



Impressie van de Keteldelta

Foto: Jan Rozenbeek

AUTEURS

Bert Bijkerk
(Universiteit Utrecht)Jana Cox
(Universiteit Utrecht)Gertjan Geerling
(Staatsbosbeheer)Jan Stijnen
(HKV)

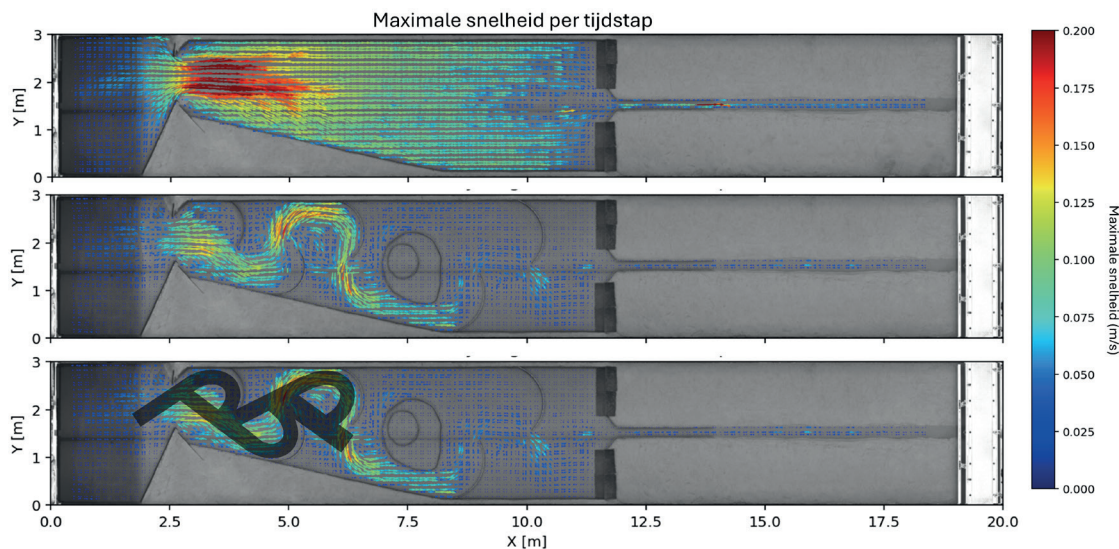
WATERVEILIGHEID VAN DE IJssel-VECHTDELTA

Door het Ketelmeer in te richten met ondiepten, geulen en hoogte-elementen, ontstaat een natuurlijke buffer voor waterveiligheid, gecombineerd met duizenden hectaren aan nieuwe deltanatuur. Deze systeemoplossing, de Keteldelta, transformeert het gebied van een kwetsbaar stormbekken naar een robuuste delta.

In de IJssel-Vechtdelta monden de rivieren IJssel en Vecht uit in het IJsselmeer. In dit overgangsgebied komt een aantal grote opgaven samen waarvoor aanzienlijke investeringen nodig zijn. De druk op de ruimte is groot. Daarnaast zijn er cruciale onzekerheden, zoals het toekomstige IJsselmeerpeil. Als we doorgaan met waar we goed in zijn, levert dat voor dit gebied dan het gewenste resultaat op? Met andere woorden: doen we wel de goede dingen?

Uitdagingen

Het gebied rondom het Ketelmeer, waar de IJssel en Vecht en het IJsselmeer in elkaar overgaan, staat onder invloed van zowel de waterstand op de meren als de afvoeren van de twee rivieren. De ligging maakt het gebied uniek: een zoetwatersysteem zonder getij onder invloed van twee natuurlijke dreigingen. Onder extreme condities stuwen stormen uit westelijke richting waterstanden en golven vanaf het IJsselmeer onder de Ketelbrug (de snelweg A6) door het Ketelmeer in, richting de mondingen van de IJssel en Vecht. Daarnaast kunnen waterstanden oplopen door hoge rivierafvoeren. Door klimaatverandering nemen de extremen en onzekerheden toe.



Afbeelding 1. Simulatie van stroomsnelheden in een schaalmodel van het Ketelmeer zonder en met Tesla-valves (bovenste twee figuren). De maximale stroomsnelheden bij passeren van de stormgolf zijn weergegeven. Het water beweegt van links (IJsselmeer) naar rechts (IJssel); links de vernauwing van de Ketelbrug, ter hoogte van $X = 2.5$. De onderste figuur toont het Tesla valve-concept.

Ook de natuur in het Ketelmeer staat onder druk. Het gebied is grotendeels een diepe, uniforme bak water met harde oevers en zonder geleidelijke overgangen tussen land en water. Er zijn nauwelijks plekken waar dieren zich kunnen voortplanten, schuilen en voedsel vinden. Hierdoor vormt zich geen robuust voedselweb — mede door een gebrek aan organische stof. De KRW-status van waterinsecten en vissen is matig en ook voor diverse Natura2000-habitats en -soorten schieten het areaal en de natuurkwaliteit tekort. De Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) streeft daarom naar een grootschalige systeeminterventie. Dit moet leiden tot robuuste natuurruimten met grotere habitatvariatie en ruimte voor natuurlijke processen [1].

