

Ontwikkeling zelfregulerende krib

Ing. Julian van Dijk
Robusta Technical and
Industrial Fabrics



Ing. Diederik van Hogendorp
Arcadis Nederland B.V.



Dr. Jelmer Cleveringa
Arcadis Nederland BV



De werking

De Zelfregulerende Krib bestaat uit een geotextiel doek dat aan drijvers hangt en aan de onderzijde aan de rivierbodem is vastgemaakt. Het geotextiele doek hangt dus met de bovenzoom aan indrukbare drijvers (fenders) en is met de benedenzoom vastgemaakt aan bijvoorbeeld een damwandgording of een andere verankering.

Bij lage en gemiddelde waterstanden houden de drijvers het doek strak omhoog waarbij alleen

de bovenste regel van de drijvers boven water uitsteekt. Op deze wijze werkt de constructie min of meer op eenzelfde wijze als een bestaande stenen krib. Bij een toenemende waterstand verdwijnen de drijvers onder water, omdat ze niet ver omhoog kunnen dan de hoogte van het geotextiele doek. Omdat de drijvers onder water verdwijnen, gaat het water dat boven de drijvers staat deze samendrukken. Het drijfvermogen neemt daarvoor bij een stijgende waterstand langzaam maar zeker af. Bij een zekere overdruk, veroorzaakt

door de kritische watermassa bovenop de drijvers, zal het drijfvermogen van de drijvers zodanig afnemen dat de drijvers onder invloed van een contragewicht en de stroming, naar de bodem zinken.

Daarmee verdwijnt het doek inclusief de drijvers tot op de bodem. Bij zeer hoge waterstanden is daarom een maximaal doorstroomprofiel beschikbaar en zal de Zelfregulerende Krib een positief effect hebben op de afvoer van het rivierwater.

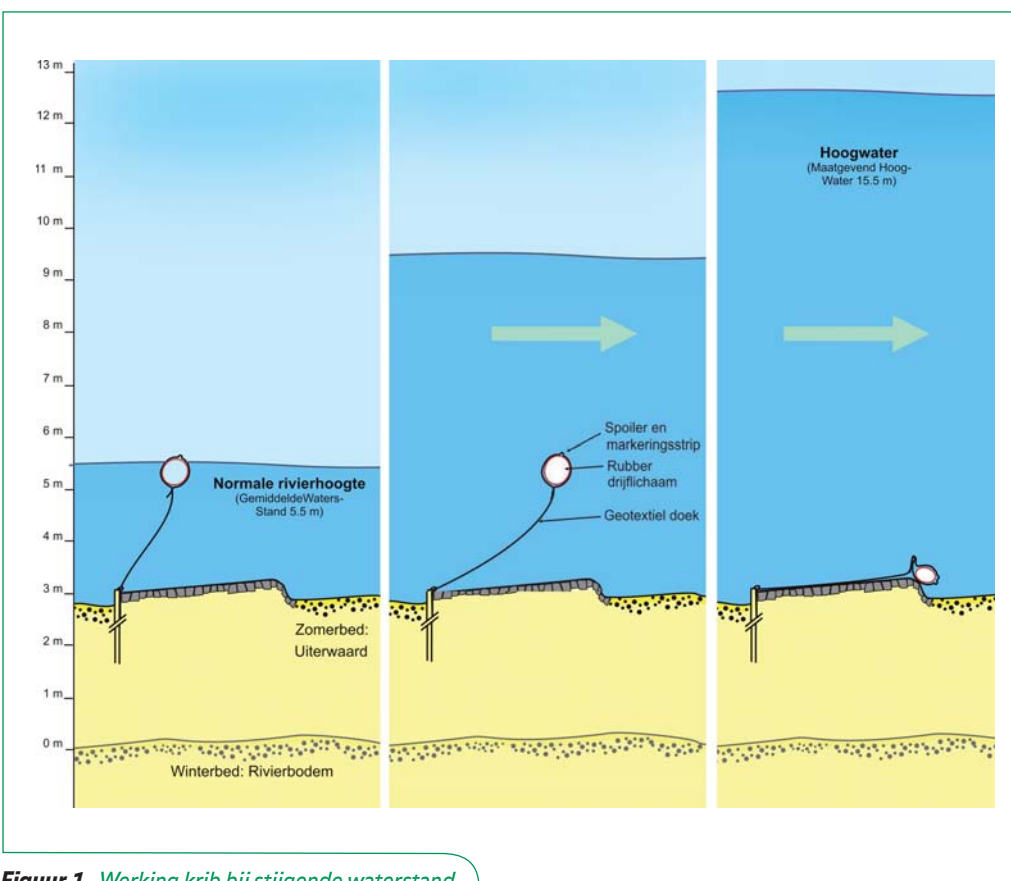
Bij dalende waterstanden neemt de watermassa op de drijvers af, zodat deze weer gaan uitzetten en het drijfvermogen terugkeert. Na verloop van tijd zal de zelfregulerende krib weer opdrijven en weer functioneren als een reguliere krib.

