

# Het modelinstrumentarium voor de onbevaarbare waterlopen

*Vlaanderen heeft de voorbije 10 jaar een uitgebreid modelinstrumentarium opgebouwd. In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven hoe dit tot stand kwam. We bespreken de eerste aanzetten tot waterloopmodellering, de hieropvolgende consolidatiefase als ook het operationaliseren van de bestaande modellen. Aan de hand van deze chronologie zal aangetoond worden dat het modelleerbeuren tot schitterende staaltjes van (reken)techniek heeft geleid die hun weg in het waterbeheer definitief hebben verworven.*

De eerste experimenten met het opbouwen van modellen voor de onbevaarbare waterlopen dateren van halfweg de jaren negentig. Voor de Dijle opwaarts Leuven werd nog met de voorloper van het Isis-model (Salmon-F) een model opgebouwd dat zowel de stroming in de bedding als in de vallei diende te beschrijven bij bestaande toestand en ontworpen toestand. Het pionierswerk werd verricht door ingenieurs werkzaam bij externe studie bureaus en nam enkele jaren in beslag, vanaf de topografische opmeting van de waterloop tot aan de voorstelling van de scenariostudies.

Gezien de positieve ervaring in de Dijlevallei kon in 1996 de beslissing genomen worden tot het opbouwen van een 5-tal nieuwe modellen. Deze werden gerealiseerd via externe dienstverleners in een ontluikende markt van Vlaamse modelleerders. Het voordeel hiervan was dat op relatief korte termijn het modelinstrumentarium snel kon worden uitgebreid. Door jaar na jaar de lastenboeken te verbeteren werd getracht de kwaliteit en uniformiteit van de modellen te garanderen. Eind 2003 waren 64 modelleringsprojecten opgestart onder de naam van de zogenaamde "Oppervlaktewaterkwantiteitsmodelleringen" of OWKM-reeks. De OWKM-reeks resulteerde naast de modellen zelf, in een waaier van nevenresultaten als lijvige rapporten die de hydrologische en hydraulische resultaten beschrijven, samenvattende brochures en een Locaal Wateroverleg.

De modellen zelf werden nagenoeg uitsluitend gebruikt in het kader van ontwerpstudies. Terwijl de eerste modelleringsstudies zich eerder beperkten tot het voorstellen van een aantal scenarioberekeningen, vergroete de maatschappelijke interactie rond deze studies steeds meer. Via MER- en andere procedures steeg het aantal vragen tot hydraulische berekeningen en dus ook het aantal versies van de modellen. Omdat de toenmalige modellen file-based waren, was het geen evidentie om de vele honderden bestanden coherent te beheren. Vanuit de software-leveranciers kwamen nieuwe pakketten ter beschikking die niet alleen toelieten om simulaties uit te voeren maar ook om deze te beheren. Elke aanpassing, uitbreiding of upgrade kon voortaan in een databank worden bijgehouden. Het sprak voor zich dat deze ontwikkeling diende gevolgd te worden.

Afrondend kan gesteld worden dat in de periode 1995-2003 er een zeer uitgebreide set van

OWKM-basismodellen werden opgebouwd. Voor bijna 5000 kilometer onbevaarbare waterlopen zijn modellen opgebouwd. Enerzijds verwijst basismodel naar het feit dat het al bij al eenvoudige modellen waren, als we vergelijken met de huidige status van het modelinstrumentarium. Anderzijds verwijst de term naar het feit dat het deze prille modellen zijn die de basis hebben gevormd voor de latere verwezenlijkingen.

## Consolideren

De basismodellen hebben als groot nadeel dat ze zijn opgemaakt door een groot aantal modelleerders elk werkzaam binnen hun eigen organisatie. Hierdoor bevatten de basismodellen onderling grote verschillen zowel in de opbouw als op het eindresultaat. Daarbij komt dat vanaf 2004 de eerste resultaten van het Digitaal Hoogte Model (DHM) Vlaanderen ter beschikking kwamen. Het DHM-Vlaanderen verschaft zeer gedetailleerde informatie over de geometrie van de vallei en is daarom cruciaal wil men tot betrouwbare simulaties van de overstromingscontouren komen. Ook het belang van een uniforme inschatting van de overstromingsfrequentie werd zeer belangrijk omdat deze informatie gebruikt werd bij de risicokaart overstromingen en de watertoetskaarten welke beide voor het ganse Vlaamse Gewest dienden te worden opgemaakt.

