



## Vasthouden van water met regelbare stuwen

FRANK MEIJER, WATERSCHAP ZUIDERZEELAND  
 MARIJKE JAARSMAN, WATERSCHAP ZUIDERZEELAND  
 RONALD LOEVE, FUTUREWATER\*  
 PETER DROOGERS, FUTUREWATER\*

In gebieden met weinig mogelijkheden tot bergen zal het water vooral in de bodem vastgehouden moeten worden. Voor twee locaties in Flevoland is geanalyseerd wat de effecten zijn van het vasthouden van water met behulp van regelbare stuwen. Het blijkt dat de totale afvoer niet vermindert, maar dat piekafvoeren wel kunnen worden verminderd. Meer natschade of minder droogteschade treedt nauwelijks op. De resultaten tonen aan dat het oplossen van de wateropgave deels mogelijk is met de inzet van regelbare stuwen.

Waterschap Zuiderzeeland wil daadwerkelijk het principe van vasthouden-bergen-afvoeren, zoals aanbevolen door de Commissie Waterbeheer 21e eeuw, ten uitvoer brengen.

Het waterschap heeft daarom besloten om voor twee locaties regelbare stuwen te gaan plaatsen, waarmee flexibel peilbeheer mogelijk is en dus vasthouden en bergen gerealiseerd

Afb. 1: De locatie van de twee gebieden waar de regelbare stuwen zijn geplaatst om water vast te houden.



kan worden. In het kader van het project Interreg IIIB FLOWS (Floodplain, Landuse, Optimization, Workable, Sustainability) van de Europese Unie zijn de twee stuwen geplaatst in de Kuindertocht in de Noordoostpolder en in de Roggebottocht in oostelijk Flevoland (zie afbeelding 1).

De kernvraag bij dit onderzoek luidt: Hoe kunnen de regelbare stuwen optimaal worden ingezet? De afgeleide vragen hierbij zijn: Wat is de reductie in de totale afvoer én in de piekafvoer? Wat is de natschade als gevolg van het vasthouden van het water en waaruit bestaat de verminderde droogteschade? Een reductie in piekafvoeren is de belangrijkste doelstelling, maar moet wel in verhouding staan tot de eventuele negatieve gevolgen door natschade. Evenzo zal door extra vasthouden de droogteschade verminderd kunnen worden, maar zal dit voor gebieden benedenstrooms ook een mindere hoeveelheid water als gevolg hebben. Bovendien is een belangrijk punt dat de inzet van de regelbare stuwen zo eenvoudig mogelijk moet blijven.

### Methode

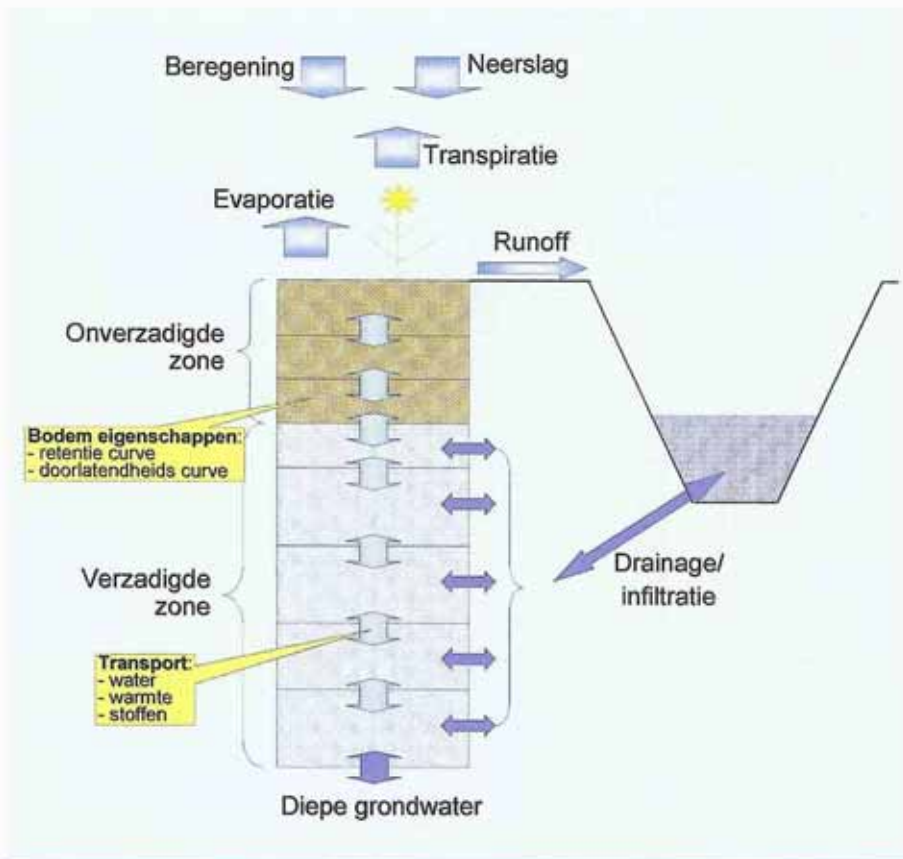
In deze studie ligt de nadruk op een modelmatige aanpak. De reden hiervoor is tweeledig: het betreft een nieuwe situatie, zodat geen gebruik gemaakt kan worden van historische meetgegevens, en een aantal scenario's zal worden geanalyseerd om op deze wijze een afweging te maken welk beheer van de stuwen optimaal is.

