

Effecten klimaatverandering op waterkwantiteit in Nederland

De klimaatverandering in Nederland zet door. Zo zijn er effecten op de hoeveelheid neerslag en maandgemiddelde rivierafvoeren vastgesteld. Hoewel nog niet gemeten, is het de verwachting dat zowel de zeespiegelstijging als de rivierafvoeren in de toekomst (versneld) zullen toenemen. Ook de onzekerheden rond de toekomstige effecten van klimaatverandering op de veiligheid tegen overstromingen en de beschikbaarheid van zoetwater zijn groot. Dit heeft gevolgen voor de in het Deltaprogramma te ontwikkelen adaptatiestrategieën en de planning van de uitvoering daarvan.

Inleiding

In 2005 vatte het toenmalige Milieu- en Natuurplanbureau (sinds 2008 Planbureau voor de Leefomgeving, PBL) de toen beschikbare kennis over klimaatverandering en de effecten daarvan voor Nederland samen¹. Recent is een actualisering van deze studie uitgevoerd met als centrale vraag: zijn er nieuwe inzichten in de kansen en risico's van klimaatverandering in Nederland? In deze studie² wordt ingegaan op waargenomen en mogelijk toekomstige klimaatverandering in Nederland en de effecten daarvan. In dit artikel gaan wij alleen in op mogelijke effecten op de beschikbaarheid van zoetwater en de waterveiligheid. Deze hangen vooral af van veranderingen in de zeespiegel, rivierafvoeren (hoog en laag) en neerslag- en verdampingspatronen (regionale verdeling, seizoenen en intensiteit).

adaptatiestrategieën voorbereid met pakketten van maatregelen³. Wanneer deze adaptatiemaatregelen getroffen moeten worden, is vooral afhankelijk van de robuustheid en flexibiliteit van onze watersystemen en het tempo en omvang waarin klimaatveranderingseffecten zich voltrekken^{4, 5}. Uitgangspunt van het Deltaprogramma is dat een adaptieve strategie noodzakelijk is³. In dit artikel gaan wij in op de effecten die in de afgelopen 100 jaar in Nederland zijn waargenomen en op mogelijke effecten in de toekomst.

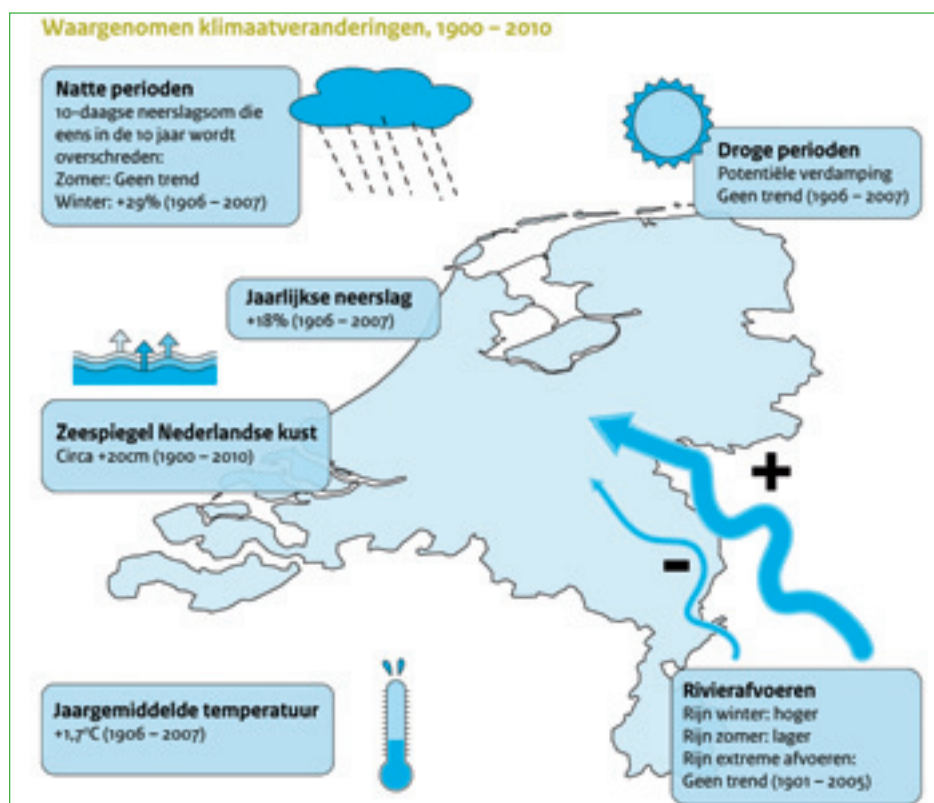
Effecten op neerslag en rivierafvoeren zichtbaar

