

VOORSPELLING VAN WATERSTANDEN EN STROMINGEN AAN DE BELGISCHE KUST

22411

C.S. YU, J. MONBALIU en J. BERLAMONT
K.U.Leuven
Laboratorium voor Hydraulica



Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

PREDICTION OF TIDES AND CURRENTS AT THE BELGIAN COAST

A major part of human activity takes place in shelf seas and estuarine areas. This varies from fishing, navigation to even waste dumping. Prediction of water level variations, currents and wave conditions is vital for ship guidance, storm surge warning and coastal protection measures.

Hydrodynamic numerical (HN) models describe the hydrodynamic processes. The use of HN-models to predict processes in the marine environment has increased in the last years. They have major advantages compared to the classical methods of in situ measurements and physical scale models. They are easy to apply and relatively inexpensive to modify to simulate similar situations. Since they are based on the mathematical description of the relevant processes, they do not suffer from scaling effects.

A two dimensional vertically averaged HN-model has been imple-

mented on a very fine grid (75 m x 75 m) for the Belgian coastal area. This way the complicated bathymetry can be described quite accurately. The boundary conditions for such a fine grid model have been generated through modelling on a coarser grid of the whole Continental Shelf. Some examples of the detailed current field around the Zeebrugge harbour are given.

When also meteorological forcing is included in an HN-model, it can be used for storm surge prediction. Although the calibration and the validation was too limited (one storm each) to be confident in the robustness of the model under all circumstances, the given results are quite promising.

Future developments will include three-dimensional description of the flow and coupling with other numerical models. The interactions between currents and waves are important in coastal areas and a good description of the interaction process will be necessary to support the use of models to describe morphodynamic processes.

INLEIDING

De kennis van de waterstand, de stromingen en het golfklimaat heeft belangrijke toepassingen. Eerst en vooral is er de be-

① geleiding van de scheepvaart. De waterhoogte vertaalt zich direct naar de mogelijke diepgang of de noodzakelijkheid om te baggeren om een bepaalde diepgang te verkrijgen. De stromingen, meer in het bijzonder de dwarsstromingen, en kielspeling hebben een belangrijke invloed op de manoeuvreerbaarheid van de schepen. De verticale scheepsbeweging (rollen, dompen en stampen) is vooral te wijten aan de deiningsgolven (Van den Eynde en De Wolf, 1990; Laforce, 1992 en Vantorre, 1992).

② Een tweede aspect vormt de kustbescherming. Goede ontwerphoogtes voor de dijken zijn van vitaal belang voor de bescherming van het hinterland. Bij de recente najaarsstormen (november 1993) werden we er nogmaals op gewezen dat stormen lelijk kunnen huishouden. Alhoewel de uiteindelijke schade relatief gezien nog meeviel (enkele honderden miljoenen, de Standard 17/11/93), werden de hoogste water-

standen genoteerd sedert de uitzonderlijk zware stormen van februari 1953. Gezien er aanwijzingen zijn voor een stijging van het gemiddeld zeeniveau, en men de indruk heeft dat het aantal en de hevigheid van de stormen toeneemt, kan simulering van een aantal scenario's mogelijke toekomstige maatregelen inschatten.

③ Tenslotte is er nog het transportfenomeen. Alhoewel de korte golven (deining + windgolven) in hoge mate verantwoordelijk zijn voor het in suspensie brengen van het bodemmateriaal, zijn het de stromingen die het materiaal meevoeren. De gekombineerde actie van golven en stromingen hebben een desastreus effect op de levensduur van strandopspuitingswerken en zorgen voor de voortdurende noodzaak om vaargeulen te baggeren. Een verbeterde kennis van het erosie- en transportgedrag van het bodemmateriaal (zand en slib), kan tot een aanzienlijke besparing leiden op de uit te voeren baggerwerken. Uiteindelijk zijn alle baggerwerken samen goed voor een budget van een kleine 4 miljard B. Fr. per jaar. Bovendien zijn stromingen en golven verantwoordelijk voor het verspreiden

en het verplaatsen van pollutanten (zware metalen, ...).

Voor het modelleren van de korte golven kunnen we enerzijds verwijzen naar het artikel van Monbaliu (1993) voor een meer theoretische beschouwing van de fysische achtergrond en naar Van den Eynde en de Wolf (1990) voor de meer praktische aspecten van deiningmodelleren aan de Belgische kust. In dit artikel willen we vooral de mogelijkheden belichten van de zogenaamde hydrodynamische numerieke (HN) modellering van waterhoogtes en stromingen door middel van een aantal specifieke voorbeelden voor onze Belgische Kust.

SITUERING VAN DE HN-MODELLERING.

Het getijdenfenomeen en de verschillende getijberekeningsmethodes werden reeds belicht in het artikel van Berlamont en Hermans (1987). Samengevat kunnen volgende berekeningsmethodes onderscheiden worden:

– de harmonische getijdevoorspelling: deze methode laat toe op één welbepaalde plaats het getijde te voorspellen; een ge-

detaillieerde beschrijving kan men vinden in Hermans (1990); invloed van de meteorologische omstandigheden kunnen hier niet in rekening gebracht worden; om deze methode te kunnen toepassen moet men beschikken over metingen over een voldoende lange periode op de plaats waar men de waterhoogte wil voorspellen.

- de korrelatie methode: aan de hand van korrelatie tussen het getij op de plaats van interesse en het getij op andere plaatsen kan men voorspellingen doen op de plaats van interesse; de invloed van de meteorologische omstandigheden kan hier wel in rekening gebracht worden (Van Cauwenberghe, 1977 en 1986).
- de hydrodynamische numerieke modellering: het getij en de stromingen worden in elk punt van het rooster berekend; meteorologische invloeden kunnen in rekening gebracht worden.

