echter niet verder uit dan een tiental meters uit de oever over een lengte van enkele tientallen meters. Bij koper is deze zone circa 50 meter over een lengte van minimaal een kilometer.
Voor surplustemperatuur is de zone waarin de kritische temperatuurverhoging wordt overschreden maximaal circa 25 meter breed tussen de Eemhaven en de Oude Maas. Ten Westen van de Oude Maas zal de lozingspluim naar het midden van de rivier worden verplaatst. De verwachting is dat de temperatuurspluim geen barrière vormt.

De bevindingen van dit onderzoek kunnen worden samengevat in de volgende conclusies:

Voor de onderzochte stoffen, uitgezonderd koper, geven de modelberekeningen geen duidelijke aanwijzingen voor het optreden van chemische of thermische barrières voor migrerende salmoniden op de Nieuwe Maas en de Nieuwe Waterweg.

Tot circa 50 meter uit de oever kan de laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper worden overschreden onder invloed van alleen een lozing op de noordoever van de Nieuwe Waterweg. De laagst bekende vermijdingsconcentratie voor koper is echter zeer laag in vergelijking tot de natuurlijke achtergrondsconcentratie, en is daarom onzeker. De waarde wordt ruimschoots overschreden in het aangevoerde Rijnwater.

6 Literatuur

Bewers, J.M. and P.A. Yeats, 1989,
Transport of river derived trace metals through the coastal zone,
Neth. J. Sea Res. (23):359-368.

Bjerselius, R., S. Winberg, Y. Winberg and K. Zeipel,
Ca^{2+} protects olfactory receptor function against acute Cu(II) toxicity in Atlantic salmon,
Aquat. Toxicol. (25):125-137.

DBW/RIZA, 1989
A. bij de Vaate,
Rekolonisatiemogelijkheden van het stroomgebied van de Rijn voor riviertrekvissen en echte riviervissen: samenvatting van een literatuurstudie verricht door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek,
nota 89.048, Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA.

DGW, 1992,
R.W.P.M. Laane (ed),
Background concentrations of natural compounds (...),
report DGW-92.033, Rijkswaterstaat, Dienst getijdewateren.

DZH, 1994,
Trends en toestand afvalwaterlozingen bedrijven 1985-1992,
Nota APS/94.154, Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland, afdeling watersysteemkennis.

DZH, 1995,
E.J. Ooms,
Koelwaterlozingen in het Rotterdamse havengebied: een belemmering voor de terugkeer van zalm?
Nota nr. APS/95.065, Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland.

RIZA, RIKZ, 1994
Evaluatienota Water,
Sdu Uitgeverij Plantijnstraat 's Gravenhage, ISBN 9039906211.

Rutherford, J.C., 1994,
River Mixing,
John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England.

TNO/SCMO, 1989,
R. During,
Verkenning naar de mogelijkheden van zalm- en zeeforeltrek via het Noordzeekanaal op basis van debieten en stroomsnelheden,
TNO-rapport, Studie- en Informatiecentrum TNO voor Milieu-onderzoek, Delft.

Van der Kooij L.A., D. van de Meent, C.J. van Leeuwen en W. Bruggeman, 1991,
Deriving water quality criteria for water and sediment from the results of aquatic toxicity tests and product standards: application of the equilibrium partitioning method,
Water Resources (25):697-705.

Van Brummelen, 1990,
Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responces or orentational disability, with special reference to concentrations in the river Rhine,
Publicaties en rapporten van het project "Ecologisch Herstel Rijn" no. 17-1990, DBW/RIZA, RIVM en RIVO.

WL, 1978,
G.A.L. Delvigne en M. Karelse,
Diffusiemechanismen in leidingen, kanalen, rivieren, estuaria en randzeeën (stromingen zonder dichtheidseffecten),
verslag literatuuronderzoek R895-2, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

WL, 1980,
Toepasbaarheid ééndimensionaal diffusiemodel homogene, getijstroming in kanalen,
Rapport M896-41 deel III, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

WL, 1987,
D. Ludikhuize en J.A. van der Stel,
Vrachtbepaling en verspreidingspatronen van zware metalen lozingen in het Rotterdamse havengebied, experimenten in het getijdemodel Rijnmond,
Rapport T315-00, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

WL, 1994a,
F.J. Bleeker, L.M. van der Heijdt en H.L.A. Sonneveldt,
Samen naar Schone Baggerspecie met het Regionaal Waterkwaliteitsmodel voor het Noordelijk Deltabekken,
rapport T1189, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

WL, 1994b,
H.L.A. Sonneveldt, F.J. Bleeker en C.J. Sprengers,
Modellering invloed afvalwaterlozingen 1e Petroleumhaven,
Rapport T1207, Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

Xue, H.B. and L. Sigg, 1993,
Free cupric ion concentration and Cu(II) speciation in an eutrophic lake,
Limnol. Oceanogr. (38):1200-1213.

BIJLAGEN

Bijlage A Berekeningsmethode concentratiegradiënten lozingspluimen

In dit hoofdstuk worden de 2D-concentratiegradiënten vanaf de verschillende lozingslokaties berekend, zoals deze gedurende de ebstroom kunnen voorkomen. De concentratiegradiënten worden vervolgens vergeleken met de vermijdingsconcentraties.

Methode

De concentratie op een bepaalde afstand van de bron is berekend met een analytische oplossing van de 2-dimensionale advectie/diffusie vergelijking.
Hierbij is uitgegaan van de volgende veronderstellingen:

- Alle lozingen zijn continu.
- Alle lozingen vinden plaats in de bovenlaag.
- Bij getij kentering treed nagenoeg complete menging van de transversale gradiënt op.
  De "pluimvorming" treedt vooral op gedurende de eb stroom cq. de vloedstroom. Omdat verwacht wordt dat zalm voornamelijk gedurende de eb stroom de riviermonding zal binnenzwemmen, en doordat gedurende deze periode juist de grootse transversale gradiënten optreden, zijn de berekeningen uitgevoerd voor eb-stromingsperiode.
- Rivier en lozings-lokaties zijn geschematiseerd, de lokale situatie kan worden benaderd door een rechte rivier.
- Er wordt uitgegaan van instantane verticale menging en van een uniform stromings- en dispersieveld.