Het is bekend dat de bodem een essentiële rol speelt bij het vasthouden van water en daarom is bij de studie de nadruk gelegd op de dynamische processen die plaatsvinden in bodem-water-gewas. Ook bestaat een duidelijk verband met het oppervlaktewater om zodoende de interactie tussen stuw, open water, bodemwater en grondwater te analyseren. Daarom is ervoor gekozen om het SWAP-model in te zetten met de zogeheten quasi-subregional uitbreiding die de interactie van het bodemwater en het drainagesysteem koppelt aan het open water en de inzet van de stuw (afbeelding 2).

Voor de Kuindertocht is deze benadering alleen niet voldoende, aangezien hier de interactie van de te vervangen stuw ook invloed heeft op de waterhuishouding in het gehele gebied en de regeling van andere stuwen in het gebied. Daarom is ervoor gekozen om voor de Kuindertocht naast het SWAP-model tevens DUFLOW in te zetten om deze processen te simuleren.

Een kritisch punt bij modelstudies is de beschikbaarheid van betrouwbare invoergege-





Afb. 2: Overzicht van de belangrijkste onderdelen van het SWAP-model.

vens en de mogelijkheid om waarnemingen te hebben om het model te kalibreren en valideren. De modellen zijn daarom voor een historische periode van 23 jaar (1980-2002) opgezet, en gemeten en gemodelleerde resultaten zijn vergeleken voor kalibratie-validatie. Voor de betreffende gebieden waren geen afvoermetingen of bodemvochtmetingen beschikbaar. Daarvoor in de plaats zijn voor het kalibreren en valideren gemeten grondwaterstanden gebruikt.

Nadat deze kalibratie-validatie voltooid was, vormden de resultaten de referentiesituatie, die dient als vergelijk met de situatie waarbij regelbare stuwen aanwezig zijn. Dezelfde periode van 23 jaar (1980-2002) is ook gebruikt om te analyseren hoe de regelbare stuwen ingezet kunnen worden en wat de invloed is. Het uitgangspunt hierbij is dat de situatie, zoals deze voorkwam in de afgelopen 23 jaar, representatief is voor de nabij toekomst, waarbij het duidelijk is dat extremen vaker voorkomen.

Daarom is in deze studie de nadruk gelegd op het extreem natte jaar 1998.

### Inzet stuwen

Drie opties zijn bestudeerd voor het bedienen van de regelbare stuw:

- gedifferentieerd (maximale stuwhoogte in de zomer en minimale stuwhoogte in de winter),

- reagerend (gemiddelde stuwhoogte en gedurende winter bij neerslag meer dan 20 mm per dag, stuw maximaal opzetten voor vijf dagen) en
- anticiperend (gelijk aan reagerend, met vijf dagen voor de extreme neerslag stuwhoogte minimaal).