De HN-modellen vragen heel wat meer reken capaciteit in vergelijking met de andere methodes. Met de rekenkracht en geheugencapaciteit van de huidige werkstations kan men dit nog nauwelijks een bezwaar noemen, zeker niet als men kijkt naar de talrijke voordelen die zo'n model biedt bij tal van toepassingen. Het kan niet alleen gebruikt worden voor de voorspelling van het getij of het stormtij op gelijk welke plaats (dus ook op plaatsen waar men geen metingen heeft), het kan ook gebruikt worden als een onderdeel van een meer complexe modelleringsomgeving waarbij men naast de zuivere hydrodynamische informatie ook geïnteresseerd is in het effect van de stromingen en de waterdiepte op de karakteristieken van door wind opgewekte golven, in het patroon en hoeveelheden van sedimentatie en -depositie, en de verspreiding en transport van niet alleen polluenten, maar ook van nutriënten. Deze HN-modellen bevatten namelijk de nodige informatie om de zogenaamde box-modellen, waarin men de ecologische veranderingen van een bepaalde watermassa volgt, te sturen. Residuele stromingen zijn verantwoordelijk voor het netto-transport. Deze modellen zijn relatief gemakkelijk in gebruik en kunnen bovendien zonder onoverkomelijke moeilijkheden aangepast worden aan een veranderende omgeving. Zij zijn daarom een economisch verantwoord hulpmiddel om verschillende scenario's te simuleren.

DE VERGELIJKINGEN

Op elk roosterpunt moet aan de bewegingsvergelijking (de zogenaamde 'Saint Venant' vergelijkingen) en aan de continuïteitsvergelijking (behoud van massa) voldaan worden (zie kader). De onbekenden zijn de waterhoogte en de componenten van de stromingssnelheid. De bewegingsvergelijkingen geven weer dat de stromingscomponent verandert in de tijd onder invloed van advectie, van de Corioliskrachten, van het verschil in waterniveau en atmosferische druk tussen twee plaatsen, van de bodemwrijving, van de schuifspanning opgewekt door de wind, en tenslotte nog van de turbulente diffusie.

de bewegingsvergelijkingen	
$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv =$ $-g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial x} - \frac{\tau_{bx} - \tau_{sx}}{\rho H} + \frac{\partial}{\partial x} (A_h \frac{\partial u}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_h \frac{\partial u}{\partial y})$	
$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu =$ $-g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial y} - \frac{\tau_{by} - \tau_{sy}}{\rho H} + \frac{\partial}{\partial x} (A_h \frac{\partial v}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_h \frac{\partial v}{\partial y})$	
de continuïteitsvergelijking	
$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial (Hu)}{\partial x} + \frac{\partial (Hv)}{\partial y} = 0$	
	x, y: coördinaatrichtingen u, v: snelheid in de x, y richting t: tijd f: Coriolisparameter g: valversnelling ζ: waterhoogte t.o.v. het gemiddeld zeeniveau H: totale waterdiepte ρ: densiteit van water P_a: atmosferische druk τ: schuifspanning; de onderschriften b en s refereren aan de bodem ('bottom') en aan het wateroppervlak ('surface')

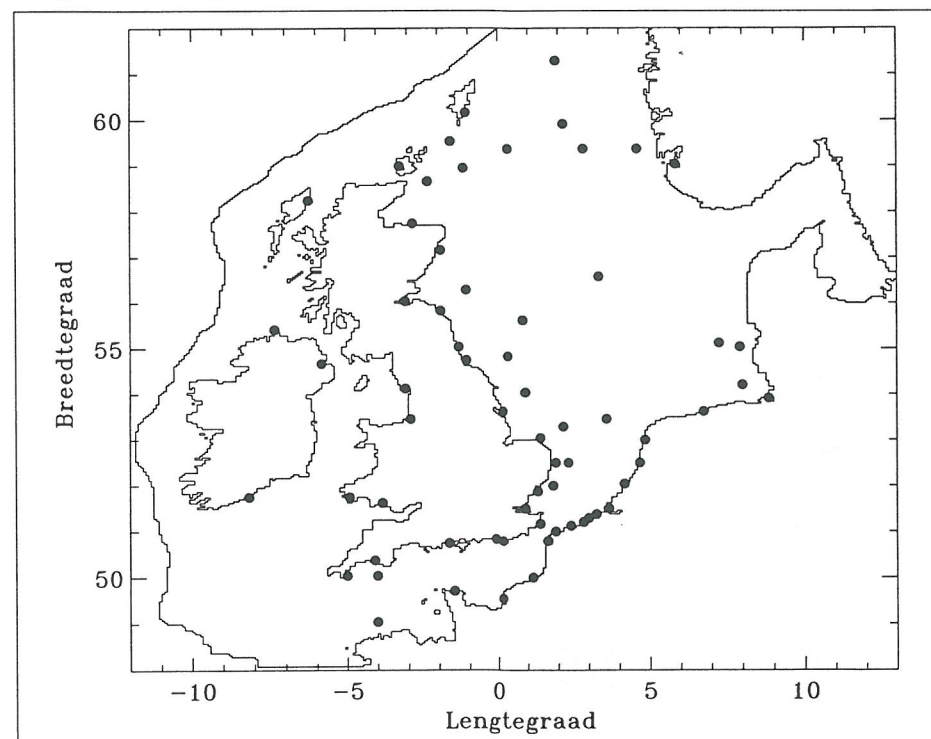
Voor alle roosterpunten samen krijgt men dus een stelsel van differentiaalvergelijkingen die op een aangepaste manier moeten opgelost worden. Eén van de grote voordelen van het wiskundig modelleren van de fysische verschijnselen is het feit dat ze in principe ongevoelig zijn voor schaafeffecten. Als men de fysica correct kent en kan implementeren in een wiskundig model, doet het er in principe niet toe wat de afmetingen zijn van het te modelleren gebied. Men kan evengoed een wiskundig model maken van een fysisch model in het laboratorium als van de werkelijkheid.

