

Calam, een calamiteitenmodel voor het noordelijk deltabekken

Inleiding

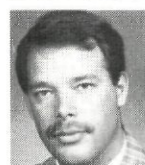
Voor een groot deel van de drink- en industriewaterproductie in Zuid-West Nederland wordt oppervlaktewater als grondstof gebruikt. Belangrijke innamepunten van dit oppervlaktewater bevinden zich in het gebied, dat het Noordelijk Deltabekken wordt genoemd. Dit gebied bestaat uit het stroomgebied van de Lek, de Waal en de Maas ten westen van Tiel, de stuw bij Hagestein, en de stuw bij Lith tot aan de Noordzee (afb. 1). In dit gebied bevinden zich de innamepunten van de

Samenvatting

Voor een groot deel van de drink- en industriewaterproductie in Zuid-West Nederland wordt oppervlaktewater ingenomen in het Noordelijk Deltabekken. Het is daarom van groot belang om bij een ongewenste lozing ten gevolge van een calamiteit, die in of bovenstrooms van het Noordelijk Deltabekken plaatsvindt, snel en goed inzicht te krijgen in het verspreidingspatroon van de geloosde verontreiniging.

Hiertoe heeft de Technische Universiteit van Delft in opdracht van de Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven (RIWA) een zogenaamd calamiteitenmodel ontwikkeld, dat de verspreiding van een verontreiniging in het Noordelijk Deltabekken kan simuleren.

Het model draait op een Personal Computer en is zeer gebruikersvriendelijk van opzet.



IR. J. F. X. URBANUS
Drinkwaterleiding
Rotterdam



IR. J. H. G. VREEBURG
Duinwaterleiding
van 's-Gravenhage



IR. A. VAN MAZIJK
TU Delft, Vakgroep
Gezondheidstechniek en
Waterbeheersing

en Berenplaat (V), alsmede het drinkwaterproductiebedrijf Baanhoeke van de NV Regionaal Energiebedrijf Dordrecht (VI) noodinlaten in dit stroomgebied. Het is voor de genoemde bedrijven van groot belang om bij een ongewenste lozing ten gevolge van een calamiteit, die in of bovenstrooms van het Noordelijk Deltabekken plaatsvindt, snel een goed inzicht te krijgen in het verspreidingspatroon van de geloosde verontreiniging, opdat op tijd de juiste maatregelen kunnen worden getroffen. Deze maatregelen kunnen variëren van een verhoogde bemonsteringsfrequentie tot het sluiten van de inlaat en het manipuleren van de Haringvlietssluisen. Dit laatste gebeurt om de verontreiniging zo snel mogelijk 'door te spoelen'.

In opdracht van de Samenwerkende Rijn- en Maaswaterleidingbedrijven RIWA is voor deze problematiek het CALAM-model ontwikkeld, dat de verspreiding

van een verontreiniging in het Noordelijk Deltabekken kan simuleren. Het model heeft het karakter van een calamiteitenmodel, hetgeen extra eisen stelt aan de gebruikersvriendelijkheid en aan de snelheid waarmee de resultaten beschikbaar komen.

De ontwikkeling van het CALAM-model is uitgevoerd door de TU Delft onder auspiciën van de Werkgroep Hydrologie van de RIWA, en in nauwe samenwerking met de Rijkswaterstaat¹⁾

Uitgangspunten

Bij het ontwikkelen van het model is uitgegaan van de volgende twee eisen:

- Het model moet op een betrouwbare wijze de verspreiding van een verontreiniging kunnen beschrijven, die bovenstrooms van of in het Noordelijk Deltabekken zelf is geloosd.
- Het model moet gebruikt kunnen worden als een calamiteitenmodel.