Het klimaat in Nederland is de afgelopen 100 jaar in verschillende opzichten veranderd. De gemiddelde temperatuur steeg met 1,7 °C en het aantal zomerse dagen steeg met bijna 20, terwijl het aantal vorstdagen met ongeveer

Ron Franken, Jelle van Minnen en Willem Ligtvoet

Ir. R.O.G. Franken (Ron.Franken@pbl.nl, 030-2743854) en Dr. J.G. van Minnen zijn resp. beleidsonderzoeker water en klimaat bij het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL); Drs. W. Ligtvoet is programmaleider Water, Ruimte en Klimaat bij het PBL.

hetzelfde aantal afnam. Klimaatverandering is op verschillende manieren van invloed geweest op de waterkwantiteit in Nederland (figuur 1). De totale hoeveelheid neerslag is met rond 20% toegenomen, terwijl de 'natte' perioden van neerslag in de winter met ongeveer 30% toenamen. Ook de heftigheid van de buien is toegenomen, waardoor ook de kansen op wateroverlast zijn gestegen. De gemiddelde rivierafvoeren zijn meetbaar veranderd. Zo is de gemiddelde afvoer van de Rijn in de winter met bijna 10% gestegen, terwijl de afvoer in de zomer juist



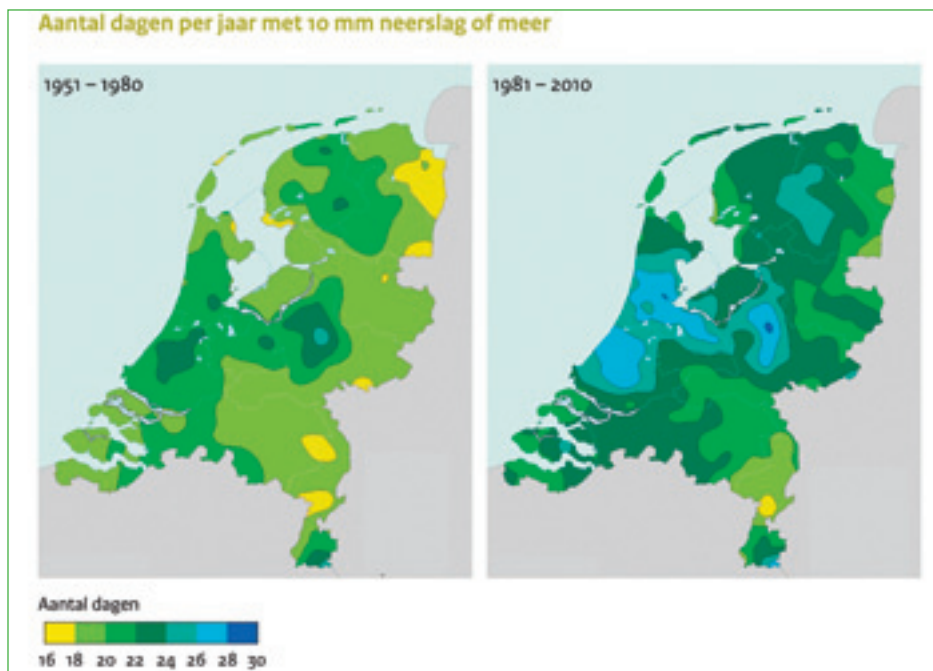
Figuur 1. Waargenomen klimaatveranderingen, 1900-2010

