

Memo

Aan
Bas de Jong, Francien van Luijn, Neeltje Kielen

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
7 november 2016	1230078-000-BGS-0001	40
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Nienke Kramer Marjolein Mens	+31(0)88335 8134	nienke.kramer@deltares.nl

Onderwerp
Methode voor het afleiden van een 100-jarige toekomstige afvoerreeks voor Lobith en Monsin

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	07 nov. 2016	N. Kramer		J.Beckers		H. van der Klis	

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Voor beleidsvorming rondom zoetwatervoorziening in Nederland, nu en in de toekomst, wordt gebruik gemaakt van berekeningen met het Nationaal Water Model. Dit model heeft invoer nodig (zoals neerslag, verdamping en rivierafvoeren) die past bij de Deltascenario's. Voor het genereren van afvoerreeksen voor Rijn en Maas behorende bij de Deltascenario's is tot nu toe gebruik gemaakt van het HBV-model, waarbij de HBV-modelinvoer (neerslag en temperatuur) in het stroomgebied aangepast wordt aan het betreffende klimaatscenario. Deze neerslag en temperatuurtijdreeksen zijn beschikbaar voor de periode 1951-2006 (Rijn) en 1967-2006 (Maas).

Voor sommige toepassingen is een langere afvoerreeks van 100 jaar gewenst, maar voor het begin van de 20^e eeuw (1901 – 1951) is geen HBV modelinvoer beschikbaar. In dit memo wordt een transformatiemethode uitgewerkt om 100-jarige afvoerreeksen voor de toekomst af te leiden van de 100-jarige historische afvoermeetreeks. De methode wordt afgeleid van de HBV-afvoeren die wel beschikbaar zijn. De getransformeerde reeksen worden gebruikt als invoer voor het Nationaal Water Model, om voor heel Nederland een 100-jarige reeks met wateraanvoer en –tekort te kunnen berekenen. Directe eindgebruiker (en opdrachtgever) is het RWS project Wabes ("waterbeschikbaarheid"), die met een statistische nabewerkingstool de kans op waterbeschikbaarheid in het hoofdwatersysteem zal berekenen op voor de watergebruiker relevante inlaatpunten. Daarnaast worden de resultaten gebruikt in de Knelpuntenanalyse 2.0 voor DGRW.

In een eerdere fase van dit project is gekeken naar een eenvoudige transformatiemethode, de zogenaamde Delta Change Methode. Deze methode bleek echter niet geschikt. De conceptmemo (Sperna Weiland, 2016) waarin dit wordt beschreven is bijgevoegd als Bijlage A.

1.2 Doel

Het doel van dit memo is om een transformatiemethode te bepalen waarmee 100-jarige afvoerreeksen voor de Rijn en de Maas voor toekomstige klimaatscenario's kunnen worden gegenereerd uit geobserveerde 100-jarige historische afvoerreeksen.

De uitgangspunten van deze studie zijn als volgt:

- De 100-jarige afvoerreeksen worden primair afgeleid voor toepassing binnen Wabes, waarbij de focus ligt op droogte en laagwater. WVL heeft aangegeven dat de reeks ook een redelijke benadering moet geven van hoogwater situaties. Bij het afleiden van de reeksen wordt er daarom naar zowel laag- als hoogwater gekeken.
- In de gebruikte HBV reeksen is geen rekening gehouden met overstromingen bovenstrooms, zoals wel gebeurt in de officiële synthetische HBV reeksen die afgeleid zijn voor hoogwaterstudies: de GRADE studie (Hegnauer et al, 2014). De hier gegenereerde reeks wijkt dus af van de GRADE-reeks. We laten wel de resultaten voor hoogwaterstatistiek zien, omdat het ook voor laagwater belangrijk is dat de hoogwaterpieken niet teveel afwijken.
- De transformatiemethode is toegepast voor de volgende KNMI'14 klimaatscenario's:
 - 2050 GL
 - 2050 Whdry
 - 2085 GL
 - 2085 WhdryIn dit memo zullen resultaten worden getoond voor klimaatscenario "2085 Whdry". Dit klimaatscenario geeft de grootste effecten in zowel de droge als de natte perioden.
- De-trending van de historische tijdreeks wordt in deze fase van het project niet meegenomen.

1.3 Data

De transformatieformules worden afgeleid uit gesimuleerde tijdreeksen van dagafvoeren voor de Rijn bij Lobith en de Maas bij Monsin. Deze reeksen zijn met HBV modellen gesimuleerd ten behoeve van de update van de Deltascenario's (op basis van de KNMI'14 scenario's) die gebruikt worden binnen het project KPP NWM. Voor elk klimaatscenario zijn de verwachte veranderingen in temperatuur en neerslag verdisconteerd in de HBV invoer. Voor de Rijn zijn HBV simulaties voor huidige en voor toekomstig klimaat beschikbaar voor 1951-2006 en voor de Maas voor 1967-2006, voor de klimaatscenario's G_L en W_{Hdry} voor zichtjaar 2050 en 2085.

De transformaties zullen worden toegepast op twee 100-jarige gemeten afvoerreeksen (Rijn en Maas). Door middel van de af te leiden transformaties worden hieruit 100-jarige afvoerreeksen gegenereerd die de afvoerstatistiek voor toekomstig klimaat representeren.

De beschikbare tijdreeksen zijn:

- | | |
|--------------------|--|
| Q_{ref} | = 100 jarige gemeten reeks voor Lobith (1901-2014) en Monsin (1911-2014) |
| Q_{HBVref} | = HBV simulaties voor huidig klimaat voor Lobith (1951-2006) en Monsin (1967-2006). |
| $Q_{HBVclimate}$ | = HBV simulaties voor toekomstige klimaatscenario's voor Lobith (1951-2006) en Monsin (1967-2006). |
| $Q_{HBVcorrected}$ | = Tijdreeks uit Sperna Weiland (2016). Hierin is de HBV simulatie voor toekomstige klimaatscenario's gecorrigeerd aan de hand van metingen |

voor Lobith (1951-2006) en Monsin (1967-2006).

De in dit rapport gegenereerde tijdreeksen zijn:

$Q_{HBVclimateTrans}$ = klimaatreeks verkregen door transformatie van Q_{HBVref} .

$Q_{climate}$ = klimaatreeks verkregen door transformatie van Q_{ref} .

1.4 Aanpak

De kern van de transformatiemethode is dat cumulatieve frequentieverdelingen worden afgeleid van de met HBV gesimuleerde referentie en klimaatreeks. De transformatie f wordt dus afgeleid uit: $Q_{HBVclimate} = f(Q_{HBVref})$ en vervolgens toegepast op: $Q_{climate} = f(Q_{ref})$. De transformatie kan een lineaire of exponentiele functie zijn met 1 of meer parameters. We vergelijken vier varianten en beoordelen of de relevante statistieken van lage afvoeren, gemiddelde afvoer en zeer hoge afvoeren correct gereproduceerd worden.

In dit memo hebben we drie stappen gevolgd.

Stap 1: keuze transformatiemethode

In dit memo worden de resultaten van vier verschillende transformatiemethoden met elkaar vergeleken. Elke methode is een bepaalde relatie tussen de referentiereeks (Q_{HBVref}) en klimaatreeks ($Q_{HBVclimate}$). De vier methoden zijn:

- M1: $Q_{climate} = a * Q_{ref}^b$ met een fit op gemiddelde en standaarddeviatie van $\log(Q)$
- M2: $Q_{climate} = a * Q_{ref} + b$ met een fit door de puntenwolk waarbij Q_{HBVref} uitgezet is tegen $Q_{HBVclimate}$.
- M3: $Q_{climate} = a * Q_{ref}^b$ met een fit op de percentielwaarden P50 en P97.5.
- M4: $Q_{climate} = a * Q_{ref}^b$ met een fit op de percentielwaarden P5 en P60 voor $Q_{HBVref} < P60$ en $Q_{climate} = c * Q_{ref}^d$ met een fit op de percentielwaarden P60 en P95 voor $Q_{HBVref} \geq P60$.

Stap 2: uitvoeren transformatie

Met de gekozen transformatiemethode is de 100-jarige afvoerreeks ($Q_{climate}$) voor de verschillende klimaatscenario's afgeleid. Die in stap 1 afgeleide parameters zijn hierbij toegepast op de historische dagelijkse 100-jarige afvoerreeks (Q_{ref}).

Stap 3: check resultaten

In de laatste stap wordt in dit memo gekeken of de statistische eigenschappen van de getransformeerde tijdreeks $Q_{climate}$ overeenkomen met de tijdreeks $Q_{HBVcorrected}$ afkomstig van KPA Zoetwater, voor de periode 1981 – 2006.

2 Stap 1: keuze transformatiemethode

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een keuze gemaakt voor een transformatiemethode, hierbij wordt gekeken naar de functie en bijbehorende parameters keuze (paragraaf 2.2), het tijdwindow (paragraaf 2.4) en percentielwaarden (paragraaf 2.5).

2.2 Varianten

Om de relatie tussen Q_{climate} en Q_{ref} te beschrijven worden in dit memo vier alternatieve transformaties onderzocht. Dit zijn:

- M1: $Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$ met een fit op gemiddelde en standaarddeviatie van $\log(Q)$
- M2: $Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}} + b$ met een fit door de puntenwolk waarbij Q_{HBVref} uitgezet is tegen $Q_{\text{HBVclimate}}$.
- M3: $Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$ met een fit op de percentielwaarden P50 en P97.5.
- M4: $Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$ met een fit op de percentielwaarden P5 en P60 voor $Q_{\text{HBVref}} < P60$ en $Q_{\text{climate}} = c * Q_{\text{ref}}^d$ met een fit op de percentielwaarden P60 en P95 voor $Q_{\text{HBVref}} \geq P60$.

