



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
*Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat*

# De staat van ons klimaat 2021

Nederlands weer in tijden van klimaatverandering



# Inhoudsopgave



Inleiding



Dit document is  
interactief



Internationale context



Weersextremen



Gemiddelden en trends



Gevolgen



# Inleiding

---

Met deze *Staat van ons klimaat in 2021* geeft het KNMI een samenvatting van het Nederlandse weer in 2021 in tijden van een snel veranderend klimaat

Onze maatschappij staat voor een enorme uitdaging: de uitstoot van broeikasgassen zo snel mogelijk terugdringen, zoals afgesproken in het Klimaatakkoord van Parijs. Met elke vertraging in het verminderen van de uitstoot worden de gevolgen voor onze samenleving groter. Zelfs bij een flinke reductie zet klimaatverandering door. Het weer is grillig en lang niet al het extreme weer komt door klimaatverandering. Maar de opwarming van de aarde zorgt er wel voor dat we vaker te maken krijgen met weersextremen. Op verschillende manieren brengt het KNMI het veranderende klimaat in kaart, met als belangrijkste publicatie de KNMI-klimaatscenario's die najaar 2023 verschijnen.

In deze (eerste) *Staat van ons klimaat in 2021* geeft het KNMI een overzicht van (extreem) weer en klimaat in het afgelopen jaar. Het accent ligt daarbij op Nederland, waarbij we laten zien hoe wat hier gebeurt, samenhangt met klimaat(verandering) in Europa en wereldwijd. Voor Nederland geven we een samenvatting van het gemiddelde weer in 2021 en

vergelijken we dat met de huidige klimaatnormaal 1991-2020 (het gemiddelde weer in de afgelopen 30 jaar). We beschrijven de belangrijkste extreemweersituaties in Nederland in 2021, waaronder uiteraard de hevige neerslag in juli, die leidde tot wateroverlast in Zuid-Limburg. Daarnaast geven we een overzicht van de belangrijkste gevolgen van de wereldwijde opwarming voor Nederland, zoals zeespiegelstijging, droogte en extreme neerslag.

De informatie over Europa en de wereld is grotendeels gebaseerd op publicaties van de Europese Copernicus Climate Change Service en de Wereld Meteorologische Organisatie. Een deel van de hier gepresenteerde informatie over Nederland is eerder verschenen in het *KNMI Klimaat signaal'21*.

# Internationale context

Het weer in Nederland staat niet op zichzelf. Het heeft een sterke relatie met het weer in de rest van Europa en met veranderingen van het wereldwijde klimaat. In dit eerste hoofdstuk zetten we deze internationale ontwikkelingen daarom op een rij. Wat gebeurde er in 2021 met enkele wereldwijde klimaatindicatoren? En wat waren de opmerkelijkste weerfenomenen in Europa en rond de Noordpool?



## Wereldwijde klimaatindicatoren

In 2021 stegen de wereldwijde concentraties kool-dioxide en methaan verder door. Met een toename van 16,5 ppb (naar 1876 ppb) was vooral de stijging van de methaanconcentratie relatief groot. De concentratie kooldioxide steeg met 2,3 ppm naar 414 ppm, bijna anderhalf keer zoveel als in het pre-industriële tijdperk (de jaren 1850-1900).

Wereldwijd waren de afgelopen zeven jaar de warmste ooit gemeten. In 2021 was het aantal regio's met een temperatuur boven land van meer dan 2 °C boven het 1981-2000 gemiddelde echter beperkt, onder andere het noordoosten van Canada en delen van Groenland (op basis van data beschikbaar voor januari t/m september 2021). Temperaturen ónder het gemiddelde traden op in Alaska en Australië, en in delen van Siberië en Antarctica. De temperatuur boven het zeeoppervlak was in 2021 lager dan in veel voorgaande jaren. De oorzaak hiervan was La Niña aan het begin en einde van het jaar. Desondanks staat 2021 in de top 6 van jaren met de hoogste gemiddelde temperatuur sinds 1850.



Wim van Passel

In september 2021 was de minimale zee-ijsbedekking in het noordpoolgebied, op elf jaren na, de kleinste ooit gemeten. Op Antarctica was de zee-ijsbedekking in februari bijna gemiddeld.

Het afsmelten van gletsjers ging in hoog tempo door. Dit zorgt voor een stijging van de wereldgemiddelde zeespiegel met meer dan 1 mm per jaar, bovenop de stijging door andere oorzaken. De totale zeespiegelstijging is tegenwoordig (2006-2021) ongeveer 4 millimeter per jaar.

---

De concentratie kooldioxide steeg naar 414 ppm, bijna anderhalf keer zo hoog als in het pre-industriële tijdperk

Stijging van de temperatuur en de zeespiegel (Bronnen: C3S/ECMWF/CLS, KNMI)

	Temperatuur (boven land) toename t/m 2021 sinds 1850-1900	Zeespiegelstijging gemiddeld in de periode 1993-2021
Wereld	+ 1,2 °C	3,2 mm/jr
Europa	+ 2,2 °C	2-4 mm/jr
Nederland	+ 2,3 °C *)	2-3 mm/jr **)

\*) Nederland gebruikt 1901 als referentie i.p.v. 1850-1900

\*\*\*) 3 mm/jr zonder het effect van langjarige variaties in de wind op de zeespiegel

---

Met 1,0 °C boven het gemiddelde is de Europese zomer van 2021 de warmste ooit gemeten

## Het Europese weer in 2021

### Normalen en trends

2021 was koeler dan de afgelopen jaren, maar nog steeds zo'n 0,15-0,25 °C warmer dan gemiddeld in de referentieperiode (1991-2020). Bovengemiddeld warm was het rond de Zwarte Zee, in Zuidoost-Europa en in het westen van Rusland. Scandinavië en Midden-Europa waren juist koeler. De lente was relatief koel, met 0,4-0,5 °C onder het langjarig gemiddelde. Winter, zomer en herfst waren warmer dan gemiddeld. Met 1,0 °C boven het langjarig gemiddelde is de Europese zomer zelfs de warmste ooit gemeten.

Gedurende het gehele jaar was de hoeveelheid neerslag normaal. Wel was er veel variatie tussen de maanden, met januari als natste maand (0,5 tot 0,7 mm/dag meer dan gemiddeld) en maart de droogste maand (0,2 tot 0,4 mm/dag minder dan gemiddeld). In Oost- en Zuidoost-Europa was het aantal natte dagen hoger dan gemiddeld, maar viel er op deze dagen minder neerslag. Scandinavië en het gebied rond de Oostzee (de Baltische staten en het noorden van Polen) hadden minder natte dagen.

De duur van de zonneschijn was in 2021 bijna gemiddeld. De grootste afwijkingen deden zich voor in delen van Oost-Europa, met tot 300 uur meer zonneschijn dan gemiddeld. Het westelijke Middellandse Zeegebied had juist 250 uur minder zonneschijn dan gemiddeld. Met 2% minder bewolking dan gemiddeld, zet de trend naar minder bewolking in 2021 door.

In Noordwest- en Midden-Europa was de windsnelheid lager dan gemiddeld – veelal de laagste of op één na laagste waarde ooit. De grootste negatieve afwijkingen traden op van juli tot september in het Verenigd Koninkrijk en Ierland, en in het aangrenzende gebied van de Atlantische Oceaan. Lagere windsnelheden verminderen het potentieel voor de opwekking van windenergie in Noordwest- en Midden-Europa.



Belangrijkste weerfenomenen in Europa in 2021 (Bron: Copernicus Climate Change Service, vertaald)

## Extreme neerslag leidde tot de hoogste rivierafvoeren ooit gemeten in de stroomgebieden van Maas en Rijn

### Weersextremen

Het voorjaar was in grote delen van Europa uitzonderlijk warm. Nadat begin april eerst enkele warmterecords waren gevestigd, daalde de temperatuur ineens tot ver onder nul. Deze late voorjaarsvorst veroorzaakte grote schade aan wijnstokken en fruitbomen.

In juli en augustus kampte het gebied rond de Middellandse Zee met een hittegolf. Menig temperatuurrecord sneuvelde. Op Sicilië werd het maar liefst 48,8 °C, de hoogste temperatuur ooit in Europa gemeten. In delen van Italië, Griekenland en Turkije duurde de hittegolf twee tot drie weken, in het zuidelijke Middellandse Zeegebied nóg langer. Het Middellandse Zeegebied had de hele zomer te maken met droogte. Ook waren er talrijke bosbranden in Italië, Griekenland en Turkije. Regio's die werden getroffen door hittegolven, kampten ook met ongewoon hoge niveaus van hittestress: het Middellandse-Zeegebied in juli en augustus, Noordoost-Europa in juni.

Begin juli viel er in Oost-Frankrijk, België, Zuid-Nederland en Duitsland extreem veel neerslag: op 14 juli zelfs de grootste hoeveelheid die hier ooit op één dag is gemeten. De bodem raakte op veel plekken verzadigd, waardoor veel water snel in de rivieren terecht kwam. Dit leidde tot de hoogste rivierafvoeren ooit gemeten in de stroomgebieden van Maas en Rijn. Veel rivieren traden buiten hun oevers, met honderden doden en grote materiële schade tot gevolg.

