

BOS Hoog Water Groningen

P.-J. VAN OVERLOOP, TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT

A. LOBBRECHT, HYDROLOGIC EN UNESCO-IHE

H. VAN NOREL, WATERSCHAP HUNZE EN AA'S

S. VOS, WATERSCHAP NOORDERZIJLVEST, THANS ORANJEWOUDE

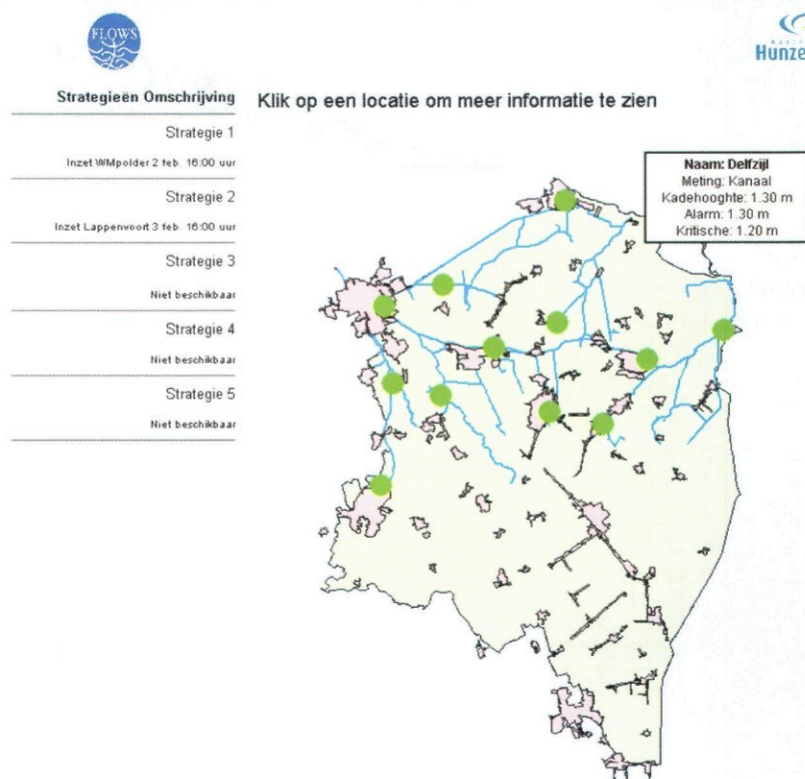
Het klimaat verandert. Steeds vaker zullen heftige regens tot wateroverlast kunnen leiden. Dat was een reden voor de noordelijke waterschappen om te werken aan hoogwateralarmeringssysteem en systemen die helpen bij het nemen van de juiste operationele beslissingen vlak voor en tijdens hoogwater. Dit artikel beschrijft het beslissingsondersteunend systeem (BOS) voor de bestrijding van hoogwater in Groningen. Het systeem is voor de waterschappen Hunze en Aa's en Noorderzijlvest ontworpen en uitgevoerd door HydroLogic en Vertis. Het project is mede gefinancierd vanuit het Interreg IIB-project FLOWS.

Na de ernstige wateroverlast in de provincies Groningen en Drenthe in oktober 1998 hebben de waterschappen Hunze en Aa's en Noorderzijlvest maatregelen genomen om in de toekomst voldoende bescherming te kunnen bieden tegen wateroverlast¹⁾. Een daarvan betreft het inrichten van bergingsgebieden. De beslissingen die bestuurders tijdens hoogwaterperioden moeten nemen over de inzet van deze bergingsgebieden stellen hoge eisen aan de informatievoorziening. Het gaat hierbij onder andere om inzicht in de noodzaak en het moment van het inzetten van een bergingsgebied. De wens om deze beslissingen te ondersteunen met heldere en betrouwbare informatie was de aanleiding voor het maken van het BOS Hoog Water.

Alvorens bergingsgebieden in te zetten, nemen de waterschappen operationele maatregelen om water bovenstrooms in de afvoergebieden vast te houden. Dit gebeurt door het verhogen van stuwpalen en het doorvoeren van maaltbeperkingen. De beslissingen rond het nemen van deze maatregelen worden tevens ondersteund door informatie uit het BOS Hoog Water. Welke maatregel op een bepaald moment het grootste nut heeft, is niet eenvoudig te bepalen. Wat het effect is van een maatregel, is afhankelijk van de situatie waarin het watersysteem van moment tot moment verkeert. Verder bestaat vanuit een schade- en risicobenadering de voorkeur voor bepaalde maatregelen boven andere. De uiteindelijke beslissing wordt genomen door het crisismanagement van de gezamenlijke overheden in het gebied die een beperkte kennis hebben van het gedrag van het watersysteem.