De eerste optie is dus precies omgekeerd aan het natuurlijke peilbeheer met lage zomerpeilen en hoge winterpeilen. De opties zijn vergeleken met de referentiesituatie, waarbij de stuwen op een vast peil staan.

### Resultaten

In het SWAP-model zijn de opties geïmplementeerd. Een samenvatting van de resultaten voor de Roggebottocht is te zien in tabel 1. Het is duidelijk dat de totale afvoer nauwelijks

beïnvloed wordt door het stuwbeheer. Alleen de optie 'gedifferentieerd' laat een iets hogere totale afvoer zien, omdat de totale verdamping iets lager is en er dus meer water moet worden afgevoerd.

Vooraf van belang is in hoeverre de piekafvoeren kunnen worden voorkomen, om zodoende de benedenstroomse gebieden te ontzien en de piekbelasting van de gemalen te verminderen. Voor een aantal piekafvoeren zijn de overschrijdingskansen per stuwbeheer optie weergegeven in tabel 1. Het blijkt dat de optie 'reagerend' het beste is om piekafvoeren te verminderen, alhoewel het effect niet extreem groot is. Als we bijvoorbeeld naar piekafvoeren kijken boven de 100.000 kubieke meter per dag (overeenkomend met 15 mm neerslag), dan blijkt dat zonder inzet van de regelbare stuwen dit gemiddeld op een herhalingsstijd van acht jaar neerkomt, terwijl bij de inzet van regelbare stuwen dit verminderd kan worden tot een herhalingsstijd van elf jaar.

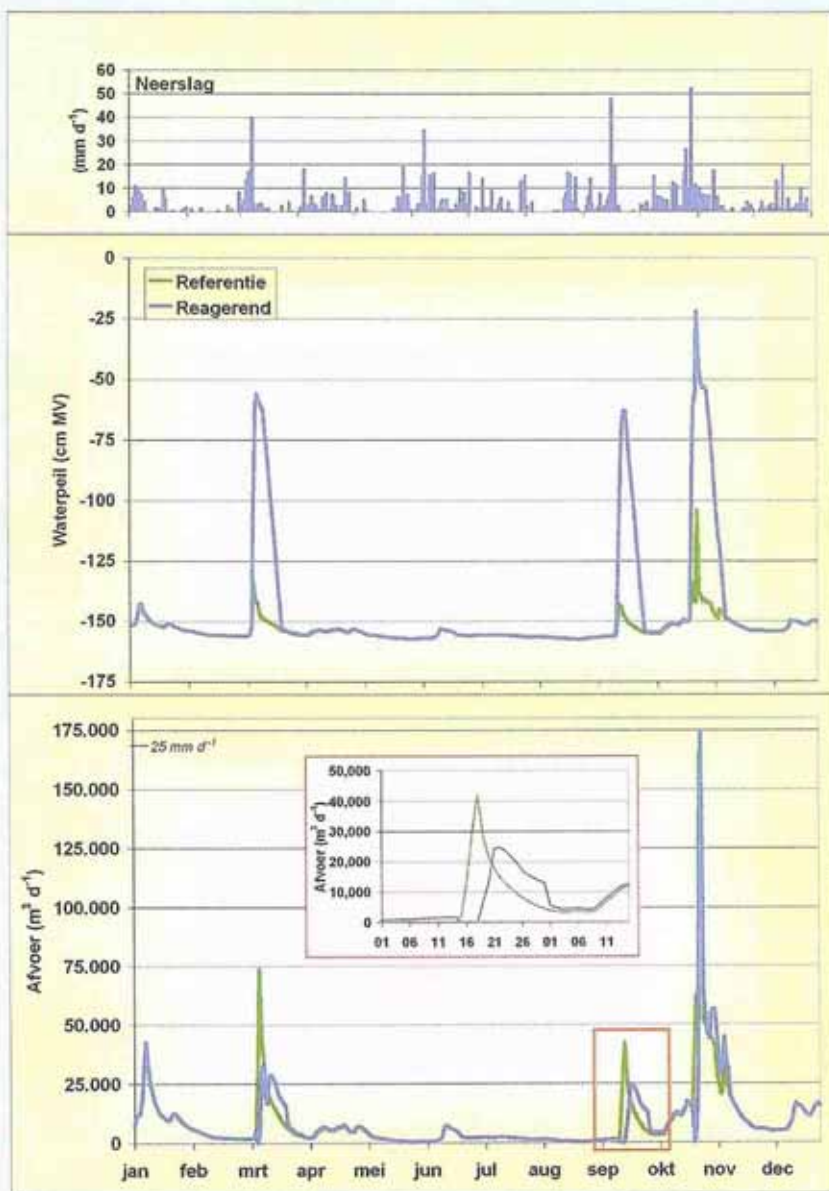
Voor het Kuindertochtgebied was de herhalingsstijd voor een piekafvoer van 100.000 kubieke meter per dag ongeveer 25 jaar, wat teruggebracht kan worden tot meer dan 100 jaar bij de inzet van de regelbare stuwen. Het blijkt dus dat het effect van de inzet van de regelbare stuwen sterk afhankelijk is van het gebied: bodem, drooglegging en vegetatie.

