

Expeditie RWS 2050: Klimaatzones verschuiven

Beeldenboek met een toelichting

1. Inleiding

Voor wetenschappers is het al lange tijd zichtbaar in hun data en modellen: het klimaat warmt op en dat zien we terug in diverse weersverschijnselen. De laatste jaren ervaren ook steeds meer ‘gewone’ Nederlanders dat kenmerken van hun omgeving veranderen. Heftige regenbuien leiden soms tot water op straat en weerrecords rijgen zich aaneen. In 2019 was het voor het eerst warmer dan 40 graden Celsius in Nederland. Wanneer we vooruitkijken met de kennis van nu, wat zouden dan de dagelijkse omstandigheden voor Nederlanders in 2050 kunnen zijn? En welke veranderingen gaan we zien in de natuur om ons heen als klimaatzones verschuiven? De antwoorden op deze vragen willen we in deze korte verkenning voor Expeditie RWS2050 graag inzichtelijk maken.

Nederland is een klein land, maar met zijn ligging aan zee, zijn rivieren en verschillen in bodemsoorten en landgebruik zijn er toch veel regionale verschillen. Dat betekent dat de veranderingen die in gang gezet worden mede door de opwarming van het klimaat van regio tot regio kunnen verschillen. Ook zullen er in stedelijk gebied andere effecten zichtbaar worden dan in bijvoorbeeld landbouwgebieden. Daarom hebben we ervoor gekozen om Nederland in te delen in tien deelgebieden (inclusief de BES-eilanden Bonaire, St. Eustasius en Saba) en om vervolgens per deelgebied in te zoomen op de belangrijkste kenmerken en effecten van klimaatverandering en het verschuiven van klimaatzones.

Het resultaat is een ‘beeldenboek’ waarin eerst in een landelijk overzichtsbeeld voor Nederland de belangrijkste verwachte veranderingen in 2050 inzichtelijk zijn gemaakt. Vervolgens komt ieder van de tien deelgebieden een voor een aan bod.

Daarnaast schetsen we ook een beeld van Nederland in 2100. Stel dat het klimaat forser gaat veranderen dan we nu verwachten, met welke (nog grotere) onzekerheden moeten we dan misschien nú al rekening houden? Ook die vraag is relevant voor de strategische keuzes in de komende jaren.

2. Methodiek

Op basis van literatuur en interviews hebben we de belangrijkste kenmerken van het verschuiven van klimaatzones en de effecten op de Nederlandse samenleving verkend. Vervolgens hebben we door middel van een expert workshop nadere accenten per deelgebied gelegd en suggesties voor illustratieve voorbeelden verzameld.

De indeling in deelgebieden sluit zo veel mogelijk aan bij de indeling die is gebruikt bij de Natuurdialogen (als onderdeel van de Nationale Adaptatie Strategie)¹² en bij de Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW)³⁵.

De effecten van klimaatverandering verschillen per type ruimtegebruik. Op de kaartbeelden en in de beschrijvingen onderscheiden we daarom tien verschillende vormen van ruimtegebruik ofwel 'gebiedsfuncties':

Gebiedsfuncties

	natuur		watervoorziening
	recreatie/toerisme		veiligheid
	visserij		bebouwd gebied
	scheepvaart		landbouw/veeteelt
	economisch kerngebied		transport/mobiliteit

Niet altijd kunnen de verwachte effecten op deze gebiedsfuncties volledig aan klimaatverandering worden toegeschreven. Er is vindt vaak interactie plaats met andere ontwikkelingen, bijvoorbeeld op sociaal-economisch vlak. Dit is niet altijd met een schaarstje te knippen. Ook kan sprake zijn van cascade effecten waarbij gebeurtenissen in het ene domein gevolgen hebben voor het andere domein.

Ondertussen zullen in Nederland de komende jaren natuurlijk ook adaptatiemaatregelen worden genomen. We hebben echter getracht om de kenmerken en effecten van klimaatverandering en het verschuiven van klimaatzones zo 'beleidsarm' mogelijk in beeld te brengen, d.w.z. zonder vooruit te lopen op mogelijke resultaten van deze maatregelen.

Ook realiseren we ons dat wat wij nu als 'achteruitgang' bestempelen, door de inwoners van Nederland in 2050 heel anders kan worden gezien. Ons referentiekader anno 2020 is dus niet gelijk aan het referentiekader anno 2050.

