

Extrapolatie van de waterstand in het Waddengebied

Henk van den Brink

KNMI

8 juli 2015

Probleemstelling

De onzekerheid in de extrapolatie is ongewenst groot bij het gebruik van een 3-parameter (Extreme Waarden) verdeling. Het zou wenselijk zijn als deze verkleind kan worden door fixatie van de vormparameter ("krommingsterm"). Vastzetten van de vormparameter op de waarde 0 leidt tot de Exponentiele verdeling voor de GPD familie, en tot de Gumbel verdeling voor de GEV familie.

De Exponentiele verdeling geeft nagenoeg dezelfde waarden voor 10^4 jaar als die volgt uit het Basispeilen-onderzoek uit 1985 voor de Hollandse kust (Vlissingen, Hoek van Holland, IJmuiden). Voor het waddengebied (Harlingen, Delfzijl) wijzen de observaties naar een neerwaartse kromming. Negering van deze kromming leidt tot aanzienlijke hogere basispeilen dan die momenteel gehandhaafd worden.

Benadering

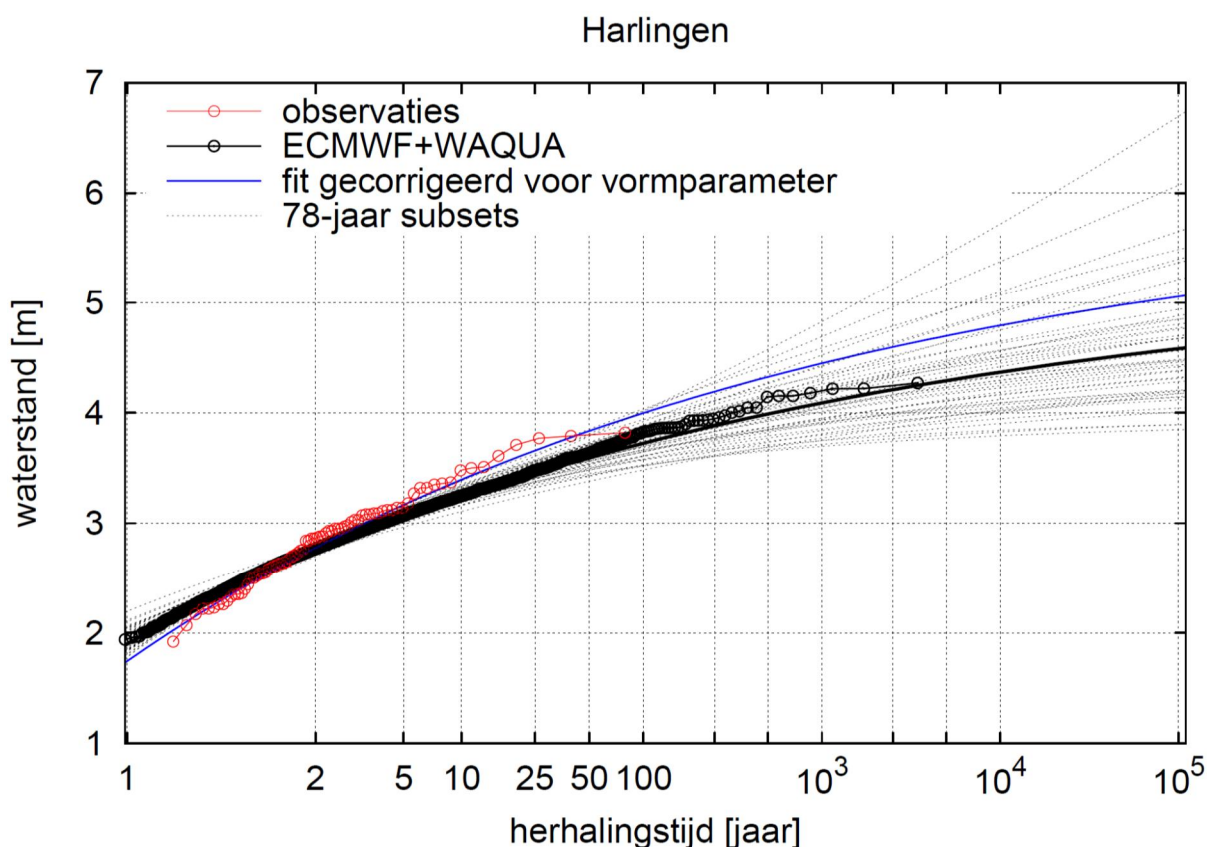
Van den Brink & Können (2008, 2011) hebben aangetoond dat reeksen die korter zijn dan 100 jaar niet nauwkeurig geëxtrapoléerd kunnen worden met een 3-parameter verdeling. Om de neerwaartse kromming van de verdeling voor het Waddengebied toch te honoreren, onderzoeken we of de dataset van 3439 jaar, gebaseerd op de operationele versie van WAQUA¹ en de seizoensverwachtingen van het ECMWF (die we hieronder aanduiden als 'het model'), aanwijzingen geven voor eenzelfde neerwaartse kromming, zodat de vormparameter gefixeerd kan worden, waardoor deze niet doorwerkt in de onzekerheidsband.