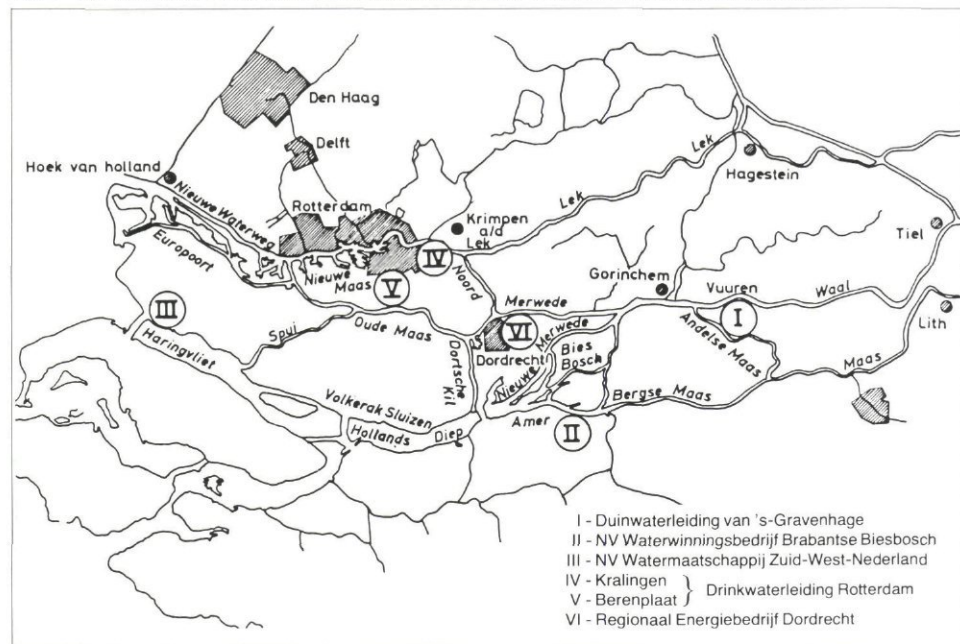
Om aan de eerste eis te voldoen is gekozen voor een dynamisch model voor de waterbeweging om de invloed in de getijbeweging aan de mond van de Nieuwe Waterweg goed te kunnen modelleren, omdat deze invloed tot ver in het gebied merkbaar is. Voor de modellering van de stofverspreiding is gekozen voor een zogenaamd quasi-twee-dimensionaal model, waarbij niet alleen rekening wordt gehouden met de verspreiding van stof in de hoofdstroomrichting van de rivier, maar ook met de tijdelijke berging in zogenaamde dode zones, zoals tussen de kribben, als gevolg van uitwisseling tussen deze zones en de hoofdstroom.

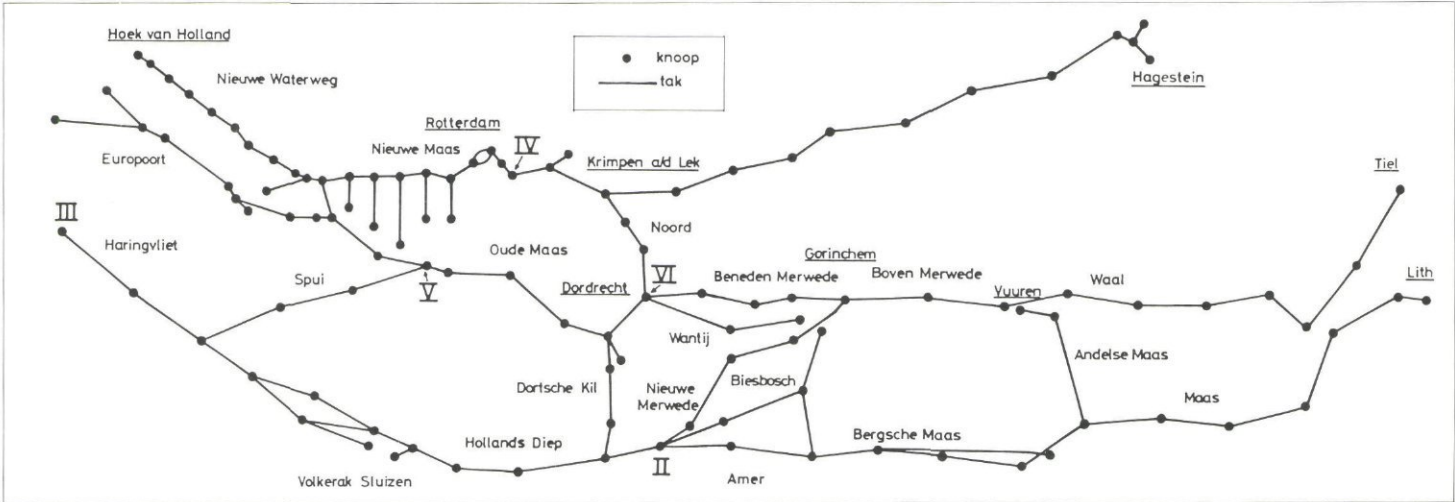
De tweede eis impliceert een aantal voorwaarden die als volgt zijn geïnterpreteerd:

¹⁾ Zie Urbanus, J. F. X. en J. H. G. Vreeburg. Calamiteitenmodel Noordelijk Deltabekken. Afstudeerverslag, Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing, Fac. der Civ. Techn., TU Delft, jan. 1987.