Tenslotte, aan de weergegeven trends op het gebied van klimaatverandering en zeespiegelstijging ligt veel onderzoek en literatuur ten grondslag. De trends in natuur en internationale context zijn in deze verkenning slechts ten dele op geschreven bronnen gebaseerd. Waar mogelijk is (semi-)kwantitatieve informatie gebruikt. Gezien de vaak grote onzekerheden hebben we in samenwerking met de uitgenodigde experts echter vaak een kwalitatieve inschatting van veranderingen en effecten moeten maken¹.

3. Samenvattende toelichting bij de beelden

1A. Overzichtsbeeld Nederland in 2050

In 2050 heeft heel Nederland te maken met de invloed van temperatuurstijging, zeespiegelstijging, verzilting (in de kustgebieden) en vaker voorkomende extreme weersomstandigheden. In 2050 is het in Nederland naar verwachting 2,3 graden warmer ten opzichte van 1995, en er wordt een zeespiegelstijging tot 0,40 m voorzien. Dit heeft zowel negatieve als positieve gevolgen^{3,4,5, 6, 9, 10, 11,15, 22,24}. Mensen moeten zich zoveel mogelijk aanpassen en raken (door het vaker optreden van extremen) er

¹ De wijze van weergave en prioritering hiervan zijn veelal gebaseerd op inbreng van experts tijdens de workshop. Ze vertegenwoordigen niet noodzakelijk de mening van Deltares en zijn ook niet gebaseerd op uitgebreid literatuuronderzoek naar effecten van veranderingen.

aan gewend om rekening te moeten houden met grotere veiligheids- en gezondheidsrisico's. Dit heeft zeker invloed op het gedrag van mensen^{17,19}.

Noordelijke planten- en diersoorten nemen af of verdwijnen, en zuidelijker soorten en invasieve exoten bepalen meer en meer het natuurbeeld. Ook zal de dynamiek en kwetsbaarheid van ecosystemen veranderen. De natuur zal een nieuwe balans trachten te vinden die, afhankelijk van de snelheid en het karakter van de veranderingen, invloed zal hebben op de biodiversiteit^{7,8,13,14,16,18,20}. Daarnaast kunnen ook nieuwe infectie- en dierziekten hun intrede doen^{2,16,20}.

Door de (versnelde) zeespiegelstijging is het overstromingsrisico toegenomen. Als gevolg van verzilting en hogere temperaturen zijn de landbouw en watervoorziening in 2050 deels veranderd^{1, 5,6,11}. Ook krijgt Nederland te maken met reacties op klimaatverandering elders in de wereld^{1,16,21,23}. Klimaatgerelateerde problemen zullen naar verwachting zorgen voor een toename van internationale migratiestromen van mensen waarvan een deel zich in Nederland zal willen vestigen²¹.

Wat is er te zien in het samenvattend overzichtsbeeld?

- in het kader links staan voorbeelden van klimaatkenmerken in 2050 en van effecten hiervan op de samenleving;
- op de kaart van Nederland is voor ieder deelgebied een aantal icoontjes weergegeven: dit is de selectie van gebiedsfuncties die de meeste impact van klimaatverandering ondervinden;
- de wit gestippelde zone langs de kust is een inschatting van het invloedsgebied van zoutinvasie als gevolg van zeespiegelstijging.

Deelgebieden in 2050

In ieder deelgebied is een selectie van die gebiedsfuncties weergegeven, die de meeste impact van klimaatverandering ondervinden. Hoe ze zoal geraakt worden, staat genoemd in de tekstkadertjes naast de illustraties

1B. Waddengebied – *Eilanden worden kleiner en voller, de natuur verandert*



Als gevolg van erosie worden de eilanden kleiner, door meer recreatie worden ze voller en de natuur verandert doordat soorten die typisch zijn voor het zilte milieu zich uitbreiden ten koste van soorten in het zoete milieu. Voor de Wadden zijn natuur en recreatie/toerisme belangrijke gebiedsfuncties, die beide stevig geraakt kunnen worden door de veranderingen in het klimaat. Door hogere temperaturen zullen er meer recreanten naar de Wadden willen, met als gevolg een extra belasting voor de natuur die tegelijk verschuift en kwetsbaar is. De bereikbaarheid van de eilanden zal wellicht iets afnemen doordat zich vaker extreme weersomstandigheden voordoen waardoor veerdiensten vertraging op kunnen lopen.