¹ DCSM versie 5

Resultaten

Harlingen

Figuur 1 laat de Gumbelplot voor Harlingen zien voor de 78 geobserveerde jaarmaxima (rood), voor de 3439 jaarmaxima van het model (zwart), en voor deze 3439 jaarmaxima gesplitst in 44 subsets van elk 78 jaar. Te zien is dat de helling van de fit (i.e., de schaalparameter) aan de modeluitvoer te laag is vergeleken met de observaties, maar dat de kromming goed overeenkomt. Ook blijkt dat de extrapolatie van de waarnemingen valt binnen de waaier van extrapolaties op basis van de 78-jarige subsets. Fixatie van de vormparameter van de observaties op de waarde van het model (0.117 ± 0.01) levert de blauwe lijn in Figuur 1 op, die heel dicht ligt bij de lijn uit het Basispeilen-rapport (0.092).

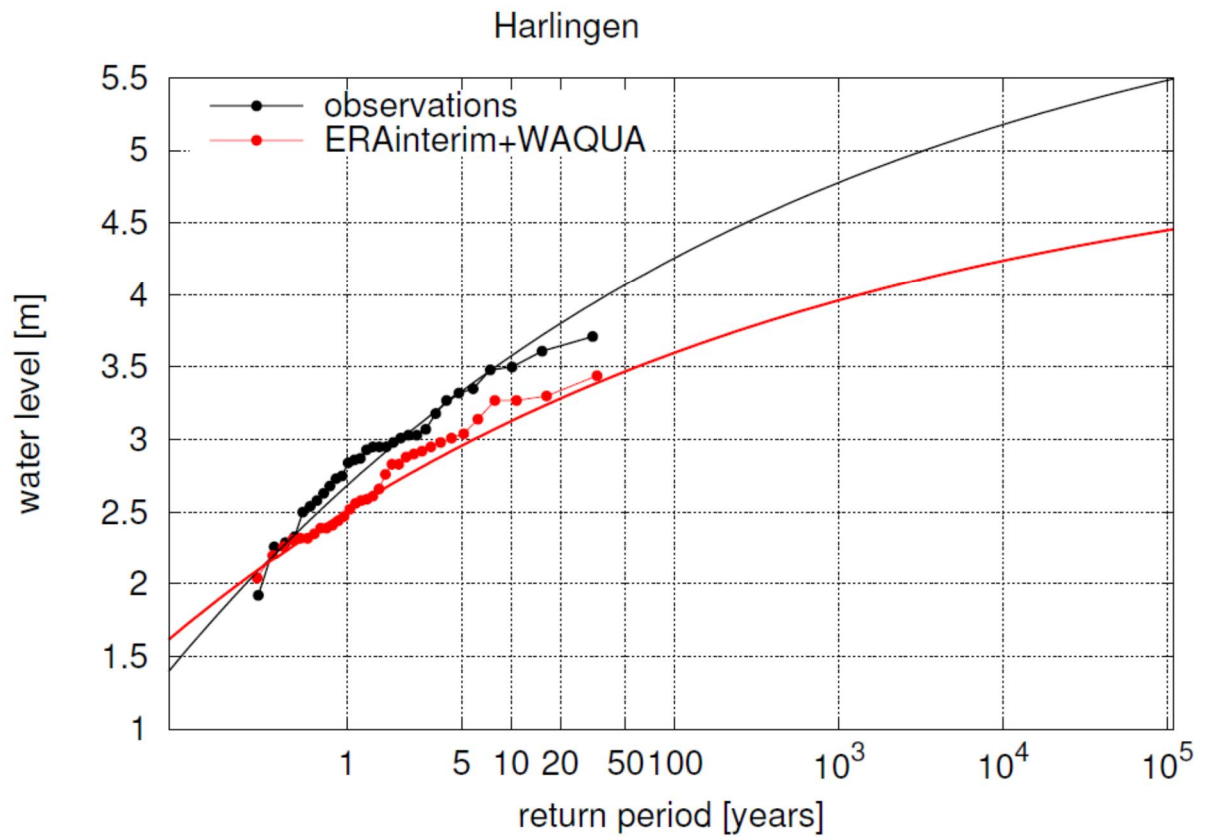


Figuur 1: Gumbelplot van de jaarmaxima in Harlingen. Rood: 78 jaar observaties, zwart: 3439 jaar ECMWF+WAQUA, stippe lijnen: GEV extrapolaties vanuit 45 subsets van elk 78 jaar. Blauw: GEV fit aan de observaties met de vormparameter van het model,

Door WAQUA aan te drijven met ERA-Interim (die de beste consistente representatie geeft van het weer van de afgelopen 35 jaar, gebruik makend van hetzelfde ECMWF model), kan een rechtstreekse vergelijking van de waargenomen en gemodelleerde waterstanden plaatsvinden.

Figuur 2 geeft de Gumbelplot voor de periode 1979-2011. Hier vallen twee dingen op. Ten eerste is de afvlakking die de observaties laten zien voor de hoogste maxima ook zichtbaar in de modeluitvoer. Ten tweede blijkt de helling van de Gumbelfit voor het model inderdaad ook in de ERA-Interim periode te laag te zijn, in dezelfde mate als in Figuur 1. Vermoedelijk heeft dit te maken met de horizontale resolutie van ERA-Interim/ECMWF, waardoor boven het Waddengebied een wind berekend wordt die geldt boven land, resulterend in te lage wind. Dit geldt ook langs de Hollandse kust, maar de waterstanden in het Waddengebied zijn veel gevoeliger voor de lokale wind

