

Klimaatverandering in Nederland: KNMI'14-klimaatscenario's

Rob van Dorland, KNMI

Het KNMI heeft vier nieuwe scenario's berekend voor de toekomstige klimaatverandering in Nederland rond 2050 en 2085: Nederland krijgt de komende eeuw te maken met gemiddeld hogere temperaturen, veranderende neerslagpatronen en een stijgende zeespiegel. De kans op hittegolven in de zomer neemt toe en neerslagextremen zullen vaker voorkomen.

De KNMI'14-klimaatscenario's geven een samenhangend beeld van de veranderingen in twaalf klimaatvariabelen, waaronder temperatuur, neerslag en zeespiegel. Ieder scenario heeft andere vertrekpunten die afhangen van bijvoorbeeld de hoeveelheid CO₂-uitstoot. De vier KNMI-scenario's verschillen qua mate van wereldwijde opwarming of mogelijke veranderingen in luchtstromingspatronen.

De scenario's beschrijven, volgens de nieuwste inzichten, de hoekpunten van waarschijnlijke veranderingen in het gemiddelde klimaat en in de extremen. Het zijn vier combinaties van twee mogelijke waarden voor de mondiale temperatuurstijging ('gematigd' en 'warm') en twee mogelijke veranderingen van het luchtstromingspatroon ('lage waarde' en 'hoge waarde', Figuur 1).

Deze veranderingen gelden voor het klimaat rond 2050 en 2085 ten opzichte van het klimaat in 1981-2010, een referentieperiode die in kaart is gebracht in de KNMI-klimaatatlas. Verder is in antwoord op de vraag naar meer informatie over de nabije toekomst een extra scenario ontwikkeld voor 2030. Aangezien iets meer dan 15 jaar vanaf nu de opwarming volgens de verschillende uitstootscenario's nog bijna gelijk is, kan volstaan worden met slechts één scenario. De spreiding

in de berekeningen voor 2030 is vooral het gevolg van modelonzekerheid en natuurlijke variaties.

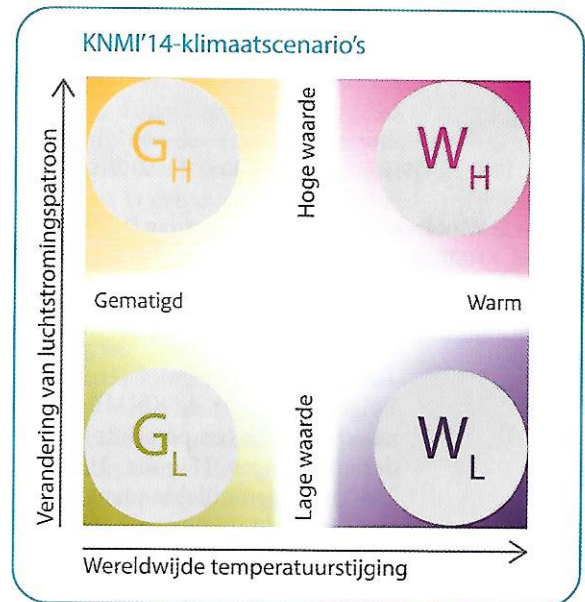
De mondiale temperatuurstijging is het eerste kenmerk waarmee de scenario's worden onderscheiden. In de G-scenario's (G = Gematigd) is de mondiale temperatuurstijging 1°C in 2050 en 1,5°C in 2085 (ten opzichte van 1981-2010); in de W-scenario's (W = Warm) is de stijging 2°C in 2050 en 3,5°C in 2085 (ten opzichte van 1981-2010). Binnen deze waarden voor de toekomstige opwarming valt ruwweg 80 procent van de modelberekeningen.

Naast de mondiale temperatuurstijging is ook de verandering van het luchtstromingspatroon van invloed op de klimaatverandering in Nederland. Deze factor is daarom gekozen als het tweede kenmerk voor het onderscheiden van de scenario's. In de lage of L-scenario's (GL en WL) is de invloed van deze verandering klein, in de hoge of H-scenario's (GH en WH) is de invloed groot.

