



Susanne Groot, HKV lijn in water



Paul Termes, HKV lijn in water



Jacques Esenkbrink, Waterschap Reest en Wieden

# Voorspelling waterstanden op het Meppelerdiep

**Waterschap Reest en Wieden heeft voor haar calamiteitenorganisatie tijdens hoogwater behoefte aan een instrument om de waterstand op het Meppelerdiep te voorspellen. Om deze voorspelling snel en objectief te kunnen doen, is een instrument ontwikkeld. In een gekoppeld hydrologisch-hydraulisch model is een groot bereik aan omstandigheden doorgerekend. De resulterende waterstanden, voorspeld voor de komende twee dagen, zijn opgeslagen in een databank. Het instrument zoekt op basis van ingevoerde omstandigheden de bijbehorende waterstandsvoorspelling uit deze databank.**

In het kader van de Waterstaatswet uit 1900 is ieder waterschap verplicht een calamiteitenplan op te stellen. Waterschap Reest en Wieden stelde in 2004 zo'n plan vast. Met het plan kan de calamiteitenorganisatie van het waterschap adequaat handelen voor verschillende soorten incidenten, calamiteiten en rampen, waaronder dreigend hoogwater.

Vanuit de calamiteitenorganisatie bestond de behoefte om specifiek voor hoogwatersituaties te beschikken over een instrument waarmee de dreiging altijd, ook bijvoorbeeld 's avonds vanuit huis, kan worden ingeschat. De verschillende alarmfases bij hoogwater zijn gekoppeld aan de waterstand op het Meppelerdiep in Meppel. Om de dreiging in te schatten is een instrument ontwikkeld waarmee de waterstand op het Meppelerdiep snel (in enkele seconden) en objectief voorspeld kan worden op basis van een aantal kentallen. Deze voorspelling is een indicatie voor de toestand binnen nu en 48 uur en geeft aan wanneer opschaling in de alarmfases is te verwachten. Aan de hand van de voorspelling kan de calamiteitenorganisatie worden geïnformeerd.

Het uitgevoerde onderzoek voor de ontwikkeling van het instrument bestond uit modellering van het stroomgebied en het Meppelerdiep, het opstellen van rekenscenario's, uitvoeren van berekeningen en vullen van een databank én de daadwerkelijke bouw van het instrument (zie afbeelding 1).

## Modellering

Naar aanleiding van de wateroverlast in Drenthe en het noordwesten van Overijssel

in oktober 1998 is een neerslagafvoermodel van het beheergebied van het waterschap gebouwd. Dat model is gebruikt in deze studie. Alleen rond Meppel zijn enkele modelaanpassingen verricht om de watertoevoer naar het Meppelerdiep in meer detail te kunnen weergeven. Vervolgens is een stromingsmodel van het Meppelerdiep gebouwd (zie kader). Dat model is gebaseerd op de hoogwatersituatie van 1998. Toen bedroeg de hoogst gemeten waterstand bij Meppel NAP +1,06 m, terwijl bij NAP +1,0 m de kades overstromen: verschillende straten in Meppel stonden blank.

Beide modellen zijn gekoppeld doorge-rekend: de afvoer vanuit het stroomgebied, berekend met het neerslagafvoermodel, is op de randen van het stromingsmodel opgelegd (zie afbeelding 1). Vervolgens berekent het stromingsmodel de waterstanden langs het Meppelerdiep.

## Rekenscenario's

Om de waterstand op het Meppelerdiep onder verschillende omstandigheden te kunnen voorspellen, moet een groot bereik van mogelijk voorkomende omstandigheden worden doorgerekend. Het instrument moet

Een groot deel van Drenthe watert via een aantal kanalen (onder andere de Drentse Hoofdvaart en de Hoogeteense Vaart) af op het Meppelerdiep. Het Meppelerdiep loost in Zwartsluis op het Zwarte Water. In principe gaat dit via vrij verval, maar als de waterstand op het Zwarte Water geen afwatering meer toelaat, wordt in Zwartsluis de keersluis gesloten en gemaal Zedemuden (capaciteit 112,5 kubieke meter per seconde) aangezet. Bij waterstanden boven NAP +1,0 m overstromen de kades in Meppel.

**1. de Galgenkampsbrug in Meppel, 2. gemaal Zedemuden in Zwartsluis.**





De situatie in Meppel tijdens het hoogwater van oktober 1998.

immers ook tijdens extreme neerslaggebeurtenissen inzicht geven in de verwachte waterstanden. De omstandigheden zijn geschematiseerd met zeven variabelen die de waterstand op het Meppelerdiep bepalen: de gevallen neerslag in de vier dagen voorafgaand aan het moment van voorspelling, de verdamping in de vier dagen voorafgaand aan het moment van voorspelling en in de komende twee dagen, de actuele waterstand op het Meppelerdiep bij de Galgenkampsbrug, het aantal ingezette pompen van gemaal Zedemuden en de verwachte neerslag en de voorspelde windkracht en windrichting in de komende twee dagen.