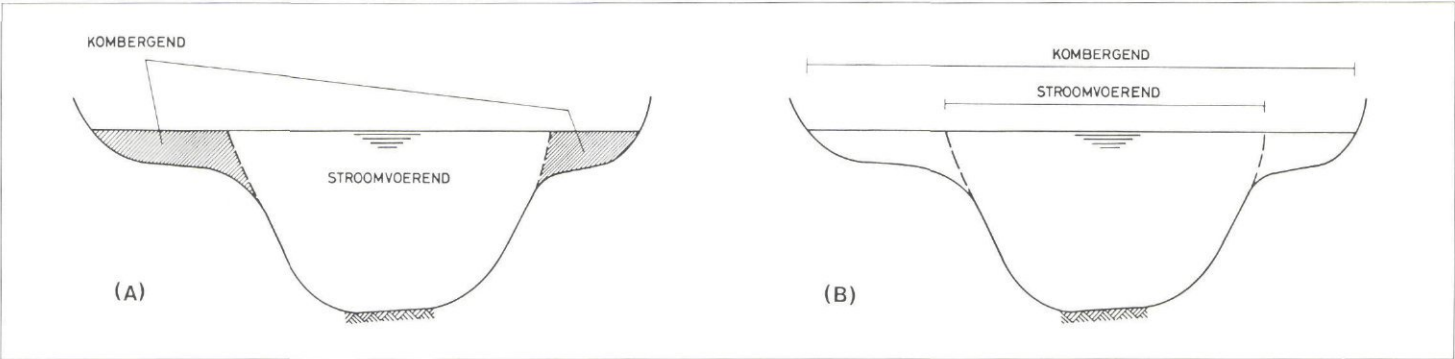
Duinwaterleiding van 's-Gravenhage (I), de NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch (II) en de NV Watermaatschappij Zuid-West-Nederland (III). Bovendien hebben de Rotterdamse drinkwaterproductiebedrijven Kralingen (IV)

Afb. 1 - Het Noordelijk Deltabekken met de innamepunten van de diverse drinkwaterleidingbedrijven.





Afb. 2 - Het Noordelijk Deltabekken, geschematiseerd in takken en knopen.

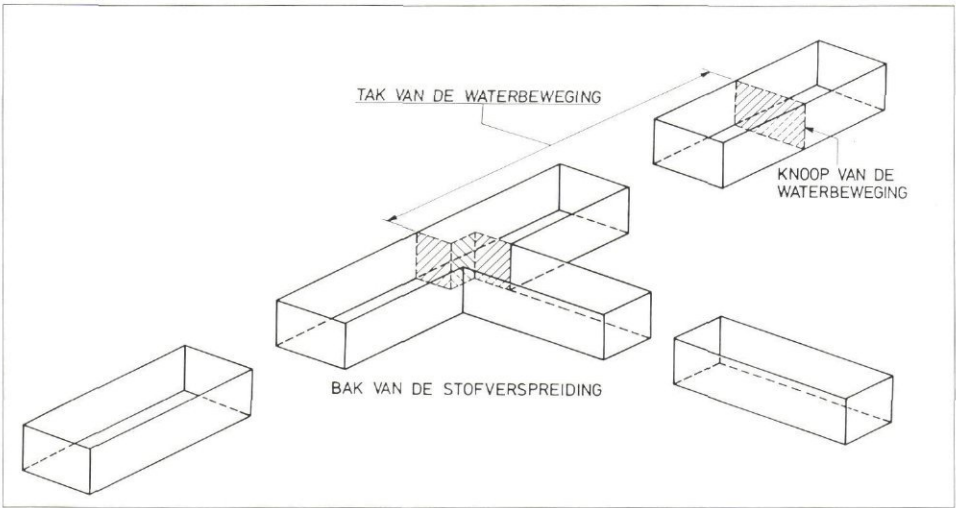


Afb. 3 - Dwarsprofiel. (A = Onderverdeling in stroomvoerend en kombergend dwarsprofiel; B = Onderverdeling in stroomvoerende en bergende breedte).

– Het model moet zeer gebruikersvriendelijk zijn.
Daarmee wordt bedoeld dat iemand, die geen ervaring heeft met het gebruik van computers, toch redelijk snel en zelfstandig met het model moet kunnen werken. Als uitgangspunt is genomen, dat een korte schriftelijke instructie van hooguit enkele bladzijden voldoende moet zijn om het model te starten en te gebruiken.
– Het model moet te allen tijde beschikbaar zijn en binnen een redelijke termijn resultaten leveren.
Om dit te bereiken is gekozen voor een ontwikkeling op een Personal Computer (PC), daar deze altijd beschikbaar is, dus ook op vrijdagmiddag en in de weekends, de tijdstippen waarop om onduidelijke redenen de meeste calamiteiten plaatsvinden.
Uiteraard heeft de keuze van een PC als rekenmachine gevolgen voor de rekentijd, die het model nodig heeft om tot resultaten te komen. Daarbij moet echter worden aangetekend, dat bij een PC de resultaten direct beschikbaar zijn en ze door de grafische mogelijkheden snel en goed zijn te interpreteren. Dit betekent dat de termijn, waarop de resultaten