In de H-scenario's waait het in de winter vaker uit het westen. Ten opzichte van de L-scenario's betekent dit een zachter en natter weertype. In de H-scenario's hebben hogedrukgebieden in de zomer een grotere invloed op het weer. Vergelijken met de L-scenario's zorgen ze voor meer oostenwinden, die in Nederland warmer en droger weer met zich meebrengen.

De klimaatscenario's zijn bedoeld als instrument voor het berekenen van gevolgen van klimaatverandering en voor het ontwikkelen van mogelijkheden en strategieën voor adaptatie. Ze stellen gebruikers in staat om klimaatverandering te betrekken bij besluitvorming over een veilig en duurzaam Nederland in de toekomst.

Het KNMI baseert de klimaatscenario's op de recente berekeningen

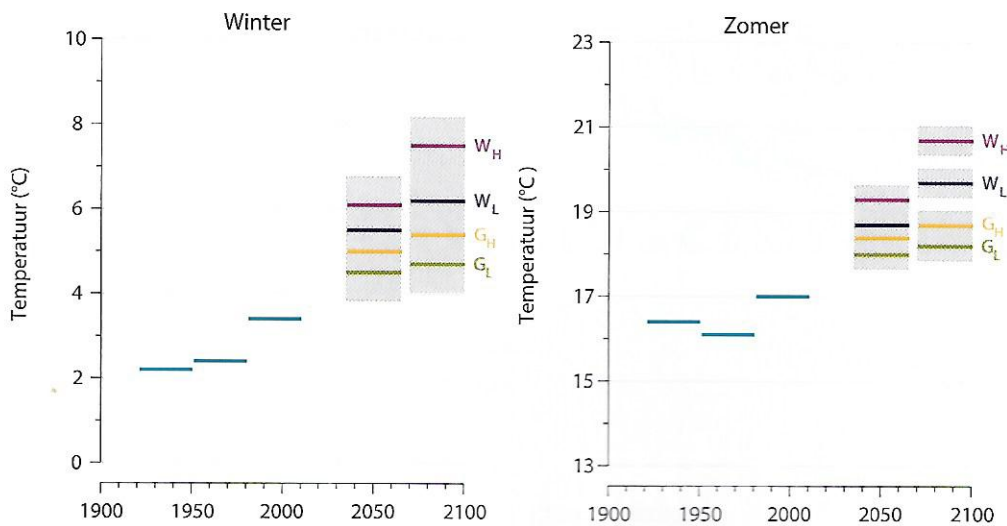


Figuur 1: KNMI'14 klimaatscenario's.

met de mondiale klimaatmodellen voor het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), aangevuld met berekeningen met het klimaatmodel voor Europa van het KNMI.

De klimaatscenario's tonen niet alleen de door de mens veroorzaakte klimaatverandering, maar ook de natuurlijke variaties van het klimaat. Natuurlijke variaties zijn bijvoorbeeld dagelijkse variaties in de temperatuur of het spontaan voorkomen van een periode van langdurige hitte in de zomer. Zulke natuurlijke variaties verklaren waarom niet ieder jaar warmer is dan het jaar ervoor, ook al warmt het klimaat op.

Hoe langer de periode waarvoor een gemiddelde wordt berekend, hoe kleiner de invloed van natuurlijke variaties op dit gemiddelde is, maar zelfs gemiddelden over 30 jaar – de termijn waarop het klimaat is gedefinieerd – zijn erdoor beïnvloed. Vooral voor neerslag en wind zijn natuurlijke variaties in gemiddelden over 30 jaar aanzienlijk vergeleken met de veranderingen in de 30-jaar gemiddelden volgens de klimaatscenario's.



Figuur 2: Winter- en zomertemperatuur in De Bilt: waarnemingen (drie 30-jaar gemiddelden, in blauw), KNMI'14-scenario's (2050 en 2085, in vier kleuren) en natuurlijke variaties (in grijs). Dit zijn natuurlijke variaties van 30-jaar gemiddelden.