In de figuren wordt de werking van de krib bij een stijgende waterstand weergegeven. Om de kans op sedimentatie van rivierzand bovenop het doek van de krib te voorkomen wordt direct benedenstrooms van de krib een oplopend talud aangebracht waarmee een positieve transportgradiënt wordt gegenereerd.

Het proces

De Zelfregulerende Krib is één van de prijswinnende concepten van de prijsvraag 'Kribben van de Toekomst' die in 2006 werd uitgeschreven door de CUR (Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving) en Rijkswaterstaat.

De prijsvraag was uitgeschreven om innovaties op het gebied van kribben in de Nederlandse rivieren te bewerkstelligen, die optimaal functioneren bij zowel lage als hoge rivierwaterstanden en zo min mogelijk kosten hebben in termen van aanleg, beheer en onderhoud. Het concept van de Zelfregulerende Krib is destijds als één van de vier winnaars geëindigd. De jury was van mening dat het concept inderdaad bijdraagt aan een grotere afvoercapaciteit gedurende hoogwaterstanden en dat het bij lage waterstanden bleef functioneren



Figuur 1 Werking krib bij stijgende waterstand.

Samenvatting

Robusta en ARCADIS hebben de afgelopen twee jaar gewerkt aan de verdere ontwikkeling van de 'zelfregulerende krib'. Het principe van de zelfregulerende krib zorgt ervoor dat water wordt gekeerd of gestuurd tijdens lage en gemiddelde waterstanden, maar dat bij hoge en zeer hoge waterstanden de constructie naar de bodem zinkt.

Hoewel dat misschien niet erg bruikbaar klinkt is, zijn er toepassingen in het watermanagement die deze bijzondere eigenschappen goed kunnen gebruiken. Eén toepassing is die van kribben in de rivieren. De functie van kribben is het concentreren van het rivierwater in het midden van de rivier, bij lage en gemiddelde afvoeren.

Zo helpen de kribben het reguleren van de rivier en zorgen voor een goede bevaarbaarheid. Maar bij hoge waterstanden liggen de kribben in de weg: de rivier moet

dan zo snel mogelijk het water afvoeren naar zee. Vandaar de zelfregulerende kribben: ze doen hun nuttige werk bij lage en gemiddelde afvoeren, maar verdwijnen bij hoge waterstanden en maken zo ruim baan voor de afvoer van het water. Voor deze toepassing is het principe bedacht, maar er blijken nog allerlei andere toepassingsmogelijkheden, zoals in dammen die de afvoer van nevengeulen reguleren.

De zelfregulerende kribben en dammen moeten voor een goede werking bestaan uit een flexibel materiaal met voldoende sterkte. Flexibel omdat het constructies zijn die naar en van de bodem bewegen en die met de stroming mee moeten kunnen bewegen. Sterk omdat het bloot wordt gesteld aan grote krachten.