beschikbaar zijn, in vergelijking met grotere computers toch korter is. Bovendien is de ontwikkeling op het gebied van de PC dermate snel, dat er nu reeds PC's bestaan die de snelheid van minicomputers ten minste evenaren.
Theoretische achtergronden
Het CALAM-model is opgebouwd uit twee componenten: een model dat de waterbeweging beschrijft en een model, dat de verspreiding van een verontreiniging beschrijft. Alvorens in te gaan op de theoretische achtergrond van deze beide modellen zal eerst de schematisatie van het Noordelijk Deltabekken worden toegelicht.
Schematisatie
Het riviereengebied van het Noordelijk Deltabekken wordt geschematiseerd tot een stelsel van takken en knopen, waarbij de takken de respectieve riviertrajecten voorstellen (zie afb. 2 in vergelijking met afb. 1). De takken zijn de tot prismatische bakken geschematiseerde riviertrajecten met een dwarsprofiel, dat representatief is voor het beschouwde traject. Via de knopen zijn de takken met elkaar verbonden. Als het dwarsprofiel van een

riviergedeelte sterk varieert in de hoofdstroomrichting, dan wordt dit gedeelte in meerdere takken opgesplitst om deze variatie zo goed mogelijk te kunnen simuleren. Het dwarsprofiel van een tak wordt onderverdeeld in een stroomvoerend gedeelte, waarin de hoofdstroom plaatsvindt en een kombergend gedeelte, dat de dode zones weergeeft (afb. 3A).
Waterbewegingsmodel
In dit model wordt de waterbeweging gesimuleerd volgens een ééndimensionale benadering. De berekende stroomsnelheid in een tak is de gemiddelde snelheid over het stroomvoerende gedeelte van het dwarsprofiel. De bijbehorende afvoer in de tak (ook wel debiet genoemd) is het produkt van deze gemiddelde stroomsnelheid en het stroomvoerende gedeelte van het dwarsprofiel. Bij waterstandsveranderingen als gevolg van bijvoorbeeld de getijbeweging wordt tijdelijk water geborgen, zowel in het stroomvoerende, als het kombergende gedeelte van het dwarsprofiel (afb. 3B).
De waterbeweging wordt beschreven met de bewegingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking.
De bewegingsvergelijking wordt opgesteld



Afb. 4 - Vertaling van het takken en knopen-model naar het bakjesmodel.

voor de takken en geeft de waterbeweging weer als gevolg van de zwaartekracht/ getijbeweging en de wrijvingsweerstand langs de bodem en de oevers. De continuïteitsvergelijking wordt opgesteld in de knopen en is een balans-vergelijking: de som van de in- en uitstromende debieten vanuit de aansluitende takken resulteert in een waterstandsverandering in de beschouwde knoop, wanneer deze som niet nul is. Uitgaande van een aangenomen beginsituatie en een aantal randvoorwaarden (zoals de Maasafvoer bij Lith en het getij bij Hoek van Holland) wordt met het aldus geformuleerde rekenmodel het verloop van de debieten in de takken en van de waterstanden in de knopen gedurende een van te voren op te geven periode berekend.

Stofverspreidingsmodel

Bij de bepaling van de stofverspreiding worden de concentraties van de geloosde stof in de knopen berekend. Daartoe wordt de schematisatie in takken en knopen omgevormd tot een serie aaneengesloten bakjes, waarbij de bakjes overeenkomen met de knopen en het volume van een bakje gelijk is aan de helft van de som van de volumina van de aansluitende takken (afb. 4). Vanwege het onderscheid in stroomvoerend en kombergend gedeelte van het dwarsprofiel van de takken, bestaan ook de bakjes uit een stroomvoerend en kombergend gedeelte. De stroomvoerende volumina van de bakjes staan onderling met elkaar in verbinding, daar via het stroomvoerend dwarsprofiel het stoftransport van de ene naar de andere tak plaatsvindt. De kombergende volumina van de aansluitende bakjes zijn niet onderling verbonden, maar alleen met het stroomvoerende gedeelte van het