1C. Hollandse kust (duinen en strand) – *Drukke aan de kust*



Door de temperatuurstijging zal er bij de mensen (met name uit de naastliggende dichtbevolkte stedelijke gebieden) meer behoefte zijn aan verkoeling waardoor de stranden en recreatiegebieden in de duinen vaker en door meer mensen bezocht zullen worden. Door de zeespiegelstijging zal de belangrijke beschermingscapaciteit van duinen en dijken wel afnemen en zullen de stranden smaller worden (in het geval dat zandsuppleties niet worden aangepast).

1D. Zuidwestelijke Delta – *Delta onder spanning*



In de Zuidwestelijke Delta is veiligheid tegen overstromingen het belangrijkste issue richting 2050, direct gevolgd door veranderingen in de estuariene dynamiek. Die estuariene dynamiek neemt toe, en hiermee de gradiënten in zout- en zoetwater en hoog- en laagwater. Dit heeft grote gevolgen

voor de natuur en voor de biodiversiteit^{13, 18}. Het kan ook aanpassingen vragen van de scheepvaart. In de landbouw treedt naar verwachting een verschuiving op richting zouttolerante gewassen.

1E. Grote Rivierengebied – Rijn als regenrivier

Door hogere winter- en lagere zomerafvoeren wordt het regime van de Rijn steeds grilliger²⁷. De scheepvaart krijgt vaker te maken met overlast of stremmingen door extreem hoge en lage waterpeilen²⁶. Door de extremer wordende piekafvoeren komt de waterveiligheid in het rivierengebied verder onder druk. De uiterwaarden overstromen vaker en onregelmatiger, en verdrogen sterker tijdens laagwaterperioden door lagere grondwaterstanden. Hierdoor verandert de natuur in de uiterwaarden en het omliggende land en daarmee de rol van het rivierengebied als ecologische verbindingzone tussen de Noordzee en het achterland.

1F. IJsselmeergebied - Nationale reservoirfunctie (zoetwatervoorraad) onder druk

De rol van het IJsselmeer in de watervoorziening voor Nederland is essentieel. Frequentere en langere droogteperioden, toename van zoutintrusie en temperatuurstijging beïnvloeden zowel de waterkwaliteit in het IJsselmeer zelf als de mogelijkheid te voldoen aan de watervraag vanuit de rest van Nederland^{29,30,31}. De recreatie op en aan het water, en wellicht ook in natuurgebieden neemt toe, wat zorgt voor extra druk op het IJsselmeersysteem¹⁸.

1G. Laag Nederland – Natte Randstad

De belangrijkste veranderingen voor Laag Nederland zijn de zeespiegelstijging in combinatie met bodemdaling. Daardoor nemen overstromingsrisico's en verzilting toe. Hier komen risico's door hoge afvoeren in de rivieren nog bij. Het vaker voorkomen van extreme weersomstandigheden kan veel invloed hebben op het functioneren van de mainports (Schiphol, de Haven van Rotterdam en Greenport), die nog steeds een belangrijke basis vormen voor de Nederlandse economie. Daarnaast zijn de toenemende verzilting en bodemdaling bepalend voor de toekomst van de landbouw en veeteelt in het Groene Hart.

1H. Hoog Nederland – Hoog en droog

In Hoog Nederland treedt vaker extreme droogte op, met grote gevolgen voor de belangrijkste functies van dit gebied²⁹. De droogte zorgt voor extra druk op de natuurlijke balans omdat sommige soorten zich moeilijk of niet kunnen aanpassen. De natuur verandert bovendien door een toename van invasieve soorten en dit heeft impact op de biodiversiteit. Ook de landbouw in Hoog Nederland voelt de impact van het veranderend klimaat²⁸. Misoogsten door droogte en infectieziekten bij vee komen vaker voor. De landbouw kan zich hierop wel op aanpassen; we gaan meer hitte- en droogte-resistente gewassen zien.

