

# Klimaat bepalend voor verdroging

Het KNMI publiceerde in oktober de KNMI'23 klimaatscenario's voor een mogelijk toekomstig klimaat voor Nederland. Wat kunnen we op basis van deze toekomstscenario's verwachten van de gevolgen voor landbouw en natuur?

Jaco van der Gaast  
AtlaTerra



## Grondwateronttrekking

Onder de huidige klimatologische omstandigheden is er op jaarbasis altijd een neerslagoverschot. Vooral de droge natuurgebieden en de landbouw zorgen voor aanvulling van de grondwaterstand na een droge periode, ondanks de winning van grondwater. Zonder deze aanvulling zou er sprake zijn van 'mining' van grondwater, oftewel het winnen van meer grondwater dan de natuurlijke grondwateraanvulling en daardoor een voortdurend dalende grondwaterstand. Door klimaatverandering zal de grondwateraanvulling, afhankelijk van het grondgebruik, in meer of mindere mate afnemen. Hierdoor kan de winning van grondwater in gevaar komen.

Landbouwgebieden zijn onder nagenoeg alle omstandigheden netto grondwaterleverancier. In de media klinkt de laatste jaren veel kritiek op het beregenen van landbouwgewassen. Aangezien landbouwgewassen ook in het meest extreme klimaatscenario netto grondwaterleveranciers blijven, is beregening vanuit waterhuishoudkundig oogpunt gerechtvaardigd en de kritiek dus niet op feiten gebaseerd.

Het KNMI heeft de wereldwijde klimaatprojecties van het klimaatpanel van de Verenigde Naties (IPCC) vertaald naar de Nederlandse situatie. Deze KNMI'23-klimaatscenario's bevatten vier nieuwe scenario's die schetsen hoe het toekomstige klimaat in Nederland eruit kan komen te zien. Ze vormen de basis voor onderzoek naar de effecten van klimaatverandering en adaptatie aan die verandering. In dit artikel zijn de KNMI'23 klimaatscenario's gebruikt om te kijken naar de te verwachten gevolgen voor neerslagoverschotten en neerslagtekorten. In een volgend artikel zal de doorvertaling naar de gevolgen voor

zijn gebaseerd op de laatste inzichten en vervangen eerder gemaakte scenario's. Net als het genereren van eerdere klimaatscenario's kunnen de nieuwe worden gebruikt om de effecten op verschillende sectoren door te rekenen. Hiermee worden bijvoorbeeld de risicoanalyses uit de Nationale Adaptatie Strategie geactualiseerd en worden de Deltascenario's van het Deltaprogramma geactualiseerd.

De mate waarin ons klimaat naar verwachting zal veranderen, hangt af van de hoeveelheid broeikasgassen die nog wordt uitgestoten en de gevoeligheid van het klimaatstelsel. Hiervoor heeft het KNMI twee scenario's opgesteld:

## Landbouw is netto een grondwaterleverancier

het grondwater, de waterbeschikbaarheid voor gewassen en de hiermee samenhangende beregeningsbehoefte worden gemaakt.

### De klimaatscenario's

Het KNMI presenteert vier nieuwe scenario's voor klimaatverandering in Nederland (figuur 1). Deze KNMI'23-klimaatscenario's

- Het 'hoge' uitstootscenario (aangeduid met hoofdletter 'H') waarin de uitstoot in gelijke mate blijft toenemen tot 2080 en daarna afvlakt. De verwachte mondiale opwarming rond 2100 is dan 4,9 graden Celsius voor de beste schatting van klimaatgevoeligheid.
- Het 'lage' uitstootscenario (aangeduid met hoofdletter 'L'), waarin de uitstoot snel

FIGUUR 1 KLIMAATSCENARIO'S KNMI

Vier scenario's voor klimaatverandering in Nederland. Het aantal blokjes staat voor de mate van klimaatverandering rond 2100 ten opzichte van 1991 tot 2020. Bron: KNMI



FIGUUR 2 GEMIDDELDE KARAKTERISTIEKEN VAN DE GEBRUIKTE KLIMAATSCENARIO'S

Karakteristieken van het historische klimaat, het actuele klimaat en de vier toekomstscenario's van het KNMI.