In Nederland worden in het Deltaprogramma

met circa 10% afname. Vooral extreem hoge en lage waterafvoeren bepalen de risico's voor Nederland. De piekafvoeren kunnen overstromingen veroorzaken en de extreem lage afvoeren waterschaarste en belemmering van de scheepvaart. Over de afgelopen honderd jaar is voor dergelijke extreme rivierafvoeren geen trend zichtbaar, noch in de piek- noch in de minimale rivierafvoeren.

Echter ook omstandigheden die niet extreem zijn, kunnen in het benedenrivierengebied tot dreigende situaties leiden door het samenvallen van gebeurtenissen. Zo leidde begin januari 2012 de combinatie van een noordwesterstorm (hoog zeewaterniveau) en een forse rivierafvoer tot zeer hoge waterstanden bij de Drechtsteden. Als klimaatverandering vaker tot hoge rivierafvoeren leidt, neemt de kans op dit soort gebeurtenissen toe, zeker in combinatie met een stijgende zeespiegel.

Een groot deel van het water in Nederland wordt via de rivieren aangevoerd. Rijn en Maas leveren ongeveer 70 procent van de jaarlijkse totale hoeveelheid water, neerslag ongeveer 30 procent. Deze verdeling geldt zowel voor gemiddelde jaren als extreem droge jaren. De hoeveelheid water die Nederland ten tijde van droogte binnenstroomt is uiteraard mede afhankelijk van het watergebruik in het bovenstroomse gebied. Voor het stroomgebied van de Maas heeft Nederland met België het Maasafvoerovereenkomst getekend; daarin zijn afspraken gemaakt over de verdeling van het Maaswater bij lage afvoeren. Voor de Rijn bestaan geen internationale afspraken over de verdeling ten tijde van droogte. Zou klimaatverandering leiden tot een substantieel geringere wateraanvoer via de Rijn, dan kan een toename van het watergebruik bovenstrooms de beschikbaarheid van zoetwater voor Nederland verder doen afnemen.



Figuur 2. Aantal dagen per jaar met 10 mm neerslag of meer.

Nog geen trend zichtbaar in droogte

Als indicator voor droogte wordt vaak het (maximale) neerslagtekort gebruikt. Dit is de neerslag minus de potentiële verdamping over een langere periode. Het neerslagtekort in het zomerhalfjaar in Nederland verschilt sterk per regio en per seizoen. In de kustzone is het neerslagtekort in het voorjaar en de vroege zomer meestal groter dan in de rest van het land, terwijl de situatie in de late zomer en het najaar precies omgekeerd is. Deze regionale verschillen ontstaan doordat het in het voorjaar in de kustregio's vaak minder bewolkt is dan meer landinwaarts. Hierdoor regent het minder aan de kust, schijnt de zon meer en verdampt meer water. In het najaar zorgt het opgewarmde zeewater juist voor meer bewolking en buien nabij de kust.

Ondanks de stijgende temperaturen is er tot op heden (tussen 1906 en 2011) gemiddeld in Nederland geen trend waarneembaar in het maximale neerslagtekort, en dus in de droogte. Dit komt doordat dergelijke perioden weinig voorkomen: extreem droge zomers komen in Nederland eens in de zestig tot honderd jaar voor. Verder is het van belang of een periode met neerslagtekort gecompenseerd wordt door neerslag later in het zomerhalfjaar. Het jaar 2011 had het droogste voorjaar ooit, met in april en mei een neer-

