



Adri Buishand, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
 Rudmer Jilderda, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
 Janet Wijngaard, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Regionale verschillen in extreme neerslag

Voor het ontwerpen en toetsen van watersystemen maken waterbeheerders vaak gebruik van een statistiek van neerslagextremen, die gebaseerd is op een meetreeks van het KNMI-station De Bilt. Een recent uitgebreid onderzoek heeft tot nieuwe inzichten geleid over de grootte van plaatselijke verschillen binnen Nederland. Voor een aantal regio's wordt aanbevolen de getallen voor De Bilt te corrigeren. Op een kaart van Nederland wordt de grootte van de correctiefactor weergegeven.

Eind 2004 werd een nieuwe statistiek van extreme neerslaghoeveelheden gepresenteerd voor neerslagduren van vier uur tot negen dagen^{1,2)}. Deze statistiek is afgeleid uit de uurwaarden van het KNMI-station De Bilt voor het tijdvak 1906-2003. Daarnaast werden de dagwaarden van tien andere neerslagstations geanalyseerd. Op grond van deze analyse werd geconcludeerd dat voor neerslagduren van 24 uur en langer een schaling van de extreme waarden statistiek van De Bilt op basis van de gemiddelde jaarsom een eerste indicatie geeft van de grootte van regionale verschillen.

Herhaaldelijke wateroverlast in de beheergebieden van een aantal waterschappen langs de kust heeft een discussie op gang gebracht over het al of niet vaker voorkomen van extreme neerslag in de kustzone. Op basis van een analyse van dagwaarden van neerslagstations in en rondom Delfland constateren Diermanse e.a.³⁾ dat voor de extreme waarden in het beheergebied van dit waterschap een grotere correctie van de extreme waarden statistiek van De Bilt nodig is dan de verhouding van de gemiddelde jaarsommen. Hoes e.a.⁴⁾ vergeleken een zevental reeksen van uurwaarden op basis van de berekende extreme waterstanden voor zes verschillende watersystemen. Voor een overschrijdingsfrequentie van gemiddeld eens in de vijf jaar bleken de berekende waterstanden uit de reeks van Rotterdam aanzienlijk hoger dan die voor De Bilt. Ook voor Valkenburg (ZH) werden hogere waterstanden berekend dan voor De Bilt, maar minder hoog dan voor Rotterdam.

Het KNMI heeft uitvoerig onderzoek verricht naar de regionale verschillen in extreme

neerslag binnen Nederland⁵⁾. Dit onderzoek maakte deel uit van het project 'Van Neerslag tot Schade', dat gecoördineerd werd door HKV Lijn in Water en deels gefinancierd door het programma Leven met Water, STOWA, Provincie Zuid-Holland en het Verbond voor Verzekeraars. In dit artikel wordt een aantal punten uit het onderzoek toegelicht en wordt aangegeven hoe de resultaten kunnen worden gebruikt om ruimtelijke verschillen in de extreme waarden statistiek in rekening te brengen.

Gegevens

Om werkelijke systematische plaatselijke verschillen te onderscheiden van verschillen als gevolg van toevallige weerfluctuaties zijn

lange meetreeksen nodig. Daarnaast moet het netwerk van neerslagmetingen een goede ruimtelijke dekking hebben. Gekozen is daarom voor het uitgebreide bestand van dagaftappingen van handregenmeters. Hieruit werden 141 neerslagreeksen geselecteerd voor het tijdvak 1951-2005. Bij deze selectie werd getoetst op inhomogeniteiten in het verloop van het aantal dagen met een neerslaghoeveelheid van tien millimeter of meer.

