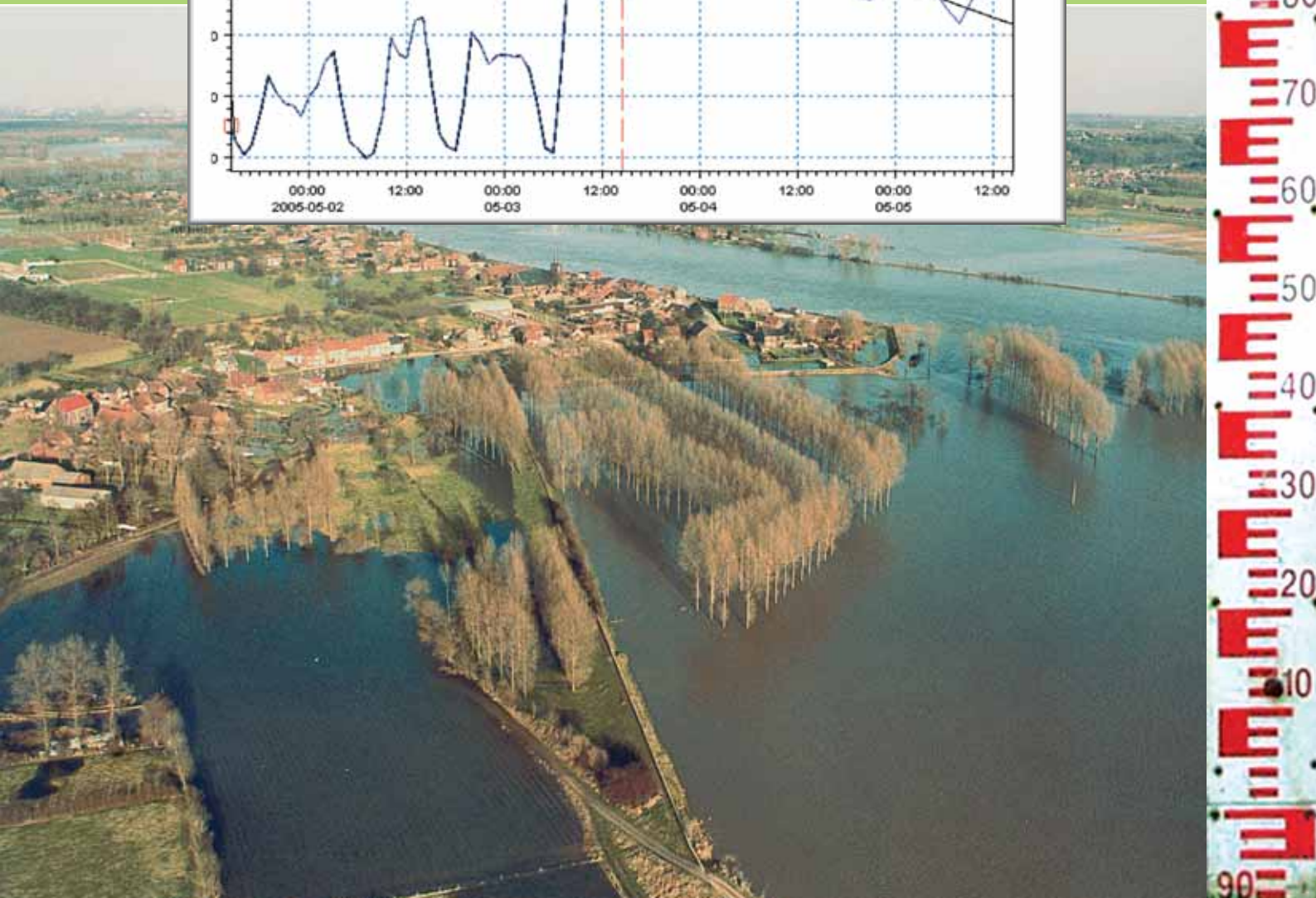
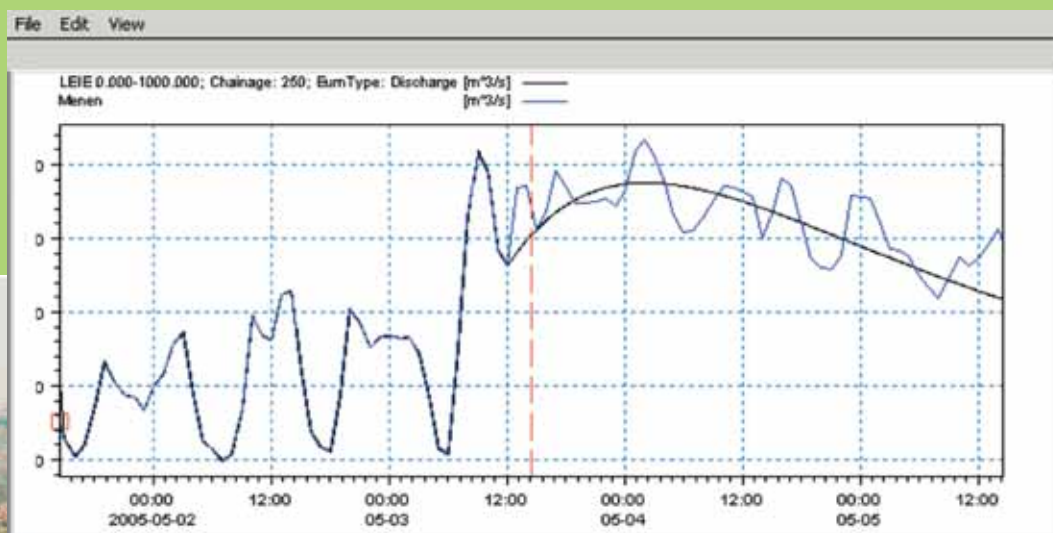


# On line voorspellingsmodellen in het hoog- en laagwaterbeheer



## Inhoud

- 1 De taken van het HIC / 2
  - 1.1 Eén kennis- en informatiecentrum voor de bevaarbare waterlopen / 2
  - 1.2 Wetenschappelijke ondersteuning van de waterbeheersplannen / 2
  - 1.3 Wetenschappelijke ondersteuning van het zoetwaterbeheer / 2
  - 1.4 Dagelijkse hydrologische voorspellingen / 2
  
- 2 En het bleef regenen ... / 3
  - 2.1 Wateroverlast in Vlaanderen / 3
  - 2.2 Van bescherming tegen water naar bescherming tegen schade / 4
  - 2.3 Overstromingen zien aankomen / 5
  - 2.4 Het permanentiesysteem van het HIC: kort op de bal / 6
  
- 3 Laagwater: probleem van nu en morgen / 7
  - 3.1 Watertekort in Vlaanderen / 7
  - 3.2 Naar een uniforme aanpak voor Vlaanderen / 8
  
- 4 Modellen, onmisbare tools voor het waterbeheer / 10
  - 4.1 Modellen in het waterbeheer / 10
  - 4.2 De kracht van een model / 11
  - 4.3 Hydrologie en hydraulica: een kijk op waterlast / 12
  - 4.4 Numerieke modellen voor de Vlaamse waterlopen / 13
  - 4.5 Modellen en laagwater / 13
  
- 5 Van studiemodel naar voorspellingsmodel / 14
  - 5.1 Van sporadisch naar continu / 14
  - 5.2 Gegevens: alle beetjes helpen / 15
  - 5.3 Modellen berekenen verleden, heden en toekomst / 16
  - 5.4 Klaar? Start! / 16
  
- 6 Een bruikbaar en actueel model, geen sinecure / 17
  - 6.1 Resultaten interpreteren / 17
  - 6.2 Bijsturen, een permanent gebeuren / 18
  
- 7 Van de theorie terug naar de praktijk: voorspellingen gebuiken / 19
  - 7.1 Van voorspellingen naar hoogwaterberichtgeving / 19
  - 7.2 De modellen en hun gebruikers / 20
  - 7.3 Welke info en waar? / 20



Foto cover: Overstromingen langs de Gemeenschappelijke Maas te Uikhoven, februari 1984.

# Woord vooraf

***De laatste 10 jaar werd Vlaanderen regelmatig geteisterd door een teveel aan water. Beelden van overstroomde weilanden, brandweerlui die kelders leegpompen of huizen waar water in staat, liggen nog vers in het geheugen. Paradoxaal genoeg duiken ook nu en dan problemen op met laagwater en verdroging.***

Door een combinatie van maatregelen willen de waterbeheerders de schade door overstromingen in de toekomst in grote mate inperken. Toch zijn niet alle risico's uit te sluiten. In uitzonderlijke weersomstandigheden kan er voor bepaalde gebieden toch overstromingsgevaar dreigen. Voor deze gebieden is het van belang dat er permanent informatie beschikbaar is over waterstanden en debieten en is er ook behoefte aan een goed functionerend waarschuwings- en alarmsysteem.



Meetpost in de Dender te Overboelare, winter 2002-2003.

Het opmaken van verwachtingen van waterpeilen en debieten in de Vlaamse bevaarbare waterlopen is een taak van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC), dat deel uitmaakt van het Waterbouwkundig Laboratorium. Het HIC maakt gebruik van accurate voorspellingsmodellen die gevoed worden met de meest recente metingen van de Vlaamse rivieren, gegevens van de collega rivierbeheerders uit Wallonië, Frankrijk en Nederland en meteorologische voorspellingen. Op die manier voorspelt het HIC dagelijks waterpeilen en debieten voor de eerste 48 uren. Deze gegevens worden gebruikt door de lokale waterloopbeheerders en in geval van dreigende wateroverlast verwerkt tot hoogwaterberichten die het HIC bezorgt aan de crisiscentra.

Deze brochure neemt u mee achter de schermen van de voorspellingsmodellen. Voor meer informatie kunt u terecht in onze andere brochures of bij het HIC zelf (zie contactgegevens achteraan in de brochure).

Wij wensen u veel leesplezier.