1i. Steden – Leefkwaliteit in de steden

Het belangrijkste kenmerk van klimaatverandering in de steden is meer overlast door weersextremen, met name door hittegolven (en droogte) in de zomer en piekbuien in najaar en winter. Deze hebben grote invloed op het dagelijks leven, het wonen, werken, en vervoer in de stad. Mensen hebben meer behoefte aan verkoeling, en passen hun levensstijl aan, ook wat betreft werktijden. Vanuit verschillende sectoren zal hierop gereageerd en geanticipeerd worden. Doordat het vestigingsklimaat van steden met een groeiend overstromingsrisico minder gunstig wordt kan de positie van deze steden als economisch kerngebied onder druk komen te staan.

1J. Noordzee - De natuur van de Noordzee verandert

Door temperatuurstijging, verzuring en mogelijk verandering van oceaan- en luchtstromingen verandert het ecosysteem van de Noordzee. Dit leidt tot (soort)verschuiving van de aanwezige

vogels, zeezoogdieren en vissen, wat ook invloed heeft op de visserij^{13,14,18}. Commercieel beviste vissoorten kunnen afnemen. Daar tegenover staan nieuwe opkomende sectoren zoals zeevierteelt.

1K. BES Eilanden – Kwetsbare leefwereld

Op de BES eilanden krijgt men vaker te maken met cyclonen en hevige regenval, maar ook met droogte. Deze weersextremen, in combinatie met veranderingen van het mariene milieu (warmer en zuurder zeewater) krijgen grote invloed op de natuurlijke dynamiek²³. Dat zorgt niet alleen voor een afname in natuurlijke waarde (koraalverbleking, afname biodiversiteit), maar ook in de aantrekkelijkheid voor het toerisme. De kwetsbaarheid van de leefomgeving neemt toe en de betrouwbaarheid van inkomsten vanuit de toeristische sector neemt hierdoor af.

2A. Overzichtsbeeld Nederland in 2100 *bij extreme klimaatverandering*

Bij extreme klimaatverandering heeft Nederland in 2100 te maken met veel grotere veranderingen in de natuurlijke omstandigheden. Bij 4 graden temperatuurstijging kan de zeespiegelstijging oplopen naar 3 meter. De kans op een overstroming is door de versnelde zeespiegelstijging en verdere bodemdaling in veengebieden toegenomen⁶. De forse temperatuurstijging zal de weersomstandigheden nog grilliger en extremer maken. Ook kunnen afzwaaiers van tropische cyclonen ons land bereiken²⁵. De grote rivieren voeren meer water af in de winter en minder in de (na)zomer²⁷. Hierdoor verandert de riviermorfologie verder^{32,33,34}. Mens en natuur zullen zich moeten aanpassen aan deze extremere en meer risicovolle omstandigheden. Ondanks alle onzekerheden zal de maatschappij tijdig strategische keuzes moeten maken voor adaptatie aan deze nieuwe omstandigheden, en tot innovatieve oplossingen moeten komen^{5,17}.

Wat is er te zien op het samenvattend overzichtsbeeld?

- in het kader links staan voorbeelden van klimaatkenmerken in 2100 en van effecten hiervan op de samenleving;
- de wit gestippelde zone laat een verdergaande zoutintrusie zien dan op het samenvattende overzichtsbeeld van 2050
- in het kader rechts staan mogelijke adaptatiestrategieën en mitigatiestrategieën genoemd. Deze komen met name voort uit een studie naar de knikpunten waarop nieuwe maatregelen aan de orde kunnen komen, en een verkenning naar mogelijke oplossingsrichtingen.^{5,6}

Tenslotte

Dit beeldenboek geeft op globaal niveau inzicht in de toekomstige veranderingen in de verschillende deelgebieden van Nederland als gevolg van klimaatverandering en verschuivende klimaatzones. Voor het projectteam van Expeditie RWS2050 vormt het één van de bouwstenen voor het nadenken over een lange termijn strategie voor de organisatie. Daarnaast hopen we dat lezers van dit beeldboek geïnspireerd zijn door deze aanzet. En dat zij er wellicht vervolg aan willen geven in de vorm van een verdere uitdieping voor hun eigen regio.