Door bosbranden werd ongeveer 16 miljoen ton koolstof uitgestoten – de op drie na grootste hoeveelheid ooit

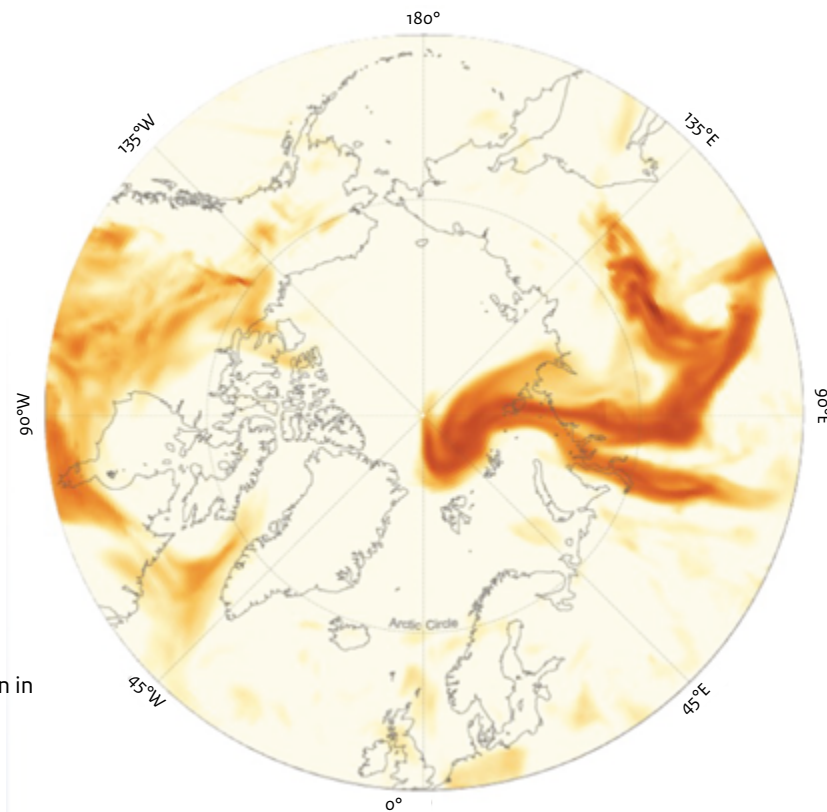
## Het noordpoolgebied

In het noordpoolgebied was het 0,4 °C kouder dan de langjarig gemiddelde temperatuur. Na de recordwarmte begin 2020, was het in de periode van januari tot maart juist bijzonder koud boven Siberië. Bovengemiddelde temperaturen boven Groenland leidden in juli en augustus tot grootschalige smelt. Op de top van de Groenlandse ijskap is zelfs voor de eerste keer regen waargenomen.

Het aantal bosbranden in het Arctisch gebied was groot, vooral in Oost-Siberië, maar veel kleiner dan het recordniveau van 2020. Hard getroffen werden vooral gebieden die kampten met droogte. Door subarctische branden veroorzaakte rookpluimen strekten zich over duizenden kilometers uit en bereikten uiteindelijk ook het noordpoolgebied. Door deze bosbranden werd ongeveer 16 miljoen ton koolstof uitgestoten – de op drie na grootste hoeveelheid ooit.

De omvang van het Arctische zee-ijs was sinds 2014 nooit zo groot. Desondanks was de zee-ijsbedekking in het Noordpoolgebied ten tijde van het jaarlijkse minimum in september, 8% kleiner dan gemiddeld.

In de eerste helft van het jaar was er in de Groenlandse Zee een bijna gemiddelde hoeveelheid zee-ijs. In de zomer volgde een snelle afname, mede veroorzaakt door aanhoudende zuidenwind en afnemende ijsaanvoer vanuit de Noordelijke IJszee. Tegen het einde van de zomer was het grootste deel van de oostkust van Groenland ijsvrij. In september was de zee-ijsbedekking 72% kleiner dan gemiddeld, de laagste waarde ooit gemeten.



Rookpluimen na de bosbranden in Oost-Siberië, augustus 2021  
(Bron: CAMS/C3S/ECMWF)

# Weersextremen

Het weer wisselt van dag tot dag en van plek tot plek. Weersextremen zijn zeldzame, zeer grote afwijkingen van het gemiddelde weer. In Nederland zijn dat bijvoorbeeld hittegolven, zware neerslag of langdurige droogte. Deze extremen krijgen de laatste jaren meer aandacht in het klimaatonderzoek en in de media, deels omdat de maatschappij kwetsbaarder wordt, deels omdat de kans op extreem weer toeneemt door klimaatverandering. Welke weersextremen kende ons land in 2021?



## Tien keer code oranje en drie keer code rood

Als de extreme weersomstandigheden het openbare leven op grote schaal dreigen te ontwrichten en/of er gevaarlijke omstandigheden kunnen ontstaan, geeft het KNMI een weerwaarschuwing (code geel of oranje) of weeralarm (code rood). In 2021 gaf het KNMI tien keer code oranje uit, onder meer voor dichte mist tijdens de jaarwisseling, zware (onweers)buien in juni en ijzel in december. Daarnaast was er drie keer code rood: in februari voor ijzel en sneeuwjacht en in juli voor extreme neerslag.



Door sneeuwstorm Darcy viel plaatselijk meer dan 15 cm sneeuw

---

In februari gaf het KNMI voor het eerst sinds 2012 een landelijk weeralarm. De reden: sneeuwstorm Darcy, bij temperaturen onder nul en windkracht 8

## Sneeuwstorm Darcy

In februari gaf het KNMI voor het eerst sinds 2012 een landelijk weeralarm (code rood). De reden was Darcy, een sneeuwstorm bij temperaturen onder nul en windkracht 8. Van 7 tot en met 13 februari lag de temperatuur ook overdag onder nul. De hoeveelheid sneeuw van Darcy (plaatselijk meer dan 15 cm dik) kunnen we in het huidige klimaat gemiddeld eens in de vier jaar verwachten. De minimumtemperaturen waren net niet laag genoeg voor een officiële koudegolf. In de derde week van februari ging de temperatuur sterk omhoog. Voor het eerst werden er zes zachte dagen (15 °C of hoger) in februari geteld, nota bene op rij.





Door een valwind raakten enkele huizen in Leersum zwaar beschadigd

## Juni: recordwarmte en noodweer met valwind

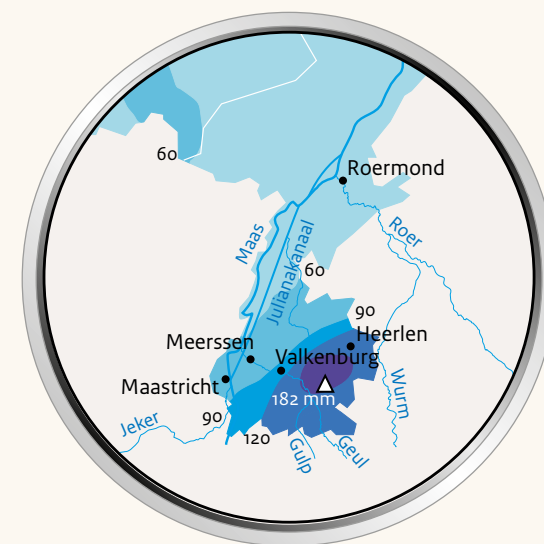
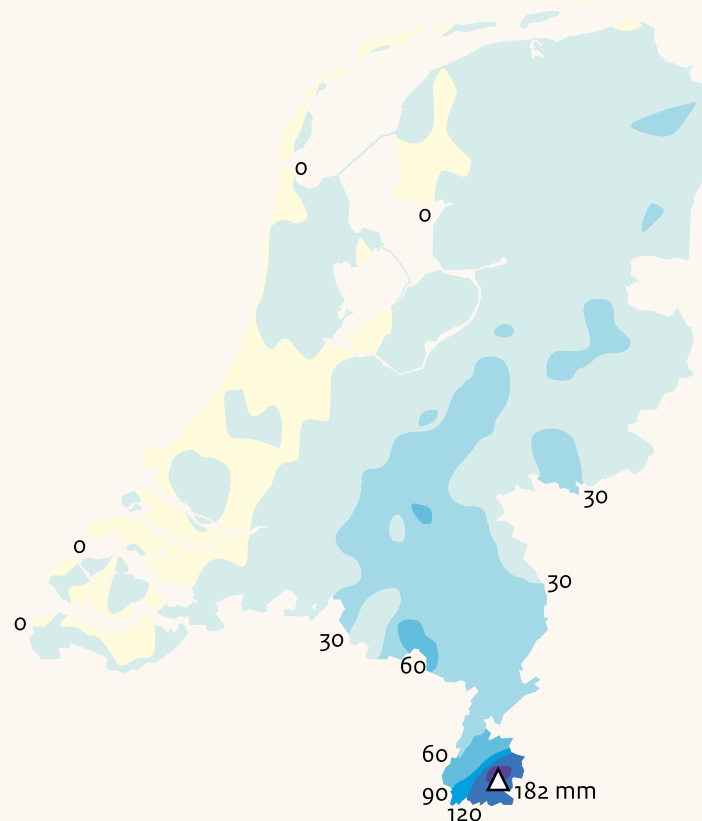
Juni was gemiddeld 2,0 °C warmer dan normaal, en daarmee de warmste junimaand sinds 1901. Op 17 juni werd in De Bilt een temperatuur van 30,8 °C gemeten, de enige tropische dag van het jaar. De dag erna hadden delen van Nederland te maken met hevig noodweer. In het midden en noorden van het land gold code oranje vanwege de kans op zware onweersbuien. Met name Leersum, op de Utrechtse Heuvelrug, werd getroffen. Door een valwind ('downburst') raakten daar negen mensen gewond en tussen tien en twintig huizen zwaar beschadigd. Door de klimaatverandering neemt de kans op valwinden waarschijnlijk toe.