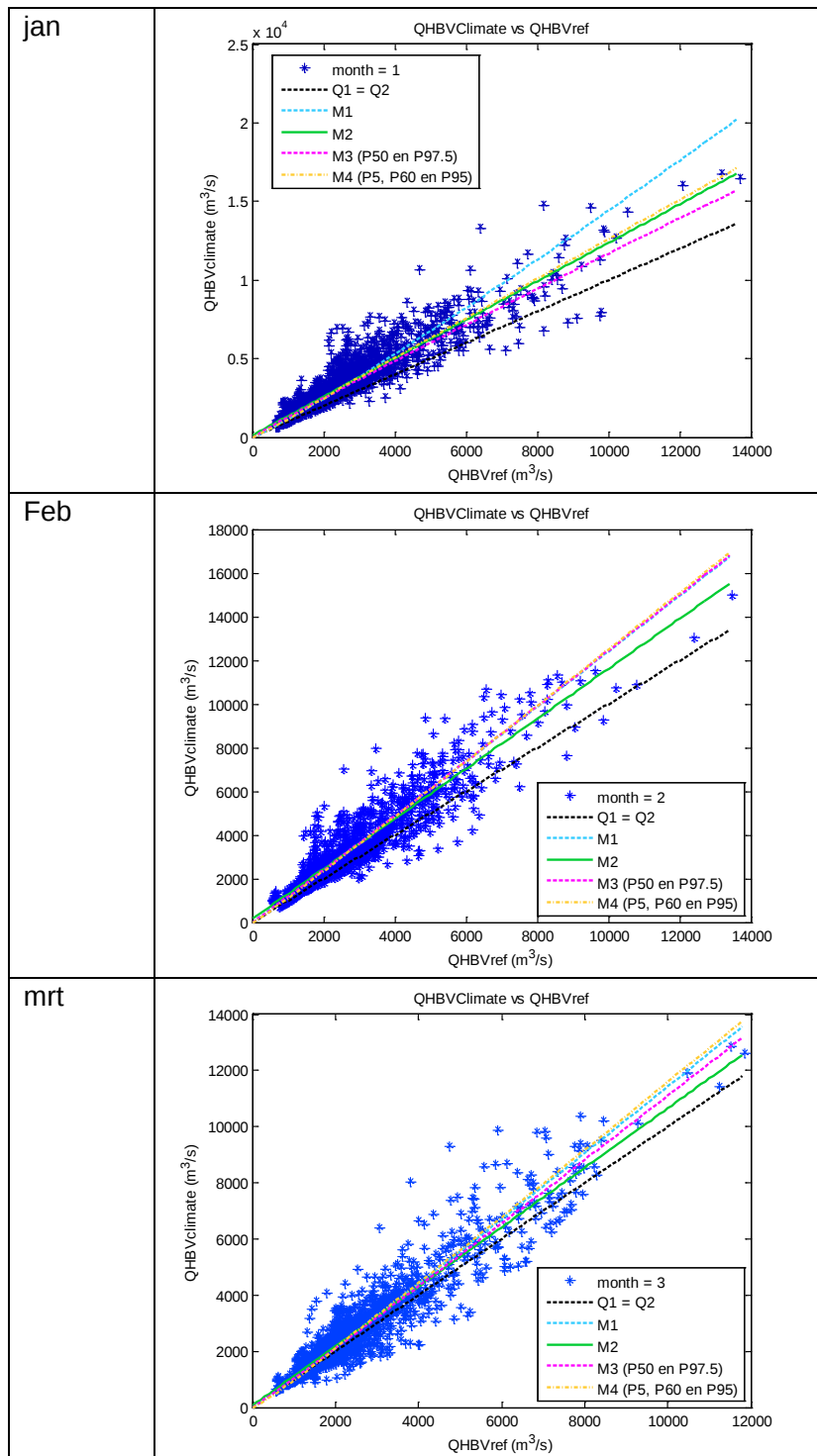
Voor M1 zijn de parameters a en b afgeleid uit het gemiddelde en standaarddeviatie van de log van de dagafvoeren. Hiervoor is gekozen omdat de afvoerreeks ongeveer lognormaal verdeeld is. Meer informatie over M1 wordt gegeven in Beckers(2016), bijlage C. Voor M2 is een regressielijn getrokken door de puntenwolk van de dagafvoeren van de HBV-Referentie en de bijbehorende dagafvoeren voor het HBV klimaat. Voor M3 is bij de fit gebruik gemaakt van twee percentiel-waarden volgens de methode beschreven in Van Pelt (2012). In M4 zijn drie percentielwaarden gebruikt om zowel de hoge en lage afvoeren goed te krijgen. Voor de keuze van de percentielwaarden wordt verwezen naar paragraaf 2.6.

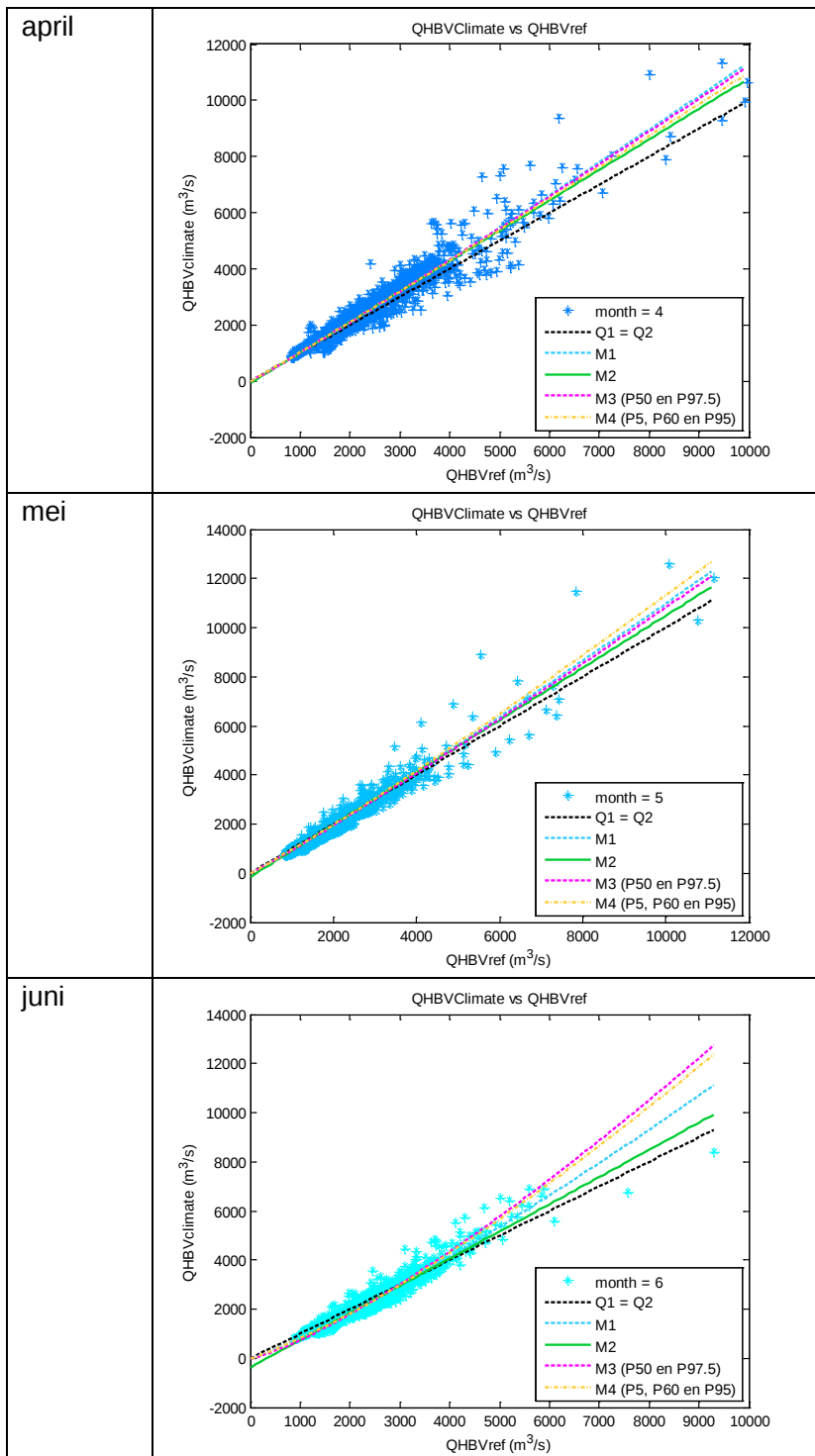
2.3 Analyse van de fit op basis van kalendermaanden

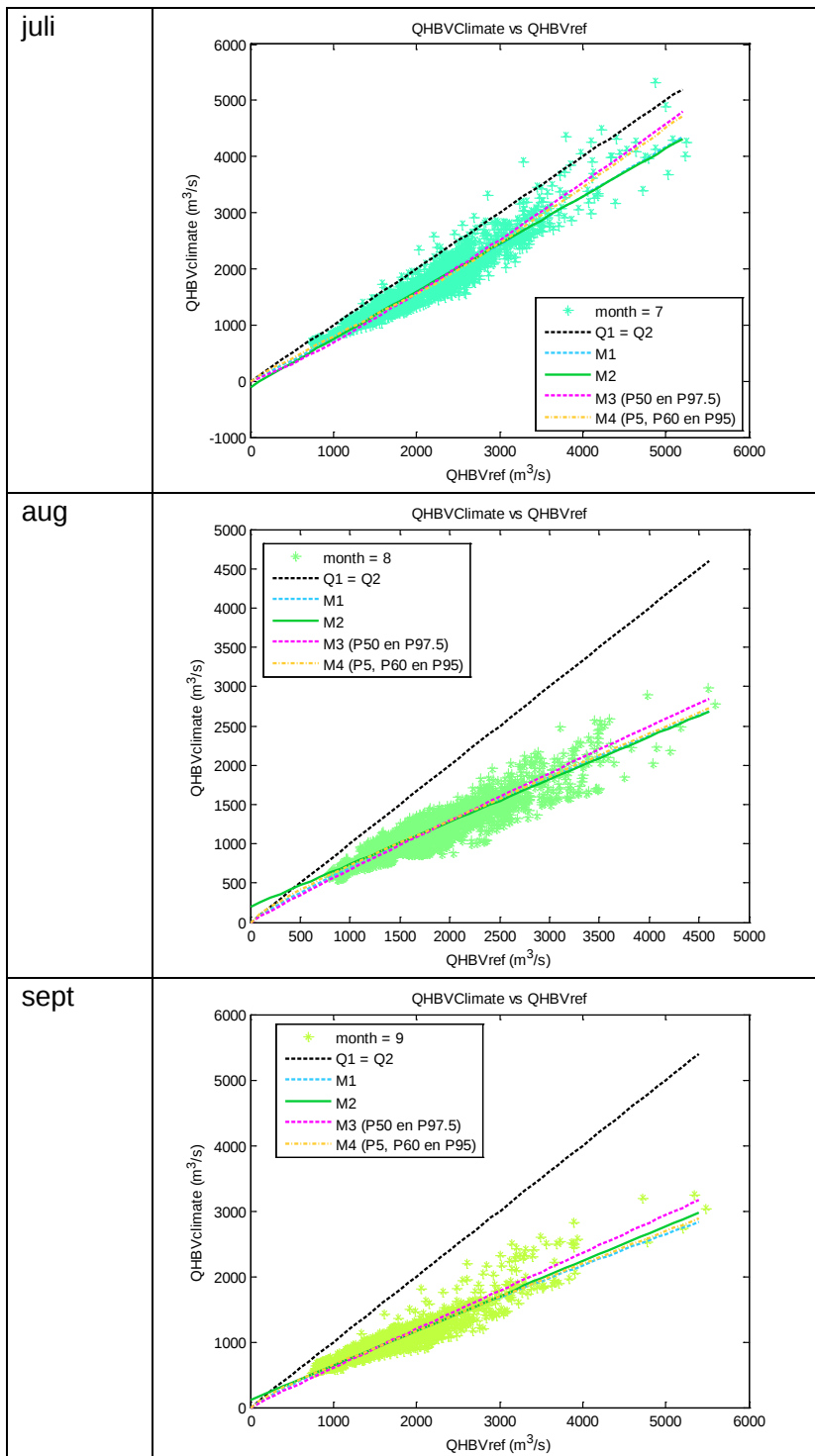
In Figuur 2.1 zijn voor het Whdry2085-Lobith klimaatscenario per kalendermaand de berekende dagelijkse afvoeren uit de Q_{HBVref} uitgezet tegen de afvoer op dezelfde dag uit de $Q_{\text{HBVclimate}}$ tijdreeks. In hetzelfde figuur zijn ook de fits van de vier transformatiemethoden gegeven.

