



Deltaprogramma

# Verlag en bevindingen Signaalgroep DP2018

inclusief factsheets en referenties



Deltaprogramma

# Verslag en bevindingen Signaalgroep DP2018

inclusief factsheets en referenties

juli 2017

# 1. Inleiding

## Waarom een Signaalgroep?

Het Deltaprogramma is gebaseerd op een adaptieve benadering. Dat impliceert dat een vinger aan de pols wordt gehouden ten aanzien de voortgang (“zijn we nog op schema?": de zogenaamde Blauwe lijn) en ten aanzien van relevante externe ontwikkelingen (klimaat, sociaal economisch, kennis, maatschappelijke preferenties en ontwikkelingen) (“zijn we nog op (de goede) koers?”, de zogenaamde Groene lijn) (zie figuur 1). Met de Groene Lijn kan worden vastgesteld of de koers of het tempo van het Deltaprogramma moet worden bijgesteld. De Signaalgroep vervult hierin een signalerende rol.

De Signaalgroep Deltaprogramma heeft als taken:

- In beeld te brengen welke externe ontwikkelingen mogelijk aanleiding zouden kunnen zijn voor het heroverwegen van de deltabeslissingen, voorkeursstrategieën en deltaplannen of het aanpassen van de uitvoering daarvan.
- En daarbij aan te geven wanneer bijstelling voor de hand ligt: als onderdeel van de 6-jaarlijkse systematische review van het Deltaprogramma (de eerste voorzien in 2019/2020), of vooruitlopend daarop. Dat laatste kan het geval zijn indien de consequenties van de gesignaleerde ontwikkeling voor de deltabeslissingen, regionale voorkeursstrategieën en deltaplannen als groot wordt ingeschat, al in de nabije toekomst speelt en/of relatief zeker is.



Relevante ontwikkelingen en gevolgen omvatten:

- *Fysieke en sociaal-economische omstandigheden* in Nederland of in het buitenland. Denk hierbij aan bijvoorbeeld de ontwikkeling van het windklimaat in relatie tot opwaaiing in Waddenzee en IJsselmeer, de langetermijn ontwikkeling in extreme rivierafvoer, zeespiegelstijging, regionale bevolkingsgroei en -krimp;
- *Ontwikkelingen in kennis*. Denk hierbij bijvoorbeeld aan 'bewezen sterkte' van dijken; inzichten in de stabiliteit van ijskappen of factoren die regionale klimaatgevoeligheid bepalen. Maar ook aan *innovaties*, zoals het op de markt komen van goedkopere technieken om dijken te versterken. Hieronder vallen ook nieuwe inzichten die duidelijk maken dat de aannames onder de deltabeslissingen, voorkeursstrategieën en deltaplannen, die al dan niet verwerkt zijn in onderliggende modellen zoals het Nationaal Watermodel, bijstelling behoeven.
- *Politieke ontwikkelingen en maatschappelijke preferenties*, zoals de waarde die de maatschappij (en de politiek) toekent aan bijvoorbeeld natuur, duurzaamheid en waterveiligheid, alsmede beleidsbeslissingen.

Informatie over bovenstaande ontwikkelingen en gevolgen kan komen via modelsimulaties en het verschijnen van gezaghebbende rapportages.

### Hoe werkt de Signaalgroep, wie zijn de deelnemers?

De Signaalgroep is samengesteld uit inhoudelijke experts van een aantal voor het Deltaprogramma relevante en gezaghebbende kennisinstellingen. Vooralsnog gaat het om KNMI, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Deltares, Wageningen University & Research (WUR) en Rijkswaterstaat-Water Vervoer en Leefomgeving (RWS-WVL). In een later stadium kunnen het Centraal Planbureau (CPB) en het Sociaal Cultureel Planbureau (SCP) nog benaderd worden. Organisatie en voorzitterschap is in handen van Staf Deltacommissaris.

Voor deelname aan de Signaalgroep hebben de instituten een hoog gekwalificeerde expert afgevaardigd die het instituut volwaardig kan vertegenwoordigen.