HET MODELGEBIED - DE RANDVOORWAARDEN - IJ KING

Eén van de grote moeilijkheden bij numerieke modellering is het korrekt bepalen van

de randvoorwaarden. Zowel de open randvoorwaarde (open: verwijst naar overgang water - water) als de gesloten randvoorwaarde (gesloten verwijst naar water - land) moeten korrekt ingeschat worden. Ingeval men een model wil opstellen voor een gebied in de Zuidelijke Noordzee, kan men door de open randvoorwaarde naar de rand van het kontinentaal plateau (zie Figuur 1) te verschuiven, het aantal getijdecomponenten die een invloed hebben op het waterniveau aanzienlijk verminderen (vergeleken met een beperkt gebied in ondiep water) aangezien daar enkel de astronomische componenten van het getij een rol spelen. Bovendien wordt de invloed van zeeën die in directe verbinding (het Kanaal, Ierse Zee, etc..) staan daardoor in rekening gebracht. Een goed overzicht van de behandeling van open en gesloten randvoor-

Figuur 1: Het Kontinentaal Plat. Zowel de kustlijnen als de 200-m isobaar (gelijke diepte) werden met een volle lijn aangeduid. De punten geven de ligging van de 65 ijkingsstations (tijregistratiestations).



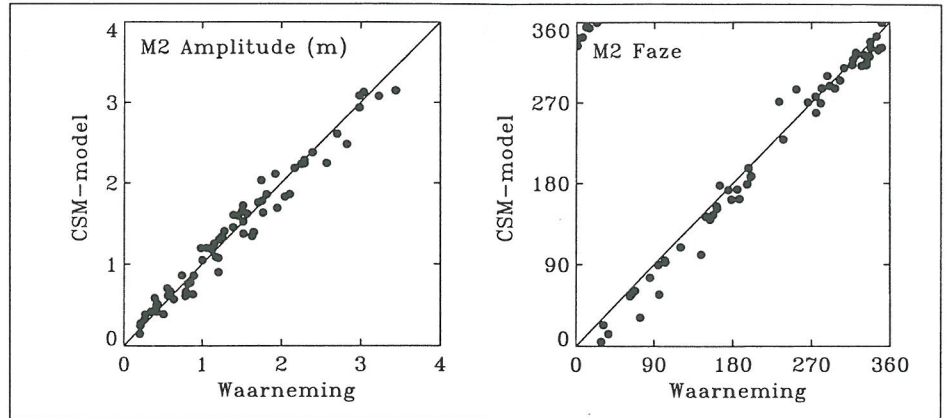
waarden, van de belangrijkheid van de verschillende termen en de eventuele mogelijkheid om bepaalde termen onder bepaalde omstandigheden te verwaarlozen, en van gangbare numerieke methodes om de vergelijkingen op te lossen, kan men vinden in Yu (1993). Afhankelijk van de toepassing, de ruimtelijke resolutie van het beschreven domein, de gewenste nauwkeurigheid en van de beschikbare reken capaciteit kiest men dan een bepaalde methode.

Nadat men voor de implementatie van een bepaalde methode gekozen heeft, moet men het model ijken. Voor de toepassingen die hier beschreven worden, werd de ruwheidsparameter voor de bodemwrijving gekozen als de ijkingsparameter. Hierbij moet opgemerkt worden dat een wrijvingsparameter afhankelijk van de waterdiepte, de beste resultaten gaf. In figuur 2 kan men de resultaten vinden van de gesimuleerde waterhoogtes en gemeten waterhoogtes in een aantal plaatsen. Merk op dat voor zowel de simulatie als voor de meting het M2-sig-naal uitgefilterd werd. Het is de voor-naamste component in het getijdesig-naal en heeft een periode van iets meer dan 12 uur (daarom ook de tweedagelijkse component genoemd). Men ziet dat de waargenomen en berekende amplitudes en fazehoe-ken vrij goed met elkaar overeenstemmen.

TOEPASSINGEN AAN DE BELGISCHE KUST

Naast de fysische problemen zoals kustbe-scherming en scheepvaartbegeleiding, hecht men meer en meer belang aan de

