

Deltaprogramma | Signaalgroep

Oplegpagina voor onderliggend document [Advies Signaalgroep Deltaprogramma 2024](#)

Titel: Trendanalyse rivierafvoeren in Noordwest Europa

Korte samenvatting:

De Signaalgroep heeft onderzocht in hoeverre er trends te zien zijn in de hoge en lage rivierafvoeren en heeft daartoe niet alleen naar individuele rivieren in Nederland gekeken, maar ook naar een combinatie van 10 rivieren in Noordwest Europa. Er is een sterk signaal dat de lage rivierafvoeren aan het afnemen zijn in Noordwest Europa. Voor zowel de Maas als de Rijn lijkt de trend in de waarnemingen meer op de droge KNMI-scenario's dan op de natte scenario's. De huidige trend van de zomer-gemiddelde afvoer zit aan lage kant van het midden droge scenario in 2050; de afname lijkt dus sneller te gaan dan in de Deltascenario's is voorzien. Ons advies is om te onderzoeken of de droogtetrend ook bij andere indicatoren aan de hoge snellere kant ligt en of dit aanleiding is voor het bijstellen van de Deltascenario's. Tegelijkertijd adviseren om te blijven monitoren en te onderzoeken wanneer er een sterker signaal verwacht kan worden voor hoge rivierafvoeren.

Doel advies (doorhalen wat niet van toepassing is):

ontwikkelen nieuwe kennis / formuleren van beleid / ~~inzetten bestaande kennis en beleid anders, namelijk:~~

Relatie met doelen Deltaprogramma (doorhalen wat niet van toepassing is):

~~aanpassen / versnellen / vertragen VKS of DB / evt. overige doelen anders, namelijk:~~

Sterkte van signaal (doorhalen wat niet van toepassing is):

~~zwak (early warnings van wat mogelijk kan gebeuren) / sterk (relatief zeker/betrouwbaar)~~
[dit heeft betrekking op het signaal over lage rivierafvoeren]

Soort ontwikkeling (doorhalen wat niet van toepassing is):

~~fysieke en sociaal-economische omstandigheden / kennis en techniek / politiek en maatschappelijke preferenties~~

Auteur(s): Ferdinand Diermanse en Marjolijn Haasnoot (Deltares)

Gereviewd door: Jules Beersma (KNMI)

Trendanalyse rivierafvoeren in Noordwest Europa

Extreme rivierafvoeren en gerelateerd waterbeheer zijn medebepalend voor de waterveiligheid en zoetwatervoorziening. De grote variabiliteit in de rivierafvoeren bemoeilijkt het detecteren van trends. De Signaalgroep heeft onderzocht in hoeverre er nu al trends te zien zijn in de hoge en lage rivierafvoeren en heeft daartoe niet alleen naar individuele rivieren in Nederland gekeken, maar ook naar een combinatie van 10 rivieren in Noordwest Europa.

Verschillende meetstations voor de grote rivieren in Noordwest Europa zijn gekozen voor de analyse omdat deze een vergelijkbare klimaatverandering ondervinden en alle voor de hoge en lage afvoeren neerslag-gedomineerd zijn. Er is niet alleen gekeken naar het jaarmaximum en het jaarminimum, maar ook naar andere indicatoren die minder gevoelig zijn voor sterke variabiliteit, namelijk het jaar-, zomer- en wintergemiddelde, de 10 procent hoogste afvoer en de laagste 7-daags gemiddelde afvoer per jaar.

