



Studiedag

Beheer van kust en zee: beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen

9 november 2001
Thermae Palace Oostende

VLIZ Special Publication 4
2001

GEÏNTEGREERD HYDRAULISCH EN NAUTISCH ONDERZOEK VOOR HET ONTWERPEN VAN HAVEN- EN KUSTVERDEDIGINGSINFRASTRUCTUUR

Frank Mostaert, Erik Laforce, Youri Meersschaut, Tom De Mulder en Marc Willems

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek, Berchemlei 115, B-2140 Borgerhout

De afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek (WLH) van de Administratie Waterwegen en Zeewezen houdt zich hoofdzakelijk bezig met toegepast onderzoek inzake open watersystemen zoals zeeën, kusten, estuaria, rivieren en kanalen,... en de hieraan gebonden structuren waaronder bodem, oevers, strand, waterbouwkundige kunstwerken, schepen,... Hydraulica, hydrologie, sedimenttransport, morfologie en nautica vormen de kerndisciplines van dit onderzoek. Naast het onderzoek is het verzamelen, beheren en exploiteren van hydrologische, hydraulische, morfologische of nautische meetgegevens de kernactiviteit.

De afdeling WLH stelt zich tot doel om op een integrale, wetenschappelijk verantwoorde en kwalitatief hoogstaande wijze, te voorzien in kennis, kennisproducten en advies op het gebied van voornoemde watersystemen en dit ter ondersteuning van het handelen van de Vlaamse overheid. De toegepaste onderzoeksvragen aan het adres van WLH situeren zich zowel bij de voorbereiding, de uitvoering als de ondersteuning van het beleid onder meer op het vlak van de veiligheid tegen overstromingen, het veilig en optimaal gebruik van de waterweg, het ontwikkelen van meervoudige functies van de waterweg, de verbetering van de leefomgeving, het zoetwaterbeheer en het meer efficiënt investeren in watergerelateerde projecten door de overheid. Om deze doelstellingen te bereiken beschikt de afdeling over een zeventigtal medewerkers waaronder een twintigtal onderzoekers. Daarenboven wordt strategische samenwerking gezocht met onder meer de universiteiten en met andere afdelingen van de administraties. Om de vragen van de klanten te kunnen beantwoorden worden ook studies of deelaspecten ervan uitbesteed en wordt geïnvesteerd in specifieke onderzoeksinfrastructuur, soft- en hardware.

Naast het werk voor klanten binnen de administratie, sluit WLH ook aan bij vragen vanuit de wetenschappelijke en universitaire wereld om te participeren in zowel binnenlandse (FWO, PODO, doctoraatsonderzoek, eindwerken,...) als Europese onderzoeksprojecten (MAST-OPTICREST, CLASH). De onderzoeksinfrastructuur wordt aldus mits het afsluiten van samenwerkingsverbanden ook ter beschikking gesteld voor meer fundamenteel onderzoek van universitaire vorsers.

De aard van de onderzoeksvragen waarmee het WLH geconfronteerd wordt, kunnen grofweg opgedeeld worden in drie klassen. In de eerste plaats is er de bepaling van de *omgevingsfactoren* (getij, stroming, golven, morfologische evolutie,...) waaraan een bepaalde watergebonden structuur (bodem, kunstwerk, haven, dijk, strand, schip,...) wordt onderworpen. Deze kennis is nodig voor het ontwerp van een nieuwe of verbeterde toestand en/of voor de evaluatie van een bestaande toestand. Ten tweede zijn er de *geïntegreerde hydraulische/nautische studies*, waarbij bijvoorbeeld de meest aangewezen lay-out van een watergebonden structuur zoals een havenmond, sluis of vistrap wordt bepaald. De derde klasse omvat de *detailengineering* van bepaalde aspecten van een watergebonden infrastructuur zoals de dwarsdoorsnede van een havendam, strandsuppletie,...