# 1. De taken van het HIC

*Het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC) is een onderzoeksgroep van het Waterbouwkundig Laboratorium die wetenschappelijke ondersteuning biedt voor het waterpeilbeheer van de Vlaamse bevaarbare waterlopen. Daarvoor werkt het HIC actief samen met de eigenlijke beheerders van die waterlopen en met andere instellingen die zich met het Vlaamse grond- en oppervlaktewater bezighouden.*



## 1.1. Eén kennis- en informatiecentrum voor de bevaarbare waterlopen

Het HIC centraliseert alle tijdgebonden gegevens die van belang zijn voor de Vlaamse bevaarbare waterlopen in één databank: HYDRA. Het ontwikkelt modellen die het afstromingsgedrag van de bevaarbare waterlopen kunnen simuleren, houdt zich op de hoogte van de internationale evoluties op het gebied van hydrologie en levert aan alle belangstellenden hydrologische studies en beheersadvies. Kortom: het HIC is het centrale kennis- en informatiecentrum voor waterpeilbeheer op de Vlaamse bevaarbare waterlopen.



## 1.2. Wetenschappelijke ondersteuning van de waterbeheersplannen

Overstromingen kunnen niet worden tegengehouden, wel beheerst. Het HIC ontwikkelde voor heel Vlaanderen een methodologie die de overstromingskans en de bijgaande schade in kaart brengt. Op basis daarvan kan het beleid een economisch en maatschappelijk aanvaardbare veiligheidspolitiek uitwerken: welke gebieden moeten maximaal worden beschermd tegen overstroming? En in welke gebieden zijn overstromingen minder schadelijk of juist heilzaam?



## 1.3. Wetenschappelijke ondersteuning van het zoetwaterbeheer

Als het debiet op onze bevaarbare waterlopen tijdelijk te sterk daalt, kan dat directe gevolgen hebben voor de drinkwatervoorziening, de scheepvaart, de natuur of de beschikbaarheid van proceswater voor landbouw en industrie. Het HIC ontwikkelde voor de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen een methodologie om het water in droge periodes zo efficiënt mogelijk te gebruiken en waar mogelijk watertekorten te voorkomen.



## 1.4. Dagelijkse hydrologische voorspellingen

Het HIC levert in crisissituaties tot vijfmaal daags voorspellingen van de verwachte waterstanden en debieten en geeft bij dreigende wateroverlast de plaatsen aan waar de nood het hoogst is. Zo kunnen de waterbeheerders en crisiscentra gerichte maatregelen nemen.

## 2. En het bleef regenen...

*De laatste jaren kreeg Vlaanderen geregeld te maken met wateroverlast. Vaker dan ooit tevoren, zo lijkt het wel. Toch zijn overstromingen een natuurlijk verschijnsel en van alle tijden. Het heeft dan ook weinig zin overstromingen tot elke prijs te willen vermijden. Wel kunnen we proberen om de schade die overstromingen aanrichten tot een minimum te beperken. Om meer inzicht te krijgen in het complexe gedrag van waterlopen, doet het moderne waterbeheer een beroep op wiskundige modellen.*

### 2.1. Wateroverlast in Vlaanderen

Overstromingen en wateroverlast vormen een onderwerp dat wellicht altijd actueel zal blijven. Iedereen herinnert zich de overstromingen in het IJzer- en Maasgebied tijdens de winter van 1993-1994 en 1994-1995. Spectaculaire neerslagbuien zorgden in de nazomer van 1998 voor zware overstromingen in het Nete- en Demerstroomgebied; in het najaar van 1999 kwamen grote delen van de Leie- en de Denderstreek onder water te staan. Ook tijdens de jaarwisseling 2002-2003 haalde de wateroverlast op diverse plaatsen in Vlaanderen weer het nieuws.

Overstromingen zijn een natuurlijk fenomeen. Onder extreme weersomstandigheden hebben rivieren immers ruimte nodig om de overmaat aan neerslag kwijt te raken. Dat de schadelijke gevolgen van overstromingen significant zijn, is een uitgemaakte zaak. Eén van de redenen is de dichte bebouwing in Vlaanderen, ook meer en meer in de nabije omgeving van de rivieren.

Verder worden er ook veranderingen in het weerpatroon voor onze streken verwacht. Zo zal de hoeveelheid en de intensiteit van de neerslag wijzigen, en wordt ook een stijging van de zeespiegel verwacht. Sommige onderzoekers voorspellen zelfs dat de zeespiegel over honderd jaar met 60 centimeter gestegen zal zijn.

Dijkdoorbraak te Moerzeke, 1976.



## 2.2. Van bescherming tegen water naar bescherming tegen schade

Tot voor kort werd de strijd tegen wateroverlast gevoerd vanuit de overweging dat zo weinig mogelijk land mocht overstromen. Daarom werden er hoge dijken gebouwd, liefst zo dicht mogelijk bij de rivier. Vlaanderen en Nederland waren op dat vlak een voorbeeld voor alle waterrijke landen. Nieuwe ontwikkelingen in het waterbeheer zorgen voor een andere, natuurlijkere kijk op waterlast. Het uitgangspunt is dat overstromingen eigen zijn aan de natuur en altijd zullen blijven voorkomen. Overstromingen worden daarom niet meer tot elke prijs bestreden. Het minimaliseren van de schade staat voorop. Deze aanpak is ook vanuit maatschappelijke redenen ingegeven: 100 % bescherming tegen overstromingen is maatschappelijk en economisch gezien immers niet verantwoord.

Dijkherstel Ruisbroek, januari 1976.



De schade die overstromingen aanrichten, blijkt in vele gebieden eerder beperkt te zijn. In natuurgebieden kunnen overstromingen zelfs positieve effecten hebben. In dichtbevolkte gebieden moeten overstromingen dan weer absoluut worden vermeden. Overstromingen moeten in de toekomst dus zo gecontroleerd mogelijk gebeuren, op plaatsen waar de schade minimaal is.

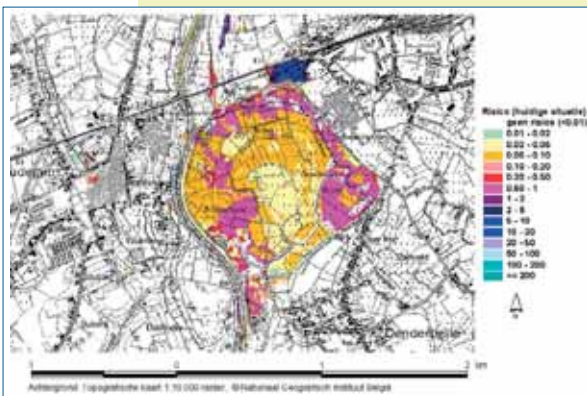
In de gebieden bovenstrooms wordt het probleem aan de bron aangepakt door overtollig water zoveel mogelijk ter plaatse vast te houden. Deze brongerichte aanpak vergt vooral kleinschalige maatregelen (afkoppelen van regenwater, verhogen van infiltratie, herwaarderen van grachten,...). Langs de rivieren zoeken we bovendien naar extra buffering in de natuurlijke overstromingsgebieden. De overstromingen worden afgeleid naar gebieden waar het water de minste schade berokkent. Ook de bijkomende bescherming tegen wateroverlast, zoals wachtbekkens, sluisen en pompstations, wordt afgestemd op de schade.

### Het Veiligheidsniveau Vlaanderen

In het verleden werden maatregelen tegen wateroverlast, zoals een hogere bedijking, vooral door de ervaring en de gevolgen van recente overstromingen ingegeven. Iedere waterbeheerder nam op basis van eigen inzichten

maatregelen waar de nood het hoogst was. In Vlaanderen zijn daardoor bepaalde gebieden beter beschermd tegen overstromingen dan andere. Vooral die gebieden die recent door de overstromingen geteisterd werden, kregen immers meer aandacht.

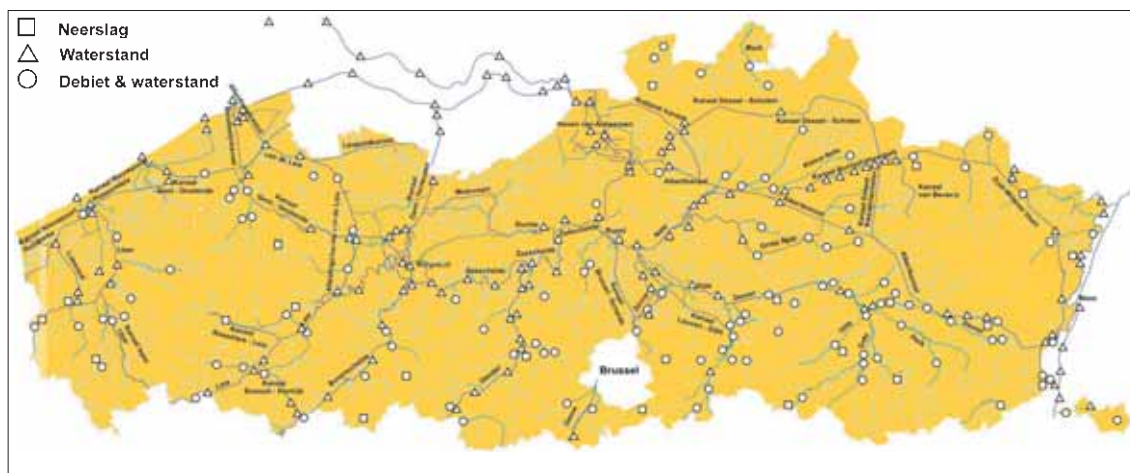
Het HIC heeft voor alle gebieden langs de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen overstromingskaarten ontwikkeld en de bijhorende schade voor de gebieden berekend. Op basis van deze informatie worden overstromingsrisicokaarten opgesteld. Deze geven een combinatie weer van de kans dat een overstroming zich voordoet en de schade die ermee gepaard gaat. Op basis van deze kaarten kunnen de beleidsverantwoordelijken voor Vlaanderen een maatschappelijk verantwoorde bescherming van heel Vlaanderen tegen wateroverlast nastreven en waterbeheersplannen uitwerken. Het Veiligheidsniveau Vlaanderen vormt dan een solide basis om de verdere aanpak en maatregelen uit te stippelen.