Om te kunnen concurreren met andere oplossingen heeft een relatief betaalbaar materiaal de voorkeur. Om bovenstaande redenen is een ontwerp gemaakt met geotextiel en uitgewerkt in een prototype.

als krib. Daarnaast scoort het uitstekend op het onderdeel veiligheid, omdat de optredende schade bij een eventuele aanvaring beperkt is. De Zelfregulerende Krib is daarnaast flexibel en gemakkelijk te construeren. 'De krib zal leiden tot een enorme verruiming van de horizon in de rivier en uiteindelijk zullen we zo weer 'brede rivieren traag door oneindig laagland' zien gaan', aldus de jury.

Na het winnen van de prijsvraag zijn de prijswinnaars Alkyon (tegenwoordig onderdeel van ARCADIS) en Robusta verder gaan werken aan de ontwikkeling van de zelfregulerende krib. Robusta heeft de beschikking over de productie-faciliteiten voor het geotextiel en de kribben. ARCADIS heeft de kennis van de waterbeweging en de waterbouw.

De verdere ontwikkeling van de Zelfregulerende Krib tot een daadwerkelijk op schaal 1:1 te testen prototype bestaat uit drie onderdelen:

- maken van een prototype en het uitvoeren van een eerste test;
- opzetten van een stromingsmodel voor de Rijn-takken en het uitvoeren van numerieke simulaties;
- opzetten en uitvoeren van een duurproef om te zien welk doek het beste functioneert.

1. Prototype

Om de 1:1 test te kunnen uitvoeren is er in eerste instantie naar een locatie gezocht met een waterdiepte van meer dan negen meter. Daarnaast moest de locatie goed bereikbaar zijn met een mobiele kraan. Uiteindelijk is met de sluis van Hengelo een geschikte locatie gevonden. In nauwe samenwerking met Rijkswaterstaat Dienst IJssel en Twentekanalen is de praktijkproef voorbereid en uitgevoerd.



Figuur 2 Het frame inclusief doek en fenders hangt klaar boven de sluis in Hengelo.

Voor de praktijkproef is een stukje krib (of dam) genaaid uit geotextiel doek. Voor de drijvers zijn fenders gebruikt: de zeer stevige 'ballonnen' van versterkt rubber die worden gebruikt bij het afmeren van schepen. Deze fenders zijn voorzien van een ventiel en kunnen op druk worden gebracht. De drijvers zijn aangebracht in een omslag van het doek. Deze methode is goed bruikbaar gebleken.

Aan de onderzijde is het doek ook omgeslagen en vastgenaaid. Door deze omslag is een stalen buis geschoven, die de onderzijde vormt van een frame. Het frame is voorzien van een zeer zwaar gewicht, met voldoende massa om de gehele constructie met doek en drie drijvers af te zinken. Het met drijver is vervolgens door een kraan te water

gelaten. Om een waterstandsverhoging te simuleren wordt het frame door de kraan naar de bodem van de sluis neergelaten. Op deze wijze kunnen verschillende waterstanden boven de drijver worden gesimuleerd zonder daadwerkelijk de sluis kolk te vullen of te ledigen.

De eerste praktijkproef heeft op 19 juni 2010 plaatsgevonden. Om de situatie onder water in beeld te brengen, is gebruik gemaakt van een geavanceerde sonar. De opstelling met kraan, frame en sonar blijkt goed bruikbaar. Het geotextiele doek en de naden zijn in staat om de krachten van de drie drijvers op te vangen, ook bij maximale oprijvende krachten. Nu de opstelling zich in de praktijk heeft bewezen, wordt een tweede praktijkproef voorbereid. Hierbij zal aan het doek een contragewicht worden bevestigd, om zo de werking van de Zelfregulerende Krib op werkelijke schaal aan te tonen. Dit moet de weg vrij maken voor grootschalige proeven met bijvoorbeeld een testkrib in een rivier.