## Extreme neerslag in Zuid-Limburg

Van 13 tot en met 15 juli leidde een hardnekkig en vrijwel stil liggend lagedrukgebied tot langdurige hevige neerslag in Belgische, Duitse en Nederlandse delen van de stroomgebieden van de Maas en Rijn.

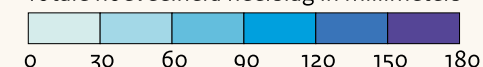
Voor het eerst gaf het KNMI een code rood uit voor zware regen. Op meerdere plaatsen viel meer dan 100 mm regen in drie dagen tijd. In Ubachsberg viel ruim 180 mm, in Schaesberg iets meer dan 160 mm. Over de grens, in België, Duitsland en Luxemburg, viel nog veel meer regen.

Op 13, 14 en 15 juli viel er in Zuid-Limburg uitzonderlijk veel neerslag (Bron: De Bosatlas van weer en klimaat, 2021)



△ hoogste waarde

Totale hoeveelheid neerslag in millimeters



## Zuid-Limburg kampte met enorme wateroverlast; vanwege hoog water in de Maas werden in heel Limburg tienduizenden mensen geëvacueerd

Op veel plaatsen leidde de aanhoudende, zware neerslag tot overstromingen van de (zij)rivieren. De Eifel en de Ardennen werden getroffen door een watersnoodramp met meer dan tweehonderd doden. Zuid-Limburg kampte met enorme wateroverlast, onder andere grote schade aan huizen en auto's in het centrum van Valkenburg. Vanwege hoogwater in de Maas werden in heel Limburg tienduizenden mensen geëvacueerd. Alleen al in Nederland bedroeg de materiële schade rond de 1,8 miljard euro.

De waargenomen neerslaghoeveelheden en afvoeren van de rivieren zijn zeer zeldzaam, zeker in het zomerseizoen. Door klimaatverandering is de kans op zulke hevige regenval toegenomen, met een factor tussen 1,2 tot 9. Een soortgelijke gebeurtenis kunnen we in het huidige klimaat eens in de ongeveer 400 jaar verwachten.



Ruben van Loo

Door aanhoudende, zware regen kampte Zuid-Limburg half juli met enorme wateroverlast, zoals hier in Simpelveld

# Gemiddelden en trends

Weer en klimaat zijn niet hetzelfde. 'Het weer' is de toestand van de atmosfeer op één moment; 'het klimaat' is het gemiddelde weer in een langere periode, vaak 30 jaar. Klimatologen noemen dat een normaalperiode. Net als in de rest van Europa waren de neerslag en de zonne-straling in Nederland afgelopen jaar normaal – vergelijkbaar met het gemiddelde over de afgelopen 30 jaar. Dat geldt ook voor de temperatuur in Nederland, die voor heel Europa juist iets hoger was dan gemiddeld. De gemiddelde windsnelheid was in 2021 in Nederland – net als in heel Europa – relatief laag.

## Temperatuur

De gemiddelde temperatuur in 2021 was vergelijkbaar met de gemiddelde temperatuur in de afgelopen dertig jaar. In De Bilt was de gemiddelde temperatuur 10,4 °C, dat is 0,1 °C lager dan normaal (het 1991-2020 gemiddelde) en 0,5 °C lager dan het gemiddelde over de afgelopen tien jaar. Het aantal zachte (dagelijks maximum  $\geq 15$  °C), warme ( $\geq 20$  °C), zomerse ( $\geq 25$  °C) en tropische dagen ( $\geq 30$  °C) was kleiner van normaal.

2021 begon met een relatief zachte winter (0,5 °C warmer dan normaal). In de eerste helft van februari was er een korte winterse periode. Een week lang bleef de temperatuur overdag onder het vriespunt.

De laatste week van februari was juist lenteachtig. Van 20 tot 25 februari was de maximumtemperatuur in De Bilt 15 °C of hoger – nooit eerder kwam de temperatuur zo vroeg al zo vaak boven 15 °C.

Dat 2021 relatief koel was, komt vooral door de zeer koude lente (1,8 °C kouder dan normaal). Met een gemiddelde temperatuur van 6,7 °C was april zelfs 3 °C kouder dan het langjarig gemiddelde en de koudste april sinds 1986. Ook in mei bleef het koud. De gemiddelde temperatuur van 11,2 °C was 2 °C lager dan normaal. Ondanks de grote afwijkingen van 'normaal' komt de lente van 2021 slechts op de 36<sup>e</sup> plaats van koudste lentes. Vroeger waren koude lentes namelijk veel gebruikelijker dan tegenwoordig.

Temperatuurafwijkingen voor De Bilt op verschillende tijdschalen

<b>2021 was een relatief koel jaar</b>	De jaargemiddelde temperatuur in 2021 was: <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,1 °C lager dan het gemiddelde over normaalperiode 1991-2020</li><li>• 0,5 °C lager dan het gemiddelde over decennium 2012-2021</li></ul>
<b>2012-2021 was een relatief warm decennium (10 jaar)</b>	De gemiddelde temperatuur in decennium 2012-2021 was: <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,4 °C hoger dan het gemiddelde over normaalperiode 1991-2020</li><li>• 1,5 °C hoger dan het gemiddelde over normaalperiode 1961-1990</li></ul>
<b>1991-2020 was een relatief warme normaalperiode (30 jaar)</b>	De gemiddelde temperatuur in normaalperiode 1991-2020 was: <ul style="list-style-type: none"><li>• 0,4 °C hoger dan in normaalperiode 1981-2010</li><li>• 1,1 °C hoger dan in normaalperiode 1961-1990</li></ul>

Temperatuur, neerslag, zonnestraling en windsnelheid in 2021 en afwijkingen ten opzichte van de klimaatnormaal (1991-2020 gemiddelde)

Weerkenmerk	Meeteenheid	Waarde in 2021	Afwijking t.o.v. klimaatnormaal
<b>Temperatuur (De Bilt)</b>	jaargemiddelde	10,4 °C	-0,1 °C
	winter*)	4,4 °C	+0,5 °C
	lente	8,1 °C	-1,8 °C
	zomer	17,7 °C	+0,2 °C
	herfst	11,6 °C	+0,7 °C
	aantal zachte dagen (TX**) ≥ 15 °C	166	-10
	aantal warme dagen (TX**) ≥ 20 °C	98	-5,2
	aantal zomerse dagen (TX**) ≥ 25 °C	20	-8,4
	aantal tropische dagen (TX**) ≥ 30 °C	1	-4,0
	aantal vorstdagen (TN***) < 0 °C	50	-3,1
aantal ijsdagen (TX**) < 0 °C	7	+0,6	
<b>Neerslag (gemiddelde van 13 neerslagstations)</b>	jaarhoeveelheid	873 mm	+22 mm
	winter*)	268 mm	+50 mm
	lente	191 mm	+38 mm
	zomer	259 mm	+24 mm
	herfst	200 mm	-45 mm
<b>Droogte (zie neerslag; verdamping in meest nabije KNMI-stations)</b>	maximaal neerslagtekort (verdamping minus neerslag) gedurende het groeiseizoen	87 mm	-73 mm
<b>Zonnestraling (gemiddelde van 5 stations)</b>	jaargemiddelde	122 W/m <sup>2</sup>	+2 W/m <sup>2</sup>
<b>Windsnelheid op 10 m hoogte (Schiphol)</b>	jaargemiddelde	4,5 m/s	-0,5 m/s

\*) de winter van 2021 omvat de maanden december 2020, januari 2021 en februari 2021

\*\*) TX = de dagelijkse maximumtemperatuur

\*\*\*) TN = de dagelijkse minimumtemperatuur

De zomer van 2021 had twee gezichten. Met 18,2 °C was juni de warmste junimaand sinds 1901: 2 °C warmer dan normaal. Op 17 juni werd in Hupsel de hoogste temperatuur van het jaar gemeten: 34,0 °C. Nadat enkele zware onweersbuien een einde maakten aan deze hitte, verliep de rest van de zomer relatief koel.

De herfst was relatief zacht. Alle maanden waren warmer dan normaal. De maand september kende zelfs een korte nazomerse periode. Met 0,7 °C warmer dan normaal komt de herfst van 2021 op de 6e plaats van warmste herfsten.

---

Met een temperatuur van 6,7 °C was dit de koudste april sinds 1986 – 3 °C kouder dan gemiddeld

Inleiding

Internationale context

Weersextremen

Gemiddelden en trends

Gevolgen





Jannes Wiersema

## Neerslag

In 2021 viel in ons land iets meer dan de normale hoeveelheid neerslag. Met 662 millimeter was het in Woensdrecht het droogst; met 939 millimeter was het in Leeuwarden het natst. De winter en de lente waren natter dan normaal, de zomerneerslag was normaal en de herfst was relatief droog. Omdat de lente en zomer relatief nat waren, was het maximale neerslagtekort in het groeiseizoen (april-september) relatief klein, ongeveer de helft van de normale waarde.

Opmerkelijk is de heftigheid van de zomerse neerslag: plaatselijk kan in korte tijd erg veel regen vallen. Zo viel op 18-19 juni in Bergen (Noord-Holland) 164 millimeter, ruim twee keer zoveel als normaal in juni. Van 13 tot 15 juli viel in Zuid-Limburg plaatselijk meer dan 180 mm, ruim twee keer zoveel als normaal in juli. In oktober viel er juist in de kustgebieden veel neerslag. Met 170 millimeter was deze maand anderhalf keer zo nat als normaal.

