



**Studiedag**

# **Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen**

9 november 2001  
Thermae Palace Oostende

VLIZ Special Publication 4  
2001



# **MODELLEREN VAN STROMINGEN EN GOLVEN LANGS DE VLAAMSE KUST**

Jaak Monbaliu, Erik Toorman en Jean Berlamont

Katholieke Universiteit Leuven, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Laboratorium voor Hydraulica, Kasteelpark Arenberg 40, B-3001 Heverlee

## **Inleiding**

Onze Vlaamse kustzone wordt gekenmerkt door de bijna unieke aanwezigheid van talrijke zandbanken, mooie zandstranden en dito duinen. Het getij is met 4 tot 5 m aanzienlijk. Stormopzet is niet te onderschatten, en de stromingen zijn sterk en complex. Golven kunnen aanzienlijke schade berokkenen. De scheepvaart is door de aanwezigheid van routes naar een aantal belangrijke havens, op zijn minst druk te noemen.

Om tot een beleid te komen om de rijkdom van onze kust en onze zee duurzaam te beheren en te exploiteren, is kennis onontbeerlijk. Kennis van het getij en stormopzet, van stromingen en van golven zijn daar één doch een essentieel onderdeel van. De ontwerpwaarde van het kruinniveau van onze dijken wordt bepaald door in te schatten hoe hoog het water wel kan komen ten gevolge van getij, stormopzet en golven. Sedimenten, maar ook pollutanten worden meegevoerd met de stromingen. Afslag van strand of duin door golven bij storm kan verstrekkende gevolgen hebben. Het manoeuvreren van een schip op zee of bij het binnenvaren van een haven is afhankelijk van de stroming en de golfwerking. Activiteiten binnen een haven worden beschermd door een 'golf'breker.

Zonder metingen van getij, stormopzet, stromingen en golven weten we weinig of niets. Maar we kunnen niet overal en altijd meten. We kunnen ook nu niet meten wat straks zal komen. Daartoe hebben we modellen nodig, hetzij fysische, hetzij wiskundige modellen, elk met zijn eigen kwaliteiten maar ook beperkingen. Wijzelf gaan ons hier beperken tot een beperkt aantal wiskundige modellen voor stromingen en golven.

## **Dagelijks gebruik van numerieke modellen van stromingen en golven langs de Vlaamse kust**

Numerieke modellen worden veelvuldig gebruikt. Het WLH [afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek van AWZ (afdeling Waterwegen en Zeewezen, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap)] beschikt over tal van softwarepakketten om hen te helpen in het beheren en plannen van infrastructuurwerken aan de kust. Het zoeken naar een optimale lay-out van bijvoorbeeld de nieuwe havendam van Oostende is in een belangrijke mate gebaseerd op de interpretatie van de resultaten afkomstig van golf- en stromingsberekeningen.

Door AWZ werd onlangs het Oceanografisch Meteorologisch Station officieel ingehuldigd. Het OMS wordt beheerd en geëxploiteerd door de afdeling Waterwegen Kust, dat beroep doet op het KMI voor de opmaak van weerberichten voor de scheepvaart en voor werken langs de kust en op zee. Dagelijks worden specifieke hydrometeoberichten met verwachtingen van wind, getij, en golfhoogtes voor windzee en deining opgesteld. De wiskundige modellen die daarbij worden gebruikt voor de voorspelling van golven en stromingen, steunen in belangrijke mate op onderzoekswerk verricht aan de BMM



(Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee en Schelde-estuarium) en het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven.

## Onderzoek aan de KU Leuven

In de mariene en estuariene sector heeft het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven vooral expertise opgebouwd op het gebied van sedimentmechanica en hydrodynamica van stromingen en golven. Het onderzoek gebeurt zowel in een Vlaamse, als in een nationale en internationale context. Er is dan ook een voortdurende terugkoppeling tussen onderzoek dat met Vlaamse (of nationale) overheidsmiddelen wordt gefinancierd en onderzoek dat met externe middelen zoals privé-bedrijven of EU wordt gefinancierd. Vele onderzoekers stromen ook door naar privé-bedrijven of de overheid.