4. Geïnterviewde experts

	Naam	Instituut	Onderwerp
1	Bart van den Hurk	Deltares	Klimaatverandering
2	Ferdinand Diermanse	Deltares	Zeespiegelstijging
3	Perry de Louw	Deltares	(Grond)water
4	Ruurd Noordhuis	Deltares	Natuur / ecologie
5	Maaïke Maarse	Deltares	Natuur / ecologie
6	Rick Wortelboer	Deltares	Natuur / ecologie
7	Gertjan Geerling	Deltares	Natuur / ecologie
8	Sacha de Rijk	Deltares	Natuur / ecologie
9	Gilles Erkens	Deltares	Bodemdaling
10	Thomas Bles	Deltares	Infrastructuur
11	Frans van de Ven / Marco Hoogvliet	Deltares	Stedelijke klimaatadaptatie
12	Dolfi Debrot	WUR	BES eilanden
13	Arnold van Vliet	WUR	Natuur / ecologie
14	Martin Goossen	WUR	Natuur / recreatie
15	Hasse Goosen	WUR / Climate Adaptation Services	Klimaatverandering
16	Harry Aiking	VU Amsterdam	Economie / gezondheid
17	Jeroen Aerts	VU Amsterdam / Deltares	Klimaatverandering / risico's
18	Willem Ligvoet	PBL	Leefomgeving
19	Arjen van Hinsbergen	PBL	Leefomgeving / natuur / ecologie
20	Christine Carabain, Yvonne de Kluzenaar	SCP	Leefomgeving / welzijn
21	Maaïke Moolhuijsen	LNV	Natuur / ecologie
22	Louise van Schaik	Instituut Clingendael	Migratie
23	Nico van der Linden	TNO/ECN	Energie

5. Deelnemers workshop

	Naam	Instituut
1	Harry Aiking	IVM – VU Amsterdam
2	Arjen van Hinsberg	PBL – Natuur en landelijk gebied
3	Maaïke Moolhuijsen	LNV – Directie Natuur, coörd. NAS natuurdialogen
4	Jacob Janssen	ECN – TNO Energietransitie
5	Bart Beukema	Provincie Overijssel – Klimaatadaptatie en R.O.
6	Erna Ovaa	RWS Expeditie RWS2050 / Programma Strategische Verkenningen
7	Ard Wolters	RWS Bestuursstaf
8	Lisanne van den Bogaart	Wageningen Marine Research
9	Eline van Elburg	WUR – Spatial Knowledge
10	Maaïke Maarse	Deltares – Ecologie
11	Sacha de Rijk	Deltares - Ecologie en waterkwaliteit
12	Marco Hoogvliet	Deltares – Resilient cities
13	Tom Bucx	Deltares – Klimaatadaptatie
14	Judith Blaauw	Deltares – Klimaatadaptatie
15	Cees van de Guchte	Deltares – Global agendas and networks
16	Bart van den Hurk	Deltares – Climate Change Impacts (vml KNMI)
17	Jaap Kwadijk – middagvoorzitter	Deltares – Directeur Onderzoek