desbetreffende bakje, daar doorgaans de dode zones alleen in open verbinding staan met het stroomvoerende deel van het dwarsprofiel (afb. 5). Eén en ander betekent, dat in het model een onderscheid gemaakt wordt tussen de concentratie in het stroomvoerende en in het kombergende deel van het bakje. Dit onderscheid maakt het model quasi-twee-dimensionaal en is van groot belang bij de bepaling van de aankomsttijd van een verontreinigingsgolf. Het blijkt namelijk, dat de tijdelijke berging van stof in de dode zones een niet verwaarloosbare vertraging in de genoemde aankomsttijd kan veroorzaken. Voor het transport van de stof van het ene bakje naar het andere en binnen het bakje van het stroomvoerende naar het kombergende deel en omgekeerd, wordt onderscheid gemaakt tussen het *convectief* en het *dispersief* transport. Onder convectief transport wordt verstaan het door het water meevoeren van de stof van het stroomvoerend deel van het ene

naar het andere bakje, en van het stroomvoerende deel naar het kombergende deel, wanneer de waterstand in de knoop stijgt of omgekeerd. Onder het dispersief transport wordt verstaan de uitwisseling van stof tussen de stroomvoerende volumina van de opeenvolgende bakjes en tussen het stroomvoerende en het kombergende deel binnen het desbetreffende bakje, als gevolg van turbulentie, secundaire stromingen en dergelijke. De concentraties in het stroomvoerende en het kombergende volume kunnen verschillende waarden hebben. Voor de bepaling van deze concentraties worden massabalansen voor deze volumina opgesteld, waarbij ook een eerste-orde-afbraak in beschouwing is genomen.

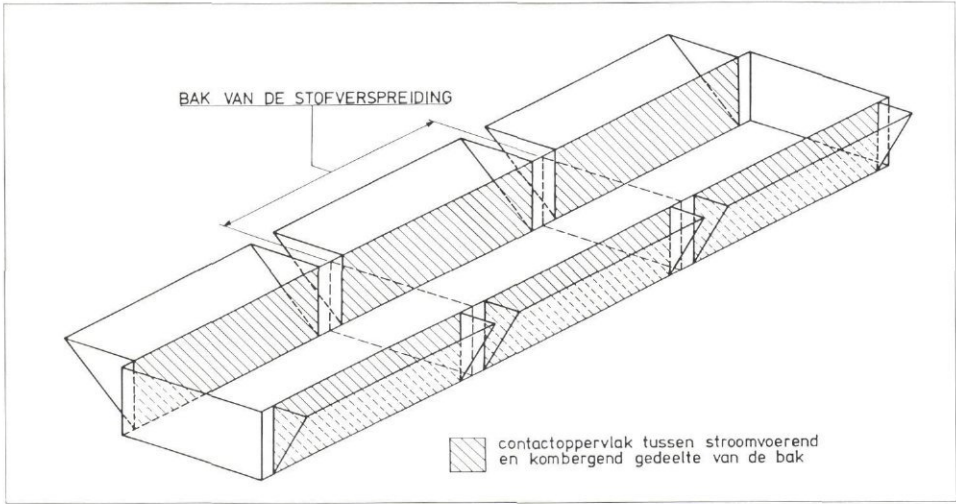
Gebruik van het CALAM-model

Het hierboven beschreven model is vertaald naar een computerprogramma met een grote mate van gebruikersvriendelijkheid. Het programma vraagt interactief naar de variabele gegevens, die noodzakelijk zijn voor de berekening van de stofverspreiding in een specifieke situatie: het getij bij Hoek van Holland, de afvoer bij Hagestein, Tiel en Lith en bijvoorbeeld het concentratie-verloop bij Lith van een bovenstrooms van Lith geloosde verontreiniging. Zowel het invoer- als het uitvoerprogramma werkt met menu's, hetgeen wil zeggen dat er op een gestructureerde manier om een volgorde, die door de gebruiker kan worden beïnvloed.

Toepassing van het model CALAM bij de Sandoz-lozing

Het model is voor het eerst gebruikt tijdens de lozing van Sandoz in november 1986. De door de Rijkswaterstaat bij

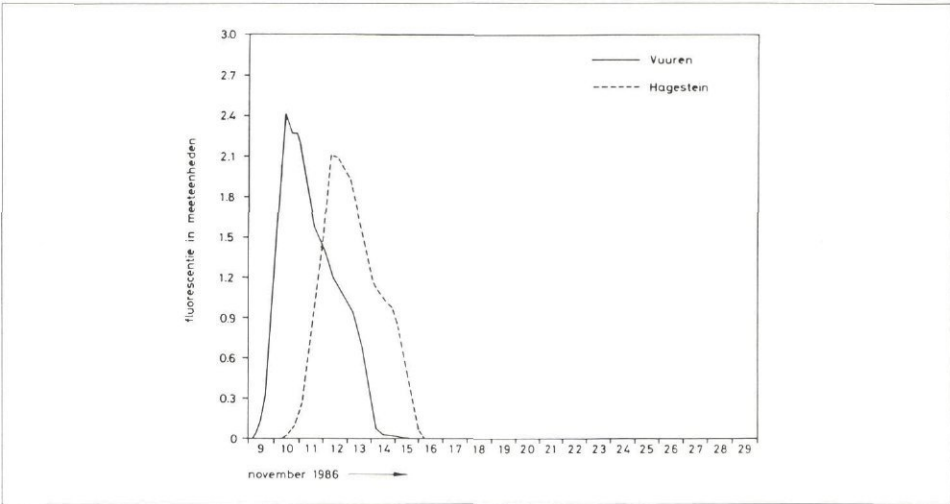
Afb. 5 - Schematisatie van het stroomvoerende en kombergende dwarsprofiel in het bakjesmodel.