Historisch	Scenario:	Historisch		
	Periode:	1961-1990		
	Neerslag:	797		
	Verdamping:	535		
	Neerslagoverschot	262		
Actueel	Scenario:	Actueel		
	Periode:	1991-2020		
	Neerslag:	911		
	Verdamping:	580		
	Neerslagoverschot	331		
			Verdrogend klimaat	Vernattend klimaat
Hoge CO <sub>2</sub> uitstoot	Scenario:	Hd	Scenario:	Hn
	Periode:	2086-2115	Periode:	2086-2115
	Neerslag:	860	Neerslag:	963
	Verdamping:	681	Verdamping:	644
	Neerslagoverschot	178	Neerslagoverschot	319
Lage CO <sub>2</sub> uitstoot	Scenario:	Ld	Scenario:	Ln
	Periode:	2086-2115	Periode:	2086-2115
	Neerslag:	882	Neerslag:	901
	Verdamping:	624	Verdamping:	619
	Neerslagoverschot	257	Neerslagoverschot	282

wordt verminderd en broeikasgassen worden verwijderd uit de atmosfeer, in lijn met het Klimaatakkoord van Parijs om de mondiale opwarming tot ruim onder de 2 graden Celsius te beperken. De verwachte mondiale opwarming rond 2100 is dan 1,7 graden Celsius.

Het KNMI verwacht dat de klimaatverandering zich ergens tussen deze sterk uiteenlopende uitstootscenario's zal ontwikkelen. Verdere opwarming betekent volgens het KNMI hoe dan ook dat de Nederlandse zomers droger en de winters natter worden. Voor de mate waarin, geven klimaatmodellen verschillende uitkomsten. Om deze verschillen te laten zien heeft het KNMI per uitstootscenario de volgende twee varianten gedefinieerd:

- Een 'nat' scenario (aangeduid met de letter 'n') waarin de winters sterk vernatten en de zomers licht verdrogen.
- Een 'droog' scenario (aangeduid met de letter 'd') waarin de winters licht vernatten en de zomers sterk verdrogen.

Door de twee uitstootscenario's (H en L) te

combineren met de varianten 'nat' (n) en 'droog' (d), ontstaan de vier KNMI-klimaatscenario's: Hn, Hd, Ln en Ld. Dit zijn de nieuwe KNMI'23-klimaatscenario's, die de oudere KNMI'14-klimaatscenario's vervangen. In Nederland voltrekt de klimaatverandering zich waarschijnlijk binnen de grenzen van deze vier klimaatscenario's. Volgens het KNMI is het voor de meeste toepassingen zinvol om met deze scenario's te rekenen. Op het dataportaal van het KNMI kunnen voor een groot aantal meteostations getransformeerde tijdreeksen worden gedownload (<https://klimaatscenario's-data.knmi.nl/tijdreeks>). Voor de analyse in dit artikel is gebruikgemaakt van de getransformeerde tijdreeksen voor het hoofdstation van het KNMI in De Bilt.