De concentratie op afstand x van de lozingslokatie (in stroomrichting) en z afstand in de transversale richting wordt gegeven door formule 1:

$$C(x,z) = \frac{m}{d\times\sqrt{(4\pi\times k_z \times x\times v_x)}}\times\exp\left[-\frac{v_x\times(z-z_0)^2}{4k_z\times x}\right]$$

waarin:

m	=	mass inflow rate (g/s)
d	=	diepte van de rivier (m)
b	=	breedte van de rivier (m)
k_z	=	transversale dispersiecoëfficiënt (deze term bevat ook de eddy diffusie coëfficiënt in de transversale richting) (m^2/s)
x	=	afstand tot lozingspunt stroomafwaarts (m)
z	=	afstand tot lozingspunt in dwarsrichting (m)
v_x	=	stroomsnelheid (m/s)
z_0	=	lokatie lozing, transversale richting (Rutherford J.C., River mixing. John Wiley and sons, England 1994, pp.118)

De invloed van de rand(wal) wordt berekend met de spiegelmethode van (Carslaw en Jeager, 1959) (in Rutherford, 1994). Hierbij worden imaginaire bronnen aangenomen op de punten:

$$z = -z0,\ 2nb-z0,\ 2nb+z0,\ -2nb+z0 \text{ en } -2nb-z0$$

$$C(x,z)=C(x,z+z_0)+\sum C(x,2nb\pm z\pm z_0)$$

waarin:

N = 6

De verspreiding in de transversale richting (i.e. de breedte van de pluim) is sterk afhankelijk van het type rivier. De transversale dispersie- en diffusiecoefficient is een maat voor snelheid waarmee in een rivier menging in de dwarsrichting optreedt.
In de literatuur worden op basis van metingen, voor type rivieren als de Nieuwe Waterweg, waarden voor de kz/u*d (dimensieloze transversale dispersiecoefficient) gegeven die variëren tussen 0,3 en 0,9. Voor de berekeningen in de Nieuwe Waterweg is de gemiddeld waarde 0,6 gehanteerd.

U* is de bodem schuifspanningssnelheid. Deze waarde wordt berekend met de formule:

$$u^*=\sqrt{(\frac{g\times v_x^2}{Chezy^2})}$$

waarbij

g = 9,8 $m.s^{-2}$

Chezy is de Chezy coëfficiënt. De schematisatie van de Nieuwe Waterweg in het ZWENDL model geeft waarden voor de Chezy coëfficiënt tussen de 35 en 50 $m^{0,5}.s^{-1}$. Voor de berekeningen is gekozen voor een waarde van 45 $m^{0,5}.s^{-1}$.

De bergende breedte van de Nieuwe Waterweg bedraagt ongeveer 500 m, de stroomvoerende diepte is ongeveer 400m. In de berekeningen is een breedte van 500 m gekozen. De uitkomsten van de berekeningen zijn niet gevoelig voor deze aanname.
De gemiddelde stroomsnelheid tijdens de ebstroming bedraagt 0,7 m/s.

De karakteristieken en dimensies van de geschematiseerde rivier zijn gegeven in Tabel A.1.

Tabel A.1 Algemene karakteristieken van de Nieuwe Waterweg

Rivier type	**Onregelmatig, weinig meanderend natuurlijk kanaal**
Chezy coëfficiënt ($m^{0.5}.s^{-1}$)	45
Dispersie coëfficiënt (dimensieloos)	k_z / (d.u*) = 0,6
Stroomsnelheid, gedurende eb-stroming (m/s)	0,7
Diepte (m)	7.5
Breedte (m)	500

Resultaten en discussie

Bij de berekeningen is onderzocht of er, gedurende een significant deel (de ebstroom) van de tijd, over een significant deel van de rivier, als gevolg van de onvolledige transversale menging van lozingen, "verontreinigingspluimen" kunnen ontstaan met een zodanig verhoogde concentratie dat de vermijdingsconcentratie overschreden wordt. In eerste instantie zijn de geloosde concentraties vergeleken met de vermijdingsconcentraties. Berekeningen zijn alleen uitgevoerd als er voor de geloosde stof een vermijdingsconcentratie bekend is en als de som van de lozingsconcentratie en de achtergrondsconcentratie groter is dan de vermijdingsconcentratie. Als de som van de geloosde concentratie en de achtergrondsconcentratie lager is dan de vermijdingsconcentratie, zal de lozing geen een barrière vormen.

Vermijdingsconcentraties voor zalmachtigen zijn slechts voor een beperkt aantal stoffen onderzocht. De ranges in de gevonden concentraties kunnen enkele ordegrootte bedragen (zie Tabel A.2). Berekeningen zijn uitgevoerd voor zes bedrijven die op de Nieuwe Waterweg lozen. De vrachten, debieten en concentraties van de lozingen zijn gegeven in Tabel A.2 en A.3 .