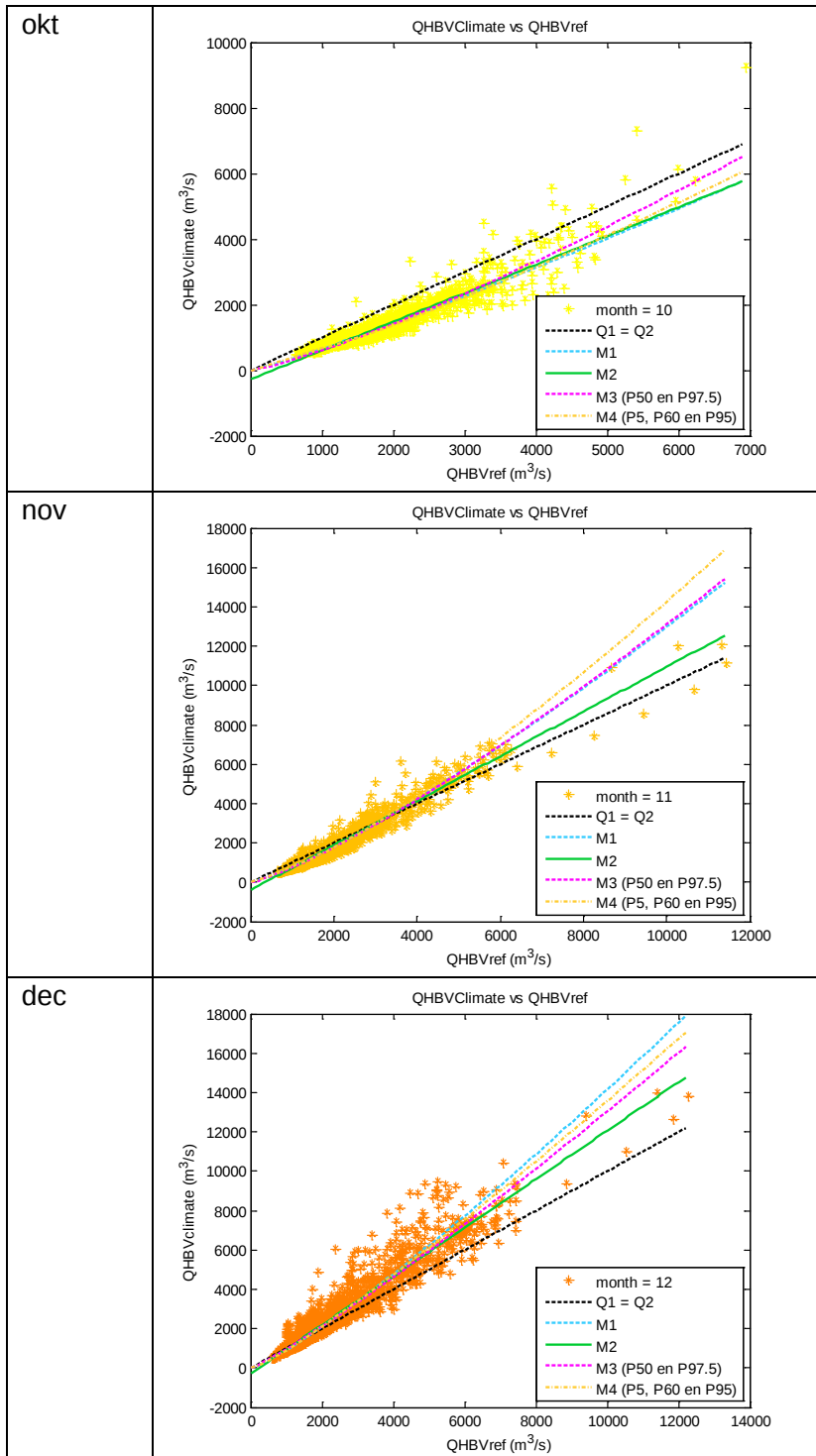
Conclusies uit onderstaande figuren zijn:

- Door klimaatverandering worden de afvoeren in de winter gemiddeld hoger. In de zomer worden de afvoeren gemiddeld juist lager. Het is dus nodig om per seizoen aparte a- en b-waarden af te leiden.
- Voor de lage afvoeren zijn de fits van M1 t/m M4 vergelijkbaar.
- Voor de hoge afvoeren treden er grote verschillen op tussen de vier methoden. Het is per maand erg verschillend welke relatie de beste fit geeft op de datapunten. Voor de maanden januari en december lijkt M2 een overschatting te geven, terwijl voor de maand juni dit het geval is voor M3 en M4. Voor de maand november geven M1, M3 en M4 een overschatting.





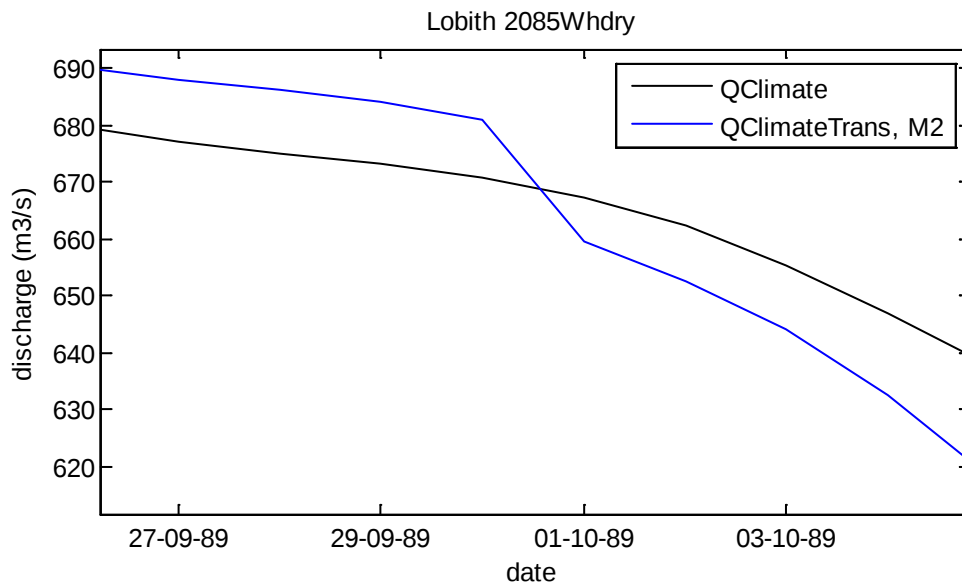




Figuur 2.1: Per kalendermaand is de dagelijks gemiddelde afvoer te Lobith uit de HBV referentie reeks (Q_{HBVref}) uitgezet tegen afvoer op dezelfde dag uit de HBV- WHdry tijdreeks ($Q_{HBVclimate}$). De blauwe, groene, magenta en gele lijnen geven de beste fits voor de vier beschreven transformaties M1 t/m M4 aan.

2.4 Overgangen tussen de kalendermaanden

De fit van een lineaire functie per kalendermaand blijkt goed te werken. Er zijn voldoende datapunten en het verloop van de parameters door het jaar is logisch. Echter, als de maandelijkse fits direct worden toegepast voor de transformatie van dagelijkse afvoeren, d.w.z. met abrupte overgangen van de coëfficiënten tussen twee opeenvolgende kalendermaanden, kan dit leiden tot sprongen in de tijdreeks (zie bijv. Figuur 2.2). Een mogelijkheid om dit op te lossen is om de parameterwaarden per kalenderdag af te leiden. Rond elke kalenderdag wordt dan een tijdwindow aangehouden om voldoende historische data te verzamelen waarmee de parameters van de transformatie bepaald kunnen worden. Hieronder worden resultaten van windows van 21 tot 91 dagen (met stappen van 10 dagen) te vergelijken. Een andere oplossing is het toepassen van een spline functie door de maandwaarden onderzocht.