Risicokaart van de Dender ter hoogte van het Denderbellebroek, opgemaakt door UGent in samenwerking met het HIC.

## 2.3. Overstromingen zien aankomen

Hydrologische metingen in Vlaanderen.



Om overstromingen te zien aankomen of te voorspellen, zijn gegevens uit het verleden heel nuttig. Door statistische analyses op historische tijdreeksen kunnen we evoluties van waterstanden en debieten in de loop van de tijd zichtbaar maken. Om zo de risico's op een min of meer betrouwbare manier in te schatten is echter om statistische redenen een grote hoeveelheid gegevens nodig. Onze voorraad aan gegevens uit het verleden is vrij beperkt. De continue registratie op papier van waterstanden en debieten dateert van 1967. Voorheen werd eerder sporadisch gemeten en bijvoorbeeld de waterstand handmatig genoteerd. De technieken voor het meten en registreren van waterstanden en debieten op waterlopen (limnimetrie) zijn de laatste vijftig jaar sterk geëvolueerd; van een meer recent verleden zijn er dus al heel wat meer gegevens digitaal beschikbaar.

Vandaag registreert het limnimetrisch meetnet van het HIC waterstanden en debieten op meer dan 100 goed uitgeruste meetstations op de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Dit meetnet wordt continu onderhouden, verder uitgebreid en geautomatiseerd. Het HIC verzorgt ook de operationele werking en de kwaliteitscontrole van het meetnet van de onbevaarbare waterlopen van eerste categorie (AMINAL, afdeling Water). De meeste meetstations zijn tegenwoordig uitgerust met teletransmissie: een centrale module belt de stations elke vijftien minuten op om de data op te halen. Een hydroloog van het HIC bekijkt dagelijks de grafieken van de waterpeilen en debieten die elke meetpost heeft doorgeseind.

De HYDRA-databank staat permanent in contact met de meetposten op het terrein.



Het HIC beschikt ook over een uitgebreide gegevensbibliotheek, de HYDRA-databank, waarin alle relevante gegevens over de bevaarbare waterlopen worden bewaard: waterpeilen en debieten, maar ook data over de getijden, over de neerslag, gegevens over stuwen,... Via een module op het internet zijn deze gegevens ook beschikbaar voor het grote publiek.

De HYDRA-databank op het web



HYDRA op het web.

Het HIC verzamelt alle hydrologische gegevens die voor de bevaarbare waterlopen in Vlaanderen van belang zijn in één databank: HYDRA.

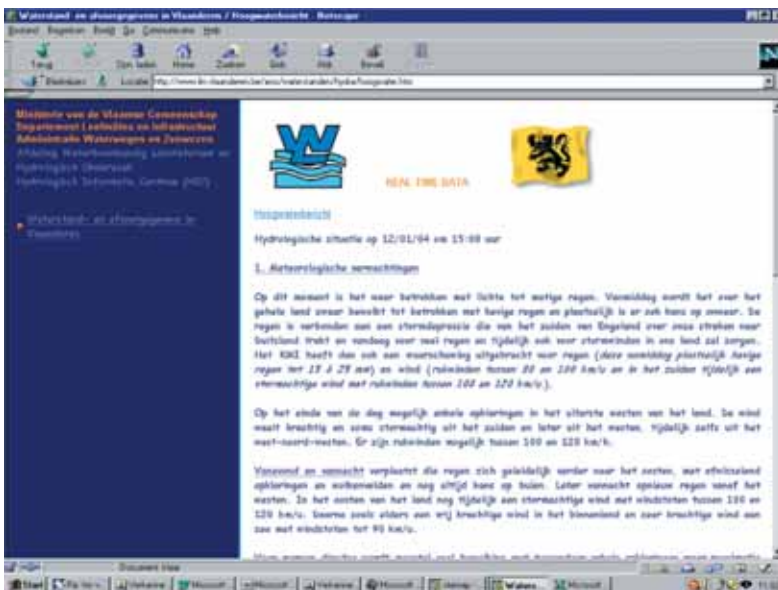
HYDRA kan door iedereen geraadpleegd worden via <http://hydra.lin.vlaanderen.be>. Deze databank is ook een krachtig gebruiksinstrument voor de medewerkers van het HIC zelf.

Professionele gebruikers kunnen (maximum en minimum) waterstanden, debieten, neerslaggegevens, coördinaten van de meetstations, Qh-krommes (waarmee uit de waterstand het debiet kan worden afgeleid) en metadata over het meetstation (meetmethode, geschiedenis van het meetstation,...) opvragen. Voor deze en andere vragen kunnen ze ook terecht bij [hic@vlaanderen.be](mailto:hic@vlaanderen.be).

## 2.4. Het permanentiesysteem van het HIC: kort op de bal

In uitzonderlijke meteorologische omstandigheden kan er voor bepaalde locaties of gebieden overstromingsgevaar dreigen. Voor deze gebieden is het van belang dat er permanent informatie beschikbaar is over de te verwachten evoluties. Om deze behoefte in te vullen heeft het HIC dan ook een permanentiesysteem uitgebouwd. Bewoners van risicogebieden willen immers tijdig weten of er opnieuw dreiging is. Hulpdiensten moeten zo snel mogelijk ter plaatse geraken om voorzorgen te nemen, de schade te beperken of de bewoners te evacueren.

Verspreiding van een hoogwaterbericht via internet.



In normale omstandigheden is er een permanentie voorzien voor het uitvoeren van de controletaken. Om onrustwekkende situaties tijdig te herkennen, werden door de terreinbeherende instanties waak- en alarmpeilen vastgelegd. Eens de waakpeilen bereikt, is er een verhoogde waakzaamheid: de toestand wordt meermaals per dag opgevolgd en drie maal per dag wordt een hoogwaterbericht opgemaakt. Bereikt het water in een rivier het alarmpeil, dan wordt het voorspellingscentrum van het HIC doorlopend bemand. Het centrum is dan voortdurend in communicatie met het KMI en er worden ook metingen en voorspellingen uitgewisseld met Nederland, Wallonië en Frankrijk. De frequentie van de hoogwaterberichten

wordt dan opgetrokken tot vijf maal per dag.

De informatie die via het meetnet beschikbaar is, wordt samen met de weersvoorspellingen (neerslag, wind) gebruikt om verwachtingen op te maken voor de waterstanden en debieten in de rivieren. Deze verwachtingen worden opgemaakt door een hydroloog, die een diepgaande kennis heeft van het afvoergedrag van de Vlaamse rivieren. Het HIC stuurt deze verwachtingen door naar het RIS (River Information Services). Het RIS fungeert als informatie- en communicatiecentrum bij wateroverlast: ze informeren alle nodige diensten zoals de brandweer, de civiele bescherming en de burgemeesters of provinciegouverneurs. Ook het Crisiscentrum van het Ministerie van Binnenlandse Zaken wordt op de hoogte gebracht en zorgt bij extreme crisissen voor de coördinatie, informatieverzameling en gegevensverspreiding naar de bevolking.

Deze hoogwaterberichten zijn in periodes van dreigende wateroverlast ook beschikbaar op de webpagina van het HIC (<http://hydra.lin.vlaanderen.be>).



# 3. Laagwater: probleem van nu en morgen

*Ondanks ons natte weer steekt in Vlaanderen het probleem van lage waterafvoeren nu en dan de kop op. De Gemeenschappelijke Maas tussen Vlaanderen en Nederland, het Albertkanaal en de Kempische Kanalen zijn de plaatsen bij uitstek waar zich tijdens droge periodes problemen met laagwater voordoen. Maar ook in andere rivieren, zoals de Leie en de Bovenschelde, zijn de gevolgen van een lange droge periode voelbaar. Laagwater brengt duidelijk gevolgen met zich mee voor de scheepvaart, maar ook voor de natuur, de industrie en de landbouw. Het is dan ook logisch dat de waterbeheerders de zorg voor een optimaal beleid en beheer bij laagwater op zich nemen.*

## 3.1. Watertekort in Vlaanderen

Laagwater is in Vlaanderen geen zeldzaamheid. Tijdens extreem droge jaren - vooral op het einde van een droge zomer en in het najaar - bereikt het water in heel wat Vlaamse rivieren verontrustend lage peilen. Droge warme zomers putten de watervoorraad in het stroomgebied en de grondwaterreservoirs uit. Zeker als de aanvulling van het grondwater gedurende de vorige winter beperkt was, kan dit ernstige watertekorten veroorzaken.

Veel Vlaamse bevaarbare waterlopen zijn niet alleen druk bevaren vaarroutes, maar leveren ook water aan tal van gebruikers: industrie, drinkwaterproductie, landbouw,... Een hoeveelheid water verdwijnt door verdamping. Ook is er bij sluizen een aanzienlijke hoeveelheid schutwater nodig om de schepen te verschutten. Bovendien is er op een aantal plaatsen ook een debiet nodig voor het terugdringen van zout water. Tot slot is water nodig voor recreatie en voor het doorspoelen van lozingen.

Voor een aantal plaatsen heeft Vlaanderen met Nederland een verdrag gesloten waarmee de verdeling of toevoer van water tijdens lage afvoeren wordt geregeld. Zulke verdragen bestaan voor de Gemeenschappelijke Maas en voor het Kanaal Gent-Terneuzen en zijn sterk bepalend voor de beschikbaarheid van water in Vlaanderen.

Laagwater is dus wel degelijk een niet te verwaarlozen probleem voor Vlaanderen.

Recreatie aan de Spaanjerd in Ophoren.