De Signaalgroep verkent op basis van de expertise van de deelnemers mogelijke relevante ontwikkelingen en signaleert welke hiervan zouden kunnen leiden tot bijstelling van het Deltaprogramma. De duiding van signalen wat betreft hun mogelijke doorwerking op de voorkeursstrategieën gebeurt jaarlijks in overleg met de vertegenwoordigers van de thema's en gebieden van het Deltaprogramma. De daadwerkelijke doorvertaling in aangepaste strategieën of maatregelenpakketten is de verantwoordelijkheid van die programma's en de eventueel daaraan verbonden bestuurlijke overleggen. De uitkomsten van dit proces worden vermeld in het jaarlijkse Deltaprogramma.

De Signaalgroep is najaar 2016 van start gegaan. Dit eerste verslag gaat in op:

- De methode en indicatoren (en daaraan verbonden eisen) die de signaalgroep potentieel gaat gebruiken (paragraaf 2),
- De eerste oogst aan relevante signalen voor deze indicatoren (paragraaf 3)
- En de voorgestelde acties voor 2018 (paragraaf 4)

## 2. Methode van signaleren, aandachtspunten voor een signaleringssysteem

In het proefjaar 2017 van de Signaalgroep is geoefend met het opstellen en toepassen van een signaleringssysteem. Daarvoor is eerst gekeken naar wat we willen weten. Welke ontwikkelingen zijn relevant voor het versnellen, vertragen of aanpassen van de voorkeursstrategieën van het Deltaprogramma? En in welke veranderingen uit zich dat? Wat zijn goede indicatoren voor deze veranderingen en voor gevolgen hiervan in het watersysteem? Vervolgens is dit vertaald in wat we dan willen meten om tijdige en betrouwbare signalen te krijgen.

### Wat willen we weten?

De deltabeslissingen en voorkeursstrategieën van het Deltaprogramma zijn gericht op het adaptief omgaan met wateropgaven en klimaatverandering. Deze opgaven worden bepaald door een aantal 'drivers', zoals klimaatverandering, sociaal-economische ontwikkelingen en het handelen van anderen. Deze drivers werken vervolgens door in veranderingen in de watersystemen en effecten op gebruiksfuncties. Nieuwe kennis kan de inzichten over deze veranderingen doen wijzigen, nieuwe technieken kunnen de doorwerking van deze veranderingen op gebruiksfuncties beïnvloeden of nieuwe maatregelen aandragen, en daarnaast kunnen ook meekoppelkansen ontstaan. Of deze ontwikkelingen en effecten maatschappelijk acceptabel zijn en/of tot actie moeten leiden hangt af van vigerende beleidskaders en maatschappelijke preferenties. Ook die kaders en preferenties kunnen wijzigen in de tijd, zie bijvoorbeeld het belang dat toegekend wordt aan natuur of duurzaamheid.

De Signaalgroep richt zich daarom op veranderingen in de volgende indicatoren die in feite representatief zijn voor de relevante ontwikkelingen, onderliggende aannames en gevolgen op de drie items genoemd in hoofdstuk 1:

1. Relevante 'drivers' van ontwikkelingen: klimaat (voortgang van de klimaatafspraken uit Parijs, fysische indicatoren), bodemdaling, demografie, ontwikkelingen in nieuwbouw/verstedelijking/landgebruik, doorwerking watertoets op ruimtelijke plannen, kwaliteit van de rampenbeheersing, financiële draagkracht van de waterschappen, mate van Europese samenwerking. Het kan hierbij gaan om ontwikkelingen op de verschillende schaalniveaus: regio, Nederland, internationaal stroomgebied, Europa, of mondiaal. Het schaalniveau kan ook van belang zijn in verband met een goede verhouding tussen de grote variaties in de meetreeks (de 'ruis') en de trend die je wilt ontdekken (het 'signaal').
2. Effecten van deze 'driver' ontwikkelingen op de parameters die de wateropgaven van het Deltaprogramma bepalen in termen van:
  - a. 'belasting' (zeespiegelstijging, stormfrequentie, extreme afvoer, frequentie en lengte droogteperiodes, frequentie en intensiteit stortbuien);
  - b. 'beheer' (benodigde pompcapaciteit, sluitfrequentie stormvloedkeringen, benodigde dijkverhoging/rivierverruiming, sluiten waterinname);
  - c. 'schade/gevolgen voor gebruikers' (scheepvaartstremming, landbouwschade, wateroverlast).