Analyse van extreme waarden

Voor elk van de 141 neerslagreeksen is steeds de hoogste neerslaghoeveelheid per jaar (kortweg: het jaarmaximum) bepaald voor neerslagduren van één, twee, vier, acht en negen dagen. Deze neerslagduren

De GEV-verdeling wordt in een groot aantal landen gebruikt om de kansverdeling van neerslagextremen te beschrijven. Bij de GEV-verdeling geldt voor de neerslaghoeveelheid die gemiddeld eens in de T jaar wordt overschreden⁶⁾:

$$x(T) = \xi \left[1 + \frac{\gamma}{\kappa} (1 - T^{-\kappa}) \right] \text{ voor } \kappa \neq 0$$

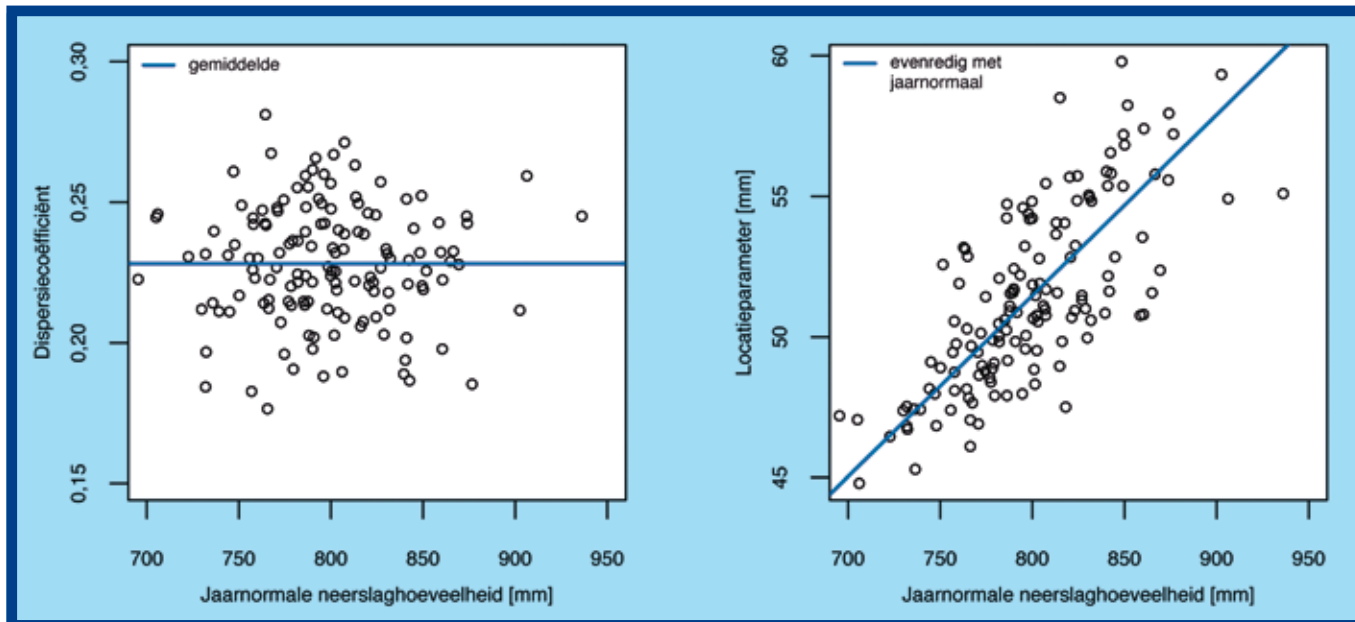
De herhalingstijd T heeft hier betrekking op de gemiddelde duur (in jaren) tussen twee opeenvolgende overschrijdingen van de waarde $x(T)$. Voor $\kappa = 0$ gaat de GEV-verdeling over in de Gumbel-verdeling, waarvoor geldt:

$$x(T) = \xi (1 + \gamma \ln T)$$

De **locatieparameter** ξ geeft de neerslaghoeveelheid weer die gemiddeld één keer per jaar wordt overschreden, $\xi = x(1)$.

De **dispersiecoëfficiënt** γ beïnvloedt de verhouding tussen $x(T)$ en $x(1)$, hoe groter γ des te groter het relatieve verschil tussen $x(T)$ en $x(1)$ is.