Deze factoren samen maken dat behoefte bestaat aan een instrumentarium dat de te nemen beslissingen kan ondersteunen in één overzichtelijk geheel²⁾. Dit laatste is met name belangrijk, omdat de beslissingen worden genomen onder tijdsdruk van dreigend hoogwater en overstromingen.

Afb. 1: 'Clickable map' van het beheersgebied Hunze en Aa's. De groengekleurde cirkels in het boezemsysteem geven aan dat de komende dagen geen problemen te verwachten zijn.

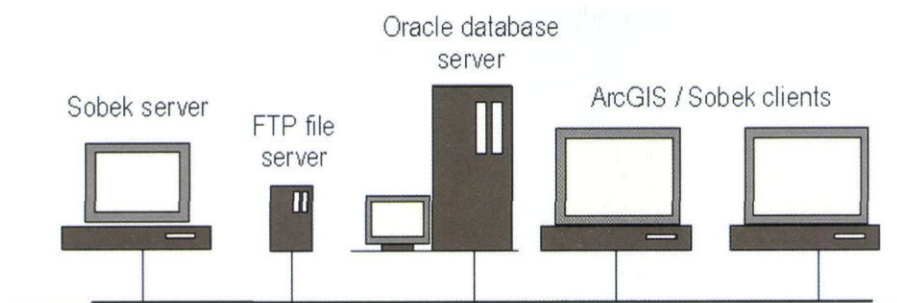


Opzet

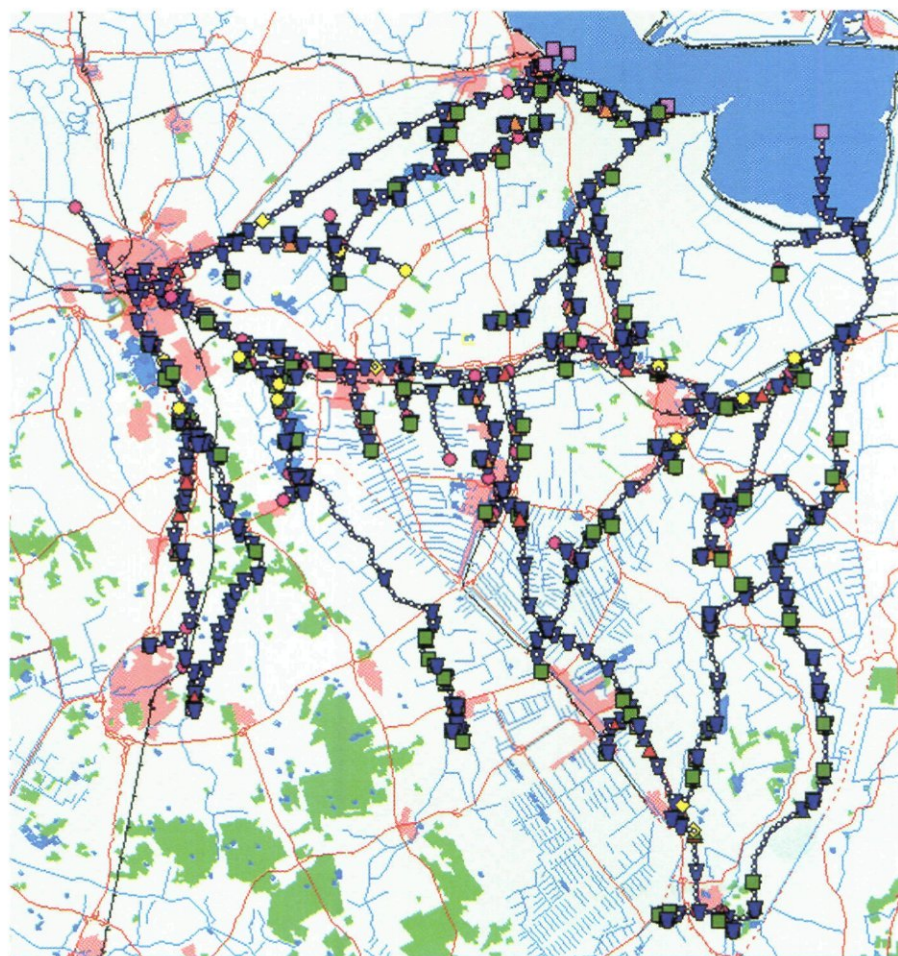
Tijdens dreigend hoogwater wordt een procedure gevolgd waarbij de hydrologen van het waterschap berekeningen uitvoeren van de verwachte piekwaterstanden en het effect van maatregelen. De bevindingen worden besproken op een crisiscentrum op een centrale locatie in de provincie met onder andere de brandweer, de dijkgraaf, de burgemeesters en de Commissaris van de Koningin.