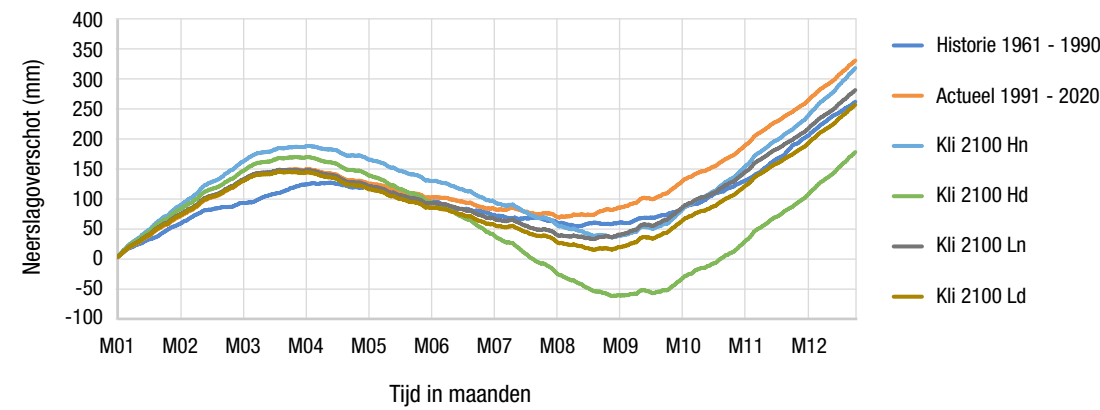
### Verdamping

Voor de landbouw zijn, naast de temperatuur, vooral de hoeveelheid neerslag en de verdamping van belang. Om de verdamping te karakteriseren wordt doorgaans gebruik-

gemaakt van de 'referentiegewasverdamping', de hoeveelheid water die verdampt uit een grasveld met kort gras (circa 10 cm) dat goed voorzien is van water en nutriënten. Het betreft de verdamping die dit gras onder optimale groeiomstandigheden potentieel kan verdampen. In werkelijkheid zal de verdamping vaak heel anders zijn. De verdamping is namelijk in hoge mate afhankelijk van het grondgebruik. Daarnaast kunnen onder droge omstandigheden gewassen niet optimaal verdampen waardoor de potentiële verdamping afneemt. De referentiegewasverdamping is dan ook een maat om weersomstandigheden te kunnen vergelijken. Waterbeheerders gebruiken de waarde om te berekenen hoeveel water verschillende gewassen potentieel verdampen. Het KNMI berekent sinds 1987 de referentiegewasverdamping met de formule van Makkink. Deze formule is ook voor de verdampingsberekening in dit artikel gebruikt. Hierbij is voor de historische en actuele verdampingsreeks een verschil geconstateerd tussen de met Mak-

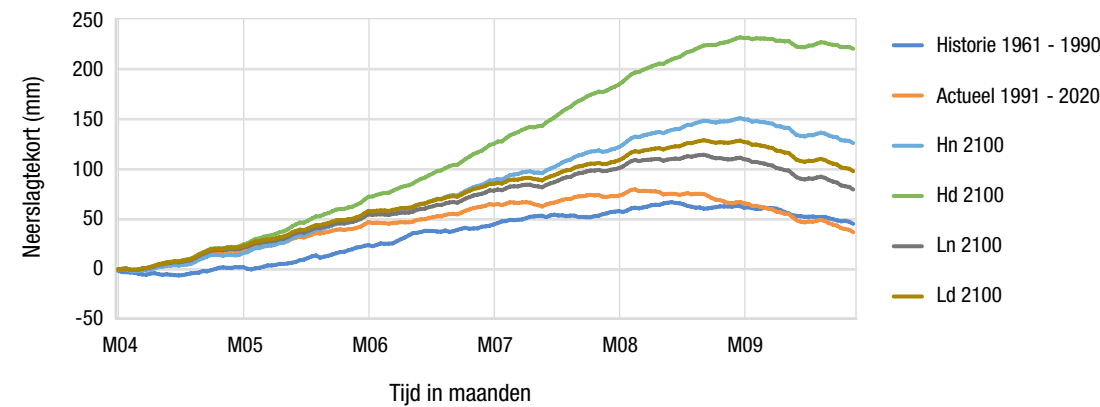
**FIGUUR 3 NEERSLAGOVERSCHOT**

Gemiddelde jaarlijkse verloop van het cumulatieve potentiële neerslagoverschot voor de verschillende klimaatscenario's.