De **vormparameter** κ is van belang als men in uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden geïnteresseerd is (gemiddeld eens in de 100 jaar of nog uitzonderlijker). Bij de extreme waarden statistiek van De Bilt is $\kappa < 0$ bij neerslagduren van één, twee en vier dagen, wat inhoudt dat uitzonderlijk hoge neerslaghoeveelheden vaker voorkomen dan men op grond van de Gumbel-verdeling mag verwachten. Bij neerslagduren van acht en negen dagen geldt het tegengestelde.



Afb. 1: Dispersiecoëfficiënt (links) en locatieparameter (rechts) van de vierdaagse neerslagmaxima, uitgezet tegen de gemiddelde jaarsom. De horizontale lijn in het linkerplaatje geeft de gemiddelde dispersiecoëfficiënt weer. De rechte lijn in het rechterplaatje geeft de waarden van de locatieparameter als deze recht evenredig met de gemiddelde jaarsom zou zijn.

zijn dezelfde als bij de extreme waarden statistiek van De Bilt uit 2004. Evenals bij deze statistiek wordt bij dit onderzoek de kansverdeling van de jaarmaxima door een *Generalized Extreme Value* (GEV)-verdeling beschreven en worden de overschrijdingskansen volgens deze verdeling herleid naar een gemiddelde herhalingsjijd in de partiële duurreeks. Voor de neerslaghoeveelheid $x(T)$, die gemiddeld eens in de T jaar wordt overschreden bestaat een betrekkelijk eenvoudige uitdrukking (zie kader). Deze neerslaghoeveelheid hangt af van de drie parameters van de GEV-verdeling: de vormparameter κ , de dispersiecoëfficiënt γ en de locatieparameter ξ . De mate waarin deze parameters binnen Nederland variëren, bepaalt de regionale verschillen in de extreme waarden statistiek.

De vormparameter

Op basis van meetreeksen in de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk en het Middellandse Zeegebied komt de befaamde Griekse hydroloog Koutsoyiannis⁷⁾ tot de conclusie dat de vormparameter voor ééndagse neerslagextremen overal op aarde hetzelfde is. Hoewel dit wel erg ver gaat, is uit onderzoek in België en Nederland gebleken dat nauwelijks verschillen bestaan tussen de waarden van de vormparameter in de twee landen^{8),9)}. Bij de statistiek van extreme waarden voor De Bilt uit 2004 zijn de waarden van de vormparameter voor de verschillende neerslagduren op dat onderzoek gebaseerd, omdat het niet mogelijk is deze parameter op basis van de neerslagreeksen van een enkel station voldoende nauwkeurig te schatten. In het project Van Neerslag tot Schade zijn dezelfde waarden voor de vormparameter aangehouden.

De dispersiecoëfficiënt

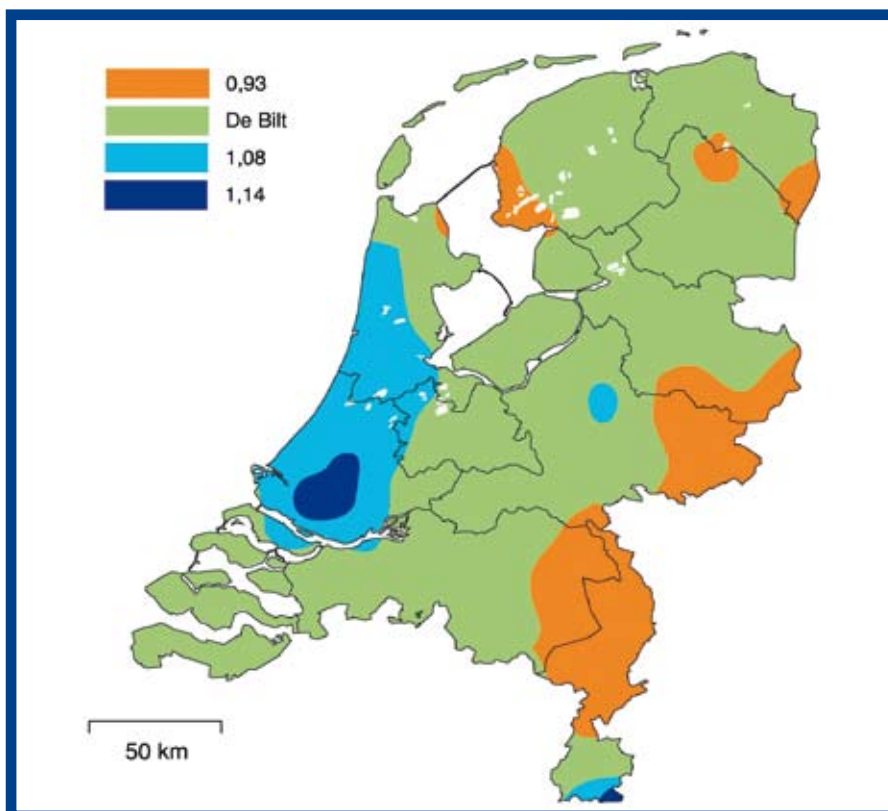
In het linkerplaatje van afbeelding 1 is van de 141 geselecteerde stations de geschatte dispersiecoëfficiënt voor de vierdaagse neerslagmaxima uitgezet tegen de