Tabel A.2 Lozingsdebieten in m3/jaar

Bedrijf: Atochem	AVR	Cytec	Hydroagr (gips+fosfor)	Kemira Pernis	Tiofine
4120485	4697915	#N/A	10822929	32702540	3314930

Tabel A.3 Lozingsvracht in kg/jaar

	Atochem	AVR	Cytec	Hydroagri	Kemira Pernis	Tiofine
Kwik		2		237	55	19
Cadmium		6		1987	1229	10
Chroom	528	53		4054	6793	360
Koper		11	50	3217	2618	195
Nikkel		97	17	5934	2188	861
Zink	1692	21	110	7533	2292	684
Lood		53	20	7946	2175	46

Tabel A.4 Lozings- en vermijdingsconcentraties in ug/l

	Atochem	AVR	Hydroagr	Kemira	Tiofine	Vermijdingsconcentratie
Kwik		0,4	22	1,7	5,7	
Cadmium		1,3	185	38	3,0	52
Chroom	130	11	375	205	110	28 - 444
Koper		2,3	295	80	58	0,1 - 500
Nikkel		20,7	550	67	260	23 - 147
Zink	410	4,5	695	70	205	10 - 53
Lood		11	735	66	13	26

De vrachten zijn overgenomen uit "Trends en toestand afvalwaterlozingen bedrijven 1985-1992, Rijkswaterstaat, Directie Zuid Holland, Afd. Watersystemen, Nota nr. APS/94.154 (nov. 1994)".

In Tabel A.5 worden de gemiddelde vermijdingsniveaus, achtergrondsconcentraties en lozingsconcentraties met elkaar vergeleken.

Tabel A.5 Vermijdingsconcentraties voor zalm-achtigen (ug/l)

Stof	Vermijdingsconc. range	Bchtergrondconc (Maas-sluis)	Achtergrondconc. groter dan vermijdingsconc.
Cadmium	52	0,11	nee
Chroom	28 - 444	3,0	nee
Koper	0,1 - 500	5,0	JA
Lood	26	2,9	nee
Nikkel	23 - 147	3,2	nee
Zink	10 - 53	15	JA

Tabel A.6 Vermijdingsconcentraties van zalmachtigen

Stofnaam	Species	NOEC ug/l	LOEC ug/l	Field experiments (ug/l)
Cadmium	Salmo gairdneri		52	
Chroom	Salmo gairdneri		28	
Chroom	Salmo gairdneri	15 -444		
Koper	Salmo gairdneri		0,1	
Koper	Salmo gairdneri		5,2	
Koper	Salmo gairdneri		4,4	
Koper	Salmo gairdneri		70	
Koper	Salmo gairdneri		500	
Koper	Salmo salar		2,4	
Nikkel	Salmo gairdneri	35	147	
Nikkel	Salmo gairdneri	21	35	
Nikkel	Salmo gairdneri	15	23	
Lood	Salmo gairdneri		26	
Zink	Salmo gairdneri		47	
Zink	Salmo salar		53	
Zink	Salmo gairdneri	3,2	10	
Lauryl benzeen (branched)	Salmo gairdneri		100	
Acroleine	Salmo gairdneri	10	100	
Acryl amide (poly)	Salmo gairdneri	400 - 600	500 - 800	
Aquatol K	Salmo gairdneri	0,1 - 10 ppm		
2,4-D zout	Salmo gairdneri	100	1000	
Dalapon	Salmo gairdneri	100	1000	
Dimilin	Salmo salar		10	
Diquat	Salmo gairdneri	0,1 - 10 ppm		
Glyphosate MON 0573	Salmo gairdneri	0,1 - 10 ppm		
Glyphosate MON 0573	Salmo salar	0,1 - 10 ppm		
Phenol	Salmo gairdneri	3200	6500	
Phenol	Salmo gairdneri	1 ppb - 10 ppm		
Trichloorazijnzuur	Salmo salar	10 - 1000		
Xylene	Salmo salar	10	100	
Koper	Salmo salar			44

(uit : Brummelen, T.C. van (1990) Chemicals effecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine, publikatie nr. 17-1990)

Salmo gairdneri : Regenboog forel
Salmo salar : Atlantic salmon

Tabel A.7 Meetdata Lobith en Maasluis (1990) Mediane concentraties en maxima.

Stof	Vermijdings range ug/l (aantal waarnemingen)	Lobith [1] (totaal) ug/l	Maasluis [1] (totaal) ug/l	In effluent
Cadmium	52 (1)	0,10 (0,21)	0,11 (0,19)	
Chroom	28 - >444 (2)	5,6 (12,1)	3,0 (7,5)	
Koper	0,1 - 500 (7)	5,5 (11,0)	5,0 (7,5)	
Nikkel	23 - 147 (3)	3,6 (6,2)	3,2 (4,0)	
Lood	26 (1)	4,6 (12,7)	2,9 (6,7)	
Zink	10 - 53 (3)	23 (184)	15 (56)	
Lauryl benzeen (branched)	100 (1)			
Acroleine	100 (1)			
Acryl amide (poly)	500 - 800 (1)			
Aquatol K	> 10 ppm (1)			
2,4-D (zout)	1000 (1)			
Dalapon	1000 (1)			
Diquat	> 10 ppm (1)			
Glyphosate MON 0573	> 10 ppm (1)			
Phenol	6500 (1)			
Trichloorazijnzuur	> 1000			
Xylene	100			

Bij de metingen van de totaal concentraties in Lobith en Maasluis staan de gemeten maxima tussen haakjes

1) uit Jaarboek monitoring Rijkswateren 1993, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, directoraat generaal Rijkswaterstaat, Den Haag 1994

Bijlage B Memo "Nader te onderzoeken stoffen in kader zalmintrek Nieuwe Waterweg"

auteur : D. Ludikhuize (RIZA)

BIJLAGE SCREENING STOFFENLIJST RAP/NAP

1 INLEIDING

In het kader van het project "Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmintrek" zijn slechts een beperkt aantal stoffen in beschouwing genomen. Dit heeft met name een praktische reden, de beschouwde stoffen zijn opgenomen in het huidige modelinstrumentarium voor het project SSB (cadmium, chroom, koper, kwik, zink, olie en benzo-a-pyreen) en daarnaast temperatuur (uitbreiding SSB in het kader van dit project). Met het beschikbare instrumentarium kunnen ook andere stoffen worden doorgerekend; de vraag is daarom gesteld voor welke stoffen dit zinvol zou kunnen zijn. In deze bijlage is dit verder uitgewerkt.