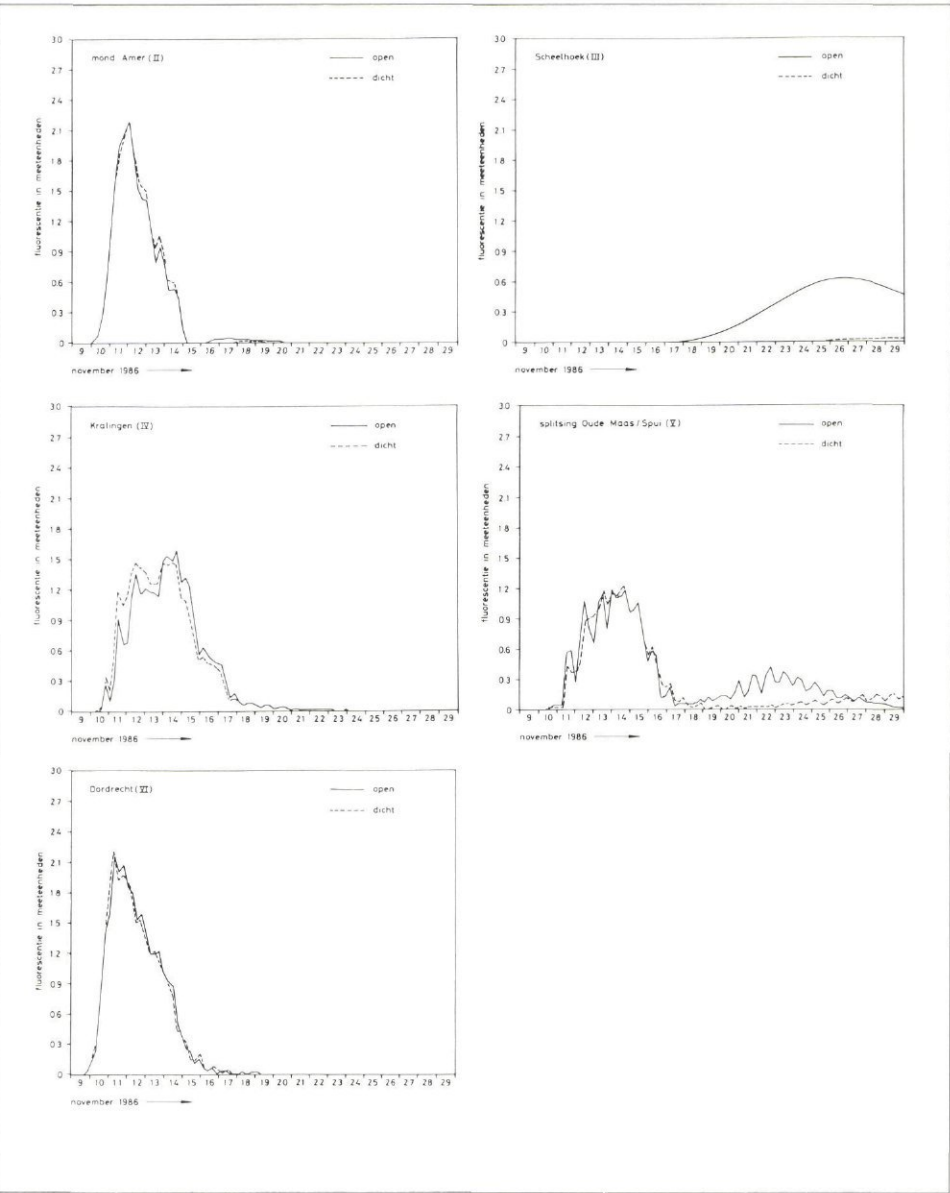
Hagestein en Vuuren gemeten concentratieverlopen van de verontreiniging in eenheden fluorescentie zijn als randvoorwaarden gehanteerd (afb. 6). Omdat hiermee de randvoorwaarde van de Waal bij Vuuren werd gelegd, is bij de berekeningen het traject Tiel-Vuuren buiten beschouwing gebleven (zie afb. 2). De stofverspreiding is bepaald bij open en gesloten Haringvlietssluisen. In afb. 7 is voor een aantal knooppunten het aldus berekende concentratieverloop in eenheden fluorescentie gepresenteerd (zie voor de knooppuntnummering afb. 2): knoop II (mond van de Amer), knoop III (Haringvliet nabij Scheelhoek), knoop IV (nabij Kralingen), knoop V (splitsing Oude Maas en Spui) en knoop VI (splittingspunt Beneden Merwede en Noord bij Dordrecht). De invloed van een open Haringvliet op de stofverspreiding is nabij Scheelhoek (knoop III) duidelijk aanwezig. Er treedt een passage van de verontreiniging op, in tegenstelling tot de situatie met gesloten Haringvliet, waarbij nauwelijks een verontreiniging wordt waargenomen. De passage vindt overigens beduidend later plaats, dan bij de andere knooppunten. De aanwezigheid van de verontreiniging op het Haringvliet wordt verder teruggevonden (als gevolg van onder andere dispersieverschijnselen) bij de splitsing Oude Maas en Spui (knoop V), en in zeer beperkte mate bij de mond van de Amer (knoop II), waar na de passage van een eerste verontreinigingsgolf een tweede van beperkte omvang optreedt. Bij de open situatie is deze tweede verontreinigingsgolf duidelijker waarneembaar, dan bij de gesloten situatie.