Per variabele is een aantal waarden gedefinieerd. De neerslagwaarden komen overeen met frequenties van voorkomen tussen vijf maal per jaar tot één maal per 200 jaar onder het huidig klimaat<sup>1)</sup>. De gevallen neerslag en de maandgemiddelde verdamping bepalen samen de initiële conditie van de bodem in het stroomgebied. Voor de extreme situatie waarop het neerslagafvoermodel gebaseerd is, is van een verzadigde bodem uitgegaan. Voor de winterperiode is dat een gebruikelijke

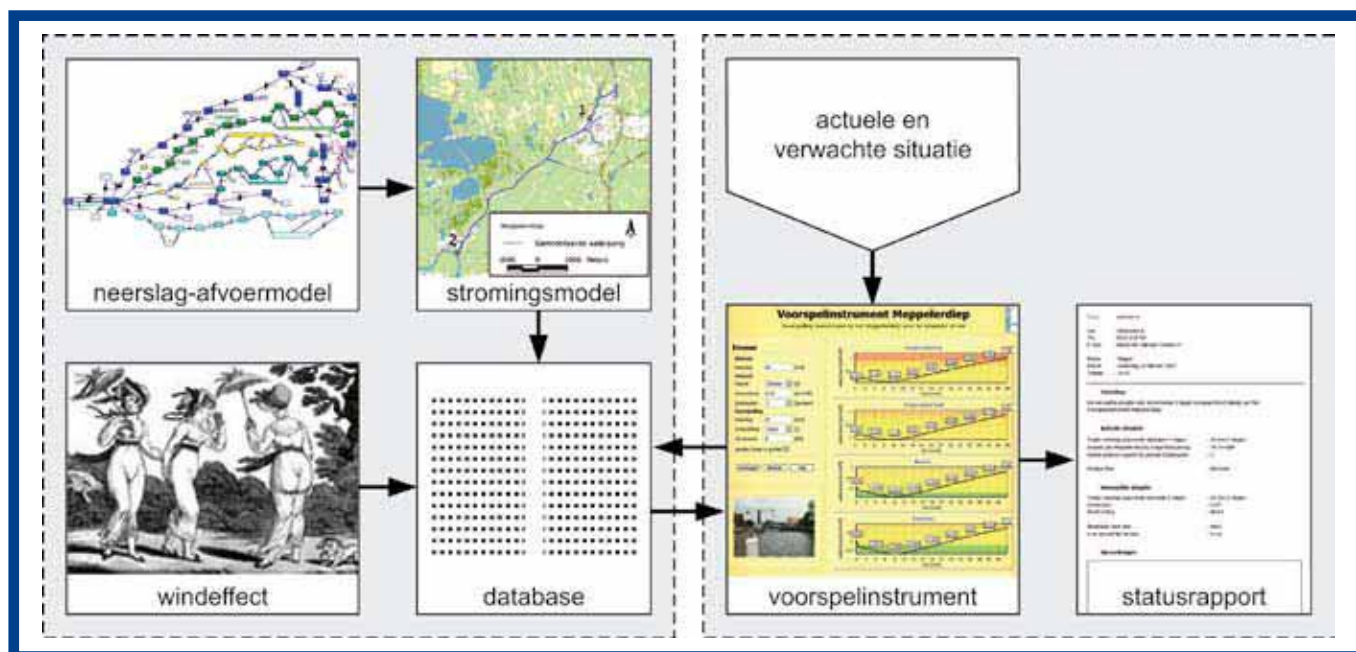
toestand, voor de zomerperiode is dat zeldzaam. De afvoer naar het Meppelerdiep en daarmee de waterstand op het Meppelerdiep wordt in drogere zomerperioden dus overschat. Te hoge waterstanden op het Meppelerdiep en dus de noodzaak tot gebruik van het instrument treden echter alleen op onder natte bodemcondities.