Voorbeelden van onderzoek in de internationale context, zijn de deelnames aan EU MAST (Marine Science & Technology) projecten zoals MaxWave, COSINUS (Prediction of Cohesive Sediment transport and bed morpho-dynamics in estuaries and coastal zones with Integrated Numerical Simulation models), G6M & G8M Coastal Morphodynamics, PROMISE (Pre-Operational Modelling In the Seas of Europe), MMARIE (application of high performance computing techniques for the Modelling of MARine Ecosystems), NOWESP (North-West European Shelf Program), en CENAS (Study on the Coastline Evolution of the Eastern Po plain due to sea level change caused by climate variation and to Natural and Antropogenic Subsidence).

Vanuit Vlaanderen komt financiering vooral vanuit AWZ (afdeling Waterwegen en Zeewezen), het IWT (Instituut voor de aanmoediging van Innovatie door Wetenschap en Technologie in Vlaanderen) en het FWO (Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek). Maar ook privé-bedrijven investeren regelmatig in praktijkgericht onderzoek.

De opdrachten gefinancierd door AWZ zijn hoofdzakelijk toepassings- en beleidsondersteunend gericht. De calibratie van OMNECS [Operatieel Model van het Noordwest-Europese Continentale Plat (1995-1998)], was een onderdeel van het hierboven aangehaalde operationeel model voor de voorspelling van stormopzet en getij aan onze kust. Bij het 'Verkennd onderzoek ter bepaling van het golfklimaat (2000)' werd gebruik gemaakt van het aan de TU Delft ontwikkelde SWAN (Simulating Waves Nearshore)-model. Bij deze opdracht werd nagegaan of het mogelijk is 'numerieke' golfboeien te maken. Uitgaande van gemeten directionele golfspectra op locatie Westhinder, werden golfspectra op locatie Bol van Heist gesimuleerd en vergeleken met de daar gemeten golfspectra. Door te kiezen voor een spectraal golfmodel zoals SWAN voor de transformatie van golven naar de kust, kan men de karakteristieken van het volledige golvenspectrum bewaren. Dit moet in principe toelaten om op elk rekenpunt van het model een 'numerieke directionele golfboei' te hebben. Door statistische verwerking van de simulaties over een lange periode, kan men dan een golfklimaat opstellen voor elk punt.

Momenteel (2001-2002) wordt voor het WLH gewerkt aan de implementatie en calibratie van een stromingsmodel en een spectraal golfmodel van de derde generatie (de uitgebreide PROMISE versie van het WAM-model) voor de Noordzee. Deze opdracht wordt uitgevoerd in samenwerking met de BMM (verantwoordelijk voor het stromingsmodel). De implementatie van zowel het stromingsmodel als het golfmodel voor het volledige gebied van de Noordzee is noodzakelijk om zo goed mogelijke randvoorwaarden te creëren voor de gedetailleerde

kuststrookmodellen die in gebruik zijn bij het WLH. Deze kuststrookmodellen worden o.a. gebruikt in het kader van het Veiligheidsniveau Vlaanderen Kustverdediging.

Alhoewel golven mede verantwoordelijk zijn voor het in suspensie brengen van sedimenten, zijn het vooral de stromingen die voor het transport zorgen. Gedetailleerde modellering van stromingen is dan ook een vereiste om balansen van sediment transport te berekenen. Deze berekende stromingen vormen ook de basis voor de interpretatie van metingen, zij het in situ-metingen over langere periodes op één locatie, zij het synoptische metingen op één ogenblik via technieken van aardobservatie. Een voorbeeld hiervan is een studie van het dynamisch gedrag van zwevend transport uitgevoerd door Eurosense. Stromingsbeelden met een resolutie van 300 m werden berekend voor de volledige kustzone met een verdere verfijning (75 m resolutie) rond de haven van Zeebrugge.