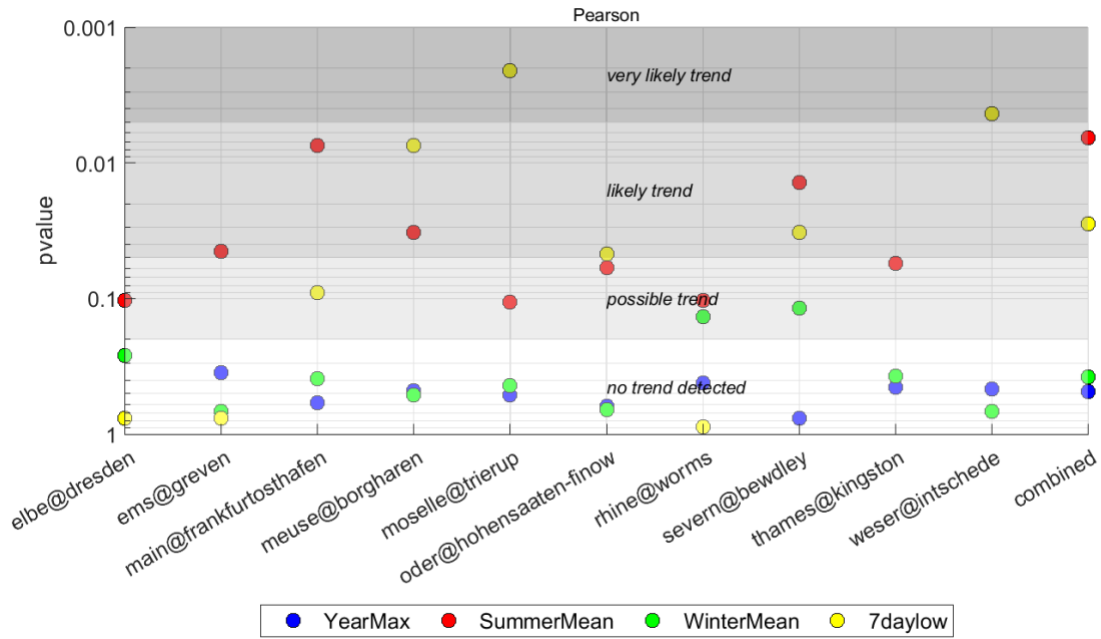
Voor indicatoren die gerelateerd zijn aan laagwaters, is onderzocht of er sprake is van een *dalende* trend ('linkszijdige toets') omdat een dalende trend de impacts van laagwaters zal vergroten. Om dezelfde reden is voor indicatoren die gerelateerd zijn aan hoogwaters, onderzocht of er sprake is van een *stijgende* trend ('rechtszijdige toets'). Daarbij zijn drie verschillende perioden beschouwd: 1950–1996, 1996–2024 en 1950–2024.

Er zijn diverse statistische toetsen op de data uitgevoerd. De belangrijkste uitkomst van de toetsen is de "p-waarde". Hoe kleiner de p-waarde, des te sterker de indicatie dat er sprake kan zijn van een trend. Tabel 1 en Figuur 1 tonen een aantal van de berekende p-waarden. Met verschillende grijs tinten is de sterkte van het signaal in vier klassen ingedeeld, waarbij opgemerkt moet worden dat de grenswaarden tussen de klassen per definitie subjectief zijn.

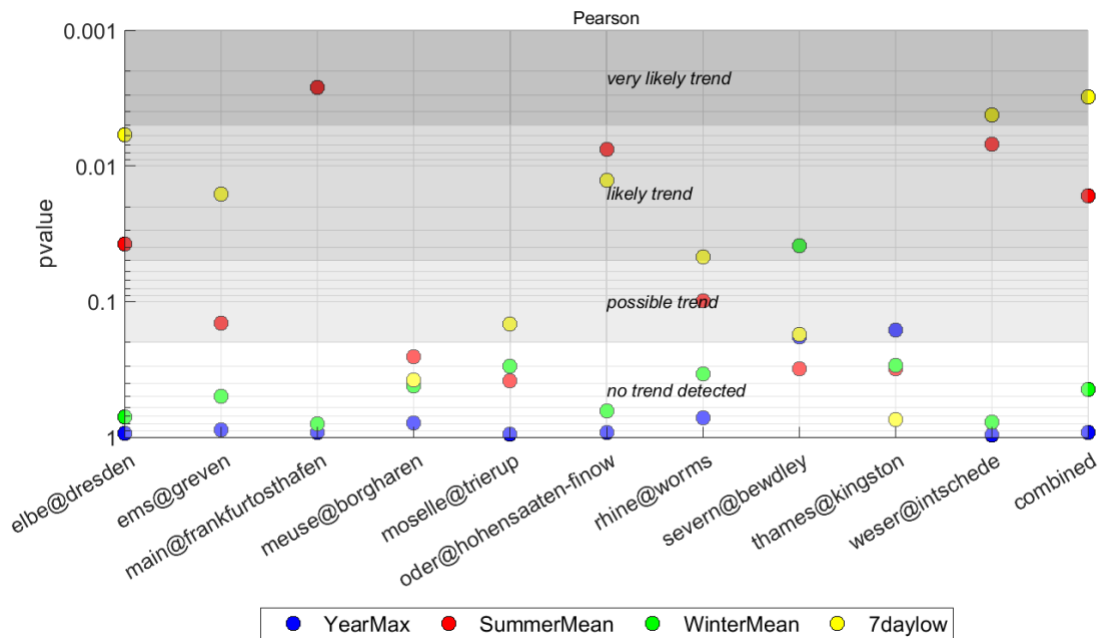
Uit de resultaten blijkt dat (sterke) trends alleen waargenomen worden bij indicatoren gerelateerd aan laagwaters, en dat die (dalende) trends vooral optreden na 1996. Bij de hoogwaters zien we bij de gecombineerde waarde geen stijgende trends (mogelijk wel een dalende trend, maar dat is niet onderzocht). Voor de Rijn is er een matige stijgende trend te zien in de wintergemiddelde afvoeren.