2021 was ook een jaar met relatief veel winterse neerslag. Op 16 januari viel in grote delen van het land 1-4 cm sneeuw. In februari lag er voor het eerst sinds 2013 in een groot deel van het land langere tijd sneeuw. Op 15 mei ijzelde het in de noordelijk helft van het land; dat gebeurde ook op 11, 23 en 27 december.

## Zonnestraling en zonneshijn

Gemiddeld over het hele jaar was de hoeveelheid zonnestraling normaal. De winter was iets zonniger dan normaal: 232 uur zon tegenover een langjarig gemiddelde van 218 uur. December en januari waren somber, februari juist zonnig.

De lente had een normale hoeveelheid zon. Maart sloot af met enkele zonnige dagen, daarna volgden een relatief sombere april- en meimaand, waarna mei eindigde met vier zeer zonnige dagen.

---

**Opmerkelijk is de heftigheid van de zomerse neerslag: plaatselijk kan in korte tijd erg veel regen vallen**

De zomer was minder zonnig dan normaal. Gemiddeld over het land waren er 618 uren zon, dat is 22 uur minder dan het langjarig gemiddelde. Het somberst was het in Deelen met circa 565 uur zon, het zonnigst in Stavoren met 691 uur.

De herfst was wel zonnig. Landelijk scheen de zon gemiddeld 370 uur, dat is 29 uur meer dan het langjarig gemiddelde. Een zeer zonnige (en warme) septembermaand zorgde voor een nazomer. In het zuiden van het land was het zonniger dan in het noorden.

## Windsnelheid

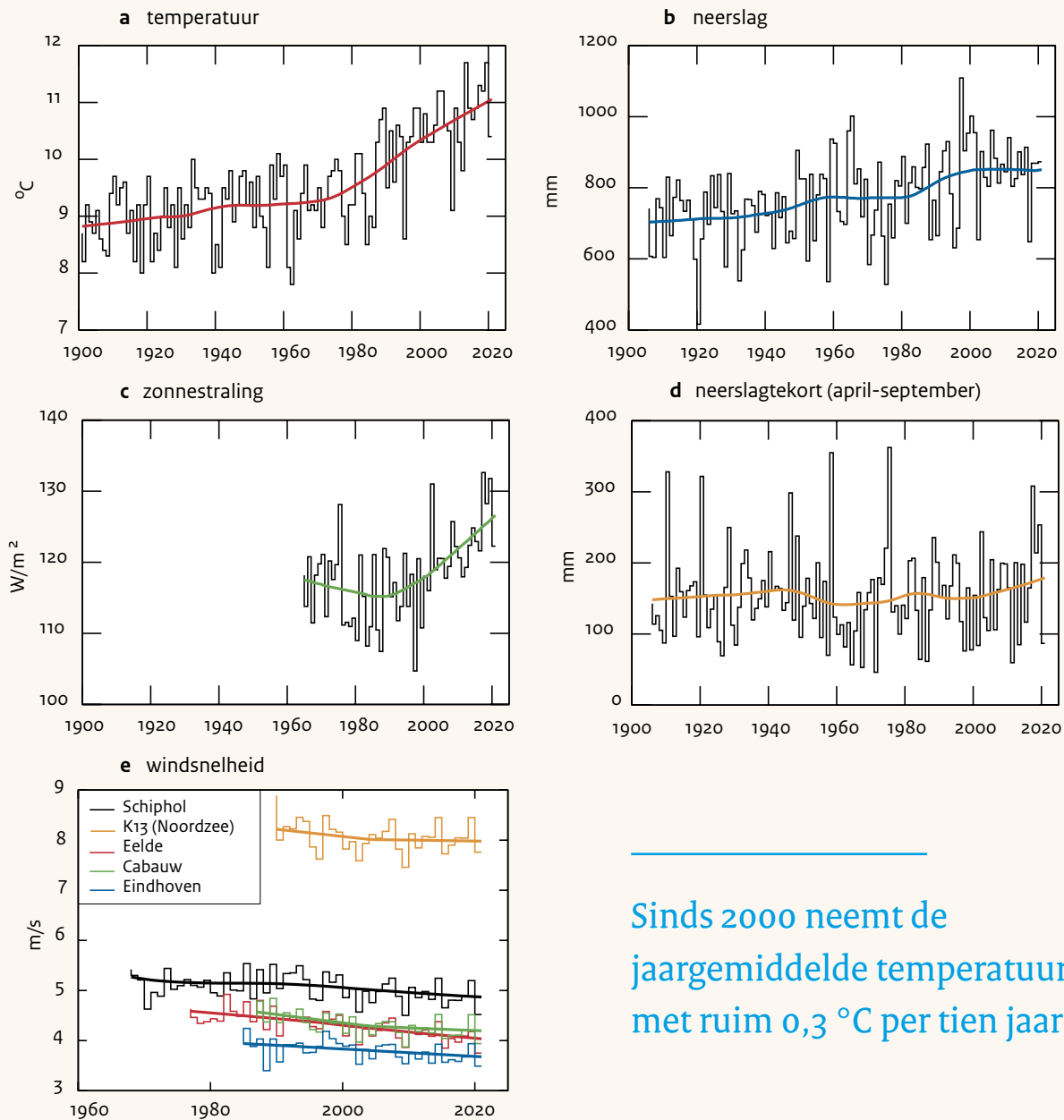
Gemiddeld was er in 2021 relatief weinig wind. Wel zorgde lagedrukgebied Bella op 27 december voor een zuidzuidwesterstorm aan de westkust, met windstoten tot circa 110 km/uur. En de vorst op 6 en 7 februari ging gepaard met veel wind en sneeuwjacht (sneeuw die door de wind wordt voortgejaagd). De uitzonderlijk lage windsnelheden tussen juli en september vielen samen met de aanwezigheid van een sterk hogedrukgebied boven Noordwest-Europa. De jaargemiddelde windsnelheid was in Schiphol het laagst sinds 2010 en in Eelde het laagst in minstens de afgelopen 44 jaar.



Mede door de toename van de bebouwing neemt de windsnelheid al enkele decennia af, met zo'n 2-3% per tien jaar

Tineke Dijkstra

### Langetermijnveranderingen van temperatuur, neerslag, zonnestraling, neerslagtekort en windsnelheid



Sinds 2000 neemt de jaargemiddelde temperatuur toe met ruim 0,3 °C per tien jaar

## Veranderingen van het klimaat op langere termijn

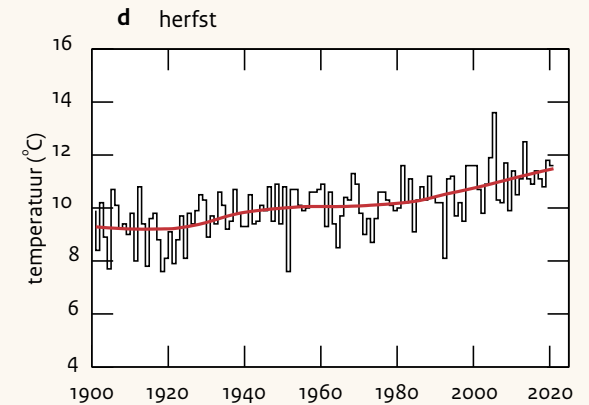
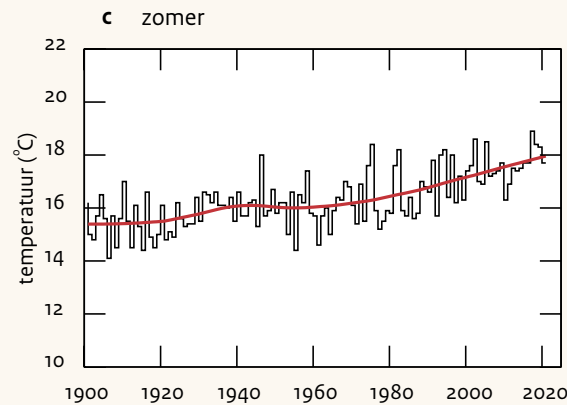
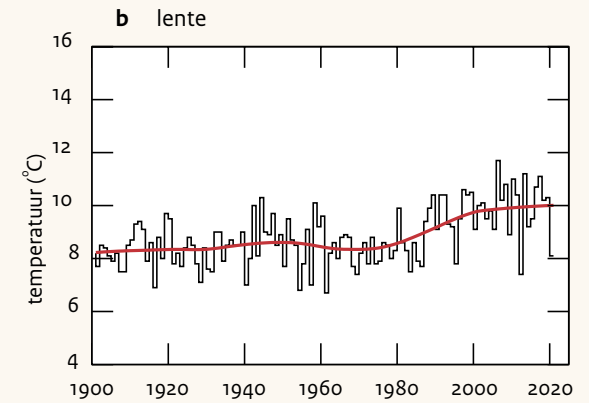
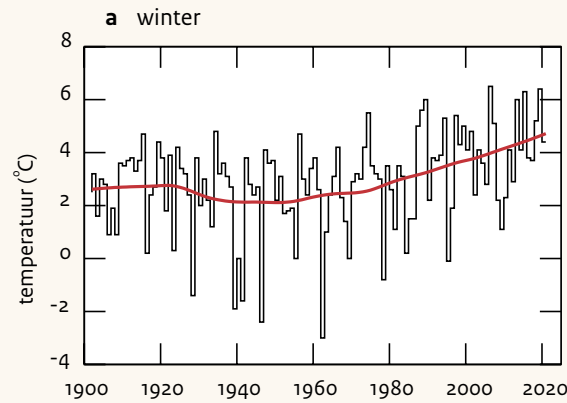
Net als in grote delen van Europa zijn de temperatuur, de neerslag en het maximale neerslagtekort in Nederland toegenomen sinds begin 1900. De temperatuur steeg in deze periode het meest (2,3 °C in 120 jaar, oftewel 0,2 °C per tien jaar), het maximale neerslagtekort het minst. Ook de hoeveelheid zonnestraling neemt toe, al gaat de meetreeks niet verder terug dan de jaren 60.