2 OVERZICHT STOFFEN

De keuze van de stoffen is gebaseerd op een stoffenlijst van geloosde stoffen in het Rotterdamse havengebied (lit. 1), welke is samengesteld uit de prioritaire stoffenlijsten van het Noordzee- en Rijn-actieprogramma (NAP en RAP). In deze lijst is een selectie gemaakt (pers. med. Jan Hendriks, RIZA), welke stoffen voor screening in aanmerking komen. De screening is uitgevoerd op basis van de volgende gegevens:

2.1 Gegevens

- De jaarvrachten bij Lobith en Maassluis (monitoring gegevens RIZA);
- de jaarvrachten van de verschillende (industriële) bronnen (lit. 1);
- gezien het verloop in de jaarvrachten van lozingen en rivieren is gekozen voor uitwerken van twee jaren, namelijk 1989 en 1992;
- literatuurgegevens omtrent concentraties waarbij vermijding optreedt (lit. 2).

Bij de beoordeling van de verschillende stoffen is uitgegaan van de volgende criteria:

2.2 Beoordeling

- De bijdrage van de lokale Rotterdamse bronnen aan de vracht bij Lobith of Maassluis;
- het aantal lozingen, bij een groot aantal lozingen treedt het effect op de waterkwaliteit te verspreid op;
- maximum verwachte concentratie (in de afvalwaterpluim), in vergelijking met de literatuurgegevens waarbij vermijding optreedt.

Het overzicht van de gegevens is opgenomen in de tabel (bijlage 1.7), in deze tabel is ook de volledige lijst van stoffen opgenomen. De stoffen zijn behandeld in vijf groepen; bij deze indeling in groepen is uitgegaan van de bijdrage van de lokale lozingen aan de verontreinigingsvracht van de Nieuwe Waterweg te Maassluis c.q. de Rijn bij Lobith:

1) de lozingen in het Rotterdamse havengebied zijn gering ten opzichte van riviervrachten Lobith en Maassluis (in ieder geval in 1992): verder onderzoek lijkt niet noodzakelijk;
2) de lozingen in het Rotterdamse havengebied zijn niet gering, maar er zijn vele kleinere lozingen verspreid over het hele havengebied: verder onderzoek lijkt niet noodzakelijk;
3) een beperkt aantal grote lozingen: verder onderzoek lijkt noodzakelijk;
4) gezien het ontbreken van gegevens is over deze groep stoffen niet direct een uitspraak te doen;
5) buiten screening gelaten (pers. med. Jan Hendriks, RIZA).

ad 1) *Lozingen Rotterdamse havengebied gering (< 5%)*

Voor de volgende stoffen lijkt geen verdere studie noodzakelijk (bijdrage bij Lobith en Maassluis geringer dan 5%):

- arseen,
- chroom,
- lood,
- nikkel,
- zink,
- PCB's,
- pentachloorphenol,
- aEndosulfan,
- hexachloorbutadiëen,
- chloornitrobenzeen,
- parathion,
- atrazine,
- simazine,
- bentazon,
- DDT,
- benzeen,
- HCH,
- trichloorbenzeen,
- chlooraniline.

De verschillende gegevens van de bovengenoemde 19 stoffen zijn weergegeven in de tabel (bijlage 1.7). Naast de beoordeling van de vrachten is ook een beoordeling van de verwachte maximum concentraties in de rivier uitgevoerd. In het geval van de metalen zijn deze concentraties overgenomen uit het hoofdrapport. In het geval van de organische microverontreinigingen zijn deze concentraties geschat. Vrijwel alle lozingen van organische microverontreinigingen vinden plaats in de zoete bovenlaag van de Rotterdamse havens. De verwachte maximum concentratie in de rivier is geschat op basis van het getijgemiddelde uitwisselingsdebiet van de bovenlaag (door getij- en dichtheidsstroming) tussen haven en rivier en de lozingsvracht in de betreffende haven (lit. 1). Bij de Botlekhaven is een getijgemiddeld uitwisselingsdebiet van 100 m^3/s aangehouden en bij de 1e Petroleumhaven een getijgemiddeld debiet van 25 m^3/s.

Uit deze nadere analyse blijkt dat bij de metalen nikkel, chroom, lood en arseen alleen zeer lokale problemen rondom het lozingspunt optreden. Zoals ook in het hoofdrapport is aangegeven zal dit waarschijnlijk niet leiden tot vermijdingsgedrag. In het geval van zink ligt de achtergrond in de buurt van de minimum literatuurwaarde voor vermijdingsgedrag (zie hoofdrapport). In het geval van de organische microverontreinigingen treedt geen overschrijding van de bekende minimum vermijdingsconcentraties op. In het geval de vermijdingsconcentraties onbekend zijn, is de verwachting dat de geschatte concentraties in de rivier ruim onder de vermijdingsconcentraties zullen liggen.

ad 2) *Relatief grote bijdrage van verspreide kleinere lozingen*

De volgende stoffen worden in relatief grote hoeveelheden geloosd in het Rotterdamse havengebied, maar wel verspreid over een groot aantal lozingen (per stof zijn de lozingen aangegeven):

- koper: kleine industriële lozingen en diffuse lozingen uit scheepvaart en werven;
- PAK's: diffuse lozingen uit scheepvaart en werven;
- ammonium: kleine verspreide industriële en huishoudelijke lozingen.