Tabel 1. Gecombineerde p-waarden op basis van de 'Pearson t-test' en individuele p-waarde voor Rijn en Maas voor 7 indicatoren en 3 verschillende perioden. Hoe kleiner de p-waarde, des te sterker de indicatie dat er sprake kan zijn van een trend. De kleuren geven daarmee aan of er een sterke of zwakke trend is. Wit is geen trend, licht grijs is mogelijke trend, grijs is waarschijnlijke trend, donker grijs is een zeer waarschijnlijke trend.

Indicator	Gecombineerde tests			Rijn	Maas
	1950–2024	1950–1995	1996–2024	1950–2024	1950–2024
Jaarmaximum afvoer	0,4868	0,1157	0,9208	0,4222	0,4807
Jaarminimum afvoer	0,0170	0,3822	0,0071	0,8823	0,0123
Jaargemiddelde afvoer	0,8292	0,2967	0,9551	0,6427	0,8050
Zomergemiddelde afvoer	0,0065	0,4442	0,0167	0,1037	0,0326
Wintergemiddelde afvoer	0,3813	0,1886	0,4476	0,1356	0,5118
10 procent hoogste afvoer per jaar	0,5291	0,1663	0,8712	0,3506	0,3416
Laagste 7-daags gemiddelde afvoer per jaar	0,0282	0,4989	0,0031	0,8799	0,0075

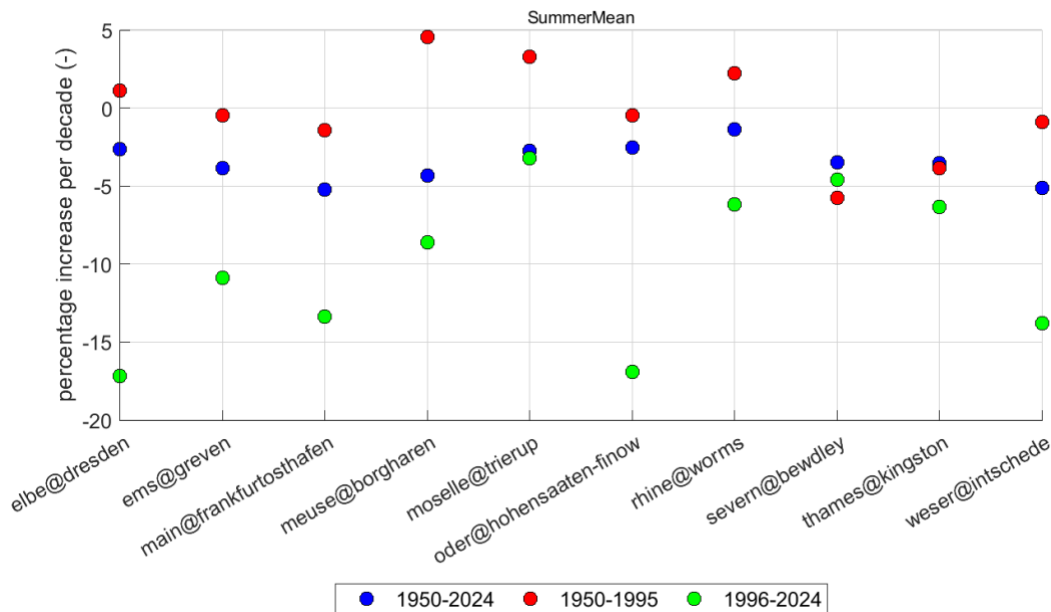


Figuur 1. Berekende p-waarden van de jaarmaximum afvoer, de zomergemiddelde afvoer, de wintergemiddelde afvoer en de laagste 7-daagse gemiddelde afvoer in de periode **1950–2024** voor 10 rivieren op basis van de 'Pearson t-test'. Tevens is de gecombineerde p-waarde getoond. De kleuren geven aan of er een sterke of zwakke trend is. Wit is geen trend, licht grijs is mogelijke trend, grijs is waarschijnlijke trend, donker grijs is een zeer waarschijnlijke trend.