Keteldelta

Eeuwenlang groeide de IJssel-Vechtdelta door natuurlijke sedimentatie. Door menselijke ingrepen — met name de aanleg van de Flevopolders — zijn deze processen verstoord. Fysisch gezien ligt de monding van de IJssel bij hoge afvoer tegenwoordig bij de Ketelbrug. In een natuurlijk systeem zou het Ketelmeer ondieper zijn, langzamerhand verlanden en zou zich rondom de Ketelbrug een nieuwe delta vormen.

Het concept Keteldelta (een idee van Bert Bijkerk) is een ruimtelijk concept voor een toekomstgerichte inrichting van het Ketelmeer en het oostelijke IJsselmeer. Het is een systeemsporg, een schaalbare

en adaptieve oplossingsrichting waarin waterveiligheid, natuurontwikkeling, ecologische waterkwaliteit, recreatie, klimaatadaptatie en zoetwaterbeschikbaarheid samenkomen, terwijl de hoogproductieve landbouwgrond van het Kampereiland behouden blijft.

Door de aanleg van moeraszones, eilanden, natuurlijke oevers, ondieptes en geulen, ontstaat een dynamisch watersysteem dat ruimte biedt aan water én natuur. Naast winst voor natuur en veiligheid biedt het concept ook kansen voor onder andere scheepvaart, recreatie, duurzaamheid en energie. In plaats van versnipperde maatregelen stelt het concept Keteldelta een systeem aanpak voor: een integrale visie die aansluit bij natuurlijke processen, zorgt voor synergie tussen opgaven en werkt aan een adaptieve inrichting die kan meegroeien met klimaatverandering. Het doel is een transformatie naar een robuust, veerkrachtig en toekomstbestendig waterlandschap.

Waterveiligheid

De waterstand van de meren (stormopzet) en de rivierafvoer vormen de twee grote drijvende krachten achter de hydraulische belasting op de primaire waterkeringen in het gebied. Met Keteldelta kunnen waterstanden en golfhoogten worden verlaagd en kan de toekomstige dijkversterkingsopgave worden verkleind. De potentie is op twee manieren onderzocht: via numerieke modelsimulaties met waterbewegings- en golfmodellen, en via een fysiek schaalmodel.



Afbeelding 2. De huidige IJsselmonding. Hier is de variatie in habitat (nat en droog) goed zichtbaar. De eilanden fungeren qua karakter als riviereilanden.

Numerieke modelsimulaties tonen aan dat het concept Keteldelta potentie heeft [2]. Zelfs met een grove inrichting met eilanden voor de Ketelbrug en in het Ketelmeer zelf, kunnen waterstanden met 0,2 tot 0,3 meter verlaagd worden en de golfhoogten aanzienlijk gereduceerd. Omdat potentieel vele tientallen kilometers aan primaire waterkeringen hiervan profiteren, nemen ook de kosten voor toekomstige dijkversterkingen af. Toekomstige dijken kunnen meerdere tot vele decimeters minder hoog zijn de huidige [3].

Daarnaast is de kansrijkheid van een speciale eilandvorm onderzocht. Door eilanden aan te leggen in een aaneenschakeling van halvemaaenvormen is verdere optimalisatie mogelijk (zie afbeelding 1). Deze zogeheten Tesla-valves zijn als concept niet nieuw, maar zijn nog nooit op een dergelijk groot schaalniveau toegepast.

In afbeelding 1 is duidelijk te zien dat stroomsnelheden in de situatie met Tesla-valves aanzienlijk lager zijn. De bijzondere eilandvorm zorgt ervoor dat water in de ene richting vrijuit kan stromen, terwijl stroming de andere kant op wordt gehinderd. Zo kan stormopzet vanaf het IJsselmeer worden geremd, terwijl hoge afvoeren vanaf de IJssel en Vecht relatief ongehinderd

kunnen wegstromen — gunstig voor de waterveiligheid, omdat stormen in de IJssel-Vechtdelta de grootste dreiging vormen.

Met schaalexperimenten in de 'Metronoom'-kantelgoot van het Earth Simulation Laboratory aan de Universiteit Utrecht is het Tesla valve-concept getest [5]. Het Ketelmeer werd nagebootst op een schaal van 20 bij 3 meter, met variaties in aantal, hoeken, breedte, lengte en ligging van eilanden. Hiermee zijn verschillende realistische stormscenario's gesimuleerd. De experimenten tonen aan dat waterstanden landinwaarts in alle gevallen afnemen als er eilanden zijn, met 20 tot 50 procent voor verschillende stormtypes. Hoe westelijker de valves worden gepositioneerd, hoe groter de afname. Bovendien creëert de Tesla valve-configuratie zones met weinig stroming rond de eilanden, wat van belang is voor de ontwikkeling van nieuwe ecotopen.