De gegevens van de bovengenoemde 3 stoffen zijn weergegeven in de tabel (bijlage 1.7). Ook bij deze stoffen is nagegaan in hoeverre de geschatte maximum concentraties boven de concentraties voor vermijdingsgedrag liggen. In het geval van koper is de achtergrondconcentratie reeds boven de minimum concentratie waarbij vermijding kan optreden (zie hoofdrapport). Het is niet de verwachting dat de geschatte concentraties van PAK's en ammonium boven de vermijdingsconcentratie zullen liggen.

ad 3) *Grote bijdrage met beperkt aantal lozingen*

De volgende stoffen worden, althans in 1989 en 1992, in relatief grote hoeveelheden geloosd door een beperkt aantal lozingen:
- cadmium: kunstmestindustrie;
- kwik: kunstmestindustrie;
- 1,2 dichloorethaan: AKZO NOBEL Botlek;
- trichlooretheen: Paktank Botlek, DOW Botlek;
- tetrachlooretheen: Paktank Botlek, DOW Botlek;
- drins: Shell Chemie;
- olie: Shell Pernis;
- HCB: Shell????

De gegevens van de bovengenoemde 7 stoffen zijn weergegeven in de tabel (bijlage 1.7). Een nadere analyse van de resultaten is uitgewerkt in de volgende paragraaf.

ad 4) *Geen of onduidelijke informatie*

Ten aanzien van de onderstaande 4 stoffen zijn, althans voor 1989 en 1992, niet voldoende gegevens beschikbaar voor een vergelijking van verontreinigingsvrachten:
- trichloorethaan,
- tetrachloorkoolstof,
- chloroform,
- dithiocarbamaat.

In de tabel (bijlage 1.7) zijn alle gegevens van deze stoffen opgenomen, in de volgende paragraaf wordt per stof op de resultaten van de analyse ingegaan.

ad 5) *Niet in beschouwing genomen*

De volgende 8 stoffen zijn niet in beschouwing genomen, omdat deze ecotoxicologisch niet van belang zijn (fosfaten, stikstof-componenten), niet geschikt zijn voor een eco-toxicologische beoordeling (EOCl) of waarvan de lozingen diffuus van aard zijn (dioxines, organo-tin):
- fosfaten,
- EOCl,
- organo-tin,
- po-cl-camf???,
- dioxines,
- nitraat,
- Kjeldahl-stikstof,
- totaal-stikstof.

3 NADERE ANALYSE RESULTATEN

Op basis van de voorgaande stofkeuze komen in principe slechts twee groepen stoffen voor mogelijk vervolgonderzoek in aanmerking, namelijk de groepen aangegeven onder punt 3 en 4. Deze twaalf stoffen worden in het onderstaande uitgebreider behandeld.

Cadmium
Deze stof is meegenomen in het onderhavige onderzoek; de lozingen van de kunstmestindustrie zijn de belangrijkste lozingen. De maximum concentraties in de rivier zijn slechts zeer lokaal hoger dan de vermijdingsconcentratie (zie hoofdrapport).

Kwik
De lozingen van de kunstmestindustrie, Shell Raffinaderij en de AVR zijn de belangrijkste lozingen. Gezien het feit dat er geen vermijdingsconcentraties bekend zijn is het mogelijke effect van deze stof niet direct te bepalen. Verwacht wordt dat voor kwik hetzelfde geldt als voor de meeste andere metalen: alleen een effect zeer lokaal rondom de belangrijkste lozingspunten.

1,2 dichloorethaan
Deze stof wordt eigenlijk voornamelijk geloosd in de Botlekhaven; de belangrijkste lozing is van AKZO Nobel welke zich achterin de Botlekhaven bevindt (Chemiehaven). De geschatte concentratie in de monding van de Botlek is ongeveer 2,5 μg/l uitgaande van een getijgemiddeld (eb en vloed) uitwisselingsdebiet van 100 m^3/s. Er zijn in de beschikbare gegevens (lit. 2) geen vermijdingsconcentraties (LOEC-waarden) voor deze stof genoemd; de geschatte vermijdingsconcentratie (per. med. Jan Hendriks, RIZA) ligt in de orde van 10 μg/l. De verwachting is dan ook dat deze stof niet leidt tot vermijdingsgedrag.

Trichlooretheen
Ook deze stof wordt voornamelijk geloosd in de Botlekhaven, de belangrijkste lozingen zijn Paktank Botlek en DOW Benelux Botlek. De geschatte concentratie in de monding van de Botlek is ongeveer 0,4 μg/l. Er zijn in de beschikbare gegevens (lit. 2) geen vermijdingsconcentraties voor deze stof genoemd. Het lijkt, gezien de geringe concentratie, niet waarschijnlijk dat deze lokale lozing leidt tot vermijdingsgedrag.

Tetrachlooretheen
Ook deze stof wordt voornamelijk geloosd in de Botlekhaven. de belangrijkste lozingen zijn Paktank Botlek en DOW Benelux Botlek. De geschatte concentratie in de monding van de Botlek is ongeveer 0,4 μg/l. De in de literatuur gegeven vermijdingsconcentratie is 4 μg/l; de geschatte concentratie in de monding van de Botlek is duidelijk geringer. Het lijkt, gezien de geringe concentratie, niet waarschijnlijk dat deze stof effect heeft op het vermijdingsgedrag.

Drins
Deze stoffen worden geloosd door Shell Chemie in de 1^e Petroleumhaven. Alleen van endrin zijn gegevens van vermijdingsconcentraties bekend. Uitgaande van de conservatieve aanname dat de helft van de drins bestaat uit endrin, is de geschatte concentratie endrin in de monding van de Petroleumhaven ~ 0,002 μg/l. De vermijdingsconcentratie uit de literatuur bedraagt ongeveer 1 μg/l. Het lijkt, gezien de geringe concentratie, niet waarschijnlijk dat de lokale lozing van deze stof effect heeft op het vermijdingsgedrag. De conclusie voor endrin lijkt, gezien de geringe lozingsvrachten, waarschijnlijk ook correct voor de overige drins.

