



Nieuwe statistiek voor extreme neerslag

JANET WIJNGAARD, KNMI
 MATTHIJS KOK, HKV LIJN IN WATER
 ILJA SMITS, KNMI
 MICHELLE TALSMA, STOWA

In dit artikel wordt de nieuwe statistiek van het KNMI voor extreme neerslaghoeveelheden voor De Bilt gepresenteerd. De belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de oude statistiek zijn dat aanzienlijk meer gegevens zijn meegenomen en dat een andere type kansverdeling is gebruikt om de extreme neerslaghoeveelheden af te leiden. In dit artikel wordt ook aandacht besteed aan de representativiteit van De Bilt voor geheel Nederland. Bovendien wordt de statistiek geplaatst in het licht van klimaatveranderingen.

Het regionale watersysteem bleek de laatste jaren herhaaldelijk kwetsbaar voor extreme regenval. De extreem grote hoeveelheid regen in het najaar van 1998 leidde bijvoorbeeld tot aanzienlijke wateroverlast en grote financiële schade. Voor het waterbeheer is het dan ook essentieel om een goed beeld te hebben van de frequentie van voorkomen van extreme neerslag. Niet alleen voor het beheren van het regionale watersysteem is degelijke kennis over de statistiek van extreme neerslag van groot belang, maar ook voor het ontwerpen en toetsen ervan aan de werknormen zoals die zijn vastgesteld in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW).

Reeds in de jaren tachtig is door Buishand en Velds^{1,3)} voor dergelijke doeleinden statistiek ontwikkeld op basis van de neerslagreeks van De Bilt. Recent is nieuwe statistiek ontwikkeld⁸⁾ die in dit artikel wordt toegelicht. Aan bod komen gebeurtenissen die in duur variëren van vier uur tot negen dagen en in overschrijdingsfrequentie van tien maal per jaar tot éénmaal per 1000 jaar. Ook is bekeken in hoeverre de statistiek voor De Bilt gebruikt kan worden voor andere locaties in Nederland.

Gezien de verwachte klimaatverandering in de toekomst wordt de statistiek verder in dat perspectief geplaatst. Omdat per seizoen de neerslag verschilt van karakter, is in de nieuwe statistiek behalve jaar- ook seizoensstatistiek afgeleid (voor het groeiseizoen, buiten het groeiseizoen en voor de oogstperiode). In dit artikel wordt daaraan geen aandacht besteed.

Gegevens

Voor het onderzoek zijn de uurlijkse neerslaghoeveelheden van De Bilt van 1906 tot en met 2003 gebruikt. Alle urengegevens tot 1 maart 1993 zijn afkomstig van de pluviograaf en vanaf deze datum van de elektrische regenmeter. Bekend is dat de standaard handregometers die eenmaal per dag worden geleegd, neerslaghoeveelheden nauwkeuriger registre-

ren. Daarom zijn de urreeksen gecorrigeerd op basis van de handaftappingen.

In het KNMI-rapport 'De toestand van het klimaat in Nederland'⁷⁾ is vanaf 1906 een duidelijke positieve trend in de jaarsommen binnen Nederland gesignaleerd. Daarom is onderzocht of een dergelijke trend ook zichtbaar is in de extreme neerslaghoeveelheden. Uit de analyse blijkt dat in de extremen van De Bilt geen statistisch significante trends aantoonbaar zijn. Bekend is daarnaast dat de statistische betrouwbaarheid van de resultaten toeneemt bij toenemende reekslengte. Om deze redenen is besloten om de gehele reeks van 1906 tot en met 2003 te gebruiken voor de verdere analyse.