Sinds 2000 neemt de jaargemiddelde temperatuur toe met ruim 0,3 °C per tien jaar, en is er niet langer sprake van een toename van de totale hoeveelheid neerslag in een jaar. De temperatuur neemt toe in alle seizoenen, het meest in de winter en het minst in de lente; de neerslaghoeveelheid neemt toe in winter en zomer, en neemt af in lente en herfst. Volgens de KNMI'14 klimaatscenario's nemen de temperatuur en de neerslag tot 2100 verder toe.

De afgelopen twee decennia neemt de jaargemiddelde inkomende zonnestraling toe met 4% per tien jaar, en het maximale neerslagtekort in de zomer (april-september) met 8% per tien jaar. De windsnelheid boven land en boven zee neemt al enkele decennia af, met zo'n 2-3% per tien jaar. Dit komt deels door de toename van de bebouwing, die de wind – gemeten op 10 meter hoogte – afremt.



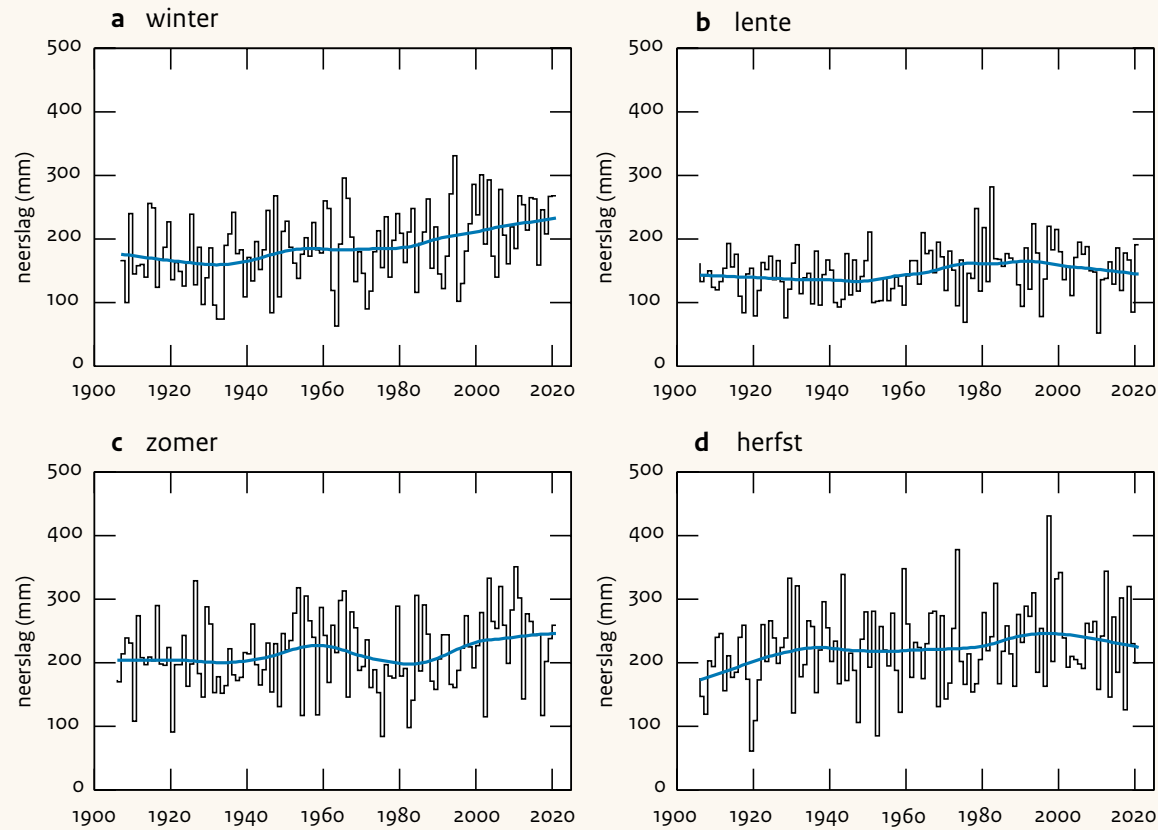
Langtermijnveranderingen van de temperatuur in de vier seizoenen



De temperatuur neemt toe in alle seizoenen; het meest in de winter en het minst in de lente



Langetermijnveranderingen van de neerslag in de vier seizoenen



De neerslag neemt toe in winter en zomer, en neemt af in lente en herfst

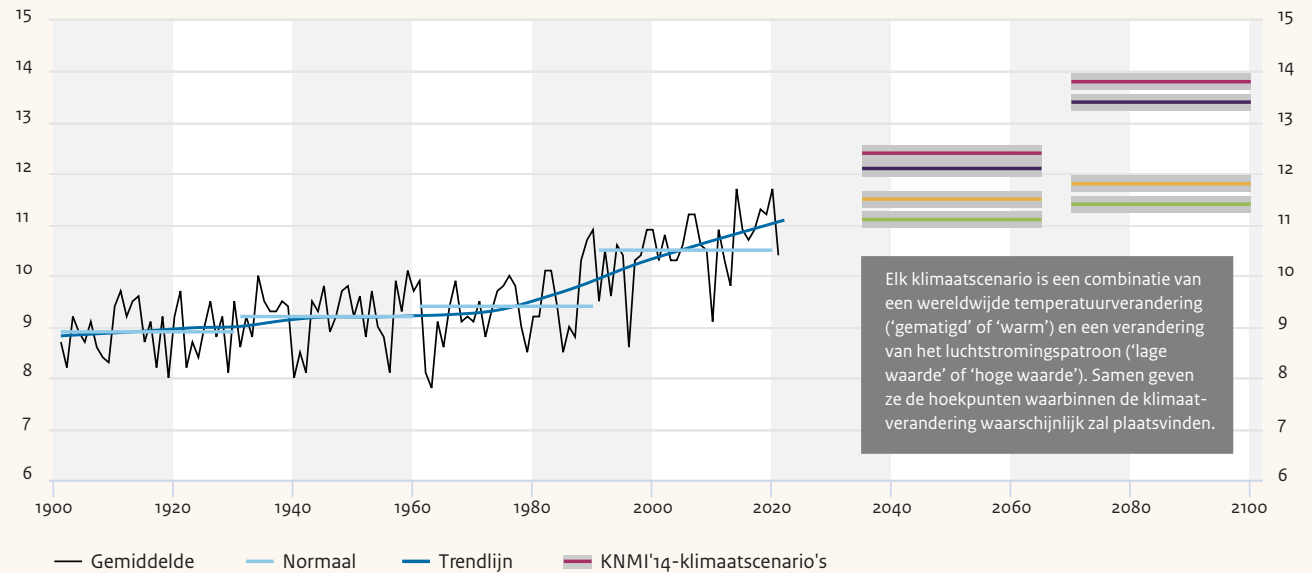


## Klimaatscenario's voor Nederland

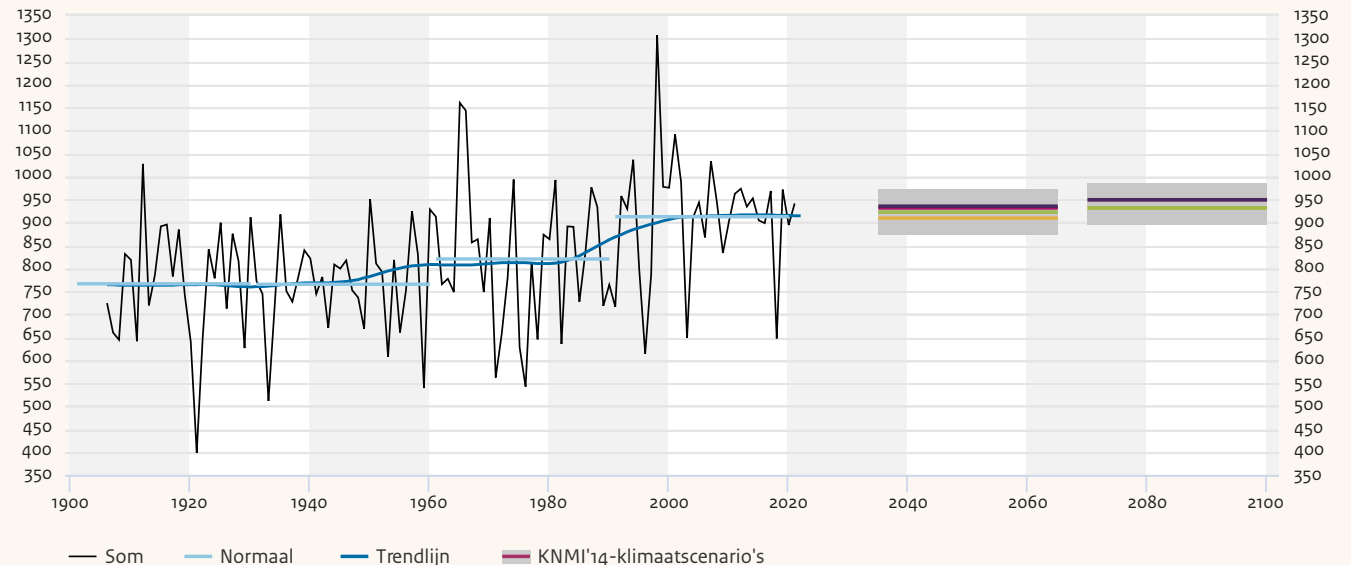
Klimaatscenario's zijn toekomstbeelden van het gemiddelde weer en de kans op extreem weer in de komende 50 tot 100 jaar. In 2014 presenteerde het KNMI vier klimaatscenario's voor Nederland. Volgens deze scenario's gaat de temperatuur deze eeuw verder omhoog, worden de winters natter, de regenbuien heviger, en zal de zeespiegel sneller stijgen.