Reeds 20 jaar worden aan het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven studies uitgevoerd betreffende de problematiek van aanslibbing van havens en toegangsheuven en de daaraan verbonden problemen van het verwijderen en stockeren van de baggerspecie. Bij de bouw van de Vandamme zeesluis te Zeebrugge werd door het laboratorium in opdracht van SBBM (nu BESIX) en met co-financiering van het IWONL (thans IWT) uitvoerig onderzoek verricht naar de mogelijke aanslibbing ter plaatse van de zeewaartse deur en de eventuele verwijdering van eerder bezonken slib. Eenmaal slib voldoende geconsolideerd is kan het niet meer door de ebstroom of door spuien verwijderd worden. Dit onderzoek gaf later aanleiding tot studies ivm de aanslibbing onder de Flandria terminal te Antwerpen, de aanslibbing van de toegangsheuven van de Berendrecht sluis, versnelde consolidatie van baggerslib in onderwatercellen en op het land (voor IMDC) en de aanslibbing van de heuven waarin de tunnelelementen van de Liefkenshoektunnel geplaatst werden.

Het laboratorium beschikt over alle apparatuur voor de karakterisering van het fysisch gedrag van slib, in het bijzonder een aantal consolidatiekolommen, een gamma-densimeter en een erosiegoot waarin de kritische schuifspanning voor erosie van slib kan bepaald worden. Dit is een essentiële inputparameter voor numerieke modellen ivm sedimenttransport en morfologische modellen (bv. voor de Schelde in opdracht van IMDC).

Het fundamenteel onderzoek naar het gedrag van slib werd ook gefinancierd door het FWO. Van 1988 tot 2001 was dat in de vorm van een doctoraats- en post-doctoraatsbeurs. Verschillende aspecten kwamen aan bod. De laatste jaren werd de meeste aandacht gericht op de correcte modellering van sedimentfluxen in stromingen, waarbij in het bijzonder de interactie van turbulentie met zwevende deeltjes werd bestudeerd. De modulatie van turbulentie in suspensies heeft belangrijke gevolgen voor het energiebudget, de bodemschuifspanning en bijgevolg de uitwisseling (erosie en bezinking) van sediment met de bodem. Dit alles heeft belangrijke implicaties voor de studie van de morfodynamica van onze kust en estuaria.

Deze kennis wordt dan ook benut bij andere projecten, zoals het bestuderen van de erosie- en sedimentatieprocessen in het kader van MONAY (Monitoring Natuurherstel IJzermonding; opdrachtgever AMINAL, coördinator Laboratorium Plantkunde van de RUG). Ook heeft de uitgebreide ervaring met slib het laboratorium toegelaten een leidende rol te spelen in de EU projecten G6M en COSINUS.

Bij het project 'Hydrodynamica en sedimenttransport – fundamentele aspecten' (2001-2004) zijn naast het Laboratorium voor Hydraulica van de KU Leuven (promotor), ook het

Laboratorium voor Hydraulica van de RUG en het WLH betrokken. Het is de bedoeling om de invloed van stromingen en golven op sedimenttransport (in casu zand) in detail te bestuderen en dit op verschillende lengte- en tijdschalen. Daarbij zullen zowel numerieke als fysische experimenten uitgevoerd worden. Op de allerkleinste schaal wordt gekeken hoe in één verticale, stromingsparameters (het gemiddelde snelheidsprofiel en de turbulentiekaracteristieken) over één golfcyclus veranderen bij verschillende combinaties van stromingen en golven. Op de allergrootste schaal zal een gekoppeld golf-stromingsmodel gebruikt worden om een sedimenttransportmodel aan te drijven voor het gebied van de Vlaamse Banken. Bepalen hoe de processen van één punt en één golfcyclus geïntegreerd worden naar een gebied van honderden km<sup>2</sup> en tijdschalen van enkele dagen, is een grote uitdaging. De investeringen in de golfgoot door het WLH door vernieuwing van de sturing van het golfschot en het toelaten van stromingen (tegen en met de golven), en de FWO-financiering voor de aankoop van moderne meettoestellen voor het meten van snelheden en concentraties, zullen daarbij een belangrijke rol spelen. Maar ook de jarenlange ervaring en knowhow opgedaan bij de gedetailleerde modellering van sedimentfluxen in stromingen, zal hier van pas komen.

