



Anton Dommerholt, Wageningen Universiteit

Ton Hoitink, Wageningen Universiteit

Peter Heuts, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Fabrice Ottburg, Alterra

# V-stuw voor periodieke hydrologische gebiedsisolatie

**Binnen diverse kaders (Natura 2000, Kaderrichtlijn Water) wordt gestreefd naar waterberging in natuurgebieden om de inlaat van gebiedsvreemd water van een lagere kwaliteit te beperken. Als een natuurgebied is verbonden met het omliggende stedelijke of poldergebied, wordt zeker bij aanhoudende regenval door de gemalen water met een relatief goede kwaliteit aan de polder of het stedelijke gebied onttrokken, waardoor ook water uit het natuurgebied wordt afgevoerd. Anderzijds wordt in de zomer rivierwater ingelaten om tekorten door bijvoorbeeld verdamping aan te vullen. Als men peilverschillen teweeg kan brengen door het natuurgebied te isoleren, kan regenwater worden vastgehouden en opgeslagen voor tijden van droogte, zodat in die periode minder of geen gebiedsvreemd water hoeft te worden ingelaten. In dit artikel wordt een nieuw ontworpen kantelstuw beschreven die alleen stuwt indien dat nodig is. Daarbuiten is de stuw geopend en daarmee voor vis passeerbaar.**

**D**e V-stuw is een in een damwand gemonteerde stuw die bestaat uit twee kleppen onder een hoek van 90°, die met een horizontaal scharnier zijn verbonden op een drempel op de bodem. De stuw is grotendeels van licht materiaal

vervaardigd en heeft daardoor drijfvermogen. Wanneer er geen of slechts weinig stroming is, staat de stuw open en kan vis passeren. De stuw sluit in beide stroomrichtingen bij een vrij gering waterhoogteverschil (ordegrootte één tot vijf centimeter)

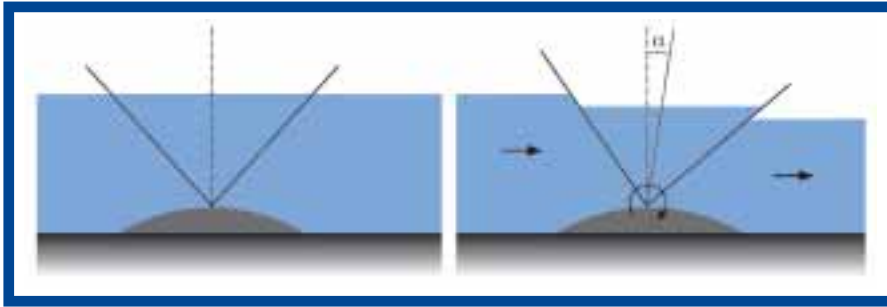
met als doel enerzijds het vasthouden van water, bijvoorbeeld in een natuurgebied, en anderzijds het tegenhouden van gebiedsvreemd water. Wanneer het waterhoogteverschil weer kleiner is geworden, zal de stuw autonoom en zonder elektronica weer opengaan. Het gedrag van de stuw is onder andere afhankelijk van de waterhoogte en de soortelijke massa van de kleppen, die met behulp van gewichten of materiaal met een groot drijfvermogen naar wens kan worden aangepast.

*Laboratoriumopstelling, kleppen verzaaid met hoeklijnen (variant D).*



De studie naar een principe-ontwerp van zo'n vispasseerbare stuw werd uitgevoerd door de leerstoelgroep Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer van Wageningen Universiteit in opdracht van STOWA. De eerste belanghebbende en initiatiefnemer van het project is het Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Naar verwachting zal dit waterschap in de nabije toekomst een veldexperiment uitvoeren.

Het uitgangspunt bij het ontwerp was, dat de stuw autonoom mechanisch dient te functioneren zonder elektronische voorzieningen. Het ontwerp bestaat uit een V-vormig element, opgebouwd uit twee kantelkleppen die aan de onderzijde zijn verbonden via een horizontaal scharnier (zie foto en afbeelding 3). De totale constructie heeft een lagere soortelijke massa dan water en heeft daarmee drijfvermogen waardoor, bij gelijke



Afb. 1: Schematische dwarsdoorsnede. Links: stabiele situatie wanneer de stuw geopend is. Rechts: een waterstandverschil tussen beide zijden van de stuw doet de stuw onder een hoek  $\alpha$  kantelen.