Naast de vermindering in de piekafvoeren is het van belang of deze piekafvoeren verschoven kunnen worden, om zodoende de benedenstroomse gebieden te ontzien en de piekbelasting van de gemalen te verminderen. Afbeelding 3 laat voor het natte jaar 1998 zien wat het effect is van de regelbare stuw op de afvoeren. Duidelijk is dat met behulp van de opgestelde beslisregels voor de regelbare stuw het peil in de tocht gedurende drie perioden aanzienlijk hoger is. Hierdoor worden de piekafvoeren verminderd, maar wordt vooral de dagen waarop de piekafvoer optreedt vertraagd, zoals te zien is aan de inzet in afbeelding 3.

Tabel 1. Gemiddelde afvoer en overschrijdingen van enkele karakteristieke afvoeren voor de referentie en de drie operationele opties voor Roggebottocht.

	referentie	gedifferentieerd	reagerend	anticiperend
gemiddelde afvoer (m <sup>3</sup> /j)	1.688.000	1.752.000	1.666.000	1.678.000
idem (mm/j)	248	257	245	246
herhalingsstijd (j)				
> 100.000 m <sup>3</sup> /d (~15 mm/d)	8	11	11	11
> 60.000 m <sup>3</sup> /d (~9 mm/d)	3	3	5	2
> 40.000 m <sup>3</sup> /d (~6 mm/d)	0,3	0,3	0,5	0,3





Afb. 3: Effect van de regelbare stuw op de afvoer (beneden) en het waterpeil in de Roggebottocht (midden) als reactie op neerslag (boven). De waarden hebben betrekking op het jaar 1998.

Voor 1998 blijkt dat tijdens de extreme neerslag in oktober geen vermindering van de piekafvoer mogelijk is en dat de piekafvoer zelfs iets hoger ligt dan onder de referentieopatie, waarbij de stuw op een vast peil staat. Dit heeft te maken met het feit dat door het extra vasthouden van water in september de bodem natter is en dus minder water kan vasthouden dan in oktober.

Het is dus duidelijk dat in bijna alle gevallen het vasthouden van water een positief effect heeft, maar dat bij een opeenvolging van zeer natte omstandigheden het systeem gevoeliger wordt en de hier gedefinieerde criteria niet altijd rigide moeten worden opgevolgd. Uiteraard kan een nauwkeurige meerdaagse weersverwachting hierbij een belangrijke rol spelen. Dit laat tevens zien dat analyses gebaseerd op een enkelvoudige bui tot onbetrouw-

bare resultaten zullen leiden, aangezien de historie (bijvoorbeeld hoe nat is de bodem) van het systeem niet wordt meegenomen.

Uit de analyses bleek dat de hoeveelheid water die wordt vastgehouden in de bodem vele malen groter is dan het vasthouden in het open water. Voor het Roggebottochtgebied wordt ongeveer 95 procent van het water in de bodem vastgehouden en voor de Kuinder- tochtgebied ongeveer 97 procent.