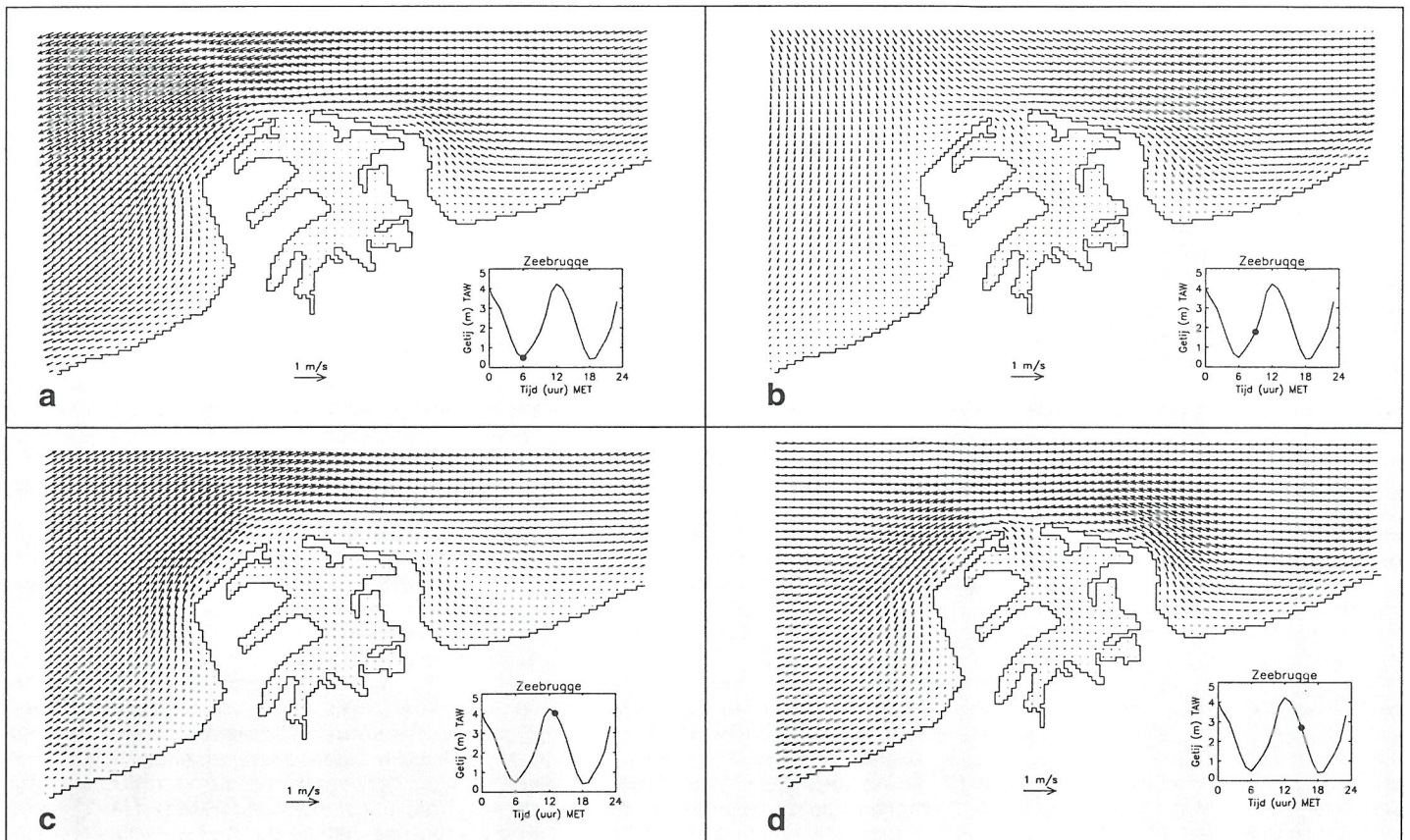
Figuur 2: Vergelijking tussen gemodelleerde en gemeten amplitude en fase van het M2-sig-naal en dit voor de 65 ijkingsstations.



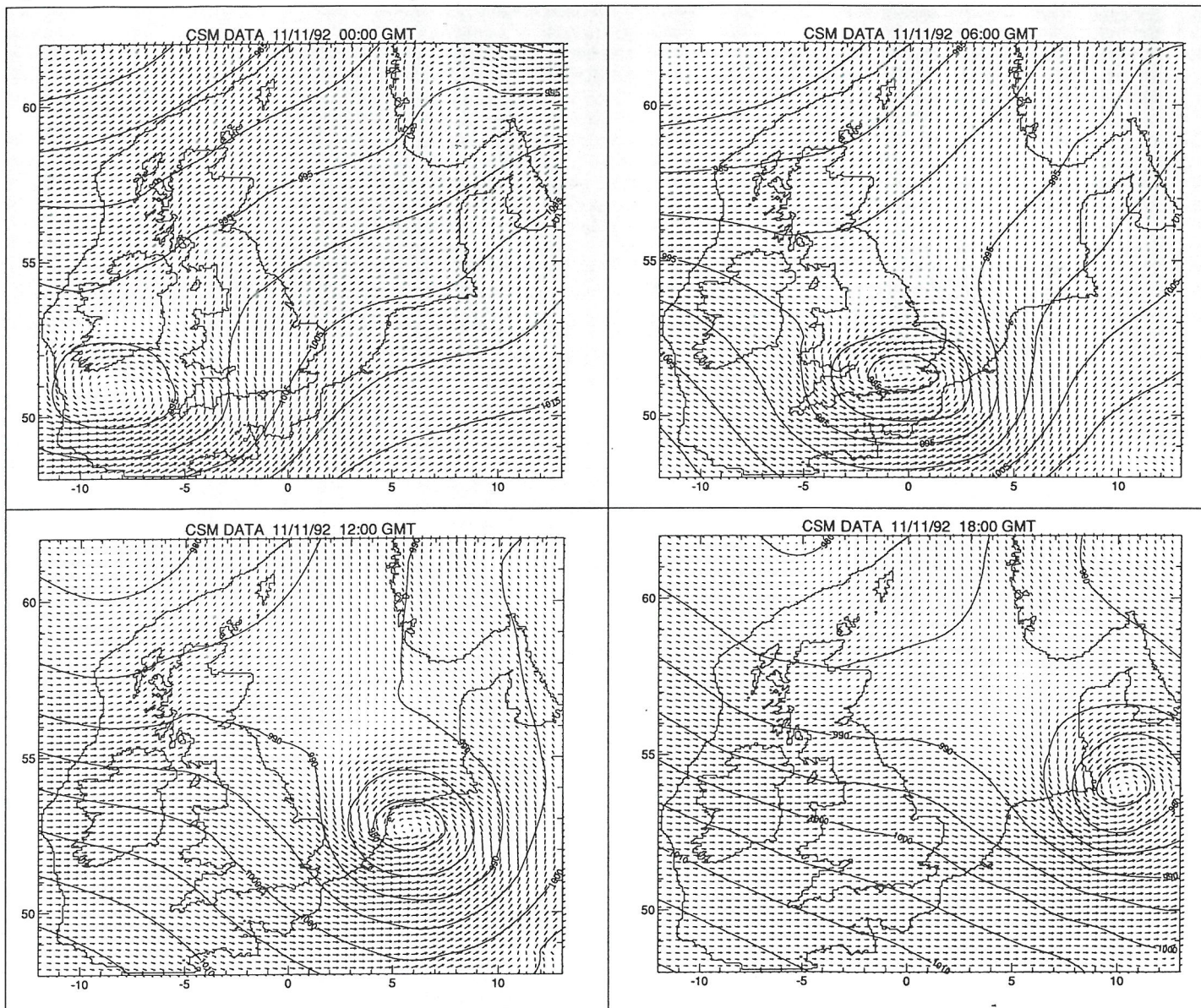
ecologische aspecten van de Noordzee. Onze kennis van het eco-systeem is nog heel beperkt, niettegenstaande het feit dat al heel veel metingen gebeurd zijn. Om een gedetailleerd model op te stellen op vrij grote schaal, moet men beschikken over een set metingen die een heel gebied over een voldoende lange periode bestrijkt. Met de gebruikelijke instrumentatie voor metingen op één punt, zou dit indien fysisch niet onmogelijk toch financieel onhaalbaar zijn. Nieuwe technieken ('remote sensing') kunnen hier een alternatief bieden. Het laat bijvoorbeeld toe om suspensieconcentratie-metingen te doen over een vrij groot gebied door opnames vanuit de lucht (Fransae, 1994). Door een tijdssequentie van beelden (momentopnamen) op te bouwen, kan men de evolutie van de turbiditeit (of de