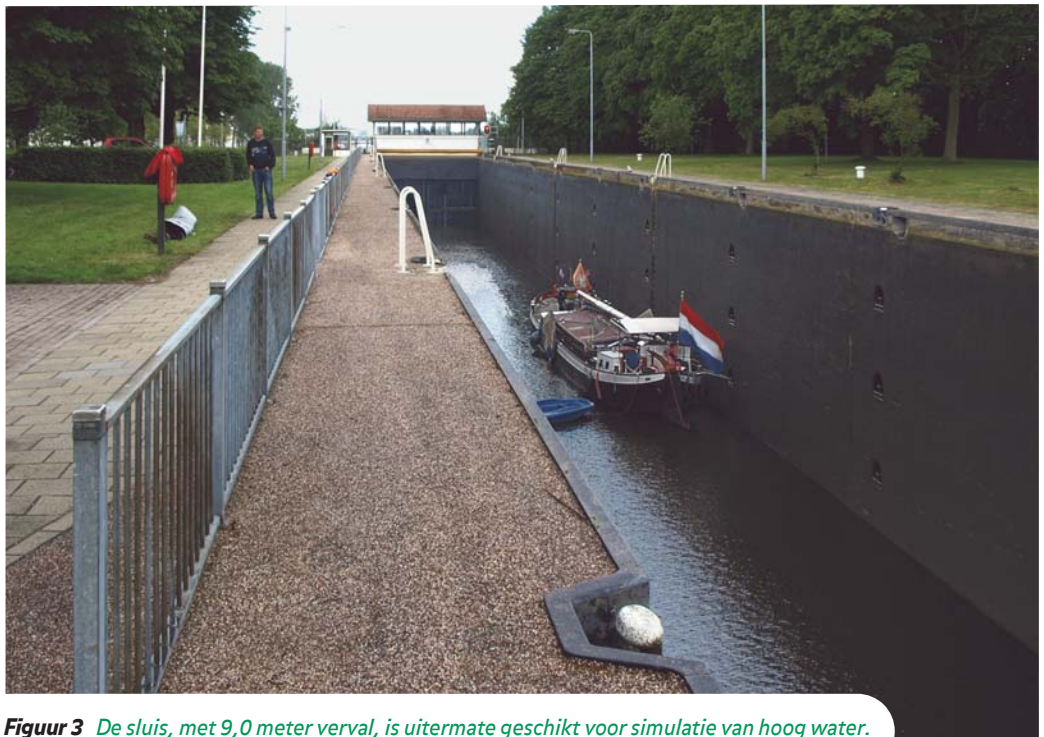
2. Numeriek onderzoek

Naast de prototype testen is ook een numeriek stromingsmodel ontwikkeld om de effecten van de kribben op de waterstanden te simuleren (figuur 4). De numerieke simulaties laten zien dat bij toepassing in de Waal er een waterstandreductie van 10 tot 15 cm mogelijk is over 18 km lengte bij een debiet van 13.900 tot 16.000 m³/s bij Emmerich. Dat zijn belangrijke en gunstige gevolgen.

