

Foto Moniek Löffler, Bureau Landwijzer



Hoog water in de uiterwaarden; met de veranderende neerslagpatronen verandert de frequentie en duur van overstromingen

AUTEURS



Ruurd Noordhuis en Sacha de Rijk
(Deltares)

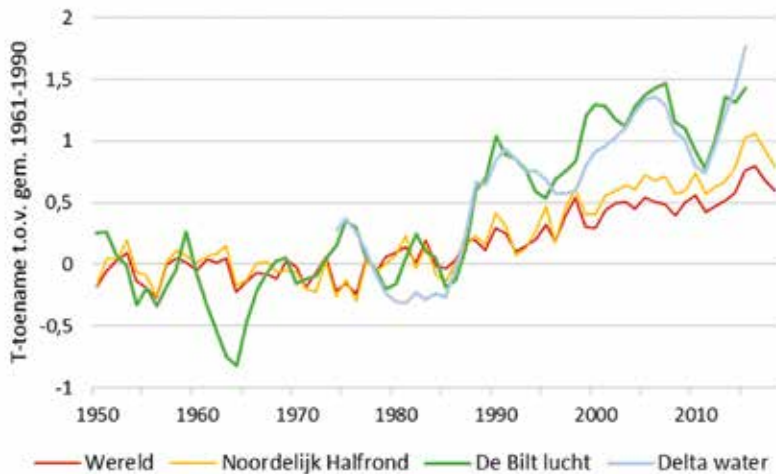


KLIMAATSCAN GROTE WATEREN

Welke gevolgen heeft klimaatverandering voor grote wateren in Nederland en hoe kunnen we deze wateren klimaatrobuuster maken? Deze vraag staat centraal in de 'klimaatscan' die Deltares onlangs heeft gepubliceerd in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) van de Ministeries van IenW en LNV.

De klimaatscan toont wat er op ons af komt met betrekking tot waterkwaliteit en ecologie en wat we kunnen doen om de PAGW-ambitie te bereiken: het realiseren van "toekomst bestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samen-gaat met een krachtige economie".

Nederland is de laatste paar decennia sterker opgewarmd dan de wereld als geheel. Vooral rond 1990 is de toename bij ons versterkt, zowel in de lucht als in het water (afbeelding 1). Behalve de wereldopwarming door broeikasgassen zijn bij ons nog twee andere mechanismen in werking. Ten eerste komt in de winter sinds eind jaren 80 de wind vaker uit het westen, waardoor de winters sindsdien relatief mild zijn. Ten tweede heeft de afname van de luchtverontreiniging in de zomers een rol gespeeld. Door minder deeltjes in de atmosfeer nam de hoeveelheid mist sterk af. Daarmee namen de instraling van zonlicht en de



Afbeelding 1. Toename van de gemiddelde luchttemperatuur in de wereld, het noordelijk halfrond (Hadley Centre) en De Bilt (KNMI), en van de watertemperatuur in de Zuidwestelijke Delta (RWS; Grevelingen, Oosterschelde, Veerse Meer, Volkerak en Westerschelde)

dagtemperatuur toe. Deze twee processen worden geleidelijk ingehaald door de wereldopwarming.

Klimaatgerelateerde drukfactoren

Toename van de luchttemperatuur is slechts één van de klimaat-gerelateerde factoren die druk uitoefenen op de grote wateren. In de klimaatscan zijn nog vijf andere drukfactoren geïdentificeerd: zeespiegelstijging, neerslag en rivierafvoer, windklimaat, mist en zonnestraling, en verzuring van het water.