aanwezige hoeveelheid zwevend materi-aal) volgen. Als men deze informatie nu koppelt aan een model dat stromingen simuleert (want stromingen kunnen niet of in ieder geval veel moeilijker vanuit de lucht gemeten worden), kan men een sediment-flux (stromingssnelheid x oppervlakte x concentratie) berekenen. Als men deze fluxen dan optelt over een lange periode, kan men een balans opmaken van wat er in een gebied binnenkomt, wat eruit gaat en wat er achter blijft. Op deze manier kan men niet alleen fluxen van sedimenten be-keken, maar ook fluxen van polluenten die zich in het water bevinden. Hier kunnen we verwijzen naar het NOWESP (North-West European Shelf Program - E.E.G. MAST CT 93-0067) project waar het be-doeling is om het gedrag (balans) van ver-

Figuur 3: Detail van het stromingsbeeld rond de haven van Zeebrugge a. laagwater - b. vloed - c. een uur na hoogwater - d. eb



Figuur 4: weerkaarten van de 1992 november storm



schillende substanties zoals zware metalen, fosfor, stikstof, radioactieve stoffen, nutriënten, enz... te bepalen op langere termijn. Een HN-model zal hier gebruikt worden als ondersteuning voor een ecologisch model. In wat volgt wordt nader toegelicht hoe gedetailleerde informatie omtrent stromingen verkregen wordt en dit voor een gebied dat de volledige Belgische kust bestrijkt in lengte (ongeveer 70 km) en dat zo'n 10 km breed is. Het gebied van de Belgische kust wordt beschreven op een fijn rooster (75m x 75m) om voldoende details van de bathymetrie in het model te kunnen opnemen. Op elk van deze punten worden dus waterhoogte en gemiddelde horizontale snelheid berekend. Om de waterhoogte en snelheid in functie van de tijd op de rand van dit gebied voldoende nauwkeurig te beschrijven, wordt het gekoppeld aan een rooster van 300m x 300m, dat op zijn beurt gekoppeld is aan het rooster van het volledige model van het kontinentaal plateau. Men zoomt dus als het ware in op het gebied dat men in detail wil bestuderen. Het spreekt vanzelf dat de keuze van de verfijning van een grid afhankelijk is van de toepassing.

De informatie berekend op de grof-roosterpunten wordt eerst gefilterd om de belangrijkste getijcomponenten eruit te halen. Men gaat dus op elk van de rand-roosterpunten het signaal terug samenstellen met bijvoorbeeld de veertig belangrijkste getijcomponenten. Op de roosterpunten die deel uitmaken van het grof rooster neemt men dus voor de fijn-rooster berekeningen de componenten gewoon over. Voor de andere randpunten (fijn-rooster punten die niet overeenkomen met grof-rooster punten) wordt het signaal geïnterpolleerd. Het stelsel van continuïteits- en de momentumvergelijkingen wordt dus op elk rooster opgesteld en opgelost met de gegeven of berekende randvoorwaarden.