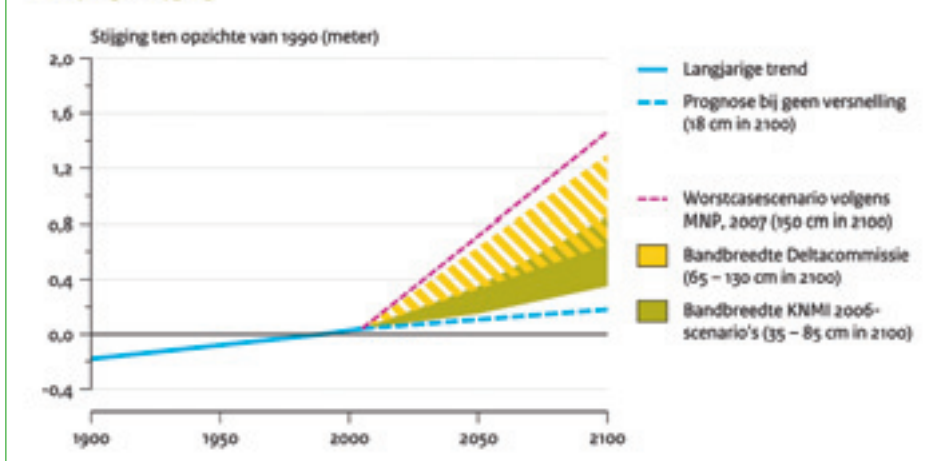
slagtekort van 135 millimeter (het normale tekort eind mei bedraagt circa 50 millimeter). In 2011 werd echter het droge voorjaar ruim gecompenseerd door een natte zomer. Als het neerslagtekort aanhoudt, kan dit ook invloed hebben op het eventueel ontstaan van een droogte in de daaropvolgende zomer. Dit gebeurde bijvoorbeeld in de recordjaren 1976 en 2003.

Toegenomen neerslag - vooral aan de kust

Jaarlijks valt er in Nederland ongeveer 850 millimeter neerslag. Dat is een toename van ruim 20 procent ten opzichte van een eeuw geleden. Deze toename heeft vooral plaatsgevonden in de winter, terwijl de hoeveelheid neerslag in de zomer nauwelijks is veranderd. Ook is de neerslag aan de kust sterker toegenomen (30 tot 35%) dan landinwaarts (10 tot 25%). Dit komt waarschijnlijk door het warmere water van de Noordzee. Hierdoor ontstaan meer wolken boven zee, die zwaar-



Zeespiegelstijging



Figuur 3. Zeespiegelstijging

dere buien kunnen veroorzaken, vooral langs de kust. De frequentie van zwaardere buien is de laatste eeuw toegenomen. De toename zien we vooral in de winter en vooral in West-Nederland (figuur 2). Deze zware buien kunnen lokale wateroverlast geven, beperkingen in het zicht (verkeershinder) en schade voor bebouwing, land- en tuinbouw.

Zeespiegelstijging: nog geen versnelling zichtbaar

De afgelopen honderd jaar is de zeespiegel voor de Nederlandse kust met circa 20 centimeter gestegen (figuur 3). Hoewel op mondiale schaal een versnelling van de zeespiegelstijging is waargenomen, geldt dit niet voor Nederland. Dit komt doordat op lokale schaal natuurlijke variaties een grote rol spelen, die op mondiale schaal uitgemiddeld worden. De precieze omvang van de bijdrage van klimaatverandering aan de zeespiegelstijging in Nederland is nog onzeker; daarbij spelen ook andere, natuurlijke factoren, zoals variaties in opzet door de wind en de geologische processen langs de Nederlandse kust.



Toekomstige effecten klimaatverandering op waterkwantiteit

Het KNMI heeft een viertal klimaatscenario's (de KNMI'o6-scenario's) ontwikkeld als hulpmiddel voor klimateffectstudies en adaptatiemaatregelen⁶. Deze vier scenario's geven informatie over veranderingen in gemiddelden en extremen van temperatuur, neerslag, verdamping, wind en zeespiegel rond 2050 en 2100. De scenario's verschillen afhankelijk van de wereldwijde temperatuurstijging (gematigd: G, warm: W) en van veranderingen in de stromingspatronen van de lucht in onze omgeving (West-Europa) en de daarmee samenhangende overheersende windrichting (G+ en W+ gaan uit van een dergelijke verandering). In 2013 is een update van de KNMI-klimaatscenario's voorzien, waarbij meer aandacht besteed zal worden aan regionale en lokale effecten.