Verdere mogelijkheden van het CALAM-model

Voor de controle van de waterkwaliteit van de Maas bevindt zich even bovenstrooms van het innamepunt van het NV Waterwinningbedrijf Brabantse Biesbosch het meetpunt Keizersveer. De mate van representativiteit van dit meetpunt wordt onder meer beïnvloed door de opstuwings van het water in het Hollands Diep ten gevolge van de getijbeweging. Hierdoor stroomt Waalwater de Maas (Amer) in met als gevolg, dat bij Keizersveer de gemeten waterkwaliteit in meer of mindere mate mede wordt bepaald door de kwaliteit van het Waalwater. Onder auspiciën van de Werkgroep Hydrologie van de RIWA is met het CALAM-model de mate van representativiteit van voornoemd meetpunt met betrekking tot het opstuwingsaspect nader onderzocht. Hoewel het CALAM-model is ontwikkeld



Afb. 6 - Gemeten concentratieverloop in eenheden fluorescentie bij Hagestein en Vuuren naar aanleiding van de calamiteit bij Sandoz, november 1986.



Afb. 7 - Verloop van de concentratie in eenheden fluorescentie in het stroomvoerende gedeelte berekend met het CALAM-model voor open en gesloten Haringvliet naar aanleiding van de calamiteit Sandoz, november 1986.

voor het Noordelijk Deltabekken, is bij de formulering van de rekenprocedure van het model geen gebruik gemaakt van specifieke kenmerken van het Noordelijk Deltabekken. Dit betekent, dat het model voor ieder willekeurig stelsel van rivieren of kanalen is te gebruiken. Zo wordt bij de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage het model getest om te dienen als calamiteitenmodel voor de Andelse Maas, terwijl binnen de Werkgroep Hydrologie van de RIWA het plan bestaat om het model te gaan gebruiken voor de ontwikkeling van een dynamisch calamiteiten-/stof-transportmodel voor de Maas, waarmee het effect van bijvoorbeeld het stuwbeheer van de Maas op de verspreiding van een verontreiniging kan worden onderzocht.

• • •

Adjunct-directeur WLF drs. A. Boes met VUT

Per 1 februari 1989 zal drs. A. Boes, adjunct-directeur bij de NV Waterleiding Friesland met gebruikmaking van de VUT-regeling het bedrijf verlaten. Op 8 december 1988 zal hem een afscheidsreceptie worden aangeboden. Na het vertrek van de heer Boes zal het bedrijf door een éénhoofdige directie worden geleid. Bij afwezigheid van directeur ir. J. C. van Winkelen, zal ir. L. J. Zwierstra als plaatsvervangend directeur optreden.

Twinning Indonesië

De samenwerkingsovereenkomst (twinning) tussen de WLF en het waterleidingbedrijf van Palembang in Indonesië is met drie jaar verlengd. Het Friese Waterleidingbedrijf heeft in de afgelopen drie jaar aan het bedrijf in Palembang hulp geboden, vooral bij de verbetering van het leidingnet. Beide bedrijven hebben een plan gemaakt om in de komende jaren het lekverlies van circa 45% terug te dringen. Bij de uitvoering kan de WLF helpen. De kosten komen grotendeels op rekening van het Ministerie van Ontwikkelingssamenwerking en het waterleidingbedrijf in Palembang.