Op deze manier kan men dus een gedetailleerd beeld opbouwen van stromingen in onze kustzone. Een detailopname van stromingen rond de haven van Zeebrugge kan men zien in Figuur 3. Men ziet de dieptegemiddelde stromingen rond laagwater, in het stijgend gedeelte van de getijdewerking, ongeveer een uur na hoogwater en in het dalend gedeelte van de getijde-

werking. Bij het opkomen van het water ziet men een vrij sterke stroming de haven binnenvaren. Net na hoogwater bemerkt men hier bovendien een neervorming achter de oostelijke havendam. Alhoewel in Figuur 3 de kustlijn (artificieel) werd vastgelegd om een gemakkelijker te interpreteren beeld te vormen, is het belangrijk op te merken dat dit gedetailleerde model rekening houdt met een veranderende kustlijn bij getijdewerking. Dit wil zeggen dat bij laag water een aantal berekeningsroosterpunten 'droog' komen te liggen, om dan terug 'nat' te worden wanneer het water terug voldoende gestegen is.

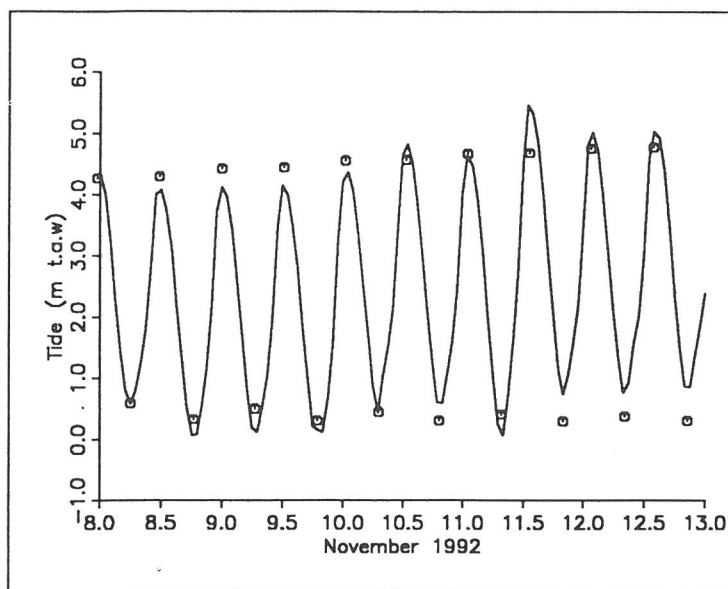
TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

1. Stormopzet

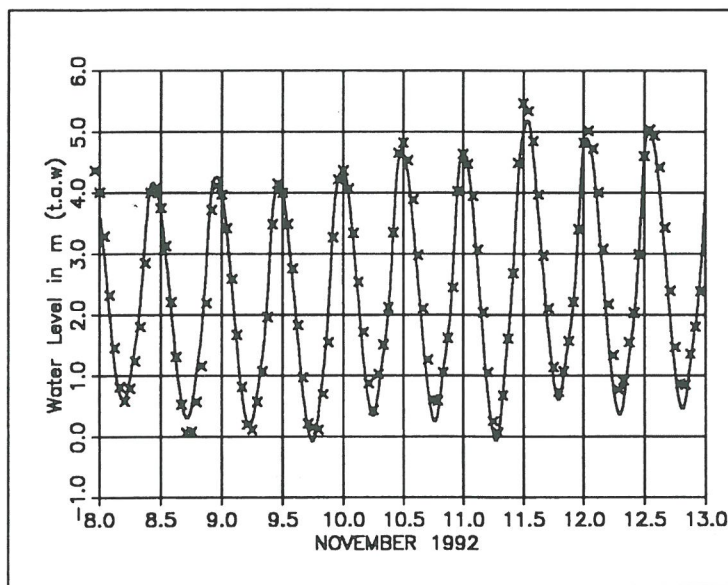
Een andere belangrijke toepassing is het voorspellen van stormopzet, dit is het verschil tussen het waterniveau onder invloed van het getij alleen en onder invloed van het getij en de meteorologische omstandigheden (wind + druk). Marcus (1993) heeft in haar studie de haalbaarheid van deze

Figuur 5

a. Vergelijking tussen gemeten getij (volle lijn) en voorspeld getij zonder meteorologische invloed (O)
b. Vergelijking gemeten getij (*) en HN-gemodelleerd getij (volle lijn)



a



b

toepassing aangetoond. Marcus bespreekt twee stormen, de eerste gebruikt zij als ijkingsinstrument om het verband vast te leggen tussen berekende windvelden en de schuifspanningen op het water (en de daaruit volgende veranderingen van het waterniveau), de tweede als validatie. In Figuur 4 kan men het verloop van de (validatie)storm gedurende de periode tussen 8 en 13 november 1992 volgen. Men ziet het voorbijtrekken van een depressiekern van west naar oost. Eerst krijgt men afwaaiing (de wind blaast vanaf het land). Het korrekt voorspellen van deze afwaaiing is belangrijk om nauwkeurig de kielspeling van de schepen te bepalen. Enkele uren later is de wind volledig gedraaid en blaast nu uit noordelijke richting waardoor men een gevoelige toename (ongeveer 1 m) van het waterniveau krijgt. Deze situatie is belangrijk voor de bepaling van de dijkhoogte.

In Figuur 5 vindt men de evolutie van de te verwachten waterhoogte zonder meteorologische invloed, de waarneming in Oostende van het werkelijke waterniveau en het door het simulatieprogramma voorspelde waterniveau. Alhoewel ijking en validatie met slechts twee stormen te beperkt en onvoldoende is om stormopzet of afwaaiing in het algemeen (i.e. bij verschillende scenario's van stormen zoals snel passerende depressies, stagnerende depressies, ...) met grote betrouwbaarheid te voorspellen, stemmen ze toch hoopvol om met verdere ijking tot een robuust stormopzet-voorspelsmodel te komen.