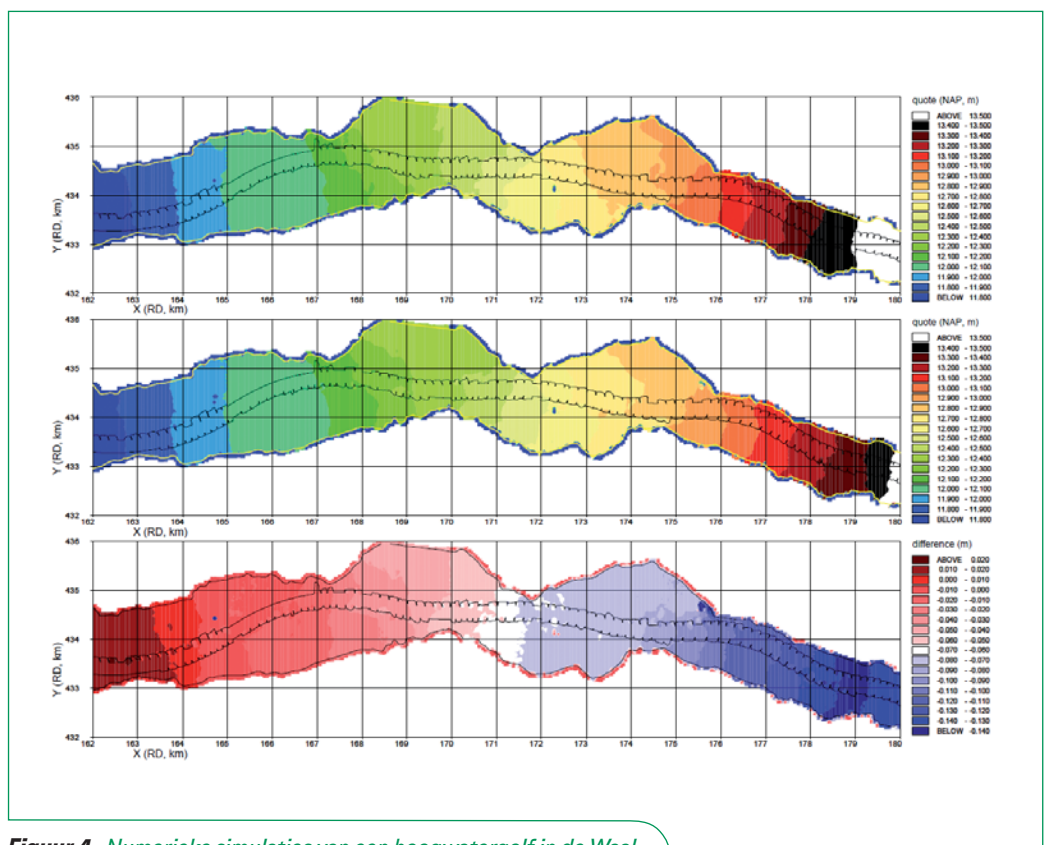
Zichtbaar is het winterbed (de uiterwaarden) van de rivier, met in het midden het zomerbed met de kribben. In de bovenste figuur is de waterstand in de rivier in de bestaande situatie weergegeven, dus met de kribben die de afvoer beperken. In de middelste figuur is de waterstand met zelfregulerende kribben weergegeven, die is gesimuleerd door de kribben uit het model te verwijderen. De onderste figuur geeft het verschil in de waterstand tussen de twee simulaties, dit is dus het effect van het toepassen van de zelfregulerende kribben.

3. Duurproeven

De duurproeven hebben een doorlooptijd van twee jaar. Verschillende typen geotextiel doek hangen gedurende deze periode in een frame in de Lek. Met regelmatige tussenpozen wordt door een duiker een monster uit het doek gesneden. Van deze monsters wordt in het laboratorium de nog aanwezige sterkte van het geotextiel gemeten. Uiteindelijk zullen deze duurproeven aangeven welk soort doek toepasbaar is voor de zelfregulerende kribben. Deze duurproeven hebben ook als doel om het beeld van geotextiel als een materiaal met een groter toepassingsbereik in de waterbouw te versterken.



Figuur 3 De sluis, met 9,0 meter verval, is uitermate geschikt voor simulatie van hoog water.



Figuur 4 Numerieke simulaties van een hoogwatergolf in de Waal.

Toekomstvisie

Indien de Zelfregulerende Krib inderdaad in de praktijk zal worden toegepast, zal het beeld van de Nederlandse rivieren in de aankomende decennia anders worden. Het innovatieve concept van de Zelfregulerende Krib kan het rivierbeeld op

een positieve manier veranderen en bijdragen aan de veiligheid tegen hoogwater, zorgt voor veilige scheepvaart en leidt tot een duurzame ontwikkeling op het gebied van rivierbeheer.

Wordt vervolgd... ●