Een verbetertraject voor de basismodellen werd uitgewerkt en in de periode 2004-2005 werd met een 8-tal hydrologen intern de afdeling Water de revisie uitgevoerd. Een eerste verbeterstap betreft het volledig georefereren van alle modelleenheden. Zowel dwarsprofielen als alle kunstwerken maar ook de oevers en compartimenten van de vallei werden exact ingepast in het Lambert-72 stelsel. Parallel hiermee wordt het DHM-Vlaanderen en e.v. recentere topografische opmetingen ingevoegd. Hiermee werd respectievelijk de volume-diepte relatie in de vallei of de hoogte van de oevers gecorrigeerd. Om vlot simulaties te kunnen uitvoeren werd aan het hydraulisch model direct het hydrologisch model gekoppeld. Stroomgebiedsgrenzen werden nieuw bepaald op basis van het DHM-Vlaanderen en een nieuwe set met alle in Vlaanderen beschikbare puntneerslagen werd verzameld. Simultaan met elke verbeterstap wordt de stabiliteit en rekensnelheid geëvalueerd en verbeterd. Daar waar het basismodel veelal

met een tijdstap van 5-20 seconden rekende werd deze verhoogd tot 60-120 sec.

Sluitstuk van het verbeterwerk vormt het doorrekenen van een hydrogramsequentie. Dit houdt in dat met het gekoppelde hydrologisch-hydraulisch model minstens een 100-tal grote afvoeren uit de voorbije 100 jaar worden doorgerekend. De afvoeren worden geselecteerd na POT-analyse op debiet en afstromingsvolume en dit op meerdere locaties in het beschouwde stroomgebied. Hierdoor wordt een set van afvoeren samengesteld die het hydraulisch model een kritieke belasting moet geven in elk punt, zij het nu ver stroomopwaarts of in het stroomafwaartse deel. Na hydraulische simulatie van elk van deze kritieke afvoeren, tonen de resultaten in elke rekenknoop van het model een populatie van een 100-tal piekwaterstanden en debieten. Na statistische analyse van de waterstanden, wordt finaal een inschatting bekomen van de overstromingskans in elke locatie van het model. Het unieke in deze Vlaamse aanpak is dat de overstromingskansen hydraulisch gebaseerd zijn en dus terdege een uitspraak doen over de overstroming zelf en dus niet meer over de onderliggende neerslag of neerslag-afvoer kansen.

Tijdens de consolidatiefase werd ook ruim geëxperimenteerd met de opmaak van Bekken-Modellen. Deze worden bekomen door het aan elkaar koppelen van alle deelmodellen in een hydrografisch bekken. Het voordeel hiervan is dat het aantal afwaartse randvoorwaarden kan verminderen en dat hierdoor de onzekerheid op deze randvoorwaarden sterk afneemt. Zowel voor het IJzerbekken en het Denderbekken kon een volledig Bekken-Model worden opgesteld. Voor het Dijlebekken bleken de limieten van software en hardware bereikt te worden na koppeling van alle deelmodellen stroomopwaarts Leuven. Het oplossen van een rekenmatrix met 5.000 tot 10.000 knopen stelt anno 2007 weinig tot geen problemen doch hierboven lopen de rekentijden onaanvaardbaar hoog op.

Door het veel hogere detail van deze verbeterde off-line modellen, werd het mogelijk om complexere scenario's te berekenen. Enkele voorbeelden hiervan zijn scenario studies rond hermeandering, vispassages, slibinvloeden, ... . En door het feit dat deze modellen permanent actueel en rekenklaar worden gehouden, is het sinds enkele jaren al zo dat geen enkele significante ingreep op de waterloop nog wordt uitgevoerd, zonder dat het effect hiervan eerst via modellering werd begroot.

### Operationaliseren

Een laatste modelleerinitiatief betreft het omzetten van de off-line (sub) Bekken-Modellen tot real-time voorspellingsystemen voor overstromingen of te Operationele Bekken Modellen (OBM). Deze systemen maken rechtstreeks gebruik van de intern gereviseerde hydraulische modellen. Wel worden twee bijkomende eisen gesteld. Ten