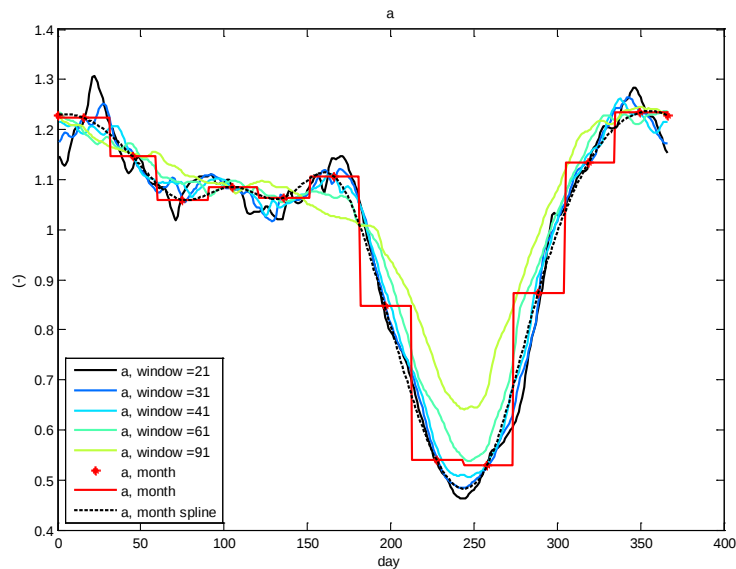


Figuur 2.2 Voorbeeld van een verspringing in afvoer op de maandgrens (blauwe lijn)

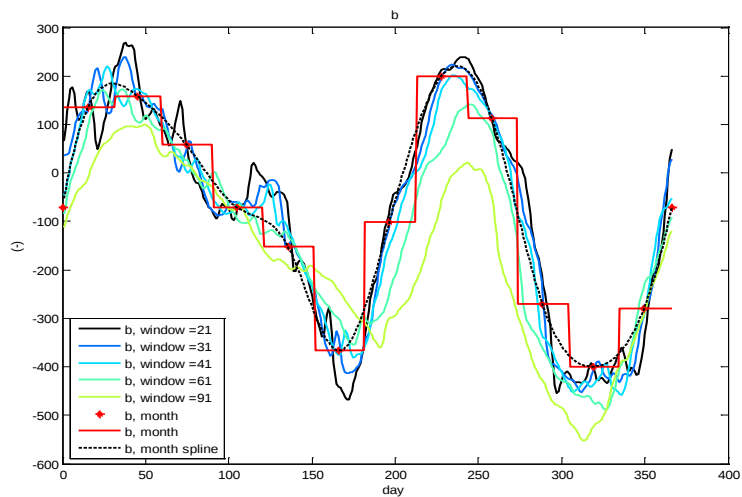
In Figuur 2.3 en Figuur 2.4 zijn voor M2 verschillende tijdwindows (van 21 t/m 91 dagen) de a- en b-waarden afgeleid. Bij een window van 21 dagen is per kalenderdag de a- en b- waarde vastgesteld op basis van alle historische data van deze dag en van de 10 dagen voor en 10 dagen na deze kalenderdag. De rode lijn geeft de a- en b- waarden per kalendermaand. De zwarte stippellijn is er een spline-functie door de maandwaarden.

Een window van 21 dagen blijkt een ruizig beeld op te leveren. We zien een willekeurige variatie van de coëfficiënten op een tijdschaal van ongeveer 10 dagen. Een window van 91 dagen geeft een vloeiender beeld, maar een dergelijk groot window lijkt ook veel echte variatie uit te middelen. Rond september (dag 250) zien we kleinere absolute waarden van a en b dan bij kleinere windows. De spline functie door de maandwaarden geeft een vloeiend beeld zonder ongewenste uitmiddeling. Figuur 2.5 laat echter zien dat met deze methode onrealistische afvoeren optreden, doordat de spline functie blijkbaar combinaties van a- en b-waarden produceert die niet bij elkaar passen. Het toepassen van de spline functie valt hierdoor af. Het lijkt dus het meest logisch om te werken met een meebewegend tijdwindow met een interval van ongeveer een maand. Er wordt dan ook gekozen voor een tijdwindow van

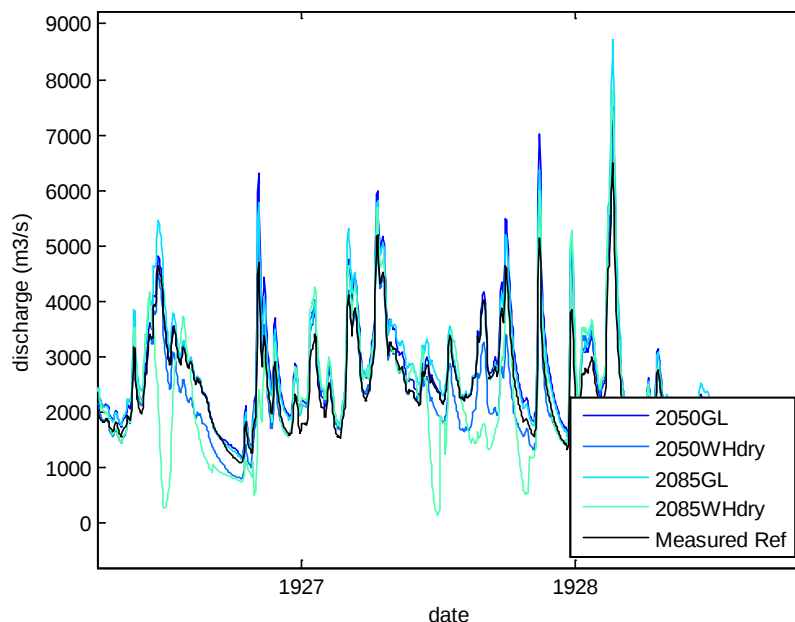
31 dagen. Per transformatiemethode zijn de parameters afgeleid gebruik makend van een tijdwindow van 15 dagen vooruit en 15 dagen achteruit.



Figuur 2.3 *a*-parameter M2 voor verschillende tijdwindows (Lobith WHdry2085).



Figuur 2.4 *b*-parameter M2 voor verschillende tijdwindows (Lobith WHdry_2085) .



Figuur 2.5 Getransformeerde reeks ($Q_{climate}$) voor Lobith gebruikmakend van transformatie M4 (P5, P60, P95)

2.5 Score op criteria

In deze paragraaf wordt gekeken in hoeverre de getransformeerde tijdreeksen ($Q_{HBVclimateTrans}$) van M1 t/m M4 overeenkomen met de $Q_{HBVclimate}$.

Daarbij worden de volgende criteria gebruikt:

1. gemiddelde/standaarddeviatie/variatie- coëfficiënt (CV);
2. frequentiecurve hoogwaters;
3. frequentiecurve jaarlijkse afvoertekorten in het zomerhalfjaar;
4. frequentiecurve duur afvoertekort per gebeurtenis;
5. tijdsverloop afvoeren voor specifieke droge jaren 1976, 1989 en 2003.

Ad 1. De coëfficiënt of variation (CV) wordt berekend door de standaard deviatie te delen door het gemiddelde.

Ad 2. Een goede overeenkomst van de kans op extreme afvoeren is geen vereiste (de tijdreeksen zullen vooral worden toegepast voor droogtestudies) maar een pré.

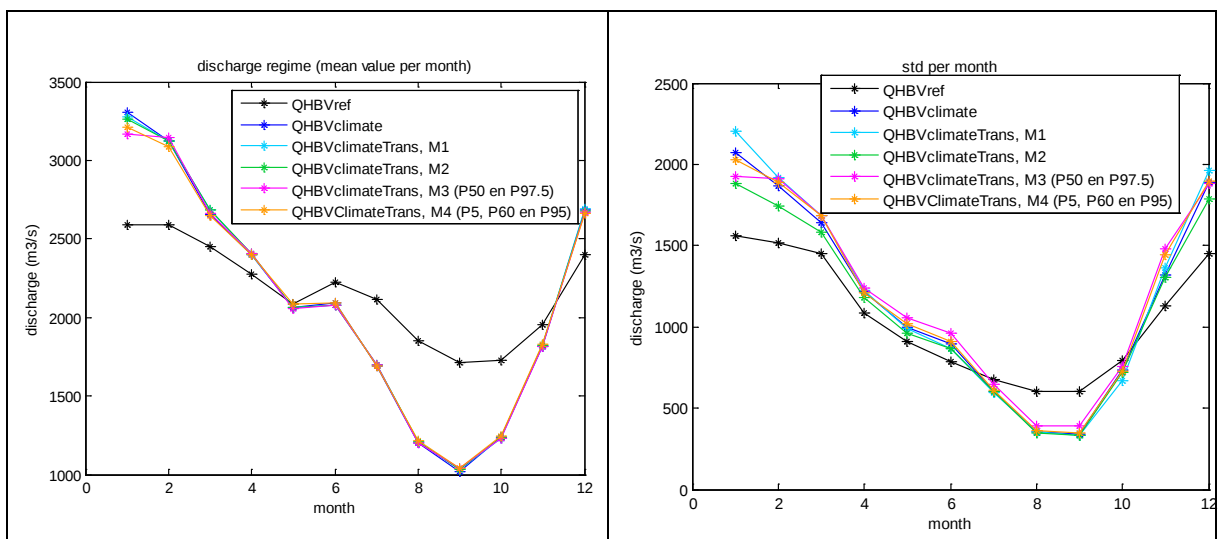
Ad 3. Om afvoertekort per zomerhalfjaar te berekenen wordt de integraal genomen over het verschil tussen de afvoer en de grenswaarde voor afvoeren onder de grenswaarde. Voor de Rijn hebben we een grenswaarde van 1800 m³/s en 1000 m³/s gebruikt. Voor de Maas hebben we een grenswaarde van 150 m³/s (gebruikelijk) en 60 m³/s gebruikt. Het afvoertekort is berekend over het zomerhalfjaar.