3. Relevante aannames in de onderliggende modellen van het Deltaprogramma waarmee de wateropgaven bepaald zijn en waarop de strategieën gebaseerd zijn (m.n. deltamodel, bijvoorbeeld m.b.t. afvoer Lobith en bovenstroomse overstromingen, afvoerverdeling Rijntakken), stormopzetduur, benutten overhoogte van dijken, kosten/baten, discontovoet, robuustheidstoetslag in dijkontwerp).
4. Maatschappelijke preferenties, zoals het belang dat (vooral politiek of bestuurlijk) gehecht wordt aan duurzaamheid, natuur, waterbewustzijn.

Deze informatie moet toegesneden zijn op hetzij gebiedsniveau (voorkeursstrategieën) hetzij gebiedsoverstijgend niveau of nationaal (deltabeslissingen).<sup>1</sup>

### Wat willen we meten?

Om tijdig te kunnen signaleren of het Deltaprogramma bijstelling behoeft, hanteert de Signaalgroep een signaleringsstelsel. Dit stelsel bestaat uit indicatoren die eenduidige, gevalideerde en tijdige informatie leveren. Dit stelt specifieke eisen aan de te verzamelen info:

- Eenduidigheid impliceert een goede 'signaal-ruis' verhouding. (bijvoorbeeld: om informatie over extreme afvoeren te verkrijgen treden gemeten extreme afvoeren te laagfrequent op, en zul je gebruik moeten maken van vaker voorkomende minder extreme afvoeren, of extreme afvoeren in andere stroomgebieden in NW Europa of modelresultaten).
- Zekerheid: naarmate een mogelijke trend in sterkere mate gebaseerd is op een combinatie van waarnemingen, prognoses en plausibele verklaringen is er een grotere zekerheid van optreden.
- Gevalideerde bronnen: dit impliceert dat de nieuwe gegevens of kennis afkomstig is van gezaghebbende instellingen of onderzoeksprogramma's met 'peer review'.
- Tijdigheid impliceert dat de signalen zodanig vroeg zijn dat er voldoende tijd is om maatregelen te versnellen/vertragen of van strategie te veranderen. Bedenk daarbij dat voor de planvorming en realisatie van watergerelateerde maatregelen meestal ruim 10 jaar nodig is.

De uitdaging is om een goede set van indicatoren samen te stellen, die gezamenlijk een tijdig en betrouwbaar signaal geeft. De in 2017 gehanteerde indicatoren vormen een eerste set, die in 2017-2018 verder verbeterd zal worden.

---

<sup>1</sup> Gebiedsoverstijgende indicatoren hebben bijv. betrekking op maatschappelijke preferenties zoals de waarde die de maatschappij (en politiek) toekent aan bijvoorbeeld natuur, duurzaamheid, waterveiligheid. Indicatoren over maatschappelijke preferenties komen in deze eerste ronde nog niet aan bod, die worden in de voorbereiding naar DP2019 ter hand genomen.