2. 3-dimensionale stromingen en koppeling met andere modellen

In bepaalde gevallen is het belangrijk om niet alleen de horizontaal gemiddelde snel-

heden te kennen maar ook het vertikaal snelheidsprofiel of het volledige drie-dimensionale stromingsbeeld. Denken we maar aan modellering van zoutwaterintrusie in rivieren zoals de Schelde of andere dichtheitsstromingen.

Anderzijds hebben de stromingen in de ondiepe waters voor de Belgische kust een belangrijke invloed op het golvenpatroon. Golven ondergaan niet alleen refraktie door de verandering van de waterdiepte (zie bijvoorbeeld Van den Eynde et al., 1990), maar ook stromingsrefraktie. Stromingen en golven hebben niet noodzakelijk dezelfde richting. Wanneer golven een stromingsveld tegenkomen zullen zij bijvoorbeeld steiler worden (en misschien breken) in het geval van een tegenovergestelde richting, of integendeel langer worden wanneer de stromingen de golven volgen. Om stromingsrefraktie en refraktie door veranderende waterdiepte in rekening te brengen moet men dus de stromingen en de waterhoogtes verkregen uit een HN-model inbrengen in een golvenmodel. Aan de andere kant weet men dat de ruwheid van het zeeoppervlak dat maatgevend is voor de door de wind uitgeoefende schuifspanning, bepaald wordt door de golven, weet men dat golven en stromingen energie met elkaar uitwisselen en dat stromingen en golven samen de bodemschuifspanning en bijgevolg ook bodemdissipatie bepalen. Voor processen waarbij een gedetailleerde beschrijving van het stromingsbeeld belangrijk is, denk aan morfologische processen, zal men dus een stromingsmodel moeten koppelen aan een golfmodel en vice versa.

BESLUIT

Het belang en de mogelijkheden van een hydrodynamisch numeriek model mogen niet onderschat worden. Het zorgt niet alleen voor belangrijke directe informatie, zoals te verwachten stroomsnelheden en waterhoogtes in het gemodelleerde gebied, maar het is ook een belangrijk werktuig in de ondersteuning van andere modellen.

DANKWOORD

Het CSM-model werd ontwikkeld in nauwe samenwerking met de Beheerseenheid voor het Mathematisch Model (BMM) van het Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu. Meer in het bijzonder willen wij hier J. Ozer en D. Van den Eynde vermelden.

De gedetailleerde stromingsbeelden rond de haven van Zeebrugge werden gegenereerd voor een studie uitgevoerd in opdracht van N.V. Eurosense. De auteurs willen hierbij D. Fransaer en R. Houthuys van N.V. Eurosense danken voor de bathymetrische gegevens en de goede samenwerking.

Windsnelheidsmetingen en getijdewaarnemingen werden verkregen van de Dienst der Kusthavens van het Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) in Oostende.

REFERENTIES

Berlamont, J. en Hermans, I.: 'Getijvoorspellingsmodellen: Onderzoek en Praktijk', Water 32, 1987.

Hermans, I.: 'Optimalisering van de harmonische modellering van zeegetijden met toepassing op de Belgische kust', Doctoraats thesis, departement Bouwkunde K.U.Leuven, 1990.

Fransaer, D.: 'Variatie van het zwevend sedimentgehalte in functie van het getij voor de Vlaamse kust, studiedag Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen en Ministerie van Volksgezondheid en Leefmilieu, IHE-BMM over Invloed van baggerspeciellossingen op het leefmilieu in de Zuidelijke Noordzee, Brugge, 1994.

Laforce, E.: 'Scheepsmanoeuvresimulator: werking en toepassingen', Het Ingenieursblad 10, 1992.

Marcus, M.: 'Numerical modelling of storm surges. Application: Storm surges along the Belgian coast', eindwerk, Departement Bouwkunde, K.U.Leuven, 1993.

Monbaliu, J.: 'Wind and Waves: Investigation of an optimization approach to parameter estimation', Doctoraats thesis, Departement Bouwkunde, K.U.Leuven, 1992.

Monbaliu, J.: 'Golfvoorspelling: Parameterschatting bij het opstellen van een wiskundig model', Water 69, 1993.

Van Cauwenberghe, C.: 'Getijvoorspelling bij stormtij langs de Belgische kust' Rapport nr.17 van de Hydrografische Dienst der Kust, Oostende, 1977.

Van Cauwenberghe, C.: 'Getijvoorspelling bij stormtij langs de Belgische kust', Rapport nr. 17 bis van de Hydrografische Dienst der Kust, Oostende, 1986.

Van den Eynde, D. en De Wolf, P.: 'Deiningsprektie aan de Belgische Kust', Water 52, 1990.

Vantorre, M.: "Waterbouwkundig Laboratorium installeert manoeuvreer-sleeptank", Het Ingenieursblad 10, 1992.

Yu, C.S. and Berlamont, J.: 'Numerical Simulation of the Tidal Flow Currents along the Belgian Coast', Technisch rapport in opdracht van Euro-ense N.V., 63 pp., 1993.

Yu, C.S.: 'Modelling Shelf Sea Dynamics and Estuarine Circulations', Doctoraats thesis, Departement Bouwkunde K.U.Leuven, 1993.

Yu, C.S., Fettweis, M., Berlamont, J., Decroo, D. and Blomme, E.: 'Tidal currents along the West Belgian Coast', Computer Modelling in Ocean Engineering, eds. Schrefler, B.A. and Zienkiewicz, O.C., pp. 245-250, A.A. Balkema, Rotterdam, 1988.