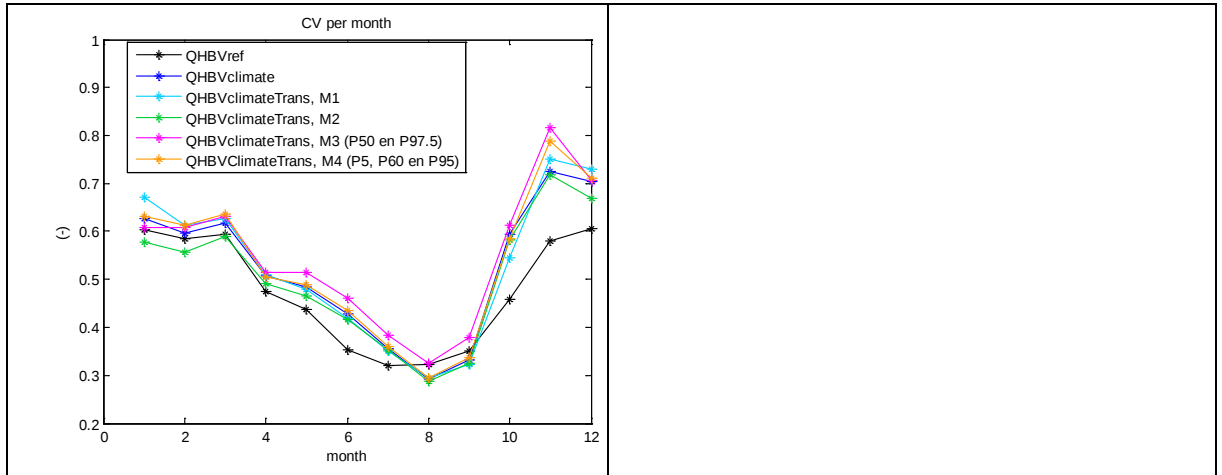
Ad 4. De duur van een enkelvoudig event wordt bepaald door de dagen te tellen waarbij de afvoer aaneengesloten lager is dan de grenswaarde, hierbij moeten de verschillende events minstens 5 dagen uit elkaar liggen. De gebruikte grenswaarden voor Lobith zijn 1000 en 1800 m³/s en voor Monsin 150 en 60 m³/s.

2.5.1 Resultaten Lobith 2085 Whdry

In onderstaande figuren zijn voor elk criterium verschillende tabellen en figuren gemaakt, hieruit kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Wanneer we naar de maandelijkse gemiddelde afvoer kijken dan is het gemiddelde van M1 en M2 praktisch gelijk aan het gemiddelde van $Q_{HBVClimate}$, M3 en M4 wijken gemiddeld genomen zo'n 20 m³/s af, de grootste afwijking is te vinden in de maand januari.
- Wanneer we naar de standaard deviatie kijken, dan zien alle varianten afwijkende waarden voor de wintermaanden. Gemiddeld genomen over de maanden geeft M4 de beste resultaten.
- De CV-waarden van de Q_{HBVref} per maand sterk variëren. Bij de overgang naar $Q_{HBVClimate}$ zien we de ene keer een daling en de volgende keer een stijging. Deze verandering kan per definitie niet gereproduceerd worden met een lineaire transformatie zonder constante (zoals eerder voorgesteld): $Q_{Climate} = a * Q_{ref}$, aangezien zowel het gemiddelde als de standaard deviatie met "a" toenemen en de CV dus altijd gelijk is aan die van Q_{HBVref} (zie ook Sperna weiland, 2016). Wanneer we in de tabel naar de verschillen kijken, zien we dat vier geselecteerden methoden wat betreft CV weinig onderscheidend zijn.
- Als we naar de jaarmaxima kijken, dan zien we dat M1 de extreme afvoeren ($T > 3$ jaar) sterk overschat. M3 en M4 geven vanaf $T > 10$ jaar ook een overschatting, maar deze overschatting is iets kleiner dan voor M1.
- Op het oog scoort M4 het beste op het criterium jaarlijks afvoertekort. Verder geldt dat M3 de slechtste resultaten geeft, dit heeft ermee te maken dat M3 niet gefit is op een lage percentielwaarde.
- Op het criterium duur van het afvoer-tekort (Figuur 2.9) scoren alle varianten M1 t/m M4 goed.
- Figuur 2.10 geeft het tijdsverloop van de afvoer voor de verschillende tijdreeksen. Alle getransformeerde reeksen geven een logisch verloop.





Figuur 2.6 Linksboven: gemiddelde afvoer per kalendermaand behorende bij de QHBVref, QHBVclimate en de getransformeerde tijdreeksen. Rechtsboven: standaarddeviatie per kalendermaand. Linksonder: CV per kalendermaand.

Tabel 2.1 Verschil in gemiddelde tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ of kleiner. De vakjes zijn rood bij een afwijking groter dan $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

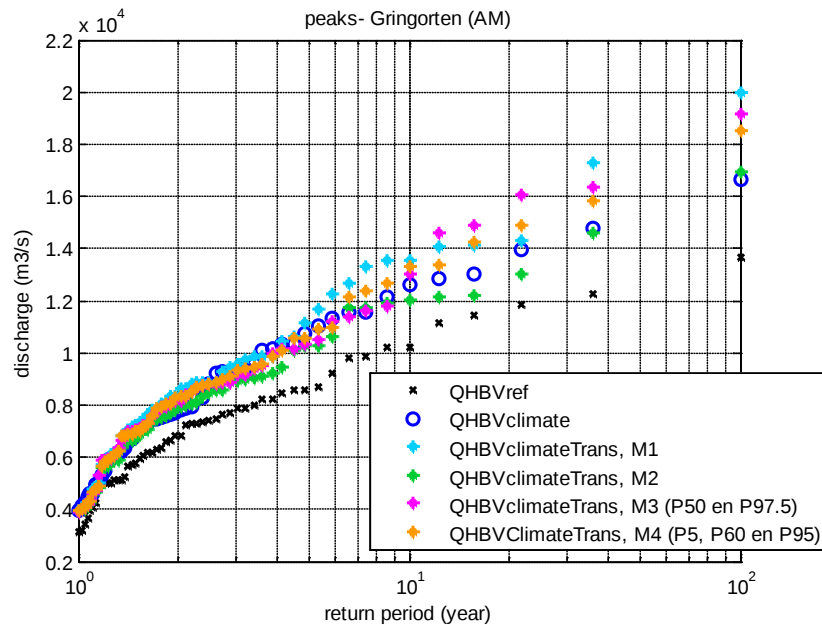
verschil in gemiddelde met QHBVclimate	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	-22	3	27	1	0	-16	4	7	12	-6	6	10	9.5
QHBVclimateTrans - M2	-40	-2	26	2	0	-12	8	8	13	3	6	-3	10.5
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	-138	21	10	8	-12	-16	4	4	19	-5	-1	-14	21.0
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	-93	-37	-7	-2	24	-1	-3	12	16	4	15	-19	19.4

Tabel 2.2 Verschil in standaarddeviatie tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ of kleiner. De vakjes zijn rood bij een afwijking groter dan $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

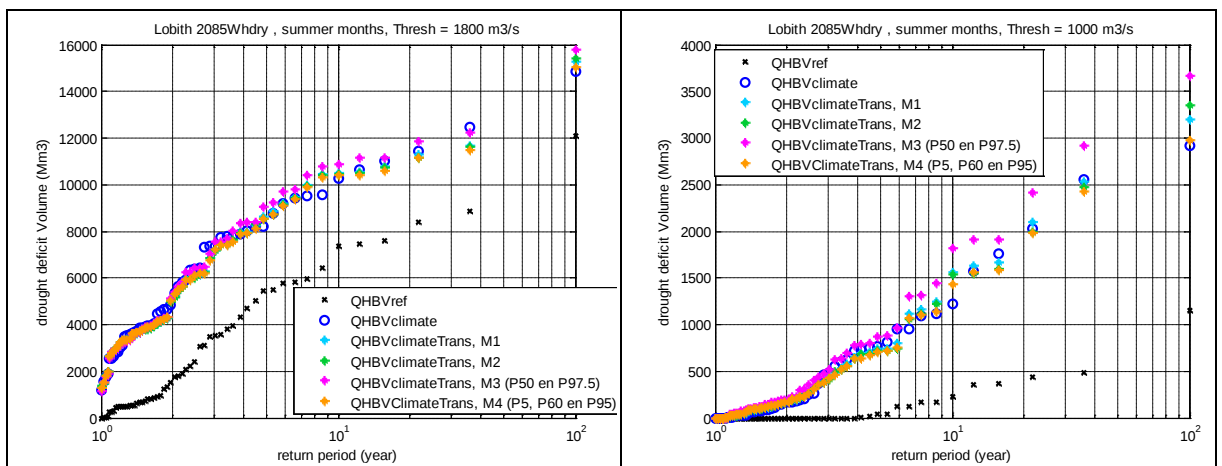
verschil in std met QHBVclimate	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	132	52	46	7	-9	-30	-9	4	-6	-65	48	78	40.4
QHBVclimateTrans - M2	-188	-125	-57	-34	-39	-32	-1	-5	-4	-13	-12	-98	50.5
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	-145	47	48	25	58	61	45	41	54	21	163	-5	59.3
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	-40	24	50	-6	23	9	5	6	11	-10	124	9	26.5

Tabel 2.3 Verschil in coëfficiënt of variation (CV) tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van 0.02 of kleiner.

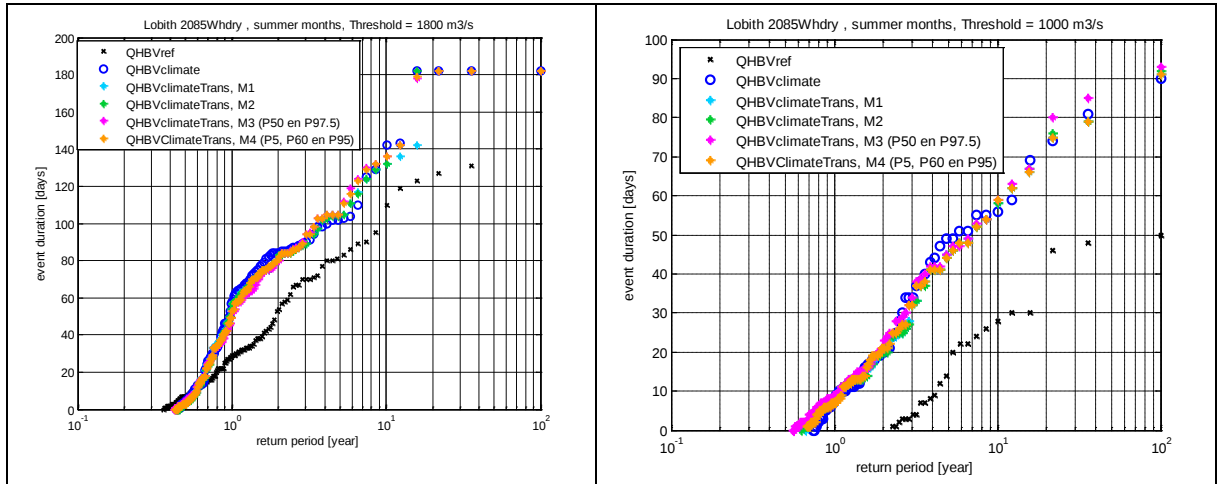
verschil in CV met QHBVclimate	maand												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	0.045	0.016	0.011	0.003	-0.004	-0.011	-0.006	0.002	-0.010	-0.050	0.024	0.027	
QHBVclimateTrans - M2	-0.050	-0.040	-0.027	-0.014	-0.019	-0.013	-0.002	-0.006	-0.008	-0.012	-0.009	-0.036	
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	-0.018	0.011	0.016	0.008	0.031	0.033	0.026	0.033	0.046	0.020	0.090	0.002	
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	0.006	0.015	0.021	-0.002	0.005	0.005	0.004	0.002	0.006	-0.010	0.062	0.008	