## 3. Eerste bevindingen

Op basis van de hiervoor beschreven methode en eisen heeft de Signaalgroep een eerste selectie gemaakt van indicatoren die voor het Deltaprogramma relevant kunnen zijn uit oogpunt van eventuele bijstelling. Deze selectie is aangevuld met de uitkomsten van een parallel uitgevoerde Delphi-analyse.<sup>2</sup> Vervolgens is gekeken of er voor deze indicatoren al potentieel relevante signalen zijn. Dat is het geval voor de volgende onderwerpen:

- **Wereldwijd is de zeespiegelstijging groter dan de aanname in de deltasenario's, maar langs de Nederlandse kust is deze toename nog niet zichtbaar.**
- Golfhoogte neemt meer toe dan eerder verondersteld, waardoor vaker/meer kustafslag.
- Er komen vaker persistente patronen van depressies voor dan voorheen, met langdurige overvloedige neerslag.
- Hurricane restanten bereiken vaker de Noordzee, met mogelijke gevolgen voor stormvloeden en neerslag.
- De winterafvoeren van Rijn en Maas stijgen meer dan aangenomen in de deltasenario's.
- De zomerafvoeren van Rijn en Maas dalen meer dan aangenomen in de deltasenario's.
- **Supercells/clusterbuien komen vaker voor, en geven vaker en meer wateroverlast.**
- Hitte in de stad is minder zichtbaar dan aangenomen in deltasenario's.
- Afvoer naar de IJssel neemt toe ten opzichte van de beleidsmatige afvoerverdeling.
- De watertemperatuur in Rijn en Maas stijgt.
- Toename ICT in bediening geeft meer mogelijkheden maar ook operationele risico's.

De twee vetgedrukte signalen hebben potentieel een grote impact op het Deltaprogramma. Voor de versnelde zeespiegelstijging zijn wereldwijd wel waarnemingen, maar deze zijn vanwege de relatief korte meetreeks van satellietwaarnemingen nog onvoldoende betrouwbaar om dit met zekerheid vast te stellen. Ook langs de Nederlandse kust is dit nog niet waarneembaar. Wel zijn er nieuwe inzichten over en metingen aan het versneld afkalven van landijs op Antarctica die de versnellings-trend aannemelijk maken. De toename van supercells/clusterbuien is in meetreeksen al te zien, de modellen geven aan dat deze trend zich waarschijnlijk doorzet. Daarnaast is er voor deze trend(verandering) een plausibele causale verklaring. De trend(verandering) is dus vrij zeker.

Vanwege de redenen 'impact' en 'plausibiliteit' heeft de Signaalgroep besloten deze twee signalen nader te beschrijven (zie bijlage factsheets), met de gebieden en thema's van het Deltaprogramma op hun consequenties door te spreken, en dit als volgt in het DP2018 op te laten nemen:

*"Uit het eerste overzicht van de Signaalgroep komen twee potentieel belangrijke ontwikkelingen naar voren:*

- *mogelijke versnelling van de zeespiegelstijging;*
- *toenemende zware buien met shade door neerslag, hagel en windstoten ("supercells").*

*Metingen en nieuw onderzoek geven aanwijzingen voor een grotere zeespiegelstijging dan in de deltasenario's is aangenomen. Het IPCC moet dit nog wetenschappelijk bekrachtigen en het KNMI zal dit in 2021 in nieuwe prognoses voor de Nederlandse kust moeten vertalen. Daarop vooruitlopend brengt de Signaalgroep de mogelijke consequenties voor het Deltaprogramma al oriënterend in beeld. De resultaten komen in Deltaprogramma 2019 te staan. De toename van zware buien is al zichtbaar in metingen en toekomstprognoses en fysisch te verklaren. Deze ontwikkeling is een van de aanleidingen voor het Deltaplan Ruimtelijke adaptatie en krijgt een plaats in de onderzoekslijn Klimaatbestendige Stad."*

<sup>2</sup> zie DP2018, paragraaf 2.2.2.

## 4. Hoe verder?

In aanvulling op de vervolgacties vanuit de twee eerste signalen zal de Signaalgroep in het tweede jaar de signaleringsmethodiek en benodigde indicatoren verder doorontwikkelen tot een voorstel voor een monitoringsprogramma. Informatie over deze indicatoren kan afkomstig zijn uit:

- Nieuwe berekeningen (waaronder de tweejaarlijkse prognoses van Nationaal Watermodel)
- Rapportages en wetenschappelijke artikelen die nieuwe kennis of inzichten bevatten (bijv. uit IPCC, KNMI, PBL of NKWK onderzoekslijnen)
- Pilots (m.b.t. nieuwe technieken)
- Meetprogramma's

Het voorstel voor het monitoringsprogramma zal per indicator aangegeven wat er gemeten/onderzocht/verzameld zal gaan worden, door welke partij (op welke plek en met welke frequentie) of dit al gebeurt, of dat dit nieuw is, en hoe deze inspanning gedekt wordt.