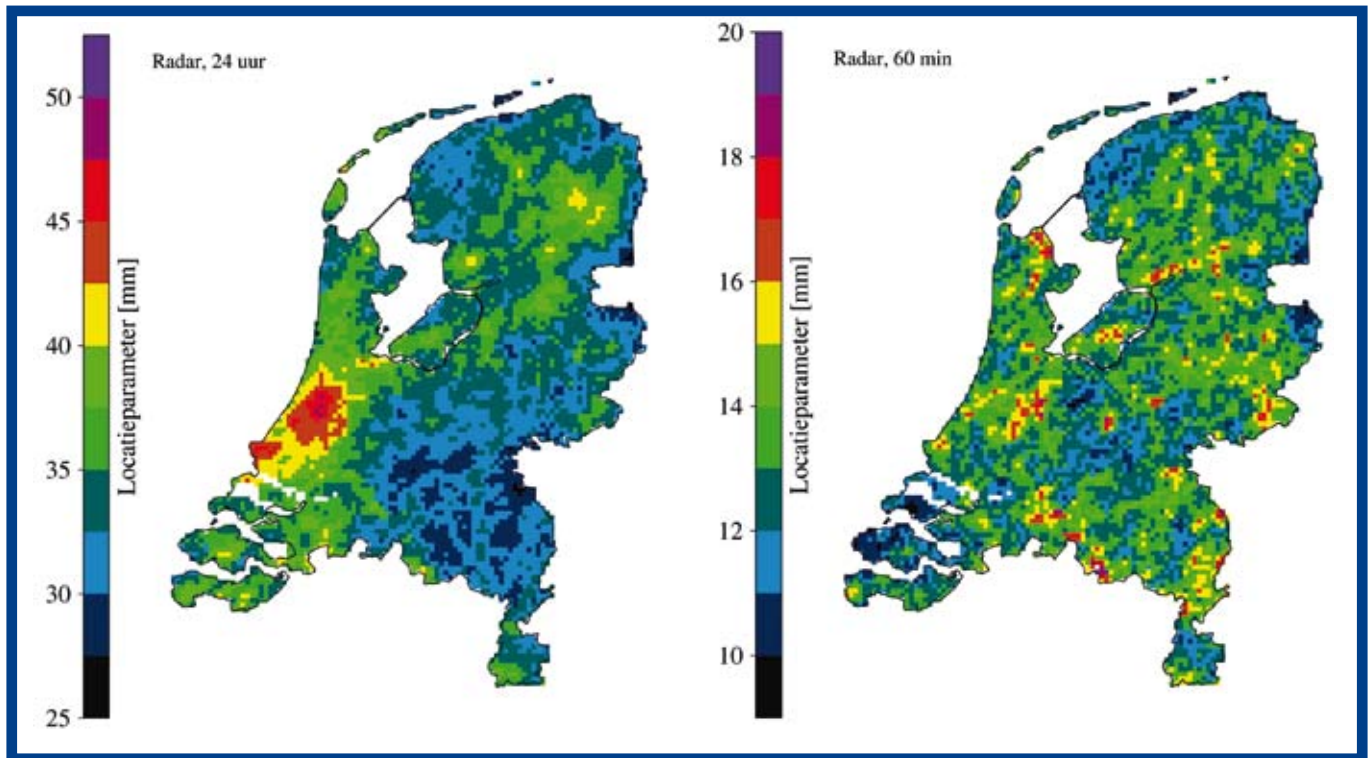
jaargemiddelde neerslaghoeveelheid. Hierin valt nauwelijks een relatie te ontdekken. Een vrij gecompliceerde toets, gebaseerd op het promotieonderzoek van Witter¹⁰⁾ over de variatie van de neerslag in ruimte en tijd, laat zien dat het verband tussen de dispersiecoëfficiënt en de jaargemiddelde neerslaghoeveelheid niet significant is. Deze toets is ingewikkelder dan gebruikelijk, omdat de geschatte waarden van de dispersiecoëfficiënt op naburige stations gecorreleerd zijn als gevolg van de ruimtelijke afhankelijkheid van de neerslag. Een andere toets geeft aan dat de