### Laagwater en verdroging in Vlaanderen, een reëel fenomeen

Sinds eeuwen kampen Vlaanderen en Nederland periodiek met een teveel aan water. De menselijke ingrepen concentreerden zich dan ook volop op de snelle afvoer van dit overtollige water naar zee. Waterlopen werden rechtgetrokken en verdiept, afvoerkanalen werden aangelegd, schorren volledig bedijkt en ingepolderd. Samen met de verregaande verharding verhinderen deze ingrepen dat het regenwater in de bodem dringt en zorgen ze ervoor dat ook niet-overtollig water wordt afgevoerd naar zee. De laatste decennia ging bovendien het verbruik van water snel omhoog.

Problemen met laagwater in een aantal rivieren en verdroging in de valleien zijn hiervan het gevolg. Als het waterpeil van onze bevaarbare waterlopen te sterk zakt, kan dat directe gevolgen hebben voor de drinkwatervoorziening, de scheepvaart, de natuur of de beschikbaarheid van proceswater voor landbouw en industrie. Een langdurige laagwaterstand gaat bovendien gepaard met lagere grondwaterstanden in de vallei. En een periode van laagwater kan ook gevolgen hebben voor de waterkwaliteit. In periodes van lage afvoer zal de concentratie aan vervuilende stoffen in de rivier veel groter zijn dan in periodes van hoge afvoer. Door een verslechtering van de waterkwaliteit daalt de hoeveelheid bruikbaar water. Op termijn kunnen industrie, landbouw en drinkwaterproductie hiervan gevolgen onderkennen. Op de bevaarbare waterlopen stelt zich bovendien het probleem van de belemmering van de scheepvaart en het gevaar op de zoutwaterindringing ter hoogte van overgangen van zout naar zoet water (bijvoorbeeld ter hoogte van de monding van het Albertkanaal in de Antwerpse havendokken).

## 3.2. Naar een uniforme aanpak voor Vlaanderen

Gemeenschappelijke Maas te Maaseik, zomer 2003.



Door waar mogelijk watertekorten te voorkomen en het beschikbare water in laagwaterperiodes zo rationeel mogelijk te gebruiken, kunnen we de ecologische en economische schade van droogte sterk beperken. Tegenover hoogwater heeft een laagwatersituatie het voordeel dat ze beter voorspelbaar is en minder complex: het water daalt geleidelijk, zonder plotse pieken of dalen. Een nadeel is dat deze periodes veel langer duren dan een hoogwaterperiode. Voor het overige loopt de aanpak gelijk met die van hoogwaterbestrijding: de waterbeheerders tijdig waarschuwen, te werk gaan volgens één methodologie voor alle relevante waterwegen en de verschillende belangen afwegen onder meer op basis van een maatschappelijke discussie en een kosten-batenanalyse.

Een bewust laagwaterbeheer kan onder andere door een beperking van de onttrekkingen, een actief peilbeheer en een vergroting van de berging van het oppervlaktewater. Mogelijke maatregelen zijn het herintegreren van de van nature natte gebieden in het watersysteem, het gebruik van wachtbekkens, het beperken van de verliezen aan de sluizen en stuwen, het terugpompen van schutwater, het aanspreken van drinkwaterreserves uit spaarbekkens in droge periodes en het opleggen van waterbesparingen voor industrie, landbouw en bevolking.

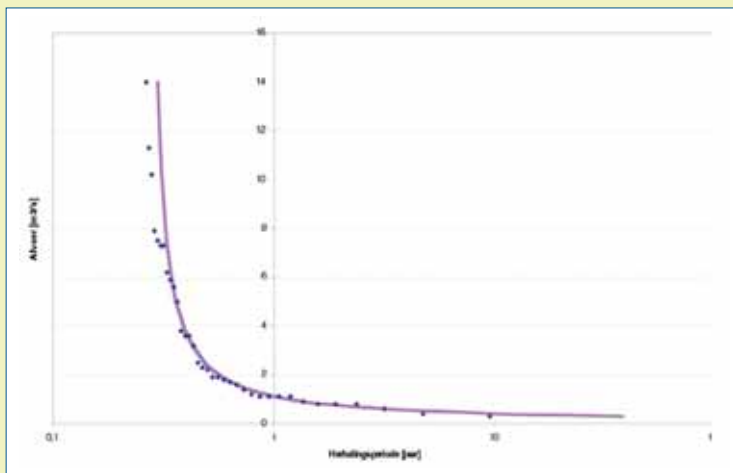
Industriële lozing langs de Gemeenschappelijke Maas.



## Methodologie voor laagwater

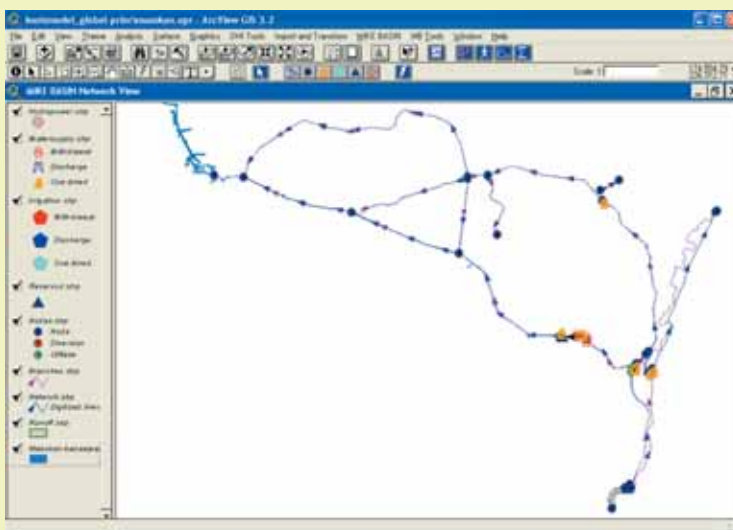
Er is een methodologie uitgewerkt om de laagwaterproblematiek in alle waterlopen waar zich problemen voordoen op dezelfde manier aan te pakken. Per rivier is een inventaris opgemaakt van de waterstromen van en naar andere rivieren en kanalen, de bestaande verdragen met bijvoorbeeld Nederland en alle punten waar water afgenomen of geloosd wordt. Vervolgens wordt met elke groep van watergebruikers bekeken wanneer zij problemen ondervinden en welke voor hen de mogelijke oplossingen zijn.

Al die gegevens worden aan alle watergebruikers samen voorgelegd om uiteindelijk tot oplossingen te komen die het grootste draagvlak en het meeste effect hebben. Dat hangt ook af van het soort rivier: op weinig bevaren rivieren zal de scheepvaart uiteraard minder gewicht in de schaal werpen dan op drukke waterwegen.



Statistische analyse van laagwaterdebieten.

Het verwerken van al deze gegevens gebeurt volgens een algemene methodologie, naar analogie met de schadebepaling voor hoogwatersituaties. Net als bij hoogwaterscenario's kan het HIC dan via simulaties evalueren of de voorgestelde oplossingen werkelijk haalbaar zijn en op welke manier ze het best worden uitgevoerd: heeft het echt het beoogde effect om het water aan een sluis stroomopwaarts weer bij te pompen? En wanneer is het nuttig om het opgepompte debiet op een rivier te beperken? Wat zijn de kosten en de baten van deze maatregelen?



Waterbalansmodel Albertkanaal en Kempische Kanalen, model opgemaakt door UA in samenwerking met het HIC.

# 4. Modellen, onmisbare tools voor het waterbeheer

*De laatste jaren zijn krachtige computermodellen op de markt, die het afvoer- en overstromingsgedrag van de waterlopen in kaart brengen. Het HIC heeft dergelijke riviermodellen ontwikkeld voor alle bevaarbare waterlopen in Vlaanderen. Met de resultaten van deze op maat van de rivier gesneden modellen zoeken de waterbeheerders naar realistische oplossingen voor de hoog- en laagwaterknelpunten in Vlaanderen.*

## 4.1. Modellen in het waterbeheer

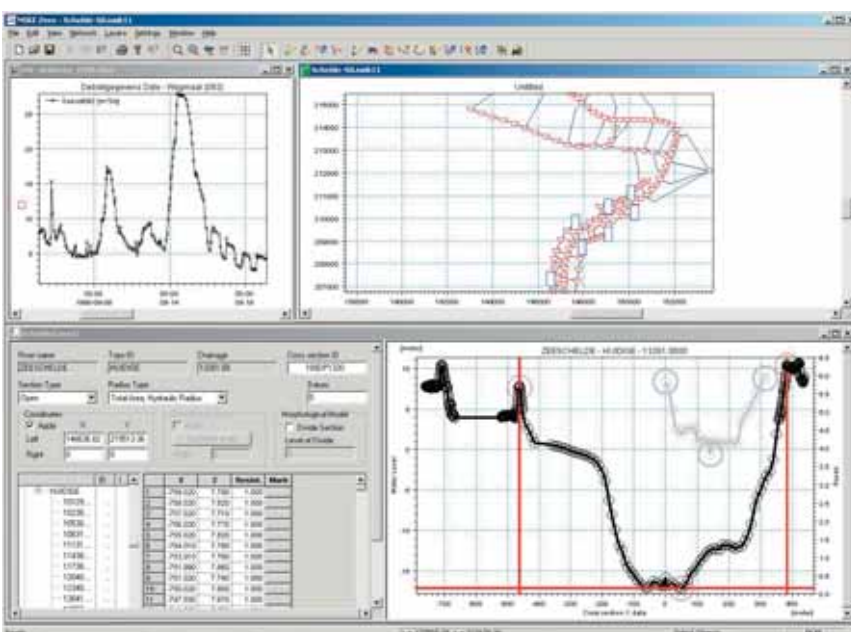
Met de ontwikkeling van wiskundige modellen, die het stromingsgedrag van de rivieren nabootsen, zijn de mogelijkheden om overstromingen te voorspellen de laatste jaren aanzienlijk verruimd. Intussen zijn deze computermodellen uitgegroeid tot onmisbare hulpmiddelen voor het waterbeheer.