**FIGUUR 4 NEERSLAGTEKORT**

Gemiddelde jaarlijkse verloop van het cumulatieve potentiële neerslagtekort voor verschillende klimaatscenario's.



king berekende referentiegewasverdamping en de referentiegewasverdamping die door het KNMI wordt gepubliceerd. Dit verschil kon worden geminimaliseerd door een factor van 0,86 toe te passen. Om ervoor te zorgen dat er geen methodische verschillen kunnen voorkomen zijn alle verdampingsgegevens bepaald met de formule van Makkink en het gebruik van de gevonden factor.

**Kenmerkende getallen**

Om de klimaatscenario's in vogelvlucht te kunnen vergelijken zijn enkele kengetallen naast elkaar gezet (figuur 2). Hierbij is naast de klimaatscenario's ook gebruikgemaakt van het actuele klimaat en een recente historische situatie. De referentiegewasverdamping kan vanwege het ontbreken van stralingsmetingen pas sinds 1957 worden berekend. Daarom is voor de historische situatie de periode 1961 tot 1990 aangehouden.

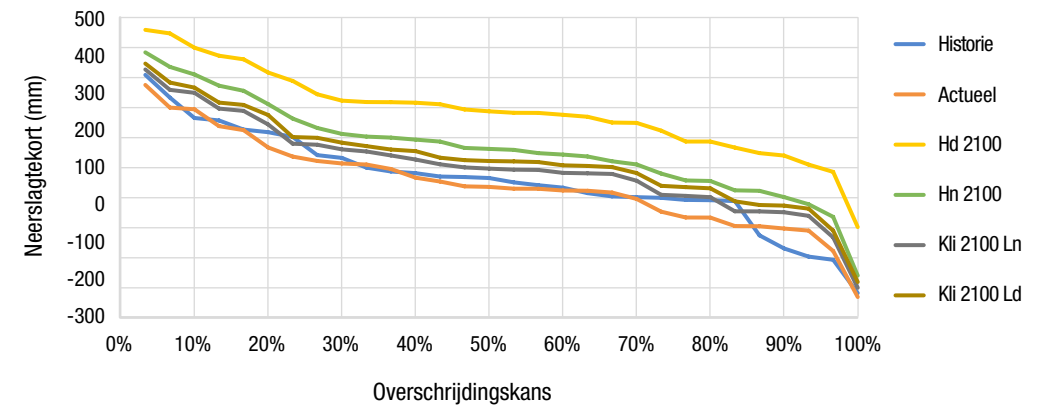
De gemeten hoeveelheid neerslag was op jaarbasis in die periode ongeveer 800 millimeter. Dat is circa 100 millimeter minder dan de actuele situatie. Ook in alle klimaatscenario's is sprake van een jaarlijkse neerslaghoeveelheid van circa 900 millimeter met een duidelijk verschil tussen de droge en de natte scenario's. De referentiegewasverdamping was in de historische situatie gemiddeld 535 millimeter. Ook de verdamping is toegenomen, ten opzichte van de neerslag met ongeveer de helft (nog geen 50 mm). Ten opzichte van de huidige situatie neemt in alle klimaatscenario's de verdamping toe. In het meest extreme scenario (Hd) wordt een referentiegewasverdamping van circa 680 millimeter berekend. Het berekende neerslagoverschot – het verschil tussen de neerslag en de referentiegewasverdamping – wordt voor dit scenario voor 2100 dan ook klein: circa 180 millimeter.