Volgens het KNMI Klimaatsignaal'21 zal de zeespiegel voor de Nederlandse kust rond 2100 met maximaal 1,2 meter zijn gestegen; zelfs met 2 meter als de Antarctische IJskap sneller afsmelt. Dat is meer dan de 1 meter zeespiegelstijging die in 2014 werd berekend. De zwaarste zomerbuien worden extremer en de kans op valwinden neemt toe. Nederland krijgt in de zomer vaker te maken met droogte. 's Zomers neemt de kans op laagwater in de rivieren toe, in de winter neemt de kans op hoogwater toe. Het aantal stormen op de Noordzee neemt niet toe. Orkanen bij Bonaire, St.-Eustatius en Saba nemen gemiddeld in kracht toe en veroorzaken meer neerslag. De KNMI'23-klimaatscenario's vervangen de klimaatscenario's uit 2014.

Gemiddelde jaartemperatuur in De Bilt (°C)



Jaarlijkse hoeveelheid neerslag in De Bilt (mm)



# Gevolgen

Volgens het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is de wereldwijde opwarming van het klimaat door de mens een vaststaand feit. De gevolgen zijn onmiskenbaar – ook in Nederland. Zo gaat de temperatuur verder omhoog, komen langdurige droogtes vaker voor, krijgt de neerslag een grilliger karakter – meer regen in korte tijd, steeds vaker in de zomer – en versnelt het tempo van de zeespiegelstijging. Dit hoofdstuk behandelt enkele, maar lang niet alle, gevolgen voor Nederland en het Nederlandse weer.



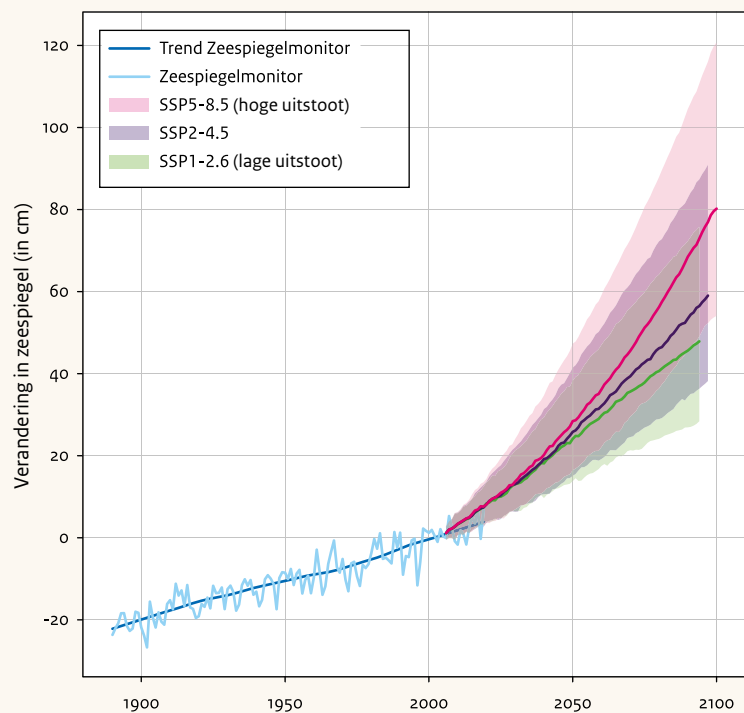
## Versnelde zeespiegelstijging

Wereldwijd is de zeespiegel tussen 1901 tot 2021 gemiddeld met ongeveer 20 cm gestegen. Voor de Nederlandse kust was dit iets meer, ongeveer 22 cm. In Nederland speelt ook bodemdaling een rol. De zeespiegelstijging in de Noordzee blijft echter achter bij de wereldwijde versnelling die sinds eind jaren 60 optreedt. Waarschijnlijk komt dit door lokale effecten, zoals fluctuaties in wind en in zeestromen. Toch zal de zeespiegel ook in Nederland steeds sneller gaan stijgen. De Noordzee staat immers in directe verbinding met de oceanen.

Bij de berekening van de toekomstige zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust is met veel factoren rekening gehouden, waaronder het uitzetten van de oceanen door opwarming, zelfgravitatie (grote ijsmassa's zoals Groenland trekken de zeespiegel lokaal omhoog), veranderingen in het zoutgehalte, en het massaverlies van gletsjers en ijskappen op Groenland en Antarctica (na 2050 kan een flinke versnelling optreden als delen van de Antarctische Ijskap instabiel zouden worden). In de scenario's is een bodemdaling aangenomen van 0,5 mm/jaar.



Tineke Dijkstra



Zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust, zoals waargenomen (tot 2021) en volgens de indicatieve klimaatscenario's uit Klimaatsignaal'21 (vanaf 2021).

Als delen van de  
Antarctische Ijskap  
instabiel worden, kan  
de zeespiegelstijging na  
2050 flink versnellen

Elk scenario geeft voor de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust (ten opzichte van 1901) een lage en een hoge waarde. De werkelijke zeespiegelstijging ligt met een waarschijnlijkheid van 90% binnen deze

twee waarden. Bij een lage uitstootsscenario (SSP1-2.6) bedraagt de zeespiegelstijging in 2100 tussen 30 tot 81 cm; volgens een hoge uitstootsscenario (SSP5-8.5) bedraagt de zeespiegelstijging in 2100 54 tot 121 cm.



KNMI



Mogelijk blijven  
hogedrukgebieden  
in de zomer langer  
op hun plek liggen,  
waardoor warme en  
droge perioden langer  
kunnen duren

## Grotere kans op droogte

We spreken van droogte wanneer er minder water beschikbaar is dan normaal; dan kan een watertekort ontstaan. Zowel de neerslag als de potentiële verdamping (de verdamping die zou optreden wanneer planten optimaal van water en nutriënten zijn voorzien) zijn de afgelopen eeuw toegenomen. De mate waarin – en de invloed ervan op droogte – verschilt per seizoen. In de herfst en de winter is de neerslaghoeveelheid groter dan de potentiële verdamping; daardoor is er sprake van een neerslagoverschot. In de zomer is er meer potentiële verdamping dan neerslag, waardoor een neerslagtekort ontstaat. In het binnenland neemt de kans op droogte toe door de stijging van de gemiddelde temperatuur en de toename van de zonneshijn – allebei gevolgen van klimaatverandering. Voor het kustgebied is de relatie met klimaatverandering minder duidelijk. Hier zijn ook lokale oorzaken van belang, zoals de invloed van de Noordzee.

Volgens de nieuwste mondiale klimaatmodellen (CMIP6) verandert de zomerneerslag in Nederland (april-september) in de lage emissiescenario's niet en neemt de zomerneerslag in de hoge emissiescenario's af. Door hogere temperaturen neemt de potentiële verdamping in beide scenario's toe. Dit wordt versterkt

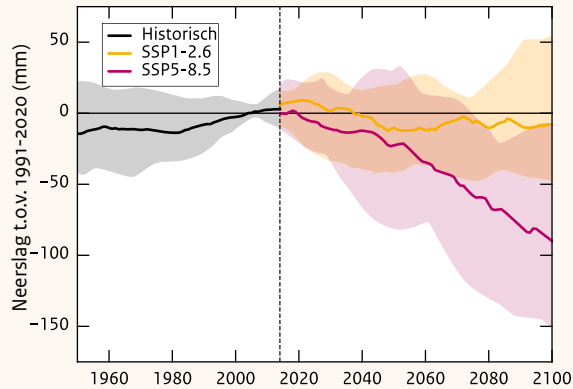
doordat de bewolking vermindert, waardoor de hoeveelheid zonnestraling toeneemt. De kans op droogte – gevolg van een groot neerslagtekort – neemt toe bij een groeiend verschil tussen potentiële verdamping en neerslag. Deze kans neemt het sterkst toe onder het hoge emissiescenario.

Uiteraard hangt de hoeveelheid water die de bodem kan opnemen niet alleen af van de neerslaghoeveelheid, maar ook van de neerslagintensiteit. Voor droogtebestrijding heb je meer aan een langere periode met motregen dan aan één korte stortbui.

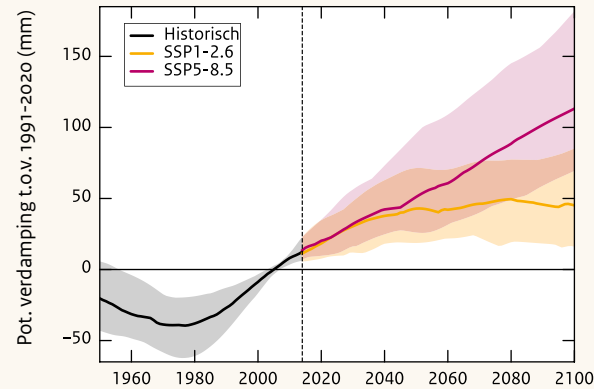
Ook de atmosferische circulatie speelt een rol bij het ontstaan van droogte. Westenwinden brengen vochtige lucht naar Nederland, met als gevolg meer neerslag. Oostenwinden voeren meestal droge lucht aan, met als gevolg weinig wolken, veel zonnestraling en in de zomer veel potentiële verdamping. Er zijn aanwijzingen dat veranderingen in de luchtdruk (vaker een hogedrukgebied boven de Britse eilanden of een lagedrukgebied in het Middellandse Zeegebied) leiden tot meer oostenwinden boven Nederland. Daarnaast zouden veranderingen in de straalstroom ervoor zorgen dat hogedrukgebieden in de zomer langer op hun plek blijven liggen, waardoor warme en droge perioden langer kunnen duren.