6. Literatuur

1. Aiking, H. and J. de Boer, 2019. The next protein transition. In: Trends in Food Science & Technology (in press). Institute for Environmental Studies, VU University, Amsterdam, the Netherlands
2. Zaan, Bas van der, Jasperien de Weert, 2018, QuickScan bodempathogenen, Deltares
3. Bles, Thomas, et al., 2019, Gevoeligheid van het hoofdwegennet voor klimaatverandering - Uitkomst landelijke klimaatstresstest HWN, Deltares
4. Bles, Thomas, et al., 2019, Impact van klimaatverandering op wegherstel en verkeersstremming - Uitkomst landelijke klimaatstresstest HWN, Deltares
5. Haasnoot, M, F. Diermanse, J. Kwadijk, R. de Winter, G. Winter, 2019, Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging - Een verkenning, Deltares
6. Haasnoot, M. et al, 2018. Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor het Deltaprogramma – een verkenning, Deltares
7. IPBES, 2018, IPBES/6/15/Add.4 Annex Summary for policymakers of the regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Europe and Central Asia of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Medellin, Colombia ,
8. IPBES, 2019, IPBES/7/10/Add.1 Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and Ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
9. IPCC, 2019, The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate - Summary for Policymakers
10. KNMI, 2015, KNMI'14 Klimaatscenario's voor Nederland, herziene uitgave
11. Kwadijk, J.C.J., Vuren, S. van, Verhoeven, G., Oude Essink, G.H.P., Snepvangers, J., Calle, E., 2007. Gevolgen van grote zeespiegelstijging op de Nederlandse zoetwaterhuishouding; Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor het MNP- project "Nederland later."
12. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016, Nationale klimaatadaptatiestrategie (NAS)
13. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2019, Eindconcept Klimaatadaptatiedialoog Natuur - Opgaven, bestuurlijke dilemma's en elementen voor een actieprogramma
14. Herman, Peter, Olivier Beauchard, Luca van Duren, , 2015, De staat van de Noordzee, Editie 2015 NIOZ, Deltares
15. Oude Essink, G.H.P., 2007. Effect zeespiegelstijging op het grondwatersysteem in het kustgebied. In: H2O 19, 60–64.
16. Planbureau voor de Leefomgeving, 2015, Aanpassen aan klimaatverandering - Kwetsbaarheden zien, kansen grijpen PBL-publicatienummer: 1454
17. Planbureau voor de Leefomgeving, 2014, Verhaallijnen van de Deltascenario's voor 2050 en 2100
18. Ruurd Noordhuis et al, 2019, KlimaatScan (95% versie)- Wat zijn de gevolgen van klimaatverandering voor het ecologisch functioneren van de Nederlandse Grote Wateren? Deltares
19. Sociaal en Cultureel Planbureau, 2019, Sociale Staat van NL
20. Huynen, Maud, Arnold van Vliet, Brigit Staatsen et al., Universiteit Maastricht, Wageningen Universiteit & Research, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2019, Kennisagenda Klimaat en Gezondheid
21. Van Schaik, L, Born, C, Sellwood, E, de Bruin, S., 2019, Making Peace with Climate, Background Paper for the Global Commission on Adaptation.
22. Verbond van Verzekeraars, 2017, Hoofd boven water - Verzekeren van schade in een veranderend klimaat
23. Debrot, A.O, R. Henkens, P. Verweij, Wageningen University & Research, 2018, Staat van de natuur van Caribisch Nederland 2017, Rapport C086/172017Wageningen
24. www.KlimaatEffectAtlas.nl
25. <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/tropische-cyclonen-ook-een-bedreiging-voor-nederland> ,
<https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/zware-herfststormen-in-europa-door-orkanen-in-een-warmer-klimaat>

26. Jonkeren, O., P. Rietveld, en J. van Ommeren, 2007, Climate Change and Inland Waterway Transport: Welfare Effects of Low Water Levels on the river Rhine. In: Journal of Transport Economics and Policy (JTEP), Volume 41, Number 3, September 2007, pp. 387-411(25)
27. Middelkoop, H., Daamen, K., Gellens, D. et al., 2001, Impact of Climate Change on Hydrological Regimes and Water Resources Management in the Rhine Basin. Climatic Change 49, 105–128 <https://doi.org/10.1023/A:1010784727448>
28. Drunen, M. van (redactie) en S. Brinkman, 2007, Samenvatting Routeplanner 3: Wat we weten en wat we niet weten over klimaatverandering in Nederland; Het Groene Hart, Natuur, de Stad en Waterveiligheid, ISBN/EAN : 978-90-5192-034-5
29. Mens, M., R. van der Wijk, N. Kramer, J. Hunink, B., J. de Jong, Becker, P. Gijsbers, C. ten Velden, 2018, Hotspotanalyses voor het Deltaprogramma Zoetwater: Inhoudelijke rapportage. Deltares rapport 11202240-004-ZWS. Delft
30. Hardenbicker, P., Viergutz, C., Becker, A. et al., 2017, Water temperature increases in the river Rhine in response to climate change. In: Reg Environ Change 17, 299–308. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1006-3>
31. Zwolsman J.J.G. en A.J. van Bokhoven, 2007, Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change? In: Water Sci Technol (2007) 56 (4): 45–55. <https://doi.org/10.2166/wst.2007.535>
32. Giri, Sanjay and Aukje Spruyt, 2016, Long-Term Morphological Response of Rhine Branches), Deltares report 11200082-000-ZWS-0007
33. Mohamed F.M.Yossef, Kees Sloff, 2012, River Flow 2012 – Murillo (Ed.) © 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62129-8
34. Verschelling, E., M. van der Perk en H. Middelkoop, 2018, The impact of climate change on the morphology of a tidal freshwater wetland affected by tides, discharge, and wind. River Research and applications. <https://doi.org/10.1002/rra.3282>
35. <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/ecologie/programmatische-aanpak-grote-wateren/>