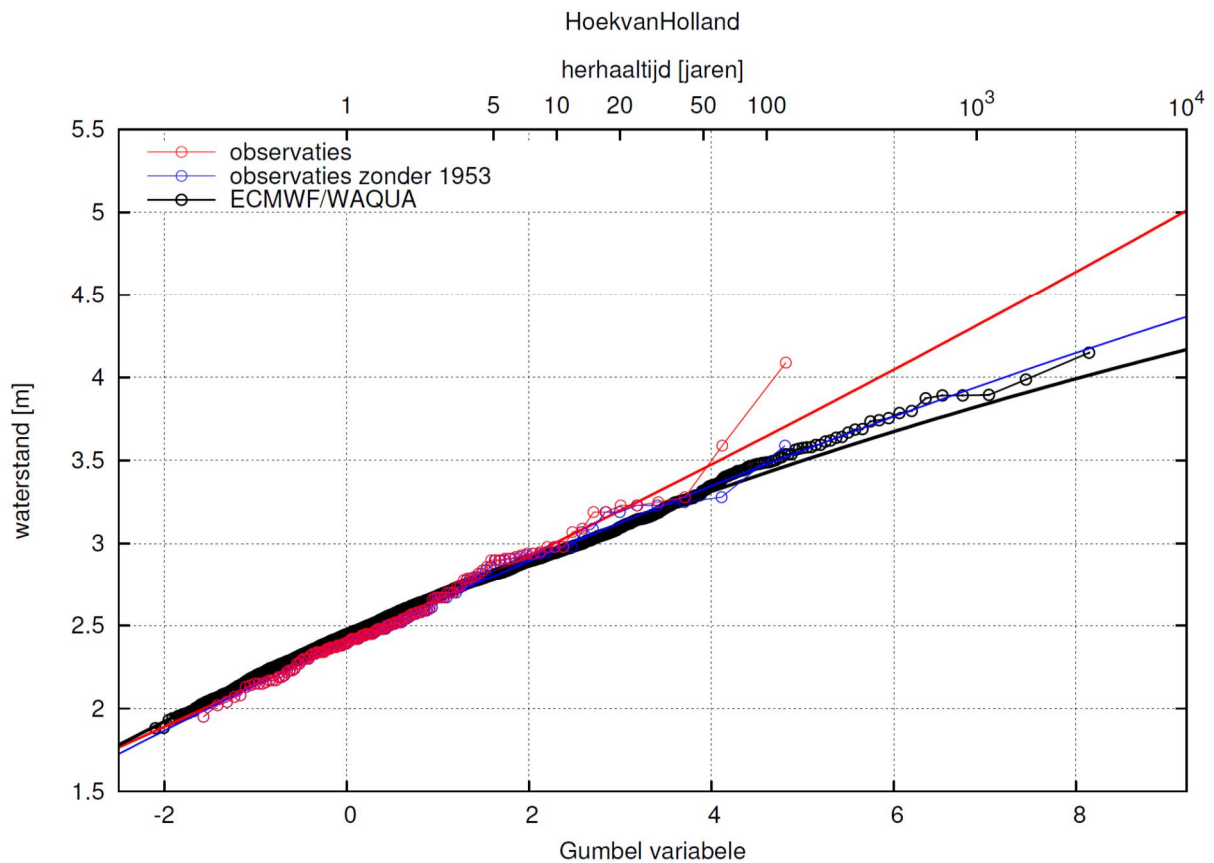
dan die langs de Hollandse kust.



Figuur 2: Gumbelplot voor de waargenomen (rood) en gemodelleerde (zwart) waterstanden in Harlingen voor 1979-2011. De lijnen geven de GEV fit met de vormparameter gefixeerd op 0.12.