Int. Commission on Irrigation and Drainage (ICID) vergaderde in Dubrovnik

Tijdens de 39e International Executive Council Meeting van de International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) is dr. K. K. Framji na 25 jaar secretary-general van de ICID te zijn geweest, opgevolgd door dr. R. S. Varshney uit India. Dr. Framji die een zeer belangrijke rol heeft gespeeld in de ontwikkeling van de ICID, is benoemd tot ere-president van de ICID. Binnenkort valt de eerste gezamenlijke publikatie te verwachten van de ICID en de Wereld Bank getiteld: 'Planning the management, operation and maintenance of irrigation and drainage system. A guide for the preparation of strategies and manuals'. Daarnaast verschijnt binnenkort het eerste exemplaar van het ICID bulletin nieuwe stijl, met artikelen over irrigatie, drainage and flood control.

Voor zover het Nederlanders betreft het volgende:

- prof. ir. A. Volker is lid geworden van de werkgroep on Non structural aspects of flood control en de werkgroep die zich bezighoudt met de revisie van de Multilingual Technical Directory on Irrigation, Drainage and Flood Control;
- ir. J. Coppes van Witteveen & Bos is gekozen tot secretaris van de werkgroep on Environmental Impacts of Irrigation, Drainage and Flood Control Projects.

Agenda

Int. Executive Council Meeting tezamen met de 2e Pan-American Regional Conference on 'Toxic substances in agricultural water supply and drainage. An international environmental perspective', Ottawa, Canada, 4-10 juni, 1989.

Afro-Asian Regional Conference on 'Planning and Management of Water for Agriculture and Rural Development in Humid and Semi-arid Areas', Tokyo, Japan, 15-24 October 1989.

Int. Executive Council Meeting van 21 april tot 4 mei 1990 in Rio de Janeiro, Brazilië. Voor dit congres kunnen tot 31 december 1988 nog papers worden ingediend over Rehabilitation and modernization of irrigation and drainage projects for improving water management. Improving water management through training.

Executive Council Meeting met Special Technical Session on 'Planning, Operation and Management of Irrigation Systems for water and energy conservation', Beijing, China, 15-22 april, 1991.

Abstracts (max. 300 woorden) kunnen worden ingediend bij het Nederlands ICID secretariaat tot 1 oktober 1989. Definitieve

papers dienen te worden ingediend vóór 1 april 1990.

Afro-Asian Regional Conference van 18-23 november 1991 in Bangkok, Thailand. European Regional Conference met Int. Executive Council Meeting van 5-11 juli 1992 in Budapest, Hongarije.

Pan-American Regional Conference vermoedelijk in oktober 1992 in Mexico. 15e Congres van de 44e International Executive Council Meeting en de 7e International Exhibition on Irrigation, Drainage and Flood Control zal worden gehouden van 30 augustus t/m 12 september, 1993, in het Nederlands Congresgebouw te Den Haag. Voor alle bovengenoemde conferenties en meetings kunnen nadere inlichtingen worden verkregen bij het Nederlands ICID secretariaat.

European regional conference on Agricultural Water Management

Voor deze conferentie waren in totaal 146 papers geaccepteerd, verdeeld over vijf topics, te weten:

- I drainage and reclamation on soil with low permeability;
 - II effects of drainage and/or irrigation on agriculture;
 - III installation and maintenance of drainage and irrigation systems;
 - IV regional and local water management systems;
 - V effects of agriculture and water management on human environment.
- Het aantal bijdragen vanuit Nederland bedroeg vier, te weten:
- Schultz, E. 'Drainage measures and soil ripening during the reclamation of the former sea bed in the IJsselmeerpolders';
 - Pavlic, F. en Meer, K. van der. 'Drainage investigations in the Crnec Polje area';
 - Volp, C. 'Water management and agricultural benefits. The optimal choice of the data to switch from winter to summer level';
 - Oosterbaan, R. J., Pissara, A. en Alphen, J. G. van. 'Hydraulic head and discharge relations of pipe systems with entrance resistance'.

Special technical session on Economic aspects of flood control and non structural measures

Een speciale technical session was gewijd aan Economic aspects of flood control and non structural measures. Het aantal geaccepteerde bijdragen hiervoor bedroeg 28, waarvan één uit Nederland:

- Oosterbaan, R. J. 'Frequency predictions and their binomial confidence limits'. De conclusies en aanbevelingen van de bovengenoemde sessies zullen worden gebundeld en uitgebracht.

Ir. E. Schultz
Nederlands vertegenwoordiger ICID.