Temperatuur

Volgens alle vier de KNMI'14-scenario's zal de temperatuur in Nederland stijgen (Figuur 2). Rond 2050 is de gemiddelde toename het grootst in de winter en het kleinst in de lente. In de GH- en WH-scenario's is de opwarming in Nederland groter dan het wereldgemiddelde, maar in geen enkel scenario is de opwarming in Nederland twee keer zo groot als het wereldgemiddelde, zoals in de afgelopen decennia het geval was. Natuurlijke variaties kunnen er voor zorgen dat de trend iets groter of iets kleiner uitvalt.

Bovenop deze lange termijn veranderingen en variaties komen de va-

riaties in de temperatuur van jaar op jaar. Temperatuurverschillen tussen winters onderling nemen iets af doordat de kans op koude winters afneemt. Temperatuurverschillen tussen zomers nemen iets toe doordat de temperatuur in warme zomers het sterkst toeneemt. De maximumtemperatuur stijgt iets minder dan de minimumtemperatuur. Het temperatuurverschil tussen dag en nacht neemt daardoor iets af.

Extremen in temperatuur

De opwarming voor de koudste winterdagen en de warmste zomerdagen is groter dan de seizoensgemiddelde waarde. Voor zachte winterdagen en koude zomerdagen is de opwarming echter relatief klein.

Voor de winter betekent dit een aanzienlijke afname in het aantal vorstdagen, dagen met een minimumtemperatuur onder nul. Het aantal ijsdagen, met een maximumtemperatuur onder nul, neemt nog sterker af. In het warmste scenario WH neemt het aantal ijsdagen per winter af van acht in het huidige klimaat, tot ongeveer één rond 2050. In het minst warme scenario GL komen nog vier ijsdagen per winter voor.

De zomer krijgt meer tropische nachten, met een minimumtemperatuur van 20°C of hoger, en meer zomerse dagen, met een maximumtemperatuur van 25°C of hoger. Dagelijkse temperatuurrecords zijn nog steeds mogelijk bij alle scenario's, maar wel minder waarschijnlijk voor de koude extremen in de winter dan voor de warme extremen in de zomer.