Het beslissingsondersteunend systeem wordt bij de waterschappen geplaatst. De modellen verwerken automatisch de meest recente waterstandsmetingen uit het watersysteem en de verwachting van neerslag en zeewaterstanden. Verschillende maatregelen kunnen worden geselecteerd en doorgerekend. De relevante resultaten worden samengevat en opgeslagen. Op deze digitale kaarten kunnen locaties worden aangeklikt waarmee in grafieken waterstanden voor de komende periode worden getoond bij verschillende alternatieve maatregelen.

De compacte kaarten worden via het internet verzonden naar het crisiscentrum. Afbeelding 1 toont zo'n 'clickable map' van het beheersgebied Hunze en Aa's gedurende een normale neerslagperiode. Indien ergens in het gebied problemen worden verwacht, kleuren de betreffende hoogwaterlocaties oranje en bij zeer hoge waterstanden rood.



Afb. 2: Functionele onderdelen van het BOS Hoog Water, zoals opgesteld bij Waterschap Hunze en Aa's en Waterschap Noorderzijlvest.



Afb. 3: SOBEK-model Waterschap Hunze en Aa's.

De werking

Het BOS Hoog Water bestaat uit:

- 'FTP file server', waarmee metingen en verwachtingen worden verzameld. De metingen van de waterstanden komen uit de eigen telemetriesystemen van de waterschappen, terwijl de metingen en verwachtingen van de neerslag en de zeewaterstanden bij het KMI worden opgehaald. Het raadplegen van de waterstanden gebeurt eens per uur. De neerslagmeting komt ook eens per uur binnen en de verwachte neerslag en zeewaterstanden iedere zes uur;
- 'Oracle database server', waarin de metingen en verwachtingen worden opgeslagen. De verwachtingen worden niet overschreven en zijn daarom achteraf geheel traceer-

baar. De resultaten van de SOBEK-berekeningen worden ook volledig opgeslagen. Deze grote hoeveelheden data vragen om een geoptimaliseerde en robuuste database;

- 'SOBEK server/client', waarbij SOBEK wordt geïnitieerd met de waterstandmetingen. De randvoorwaarden in de modellen worden gevuld vanuit de gemeten en verwachte neerslag en zeewaterstanden. Op ieder moment kan zo een actuele berekening worden uitgevoerd voor de nabije toekomst. Afbeeldingen 3 en 4 tonen de modellen van beide waterschappen. Ze zijn gekalibreerd en nauwkeurig bevonden voor hoogwatersituaties. Bij Hunze en Aa's wordt gebruik gemaakt van de modules Channel Flow en Rainfall

Runoff. Sturing van kunstwerken is toegepast in de eerste module. Bij Noorderzijlvest wordt ook nog de Real Time Control-module met Matlab gebruikt om de aansturing van de kunstwerken te bepalen. Voor het voorspellen van de piekwaterstanden wordt drie dagen vooruit gerekend. De rekentijd hiervoor is enkele minuten per run;

- 'ArcGIS client', waarin de resultaten worden gepresenteerd en geanalyseerd. Hiervoor zijn extensies ontwikkeld waarmee waterstanden, debieten en waterbalans van verschillende runs kunnen worden geanalyseerd. Vanuit dit systeem kan met een druk op de knop een 'clickable map' worden gemaakt met de verschillende neerslagscenario's en maatregelen, zoals de inzet van bergingsgebieden.

Om een zo hoog mogelijke robuustheid van het systeem te verkrijgen, draaien de onderdelen op verschillende computersystemen. Het SOBEK-model draait elke twaalf uur zelfstandig en tijdens hoogwater zelfs eens per uur met het minimum, gemiddeld en maximum neerslagverwachtingsscenario.