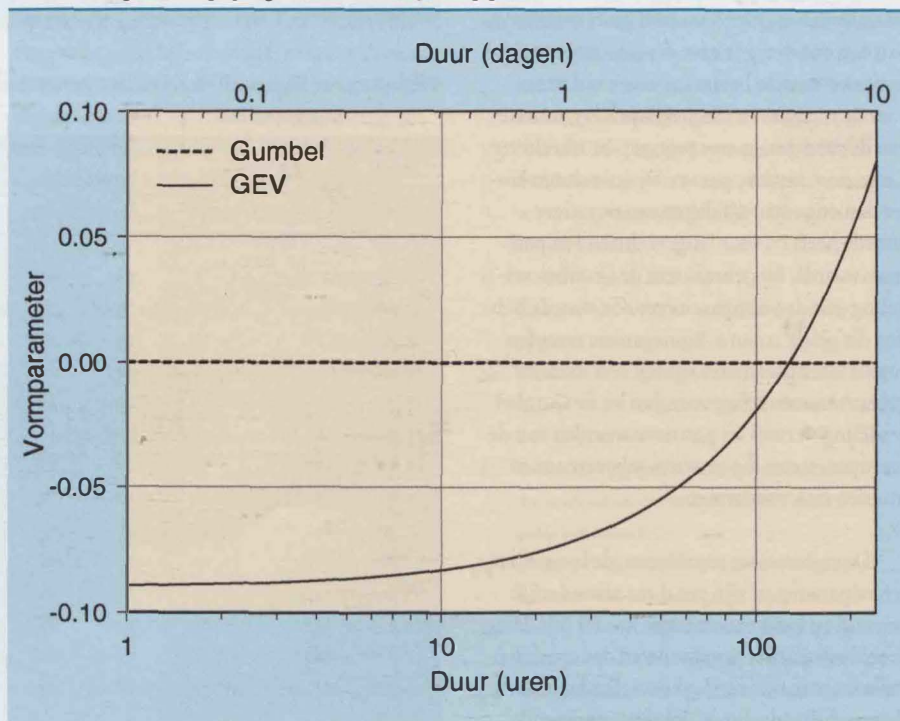
Methode

Om te komen tot een betrouwbare statistiek is onderzocht welk type kansverdeling het beste past bij de waargenomen neerslagreeks van De Bilt. Hiervoor is onderscheid gemaakt tussen relatief hoge en lage overschrijdingsfrequenties. Hoge overschrijdingsfrequenties zijn de relatief vaak voorkomende gebeurtenissen en deze worden gemiddeld twee tot tien maal per jaar overschreden. Lage overschrijdingsfrequenties zijn de meer zeldzame gebeurtenissen die gemiddeld eens per honderd jaar worden overschreden tot echt zeldzame gebeurtenissen die gemiddeld eens per 1000 jaar worden overschreden.

Relatief lage overschrijdingsfrequenties

Voor de lage overschrijdingsfrequenties is

Afb. 1: Vormparameter van de GEV-verdeling gemodelleerd voor stations binnen Nederland voor één uur tot tien dagen. Ter vergelijking is ook de Gumbel-lijn weergegeven.



In het statistisch onderzoek zijn meerdere kansverdelingen beoordeeld op de vraag of ze de gehanteerde gegevens goed beschrijven, waaronder de GEV-, de Gumbel, de exponentiële en de conditionele Weibull-verdeling.

De Gumbel-verdeling is een speciaal geval van de GEV-verdeling met een waarde van nul voor de vormparameter.

De exponentiële verdeling is een speciaal geval van de conditionele Weibull-verdeling met een waarde van één voor de vormparameter.

Uiteindelijk is gekozen voor de GEV-verdeling voor het beschrijven van de lage frequenties (van één keer per jaar tot één keer per 1000 jaar) en de conditionele Weibull-verdeling voor de hoge frequenties (van twee keer per jaar tot tien keer per jaar).