Olie
Ten aanzien van olie zijn geen vermijdingsconcentraties bekend. De meeste olie wordt geloosd in de 1e Petroleumhaven (~ 250 ton/jaar); de geschatte concentratie olie in de monding van de Petroleumhaven is ~ 349 µg/l. Deze concentratie ligt ruim boven de achtergrondconcentratie van de Rijn (orde 50 µg/l). Het is, gezien het ontbreken van vermijdingsconcentraties, niet mogelijk om voor olie een uitspraak te doen.

Trichloorethaan
De vracht trichloorethaan van de (twee) lozingen in de havens zijn in de periode 1989-1992 met een factor 10 afgenomen. Het lijkt niet waarschijnlijk dat de vracht bij Lobith ook met deze factor is afgenomen. Gezien het feit dat de vracht van de lokale lozingen in 1989 slechts 2% van de vracht bij Lobith bedroeg is het de verwachting dat deze stof zeker lokaal geen vermijdingsgedrag oplevert. De geschatte concentraties zijn zeer gering, maar niet direct te beoordelen omdat voor deze stof geen vermijdingsconcentraties beschikbaar zijn. Gezien de geringe concentraties is het de verwachting dat deze stof niet leidt tot vermijdingsgedrag.

Tetrachloorkoolstof
De belangrijkste lozing van deze stof vindt plaats in de Botlekhaven (DOW Benelux). De geschatte concentratie in de monding van de Botlek ligt in de orde van 0,08 µg/l. Het lijkt, gezien de beschikbare vermijdingsconcentraties voor andere stoffen, niet waarschijnlijk dat genoemde concentratie tetrachloorkoolstof leidt tot vermijdingsgedrag.

Chloroform
De opgegeven LOEC-waarden van chloroform (11.900 µg/l) zijn dusdanig hoog dat niet verwacht mag worden dat een lozing van minder dan 100 kg/jaar (geschatte maximum concentratie 0,21 µg/l) effect zal hebben op het vermijdingsgedrag.

Dithiocarbamaat
Deze stof wordt geloosd door Atochem in de Nieuwe Waterweg (zuidoever). Er zijn geen gegevens bekend van de jaarvrachten bij Lobith en Maassluis. Uitgaande van een beperkte homogene pluim (10 meter breed, 7 meter diep, snelheid 0,5 m/s) volgt bij de opgegeven belasting een concentratie van ongeveer 10 µg/l. Een vermijdingsconcentratie is voor deze stof niet bekend, echter wel van benthiocarbamaat waarvan de vermijdingsconcentratie ongeveer 500 µg/l bedraagt. Het optreden van vermijdingsgedrag lijkt bij deze stof dus niet waarschijnlijk.

HCB
De vrachten HCB van Lobith en Maassluis zijn bepaald op basis van het geadsorbeerde deel van de verontreiniging. Deze vrachten zijn dus een onderschatting van de totale vracht. Het adsorptiegedrag van HCB is dusdanig dat verwacht mag worden dat de concentratie geadsorbeerd en opgelost ongeveer gelijk zullen zijn. De bijdrage van de lokale lozingen ten opzichte van de vracht bij Lobith is verwaarloosbaar. Door afbraak en sedimentatie van deze stof tussen Lobith en Maassluis, is de bijdrage van de lokale lozingen aan de vracht bij Maassluis nog wel degelijk van belang (orde 10%). De lozing van deze stof vindt plaats door Shell Chemie in de 1e Petroleumhaven. De verwachte concentratie in de monding van deze haven is ongeveer 0,002 µg/l. Het is de verwachting dat deze lage concentratie niet zal leiden tot vermijdingsgedrag.

4 CONCLUSIE

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat alleen bij de zware metalen de lokale concentraties in het rivierwater in het Rotterdamse havengebied boven de vermijdingsconcentraties liggen. Voor de zware metalen geldt echter (met uitzondering van koper) dat deze concentratieverhogingen dusdanig lokaal zijn, dat geen vermijdingsgedrag wordt verwacht. In het geval van olie is geen vermijdingsconcentratie beschikbaar zodat het niet mogelijk is om een uitspraak te doen.

Gezien de in deze bijlage gepresenteerde resultaten, wordt aanbevolen **geen** verder onderzoek te doen naar de lokale verspreiding van de in deze bijlage genoemde stoffen.

Literatuur

1. Trend en toestand afvalwaterlozingen 1985-1992,
   Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland,
   Afdeling Watersysteemkennis (APS),
   nota APS/94.154, november 1994.

2. Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing respences or orentational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine,
   Van Brummelen, 1990,
   Nota "Ecologisch herstel Rijn", no 17-1990,
   RIZA, RIVM en RIVO 1990.