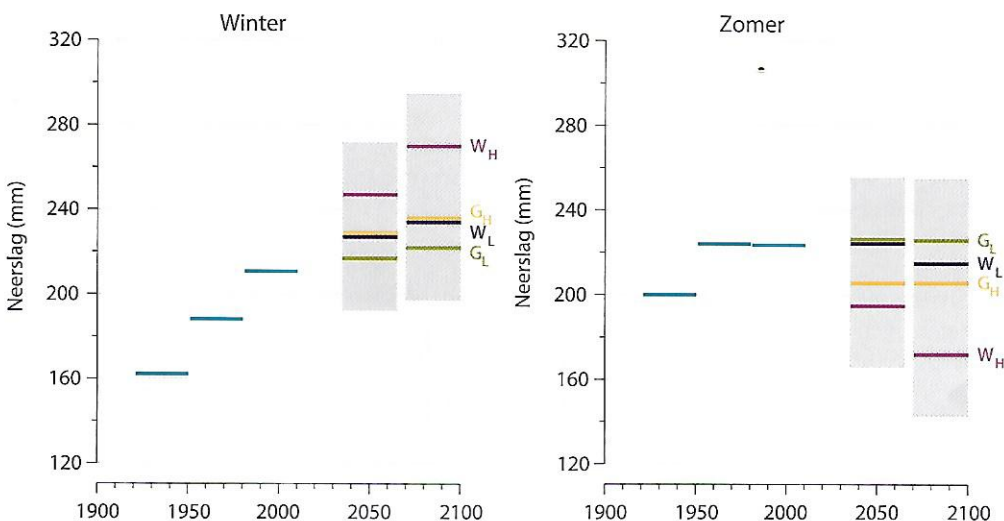
Neerslag

In alle scenario's neemt de jaarlijkse neerslag toe. Dit geldt ook voor alle seizoenen met uitzondering van de zomer (Figuur 3). Modelberekeningen zijn niet eenduidig of de gemiddelde neerslag in de zomer toe- of afneemt, en dit is zichtbaar in de scenario's. De resultaten verschillen over hoe het luchtstromingspatroon boven Europa verandert, in welke mate de bodem uitdroogt en wat dit betekent voor bewolking en neerslag. Twee scenario's (GL en WL) berekenen een kleine toename van de gemiddelde neerslag in de zomer, en de twee andere (GH en WH) een aanzienlijke afname. De afname vindt vooral plaats in zomers die al droog zijn. Dit leidt tot een grotere variatie tussen zomers.

Neerslag-extremen

Extreme neerslagintensiteiten nemen in alle scenario's het hele jaar door toe, zelfs in de GH- en WH-scenario's, waarin de zomerneerslag afneemt. Dit is het gevolg van de toename van de hoeveelheid waterdamp in de lucht bij een opwarmend klimaat.

Neerslagextremen kunnen door twee meteorologische verschijnselen ontstaan, namelijk passage van fronten die samenhangen met depressies, en buien als gevolg van sterke verticale bewegingen in de atmosfeer. Fronten komen vooral voor in de winter en buien in de zomer, maar vaak treden ze ook tege-



Figuur 3: Neerslagklimaat in Nederland zoals waargenomen en volgens de KNMI'14-scenario's voor 2050 en 2085.

Regionale verschillen in temperatuur en neerslag

De verwachte opwarming in Nederland vertoont regionale verschillen. Deze zijn het grootst voor de extremen in het WH-scenario. Op de warmste zomerdagen neemt de temperatuur in het zuidoosten van Nederland ongeveer 1°C meer toe dan in het noordwesten. Regionale temperatuurverschillen tussen kust en binnenland nemen hierdoor toe. Op koude winterdagen is de opwarming in het oosten groter dan in de kustgebieden, waardoor de bestaande regionale verschillen juist afnemen.

Binnen Nederland zullen de verschillen in veranderingen in de neerslag slechts klein zijn. Er zijn wel enkele aanwijzingen voor een verschil in neerslag tussen de kustgebieden en het binnenland. Zo'n verschil zien we ook in de waarnemingen. Bij een klein aantal modelberekeningen neemt de neerslag in de kustgebieden 5 tot 10 procent meer toe dan in het binnenland. In de meeste modelberekeningen treedt dit zogeheten kusteffect echter niet of nauwelijks op.

Het kusteffect hangt sterk af van de wisselwerking tussen verandering van het luchtstromingspatroon, het temperatuurcontrast tussen land en zee en de stijging van de temperatuur. Het totale effect is zo onzeker, dat het niet is meegenomen in de KNMI'14-klimaatscenario's

lijk op. De klimaatmodellen booten de fronten goed na. Dat geldt niet voor de kleinschalige buien, die in de zomer neerslagpieken veroorzaken. Ze zijn nauwelijks afhankelijk van verandering van het luchtstromingspatroon, maar vooral van lokale processen. Veranderingen in neerslagextremen in de zomer die samenhangen met buien zijn daarvoor extra onzeker.

Zeespiegel

Voor de zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust is de mondiale temperatuurontwikkeling van belang. In de berekening is met vele factoren rekening gehouden, waaronder het uitzetten van de oceanen door opwarming en de veranderingen in zoutgehalte, en het massaverlies door gletsjers en de ijskappen op Groenland en Antarctica. Bodemdaling, bijvoorbeeld door het inklinken van veen, is niet in de scenario's verwerkt, omdat deze langs de Nederlandse kust sterk varieert en nauwkeurige schattingen voor de toekomst niet voorhanden zijn.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de L- en H-scenario's, omdat de verandering van het luchtstromingspatroon boven Europa geen dominante invloed heeft op de lange termijn zeespiegelstijging. In elk scenario ligt het tempo van zeespiegelstijging aan de Nederlandse kust rond 2050 en 2085 hoger dan het waargenomen tempo sinds 1900 (Figuur 4).