# High end scenario voor zeespiegelstijging in 2100

Rob van Dorland (KNMI), Marjolein Haasnoot (Deltares), Sybren Drijfhout (KNMI) en Laurens Bouwer (Deltares)

## Wat zien we m.b.t. zeespiegelstijging?

Er zijn signalen dat door een grotere afsmelt en afkalving van het ijs op Antarctica de zeespiegelstijging in 2100 en daarna beduidend hoger uit kan vallen dan geconcludeerd in het vijfde assessment rapport van het IPCC (2013).

## Zijn er metingen, prognoses en causale verklaringen?

Recente waarnemingen suggereren dat op diverse plaatsen op de West-Antarctische ijskap een instabiliteit in gang is gezet die op termijn van enkele decennia een versnelling in de afsmelt en afkalving zal laten zien. Die processen zijn ook al in diverse ijskapmodellen geïmplementeerd, waardoor het ijsvolume in deze modellen sneller afneemt dan in de modellen die destijds voor het IPCC rapport (2013) zijn gebruikt.

Hoe deze processen precies moeten worden geparameteriseerd in de modellen is nog de vraag. Een modelstudie van DeConto en Pollard<sup>1</sup> heeft twee processen verdisconteerd die tot nu toe nog niet zijn meegenomen in andere modellen. Dit leidt tot veel extremere waarden van zeespiegelstijging. Een sterk punt in deze studie is dat schattingen van variaties in de zeespiegel in paleoklimaten tot drie miljoen jaar terug verklaard kunnen worden.

Een team van KNMI wetenschappers (Le Bars et al.<sup>2</sup>) heeft deze studie als uitgangspunt genomen voor een doorvertaling naar probabilistische scenario's van de mondiale zeespiegelstijging in 2100 onder het hoogste emissiescenario (RCP8.5) en onder de aanname dat de processen die in deze studie tot afbraak van de Antarctische ijskap leiden, een realistisch beeld

<sup>1</sup> DeConto, R.M and D. Pollard, 2016: Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. Nature, 531, 591-597.

<sup>2</sup> Le Bars, D., S. Drijfhout and H. de Vries, 2017: A high end sea level rise probabilistic projection including rapid Antarctic ice sheet mass loss. Environmental Research Letters.

geven van de bovengrens van de te verwachten zeespiegelstijging en dus als uitgangspunt kunnen dienen voor een extreem zeespiegelstijgingsscenario.

### Op welke termijn en welke waarschijnlijkheid?

Voor het laagste emissiescenario (RCP2.6, corresponderend met de 2 graden doelstelling) vinden DeConto en Pollard geen wezenlijke verschillen in de bijdrage van de ijskap van Antarctica aan de mondiale zeespiegelstijging ten opzichte van IPCC (2013). Die uitkomst is wel bekritiseerd door andere wetenschappers omdat in dit model de Antarctische ijskap in evenwicht lijkt met de huidige oceaan-atmosfeer forcering, terwijl dat in werkelijkheid niet zo is. Als uitvloeisel van het Parijs Akkoord (2015) zal het IPCC in 2018 met cijfers komen over de zeespiegelstijging onder de anderhalve graden doelstelling. Maar meer onderzoek is nodig om een realistisch beeld te geven van de bijdrage van de Antarctische ijskap onder een dergelijk emissiescenario.

Onder de aannamen van DeConto en Pollard is er een 5% kans dat de zeespiegel in 2100 met zo'n 2,5 tot 3 meter stijgt. Een ruwe schatting op basis van deze studie is een zeespiegelstijging van circa 18 meter in 2500.