Minimaal iedere twaalf uur worden nieuwe gegevens opgehaald, het model geactualiseerd, de drie scenario's automatisch gestart en de berekeningsresultaten opgeslagen in de database.

Dit systeem levert zodoende dagelijks verwachtingen voor de boezemwaterstanden voor de komende 72 uur. Deze verwachtingen worden door de dienstdoende boezembeheerders bewaakt, die daarmee een dreigend hoogwater tijdig kan signaleren. Het systeem kan eventueel ook volledig autonoom waarschuwen in geval van dreigend hoogwater.

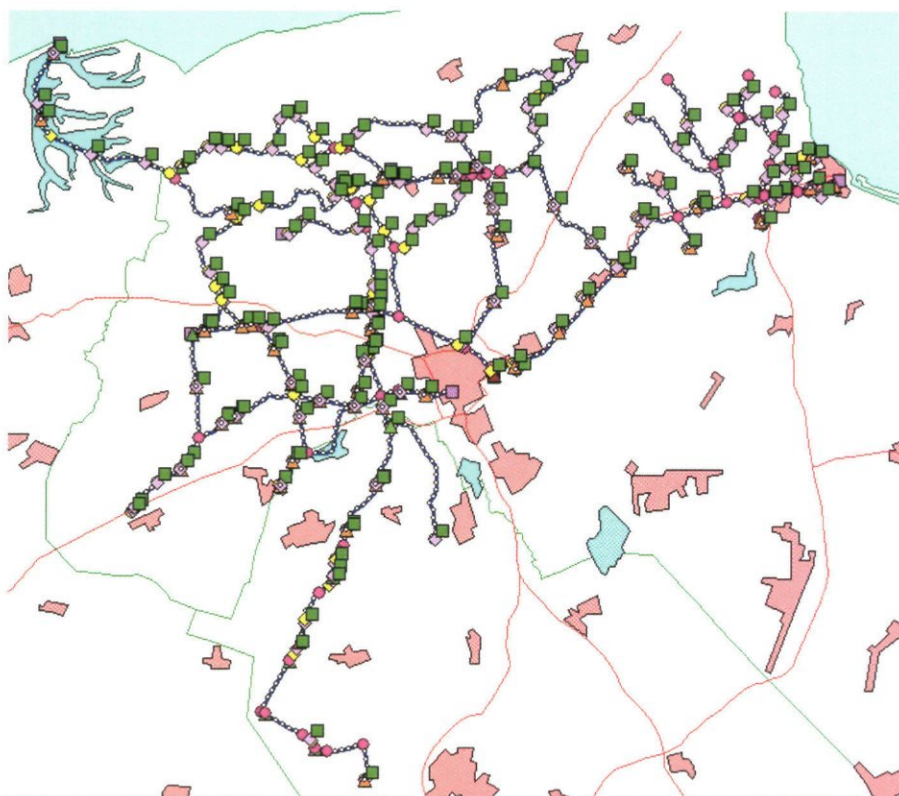
Op een computer van de hydrologen van de waterschappen draaien ArcGIS en SOBEK. Hiermee kunnen maatregelen worden geselecteerd en doorgerekend. Uit deze analyse wordt bepaald welke mogelijke beheersmaatregelen moeten worden toegevoegd in de 'clickable map', naast de altijd beschikbare resultaten van minimum, gemiddeld en maximum neerslagscenario.

Speciale mogelijkheden

Het systeem bestaat uit vele onderdelen waarvoor voorafgaand uitvoerig onderzoek naar de effectiviteit is gedaan. In dit artikel beperken we ons tot de meest in het oog springende onderdelen:

- selectie van maatregelen

Verschillende operationele maatregelen, zoals opzet van waterpeilen, maalstops en inzet van bergingsgebieden met de timing van de inzet, kunnen eenvoudig worden ingevoerd in het SOBEK-model. Na selectie van één of meer maatregelen via GIS kan de selectie



Afb. 4: SOBEK-model Waterschap Noorderzijlvest.

worden opgeslagen als een SOBEK-berekeningscase. Alle SOBEK-bestanden die betrekking hebben op de inzet van maatregelen, worden automatisch in de case ingevoerd met de juiste timing van de inzet. Hiermee wordt de tijd om alternatieven te genereren en te vergelijken beperkt tot enkele minuten en worden invoerfouten voorkomen;