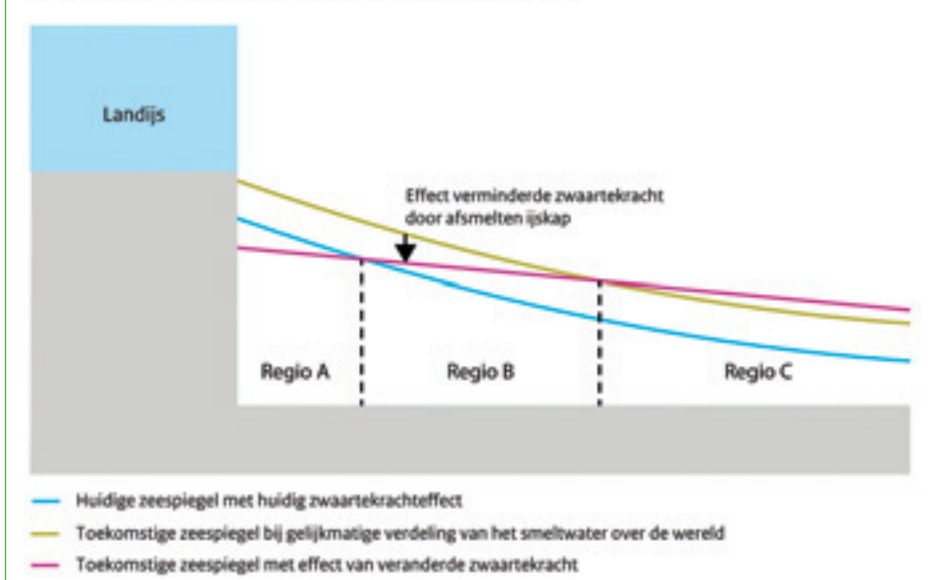
Gebaseerd op de KNMI'o6-scenario's wordt voor zowel de Rijn als de Maas een toename van de piekafvoeren verwacht en een verandering van de zomer- en winterafvoeren. Wat op termijn als maatgevende hoogwaterafvoer bij de Rijn geldt (18.000 kubieke meter per seconde), kan tot 2100 vijf tot vijftig keer vaker optreden dan nu. De sterkste verandering treedt op in het W+-scenario. Het toekomstige risico voor Nederland van dergelijke piekafvoeren door de Rijn is ook afhankelijk van het veiligheidsbeleid in bovenstrooms gebied. Handhaaft Duitsland bijvoorbeeld het huidige waterbeheer en neemt het geen extra maatregelen bovenop het huidige verbeteringsprogramma (de dijksituatie 2020), dan zal de maximale waterafvoer die via de Rijn ons land binnenkomt, niet toenemen.

Door meer frequente extreme neerslag zal ook de kans op wateroverlast vooral in het W+-scenario verder toenemen, zowel in het stedelijk als landelijk gebied. In hoeverre de wateroverlast daadwerkelijk zal toenemen, zal sterk afhangen van de inrichting van het stedelijke en landelijk gebied en de werking van de stedelijke en regionale watersystemen.

Over de verwachte ontwikkelingen rond droogte bestaan nog grote onzekerheden: in de G- en W-scenario's verandert er niet veel, in de G+- en W+-scenario's nemen de droogteperiodes sterk toe^{6,7}. De rivierafvoeren en de waterbeschikbaarheid in de regionale watersystemen nemen vooral af in het W+-scenario van het KNMI; uitgaande van het huidige gebruik en de huidige waterinfrastructuur zouden rond 2050 knelpunten in de zoetwatervoorziening kunnen ontstaan (Deltares 2010). Scenariostudies laten zien dat de externe verzilting in de kustgebieden van Zuidwest- en Noord-Nederland zal toenemen. Ook kunnen sommige inlaatpunten voor de drinkwatervoorziening in West-Nederland te maken krijgen met frequentere en langere overschrijding van de zoutnormen, vooral in zeer droge jaren met lage rivierafvoeren. De verwachting is dat de verzilting via het grondwater niet noemenswaardig zal veranderen.