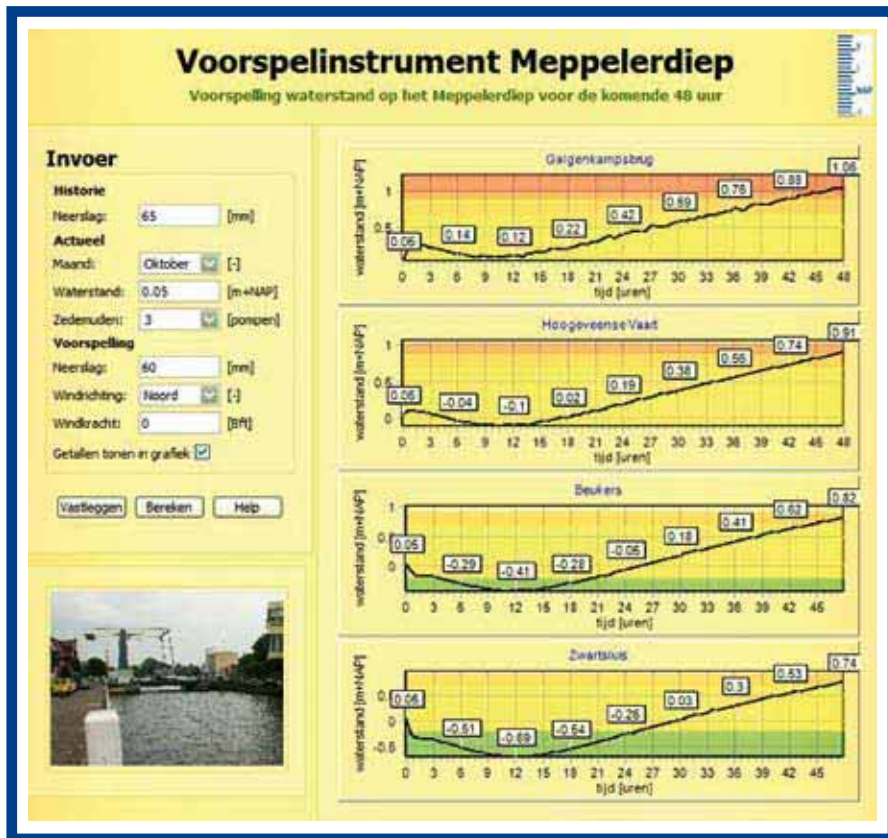
Uitgangspunt is dat er geen hydraulisch probleem is zolang vrij geloosd kan worden op het Zwarte Water. Het instrument wordt alleen gebruikt als de keersluis bij Zwartsluis gesloten is en overtollig water via gemaal Zedemuden wordt uitgeslagen op het Zwarte Water. Gemaal Zedemuden heeft drie pompen met in totaal een maximale pompcapaciteit van 112,5 kubieke meter per seconde. De actuele waterstand is de waterstand bij de Galgenkampsbrug op het moment van voorspellen. De waarden van de waterstand liggen tussen streefpeil (NAP -0,20 m) en NAP +1,00 m waarbij de kades in Meppel gaan overstromen. Per windkracht (5 t/m 9 Bft) en windrichting is langs het Meppelerdiep de windopzet bepaald. Deze windopzet wordt in het voorspelinstrument opgeteld bij de voorspelde waterstand.

## Berekeningen

Kansen van voorkomen van (combinaties van) de verschillende variabelen zijn niet relevant voor deze studie. In het instrument worden de actuele en voorspelde waarden ingevuld, ongeacht hun kans van voorkomen. Hierdoor zijn in theorie alle combinaties van variabelen mogelijk. Het doorrekenen van alle combinaties betekent echter 300 berekeningen in het neerslagafvoermodel en 8400 berekeningen in het stromingsmodel. Ter beperking van het aantal berekeningen is per variabele een selectie gemaakt van door te rekenen waarden, door te onderzoeken in hoeverre de waterstand op het Meppelerdiep lineair reageert op opeenvolgende waarden van elk van de variabelen. Bijvoorbeeld: onder zeer natte omstandigheden (januari, veel neerslag voorafgaand aan voorspelling) zal de afvoer naar het Meppelerdiep lineair toenemen met toenemende neerslag. Daarom hoeven niet alle neerslagwaarden te worden doorgerekend. En bij constante aanvoer naar en afvoer van het Meppelerdiep zal de waterstand lineair afhankelijk zijn van het actuele peil, dus hoeven niet alle waarden van het actuele peil te worden doorgerekend.

Afb. 1: De onderdelen van het voorspelmodel.





Afb. 2: Het instrument.

Om eventuele lineariteit van de waterstand in reactie op een bepaalde variabele te toetsen, zijn alle waarden binnen het bereik van de variabele doorgerekend voor een drogere en een nattere situatie. Hierin blijven alle overige variabelen steeds gelijk (zie kader). De waterstand op het Meppelerdiep blijkt tussen bepaalde waarden vrijwel lineair te reageren op verschillende variabelen. Hierdoor kan het totaal aantal berekeningen

beperkt worden tot circa 1600, zonder verlies van de nauwkeurigheid van de voorspelde waterstanden. Van alle berekeningen zijn de invoerwaarden en de berekende waterstanden op vier locaties op het Meppelerdiep opgenomen in een databank. Ook de windopzet bij verschillende windrichting en -kracht is daarin opgenomen.