De computer vertaalt de beschikbare metingen van neerslag in waterstanden en debieten aan de hand van formules waarmee het gedrag van de stroom gesimuleerd en bestudeerd kan worden. Dit stelt ons in staat om uitspraken te doen over waterstanden en debieten, om te evalueren welk effect een bui met een zekere intensiteit op het waterpeil zal hebben en wat het resultaat zal zijn van een uitgedachte ingreep.

Naast de modellen zijn ook luchtfotografie en teledetectie belangrijke tools voor de waterbeheerders. De voorspellingen van de modellen zijn immers maar betrouwbaar als ze gevoed worden met juiste

basisgegevens zoals de kenmerken en afmetingen van de waterloop, het winterbed en de aangrenzende, laaggelegen (en dus potentieel overstroombare) gebieden. Nauwkeurige gegevens over de hoogteligging zijn dus cruciaal. Samen met het OC GIS Vlaanderen en AMINAL Afdeling Water liet het HIC voor heel Vlaanderen daarom een Digitaal Hoogtemodel (DHM) opmaken. Aan de hand van luchtfotografie en laserscanning werd een gedetailleerde hoogtekarta van Vlaanderen opgemaakt, die toelaat mogelijke overstromingsgebieden beter af te bakenen.

**Model van het getijgebied van de Schelde, opgemaakt door IMDC, in opdracht van Afdeling Zeeschelde.**



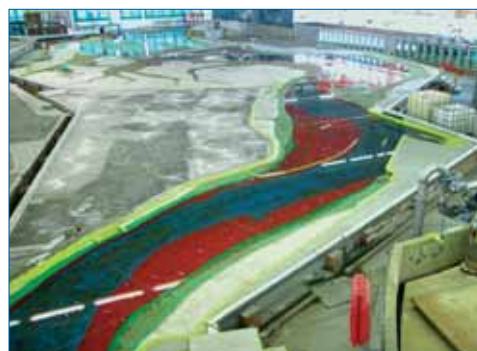
## 4.2. De kracht van een model

Hydraulische modellen bestaan al langer dan vandaag. In het verleden werd meestal gewerkt met gedetailleerde schaalmodellen van een rivierbed: een soort maquettes die de bedding van de rivier weergaven. Daarnaast bestonden er ook al rudimentaire versies van computermodellen.

De verregaande automatisering van de hydraulische modellen is echter van recentere datum. Waren de hydraulische riviermodellen tot een aantal jaren geleden nog vaak maquettes, dan worden ze nu gegenereerd door krachtige computers. Die computermodellen bieden als groot voordeel dat ze relatief eenvoudig aan te passen zijn in vergelijking met schaalmodellen. Verandert een rivierbed of komt er ergens een stuw bij, dan volstaan een aantal dagen tot weken werk om het model aan de nieuwe situatie aan te passen. Het is niet nodig de hele maquette te veranderen, maar alleen de cijfers in de onderliggende databank.

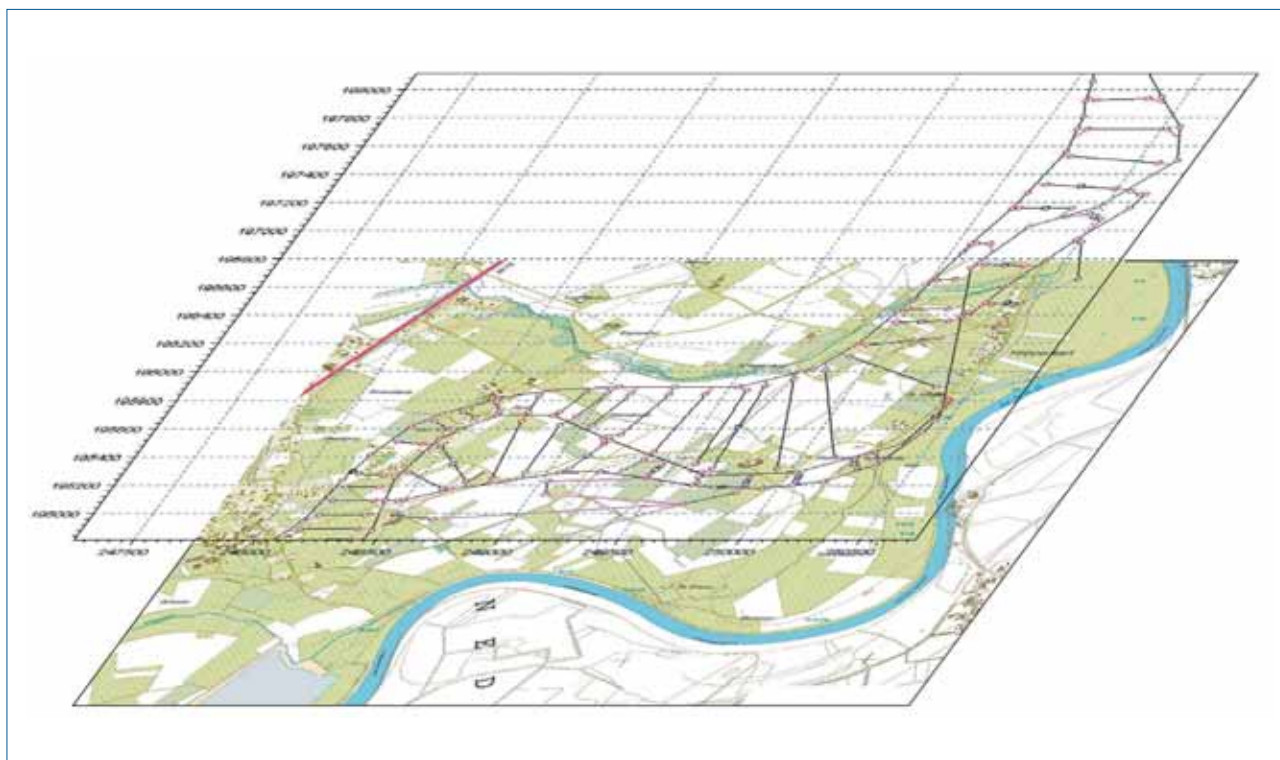
Een hydraulisch computermodel heeft bovendien voldoende rekenkracht om veel verschillende situaties te verwerken. Bijvoorbeeld welke invloed een plotse stortbui of een storm op zee heeft op het waterpeil in de rivier. Of hoe de rivier reageert als er een stuw wordt bijgeplaatst, of als de afvoer van een zijrivier fors stijgt. Ten slotte kunnen hydraulische en hydrologische modellen met elkaar worden verbonden en gaat de modelrivier het gedrag van de echte rivier nog beter benaderen.

Omwille van de flexibiliteit en de snelheid waarmee resultaten bekomen kunnen worden, vormen computermodellen een krachtig hulpmiddel in het waterbeheer. Ze zorgen voor een schat aan informatie die ondersteuning moet bieden bij het maken van de juiste keuzes om bijvoorbeeld wateroverlast op een welbepaalde locatie aan te pakken. Dat neemt echter niet weg dat voor bepaalde detailstudies de 'oude' schaalmodellen nog nuttig kunnen zijn.



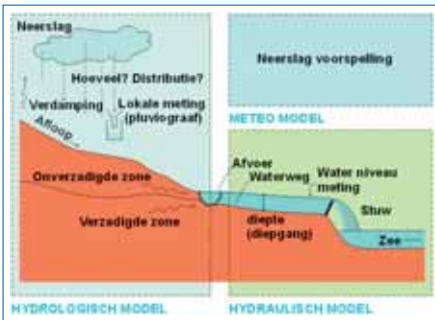
Schaalmodel van de Schelde, Waterbouwkundig Laboratorium.

Schema van het wiskundig model van de Gemeenschappelijke Maas, model opgemaakt door het HIC.



## 4.3. Hydrologie en hydraulica: een kijk op waterlast

Verskil tussen hydrologische en hydraulische modellen.



Het hydrologische model beschrijft hoe de neerslag via een netwerk van grachten, beken en zijstromen en de ondergrond in de waterloop terecht komt. Rekening houdende met de precieze afmetingen, de hoogte van de oevers, de aanwezige constructies en de mogelijke hindernissen duidt het hydraulische model aan onder welke omstandigheden en op welke plaatsen de rivier overstroomt.

Het verband tussen de meteorologische omstandigheden en de kans op een overstroming kan niet zo maar rechtlijnig berekend worden. Het water valt onder vorm van neerslag op de oppervlakte van het stroomgebied en wordt door een complex netwerk van grachten, beekjes en zijlopen en ook via de ondergrond naar de rivier afgevoerd. Wanneer we bijvoorbeeld willen weten hoe het waterpeil in de Dender verandert als gevolg van een hevige bui, moeten we dus eerst het debiet kennen dat elke zijstroom afzonderlijk bijdraagt aan het debiet in de rivier zelf. Het is juist het verband tussen neerslag en debiet voor de verschillende zijstromen dat het resultaat is van de hydrologische berekeningen en dat zal gebruikt worden om uiteindelijk de waterstanden in de Dender zelf te gaan bepalen.

Om een juiste hydrologische berekening te kunnen maken is het ook belangrijk om de voorgeschiedenis te kennen: heeft het vooraf veel geregend en is de bodem verzadigd, of volgt de nieuwe regenbui op een lange, droge periode, zodat een groot deel van de neerslag in de bodem kan dringen?

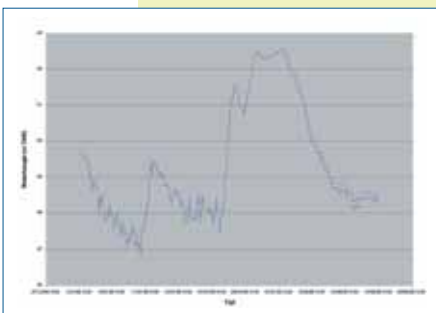
### Modellering stap voor stap

De opbouw van de riviermodellen gebeurt in verschillende fasen. Eerst wordt een aantal meetcampagnes uitgevoerd waarmee een rivierbed bijvoorbeeld om de 50 meter gedetailleerd wordt opgemeten. Het lengteprofiel van de waterloop, de vorm van de bedding, de ligging van de oevers en dijken, de stuwen, sluzen, bruggen en het watergebruik (lozingen, onttrekkingen, ...) worden samen met een digitaal hoogtemodel van de omgeving ingevoerd in een computermodel.