WLH beschikt over in Vlaanderen unieke infrastructuur om dit toegepast onderzoek uit te voeren. Zo zijn er verschillende installaties beschikbaar voor *fysische schaalmodellen*, waarin een reële situatie op schaal kan nagebouwd worden en kan onderworpen worden aan het verticaal en horizontaal getij en/of golven. Op deze wijze kunnen de stabiliteit van een waterbouwkundig kunstwerk, de effectiviteit van een kunstwerk en de ermee gepaard gaande erosie- en sedimentatieverschijnselen nagegaan worden.

Wat betreft het nautisch onderzoek, dient ook de *sleeptank* vermeld te worden. In samenwerking met het departement Scheepsbouwkunde van de Universiteit Gent wordt hierin intensief onderzoek uitgevoerd naar de krachtwerking op modelschepen in ondiep water, waarbij recentelijk in het bijzonder ook de effecten van vloeibare sliblagen op het vaar- en manoeuvreergedrag bestudeerd worden.



Sleeptank

Tot op heden vormen de fysische schaalmodellen de onderzoeksmiddelen bij uitstek voor het toegepast onderzoek van WLH. Dergelijk instrumentarium biedt het voordeel dat visueel duidelijk kan worden gemaakt wat er gebeurt. Onderzoek met fysische schaalmodellen vergt echter grote weerkerende investeringen, de projecten hebben een lange doorlooptijd, het is beperkt door optredende schaaleffecten. Mede hierdoor wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van numerieke of mathematische modellen.

Sinds het einde van de jaren zeventig ontwikkelde het WLH zelf mathematische modellen, zoals onder meer een eendimensionaal model voor het getijdengebied van de Schelde dat toelaat in elke dwarsdoorsnede en op elk ogenblik het debiet en de waterstand te simuleren. Sinds een drietal jaar is er echter een geïntensifieerde aandacht voor de ontwikkeling van tweedimensionale mathematische modellen voor kust en Schelde. Dergelijke modellen maken het mogelijk om ook variaties van waterstand en dieptegemiddelde stroomsnelheid op elke plaats te simuleren in de tijd. Ook driedimensionale modellen vinden meer en meer ingang en deze moeten toelaten om ook verticale profielen van stroomsnelheden op elke plaats te voorspellen.

Met deze mathematische modellen kan niet alleen de waterbeweging worden berekend, maar kan eventueel ook het ermee gepaard gaande sedimenttransport worden bepaald, of zelfs morfologische evoluties van de bodem. Daarnaast beschikt het WLH over mathematische modellen voor de voorspelling van de golfvoortplanting.

Het WLH koos voor de aanschaf van een commercieel softwarepakket voor dergelijke 2D en 3D modellering. De softwarepakketten dienden op een relatief gebruiksvriendelijke wijze te kunnen voorzien in:

- (1) het genereren van kromlijnige rekenroosters vanwege de noodzaak om complexe lay-outs te kunnen beschouwen;
- (2) de mogelijkheid om bodemtopografie in te voeren via interpolatie van peilinggegevens;
- (3) het vastleggen van de rand- en beginvoorwaarden;
- (4) de oplossing van de mathematische vergelijkingen die een vertaling zijn van de fysische behoudswetten uit de hydrodynamica;
- (5) de mogelijkheid tot visualiseren en analyseren van de resultaten van het model.

Het softwarepakket bevat niet alleen modules voor het simuleren van de waterbeweging, maar laat ook toe van golfvoortplanting, sedimenttransport en zelfs morfologische evoluties (op een geïntegreerde wijze) door te rekenen.

Sedert 1999 zijn met het softwarepakket een aantal mathematische modellen ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld een waterbewegingmodel en een golfvoortplantingmodel voor de Belgische kuststrook, een gekoppeld stroming- en golfvoortplantingmodel voor de Oostkust en een waterbewegingmodel voor het tijgebied van de Schelde.