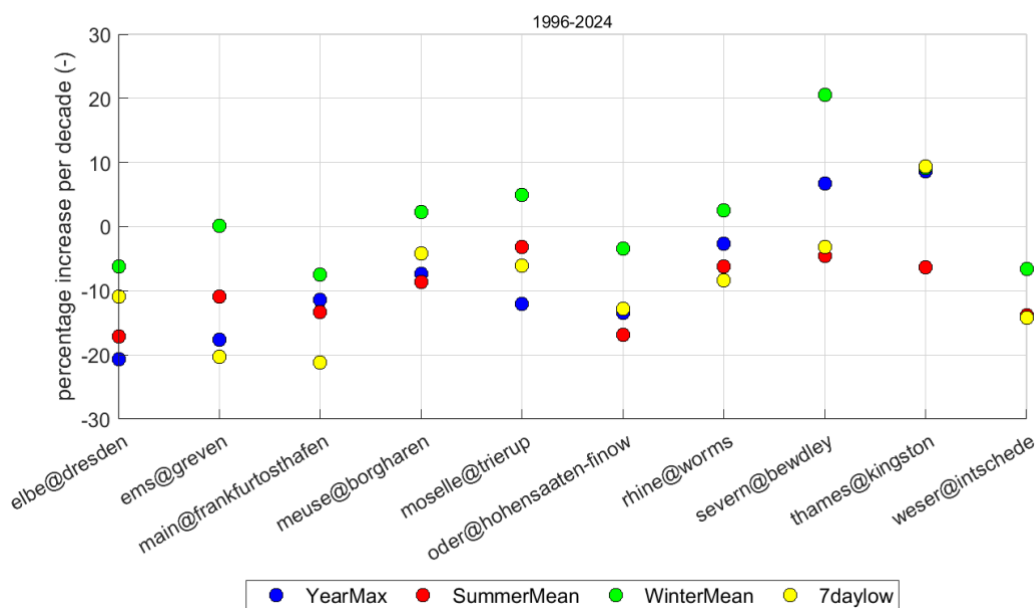


Figuur 2. Berekende p-waarden van de jaarmaximum afvoer, de zomergemiddelde afvoer, de wintergemiddelde afvoer en de laagste 7-daagse gemiddelde afvoer in de periode **1996–2024** voor 10 rivieren op basis van de 'Pearson t-test'. Tevens is de gecombineerde p-waarde getoond. De kleuren geven aan of er een sterke of zwakke trend is. Wit is geen trend, licht grijs is mogelijke trend, grijs is waarschijnlijke trend, donker grijs is een zeer waarschijnlijke trend.

Naast p-waarden zijn ook absolute en procentuele toe- en afnames van rivierafvoeren geanalyseerd. Figuur 3 vergelijkt de gemiddelde procentuele toename (of afname als de getallen negatief zijn) van de zomergemiddelde afvoer van de 10 rivieren voor drie verschillende perioden. Uit deze Figuur blijkt dat de dalende trends over het algemeen vooral na 1996 zijn ingezet. Uit Figuur 4 blijkt dat deze dalende trend ook te zien is in de jaar-maximale afvoer en de laagste 7-daagse gemiddelde afvoer. Voor de wintergemiddelde afvoer is het beeld meer ‘gemixt’. Merk op dat de dalende trend in jaarmaxima in Figuur 4 niet heeft geresulteerd in significante trends (‘lage p-waarden’) in Figuur 1, omdat voor deze indicator in Figuur 1 getoetst is op een mogelijke *stijgende* trend en niet op een dalende trend.



Figuur 3. Gemiddelde procentuele toename van de zomergemiddelde afvoer per 10 jaar, berekend over drie perioden: 1950–2024, 1950–1995 en 1996–2024.



Figuur 4. Berekende gemiddelde procentuele toename van de jaarmaximum afvoer, de zomergemiddelde afvoer, de wintergemiddelde afvoer en de laagste 7-daagse gemiddelde afvoer in de periode 1996–2024 voor 10 rivieren.