- initialisatie van het model

De gebruikte modellen zijn nauwkeurige, gedistribueerde hydrodynamische modellen, elk met ruim 1000 rekenpunten. In de praktijk wordt maar op een beperkt aantal locaties in het watersysteem gemeten. Om de berekening

te starten met een initiële toestand voor het hele model, moet daarom een ruimtelijke extrapolatie plaatsvinden van de metingen naar alle modelrekenpunten. Er zijn echter nog geen robuuste implementaties bekend van technieken op grote vermaasde netwerken met de volledige Saint-Venant vergelijking. Daarom is hier gekozen voor een bepaling van de waterstanden op de rekenpunten met weegfactoren, verwijzend naar maximaal drie meetpunten. Afbeelding 5 geeft een eenvoudig voorbeeld van de toegepaste weging. Die is op zich eenvoudig. Dat geldt echter niet voor de bepaling van de weegfactoren. Hierin is niet

alleen de afstand tot de meetlocatie verwerkt, maar ook alle fysica, zoals de wrijvingsweerstand in de boezemkanalen, het doorstroomprofiel en het bodemverhang tussen rekenpunt en meetlocatie. Voor het bepalen van de weegfactoren is een systeemidentificatietechniek toegepast³⁾. Daartoe is op de meetlocaties in het model een verstoringssignaal (Pseudo Random Binary Signal) gezet en vervolgens is op alle rekenpunten gekeken wat de invloed (versterkingsfactor van de overdrachtsfunctie) van de verstoringen zijn. Uit de versterkingsfactoren zijn de weegfactoren bepaald;

- neerslagscenario's

Op de SOBEK-server wordt voortdurend en automatisch het minimum, gemiddeld en maximum neerslagscenario doorgerekend. Hiervoor worden de 10, 50 en 90 percentielwaarden uit de EPS-neerslagskansverwachting gebruikt⁵⁾. Iedere te beoordelen set van toekomstige waterstanden bevat daarmee een gevoeligheidsanalyse van de meest onzekere variabele: de verwachte neerslag. Afbeelding 6 toont voor een locatie in het watersysteem de gemeten waterstand en de verwachte waterstanden die zijn berekend op basis van het minimum, gemiddelde en maximum neerslagscenario.

Verdere ontwikkelingen

Direct na de oplevering van de systemen in december 2004 is door de waterschappen een aantal mogelijke uitbreidingen op de huidige implementaties geïdentificeerd:

- een bredere toepassing van het BOS voor het dagelijkse boezembeheer

De modellen berekenen dagelijks prognoses voor de spuihoeveelheden naar de Waddenzee. Deze kunnen worden ingezet voor het operationele boezembeheer. Zo kan het BOS ook gedurende de zomerperiode worden ingezet om maximaal water vast te houden in het systeem;

- een adviesmodule

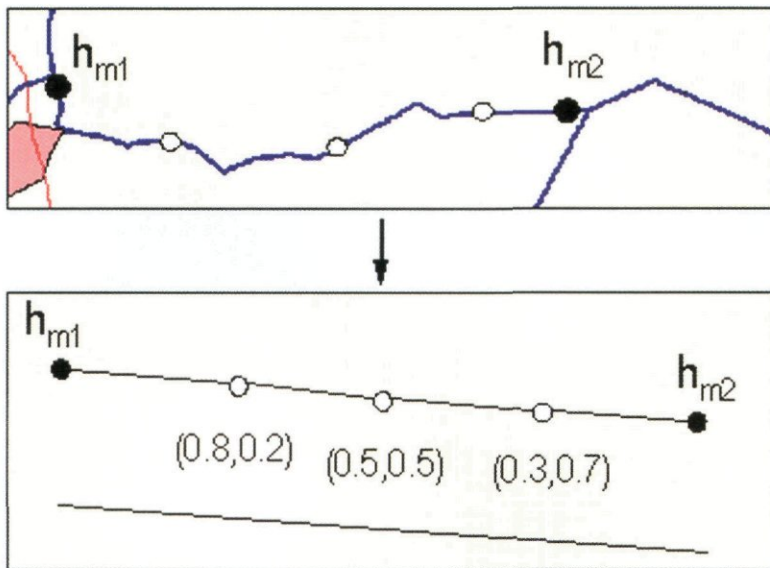
Op dit moment wordt de inzet van de maatregelen en de timing ervan met trial-and-error bepaald. Hiervoor moeten diverse berekeningen worden gemaakt, die niet alle even effectief blijken te zijn. Een interessante uitbreiding is daarom een adviesmodule die in één slag met wiskundige optimalisatie de beste oplossing voor bijvoorbeeld de inzet van bergingsgebieden en maalstops berekent. Door toepassing van de stuurmethodiek Model Predictive Control is dit te realiseren^{6,7)};