waterniveaus aan weerszijden van de stuw, de stuw in neutrale stand zal blijven staan. Wanneer een gemaal in de polder in werking wordt gesteld, ontstaat een waterstroom door de stuw richting de polder. Indien deze waterstroming en het hiermee samenhangende waterspiegelverhang een bepaalde drempelwaarde overstijgt, dient de stuw zich te sluiten. De hoogte van de kleppen dient zodanig te zijn dat bij overschrijden van de maximaal toegestane peilhoogte water over de stuwkleppen stroomt. Wanneer na verloop van tijd de waterniveaus weer bij benadering gelijk zijn geworden (bijvoorbeeld door verdamping van het water), zal de stuw weer opengaan en in de neutrale stand terugkeren. Wanneer het polderpeil meer stijgt dan het peil aan de zijde van het natuurgebied, zal een tegengesteld waterspiegelverhang ontstaan, dat de stuw naar de andere zijde zal doen sluiten. Hierdoor zal geen gebiedsvreemd water het betreffende gebied instromen.

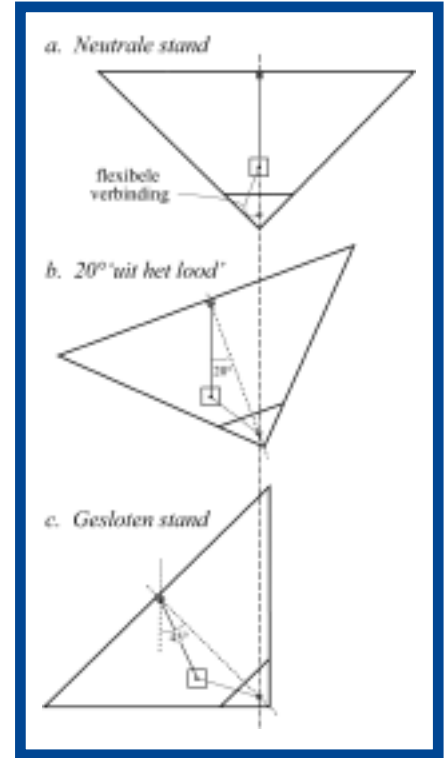
**Ontwerpfase**

In de ontwerpfase is een analyse uitgevoerd naar de hydrostatische onbalans die leidt tot het kantelen en uiteindelijk dichtgaan van de stuw. De stabiliteit van de kantelstuw hangt af van momenten om de centrale as van het scharnier, waar de twee kantelkleppen samenkomen. In de neutrale stand is de situatie volstrekt symmetrisch en is de som van de draaimomenten gelijk aan nul, wat kenmerkend is voor de stabiele situatie. Indien een beperkt waterstandverhang over de stuw ontstaat, zal water langs de zijkanen door de stuw stromen en zal zich een nieuw evenwicht instellen waarbij de centrale as van de kantelkleppen onder een hoek  $\alpha$  met de verticaal komt te staan (zie afbeelding 1). Hierbij bestaat evenwicht tussen enerzijds de momenten als gevolg van hydrostatische drukverschillen tussen beide zijden van elk van de kantelkleppen en van directe stuwdruk door waterstroming en anderzijds de netto opdrijvende kracht die nu niet meer verticaal boven het scharnier aangrijpt. Van de twee dichtdraaiende momenten is het eerstgenoemde moment, als gevolg van hydrostatische drukverschillen, het grootst. De netto opdrijvende kracht is sterk afhankelijk van de soortelijke massa van de kleppen en van de waterhoogte (en daarmee het gedeelte van de kleppen dat boven water uitsteekt). Bij deze studie is als randvoorwaarde verondersteld dat de waterhoogte maximaal 20 cm fluctueert. Indien het debiet door de stuw verder toeneemt, zal bij een bepaalde hoek het

dichtdraaiende moment door het waterstandsverschil niet meer gecompenseerd kunnen worden door het tegengestelde moment door opdrijven, waardoor de stuw geheel sluit. Deze drempelwaarde van de hoek bedraagt 20° tot 30°, afhankelijk van de soortelijke massa van de kleppen en de waterhoogte. Een zwaardere klep leidt er toe dat de stuw gemakkelijker, dus bij een kleiner waterstandverhang sluit, maar heeft als nadeel dat de stuw pas in een laat stadium weer teruggaat naar de neutrale stand. Bovendien wordt de stuw onstabiel, vooral bij lagere waterhoogtes, terwijl het wenselijk is dat de stuw zoveel mogelijk geopend is wanneer er geen stroming is.