**Het neerslagoverschot**

Om meer inzicht te krijgen in het neerslagoverschot is voor de klimaatreeks van 30 jaar het verloop van het gemiddelde neerslagoverschot per kalenderjaar bepaald (figuur 3). Hiervoor is vanaf 1 januari de neerslag minus de verdamping op dagbasis gesommeerd en is vervolgens gemiddeld voor de klimaatreeks van 30 jaar. Op deze wijze is het gemiddelde cumulatieve verloop van het neerslagoverschot berekend. Alle scenario's beginnen op 1 januari op hetzelfde nulpunt en alle scenario's voorzien een neerslagoverschot in het eerste kwartaal. Dit komt tot uiting in de stijgende lijnen. Rond 1 april gaan de lijnen dalen, als gevolg van een omslag van een situatie met neerslagoverschotten naar een verdampingsoverschot. Dit is dan ook het begin van het groeiseizoen en het hydrologisch jaar. Het moment van deze omslag is voor alle lijnen met uitzonde-

**FIGUUR 5 OVERSCHRIJDINGSKANS NEERSLAGTEKORT**

Overschrijdingskans van het potentiële neerslagtekort gedurende het groeiseizoen (periode 1 april-30 september) voor verschillende klimaatscenario's.



ring van de historische klimaatreeks gelijk. Hieruit komt de modelmatige aanpak van de klimaatscenario's naar voren. De klimaatscenario's zijn modelmatig gegenereerd en zijn dus gecorreleerd. Dit kan een oorzaak zijn van het gelijktijdig overgaan van een situatie met een neerslagoverschot naar een situatie met een verdampingsoverschot. Aan het eind van het groeiseizoen neemt de verdamping af en is er weer een neerslagoverschot. Daarom gaan de lijnen rond begin september weer stijgen.

**Het neerslagtekort**

Voor de landbouw is niet zozeer het neerslagoverschot maar vooral het neerslagtekort van belang. Het neerslagtekort is een maat voor de droogte en wordt evenals het neerslagoverschot bepaald door het verschil te berekenen tussen de neerslag en de referentiegewasverdamping. Het verschil tussen het neerslagoverschot en het neerslagtekort is, naast dat ze omgekeerd evenredig zijn, vooral de periode. Voor het neerslagtekort wordt alleen naar het groeiseizoen gekeken. Met de

berekening van het neerslagtekort wordt daarom begonnen op 1 april, als start van het groeiseizoen. Vervolgens wordt het verschil tussen neerslag en gewasverdamping dagelijks tot en met het einde van het groeiseizoen (30 september) voortschrijdend gesommeerd. Zo ontstaat de grafiek waarin het gemiddelde potentiële neerslagtekort voor verschillende klimaatscenario's is weergegeven (figuur 4). Tussen de historische klimaatreeks (1961 tot 1990) en de actuele klimaatreeks (1991 tot 2020) zijn de verschillen gering. Het neerslagtekort in de actuele situatie verschilt vooral tijdens de eerste maanden. Alle klimaatscenario's laten een duidelijke toename in het neerslagtekort in het groeiseizoen zien. Vooral het scenario met hoge uitstoot en verdroging (Hd) heeft een beduidend hoger gemiddeld neerslagtekort. Het gemiddelde neerslagtekort van circa 50 millimeter aan het eind van het groeiseizoen in de huidige situatie stijgt naar ruim 200 millimeter in het Hd-scenario. Dit is een toename van meer dan 400 procent.

**Overschrijdingskans**

Om meer zicht te krijgen op de betekenis van de verwachte toename van het neerslagtekort, is de overschrijdingskans van het neerslagtekort voor de verschillende klimaatscenario's bepaald (figuur 5). De overschrijdingskans wordt bepaald door voor een klimaatperiode van 30 jaar naar de verdeling van de jaarlijkse neerslagtekorten te kijken. Vervolgens worden de neerslagtekorten gesorteerd weergegeven en kan op de lijnen in de grafiek de overschrijdingskans worden afgelezen. Voor de gemiddelde situatie (50 procent) is voor de huidige



■ **Droge omstandigheden in de Achterhoek.**  
Het effect van schaduwwerking is in de kleur van de mais goed te zien.  
Foto: Jaco van der Gaast

situatie gedurende het groeiseizoen sprake van een neerslagtekort van circa 50 millimeter. Dit neemt voor het meest extreme scenario (Hd) met ruim 300 procent toe naar ruim 200 millimeter – een tekort dat onder de huidige omstandigheden in ongeveer 10 procent van de gevallen voorkomt. Dit betekent dat een droge situatie die momenteel eenmaal in de tien jaar voorkomt, in het meest extreme scenario (Hd) rond 2100 overeenkomt met de gemiddelde situatie.