### Nat- en droogteschade

Ook is gekeken of het inzetten van de stuw leidt tot meer natschade aan gewassen door het extra vasthouden en of eventueel minder droogteschade optreedt. Over de periode van 23 jaar bleek dat de gemiddelde gewasgroei tussen de 74 en 95 procent lag, vergeleken met de potentiële groei. Bij het inzetten van de

regelbare stuw blijkt nauwelijks verschil op te treden. Ook komt geen extra natschade voor. Ook in termen van verminderde droogteschade treedt nauwelijks verandering op. De belangrijkste reden is dat de regelbare stuw slechts enkele malen per jaar worden ingezet en dan alleen gedurende kortere tijd.

In afbeelding 4 is voor 1998 het bodemvochtprofiel geplot, zoals dat met de modellen gesimuleerd is. De bovenste figuur laat in pF-waarden zien dat de bodem in half mei en half augustus droog wordt, maar dat geen ernstige droogte optreedt. Duidelijk is ook te zien dat gedurende 1998 een aantal malen het bodemprofiel compleet verzadigd is als gevolg van heftige neerslag, met als grootste extreem de neerslag van eind oktober.

De onderste grafiek laat het verschil in bodemvochtgehalte zien als de vaste stuw vervangen zou worden door een regelbare en deze bediend wordt volgens de optie 'reagerend'. Het bodemprofiel blijkt in maart en in september iets natter te blijven, maar dit blijft beperkt tot maximaal drie procent. Zoals al eerder aangegeven heeft het inzetten van de regelbare stuw in oktober nauwelijks invloed, aangezien de neerslaghoeveelheid te groot was om enig effect van de regelbare stuw te hebben.

Afbeelding 2 toont dus dat een kleine toename in het bodemvocht plaatsvindt indien de regelbare stuw wordt gebruikt, terwijl toch veel water in de bodem vast wordt gehouden. Dit komt door de enorme vasthoudcapaciteit (hoge bergingscoëfficiënt) van de bodem, omdat zowel in de diepte veel kan worden vastgehouden en omdat de oppervlakte bodem veel groter is dan de oppervlakte open water. Water dat in de bodem komt, wordt door het verhoogde peil in het oppervlaktewater dus minder snel ontwaterd. De beperkte toename in bodemvocht verklaart ook dat er nauwelijks verschil zit in de nat- en droogteschade. Het is duidelijk dat dit soort grafieken uitermate verduidelijkend werken om het bodem-waterstelsel beter te begrijpen.

### Bijdrage regelbare stuw aan wateropgaven

Tenslotte is nagegaan in hoeverre de regelbare stuw kunnen bijdragen aan de oplossing van de wateropgave voor wateroverlast zoals deze is vastgelegd in de stroomgebiedsvisie Flevoland. De inzet van de regelbare stuw in de Roggebottocht resulteert in ongeveer 175.000 kubieke meter water per jaar dat extra wordt vastgehouden en vertraagd afgevoerd. Dit is ongeveer elf procent van de totale jaarlijkse afvoer en komt overeen met bijna 260 kubieke meter per hectare. De maximale hoe-