De effecten van de verschillende drukfactoren op flora en fauna komen grotendeels tot stand via de toename van de watertemperatuur. In warmer water lost minder zuurstof op en is de kans op sterfte bij waterdieren groter. De productie van algen neemt toe en begint eerder in het seizoen. De toename van activiteit en groei van planten en dieren vervroegt niet voor alle soorten in dezelfde mate. Hierdoor kunnen 'mismatches' ontstaan: het niet meer op het juiste moment beschikbaar zijn van voedsel. Noordwaartse verschuivingen van het areaal waar soorten voorkomen, kunnen net als op land ook in wateren optreden. De kans op succesvolle vestiging van zuidelijke exoten neemt eveneens toe ten koste van de aanwezige soorten zodat de diversiteit afneemt. Dit heeft ook gevolgen voor het bereiken van de doelen van de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000.

Resultaten per hoofdwatersysteem

Nederland telt vier hoofdwatersystemen: het IJsselmeergebied, het Rivierengebied, het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta. Elk hoofdwatersysteem

heeft specifieke eigenschappen, waardoor er duidelijke verschillen zijn in de gevoeligheid voor de zes klimaatgerelateerde drukfactoren. De klimaatscan brengt dit in beeld in tekst en infographics. Tabel 1 geeft een samenvatting.

IJsselmeergebied

De meren van het IJsselmeergebied kenmerken zich door een groot oppervlak en geringe diepte. Ze zijn daardoor gevoelig voor veranderingen in windklimaat en warmen makkelijk op. Op zomerdagen met weinig wind ontstaat gelaagdheid in het water die gepaard kan gaan met extra algenbloei en zuurstoftekorten. Door het grote oppervlak hebben veranderingen in de hoeveelheid neerslag een relatief groot effect op de water- en stoffenbalans.

Rivierengebied

De rivieren zijn gevoelig voor veranderingen in het afvoerregime. Deze worden veroorzaakt door veranderingen in neerslagpatronen en een toename van verdamping in de zomer. Modellen voorspellen toename van afvoer in de winter en afname in de nazomer. De afname in de nazomer wordt geleidelijk meetbaar. Daarnaast treden extreem hoge of lage afvoerwaarden en waterstanden vaker op. De watertemperatuur in de rivieren is relatief sterk toegenomen. Eerst gebeurde dat vooral door koelwaterlozingen, later gecombineerd met klimaatverandering. Sinds 1900 zijn de Rijn en de Maas met gemiddeld ca 3°C opgewarmd. De toename vult nu af door regulering van de lozingen. De effecten van veranderingen in afvoer interfereren ook met een niet

Klimaatscan
grote wateren

44

| | Verzuring | Zeespiegel | Neerslag | Wind | Wintertemp | Zomertemp |
|-------------------------|-----------|-----------------|----------|------|----------------|-----------|
| IJsselmeergebied | | | | | | |
| 2050 | | | | | | |
| 2100 | | | | | | |
| Rivierengebied | | | | | | |
| 2050 | | | | | | |
| 2100 | | | | | | |
| Waddengebied | | | | | | |
| 2050 | | | | | | |
| 2100 | | | | | | |
| Deltagebied | | | | | | |
| 2050 | | | | | | |
| 2100 | | | | | | |
| | | niet kwetsbaar | | | kwetsbaar | |
| | | matig kwetsbaar | | | zeer kwetsbaar | |

Tabel 1. Kwetsbaarheid van de vier hoofdwatersystemen voor de zes drukfactoren van klimaatverandering op middellange en lange termijn

klimaat-gerelateerde drukfactor, namelijk de diepere insnijding van de hoofdgeul door de regulering van de rivieren, die bijvoorbeeld bij Lobith de laatste 150 jaar al 2 meter bedraagt en ook effect heeft op de inundatiefrequentie en -duur van de uiterwaarden.

Waddengebied

Het Waddengebied is met z'n grote oppervlak intergetijdengebied direct gevoelig voor zeespiegelstijging. De aangroei van wadplaten in de westelijke Waddenzee zal in de toekomst naar verwachting niet meer voldoende zijn om de zeespiegelstijging bij te houden. De langjarige fluctuaties in windpatronen in de winter hebben gezorgd voor tijdelijke versterking van de stijging van het peil van het kustwater in de wintermaanden. Door de geringe waterdiepte en de droogval zijn de intergetijdengebieden ook extra gevoelig voor opwarming en voor toename van de frequentie van sterfte-incidenten van bijvoorbeeld schelpdieren.