Natuur en ecologie

Door de dynamische overgang van rivier naar meer, heeft het Ketelmeer een potentieel grote biodiversiteit. Overstroombare eilanden in de buurt van de IJsselmonding ontwikkelen zich tot riviereilanden

met spontaan ontstane oobossen (zie afbeelding 2). Eilanden dicht bij het IJsselmeer, met een sterkere dynamiek, vormen juist een opener deltalandschap. Beide watertypen bieden een breed spectrum aan habitats: diepe geulen, ondiepe oeverzones, beschut water, moerasvegetatie, ruigten, oobossen en open pioniersvlakten.

De natte habitats variëren in stroomsnelheid, waterdiepte en bodemtype. In drogere gebieden bestaat de variatie uit overgangen tussen nat en droog, en blootstelling aan wind en golven. De uiteindelijke vorm van de nog te ontwerpen eilanden is, typisch voor *nature-based solutions*, een afweging tussen eisen op het gebied van waterveiligheid, scheepvaart en de maximaal toelaatbare wind-, hydro- en morfodynamiek. Het totaal vormt een robuust ecosysteem met habitats voor voortplanting, foerage en schuilgelegenheid boven en onder water. De begroeiing en de wisselwerking tussen natte en droge zones produceren organische stof, wat het voedselweb van het IJsselmeergebied als geheel versterkt.

Conclusies

Geïntegreerde oplossing

Het concept Keteldelta is gebaseerd op het natuurlijke principe van deltavorming en dient meerdere maatschappelijke doelen. Het heeft potentie om waterstanden en golfhoogten significant te verlagen en in te spelen op klimaatonzekerheden. Dat levert besparingen op toekomstige dijkversterkingen op. Tegelijk biedt de ontwikkeling van nieuwe land-waterovergangen kansen voor dynamische deltanatuur en synergie met andere functies, zoals scheepvaart, recreatie, zoetwater- en drinkwatervoorziening en energie.

Schaalbaar en adaptief

Het concept Keteldelta is een systeemsprong die inspeelt op veranderingen in klimaat, ruimte en beleid. Het maakt schaalbaar en flexibel werken mogelijk: afhankelijk van de ontwikkelingen kan het idee van kleine naar steeds grotere schaal worden doorontwikkeld en aangepast.

Vervolgonderzoek

Op basis van onze experimenten (numeriek en in schaalmodellen) lijkt de potentie buiten kijf te staan. Vanwege de vele vrijheidsgraden en mogelijkheden binnen het concept is meer onderzoek nodig voordat

concrete inrichtingskeuzes gemaakt kunnen worden. Een gefaseerde aanpak, waarbij wordt ontwikkeld van kleine naar grotere schaal (afhankelijk van klimaat- en ruimtelijke ontwikkelingen) is mogelijk en biedt goede aanknopingspunten voor vervolgonderzoek.

BRONNEN

1. Programmatische Aanpak Grotere Wateren (2023). PAGW Preverkenning IJssel-Vechtdelta. Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. <https://www.pagw.nl/documenten/2023/07/24/eindrapport-pagw-preverkenning-ijssel-vechtdelta>
2. Daggenvoorde, R.J. (2023). Potentiële waterstandseffecten Keteldelta. HKV-memorandum PR4990, in opdracht van Waterschap Drents Overijsselse Delta.
3. Zethof, J.W., Stijnen, R., Daggenvoorde, R., Paarlberg, A. (2024). Kennisvragen in de Vecht-IJsseldelta (een overzicht). HKV-rapport PR5091.10, in opdracht van provincie Overijssel.
4. Van Soest, J., Bom, S., Stijnen, J.W. (2025). Onderzoek naar het concept van de Tesla-valve (stageverslag. Svašek/HKV)
5. Schielen, B. P. et al. (2026). Reducing storm surges in the IJssel-Vecht Delta using Tesla valve shaped islands. In NCRDAYS2026: Navigating rivers (pp.47-48). Utrecht University https://cdn.bullit.digital/kbase/20260330140553/NCR_DAYS_proceedings_2026.pdf

SAMENVATTING

De IJssel-Vechtdelta staat onder druk, ruimtelijk en als gevolg van klimaatverandering. Het innovatieve concept 'Keteldelta' biedt uitkomst. Door het Ketelmeer slim in te richten ontstaat een natuurlijke buffer voor waterveiligheid, gecombineerd met duizenden hectaren aan nieuwe deltanatuur. Numerieke modellen tonen aan dat het concept de waterstanden en golven tijdens stormen flink kan verlagen. Experimenten bevestigen dat het Tesla valve-principe ook op grote schaal werkt. Deze systeemoplossing transformeert het gebied van een kwetsbaar stormbekken naar een robuuste delta die kan worden uitgebreid en aangepast, en legt zo een toekomstbestendige basis voor waterveiligheid, ecologie en andere functies in de regio.