De hier genoemde getallen gelden voor het mondiaal gemiddelde. De waarden van zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust zijn nog niet berekend.

### Wijkt dit af van de deltascenario's?

De berekende bovengrenzen liggen een stuk hoger dan die van het IPCC en ook dan de door het KNMI in 2008 berekende worst case scenario voor de Deltacommissie (Veerman-scenario) van 1,15 meter.

Bestaande Nederlandse beleidsstudies gaan uit van zeespiegelstijging van minder dan 1 meter, tussen 1 en 6 meter bestaan er drie studies. Er zijn geen studies naar de gevolgen van meer dan 6 meter zeespiegelstijging.

Dergelijke hoge schattingen voor een extreem scenario zijn in lijn met andere internationale bevindingen. Het nieuwste scenario van de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in de Verenigde Staten en het scenario dat een Brits team ontwikkelde voor de planning van de waterkering in de rivier de Theems kwamen al tot dergelijke hoge getallen, al waren die niet zoals in de KNMI studie gebaseerd op modelberekeningen.

### Leidt dit tot het aanpassen van de voorkeursstrategieën?

Veel modellen voor Antarctica komen tot lagere schattingen simpelweg omdat de dynamische processen die DeConto en Pollard beschreven nog ontbreken in die modellen. Om de robuustheid van de bevindingen van DeConto en Pollard te toetsen, en dus ook van het door de KNMI onderzoekers gepubliceerde extreme zeespiegel-scenario, is het cruciaal dat die ontbrekende processen zo snel mogelijk worden ingebouwd in andere modellen. Het KNMI blijft de ontwikkelingen nauwgezet volgen en wil ook zelf studies met ijskap modellen gaan verrichten. Parallel hieraan zullen Deltares en KNMI, samen met de gebieden en thema's van het Deltaprogramma concreter in beeld brengen wat deze nieuwe inzichten kunnen betekenen voor de deltabeslissingen en voorkeursstrategieën. Dit als verdiepingsslag op de door Deltares uitgevoerde Hackathon.<sup>3</sup> De uitkomsten hiervan worden opgenomen in Deltaprogramma 2019.

---

<sup>3</sup> Deltares heeft de potentiële gevolgen van een extreem scenario middels een hackaton in beeld gebracht. Zie <https://www.deltares.nl/app/uploads/2017/04/Hackathon-resultaten-rapport.pdf>.

# Toename extreme buien

Rob van Dorland (KNMI) en Geert Lenderink (KNMI)

## Wat zien we m.b.t. extreme buien in metingen en prognoses?

Er zijn signalen dat extreme neerslag in Nederland toeneemt door hogere temperaturen. Het gaat hierbij zowel om een hogere frequentie als om een toename van de intensiteit van extreme buien. Er zijn aanwijzingen dat een hogere luchtvochtigheid als consequentie van een warmer klimaat resulteert in de vorming van grotere buienclusters, waaronder ook zogenoemde 'supercellen' die aanleiding kunnen geven tot extreme valwinden en hagel.

Tabel 1 en 2 geven een indicatie van de verwachte toename van neerslaghoeveelheden in 2 en 24 uur bij herhalingstijden van 2, 10, 50 en 100 jr in het huidige klimaat (2014) en in 2050, op basis van bestaande neerslagstatistieken en klimaatprojecties.

Herhalingstijd in jaren	In 2014	In 2050 (hoogste scenario)
2	24 mm	27 mm
10	36 mm	42 mm
50	49 mm	59 mm
100	56 mm	67 mm

Tabel 1: 2 uur neerslagintensiteit in mm bij vier herhalingstijden voor het huidige klimaat en 2050 (hoogste waarde uit de vier KNMI'14 scenario's)

Herhalingstijd in jaran	In 2014	In 2050 (hoogste scenario)
2	42 mm	49 mm
10	59 mm	68 mm
50	77 mm	90 mm
100	85 mm	100 mm