**Theoretische curve**

Het neerslagtekort zoals gebruikt door het KNMI is een theoretische curve die niet het werkelijke verloop van het neerslagtekort weergeeft. Hierbij spelen de volgende factoren een belangrijke rol:

1. Om het neerslagtekort uit te rekenen wordt gebruik gemaakt van de verdamping, en wel de referentiegewasverdamping bij gebruik van gras. Voor andere vormen van grondgebruik kan de verdamping heel anders zijn.

2. In de grafieken van het neerslagtekort wordt gebruik gemaakt van het potentiële neerslagtekort. Onder droge omstandigheden kunnen gewassen echter niet optimaal verdampen. De potentieel mogelijke verdamping neemt als gevolg van een vochttekort af waardoor de werkelijke verdamping altijd lager uitkomt.

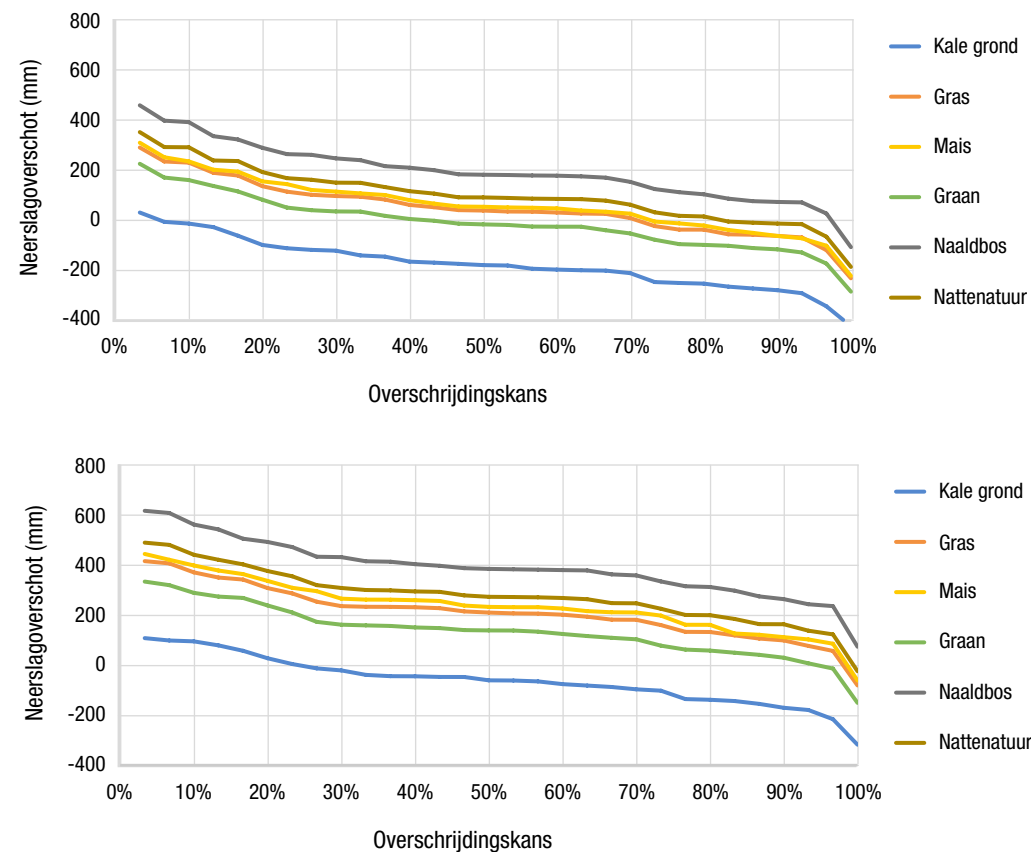
**Landgebruik**

Het grondgebruik beïnvloedt het beeld van het neerslagtekort. Daarom is gekeken naar het neerslagtekort in zowel de actuele situatie als in het meest extreme klimaatscenario (Hd) (figuur 6). Ook hier gaat het om de potentiële verdamping, die in droge jaren in werkelijkheid minder zal zijn. Uit de grafiek blijkt dat akkerbouwgewassen minder verdampen dan grasland. Dit komt vooral doordat akkerbouwgewassen, zoals mais, aardappelen en graan, maar een beperkt groeiseizoen hebben en de verdamping buiten het groeiseizoen veel minder is. Eventueel gebruik van een vanggewas is buiten