verschillen tussen de kust en het binnenland niet significant zijn wat de waarde van de dispersiecoëfficiënt betreft. De ééndagse en negendaagse neerslagmaxima gaven soortgelijke resultaten, zodat we kunnen aannemen dat voor een bepaalde neerslagduur de dispersiecoëfficiënt constant is over Nederland.

Omdat κ en γ constant worden verondersteld, is ook $x(T)/\xi$ constant over Nederland voor een gegeven neerslagduur. De relatieve verschillen in $x(T)$ voor twee plaatsen zijn daardoor voor elke waarde van T gelijk aan

Afb. 2: Correctiefactoren voor de statistiek van extreme neerslag voor De Bilt voor duren van één tot negen dagen.





Afb. 3: Locatieparameter (mm) voor de 24-uurmaxima (links) en de 60-minuutmaxima (rechts) op basis van gecorrigeerde radargegevens.

de relatieve verschillen in de locatieparameter van die plaatsen. Dit rechtvaardigt niet bij voorbaat een schaling op basis van de gemiddelde jaarsom, zoals de huidige praktijk is. Hiervoor is het ook nodig dat de locatieparameter recht evenredig is aan de gemiddelde jaarsom.

De locatieparameter

Het rechterplaatje in afbeelding 1 laat zien dat voor de vierdaagse neerslagmaxima de locatieparameter toeneemt met de jaargemiddelde neerslaghoeveelheid. Dit verband is statistisch significant. Het blijkt echter dat een eenvoudige evenredigheid met de gemiddelde jaarsom de regionale verschillen in de locatieparameter onvoldoende beschrijft. Uit afbeelding 1 is af te lezen dat de locatieparameter voor sommige stations zes tot zeven millimeter (ruim tien procent) afwijkt van de waarde volgens zo'n evenredig verband. Vanwege dit soort verschillen is de koppeling van de statistiek van extreme neerslag aan de jaargemiddelde neerslaghoeveelheid losgelaten. Daarvoor in de plaats hebben we gekozen voor een grootheid die de waarden van de locatieparameter voor de vijf beschouwde uren samenvat:

$$\xi_{rel} = \sum_D w_D \xi_D / \bar{\xi}_D$$

met ξ_D als de waarde van de locatieparameter voor neerslagduur D , $\bar{\xi}_D$ als het gemiddelde van de ξ_D 's voor de 141 geselecteerde stations en w_D als een gewicht ($w_D = 1/4$ voor $D = \text{één}$, twee en vier dagen en $w_D = 1/8$ voor $D = \text{acht}$ en negen dagen). Deze relatieve locatieparameter geeft een veel beter beeld van de regionale verschillen in de locatieparameter dan de gemiddelde jaarsom. Het gemiddelde van ξ_{rel} is gelijk aan 1.