In het FWO-project 'Numerieke modellering en experimentele validatie van golfinteractie met ondoordringbare zeeweringen' geleid door de Afdeling Weg- & Waterbouwkunde van de RUG, zal o.a. in detail nagegaan worden hoe men uit informatie van het golfspectrum kan overgaan naar de ogenblikkelijke waterstandsverheffing. Dit onderzoeksproject start in 2002 en loopt tot 2005. Golfgroepering, interactie stroming en golven, en de combinatie van windzee en deining, spelen hier een belangrijke rol. Voor dit project zal in belangrijke mate beroep gedaan worden op de knowhow binnen het EU-project MaxWave. Het MaxWave project is op zoek naar methodes om de mechanismen waarbij deze 'uitzonderlijke' golven voorkomen beter te begrijpen en zodoende ook te kunnen waarschuwen wanneer de verschillende factoren wijzen op een hoge kans van voorkomen.

### **Conclusies en aanbevelingen naar beleidsondersteunend onderzoek**

Onderzoek, zoals het hierboven aangehaald onderzoek op het gebied van stromingen en golven, kan en mag niet geïsoleerd gebeuren. Internationale confrontatie van ideeën en samenwerking is noodzakelijk om onderzoek van hoog niveau te verzekeren. Terugkoppeling naar Vlaanderen is belangrijk. Verbeterd inzicht in een duurzaam beheer van onze zee en onze kust, moet ook hier zijn toepassing vinden. Terugkoppeling betekent echter ook dat Vlaanderen iets te bieden heeft en daarom moet Vlaanderen voldoende investeren in onderzoek en opleiding. Het ondersteunen van verschillende onderzoeksgroepen in multidisciplinaire Vlaamse onderzoeksprojecten in een geest van wetenschappelijke openheid, is een noodzakelijke voorwaarde om in return goede beleidsondersteuning mogelijk te maken.

### **Referenties**

- Berlamont J.E. and E.A. Toorman (Eds). 2000. COSINUS Final Scientific Report, Hydraulics Laboratory, KU Leuven.
- De Putter B., P. De Wolf, C.S. Yu, R. Houthuys, J. Van Sielegheem, and D. Fransaer. 1996. Suspended sediment concentrations along the Belgian coast under storm conditions and over an M2 tidal cycle.
- Defevere W., L. Ronco, and J. Monbaliu. 2000. Verkennend onderzoek ter bepaling van het golfklimaat – eindverslag. Studie in opdracht van Afdeling Waterwegen Kust.

- Ozer J., R. Padilla-Hernandez, J. Monbaliu, E. Alvarez Fanjul, J.C. Carretero Albiach, P. Osuna, C.S. Yu, and J. Wolf. 2000. A coupling module for tides, surges and waves. *Coastal Engineering* 41:95-124.
- Monbaliu J., R. Padilla-Hernandez, J.C. Hargreaves, J.C.C. Albiach, W. Luo, M. Sclavo, and H. Günther. 2000. The spectral wave model, WAM, adapted for applications with high spatial resolution. *Coastal Engineering* 41:41-62.
- Yu C.S. 1993. Modelling shelf sea dynamics. Ph.D. thesis Civil Engineering Department KU Leuven. 183p. + app.