Klimaatscenario's

Als we de resultaten vergelijken met de toekomstprojecties voor de Rijn en de Maas op basis van modelsimulaties voor de KNMI'23 scenarios (zie bijlage) dan vinden we het volgende:

- Voor de Rijn¹ is de trend van het 7-daags minimum en het zomergemiddelde lager dan of aan de lage kant van de onzekerheidsband voor de geprojecteerde trend in 2033. De trend in de waarnemingen lijkt eerder op de droge scenario's dan de natte scenario's. En voor het zomergemiddelde lijkt de trend nu al op het middenscenario in 2050. Het lijkt dus sneller te gaan (droger).
- Voor de Maas zijn de veranderingen voor het zomergemiddelde binnen de bandbreedte, maar wel een de lage kant voor 2033. Dit lijkt meer op een hoog en droog scenario van de Deltascenario's. Voor het 7-daags minimum zitten de waarnemingen aan de hoge kant van de bandbreedte.
- Het jaarmaximum en de wintergemiddelde afvoer hebben geen significante stijgende trend. De waargenomen trend is binnen bandbreedte voor 2033. Andere rivieren laten grotere veranderingen zien.

Bevindingen andere studies

Hoewel we hier slechts een matig signaal vinden voor een stijgende trend in de gemiddelde winterafvoer voor de Rijn ($p=0,14$) en geen signaal voor de hoogwaters van de gecombineerde rivieren in Noordwest Europa, vinden andere studies wel een duidelijk signaal. Het IPCC (Bednar-Friedl et al. 2022) geeft aan dat neerslag de overstromingsdreiging met 11% heeft doen toenemen in 1960–2020 en een andere studie geeft aan dat het recente decennium het natst was in de afgelopen 500 jaar (Bloschl et al. 2020). Zhang et al. 2022 en Sauer et al. 2021 benadrukken het belang van disaggregatie om te voorkomen dat verschillende klimaatdrivers het signaal vertroebelen. Sauer vindt met disaggregatie een signaal van rivierafvoeren en overstromingsschade in Europa. Zhang vindt een sterk signaal van een toename van hoogwaters van 1,55% per decennium in regen-gedomineerde rivieren wereldwijd ($p<0,01$) en een matig signaal van 0,69% per decennium in door bodemvocht gedomineerde rivieren ($p=0,13$). Wereldwijd vinden ze een afname in sneeuwsmelt gedomineerde hoogwaters ($p<0,01$) en een matig signaal in de afname van rivierafvoeren gedomineerd door 'regen op sneeuw'. De door smelt gedomineerde Alpen rivieren hebben we niet meegenomen in de analyse, maar regen op sneeuw is ook van invloed op de rivieren die we wel hebben meegenomen.

Referenties

Bednar-Friedl, B., R. Biesbroek, D.N. Schmidt, P. Alexander, K.Y. Børsheim, J. Carnicer, E. Georgopoulou, M. Haasnoot, G. Le Cozannet, P. Lionello, O. Lipka, C. Möllmann, V. Muccione, T. Mustonen, D. Piepenburg, and L. Whitmarsh, 2022: Europe. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S.

¹ Het betreft hier een vergelijking tussen afvoeren bij Worms (historisch) en Lobith (toekomstscenario's).

- Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817–1927, doi:10.1017/9781009325844.015.
- Blöschl, G., Kiss, A., Viglione, A. et al. Current European flood-rich period exceptional compared with past 500 years. *Nature* 583, 560–566 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2478-3>
- Buitink et al (2023) Implications of the KNMI'23 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. Deltares rapport 11209265-002-ZWS-0003; https://publications.deltares.nl/11209265_002_0003.pdf
- Sauer, I.J., Reese, R., Otto, C. et al. Climate signals in river flood damages emerge under sound regional disaggregation. *Nature Communications* 12, 2128 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22153-9>
- Zhang, S., Zhou, L., Zhang, L. et al. Reconciling disagreement on global river flood changes in a warming climate. *Nature Climate Change* 12, 1160–1167 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01539-7>

Bijlage

Links en midden zijn resultaten van modelsimulaties met KNMI'23 scenarios ten opzichte van 1990 (Buitink et al., 2023; box-whisker plots). Rechts de verandering in de observaties op basis van meetgegevens 1996-2024.