eerste moet een volledige hydrogramsequentie gesimuleerd kunnen worden, zonder dat ook maar één simulatie vroegtijdig afbreekt en daarenboven moet een periode van 72 uur in minder dan een kwartier berekend te worden. Na verder aanpassingswerk blijkt dit voor alle modellen tot op heden een haalbare kaart te zijn. Wel is gebleken dat een volledig Bekken-Model opnieuw moet onderverdeeld worden in een aantal deelmodellen. Bij dit knippen van het model worden de zijmodellen dermate uitgebreid dat ze net onder een rekenduur van 15 minuten per 72 uur blijven. Idealiter wordt bovendien geknipt ter hoogte van een meetpunt. Het is immers zo dat in voorspellingsystemen de deelmodellen nu nog sequentieel worden doorgerekend, maar in de nabije toekomst zal zelf parallelle doorrekening tot de mogelijkheden gaan behoren. Dan wordt meteen mogelijk om in een hydrografisch bekken alle onafhankelijke zijlopen simultaan – binnen het kwartier – hun voorspelling te laten afwerken of hun output (het debiet aan de afwaartse rand) door te geven aan één of meerdere afwaartse modellen.

Voorspellingsmodellen bevatten nog andere bijzonderheden. Redundantie van het systeem is cruciaal en derhalve wordt o.a. gerekend met neerslaginput die een ganse terugvalcascade van meerdere bronnen (radar, pluviograaf, weersmodel) omvat, met minimaal opgelegde invoerdebeten, met de plc-sturing aan kunstwerken als terugval voor de werkelijk gemeten klepstanden, ... . Maar ook veranderende regelpeilen of bresvorming kunnen door operatoren zeer eenvoudig in het voorspellingsstelsel worden ingebracht. Het neusje van de zalm vormt ongetwijfeld de hydraulische updating. Hierbij analyseert het systeem zelf het verschil tussen gesimuleerd en gemeten debiet in de voorbije 48 uur om vervolgens deze correctie dynamisch toe te passen voor de komende 48 uur.

Naast de rekentechnische vernuftigheid zit achter de voorspellingsystemen ook een bijzonder complex geheel van analyse-, waarschuwings- en communicatietools. Na analyse van de voorspellingsresultaten wordt aan elke hydrografisch bekken, elk meetpunt en elk onbemeten stroomgebied een overstromingstoestand of mode toegekend. Deze kan gaan van basis-mode tot mogelijks-, waarschijnlijke of effectieve waak- en alarm-modes. Overgangen tussen modes kunnen per SMS aan operatoren en hulpdiensten worden aangeboden. En om ook de burger tijdig en correct te kunnen informeren over aankomende overstromingen worden de voorspellingsresultaten 24/24u doorgestuurd naar de website [www.overstromingsvoorspeller.be](http://www.overstromingsvoorspeller.be). Elk kwartier worden de nieuwste resultaten van het vereenvoudigd systeem voor Vlaanderen (hydrologische voorspellingen) en de gedetailleerde voorspellingen voor het Denderbekken getoond.

## Toekomstige ontwikkelingen

Uit de bovenstaande paragrafen blijkt dat het mogelijk was om steeds verder te bouwen op eerder opgestelde modellen. Voor de nabije toekomst zal dit allicht niet meer mogelijk blijven. Er zal een diversificatie optreden tussen versies die zeer gedetailleerd en traag rekenend de hydraulica in een bekken beschrijven (Bekken Model), versies die zeer snel rekenen en dus dienstig voor real-time gebruik en speciale versies die worden opgesteld voor modelkoppelingen met andere modellen als b.v. rioolmodellen.

Daarnaast wordt het modelinstrumentarium terecht vanuit nieuwe hoeken bevraagd. Waterkwaliteitssimulaties zouden heel goed de resultaten kunnen gebruiken van de jaarsimulaties met een Bekken-Model. Maar ook de overstromingsfrequenties die prijken op de risicokaart of watertoetskaarten behoeven een herberekening

zodra enkele nieuwe overstromingen zich zullen voordoen. Voor dit ruimer gebruik van de off-line modellen zal het nodig zijn om op snellere wijze grootschalige simulaties te kunnen afwerken. Voor deze ambitieuze opdracht zullen de ervaringen opgedaan bij real-time voorspellingen nuttig zijn. Maar bovenal wordt het andermaal opboksen tegen de grenzen van de computerrekenkracht, een constante in de 10 jaar waterloopmodellering in Vlaanderen.

*K. Cauwenberghs,*

*Koning Albert-II laan 20 1000 Brussel  
Kris.Cauwenberghs@lin.vlaanderen.be*

*Vlaamse Milieumaatschappij,  
A. Van de Maelestraat 96, 9320 Erembodegem*