beschouwing gelaten. Naast verschillende gewassen kan natuurlijk ook gekeken worden naar andere vormen van grondgebruik. Veel vormen van natuur hebben een hogere verdamping dan landbouwgewassen (<https://edepot.wur.nl/45758>). Vooral naaldbos staat bekend als bostype met een hoge verdamping. De verdamping van een donker naaldbos is zelfs hoger dan die van open water. Maar ook natte natuurgebieden zoals hoogveen en wetlands hebben een duidelijk hogere verdamping dan de referentiegewasverdamping van grasland. De verdamping van loofbos is vergelijkbaar met die van gras en alleen natuur bestaande uit duinzand, stuifzand en droge struikachtige vegetatietypen zoals droge heide, hebben een duidelijk lagere verdamping dan gras. Uit de analyse blijkt dan ook dat het neerslagtekort gedurende het groeiseizoen als gevolg van de te verwachten klimaatverandering voor de verschillende vormen van grondgebruik al snel in de orde van 200 millimeter zal toenemen.

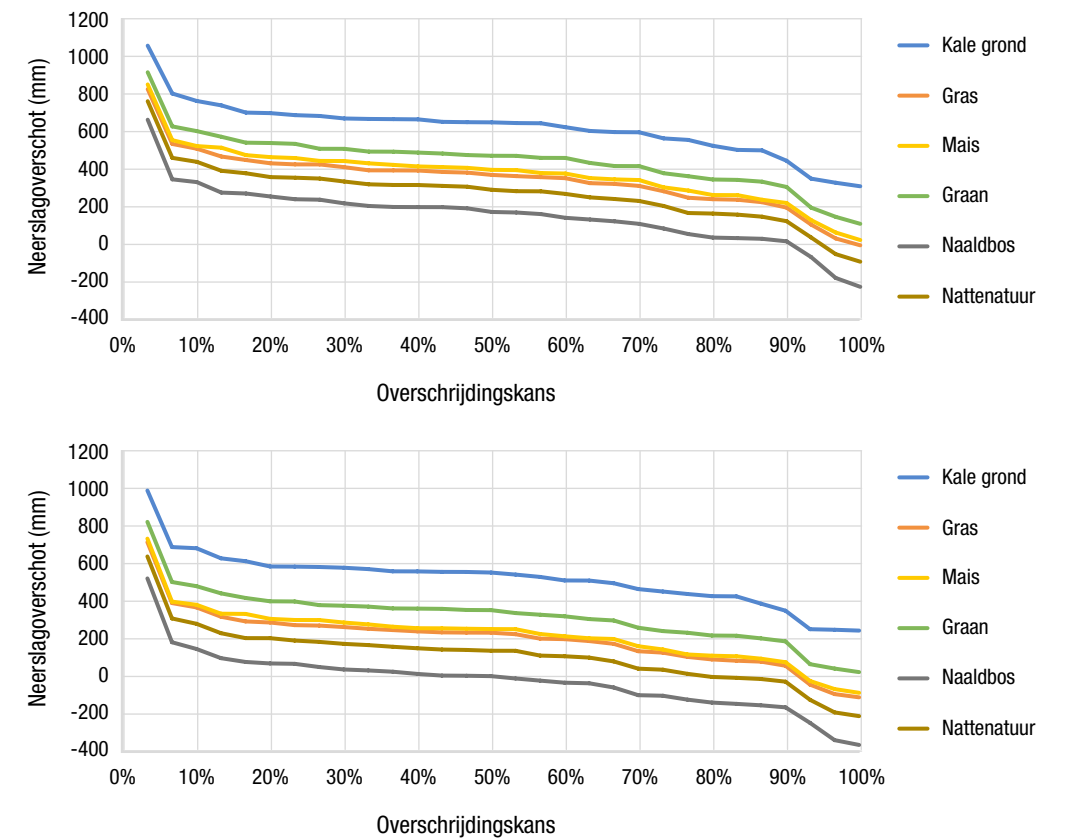
**FIGUUR 6** Overschrijdingskans neerslagtekort in afhankelijkheid van grondgebruik