In een tweede fase wordt het riviermodel gevoed met de hydrologische gegevens uit de HYDRA-databank. Daar komt heel wat ijk- en controlewerk aan te pas: de waterpeilen en debieten die het model berekent, worden vergeleken met de

werkelijk gemeten peilen en debieten. Zijn er verschillen, dan wordt uitgezocht waaraan die te wijten zijn en wordt het model bijgesteld zodat het de werkelijkheid zo dicht mogelijk benadert. Pas als die ijkingsfase goede resultaten geeft, kan het model effectief worden gebruikt om simulaties uit te voeren. De effecten van een ingreep op de waterstanden kunnen dan worden nagebootst en vergeleken met de situatie zonder ingreep. Op deze manier kan bijvoorbeeld geëvalueerd worden wat de invloed is van het aanleggen van een wachtbekken, het vernieuwen van een stuw of het ruimen van de rivierbedding.

Daarna moet het model ook regelmatig worden onderhouden. Nieuwe sluzen en verhoogde dijken moeten worden ingebracht zodat het model de bestaande toestand blijft weerspiegelen. Dat geldt ook voor tijdelijke ingrepen: als door langdurige werken een stuw buiten gebruik is, kan dat het waterpeil sterk beïnvloeden. Voor de duur van de werken wordt die stuw dan in het model gedeactiveerd.



Ijkingsresultaten van het model van de Gemeenschappelijke Maas.

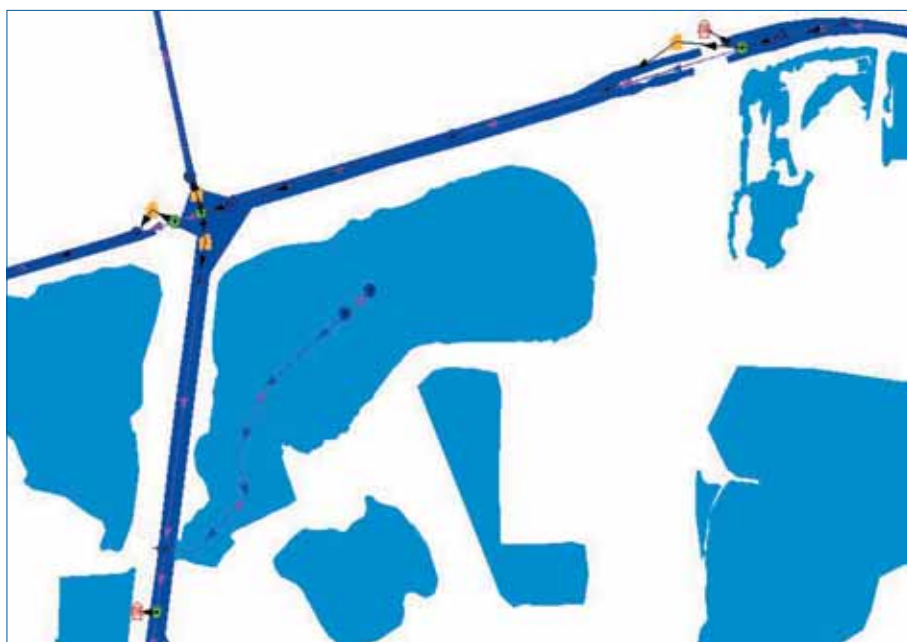
## 4.4. Numerieke modellen voor de Vlaamse waterlopen

In Vlaanderen zijn voor alle bevaarbare waterlopen en voor de belangrijkste onbevaarbare waterlopen geïjkte hydraulische en hydrologische modellen beschikbaar. De modellen geven niet alleen de rivier zelf weer, maar ook de hoogte van de omgeving, zodat duidelijk wordt tot hoever het water reikt bij eventuele overstromingen.

## 4.5. Modellen en laagwater

Riviermodellen kunnen ook ingezet worden om te evalueren of voorgestelde oplossingen in het kader van laagwaterbeheer haalbaar zijn en op welke manier ze het best worden uitgevoerd. Aan de hand van een model kunnen de waterbeheerders bijvoorbeeld nagaan hoe de sturing van een kunstwerk het laagwater beïnvloedt. Hoe evolueert het waterpeil als er schutwater wordt teruggepompt? Is het zinvol water tijdens nattere periodes vast te houden in spaarbekkens? Bij de modellen, die voor laagwatertoepassingen worden gebruikt, ligt de nadruk meer op de waterbalans: welk water gaat er uit het systeem? Waar komt er water bij? Welke gebruikers zitten er langs de rivier en hoeveel water vragen die? De resultaten van deze modellen geven een overzicht van de verschillende watergebruikers in en langs de rivier, en van de watertekorten die ze tijdens de berekende periode moeten ondervinden.

Na onderzoek van de effecten van de voorgestelde maatregelen op waterstanden en debieten en voor de watergebruikers wordt de kosten-baten verhouding ervan berekend. Tegelijk wordt ook een maatschappelijke discussie aangegaan. Met deze informatie kunnen de meest geschikte maatregelen gekozen worden. Om deze aanpak meer slagkracht te geven, zijn samenwerking en overleg met de andere spelers in de watersector noodzakelijk.



### LEGEND

- ▲ Reservoir
- Watersupply
- ⊕ Withdrawal
- ⊕ Discharge
- ⊕ Combined
- Nodes
- Node
- Diversion
- Offtake
- Branches

Waterbalansmodel Albertkanaal en Kempische Kanalen - detail, model opgemaakt door UA in samenwerking met het HIC.

# 5. Van studiemodel naar voorspellingsmodel

*Recente periodes met wateroverlast hebben de nood aan betrouwbare voorspellingen nog maar eens duidelijk gemaakt. Voorspellingsmodellen laten toe om dagelijks, en in periodes van crisis continu, te informeren over gemeten en te verwachten waterpeilen en debieten in de bevaarbare waterlopen. Voor het uitvoeren van deze taak worden de beschikbare studiemodellen van de waterlopen omgevormd tot voorspellingsmodellen: door de modellen te koppelen aan de hydrologische databank, kunnen ze steeds met de meest recente gegevens rekenen. Voor het getijdengebied van de Schelde en voor Dender, Demer, Leie, Bovenschelde, IJzer en Maas zijn de on line voorspellingsmodellen klaar voor gebruik.*

## 5.1. Van sporadisch naar continu

Momenteel worden er drie maal per dag verwachtingen opgemaakt zodra op een meetstation het waakpeil wordt overschreden. Bij ernstige situaties, wanneer op één of meerdere stations het alarmpeil overschreden wordt, voorspelt het HIC tot vijfmaal per dag hoe hoog het water zal komen op de rivieren die het alarmpeil hebben bereikt, welke plaatsen het het hardst te verduren zullen krijgen en hoe de toestand zal evolueren.

Op rivieren waarvan al een operationeel voorspellingsmodel bestaat, berekent het model de verwachte waterpeilen en debieten voor een periode van 48 uur. Die methode is preciezer dan een empirische bepaling, maar evenmin zonder gevaar. Ze hangt immers onder meer af van neerslagvoorspellingen die zelf ook een bepaalde onzekerheid hebben.

Dender te Ninove, 4 januari 2003.  
Bron: W&Z, afdeling Bovenschelde.



Met de nieuwe on line modellen worden de voorspellingen volledig geautomatiseerd uitgevoerd. Het is wel van belang dat iemand met kennis van zaken de resultaten altijd interpreteert. Ook als er geen waak- of alarmpeilen zijn bereikt, voorspelt het HIC de peilen en debieten voor de volgende 48 uur. De voorspellingen worden continu geijkt en bijgesteld aan de hand van de uiteindelijke metingen. Er is ook een koppeling voorzien met de modellen van de Noordzee en de kust. Eens dit systeem goed ingelopen, zullen de voorspellingen kunnen geraadpleegd worden op <http://hydra.lin.vlaanderen.be>.

Momenteel worden ze verwerkt in hoogwaterberichten, die op deze webpagina beschikbaar zijn eens de waak- en alarmpeilen in de rivieren bereikt worden.

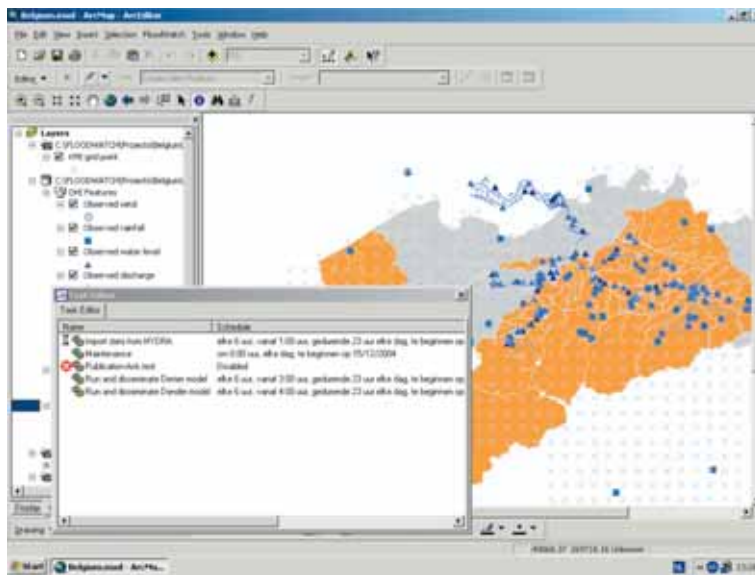


## 5.2. Gegevens: alle beetjes helpen

Recente metingen zijn van cruciaal belang in het voorspellingsproces. Alle beschikbare recente metingen zijn beschikbaar via de HYDRA-databank, die in verbinding staat met verschillende meetposten op het terrein die waterstanden, debieten en neerslag meten.