Regionalisatie van de statistiek van extreme neerslag

Op de 141 geselecteerde stations varieert

ξ_{rel} van 0,90 tot 1,18. Voor De Bilt is deze parameter gelijk aan 1,00, zodat de verdeling van extreme neerslag voor dit station gezien kan worden als een gemiddelde verdeling voor Nederland.

Na overleg met de begeleidingscommissie van het project Van Neerslag tot Schade wordt aanbevolen de statistiek van extreme neerslag voor De Bilt te corrigeren in gebieden waarvoor ξ_{rel} kleiner is dan 0,95 of groter is dan 1,05, zoals aangegeven in afbeelding 2. De correctiefactoren in deze afbeelding zijn gelijk aan de gemiddelde waarden van ξ_{rel} voor de desbetreffende gebieden.

De statistiek van De Bilt blijft voor een groot deel van Nederland geldig. Voor vrijwel geheel Zuid-Holland en een deel van Noord-Holland wordt echter aanbevolen de getallen voor De Bilt met acht of 14 procent (regio Rotterdam) te verhogen. Lagere extreme neerslaghoeveelheden kunnen worden aangehouden langs de noordelijke IJsselmeerkust en delen van Oost-Nederland.

De aanpassing van de statistiek van De Bilt op basis van afbeelding 2 geldt in principe alleen voor neerslagduren vanaf één dag. Afbeelding 3 geeft de waarden van de locatieparameter van de GEV-verdeling voor neerslagduren van 24 uur (linkerplaatje) en 60 minuten (rechterplaatje). Deze afbeelding is gebaseerd op gecorrigeerde radargegevens voor het tijdvak 1998-2008 en is afkomstig uit het promotieonderzoek van Aart Overeem¹¹⁾. De vrij korte lengte van dit tijdvak brengt een grote onzekerheid met zich mee. Niettemin is in het plaatje van de 24-uurwaarden een duidelijk maximum in Zuid-Holland te onderkennen en is de locatieparameter relatief laag in het noorden van Limburg en het oosten van Noord-Brabant. Deze regionale verschillen zijn in het plaatje van de 60-minuutwaarden

verdweden. Het gebruik van de correctiefactoren uit afbeelding 2 is daarom voor neerslagduren korter dan één dag af te raden.

LITERATUUR

- 1) Smits A., J. Wijngaard, R. Versteeg en M. Kok (2004). Statistiek van extreme neerslag in Nederland. STOWA. Rapport 2004-26.
- 2) Wijngaard J., M. Kok, A. Smits en M. Talsma (2005). Nieuwe statistiek voor extreme neerslag. *H₂O* nr. 6, pag. 35-37.
- 3) Diermanse F., H. Ogink, J. van Dansik en E. Goudemans (2005). Neerslagstatistiek, extreem gevoelig? *H₂O* nr. 17, pag. 25-27.
- 4) Hoes O., J. Biesma, K. Stoutjesdijk en F. van Kruiningen (2005). Invloed van de zee op de neerslagverdeling en de frequentie van wateroverlast. *H₂O* nr. 1, pag. 32-34.
- 5) Buishand A., R. Jilderda en J. Wijngaard (2009). Regionale verschillen in extreme neerslag. Scientific report WR 2009-01. KNMI.
- 6) Buishand A. en J. Wijngaard (2007). Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren. Technical report TR-295. KNMI.
- 7) Koutsoyiannis D. (2004). Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II, Empirical investigation of long rainfall records. *Hydrological Sciences Journal* (49), nr. 4, pag. 591-610.
- 8) 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.
- 9) Buishand A. (1991). Extreme rainfall estimation by combining data from several sites. *Hydrological Sciences Journal* (36), nr. 4, pag. 345-365.
- 10) Witter V. (1984). Heterogeneity of Dutch rainfall. Proefschrift Landbouwhogeschool Wageningen.
- 11) Overeem A., A. Buishand en I. Holleman (2009). Extreme rainfall analysis and estimation using weather radar. *Water Resources Research* (45), nr. 10, W10424.