Tabel 2: 24 uur neerslagintensiteit in mm bij vier herhalingstijden voor het huidige klimaat en 2050 (hoogste waarde uit de vier KNMI'14 scenario's)

Vermeldenswaard is dat recent in Nederland en omliggende landen al daadwerkelijk neerslagintensiteiten zijn opgetreden met een orde van grootte van 100 mm per uur:

- Apeldoorn: 120 mm in 75 minuten (2009)
- Herwijnen: 94 mm in 70 minuten (2011)
- Deelen: 75 mm in 60 minuten (2014)
- Munster: 220 mm in 90 minuten (2014)
- Kopenhagen: 150 mm in 120 minuten (2011)

Het gaat hier om extreme en kortdurende gebeurtenissen, waarbij nog nader onderzoek wordt uitgevoerd naar de aandrijvende mechanismen van deze “supercells”/buienclusters. Vanwege de korte tijdsduur (< 2 uur), het specifieke mechanisme en het recente karakter (> 2010) zit dit verschijnsel nog niet goed in de bestaande neerslagstatistieken en kunnen er (nog) geen herhalingstijden aan gekoppeld worden.

### Zijn er causale verklaringen?

Op basis van metingen sinds 1951 constateren we een toename van de neerslagintensiteit in zware buien van circa 12% per graad (Lenderink et al.<sup>1</sup>). Dit treedt vooral op voor dauwpunttemperaturen<sup>2</sup> boven de 16 graden Celsius. Ook op andere locaties in de wereld zien we dit fenomeen in de waarnemingen (Westra et al.<sup>3</sup>).

In een opwarmend klimaat neemt het vochtgehalte in de atmosfeer toe. Deze toename is ongeveer gelijk aan de 6,5% per graad toename van de maximale hoeveelheid waterdamp, die lucht bij een bepaalde temperatuur kan bevatten (wet van Clausius-Clapeyron). Een toename van de luchttemperatuur met 1 graad resulteert dan in een toename van ongeveer 1 graad in dauwpunttemperatuur. In een warmer klimaat neemt dus het aantal gebeurtenissen in de zomer toe met dauwpunttemperaturen boven de 16 graden Celsius, waardoor de kans op zware buien toeneemt. In zware buien zijn de verticale bewegingen ook sterker. Dit heeft tot gevolg dat er meer vocht vanuit de omgeving aangezogen wordt, waardoor de neerslagintensiteit met 12% per graad kan toenemen. In samenhang met de sterkere verticale bewegingen in de bui neemt ook de kans op windstoten, valwinden, onweer en hagel (zowel de grootte van de hagelstenen als de frequentie) toe.

Verder zijn er recente aanwijzingen dat de omvang van de zware buien toeneemt.<sup>4</sup> Dat betekent dat de totale hoeveelheid neerslag in deze buienclusters nog meer kan toenemen dan de genoemde 12% per graad Celsius.

<sup>1</sup> Lenderink et al, 2011: Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones – Hong Kong and the Netherlands. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 3033–3041.

<sup>2</sup> De dauwpunttemperatuur is gedefinieerd als de temperatuur tot welke de lucht afgekoeld moet worden om condensatie te laten optreden. Hoe groter het vochtgehalte, des te hoger is de dauwpunttemperatuur.

<sup>3</sup> Westra, S. et al., 2014: Future changes to the intensity and frequency of short-duration extreme rainfall. *Rev. Geophys.*, 52, 522–555, doi:10.1002/2014RG000464.

<sup>4</sup> Lenderink et al, 2017: Super Clausius-Clapeyron scaling of extreme hourly convective precipitation and its relation to large-scale atmospheric conditions. *Journal of Climate*, in review.

Hoewel we sinds 1951 een toename van het aantal dagen met extreme neerslag in het kustgebied en midden van het land zien en op sommige plaatsen in het oostelijk deel van Nederland een negatieve trend, heeft de locatie waarop zware buienclusters verschijnen een sterk toevallig karakter. De radarbeelden voor de periode 1998-2008 voor uurextremen laten een ruizig beeld zien in tegenstelling tot de dagextremen. Dit kan komen door de beperkte lengte van de dataset (11 jaar) maar wellicht zijn er ook gewoon niet of weinig regionale verschillen in extreme urenneerslag.