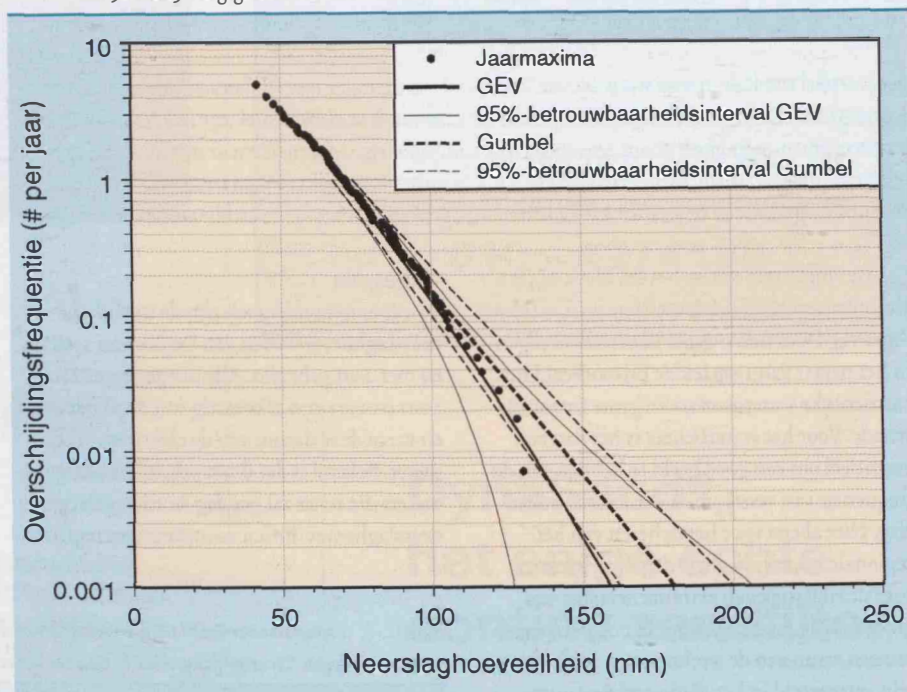
voor elk jaar het maximum geselecteerd voor de desbetreffende neerslagduur. Op deze wijze wordt voor elke duur een reeks van 98 jaar-maxima verkregen. Deze jaarmaxima van de neerslag worden goed beschreven met de GEV-verdeling⁸⁾. Deze verdeling heeft in vergelijking met de voorheen gebruikte Gumbel-verdeling een extra parameter, de vormparameter (zie bijvoorbeeld^{3),4)}. Recent is de GEV-verdeling met een vergelijkbaar doel gebruikt, waarbij de vormparameter gebaseerd is op de reeks van De Bilt⁹⁾. Uit de literatuur^{2),4)} is echter bekend dat het vrijwel onmogelijk is om op basis van een circa honderdjarige reeks van jaarmaxima afkomstig van één station een goede schatting van de vormparameter te geven. Hiervoor kan beter gebruik gemaakt worden van gegevens van meerdere neerslagstations in een gebied waarbij geen ruimtelijk patroon aanwezig is voor deze parameter. Op basis van eerdere bevindingen^{2),5)} is daarom voor de nieuwe neerslagstatistiek een schatter van de vormparameter gegeven. In afbeelding 1 is te zien dat deze parameter voor duren korter dan ongeveer vijf dagen een negatieve waarde heeft en voor langere duren een positieve waarde. Bij gebruik van de Gumbel-verdeling zou de vormparameter een waarde hebben die gelijk is aan 0. Bij negatieve waarden van de vormparameter komen zeer extreme gebeurtenissen vaker voor dan bij de Gumbel-verdeling, terwijl bij positieve waarden van de vormparameter die extreme gebeurtenissen minder vaak voorkomen.

De andere twee parameters, de locatie- en schaalparameter, zijn per duur afzonderlijk bepaald op basis van de reeks van De Bilt. Hiermee is echter niet gegarandeerd dat consistentie bestaat in de neerslaghoeveelheden tussen de verschillende duren. Bij een toenemende

duur wordt immers een steeds hogere neerslaghoeveelheid verwacht, maar door de statistische onzekerheid in de schattingen van de parameters is dit niet altijd het geval (zie ook⁹⁾). Daarom zijn de achterliggende parameters van de GEV zodanig gemodelleerd, dat bij toenemende duur de waarde van de parameters toeneemt en daarmee ook de neerslaghoeveelheid. Hierdoor ontstaat een goede samenhang tussen de duren en neemt tevens de statistische betrouwbaarheid van de schatting van de parameters toe. In afbeelding 2 zijn de jaarmaxima voor achtdaagse neerslaghoeveelheden geplot en de daaraan gefitte GEV-

verdeling inclusief betrouwbaarheidsinterval. Ter vergelijking is ook de Gumbel-verdeling geplot. De GEV- en de Gumbel-verdeling gaan sterk uiteenlopen voor de zeldzamere gebeurtenissen. Voor dergelijke gebeurtenissen is het betrouwbaarheidsinterval van de GEV-verdeling behoorlijk breed ten opzichte van die van de Gumbel-verdeling als gevolg van de vormparameter. In werkelijkheid is het interval bij de GEV-verdeling wat kleiner dan weer-gegeven, doordat gebruik gemaakt is van meerdere stations bij het bepalen van de vormparameter. Het betrouwbaarheidsinterval van de Gumbel-verdeling is weliswaar nog wat

Afb. 2: Overschrijdingsfrequenties van achtdaagse neerslaghoeveelheden volgens de GEV- en Gumbel-verdeling van De Bilt inclusief 95%-betrouwbaarheidsintervallen. Tevens zijn de jaarmaxima van De Bilt voor het tijdvak 1906-2003 weergegeven.