- een bredere toepassing van het BOS binnen de waterwereld

Veel waterschappen gebruiken SOBEK als modelinstrumentarium. Om die reden is gekozen voor een BOS met standaard componenten rondom SOBEK. Het maakt daarbij niet uit welke modules van SOBEK worden gebruikt (alleen Rainfall-Runoff, Water Quality, Sewer

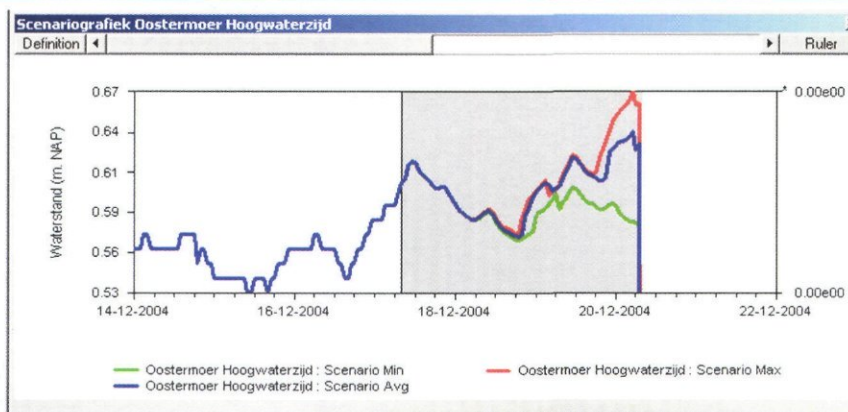
Wateroverlast in het beheersgebied van Noorderzijlvest (oktober 1998).





Afb. 5: Voorbeeld van de weging van waterstanden. Boven: rekenpunten van SOBEK. Onder: vertaling van locaties naar weegfactoren die bij de ruimtelijke interpolatie worden gebruikt.

Afb. 6: Waterstand zoals gemeten te Oostermoer (Hunze en Aa's) en in het grijze gebied de verwachte waterstanden conform de minimum, gemiddelde en maximum neerslagscenario's.



Flow). Het BOS Hoog Water is eenvoudig om te zetten naar een real-time voorspeller in andere gebieden en zelfs voor andere typen van waterproblematiek dan alleen hoogwater;

- toepassing van het BOS als intern en extern communicatiemiddel voor de waterschappen, waardoor organisatiebreed bekend is hoe de actuele toestand in het

watersysteem is en wat de verwachtingen zijn. Externe communicatie via internet maakt het mogelijk om burgers in de beheersgebieden (die over internet beschikken) op de hoogte te stellen van vooraf gedefinieerde en gecontroleerde hoogwaterverwachtingen.

De ervaringen van het eerste half jaar met het BOS Hoog Water zijn goed. De beheerders van het watersysteem beoordelen de toestand en de verwachting via de GIS-kaarten. Op dit moment gebeurt dat nog relatief vaak; niet alleen regent het zo nu en dan heftig, maar ook blijkt het BOS het inzicht in de werking van het watersysteem te vergroten en is het leerzaam om telkens de verwachting te vergelijken met hetgeen werkelijk gebeurt. 

LITERATUUR

- 1) WLDelft Hydraulics, Haskoning en Iwaco (2001 en 2003). Hoog Water 1 en 2. Projectgroep Water 2000+.
- 2) FLOWS (2003). Framework DSS for low lying areas.
- 3) Ljung L. (1987). System identification, Theory for the user.
- 4) Lobbrecht A. en S. Loos (2004). From precipitation data to flood forecasting. 6th International Conference on Hydroinformatics - Liong, Phoon & Babovic (eds), Singapore. World Scientific Publishing Company.
- 5) Lobbrecht A., S. Loos, G. Versluis en M. Talsma (2004). Neerslaginformatie voor hoogwaterverwachting in De Overwaard. H₂O nr. 18, pag. 29-31.
- 6) Lobbrecht A. (1997). Dynamic water-system control; Design and operation of regional water-resources systems. A.A. Balkema Publishers.
- 7) Overloop P.-J. van, W. Schuurmans en R. Brouwer (2003). Model predictive control of water systems in the Netherlands. USCID-proceedings International conference, Phoenix.