Meer verdamping en minder neerslag betekent een groter neerslagtekort, waardoor de kans op droogte de komende eeuw toeneemt (Bron: KNMI Klimaatsignaal'21)

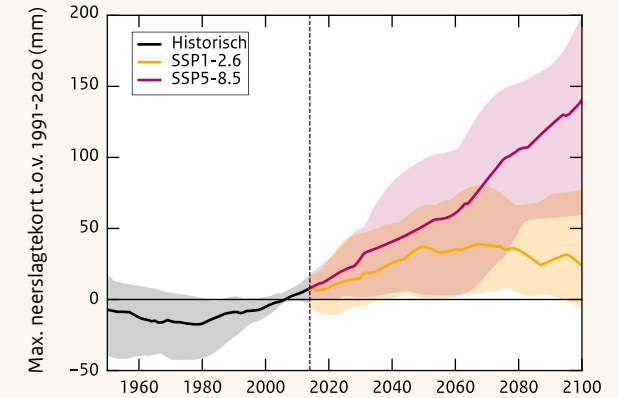
a Neerslag (april-september)



b Potentiële verdamping (april-september)



c Maximaal neerslagtekort (april-september)




Neerslagextremen nemen toe omdat de atmosfeer tegenwoordig 8% meer vocht kan bevatten

## Meer zomerse hoosbuien

Plotseling optredende extreme zomerbuien kunnen een grote impact hebben op de maatschappij. Ze gaan niet alleen gepaard met wateroverlast, maar meestal ook met onweer, hagel en windstoten. Soms leidt dit tot veel schade aan bijvoorbeeld kassen, gebouwen en voertuigen.

Neerslagextremen nemen toe doordat de atmosfeer tegenwoordig meer vocht kan bevatten. Tussen 1951 en 2021 nam de hoeveelheid vocht in de Nederlandse atmosfeer met 8% toe en het aantal dagen met zeer vochtige condities (dauwpunt – de temperatuur waarbij de lucht verzadigd raakt – boven de 18°C) verdubbelde.

Langs de kust nam het aantal extremen in de dagelijkse neerslag in het zomerhalfjaar sinds 1951 toe met ongeveer 20%; in het binnenland was dit ongeveer 10%, waarschijnlijk vanwege de wat grotere afstand tot de Noordzee. Deze stijging loopt in de pas met de 8% toename van het vochtgehalte in de atmosfeer. Ook de intensiteit van kort durende buien (minder dan een dag) nam toe: in dertig jaar tijd 10-15% meer neerslag bij extremen die ongeveer eens per tien jaar of minder vaak voorkomen. In ons land onweert het gemiddeld ongeveer 25 dagen per jaar, het meest in het binnenland: 30 dagen of meer. Buien met grote hagelstenen komen het vaakst voor in het zuidoosten, met name in Noord-Brabant, Limburg en Gelderland.



---

Elke graad opwarming  
zorgt in Nederland voor  
3-7% meer kans op  
extreme zomerneerslag

Elke graad wereldgemiddelde opwarming zorgt in Nederland voor 3-7% meer vochtigheid in de atmosfeer, en waarschijnlijk tot een even grote toename van de kans op extreme zomerneerslag. Aanzienlijke afwijkingen zijn echter mogelijk.

Volgens klimaatmodellen verandert de intensiteit niet op dezelfde manier voor alle buien. In relatief lichte buien (tot 10 mm per uur) kan de neerslag afnemen door de afname van relatieve vochtigheid en een sterkere invloed van hogedrukgebieden. Juist de zwaarste buien (meer dan 50 mm in een uur) verhevigen het meest. Simulaties laten ook zien dat vochtigere condities in de toekomst mogelijk leiden tot grotere buiencomplexen.

Doordat de temperatuur en het vochtgehalte toenemen, kunnen zware buien in de toekomst sneller uitgroeien tot buiencomplexen met onweer, hagel en windstoten, zij het minder dan eerder werd gedacht. Mogelijk vormen de zwaarste buien hierop een uitzondering.

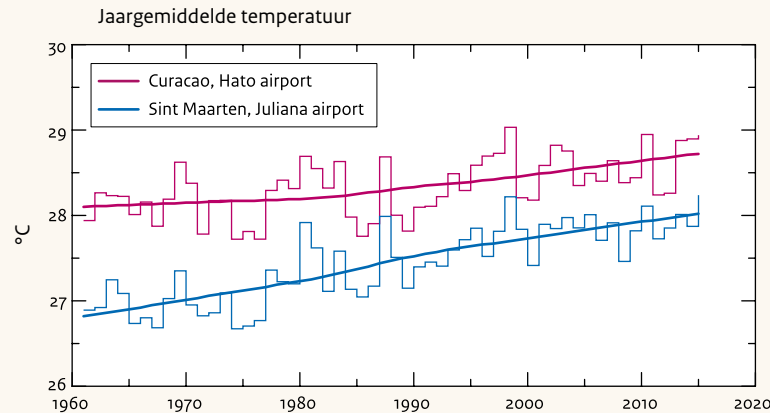
## Gevolgen voor Caribisch Nederland

Caribisch Nederland omvat Bonaire, St. Eustatius en Saba. Samen met de landen Aruba, Curaçao en Sint Maarten vormen deze 'bijzondere Nederlandse gemeenten' sinds 2010 het Caribisch deel van het Koninkrijk. Sinds 2016 houdt het KNMI zich bezig met het klimaat van deze zogeheten BES-eilanden.

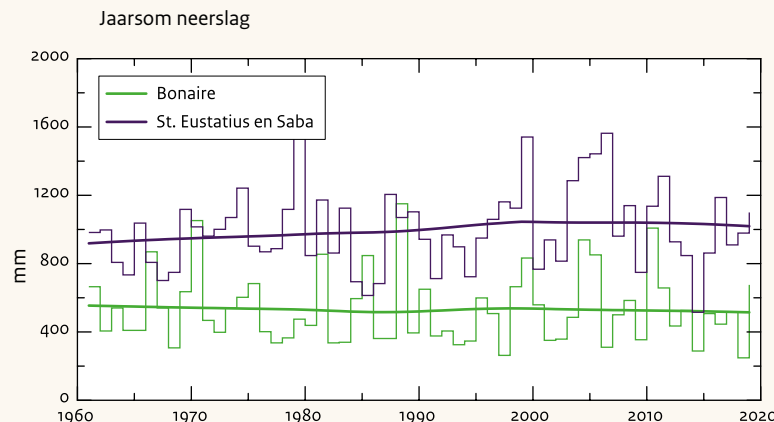
Bonaire behoort tot de benedenwindse eilanden en kent een steppeklimaat. Jaarlijks valt er 463 mm neerslag, iets meer dan de helft van wat er in Europees Nederland valt. Het droge seizoen duurt hier van februari tot juni; het regenseizoen van september tot januari. Vanwege de zuidelijke ligging heeft het eiland weinig last van tropische cyclonen. Sint Eustatius en Saba behoren tot de bovenwindse eilanden en kennen een tropisch moessonklimaat, met respectievelijk gemiddeld 985 en 760 mm neerslag per jaar – allebei meer dan Europees Nederland. De regentijd duurt hier van augustus tot en met december, de (relatief) droge tijd van januari tot en met april. De bovenwindse eilanden liggen vaker in de koers van tropische cyclonen.



De jaargemiddelde temperatuur op Curaçao – 80 km van Bonaire – en St. Maarten – 50 km van St. Eustatius en Saba – neemt sinds de jaren 80 toe met respectievelijk 0,15 °C en 0,23 °C per tien jaar (Bron: KNMI Klimaatsignaal'21)



Zowel op Bonaire als op St. Eustatius en Saba varieert de neerslag sterk van jaar tot jaar, maar is er geen sprake van een trend (Bron: KNMI Klimaatsignaal'21)



De BES-eilanden zijn erg gevoelig voor klimaatverandering omdat hun economieën grotendeels draaien op toerisme en landbouw. Veel toeristenresorts staan aan de kust, met name in Bonaire, en zijn daardoor kwetsbaar voor zeespiegelstijging. De koraalriffen worden bedreigd door zeespiegelstijging, in combinatie met de verzuring en opwarming van de oceaan.