Deltagebied

De wateren van de Zuidwestelijke Delta verschillen onderling sterk. De verschillen zitten vooral in zoutgehaltes, zoet-zout gradiënten, de aan- of afwezigheid van getij en de mate van doorstroming. Daardoor is er sprake van een gevarieerde combinatie van de factoren die bij de andere drie hoofdwatersystemen zijn genoemd. Het meest kenmerkend is een grotere gevoeligheid voor effecten van de zeespiegelstijging en veranderingen in de rivierafvoer op de invloed van zout water in het gebied. Daarnaast zijn de open deltawateren gevoelig voor verlies van intergetijdengebied. De door de Deltawerken gesloten gebieden zijn gevoelig voor versterking van problemen met algenbloei, stratificatie en zuurstoftekort.

Werken aan robuustheid

De vier pijlers van veerkracht

Een belangrijk onderdeel van de klimaatscan is de verkenning van de mogelijkheden om de grote wateren meer weerstand te geven tegen klimaatverandering. Afscherming van de drukfactoren van klimaatverandering zelf door beschaduwing, compartimentering of verdieping is voor de grote wateren nauwelijks een optie. Het devies is dus het vergroten van het vermogen van de watersystemen om veranderingen op te vangen, ofwel de watersystemen robuuster en veerkrachtiger te maken. De mogelijkheden daartoe zijn onder meer uitgewerkt in de zeven principes van veerkracht volgens het Stockholm Resilience Center. Voor toepassing in de grote wateren zijn daaruit in de klimaatscan de vier pijlers van veerkracht gedestilleerd: diversiteit, dynamiek, connectiviteit (verbinding) en waterkwaliteit. Door te werken aan deze vier basisfactoren kan de veerkracht van de grote wateren worden vergroot. In het kader van de PAGW wordt dit inmiddels structureel ter hand genomen.

Maatwerk

De grote wateren van Nederland zijn allemaal in hoge mate 'kunstmatig', beïnvloed door menselijk ingrijpen, met als gevolg dat de vier pijlers niet meer op orde zijn. De verhouding waarin de vier pijlers van veerkracht een rol spelen verschilt per watersysteem.

Sleutelen aan de pijlers is maatwerk en afhankelijk van de functies van het betreffende watersysteem. Problemen als algenbloei en zuurstoftekorten kunnen vaak worden verholpen met het vergroten of terug-

brengen van dynamiek en verbindingen (connectiviteit). Dit gebeurt bijvoorbeeld met de doorspoeling van de Veluwerandmeren of recenter de kier in de Haringvlietdam, inzet van doorlaatmiddel de Katse Heule voor het Veerse Meer, en terugbrengen van dynamiek in Volkerak en Grevelingen. Ook het creëren van een grotere diversiteit aan habitats en soorten draagt bij aan veerkracht. Als het voedselweb complexer is, is het beter bestand tegen druk van buitenaf. Als meerdere soorten eenzelfde functie in het systeem vervullen ('overtaligheid' of 'redundancy') maar verschillend reageren op druk, blijft de functionaliteit beter in stand. Habitatdiversiteit kan vergroot worden met herstel van land-water-overgangen door het aanleggen van ondervertegenwoordigde habitats zoals ondieptes en moeraszones. Voorbeelden zijn: natuurontwikkeling op Tiengemeenten, Marker Wadden en Trintelzand in het Markermeer, geleidelijker zoet-zout-overgangen zoals met de vismigratierivier in de Afsluitdijk of de kier in de Haringvlietdam, of nevengeulen graven in het rivierengebied. Een goede waterkwaliteit, de vierde pijler, is daarbij een basisvoorwaarde. De eutrofiëring is verminderd door sterke afname van fosfaatconcentraties, maar de stikstofconcentraties liggen nog steeds ruim boven de normen.