Hoek van Holland

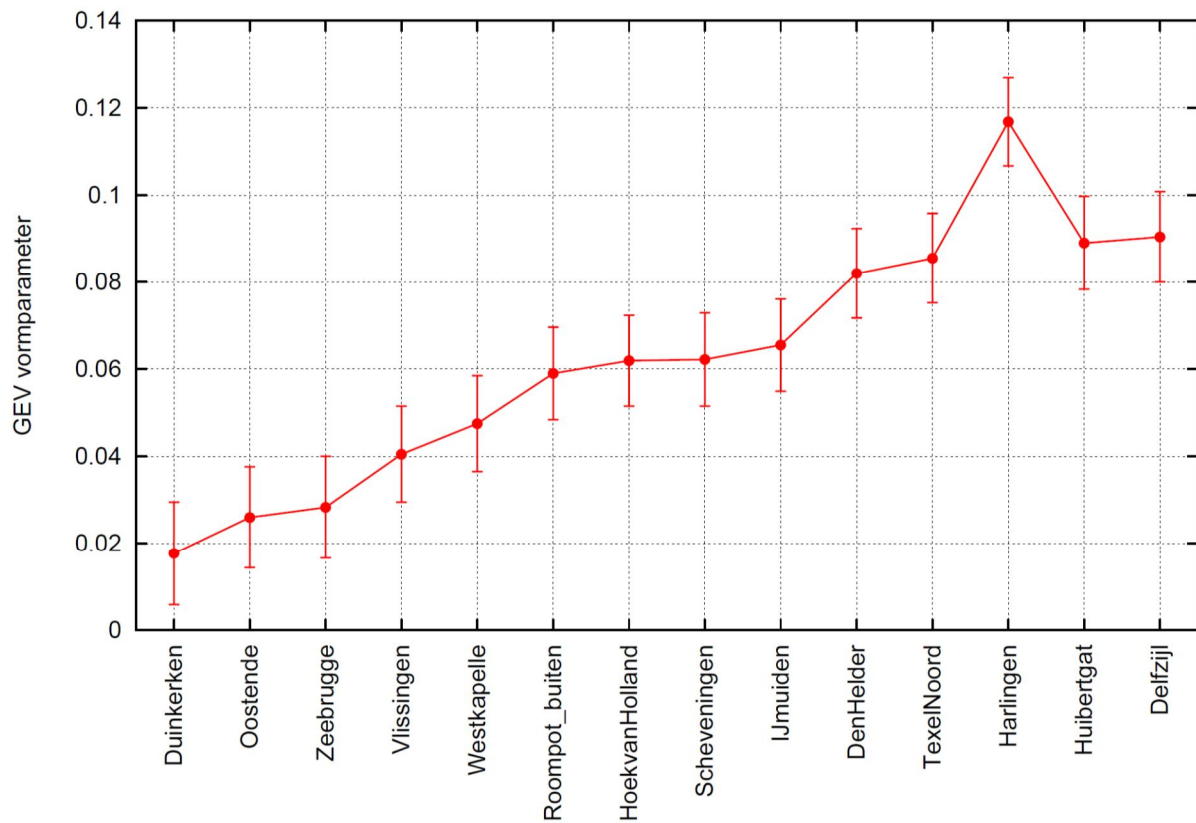
Figuur 3 geeft de Gumbelplot voor de waterstand in Hoek van Holland. De observaties geven een hogere fit dan het model, maar dit kan volledig toegeschreven worden aan de grote invloed die de waterstand van 1953 heeft, zowel op de fit als op de visuele weergave in een Gumbelplot. Om dit te illustreren, is in Figuur 3 ook weergegeven (in blauw) hoe de punten en fit eruit zouden zien als '1953' buiten beschouwing wordt gelaten.



Figuur 3: Gumbelplot aan de waarnemingen (rood) en het model (zwart). Buiten beschouwing laten van '1953' resulteert in de blauwe punten + lijn.

Vormparameter

De GEV vormparameter, geschat uit de 3439 jaarmaxima van het model, is voor een groot aantal kuststations weergegeven in Figuur 4. Hier vallen een aantal dingen op. Ten eerste is de vormparameter overal positief (neerwaarts gekromd), waarbij de kromming toeneemt van zuid-west naar noord-oost². Ten tweede is de vormparameter vanaf Den Helder tot Delfzijl sterker gekromd dan langs de Hollandse kust. Ten derde is de uitschieter voor Harlingen opmerkelijk. Dit lijkt een aanwijzing dat hier lokale effecten een grote rol spelen.