Tabel 1. Neerslaghoeveelheden in millimeters voor verschillende duren (van vier uur tot negen dagen) en de overschrijdingsfrequenties.

	uren				dagen			
	4	8	12	24	2	4	8	9
10x per jaar	9	12	13	15	19	-	-	-
5x per jaar	12	15	17	21	26	33	43	45
2x per jaar	16	20	23	28	35	45	61	64
1x per jaar	21	24	27	33	41	52	71	75
1x per 2 jaar	25	29	32	39	48	60	81	86
1x per 5 jaar	31	36	40	47	58	71	94	99
1x per 10 jaar	36	41	46	54	65	80	103	109
1x per 20 jaar	41	47	52	61	73	89	113	118
1x per 25 jaar	43	49	54	63	75	91	115	121
1x per 50 jaar	49	56	61	71	84	100	124	130
1x per 100 jaar	55	62	68	79	92	109	133	138
1x per 200 jaar	61	69	75	87	101	118	141	146
1x per 500 jaar	71	79	86	98	113	130	152	156
1x per 1000 jaar	78	88	95	108	123	140	159	163

kleiner, maar hiervan is bekend dat een duidelijke onderschatting van het betrouwbaarheidsinterval optreedt bij extrapolatie⁴⁾.

Relatief hoge overschrijdingsfrequenties

Voor overschrijdingsfrequenties van twee tot tien maal per jaar is niet uitgegaan van jaarmaxima maar van partiële reeksen, omdat het bij deze overschrijdingsfrequenties wenselijk is en bij de hoogste overschrijdingsfrequenties zelfs noodzakelijk meer dan één neerslaggebeurtenis per jaar te selecteren. Wanneer gebruik gemaakt wordt van partiële reeksen, past men een drempelwaarde toe en worden alle onafhankelijke pieken boven de drempelwaarde geselecteerd. Voor de hogere frequenties blijkt de drieparameter conditionele Weibull-verdeling (CWD) het beste de geselecteerde waarden te modelleren⁸⁾. Voor alle onderzochte duren geeft deze CWD een goed resultaat, terwijl dit niet geldt voor de exponentiële verdeling die in veel hydrologische toepassingen wordt gebruikt. Verder geeft een drempelwaarde die correspondeert met tien gebeurtenissen per jaar de beste resultaten. Bij deze waarde wordt een goede balans bereikt tussen systematische afwijking en statistische betrouwbaarheid.

Nieuwe statistiek

De statistiek afgeleid op de reeks van De Bilt volgens de beschreven methode is weergegeven in tabel 1. Voor duren van vier uur tot negen dagen is af te lezen welke neerslaghoeveelheden gemiddeld tien maal per jaar tot gemiddeld éénmaal per 1000 jaar overschreden worden. Bij de gebeurtenissen die zeldzamer zijn dan éénmaal per 100 jaar neemt de betrouwbaarheid snel af, zoals goed te zien is aan het verbreden van het betrouwbaarheidsinterval in afbeelding 2. Bij gebruik van aanzienlijk meer gegevens of andere technieken (bijvoorbeeld 'resampling') kan mogelijk een meer betrouwbare inschatting gemaakt worden van dergelijke zeldzame gebeurtenissen.

De vernieuwde neerslagstatistiek wijkt op twee punten af van de tot nu toe gebruikte sta-

tistiek uit de jaren tachtig. In plaats van de Gumbel-verdeling is de GEV-verdeling gebruikt. Enerzijds is de hoeveelheid gebruikte gegevens groter door het verlengen van de reeks met 26 jaar. Anderzijds is de toegepaste kansverdeling veranderd. Vooral door het gebruik van een andere kansverdeling bestaan verschillen tussen de oude en nieuwe statistiek. Voor overschrijdingsfrequenties van éénmaal per jaar en minder worden in tabel 2 enkele resultaten vergeleken met Buishand en Velds³⁾. Tot en met frequenties van éénmaal per 20 jaar zijn de verschillen erg klein. Bij de meer zeldzame gebeurtenissen valt op dat de hoeveelheden bij korte duren groter zijn, terwijl die bij langere duren kleiner zijn.