Wind en storm

De door de mens veroorzaakte veranderingen van de windsnelheid zijn klein in de KNMI'14-scenario's. Veranderingen van de gemiddelde windsnelheid door het jaar heen en tijdens stormen in de winter vallen binnen de natuurlijke variabiliteit. In de GL- en WL-scenario's is sprake van een kleine afname; in de GH en WH scenario's liggen de veranderingen dicht bij nul. In de GH en WH scenario's komen omstandigheden met weinig wind in de zomer vaker voor.

Veranderingen in windrichting

Naast de sterkte is ook de richting van de wind van belang. Zo ontstaan de hoogste waterstanden langs de Nederlandse kust als een noordenwind het Noordzeewater opstuwt. De scenario's laten zien dat de frequentie van sterke noordenwinden in de toekomst niet veel verandert.

Windrichtingen tussen zuid en west, die in het huidige klimaat overheersen, komen in de winter vaker voor bij de GH- en WH-scenario's en minder vaak bij de GL- en WL-scenario's. Dit stemt overeen met het verschil in de verandering van het luchtstromingspatroon dat de L- en H-scenario's van elkaar onderscheidt. In de zomer nemen windrichtingen tussen zuid en west in alle scenario's af, maar dat gebeurt het meest in de H-scenario's.

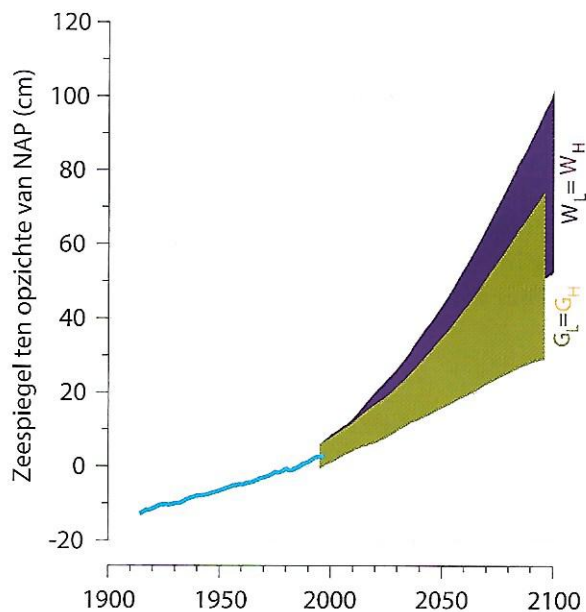
Hagel en Onweer

In Nederland zullen hagel en onweer in de toekomst heviger worden. Meer waterdamp leidt tot meer condensatiewarmte, waardoor de sterkte van verticale bewegingen in wolken toeneemt en het vaker hagelt en onweert, met grotere hagelstenen. Per graad opwarming neemt het aantal bliksemslagen bij onweer toe met ongeveer 10-15 procent.

De grootste verandering zit in de WL- en WH-scenario's. In 2050 komt extreme hagel in deze scenario's ten minste twee keer zo vaak voor als in de referentieperiode 1981-2010. Deze semi-kwantitatieve schatting is gebaseerd op modelberekeningen en het verband tussen waterdamp en de verticale windsnelheid.

Droogte

Sinds 1951 komt droogte iets vaker voor in Nederland. Deze trend zet in de toekomst waarschijnlijk door. Indicatoren voor droogte, zoals het neerslagtekort gedurende het groeiseizoen (van 1 april tot en met 30 september), nemen in de GH- en WH-scenario's meer toe dan in de GL- en WL-scenario's. Dit stemt overeen met de veranderingen in neerslag en verdamping die ten grondslag liggen aan de droogteberekeningen.



Figuur 4: Zeespiegel aan de Nederlandse kust zoals waargenomen en volgens de KNMI'14-scenario's. In plaats van 30-jaar gemiddelden worden gladgestreken curves getoond, omdat zeespiegelstijging een proces is met een regelmatige verandering. Om de band voor WL en WH zichtbaar te maken is die iets verder doorgetrokken.