**Aangepast ontwerp**

Om de ongewenste effecten van een relatief zware klep te beperken, maar de voordelen te behouden, is een aangepast ontwerp gemaakt. Uitgangspunt is een relatief lichte klep. De aanpassing bestaat uit een gewicht dat centraal boven in de stuw scharnierend is opgehangen (zie afbeeldingen 2 en 3). Het gewicht hangt in de neutrale stand verticaal naar beneden. Tot een kantelhoek van circa 20° blijft het gewicht verticaal onder het ophangpunt hangen en veroorzaakt dan een kantelmoment dat kwalitatief hetzelfde effect heeft als een grotere soortelijke massa van de kleppen. Bij grotere kantelhoeken dan circa 20° wordt het gewicht tegengehouden, waardoor het dichtdraaiende moment van het gewicht niet veel verder meer zal toenemen, terwijl het sluiten van de



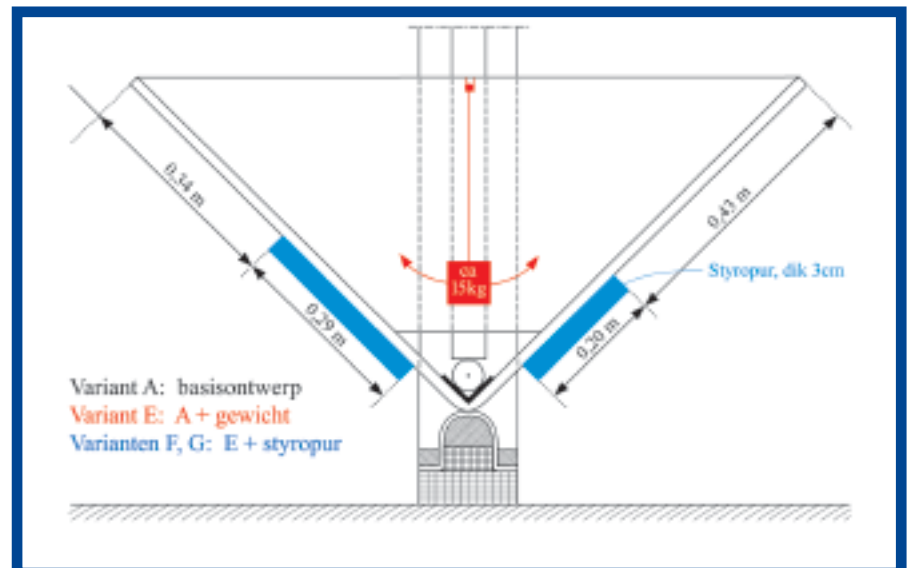
Afb. 2: Schematische weergave van het aangepaste ontwerp met scharnierend opgehangen gewicht.

stuw doorgaat. Door deze constructie zal de stuw gemakkelijker weer terugkeren naar de neutrale stand dan het geval is bij vergelijkbare zwaardere kleppen. Om het soortelijk gewicht van de kleppen en de locatie van het zwaartepunt verder te controleren, is aan de onderzijde van de kleppen nog een strook met een groot drijvend vermogen (schuimplaat) over een hoogte van 0,20 en 0,29 meter aangebracht (zie afbeelding 3).

**Laboratoriumexperimenten**

Het onderzoek in het laboratorium is uitgevoerd in een stroomgoot met een breedte van 2,40 meter. De breedte van de stuw bedroeg 1,50 meter. De stuw is V-vormig met een hoek van 90° en vervaardigd van watervast multiplex. Voor overige maatvoering zie afbeelding 3. Met

Afb. 3: Dwarsdoorsnede van de laboratoriumopstelling voor de varianten A, E, F en G.



behulp van een gradenboog werd de hoek van de stuw ten opzichte van de verticaal afgelezen. Op ongeveer twee meter boven- en benedenstrooms van de stuw was een peilbuis geplaatst, waarin met behulp van peilnaalden de waterhoogte werd gemeten.

### Meetprogramma

Eerst is een viertal varianten (tabel 1, varianten A t/m D) doorgemeten, waarbij steeds de soortelijke massa van de kleppen van de stuw is verhoogd. Vervolgens is een serie metingen uitgevoerd met het aangepaste ontwerp (tabel 1, varianten E t/m G, zie ook afbeelding 3). Elk van de varianten is doorgemeten voor vier verschillende (benedenstroomse) waterhoogtes ( $h_2$ ), waarvan de hoogste zich nog juist onder de bovenrand van de kleppen (in

neutrale stand) bevond en de laagste 0,20 meter lager was (tabel 2).