Het raadplegen van de databank gaat via

een interface: het (voorspel)instrument (zie afbeelding 2). Per variabele wordt de actuele danwel verwachte waarde ingevoerd. De waterstanden behorende bij deze combinatie van variabelen wordt in het databank opgezocht. Wanneer de specifieke gevraagde combinatie niet is doorgerekend, worden de waterstanden geïnterpoleerd tussen waterstanden behorende bij de omliggende combinaties van variabelen. Het waterstandsverloop gedurende de horizon van twee dagen wordt weergegeven voor vier locaties langs het Meppelerdiep. Een voorbeeld is te zien in afbeelding 2. Deze situatie komt overeen met de hoogwatersituatie van oktober 1998 (bij Galgenkampsbrug wordt na 48 uur de waterstand NAP +1,06 m bereikt). De verschillende kleuren (groen t/m rood) in de grafieken geven de verschillende alarmfases aan; bij een kleurovergang treedt de volgende alarmfase in werking. In het voorbeeld is op het moment van voorspellen fase Alert in werking (geel bij Galgenkampsbrug). De verwachting is dat na 36 uur fase Hoogwater wordt bereikt, na 42 uur fase Extreem Hoog en na 45 uur fase Dreigende Ramp (rood bij Galgenkampsbrug, waterstand > NAP +1,0 m).

Het instrument is zo opgezet dat het makkelijk en zonder veel voorkennis bediend kan worden. De in te voeren variabelen zijn objectief; daarmee is de voorspelling niet afhankelijk van degene die het instrument bedient. In een statusrapport worden de invoer en de verwachte tijd tot een bepaalde alarmfase vastgelegd. Met het rapport informeert de peilbeheerder de calamiteitenorganisatie. Hiermee worden de overwegingen tot het al dan niet opschalen vastgelegd. Het instrument levert binnen tien seconden resultaat, doordat de hydrologische en hydraulische berekeningen al zijn uitgevoerd en het resultaat ervan slechts hoeft te worden opgezocht in de databank.

## Conclusie

Een instrument zoals in dit onderzoek gebouwd is, is een uitstekend middel om snel uitspraken te kunnen doen over te verwachten situaties. De methodiek van het vooraf doorrekenen van omstandigheden, het opslaan in een databank en vervolgens het opzoeken/interpoleren van een toestand in die databank, kan algemeen worden toegepast. Een kanttekening hierbij is dat met toenemende onvoorspelbaarheid van een systeem (niet-lineair reageren) het aantal vooraf door te rekenen situaties toeneemt. De omvang van de databank neemt hiermee ook toe.

De methodiek kan, zoals in deze studie, gebruikt worden als objectief handvat voor de calamiteitenorganisatie. Ze is in dit geval gebruikt voor hoogwatersituaties, maar de methodiek is bijvoorbeeld ook toe te passen voor het voorspellen van te droge omstandigheden en het inschatten van benodigde afvoercapaciteit voor nachtvorstbestrijding door het aanpassen van een polderpeil.

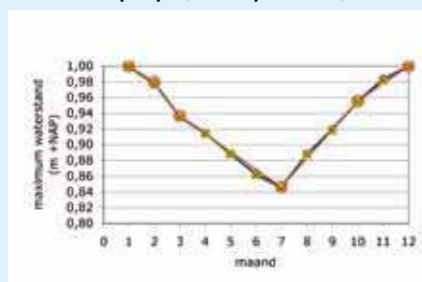
## LITERATUUR

Smits I., J. Wijngaarden, R. Versteeg en M. Kok (2004). Statistiek van extreme neerslag in Nederland. STOWA-rapport 2004-26. KNMI en HKV lijn in water.

Het reduceren van de te berekenen combinaties aan variabelen gebeurde op basis van lineariteit van de berekende waterstanden. Een voorbeeld is hier uitgewerkt voor de variabele 'maand' voor een drogere en een nattere situatie.

Hier is de afhankelijkheid van de voorspelde waterstand voor de maand (en daarmee verdamping) getoond (overige variabelen zijn constant). In de drogere situatie (relatief lage neerslag en laag initieel peil) is de waterstand veel gevoeliger voor de maand dan in de nattere situatie. In beide situaties is de berekende waterstand echter goed weer te geven door lineaire interpolatie tussen de maanden 1, 2, 3, 7, 10 en 12. De overige maanden zijn dus in de berekeningen niet meegenomen; hiermee is het aantal te berekenen maanden teruggebracht van twaalf naar zes. Op deze manier is ook van de overige variabelen het aantal te berekenen waarden beperkt.

**Neerslag relatief laag (voorspeld en gevallen),  
Zedemuden 0 pompen, initieel peil NAP -0,2 m.**



**Neerslag relatief hoog (voorspeld en gevallen),  
Zedemuden 0 pompen, initieel peil NAP +1,0 m.**