Representativiteit van De Bilt

Niet zonder meer kan worden aangenomen dat de afgeleide statistiek representatief is voor heel Nederland. Hoewel Nederland maar een klein land is, bestaan verschillen in afstand tot de kust, grondsoorten, landgebruik en in orografie. Al deze factoren kunnen van invloed zijn op het lokale neerslagklimaat. Daarom is de methode zoals die is toegepast op de uurreeks van station De Bilt, ook toegepast op de dagsommen van elf andere locaties in Nederland. De neerslaghoeveelheden die gemiddeld eens per tien jaar en eens per 1000 jaar worden overschreden, zijn in detail geanalyseerd. Hierbij is gevonden dat het verschil tussen de hoogste en laagste waarden van de neerslaghoeveelheden in beide gevallen ongeveer 20 procent bedraagt. Bij een overschrijdingsfrequentie van eens per tien jaar is dit verschil statistisch significant, voor de lagere overschrijdingsfrequentie van eens per 1000 jaar kan statistisch niet worden aangetoond dat het verschil significant is. De eenvoudigste manier om met dergelijke regionale verschillen rekening te houden bij neerslagduren van 24 uur en meer, is door schaling met de jaarsommen van de neerslag⁸⁾. Hiermee is een indicatie te verkrijgen van de statistiek voor een willekeurige locatie in Nederland. Voor korte duren (minder dan 24 uur) kunnen de waarden afge-

leid van De Bilt gebruikt worden voor iedere willekeurige locatie.

Gezien de recente discussies over regionale verschillen in de neerslagstatistiek^{6),10)} is een nadere kwantificering van de grootte en de statistische betrouwbaarheid van deze verschillen gewenst. Hiervoor is het nodig meer neerslagreeksen te analyseren dan in dit onderzoek is gedaan. Een voorstel voor de analyse van de ruimtelijke verdeling van extreme neerslag is onlangs ingediend in het kennisimpulsprogramma 'Leven met Water'.

Klimaatverandering

Door het Intergovernmental Panel on Climate Change van de Verenigde Naties zijn verschillende klimaatscenario's uitgewerkt. Op basis hiervan zijn ook scenario's voor Nederland afgeleid. Ondanks de mogelijk grote veranderingen in het Nederlandse neerslagklimaat, blijft het belangrijk om een goed inzicht te hebben in de statistiek van het huidige (neerslag)klimaat goed in beeld is. Op basis van de hier gepresenteerde neerslagstatistiek en klimaatscenario's kan worden nagegaan in hoeverre de overschrijdingskansen van extreme neerslaggebeurtenissen veranderen. ☐

LITERATUUR

- 1) Buishand T. (1983). De kansverdeling van D-uurlijkse neerslagsommen (D = 1, 2, 4, 6, 12, 24 of 48) in Nederland. KNMI. Wetenschappelijk Rapport W.R. 83-5.
- 2) Buishand T. (1983). Uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden en theorie van de extreme waarden. Cultuurtechnisch Tijdschrift nr. 23, pag. 9-20.
- 3) Buishand T. en C. Velds (1980). Klimaat van Nederland 1, Neerslag en verdamping. KNMI.
- 4) Coles S. (2001). An introduction to statistical modeling of extreme values. Springer-Verlag Londen.
- 5) Gellens D. (2003). Etude des précipitations extrêmes: Etablissement des fractiles et des périodes de retour d'événements pluviométriques. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles.
- 6) Hoes O., J. Biesma, K. Stoutjesdijk en F. van Kruijningen (2005). Invloed van de zee op de neerslagverdeling en de frequentie van wateroverlast. H₂O nr. 1, pag. 32-34.
- 7) Klein Tank A. en R. Sluizer (2003). Nederland is verder opgewarmd. Uit 'De toestand van het klimaat in Nederland 2003'. KNMI.
- 8) Smits A, J. Wijngaard, R. Versteeg en M. Kok (2004). Statistiek van extreme neerslag in Nederland. STOWA-publicatie 2004-26.
- 9) Strijker J. en O. Hoes (2004). Extreme neerslaghoeveelheden voor ontwerpgebouwen. H₂O nr. 7, pag. 18-21.
- 10) Versteeg R. (2005). Regionale verschillen in neerslag verdienen betere onderbouwing. H₂O nr. 3, pag. 12.
- 11) Wijngaard J. en M. Kok (2004). Nieuwe neerslagstatistiek voor waterbeheerders. Brochure 2004-26a. STOWA / KNMI.

Tabel 2. Vergelijking tussen de neerslaghoeveelheden (in mm.) voor 24 uur en negen dagen (zoals aangegeven door Buishand en Velds³⁾) en de hier afgeleide statistiek.

	24 uur		9 dagen	
	Buishand en Velds	nieuw	Buishand en Velds	nieuw
1x per jaar	34	33	73	75
1x per 2 jaar	40	39	85	86
1x per 5 jaar	48	47	99	99
1x per 10 jaar	53	54	110	109
1x per 20 jaar	59	61	120	118
1x per 50 jaar	67	71	135	130
1x per 100 jaar	73	79	146	138