C.S. YU
J. MONBALIU
J. BERLAMONT
K.U. Leuven
Laboratorium voor Hydraulica
Park van Arenberg
de Croylaan 2
3001 Heverlee

VERKLARENDE LIJST

astronomisch getij:
getij rechtstreeks veroorzaakt door hemellichamen (maan, zon) zoals men het aantreft in de oceanen

bathymetrie: dieptemeting van zeeën

coëscillerend getij:
ontstaat door het in beweging brengen van de watermassa in een randzee (zoals de Noordzee); ten opzichte van haar ontstaansgolven is deze beweging verstoord door het ondiepe water (versterkt of verzwakt); bovendien kunnen verschillende frequenties met elkaar interfereren en nieuwe signalen genereren bij andere frequenties

CSM-model: Continental Shelf Model (model van het Kontinentaal Plat)

isobaat:
lijn van gelijke diepte

stormopzet:
verschil tussen de berekeningen met inbegrip van de meteorologisch effecten en het getij dat zou verkregen worden zonder deze invloed

getijcomponent:
het getijdesignaal kan opgesplitst worden in een aantal componenten die een welbepaalde frequentie en een welbepaalde fase hebben; men spreekt van 'potentiaalcomponenten' wanneer ze rechtstreeks afgeleid kunnen worden van de beweging van de zon en de maan, en van 'ondiepwatercomponenten' wanneer ze in ondiep water (zoals in randzeeën) door niet lineaire wisselwerking tussen verschillende golven (of componenten) gegenereerd werden.

CONGRESSEN

24-30 juli 1994: Water Quality International '94, IAWQ 17th Biennial Conference & Exhibition, Budapest, Hungary.

Inlichtingen: IAWPRC, 1 Queen Anne's Gate, London SW1H 9BT, England.

27 juni-1 juli: River Pollution, University Bristol, UK.
Contactadres: The University Bristol, tel. 0272 288198.

9-13 augustus 1994: Fourth Stockholm Water Symposium, Integrated land and Water Management, Stockholm, Zweden.

Inlichtingen: Stockholm Water Company, Symposium 1994, Stockholm Water Company, S-10636 Stockholm, Sweden.

21-23 augustus 1994: Modelling and Control of Activated Sludge Processes, Copenhagen, Denemarken.

Inlichtingen: Mia Clausen, Conference Secretariat, Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, DK-2800 Lyngby, Denmark.

22-25 augustus 1994: First International Symposium on Sediment Quality Assessment: Rationale, Challenges and Strategies, Göteborg, Zweden.

Inlichtingen: Docent Göran Dave, Department of Zoophysiology University of Göteborg, Medicinaregatan 18, 41390 Göteborg, Zweden.

21-22 september 1994: Seminarie "Combined Sewer Overflows", Molenheide, Houthalen-Helchteren.

Inlichtingen: Mevr. I. Uytendaele, K.U. Leuven, Labo voor Hydraulica - Tel.: 016/22.09.31 - Fax 016/20.51.90.

26-29 september 1994: "Living with water". Aquatech 1994, Amsterdam.

Inlichtingen: Conference secretariat, Buerweg 51, 1861 CH Bergen.

27-28 september 1994:
- Specialised Conference "The Cost of Quality of Service (or managing a Water Company)" in conjunction with Aquatech '94.

- Specialised Conference "Activated carbon in drinking Water Treatment" in conjunction with Aquatech '94.

Inlichtingen: IWSA, 1, Queen Anne's Gate, London SW 1H 9BT

(UK). Tel. +44 71 957.45.67. Fax: +44 71 222.72.43.

28-30 september 1994: "Forum for Applied Biotechnology", Provinciaal Hof, Brugge.

Inlichtingen: GOM-West-Vl., Baron Ruzettelaan 33, 8310 Assebroek, Brugge. Tel. 050/35.81.31. Fax: 050/35.31.86.

10-12 oktober 1994: EWPCA, International Conference on Integrated Wastewater Management, Lissabon, Portugal.

Inlichtingen: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Brasil 101, 1799 Lisboa Codex, Portugal. Tel. +351-1-8482131. Fax: +351-1-8478614.

14 oktober 1994: Studiedag "Industriële Bodems en waterkwaliteit", LISEC, Bokrijk.

Inlichtingen: Belgische Commissie IAWQ. Tel.: 02/537.43.02 - Fax 02/539.21.42.

18-21 oktober 1994: POLLUTEC 1994, International Environment, Lyon, France.

Inlichtingen: Technoexpo, 8, Rue de La Michodière, F-75002 Paris, France.

20 oktober 1994: Studiedag "Recht op water: eigendom en gebruik", Ifest, Flanders Expo.

Inlichtingen: v.z.w. WEL, Marktplaats 16, 2110 Wijnegem. Tel.: 03/353.72.53 - Fax: 03/353.89.91.

16-18 november 1994: International Reservoir Symposium, Wierkendam - NL.

Inlichtingen: WBB, tel. 00-31-18352144 - Fax: 00-31-18354906.

20-22 maart 1995: First International Conference on "Land, sea, air and space vehicle filtration", Antwerpen.

Inlichtingen: TI-KVIV, tel.: 03/216.09.96. - Fax: 03/216.06.89.

21-22 maart 1995: First International Conference on Lead Water Pipes, Antwerpen.

Inlichtingen: Lead Pipe 1995, organising committee, ISTT, Belgrave Square 15, London SW 1X 8PS, UK. Fax: 00-44-71 235 6976.