Al met al versterkt klimaatverandering de druk op de grotere wateren. In combinatie met intensief gebruik, de kunstmatige inrichting en de beperkte hydrologische dynamiek beperkt ze de ecologische diversiteit en de veerkracht van deze systemen. Daarom worden in het kader van PAGW meer maatregelen ontworpen, vaak in onderlinge ruimtelijke samenhang. Om de bijdrage van deze ontwerpen aan het vergroten van de klimaatrobustheid te toetsen, is naast de klimaatscan het KlimaatKompas opgesteld. Hiermee kan worden ingezoomd op lokale effecten en kunnen varianten van een ontwerp worden vergeleken. Verdere kennisontwikkeling door literatuurstudie, analyse van datareeksen en modelstudies blijft van belang om Nederland voor te bereiden op de gevolgen van de voortschrijdende klimaatverandering voor de aquatische ecologie.

Ruud Noordhuis en Sacha de Rijk (*Deltares*)

Bronnen

Klimaatscan. R. Noordhuis, S. de Rijk, G. van Geest, M. Maarse, S. Vergouwen & A. Boon, Deltares, Utrecht, rapport 11203733-000-ZWS-0006, december 2019.

Gebruik klimaatkompas voor PAGW projecten. Handleiding. S. de Rijk, V. Harezlak & R. Noordhuis. Deltares, Utrecht, rapport 11205270-003-ZWS-0001, december 2020.

Effecten van temperatuurtoename op de grote wateren. Een literatuurstudie met data-overzicht. R. Noordhuis, L. van der Heijden & A. de Jong, Deltares, Utrecht, rapport 11205270-005-ZWS-0003, januari 2021.

Climate variability effects on eutrophication of groundwater, lakes, rivers, and coastal waters in the Netherlands. J. Rozemeijer, R. Noordhuis, K. Ouwerkerk, M. Dionisio Pires, A. Blauw, A. Hooijboer & G.J. van Oldenborgh. *Science of the Total Environment* 771 (2021) 145366.

Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma. Een verkenning. Haasnoot, M., Bouwer, L., Diermanse, F., Kwadijk, J., Van der Spek, A., Oude Essink, G., Delsman, J., Weiler, O., Mens, M., Ter Maat, J, Huismans, Y., Sloff, K. & Mosselman, E. (2018). Deltares rapport 11202230-005-0002, Delft.

Klimaatadaptatie in het rivierengebied. Klijn, F. A., Asselman, N.E.M., Hegnauwer, M., Mosselman, E. & Sperna Weiland, F. (2019). *Landschap* 2019 (2): 105-113.

SAMENVATTING

De klimaatscan verkent de gevolgen van klimaatverandering voor de vier hoofwatersystemen in Nederland.

Het IJsselmeergebied is gevoelig voor veranderingen in windrichting en windsterkte in combinatie met opwarming en afname van ijsbedekking. In het rivierengebied zit de gevoeligheid vooral in veranderingen in neerslag en verdamping, die invloed hebben op de afvoer. De Waddenzee wordt het meest direct beïnvloed door zeespiegelstijging, waardoor vooral in het westen intergetijdengebied verloren kan gaan. In de Zuidwestelijke Delta spelen onder meer effecten van zeespiegelstijging op spuiomogelijkheden, zoutindringing en zoet-zout overgangen.

Om de watersystemen beter bestand te maken tegen deze veranderingen is maatwerk nodig, met focus op de vier pijlers van veerkracht: waterkwaliteit, habitatdiversiteit, (peil)dynamiek en de verbinding tussen wateren en habitats onderling (connectiviteit).

Klimaatscan
grote wateren