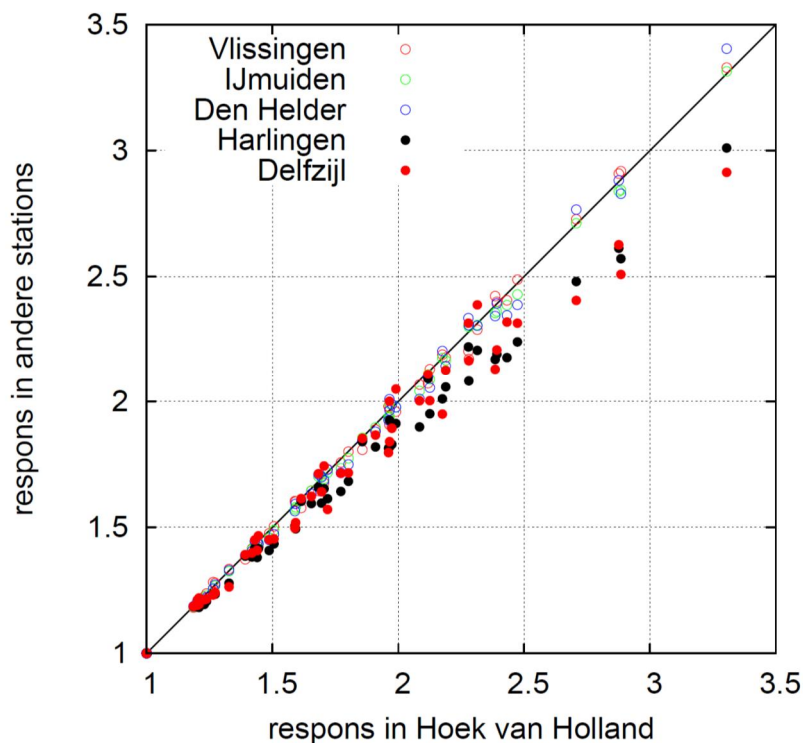


Figuur 4: GEV vormparameter ("krommingsterm") van de waterstand voor verschillende locaties langs de kust. Een vormparameter van 0 correspondeert met een lineaire extrapolatie. De verticale lijnen geven de standaard fout weer.

² Om een gevoel voor de grootte te geven: een vormparameter van 0.1 geeft een 10^4 -jaar schatting die ongeveer 1 meter lager is dan een vormparameter van 0.

Opschaling

De sterkere kromming in het Waddengebied impliceert dat voor extreme situaties de waterbeweging een belemmerende factor wordt, en de waterstand niet (meer volledig) gedomineerd wordt door de sterkte van het windveld, terwijl de waterbeweging voor de Hollands kust geen belemmering vormt. Om dit te onderzoeken zijn de stormen die de 10 hoogste wateropzettingen in Hoek van Holland veroorzaakten, geanalyseerd³. Het windveld van de genoemde 10 stormen is in stappen van 0.1 vermenigvuldigd tot een factor 1.5. Figuur 5 geeft aan hoe de maximale waterstand toeneemt ten opzichte van het ongestoorde windveld als functie van de toename in referentie station Hoek van Holland. Te zien is dat de stations langs de Hollandse kust dezelfde toename in waterstand geven als Hoek van Holland, maar dat Harlingen en Delfzijl voor extreme situaties minder respons geven op dezelfde forcering dan Hoek van Holland. Dit bevestigt het beeld dat er een fysisch mechanisme ten grondslag ligt aan de neerwaartse kromming van de waterstanden in het Waddengebied.



Figuur 5: Relatieve toename van de maximale waterstand bij opschaling van het wind- en drukveld voor de stormen die de 10 hoogste waterstanden in Hoek van Holland veroorzaakten. Zie de tekst voor verdere uitleg.

³ Het astronomisch getij is in dit onderzoek uitgeschakeld, zodat de berekende waterstand alleen een respons is op het wind- en drukveld, en interactie met het getij geen rol speelt.

Conclusie

De 3439 jaar van het ECMWF model zijn doorgerekend met WAQUA. Vooral voor Hoek van Holland is er een goede overeenkomst tussen model en waarnemingen. De extreme waterstanden laten zien dat de neerwaartse kromming sterker is in het Waddengebied dan langs de Hollandse kust. Dit beeld wordt bevestigd door opgeschaalde extreme stormen, die voor het Waddengebied tot minder waterstandstoename leiden dan langs de Hollandse kust. Dit ondersteunt de aanname dat de neerwaartse kromming van de extrapolatie een fysische basis heeft, en derhalve niet als vrije parameter in de onzekerheidsberekening hoeft worden meegenomen.

Aanbeveling

Een verdere onderzoek of de waterbeweging beperkend is in het Waddengebied kan plaatsvinden door te bepalen of de respons voor Harlingen en Delfzijl wél schaalt met die in Hoek van Holland als het windveld gedurende lange tijd constant gehouden wordt.

Literatuur

- van den Brink, H. W., and G. P. Können (2008), The statistical distribution of meteorological outliers, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L23702, doi:10.1029/2008GL035967
- van den Brink, H. W. and Können, G. P. (2011), Estimating 10000-year return values from short time series. *Int. J. Climatol.*, 31: 115–126. doi: 10.1002/joc.2047