#### **Op welke termijn en met welke waarschijnlijkheid?**

Voor de toekomst verwachten we dat de trend naar zwaardere buien doorzet, omdat dauwpunttemperaturen boven het knikpunt van 16 graden Celsius in de zomer steeds vaker zullen voorkomen.

#### **In hoeverre wijkt dit af van de deltasenario's?**

In de KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland is al melding gemaakt van de trend van zwaardere zomerbuien. Nieuw is het onderzoek naar het vaker voorkomen van grote buienclusters. De eerste resultaten laten zien dat de wateroverlast met name in stedelijk gebied meer toeneemt dan voorzien in de KNMI'14 klimaatscenario's.

#### **Is er aanleiding de voorkeursstrategieën aan te passen?**

Het KNMI blijft de ontwikkelingen nauwgezet volgen en wil ook nader onderzoek doen naar de neerslagintensiteit, windstoten, onweer en hagel bij supercellen. Verder is onderzoek nodig voor het bepalen van regionale verschillen en de eventuele oorzaken daarvan, zoals effecten van land-zee overgang en van stedelijke gebieden. Uitkomsten hiervan zullen ingebracht worden in de Signaalgroep en met vertegenwoordigers van het Deltaprogramma om te bepalen of en hoe dit tot bijstelling van de voorkeursstrategieën moet leiden.

#### **Aandachtspunten in verband met de voorkeursstrategieën:**

- Problemen met lokale afwatering in rioolsystemen, met name in stedelijk gebied;
- Schade en letsel door valwinden, hagel en onweer die met de zwaardere buien gepaard gaan;
- Beheerproblematiek waterschappen in de zomer.

## Deltaprogramma

Het Deltaprogramma is een nationaal programma. Rijksoverheid, provincies, gemeenten en waterschappen werken hierin op een vernieuwende manier samen met inbreng van maatschappelijke organisaties, kennisinstellingen, burgers en het bedrijfsleven. Het doel is om Nederland ook voor de volgende generaties te beschermen tegen hoogwater, te zorgen voor voldoende zoetwater en ons land zo in te richten dat het klimaatbestendig wordt, om zo grote schade te voorkomen.

De deltacommissaris doet jaarlijks een voorstel voor het Deltaprogramma aan de Minister van IenM, bevordert de uitvoering van het Deltaprogramma en bewaakt de voortgang. Het voorstel bevat alle geprogrammeerde maatregelen en voorzieningen ter beperking van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste. Het Deltaprogramma wordt ieder jaar op Prinsjesdag aan de Staten-Generaal aangeboden.

Acht gebieden werken aan de verdere uitwerking en uitvoering van de strategieën van het Deltaprogramma. Deze gebieden beslaan heel Nederland en zijn:

- Rijnmond-Drechtsteden
- Zuidwestelijke Delta
- IJsselmeergebied
- Rijn
- Maas
- Kust
- Waddengebied
- Hoge Zandgronden

[www.rijksoverheid.nl/deltaprogramma](http://www.rijksoverheid.nl/deltaprogramma)  
[www.deltacommissaris.nl](http://www.deltacommissaris.nl)

Dit is een uitgave van:

**Ministerie van Infrastructuur en Milieu**

**Ministerie van Economische Zaken**

September 2017

Het eerste Deltaprogramma verscheen op 21 september 2010.  
Het tweede Deltaprogramma verscheen op 20 september 2011.  
Het derde Deltaprogramma verscheen op 18 september 2012.  
Het vierde Deltaprogramma verscheen op 17 september 2013.  
Het vijfde Deltaprogramma verscheen op 16 september 2014.  
Het zesde Deltaprogramma verscheen op 15 september 2015.  
Het zevende Deltaprogramma verscheen op 20 september 2016.  
Dit achtste Deltaprogramma verscheen op 19 september 2017.