Daarnaast worden ook voorspellingsresultaten gebruikt. Verwachtingen voor neerslag, wind, debieten en waterstanden worden aangeleverd door de meteorologische organisaties en door de opwaartse en afwaartse collega-waterloopbeheerders. Voor een aantal locaties worden ook resultaten gebruikt van eigen voorspellingsmodellen. Zo worden de resultaten van het model van het getijdengebonden deel van het Scheldebekken gebruikt als afwaartse rand voor een aantal voorspellingsmodellen van meer opwaarts gelegen delen.

Naast de actualiteit van de gegevens, is ook hun juistheid van belang. Hoe accurater de gegevens, hoe betrouwbaarder immers de voorspelling.

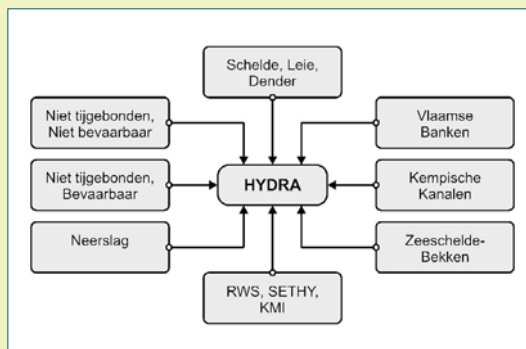


De voorspellingsmodellen vandaag.

### Gegevens met internationale allure

Het HIC gebruikt voor de voorspellingen niet alleen eigen metingen. Ook metingen van waterstanden, debieten, neerslag, windsnelheid en windrichting van andere bronnen kunnen zeer nuttige informatie opleveren. Zowel van Vlaamse gegevensleveranciers, maar ook van Belgische (Koninklijk Meteorologisch Instituut), Waalse, Nederlandse en in de toekomst ook Franse en Britse organisaties worden gegevens verzameld.

De neerslagverwachtingen worden twee keer per dag door het KMI geleverd. Deze verwachtingen zijn de resultaten van een meteovoorspellingsmodel. Voor gans België worden met dit model berekeningen gemaakt voor punten, die met een tussenafstand van 7 km uit elkaar liggen. Bij elke voorspelling wordt 48 uur vooruit gekeken.



Overzicht van de gegevensbronnen voor HYDRA.

## 5.3. Modellen berekenen verleden, heden en toekomst

Na de gegevensverzameling volgt de tweede stap van de voorspelling. Aan de hand van de verzamelde gegevens wordt het tijdsverloop van de voorbije dagen herrekend met de metingen als randvoorwaarden om de beginwaarden voor de nieuwe voorspelling te schatten. Men noemt dit principe 'hindcast'.

In een derde stap wordt een berekening uitgevoerd van de te verwachten debieten in de beken en bovenlopen met behulp van neerslagvoorspellingen en hydrologische modellen.

Samen met de resultaten van andere voorspellingsmodellen worden deze debieten gebruikt als randvoorwaarden voor de nieuwe voorspelling met het hydraulische model.

## 5.4. Klaar? Start!

Het model berekent op basis van neerslag- en windvoorspellingen op verschillende plaatsen langs de rivier de te verwachten waterstanden en debieten. Daarnaast worden eventueel ook bijkomende voorspellingen uitgevoerd met hogere en lagere neerslagdata dan de voorspelde.

In de berekeningen zit een modelbijsturing vervat die de afwijkingen tussen de metingen en de berekeningen tijdens de hindcastperiode detecteert en minimaliseert. Deze correctie wordt ook gebruikt om de voorspellingsresultaten bij te sturen.

De voorspellingsmodellen rekenen verscheidene keren per dag, waarbij telkens de cyclus van gegevensophaling, berekening en publicatie van resultaten wordt doorlopen.

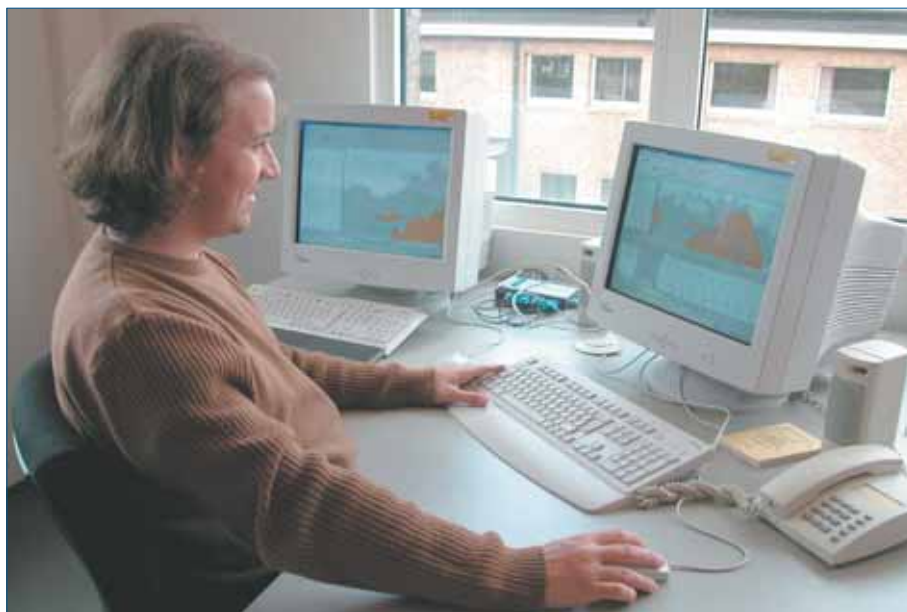
Overstromingen, september 1998.



## 6. Een bruikbaar en actueel model, geen sinecure

*De on line voorspellingsmodellen zijn krachtige hulpmiddelen die het waterbeheer op een hoger niveau getild hebben. Toch blijven deze modellen computertools, waarvan de resultaten nog altijd door de mens moeten gecontroleerd en geïnterpreteerd worden. Om het model bruikbaar te houden, is een continue opvolging en bijsturing nodig. Verbetering van de modelresultaten blijft een aandachtspunt voor het HIC.*

### 6.1. Resultaten interpreteren



De interpretatie van de voorspeller is van groot belang voor de kwaliteit van de verwachtingen.

De laatste stap van het voorspellingsproces is zeker niet de minst belangrijke. De voorspeller bekijkt de resultaten die het model berekend heeft. Vanuit een geografische interface heeft hij zicht op de metingen in grafiek- en tabelvorm, waarin de overschrijdingen van waak- en alarmpeilen duidelijk aangegeven staan.

De resultaten van de computer worden dus niet zonder meer overgenomen. Er wordt gekeken of ze realistisch en betrouwbaar zijn. Ook de interpretatie van de resultaten gebeurt met de nodige omzichtigheid. Niemand is immers gebaat bij te snelle conclusies of overhaaste beslissingen. Anderzijds is het in crisissituaties vaak wel nodig om de betrokken instanties en de bewoners tijdig te informeren. De voorspeller kan het model ook bijkomende voorspellingen laten uitvoeren om het effect van bepaalde maatregelen te simuleren, zoals het sturen van kunstwerken. Ook kan de impact van de neerslag (meer of minder dan voorspeld) op korte tijd nagebootst worden.

## 6.2. Bijsturen, een permanent gebeuren



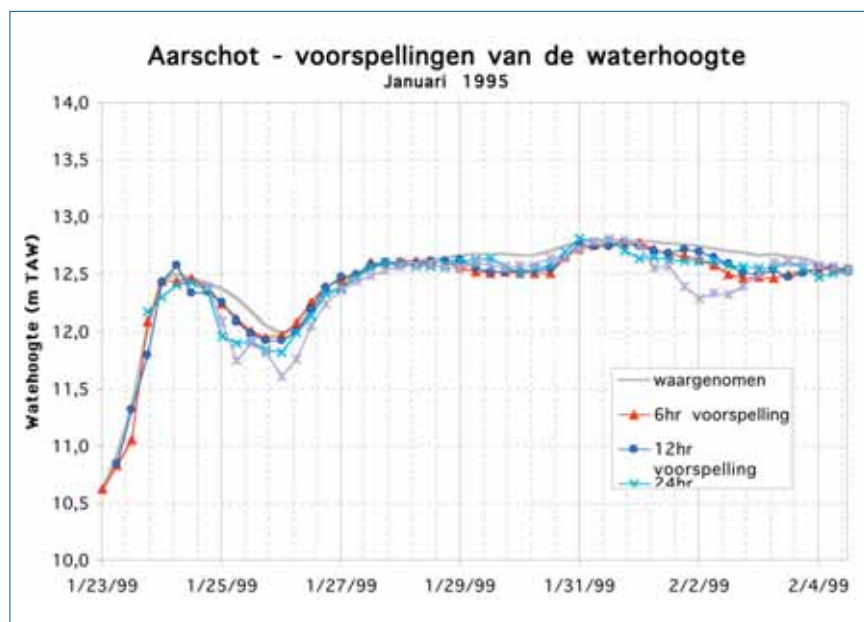
Aanleg van het Gecontroleerd Overstromingsgebied Kruikeke-Bazel-Rupelmonde.

Het inzetten van numerieke modellen vraagt niet alleen het uitvoeren van één of meerdere voorspellingen per dag. Voor de goede werking van een voorspellingssysteem is het zeer belangrijk dat de gebruikte modellen actueel zijn en steeds de huidige toestand op het terrein beschrijven. Permanente actualisatie en optimalisatie van de modellen is dus nodig.

De modellen worden voortdurend verfijnd. Door telkens de gemeten peilen en debieten te vergelijken met de voorspelde, kan het model steeds beter worden afgesteld.