Zwaartekrachteffect op regionale zeespiegelstijging



Figuur 4. Zwaartekrachteffect op regionale zeespiegelstijging

Zeespiegelstijging op lange termijn gedempt door zwaartekracht

De schattingen van de toekomstige zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust als gevolg van de klimaatverandering lopen flink uiteen (figuur 3). De KNMI'06-scenario's⁶ geven voor 2100 een bandbreedte van 35-85 centimeter; PBL⁴ zette anderhalve meter per eeuw in als 'worst case'-zeespiegelstijging; de Deltacommissie⁹ rekende met een maximale zeespiegelstijging van 1,20 meter in 2100 (tot 1,30 meter inclusief bodemdaling), als 'meest ongunstige scenario'. De waargenomen zeespiegelstijging in Nederland zit vooralsnog aan de onderkant van de verschillende schattingen voor deze eeuw.

De mogelijke toekomstige zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust wordt op lange termijn ook bepaald door veranderingen in het zwaartekrachtveld, veroorzaakt door het afsmelten van landijs. Dit is een fysisch proces dat meteen doorwerkt op de zeespiegel. Wanneer (een deel van) het landijs op Groenland, Antarctica en andere

ijskappen smelt, neemt de aantrekkingskracht van die ijskappen voor het zee water af. Het smeltwater leidt tot een toename van het gemiddelde zeeniveau in de wereld, de afnemende aantrekkingskracht van de ijskappen leidt tot een kanteling van het zeeniveau (figuur 4).

Uitgaande van de huidige kennis en scenario's zal het afsmelten van ijskappen resulteren in een zeespiegelstijging die langs de Nederlandse kust netto kleiner is dan het mondiale gemiddelde. In een extreem scenario zal de mogelijke zeespiegelstijging rond 2200 daardoor niet op 2 tot 4 meter uitkomen, maar 40 tot 60 cm lager¹⁰. Tot 2100 is het dempend effect voor de KNMI'06-scenario's maximaal 5 centimeter en voor een meer extreem scenario 15 cm¹⁰. Kortom, dit effect voor de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust is tot aan de eeuwwisseling nog gering en ligt ruim een meter lager dan het meest ongunstige scenario van de Deltacommissie.

Referenties

1. MNP, 2005
Effecten van Klimaatverandering in Nederland. Bilthoven, MNP rapportnummer 773001034.
2. PBL, 2012
Effecten van klimaatverandering in Nederland; 2012. Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, Bilthoven, PBL-publicatienummer 500193003.
3. Deltaprogramma, 2010
Deltaprogramma 2011. Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen. <http://www.deltacommissaris.nl/>
4. PBL, 2009
Wegen naar een klimaatbestendig Nederland. Den Haag, Bilthoven, PBL-publicatienummer 500078001.
5. PBL, 2011
Een Delta in beweging. Bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland. Den Haag, Bilthoven, PBL-publicatienummer 50019301
6. KNMI, 2006
KNMI Climate change scenario's 2006 for the Netherlands, KNMI Scientific Report WR 2006-01.
7. Deltares en PBL, 2011
Deltascenario's. Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012. Delft, Deltares rapport kenmerk 1205747.
8. Deltares, 2010
Overstromingsrisico's en droogterisico's in een veranderend klimaat. Delft, Deltares rapportnummer 1002565.
9. Deltacommissie, 2008
Samenwerken met water. Een land dat leeft bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie, <http://www.deltacommissie.com>
10. Katsman C.A. en anderen, 2011
Exploring high-end scenario's for local sea level rise to develop flood protection strategies for a low lying delta – the Netherlands as an example. *Climate change* 109: 617-645.