### Resultaten

Uit de uitgevoerde metingen blijkt voor de varianten A t/m D dat de stuw met de grootste soortelijke massa (D) bij kleinere debieten sluit dan die met de lagere soortelijke massa (A). Ook gaat het sluiten sneller bij de kleinste waterhoogtes, omdat daar een groter gedeelte van de kleppen boven water uitsteekt en dus een groter kantelmoment veroorzaakt (afbeelding 4a). Het weer terugkeren naar de neutrale stand gaat echter bij hoge soortelijke massa en lage waterhoogte veel moeilijker en soms zelfs pas bij een negatief waterspiegelverhang (afbeelding 5). Het gedrag van het aangepaste ontwerp (varianten E,F en G) komt bij het dichtgaan in grote lijnen overeen met dat van verzwaarde varianten van het oorspronkelijke ontwerp, afhankelijk van het toegepaste gewicht (afbeelding 4b). Het weer terugkeren naar de neutrale stand gaat echter veel gemakkelijker dan bij de gelijkmatig verzwaarde kleppen, door het grotere drijfvermogen van de schuimplaat en het feit dat het gewicht vanaf ongeveer 20° wordt tegengehouden (zie afbeelding 5).

Tabel 1. Overzicht van de verschillende onderzochte varianten.

variant	uitvoering
A	oorspronkelijk ontwerp, kleppen van 18 mm multiplex, gelakt
B,C,D	
E	
F,G	
	beide kleppen verzwaard met resp. 4, 6 en 8 stalen hoeklijnen
	variant A + scharnierend opgehangen gewicht van circa 15 kg. Bij een hoek van ongeveer 20° wordt het gewicht gefixeerd als variant E, verhoogd drijfvermogen door strook schuimplaat over een hoogte van respectievelijk 0,20 meter en 0,29 meter aan de onderzijde van de kleppen.

Tabel 2. Overzicht van de onderzochte benedenstroomse waterhoogtes.

	waterhoogte
I	laagste onderzochte waterhoogte, circa 0,25 m boven hart as
II	0,05 m hoger dan stand I
III	0,10 m hoger dan stand I
IV	0,20 m hoger dan stand I, nog juist onder de bovenrand van de kleppen van de stuw

### Conclusie en discussie

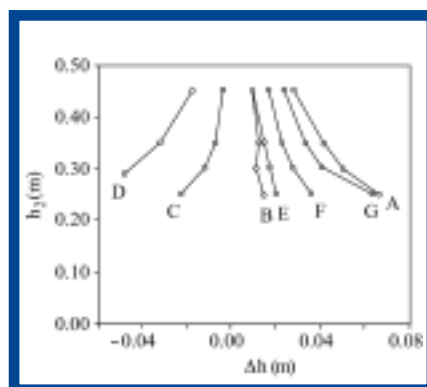
De V-stuw functioneert bij waterstanden tot maximaal 0,20 meter onder de rand van de kleppen goed. Bij de lagere waterstanden wordt de stuw instabieler en verloopt het weer terugkeren vanuit een gesloten

situatie naar de neutrale stand moeilijk. Hierdoor blijft de stuw bij lage waterstanden relatief lang gesloten. Door de soortelijke massa van de kleppen te variëren of door het aanbrengen van een scharnierend of anderszins bewegend gewicht, al dan niet in combinatie met extra drijfvermogen, kan het weer terugkeren naar de neutrale stand worden beïnvloed. In het veld zal de V-stuw moeten worden gedimensioneerd op basis van de specifieke waterstandfluctuaties en de doelen die in het gebied worden gesteld ten aanzien van vismigratie. Een veldevaluatie van de hydraulische en ecologische functionaliteit van de V-stuw zal specifiek zijn voor de omgeving waarin de stuw wordt geplaatst. Daarbij wordt opgemerkt dat het altijd mogelijk is om de stuw in cruciale situaties handmatig open te stellen.

### LITERATUUR

- Heuts P. (2005). Ontwerp van een kanelstuw. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Hoitink A., A. Dommerholt, P. Heuts en F. Ottburg (2007). Ontwerp van een vispasseerbare kanelstuw: de V-stuw. STOWA. Rapport 2007-04 (in druk).

Afb. 5: Hoogteverschil ( $\Delta h$ ) waarbij de stuw weer opengaat vanuit een geheel gesloten situatie bij verschillende benedenstroomse waterhoogtes ( $h_2$ ) (gemeten ten opzichte van het hart van de as).



Afb. 4: Debiet Q waarbij de stuw sluit voor de varianten A t/m D (4a) en A + E t/m G (4b) voor de waterhoogtes I en IV.