Overschrijdingskans van het potentiële neerslagtekort gedurende het groeiseizoen (periode 1 april-30 september) voor verschillende vormen van grondgebruik. Boven: actueel, onder: meest extreme scenario (Hd).



**FIGUUR 7** Overschrijdingskans neerslagoverschot afhankelijk van grondgebruik

Overschrijdingskans van het jaarlijkse potentiële neerslagoverschot voor verschillende vormen van grondgebruik. Boven: actueel, onder: meest extreme scenario (Hd).



**Grondwateraanvulling**

Deze forse toename van het neerslagtekort in het groeiseizoen is natuurlijk ook van invloed op het jaarlijkse neerslagoverschot en daarmee op de grondwateraanvulling. In het actuele klimaat is er gemiddeld een jaarlijks neerslagoverschot van circa 200 millimeter (naaldbos) tot ruim 600 millimeter voor kale grond (figuur 7). Deze gemiddelde overschothoeveelheden komen in 2100, uitgaande van het meest extreme klimaatscenario (Hd), uit op circa 0 millimeter voor naaldbos en 550 millimeter voor kale grond. Ook natte natuur heeft, uitgaande van het Hd-klimaatscenario, in 1 op de 5 jaar een negatief neerslagoverschot. Dan is er niet alleen sprake van te droge omstandigheden in de zomer voor de droogtegevoelige natuur, maar zullen de omstandigheden gedurende natte perioden ook niet herstellen. Hierdoor kan er gemakkelijk blijvende schade ontstaan.

**CONCLUSIES**

Zoals het KNMI in de onlangs gepubliceerde klimaatscenario's (KNMI'23) al aangeeft, blijkt ook uit de analyse in dit artikel dat verdroging vooral een klimaatprobleem is. Verschillende vormen van grondgebruik hebben te maken met uiteenlopende neerslagtekorten en de hiermee samenhangende neerslagoverschotten. Droge natuurterreinen zoals stuifzanden, duinen en droge heide verdampen weinig, waardoor in deze gebieden vooral sprake is van een neerslagoverschot en aanvulling van het grondwatersysteem. Ook gedurende droge jaren en onder een veranderend klimaat zullen deze gebieden ervoor zorgen dat het grondwatersysteem wordt aangevuld – het zijn netto grondwaterleveranciers.

Ook de landbouw met grasland en gewassen zoals mais, graan en aardappelen hebben, mede doordat akkerbouwgewassen maar een beperkte tijd op het land staan, een relatief geringe verdamping. Hierdoor is ook het neerslagtekort relatief klein en wordt het neerslagtekort dat in het groeiseizoen ontstaat gedurende de daaropvolgende winterperiode weer aangevuld. Ook in droge jaren en onder een veranderend klimaat zullen landbouwgebieden ervoor zorgen dat het grondwatersysteem wordt aangevuld. De landbouw is een netto grondwaterleverancier. *U*