waterloopkundig laboratorium / riza

screening
stoffenlijst RAP/NAP

bijlage 1.7

		VERONTREINIGINGSVRACHTEN						RELATIEF AANDEEL HAVENS								
		Lobith		Maassluis		Rotterdamse havens		1989		1992						
		1989	1992	1989	1992	1989	1992	t.o.v. Lobith	t.o.v. Maassluis	t.o.v. Lobith	t.o.v. Maassluis	LOEC avoidence	conc max.	klasse	actie	opm.
HCBut	kg/j	90						0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,001	1	geen	
chl-anil.	kg/j	2.000				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,03	1	geen	
PCP	kg/j	782,33	750,91	707,6	904,88	1,4	0,05	0,2	0,2	0,0	0,0	42	0,02	1	geen	
nikkel	ton/j	245,48	251,66	149,82	149,92	13,627	5,949	5,6	9,1	2,4	4,0	23	550	1	geen	zeer lokaal
HCH	kg/j	240	250			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,005	1	geen	
CNB	kg/j	8.650				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,1	1	geen	
benzeen	**ton/j**	**5,49**	**6,03**	**4,24**	**5,8**	**0,019**	**0,008**	0,3	0,4	0,1	0,1	40.0000	0,13	1	geen	
chroom	ton/j	364,82	280,25	233,8	157,88	75,864	6,365	20,8	32,4	2,3	4,0	28	375	1	geen	zeer lokaal
bentazon	ton/j	5	5			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,07	1	geen	
aEndo	kg/j	2,03	1,89	1,17	0,725	0,1	0	4,8	8,5	0,0	0,0	?	0,000	1	geen	
atrazine	ton/j	5,4	3,7			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,05	1	geen	
TCB	kg/j	500	1.300			100,7	0	20,1	?	0,0	0,0	?	0,02	1	geen	
simazine	ton/j		1,3			0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,02	1	geen	
lood	ton/j	253,38	247,93	137,27	144,69	12,53	3,428	4,9	9,1	1,4	2,4	26	735	1	geen	zeer lokaal
zink	ton/j	2.490	1.400	895,19	815,22	49,719	15,214	2,0	5,6	1,1	1,9	10	695	1	mogelijk	achtergrond
Parathi,	kg/j	25	25			0,1	0,1	0,4	?	0,4	?	?	0,0001	1	geen	
PCB	kg/j	330		190		0,2	0,004	0,1	0,1	?	?	5.700	0,004	1	geen	
arseen	ton/j	67,95	65,78	77,19	67,33	2,925	0,963	4,3	3,8	1,5	1,4	?	150	1	geen	zeer lokaal
DDT	kg/j	15				0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	?	0,0002	1	geen	
ammonium	ton/j	19.700	16.800	22.000		1.000	500	5,1	4,5	3,0	?	?	470	2	geen	
koper	ton/j	338,86	345,68	185,46	219,42	28,519	20,409	8,4	14,6	5,9	9,3	0,1	295	2	mogelijk	achtergrond
sPAK	ton/j	6,55	6,88	3,1	2,09	0,25	0,217	3,8	8,1	3,2	10,4	?	0,05	2	geen	
kwik	kg/j	2.680	4.060	2.130	1.970	355	339	13,2	16,7	8,3	17,2	?	22	3	mogelijk	zeer lokaal
cadmiu	ton/j	5,9	3,8	6,94	3,55	3,626	1,086	61,5	52,2	28,6	30,6	52	185	3	geen	zeer lokaal
aldrin	kg/j	2,48	3,98	2,32	1,85											
dieldrin	kg/j	2,07	1,72	4,99	0,69											
endrin	kg/j	3,99	1,72	7,6	0,69											
iso-dr	kg/j		1,57		0,78											
somdrins	kg/j	4,55	5,7	7,31	2,54	7,4	3,3	162,6	101,2	57,9	129,9	1	0,004	3	geen	
12DCEa	ton/j	27,86	29,85	24,57	34,56	8,461	5,655	30,4	34,4	18,9	16,4	?	2,5	3	geen	LOEC > 10 µg/l
T4CEe	kg/j	2.410	4.278	819	4.910	1.137	810	47,2	138,8	18,9	16,5	4	0,4	3	geen	
TCEe	kg/j	6.350	2.255	1.260	7.252	388	813,1	6,1	30,8	36,1	11,2	?	0,4	3	geen	
olie	ton/j	4.000	4.000	1.500	1.500	718	367	18,0	47,9	9,2	24,5	?	349	3	mogelijk	
chlorof,	kg/j	12.400	6.200			254	94	2,0	?	1,5	?	?	0,21	4	geen	
TECK	kg/j	1.100				88	50	8,0	?	?	?	?	0,08	4	geen	
TCEa	kg/j	2.700				58	5	2,1	?	?	?	?	0,006	4	geen	
HCB	kg/j	5.730	73,58	22,38	9,76	3,1	1,5	0,1	13,9	2,0	15,4	?	0,002	4	geen	
dithioca.	kg/j					2.500	300	?	?	?	?	?	19	4	geen	LOEC-benthiocarb ≈ 500 µg/l
Kjel-N														5		
nitraat														5		
dioxines														5		
tot-N														5		
Po-Cl-Camf														5		
organo-t														5		
EOCl														5		
fosfaten														5		

PUBLICATIES EN RAPPORTEN VAN HET PROJECT "ECOLOGISCH HERSTEL RIJN EN MAAS"

01 - 1988 Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme. (RIZA, RIVM, RIVO-DLO)
02 - 1988 Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine. W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)
03 - 1988 High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine. Admiraal and J.C. van der Vlugt, Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)
04 - 1988 Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an excercise in ecosystem analysis. W. Admiraal en B. van Zanten. Freshwater Biology 20, 215-225 1988). (RIVM)
05 - 1988 Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie. J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)
06 - 1988 Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine. W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruijf. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)
07 - 1989 Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine- mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)
08 - 1989 Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith. Bio-alarm projekt fase I. J. Botterweg. (RIZA)
09 - 1989 Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek. Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Marteijn (red.). (RIZA)
10 -1989 Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme "Ecological Rehabilitation Rhine". J.A.W. de Wit, Admiraal, C. van der Guchte and W.G. Cazemier. (RIZA)
11 -1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
12 -1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with sea trout (*Salmo trutta trutta*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
13 - 1989 Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters. M.M.J. Maenen. (RIZA)
14 - 1989 Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. B. van Dessel. (RIZA)
15 - 1989 Comparison of nitrification rates in three branches of the lower river Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151. W. Admiraal and Y.J.H. Botermans. (RIVM)
16 - 1990 Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voesenek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)
17 - 1990 Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. T.C. van Brummelen. (RIZA)
18 - 1990 Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers. F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)
19 - 1990 Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine. E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)
20 - 1990 Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms. W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)
21 - 1990 On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine. T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)
22 - 1990 Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)
23 - 1990 The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine. P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)
24 - 1990 Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse. E.D. de Ruijter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)
25 - 1990 Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op Grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. F.W.B. van den Brink. (RIZA)
26 - 1990 Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)
27 - 1991 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
28 - 1991 Voedselecologie van vissen in de Nederlandse Rijntakken. P.J.M. Bergers. (RIZA)
29 - 1991 Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van ooibossen in de uiterwaarden van de Rijn. H. Duel. (RIZA)
30 - 1991 Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maassluis. R. Bijkerk. (RIVM)
31 - 1991 Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. A.W. de Haas. (RIZA)
32 - 1991 Visintrekmogelijkheden in de Rijn in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk. (RIZA)
33 - 1991 Nevengeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden. A.W. de Haas. (RIZA)
34 - 1991 The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine. A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)
35 - 1991 The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Ed. J.A.W. de Wit *et al.*. (RIZA)
36 - 1991 Aquatische makro-evertebraten in de Duursche Waarden 1989- 1991. A. Klink, E. Marteijn, J. Mulder en B. bij de Vaate. (RIZA)
37 - 1991 Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)
38 - 1992 Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE. J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks (RIZA)
39 - 1992 Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken. H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)
40 - 1992 Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme(1992-1995). Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO).
41 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas. J. Botterweg en W. Silva (RIZA).
42 - 1992 Groei en overleving van Vlottende waterranonkel (Ranunculus Fluitans Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten. M. de la Haye (RIZA).
43 - 1992 Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991. B. van Hattem en S. Dirksen (RIZA).