Deze modellen moeten niet zozeer gezien worden als een doel op zich, doch eerder als een middel om onderzoek te doen in het kader van concrete projecten. Zo kan steeds een detailmodel ingebed worden in de hierboven genoemde modellen, waardoor de waterbeweging, de golfvoortplanting en later ook het sedimenttransport en de morfologische evolutie in detail kunnen onderzocht worden voor een bepaald interessegebied. Zo werden onder meer detailmodellen voor Oostende ontwikkeld in het kader van het ontwerp van de kustverdediging en havenmond te Oostende. Daarnaast is een detailmodel voor de Haven van Zeebrugge in ontwikkeling (onder meer) met het oog op de studie van de neervorming in de voorhaven, evenals ter studie van de stromingspatronen in de haven en voor de sluisingen.

In feite is het de bedoeling om op termijn over een zogenaamde modellentrein te kunnen beschikken die gaat van de Atlantische Oceaan tot en met de meest stroomopwaartse takken van het getijdengebied van de Schelde. Met behulp van een dergelijke trein kan dan steeds een gepaste aandrijving (in dit geval randvoorwaarden voor stroming, golven enz.) voor detailmodellen gegenereerd worden. Bij het verder ontwikkelen en op punt stellen van de modellentrein werkt WLH samen met gespecialiseerde instituten in binnen- en buitenland (zowel wetenschappelijke, universitaire als overheidsinstellingen).

De investering in numerieke modellen, in de benodigde gesofisticeerde hardware en vooral in de opbouw van de noodzakelijke expertise en in de opmaak van de basismodellen heeft veel inspanningen gevergd die pas sedert 2000 aanleiding geeft tot de eerste concrete resultaten. De afdeling WLH gaat ervan uit dat noch fysische schaalmodellen, noch numerieke modellen op zich een antwoord kunnen bieden op elke vraag. Waar men bij fysische modellen ziet wat men doet en waar men natuurlijke omstandigheden nabootst, wordt bij numerieke modellen ook zeer sterk geschematiseerd en dreigt het gevaar dat het tot

een soort black box techniek verwordt zonder de inbreng van experts. Daarenboven is er nog steeds de gebrekkige kwaliteit van de turbulentiemodellering en de grote beperkingen van de sedimenttransport modules.



Studie van stabiliteit van de ontworpen havendam voor Oostende op fysisch schaalmodel in de golfgoot

De mogelijkheid en de aanwezige expertise om beide technieken, aangevuld met terreinmetingen complementair te gebruiken zijn grote troeven van het Waterbouwkundig Laboratorium. Dit procédé is toegepast voor het gecombineerd onderzoek met fysische en mathematische modellen ter bepaling van de optimale zandsuppletie op het strand van Knokke-Zoute. Dit onderzoek gebeurde in nauwe samenwerking met de afdeling Waterwegen Kust, de Universiteit Gent en een studiebureau.

Naast de installaties voor fysische schaalmodellen en de software voor mathematische modellen beschikt WLH ook over een performante **scheepsmanoeuvresimulator**. Deze simulator bestaat niet alleen uit een zo realistisch mogelijk nagebouwde 'commandobrug van een schip' (inclusief een in real-time bewegend buitenbeeld) waarin nautici alle handelingen kunnen uitvoeren die met het varen met een bepaald (zee)schip gepaard gaan, maar ook uit gesofisticeerde hardware en software.



Zicht op de commandobrug van de WLH-scheepsmanoeuvresimulator

Zo maakt de simulator onder meer gebruik van een wiskundig scheepsmodel, waarin de krachtwerking op het schip onder invloed van verschillende randvoorwaarden wordt vastgelegd. Het WLH beschikt over de wiskundige modellen voor een hele reeks scheepstypes.

Ook de omgevingscondities (waterstanden, stroming, wind, golven) dienen in het model ingebracht te worden. Hiervoor kan onder meer beroep worden gedaan op voorspellingen met behulp van de mathematische modellen die beschikbaar zijn op het WLH.

Wat betreft het bewegend buitenbeeld, beschikt het WLH reeds over een hele reeks grafische omgevingen (onder meer havens/dokken/sluizen te Zeebrugge, Oostende, Vlissingen, Terneuzen, Antwerpen, Hingene,...).