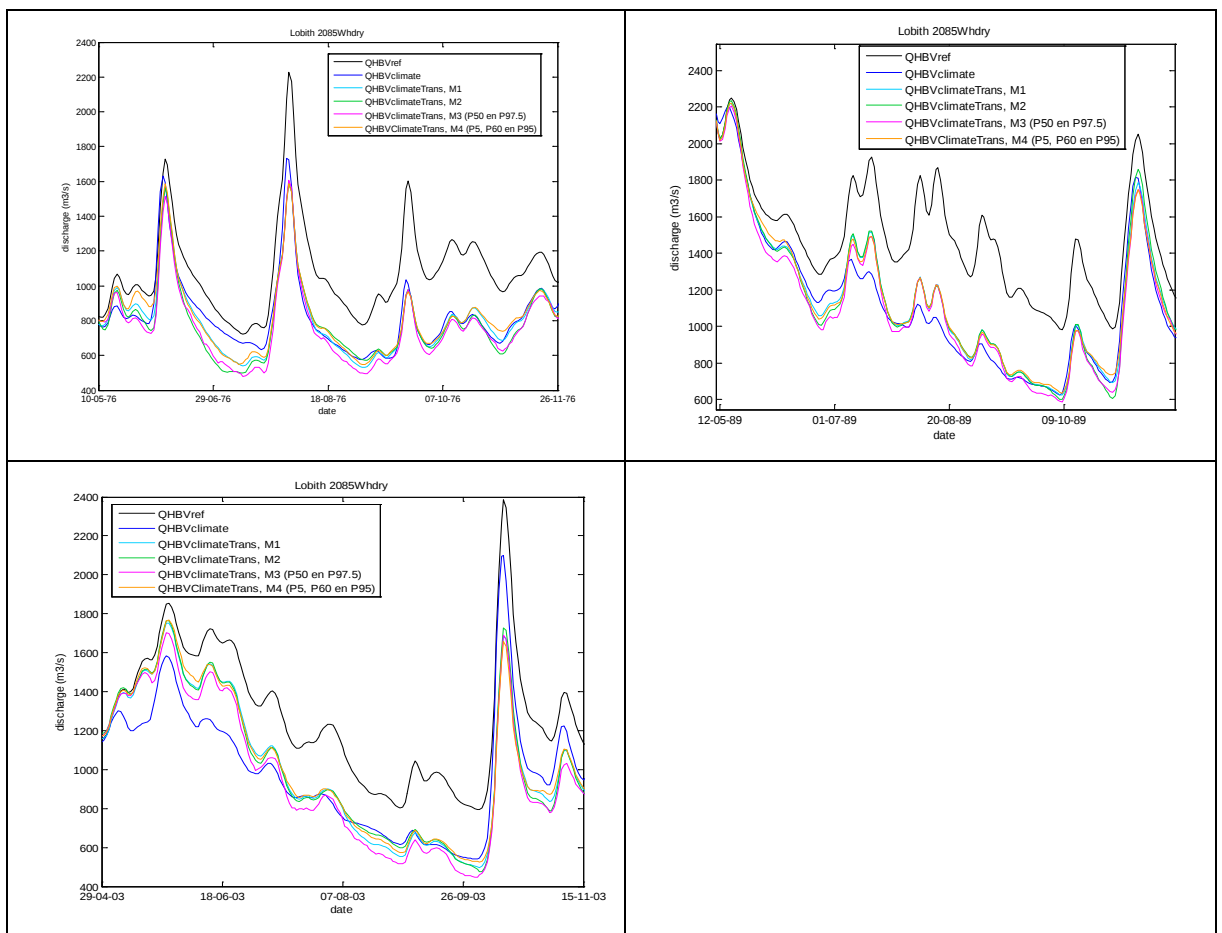
Figuur 2.7 : Jaarmaxima van de verschillende tijdreeksen uitgezet tegen geschatte herhalingsstijd
Gebruikte plotpositie: Gringorten.



Figuur 2.8 Jaarlijks afvoertekort in het zomerhalfjaar uitgezet tegen geschatte herhalingsstijden voor de 2 HBV-reeksen (Q_{HBVref} en $Q_{HBVclimate}$) en de getransformeerde reeksen. Links: drempel=1800 m³/s, Rechts: drempel=1000 m³/s.



Figuur 2.9 Verdeling van de duur van een droogte-event in het zomerhalfjaar voor de 2 HBV-reeksen (Q_{HBVref} en $Q_{HBVclimate}$) en de getransformeerde reeksen. Links grenswaarde afvoer $\approx 1800 \text{ m}^3/\text{s}$ en rechts $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Aangezien we alleen naar zomerhalfjaar kijken is de maximale eventduur 183 dagen.

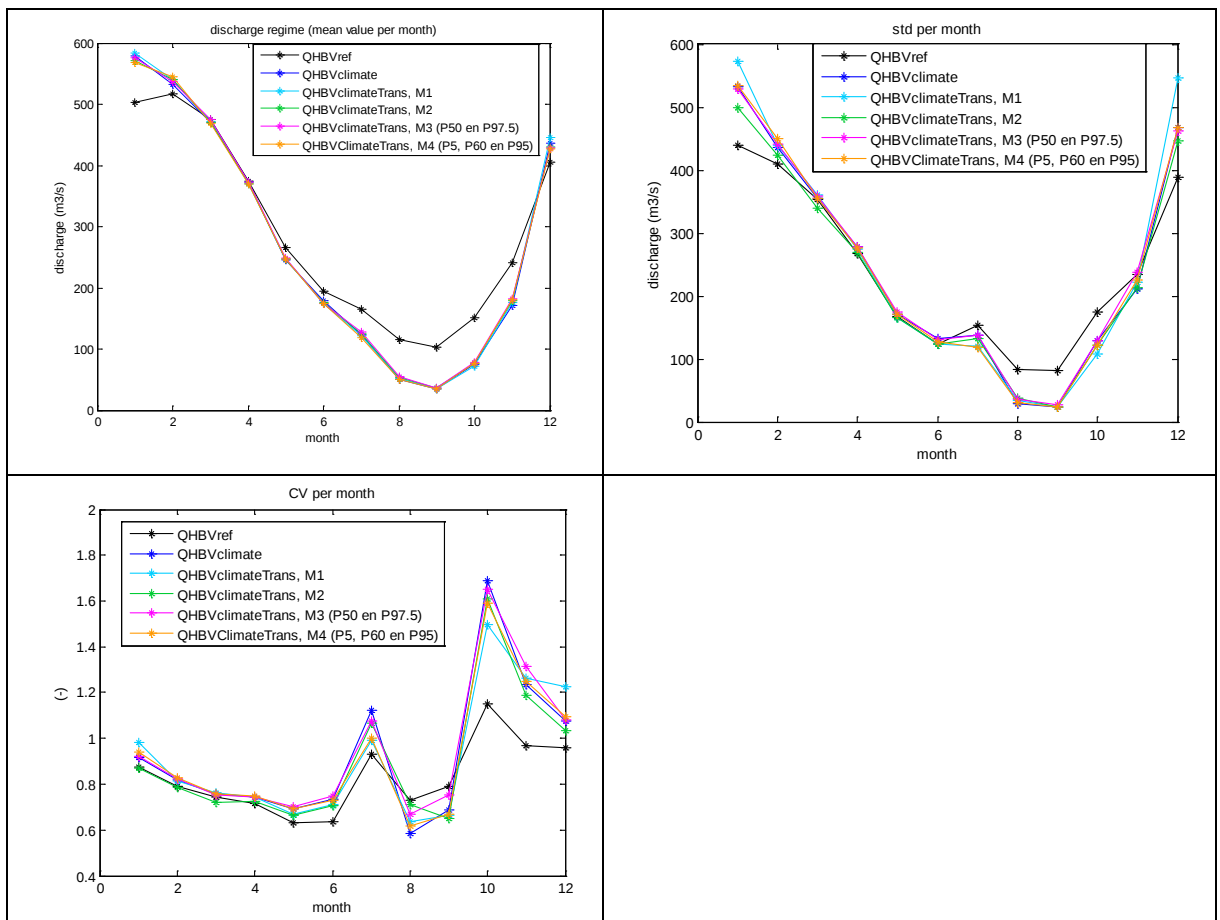


Figuur 2.10 Afvoer per tijdserie tijdens laagwater periode in 1976 (linksboven), 1989 (rechtsboven) en in 2003 (linksonder).

2.5.2 Resultaten Monsin 2085 Whdry

Voor de vijf criteria zijn ook voor Monsin verschillende tabellen en figuren gemaakt, deze worden hieronder gegeven. We kunnen hieruit kunnen de volgende conclusies trekken:

- Wanneer we naar de gemiddelde maandafvoeren kijken, dan benaderen M1 t/m M4 de gemiddelden van $Q_{HBVClimate}$ goed.
- Wanneer we naar de standaard deviatie en CV kijken, dan geven M3 en M4 de beste resultaten.
- M2 geeft een overschatting van de maximale waterstanden.
- Op het oog geven alle transformatiemethoden goede resultaten wanneer we naar de droogtecriteria (jaarlijks volumetekort en duur) kijken.
- In de zomer van 1976 worden de afvoeren van de M2 methode negatief. Dit heeft er mee te maken dat de fit niet door de oorsprong gaat (zie Figuur 2.16).