44 - 1992 Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens. D. de Boer (RIZA).
45 - 1992 Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991. B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (RIZA).
46 - 1992 De visstand in de Grensmaas. T. Vriese (RIZA).
47 - 1992 Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden (RIZA).
48 - 1993 Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)
49 - 1995 De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek. R.F.B. Isarin, H.J.A. Berendsenen en M.M. Schoor. (RIZA)
50 - 1993 Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Ecological rehabilitation of the River Rhine, The Netherlands summary report (1988-1992). G.M. van Dijk en E.C.L. Marteijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
51 - 1993 Documentation of zooplankton species in the Lower River Rhine. B. van Zanten and P. Leentvaar. (RIVM)
52 - 1993 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
53 - 1993 Worden groei, overleving en kieming van Vlottende Waterranonkel (*Ranunculus fluitans Lamarck*) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? Semi-veldexperimenten. M.A.A. de la Haye. (RIZA)
54 - 1993 Paai- en opgroeigebieden voor vis in de Maas. S. Semmekrot en F.T. Vriese. (RIZA)
55[a]- 1993 Biologische bewaking van Rijn en Maas: ervaringen met vissen en watervlooien (1988-1992). D.A. Stouten, F. Noppert, F. Balk en A.J. Hendriks (RIZA)
55[b]- 1993 Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the river Meuse". Zware metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave. M.J.J. Kerkhofs, W. Silva en W. Ma (RIZA)
56 - 1994 Nevengeulen: verkenning naar de ecologische betekenis van inrichtingsvarianten. H. Duel, R. During en B. Specken. (RIZA)
57 - 1994 Biennial report (1992-1993) "Ecological rehabiltation of the rivers Rhine and Meuse. G.M. van Dijk (ed.) (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
58 - 1995 Rhine-Econet. Ecological networks in river rehabilitation scenarios: a case study for the Lower Rhine. R. Reijnen, W.B. Harms, R.P.B. Foppen, R. de Visser en H.P. Wolfert (RIZA).
59 - 1994 Vismigratie door de bekkenvistrappen Lith en Belfeld in de Maas. R.L.P. Lanters (RIVO-DLO)
60 - 1994 Evaluatie van de Duursche Waarden 1989 t/m 1993. M.J.R. Cals (red.). (RIZA)
61 - 1994 Het Rivier-Ecotopen-Stelsel. Een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied. J.G.M. Rademakers en H.P. Wolfert. (RIZA)
62 - 1994 Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse". A. bij de Vaate en M. Greydanus-Klaas (RIZA)
63[a]- 1994 Ontwikkelingsmethoden voor zachthoutooibos in het zomerbed van de Grensmaas.
N.Geilen (RIZA)
63[b]- 1994 Ecotoxicologisch onderzoek naar het sediment in de Maas over het traject Annevoie-Roulillon (F) tot Keizersveer (NL). R.A.E. Knoben, P.J.M. Duteweert (RIVM)
64 - 1996 Phyto- en zooplankton dynamics in the River Meuse during 1992. R. Bijkerk, G.M. van Dijk and B. van Zanten (RIVM).
65 - 1996 Waterbirds in the Rhine Valley in 1995. Results of a coordinated survey in January. K. Koffijberg, G. Delacour, C. Dronneau, V. Keller, C. Sudfeldt, B. Wassmer (RIZA)
66 - 1996 Veldonderzoek naar planktongradiënten in een kribvak en strang van de rivier de Waal. A.P. Abbink Spaink, Th. Ietswaart (RIVM).
67 - 1997 Ecological rehabilation of the rivers Rhine and Meuse: Summary report 1994-1995. A.J. Hendriks, M.J.R. Cals, G.M. van Dijk, L.W.G. Higler, E.C.L. Marteijn, H. Pieters, R. Postma, H.P. Wolfert (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO).
68 - 1997 Populaties van Zwarte populier langs de Rijn in Nederland: is herstel mogelijk? S.G. Lauwaars, P. Arens, G. Willink, H. Coops en B. Vosman (RIZA, CPRO-DLO, STL).
69- 1997 Berekening van chemische en thermische barrières voor zalmachtigen in het Rotterdamse havengebied. H.L.A. Sonneveld, A.C. Baart (RIZA)
70- 1997 Het voedselweb van de Rijn - een verkenning. M. Marchand. (RIZA, IBN-DLO, RIVM)

Aanvragen/requests:
(RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, P.O. Box 17, 8200 AA Lelystad, The Netherlands.
(RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.
(RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands.
(IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research, P.O. Box 23, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
(SC-DLO): The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, P.O. Box 125, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.