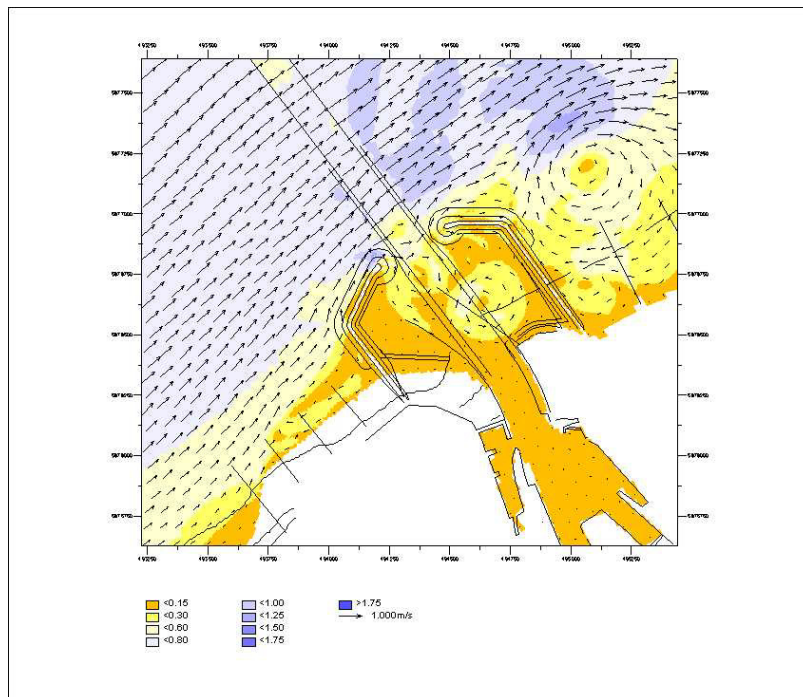
Grafische omgeving (buitenbeeld) voor simulatorvaarten
in vernieuwde haventoeegang te Oostende

De simulator wordt gebruikt als onderzoeksinstrument voor simulaties van te ontwerpen haveninfrastructuur enerzijds en als opleidingsinstrument voor loodsen en schippers om in gekende of nieuwe omgevingen te leren varen.

De verschillende onderzoeksmiddelen kunnen gezamenlijk worden ingezet rekening houdend met hun relatieve sterktes en zwaktes. Het onderzoek vanaf terreinmetingen, over modelmatig verwerken van de terreinmetingen met 2D en 3D modellen, over het fysisch experimenteren in de sleeptank met scheepsbewegingen, over de integratie van natuurlijke omgevingsgegevens en van nautische gegevens in het numeriek model van de simulator, tot het realiseren van de simulatie-experimenten en uiteindelijk de opleiding is een voorbeeld van de geavanceerde geïntegreerde aanpak waar het Waterbouwkundig Laboratorium zich in wil profileren.

Dit onderzoekstraject werd in 2000 voor het eerst toegepast bij het ontwerp van de nieuwe haventoeegang van Oostende. Op basis van de beschikbare gegevens verzameld op het terrein (morfologie, stromingen, hydrometeogegevens) werden de hydrodynamische omstandigheden gemodelleerd van de huidige toestand en van de verwachte toestand na constructie van de nieuwe havendammen. De gemodelleerde omstandigheden kunnen worden ingebracht in het mathematisch model van de scheepsmanoeuvresimulator.

Daarnaast wordt dit model gevoed door nautische aspecten, de in een sleeptank gemeten impact van stromingen op specifieke schepen die de haven zullen aandoen.



Simulatie van stroming met tweedimensioneel mathematisch model voor een ontwerp van nieuwe havenmond te Oostende

Met de simulator, bediend door ervaren loodsen, wordt de ontworpen virtuele omgeving van nieuwe haveninfrastructuur uitgetest onder allerlei omstandigheden (golven, getijden, stromingen, weer) met verschillende scheepstypes. Dit leidt tot adviezen voor verbeteringen van het ontwerp na een statistisch verantwoord aantal gesimuleerde vaarten.