Figuur 2.11 Linksboven: gemiddelde afvoer per kalendermaand behorende bij de Q_{HBVref} , $Q_{HBVClimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. Rechtsboven: standaarddeviatie per kalendermaand. Linksonder: CV per kalendermaand.

Tabel 2.4 Verskil in gemiddelde tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ of kleiner. De vakjes zijn rood bij een afwijking groter dan $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

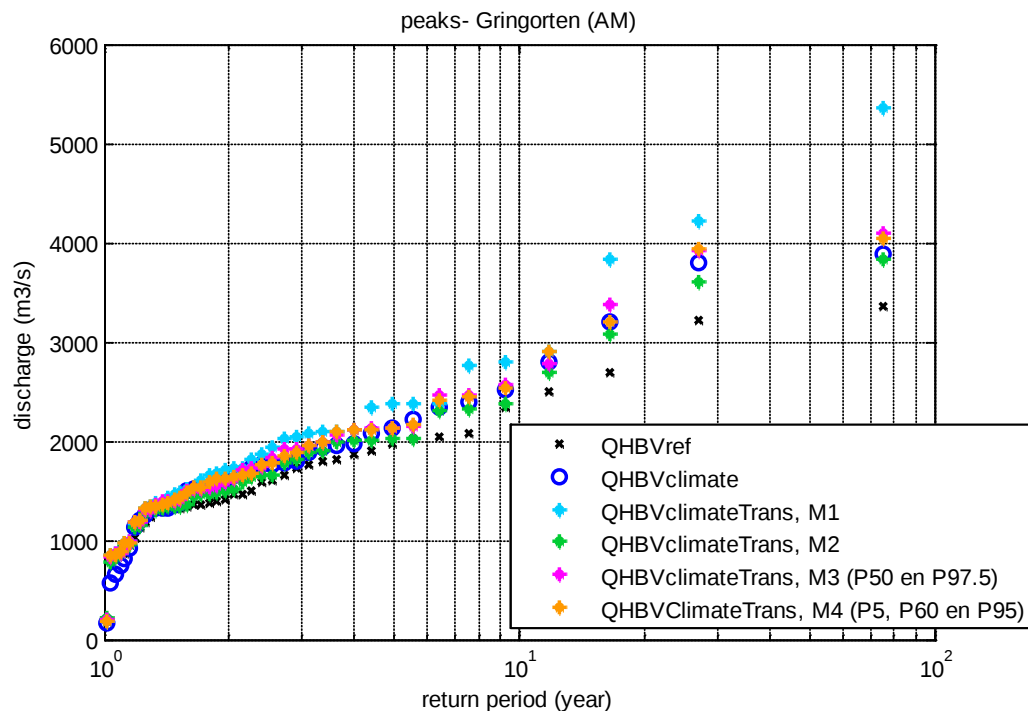
verschil in gemiddelde met QHBVclimate	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	4	8	1	-3	2	-5	-1	2	1	-4	5	10	3.8
QHBVclimateTrans - M2	-7	8	0	-2	2	-4	2	2	2	0	8	-5	3.6
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	-4	4	5	0	3	-4	4	4	2	2	11	-7	4.4
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	-10	12	-2	-3	1	-6	-4	0	1	0	10	-9	4.9

Tabel 2.5 Verskil in standaarddeviatie tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van $5 \text{ m}^3/\text{s}$ of kleiner. De vakjes zijn rood bij een afwijking groter dan $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

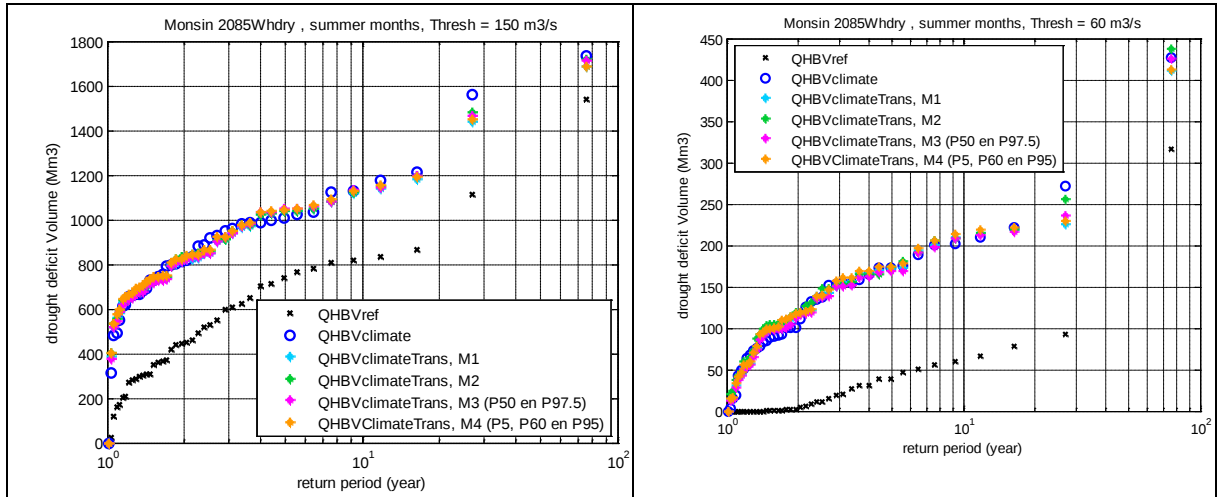
verschil in std met QHBVclimate	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	41	3	4	-3	-5	-8	-17	4	0	-20	12	78	16.3
QHBVclimateTrans - M2	-33	-12	-17	-9	-5	-8	-6	8	0	-6	2	-22	10.6
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	-2	5	3	0	4	-1	-1	7	4	1	28	-6	5.1
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	2	15	0	-1	1	-5	-19	2	0	-7	15	0	5.6

Tabel 2.6 Verskil in coëfficiënt of variation (CV) tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen. De vakjes zijn groen gekleurd bij een afwijking van 0.02 of kleiner. En rood bij 0.10 en groter.

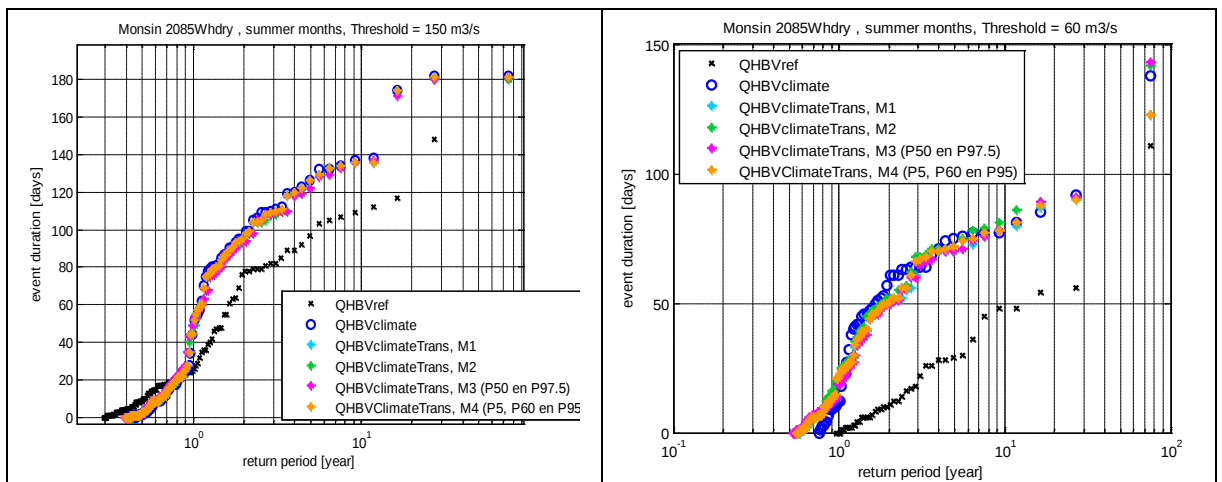
verschil in CV met QHBVclimate	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M1	0.06	-0.01	0.01	0.00	-0.02	-0.03	-0.13	0.05	-0.02	-0.19	0.03	0.15	0.06
QHBVclimateTrans - M2	-0.05	-0.03	-0.04	-0.02	-0.03	-0.03	-0.06	0.12	-0.03	-0.08	-0.04	-0.04	0.05
QHBVclimateTrans - M3 (P50, P97.5)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.05	0.08	0.07	-0.04	0.08	0.01	0.03
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.12	0.03	-0.02	-0.10	0.01	0.02	0.03