Daarnaast wordt ook voortdurend gezocht naar verbetering van de voorspellingsresultaten. Neerslagvoorspellingen bijvoorbeeld zijn, zeker in een sterk gevarieerd klimaat als het onze, zelden helemaal correct. Om lokale neerslagmetingen te vervangen door gebiedsdekkende neerslaggegevens, wordt de bouw van een nieuwe radartoren voorbereid in samenwerking met het Koninklijk Meteorologisch Instituut.

Kwaliteitscontrole van de voorspellingsmodellen.



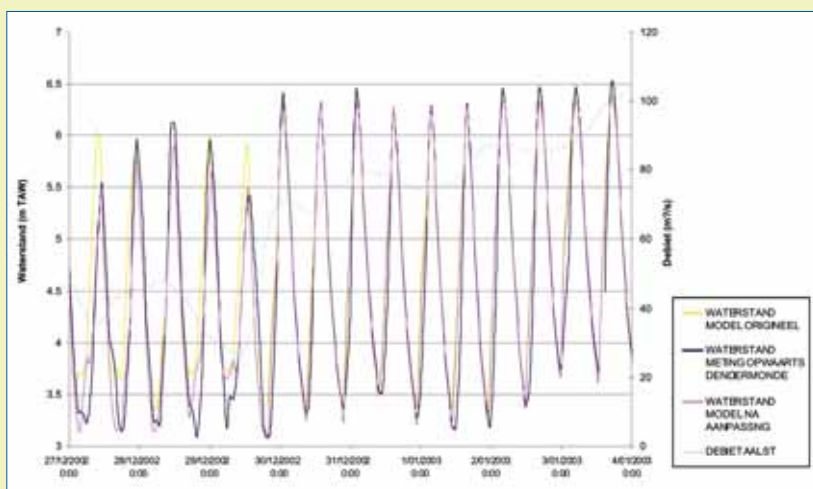
Ook wordt er ingespeeld op evoluties bij de opwaartse en afwaartse waterloopbeheerders. Zo zal bijvoorbeeld de installatie van debietmeters in Frankrijk een grote kwaliteitsverbetering van de voorspelling van de afvoer van de Leie en de Bovenschelde met zich mee brengen.

Ook wordt onderzocht hoe het gebruikte modelinstrumentarium kan verbeterd worden. Vooral voor een juiste voorspelling in het getijdengebied van de Schelde en aan de kust worden de voor- en nadelen van verschillende rekenmodellen bekeken. Het doel is om uiteindelijk te komen tot een toepassing waarbij rekensnelheid en nauwkeurigheid optimaal in evenwicht zijn.

### Bijsturing van het Dendermodel: een voorbeeld

Een eerdere versie van het Dendermodel vertoonde ter hoogte van het stuw- en sluiscomplex in Dendermonde afwijkingen tussen de gemeten en berekende waarden voor hoog- en laagwater. Het hoogwater werd onderschat, het laagwater overschat. Aan de basis van deze afwijkingen lag de manier waarop de sturing van de stuw in het model was opgenomen.

Daarom werden aan de hand van een hoogwaterperiode de regelingen van stuw en sluis verder onderzocht. Hierbij kwamen een paar mogelijkheden voor verbetering aan het licht. De aanpassingen resulteerden in een betere weergave van de gemeten waterstand, opwaarts de stuw van Dendermonde.



# 7. Van de theorie terug naar de praktijk: voorspellingen gebruiken

*Voorspellingsresultaten dienen niet om in de archiefkast te verdwijnen. Ze worden door het HIC volop toegepast in de hoogwaterberichtgeving naar de lokale actoren, de andere betrokken instanties en het publiek.*

## 7.1. Van voorspellingen naar hoogwaterberichtgeving

De on line voorspellingen van het HIC nemen stilaan een belangrijke plaats in in het permanentiesysteem dat het centrum heeft uitgebouwd. Zij moeten immers toelaten om het dreigende wateroverlast in een vroeger stadium te zien aankomen, zodat het waarschuwingssysteem dat de betrokken instanties en de lokale actoren op de hoogte brengt, maar ook burgers en hulpdiensten waarschuwt, eerder in gang wordt gezet.

Snelheid en nauwkeurigheid zijn hierbij de sleutelwoorden. Hoe deze met elkaar te verzoenen, blijft een belangrijke uitdaging voor de toekomst. In crisissituaties is het immers essentieel snel resultaten beschikbaar te hebben. Anderzijds moeten de data nauwkeurig genoeg zijn om bruikbaar te zijn.

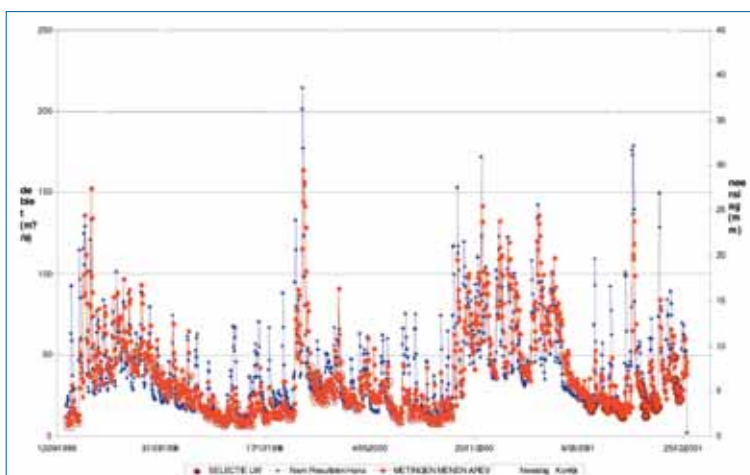
Alle peilvoorspellingen worden systematisch uitgevoerd. Ook als er geen alarmpeilen zijn bereikt, voorspelt het HIC een aantal keer per dag de peilen en debieten voor de volgende 48 uur.



Hulpdiensten in actie tijdens waterlast.

## 7.2. De modellen en hun gebruikers

Resultaten van een laagwatermodel  
opgemaakt door het HIC.



Een overzicht per bekken geeft aan waar  
de waak- en alarmpeilen bereikt zijn.

Het on line voorspellingsmodel van het getijdengebied van de Schelde (Schelde, Rupel, Durme, Dijle, Netes en Zenne) is gebruiksklaar en wordt ook al toegepast in de praktijk. Ook de modellen voor Dender en Maas worden al gebruikt. Het bestaande voorspellingsmodel van de Demer werd verder geoptimaliseerd. Voor de IJzer, de Leie en de Bovenschelde zijn hydrologische voorspellingsmodellen operationeel, die debietverwachtingen berekenen. De bestaande hydraulische modellen voor deze rivieren worden ook stelselmatig klaargemaakt voor voorspellingstoepassingen.

Voor de voorspelling van laagwaterdebieten zijn modellen operationeel voor de Leie, de Bovenschelde, de IJzer en de Maas.

De modellen en hun resultaten zijn vooral bedoeld voor de professionele instanties die betrokken zijn bij het waterbeheer. In de eerste plaats zijn dit de waterloopbeheerders (Vlaamse overheid, provincies, gemeenten) en hulpdiensten. Eens de modellen goed ingelopen zijn, zullen de resultaten van de on line voorspellingen ook via de webpagina beschikbaar worden gesteld voor een breder publiek. Momenteel worden ze verwerkt in hoogwaterberichten, die bij het overschrijden van waak- en alarmpeilen beschikbaar zijn op <http://hydra.lin.vlaanderen.be>.

## 7.3. Welke info en waar?

Actuele waterstanden en debieten (de zogenaamde real time data) zijn door iedereen te bekijken op de website <http://hydra.lin.vlaanderen.be>. Bij het overschrijden van waak- en alarmpeilen worden op deze pagina ook hoogwaterberichten gepubliceerd, waarin de voorspellingsresultaten verwerkt worden.

Meer informatie over de modellen is te verkrijgen bij:

HIC - WLH

Berchemlei 115

B-2150 Borgerhout-Antwerpen

T: 03 224 60 35

F: 03 224 60 36

E-mail: [hic@vlaanderen.be](mailto:hic@vlaanderen.be)

## Colofon

### Samenstelling

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Departement Leefmilieu en Infrastructuur  
Administratie Waterwegen en Zeewezen  
Afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek  
Hydrologisch Informatiecentrum

### Verantwoordelijke uitgever

Frank Mostaert  
Afdelingshoofd Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch Onderzoek  
Berchemlei 115  
B-2140 Borgerhout-Antwerpen

### Uitgave

juni 2005

### Depotnummer

D/2005/3241/120

### ISBN

90-403-0227-8

### NUR

170

### Redactie en realisatie

Deze brochure kwam tot stand in het kader van het project "Opmaak voorspellingsmodellen Dender en Maas", uitgevoerd door Soresma, met DHI Water and Environment en Pepper & Sales als onderaannemers in opdracht van WLH.

## De brochures van het HIC

### Algemene brochures

- *Wetenschappelijke onderbouw van de Vlaamse waterbeheersingsplannen. De overstromingen gestructureerd aangepakt*
- *Onze rivieren in cijfers. <http://hydra.lin.vlaanderen.be>*
- *Wetenschappelijke ondersteuning van het waterbeheer - De dienstverlening van het Hydrologisch Informatiecentrum (HIC)*

### Brochures over de riviermodellen van het HIC

- *De digitale Demer. Een nieuw en krachtig instrument voor waterpeilbeheer*
- *De digitale Dender. Een nieuw en krachtig instrument voor waterpeilbeheer*
- *De digitale Grensmaas. Een nieuw en krachtig instrument voor waterpeilbeheer*

### Andere brochures in voorbereiding





**HIC - WLH**

Berchemlei 115

B-2140 Borgerhout-Antwerpen

T: 03 224 60 35

F: 03 224 60 36

E-mail: [hic@vlaanderen.be](mailto:hic@vlaanderen.be)

Website: <http://hydra.lin.vlaanderen.be>