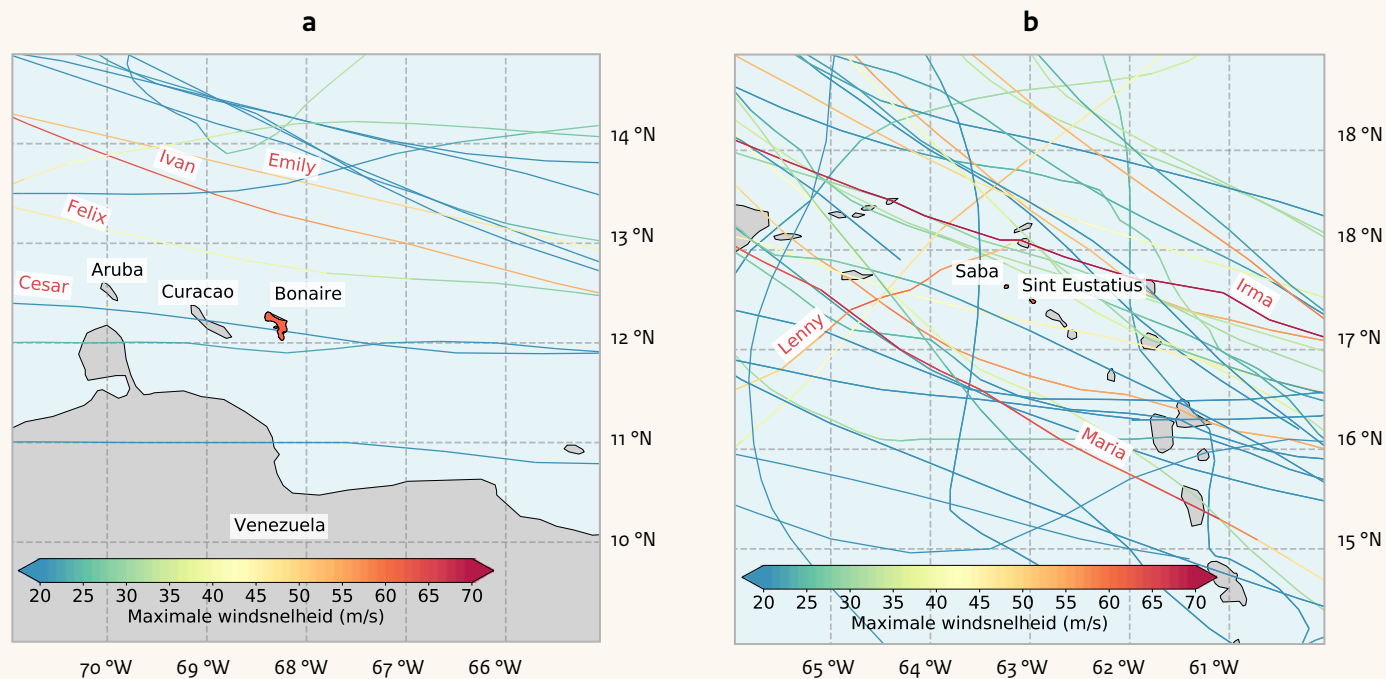
Volgens het IPCC zal klimaatverandering waarschijnlijk leiden tot minder neerslag in het Caribisch gebied, vooral in het zuidelijke deel. Dit is nog niet te zien in de beschikbare meetreeksen van 1961-2019.

In de periode 1981-2020 zijn er 35 orkanen met maximale windsnelheden groter dan 18 m/s binnen 250 km van St. Eustatius en Saba gekomen. De eilanden zijn niet direct geraakt door een orkaan, maar orkaan Irma veroorzaakte er in 2017 wel schade aan de natuur. Met 21 stormen was het Atlantisch orkaanseizoen van 2021 bovengemiddeld actief. Niet eerder kwamen er 5 tropische stormen zo vroeg in het seizoen tot ontwikkeling. Ook nu werden BES-eilanden gespaard.

De BES-eilanden zijn erg gevoelig voor klimaatverandering omdat hun economieën grotendeels draaien op toerisme: veel resorts staan langs de kust en de koraalriffen zijn gevoelig voor zeespiegelstijging

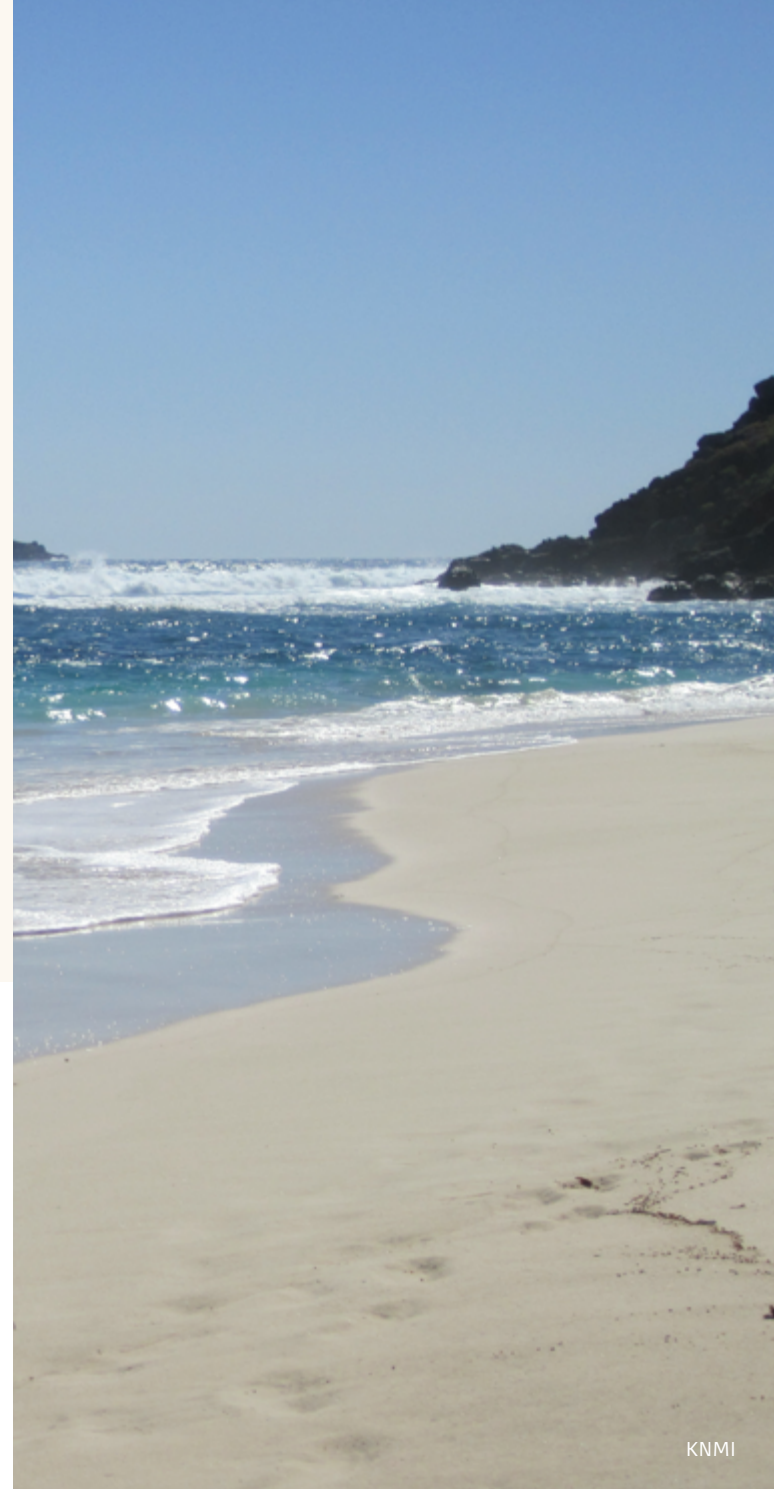


Orkanen met windsnelheden groter dan 18 m/s in de periode 1981-2020 binnen 250 km van (a) Bonaire en (b) St. Eustatius en Saba (Bron: KNMI Klimaatsignaal'21)



Of het aantal tropische cyclonen zal veranderen is nog onduidelijk. Mocht de intensiteit van cyclonen bij de bovenwindse eilanden toenemen, dan kan dit tot meer schade leiden. Zo kunnen stormwinden het water opstuwten tot boven het astronomisch getij, waardoor een stormvloed kan ontstaan. Op Bonaire kan dit gebeuren bij orkanen met een herhalingsstijd van 100 jaar; op Saba en St. Eustatius bij orkanen met een herhalingsstijd van 10 jaar.

Grootschalige overstromingen vanuit zee zijn op Saba en St. Eustatius onwaarschijnlijk; grote delen van het vulkanisch landschap liggen hoog boven zeeniveau. In de kustzones liggen echter wel elektriciteits- en drinkwatervoorzieningen en delen van een olieterminal. Op Bonaire ligt de vitale infrastructuur in het relatief laaggelegen kustgebied. Dat geldt ook voor Kralendijk, de hoofdstad. Daardoor is Bonaire relatief gevoelig voor stormvloeden.



KNMI

Inleiding

Internationale context

Weerextremen

Gemiddelden en trends

Gevolgen



# Colofon

## Publicatiedatum

Juni 2022

## Samenstelling

Peter Siegmund, KNMI

## Tekstredactie

Henk Leenaers (Lijn43) op basis van bronteksten door KNMI (Peter Siegmund, Klimaatsignaal'21, [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)) en Copernicus Climate Change Service (European State of the Climate 2021 – summary)

## Fotocredits

Omslag: ANP

Inhoudsopgave: Tineke Dijkstra, Richard Bintanja, Maurice Waalboer, Chris Biesheuvel

## Eindredactie

Lijn43, Utrecht

## Postadres

Postbus 201  
3730 AE De Bilt  
[klimaatdesk@knmi.nl](mailto:klimaatdesk@knmi.nl)

## Bezoekadres

Utrechtseweg 297 De Bilt  
T 030 2206 911

## Website

[↗ www.knmi.nl/klimaat](http://www.knmi.nl/klimaat)

## Aan dit rapport kan als volgt worden gerefereerd

KNMI 2022: KNMI De staat van ons klimaat 2021; Nederlands weer in tijden van klimaatverandering, KNMI, De Bilt, 26 p