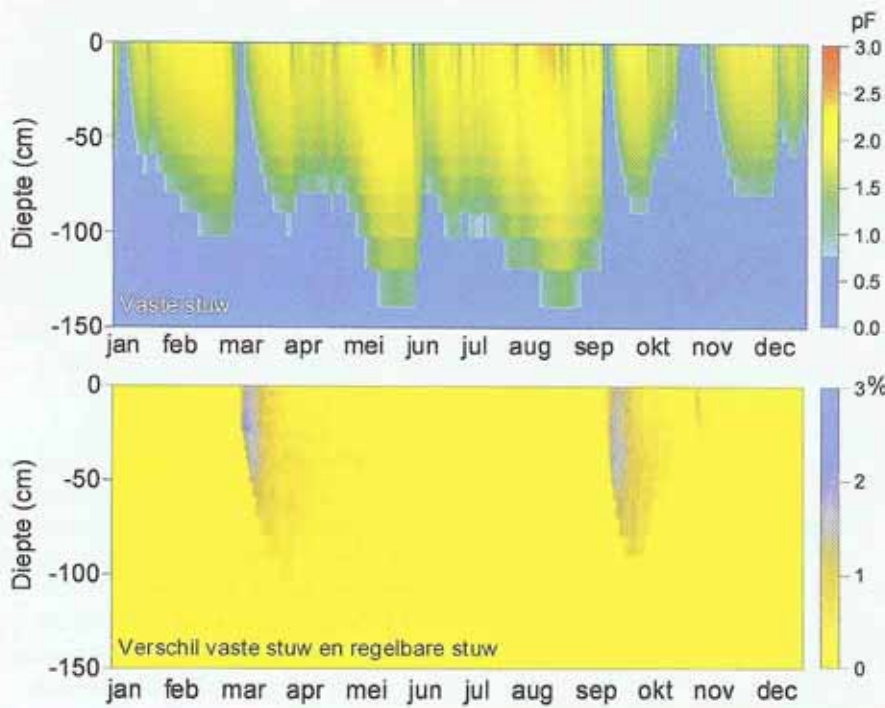
Conclusies

Uit de analyse blijkt duidelijk dat de regelbare stuwen een bijdrage leveren aan de wateropgaven voor de twee gebieden die hier bestudeerd zijn. De regelbare stuwen verminderen echter niet de totale afvoer, maar de piekafvoeren worden met vertraging afgevoerd. De nadruk bij het vasthouden van water in het beheersgebied van het waterschap Zuiderzeeland ligt duidelijk bij het water in de bodem vasthouden, aangezien de oppervlakte open water klein is. In termen van extra natschade of verminderde droogteschade zijn weinig effecten te verwachten voor de landbouw bij de inzet van de regelbare stuwen.

Deze studie laat zien dat met modellen die de meest belangrijke component van het vasthouden van water, de bodem, in ogenschouw nemen, een beter begrip kan worden verkregen van het systeem. Bovendien kunnen verschillende opties worden vergeleken voor de inzet van de regelbare stuwen. Het waterschap gaat op de aangegeven weg door en is nu bezig met het analyseren in welke peilgebieden de wateropgave het grootst is en welke vaste stuwen dus het beste kunnen worden vervangen door regelbare stuwen.

NOOT

\* FutureWater is een advies- en onderzoeksbureau dat zich richt op de duurzame toekomst van het water.



Afb. 4: Bodemvochtgehalten voor een representatief profiel in het Roggebottochtgebied voor het jaar 1998. Bovenste grafiek geeft de bodemvochtgehalten weer indien de vaste stuw aanwezig is. Waarden zijn gegeven in pF, wat de logaritme is van de absolute drukhoogten in cm, waarbij pF = 0 verzadigd is, pF = 2 veldcapaciteit en pF = 3 tijdelijk verwelkingspunt. Onderste grafiek geeft aan hoeveel het bodemprofiel natter wordt (in procenten), indien de regelbare stuw wordt gebruikt.

veelheid die per bui wordt vastgehouden, bedraagt ongeveer 180 kubieke meter per hectare en is afhankelijk van de intensiteit van de bui en het initiële bodemvochtgehalte. Volgens de stroomgebiedsvisie bedraagt de wateropgave in zuidelijk en oostelijk Flevoland zeven miljoen kubieke meter, ongeveer 70 kubieke meter per hectare.

Voor het Kuindertochtgebied zal gemiddeld 80.000 kubieke meter per jaar extra worden vastgehouden en vertraagd worden afgevoerd bij de inzet van de regelbare stuw.

Dit is ongeveer vier procent van de totale jaarlijkse afvoer en komt overeen met bijna 200 kubieke meter per hectare. Per bui wordt maximaal 170 kubieke meter per hectare extra vastgehouden, eveneens afhankelijk van de intensiteit van de bui en de natheid van de grond. Volgens de stroomgebiedsvisie bedraagt de wateropgave in de Noordoostpolder eveneens zeven miljoen kubieke meter, oftewel gemiddeld 140 kubieke meter per hectare. Het blijkt dus dat met de inzet van regelbare stuwen aan de oplossing van de wateropgave voor de twee deelgebieden wordt bijgedragen.