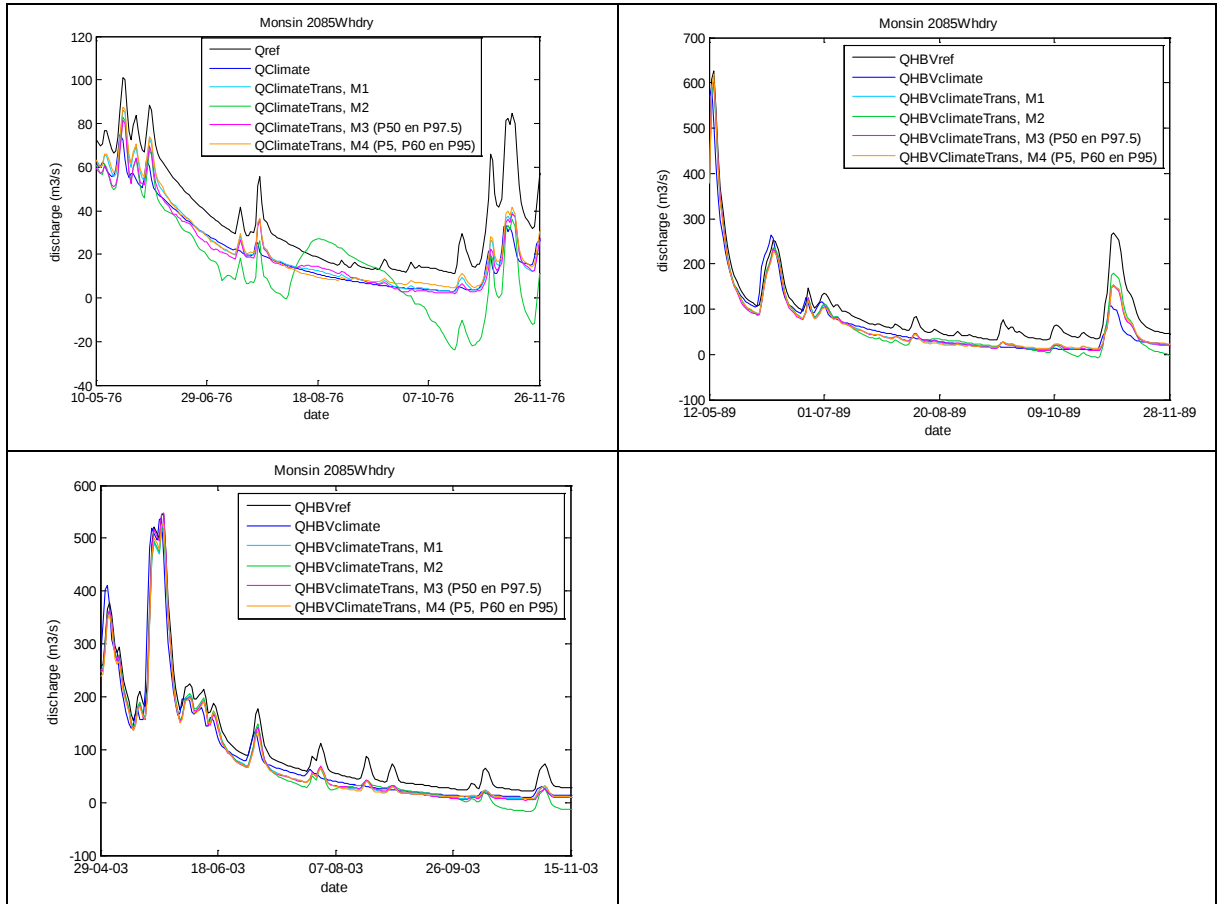
Figuur 2.12 Jaarmaxima van de verschillende tijdreeksen uitgezet tegen geschatte herhalingstijd.
Gebruikte plotpositie: Gringorten



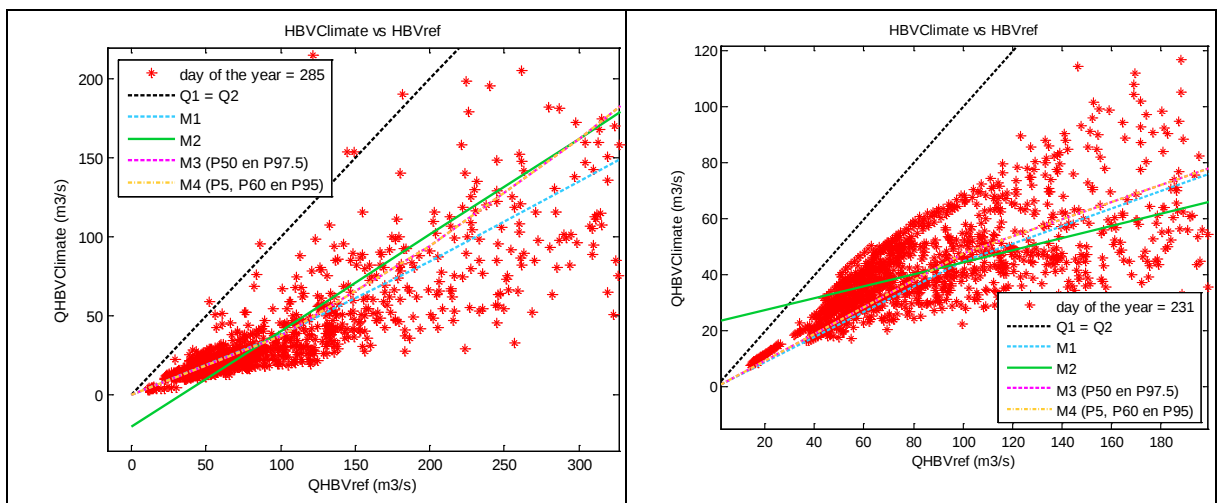
Figuur 2.13 Jaarlijks afvoertekort in de zomermaanden uitgezet tegen geschatte herhalingsjiden voor de 2 HBV-reeksen (Q_{HBVref} en $Q_{HBVclimate}$) en de getransformeerde reeksen. Links: drempel= $1800 \text{ m}^3/\text{s}$, Rechts: drempel= $1000 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figuur 2.14 Duur van een droogte-event in de zomermaanden voor de 2 HBV-reeksen (Q_{HBVref} en $Q_{HBVclimate}$) en de getransformeerde reeksen. Bij het selecteren van de events zijn periodes met afvoeren $<150 \text{ m}^3/\text{s}$ (links) en $<60 \text{ m}^3/\text{s}$ (rechts) gebruikt en opeenvolgende events moeten meer dan 5 dagen uit elkaar liggen. Aangezien we alleen naar zomermaanden kijken is de maximale eventduur 183 dagen.



Figuur 2.15 Afvoer per tijdserie tijdens laagwater periode in 1976 (linksboven), 1989 (rechtsboven) en in 2003 (linksonder).



Figuur 2.16 Links: relatie Q_{HBVref} en $Q_{HBVClimate}$ voor dagnummer 285 (window rond 11 okt), links en dagnummer 231 (18-aug), rechts. Links is te zien dat voor M2 (groene lijn) de afvoer negatief wordt voor $Q_{HBVref} < 50 \text{ m}^3/\text{s}$. Rechts is te zien dat M2 (groene lijn) juist boven de x-as snijdt.

2.6 Invloed percentiel waarde bij M4

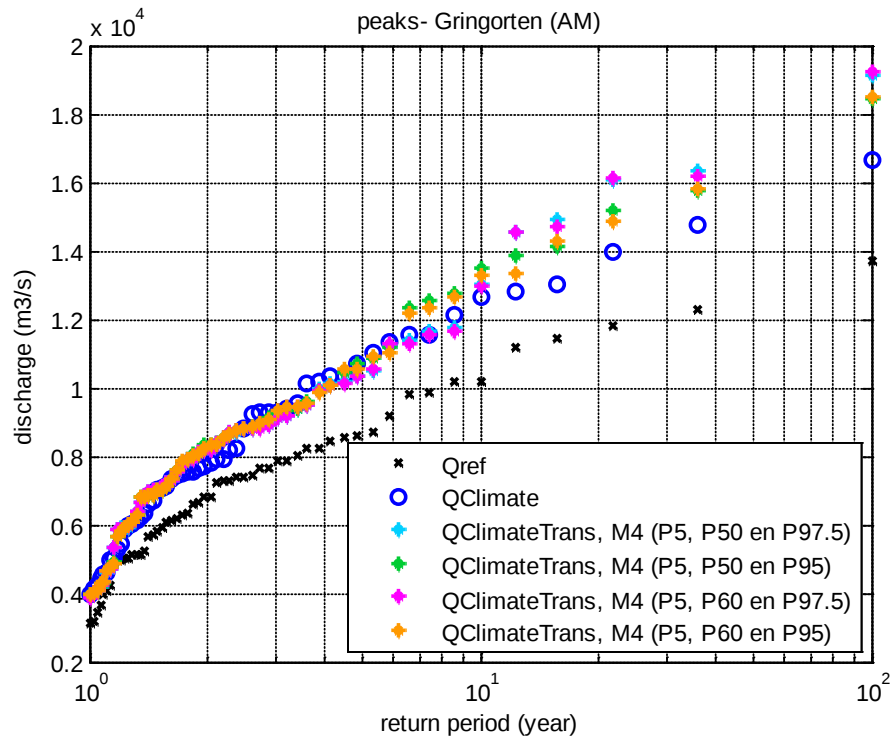
In bovenstaande paragrafen hebben we bij M4 gewerkt met de percentielen M5, P60 en P95. Hiervoor is gekozen om de relatie goed te krijgen voor zowel het lage, midden en hoge afvoerbereik. De P60 is gekozen omdat deze waarde dichtbij de gemiddelde afvoer ligt. De P50 (mediaan) ligt onder het gemiddelde omdat de afvoeren bij benadering lognormaal verdeeld zijn.

De P95 is gekozen om deze waarde representatief is voor de staart van de verdeling maar niet te hoog is om gevoelig te zijn voor toevalligheden in de tijdreeks. Testberekeningen lieten zien dat percentielen van 90 procent en leiden tot een overschatting van de hoge afvoeren.

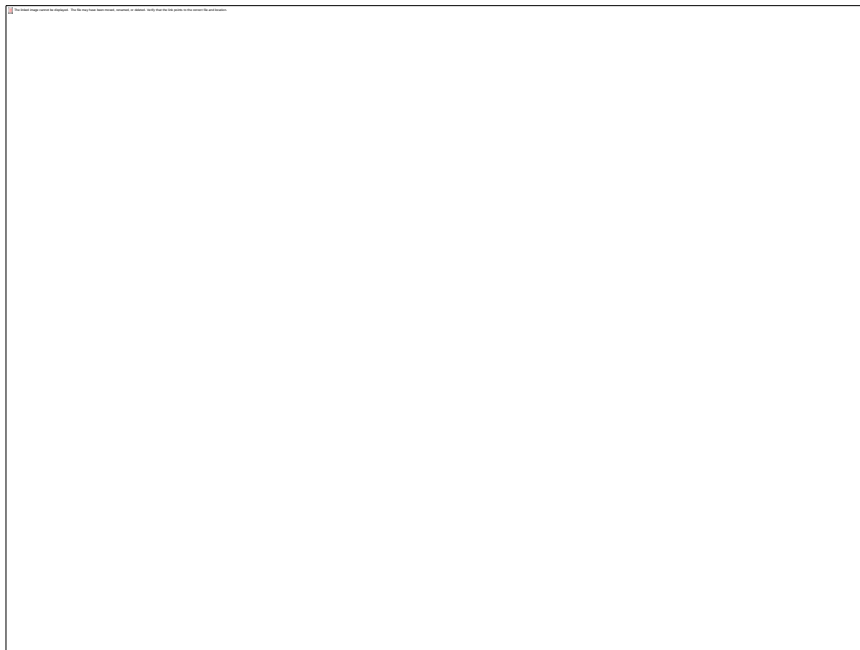
Voor vier variaties van percentielwaarden zijn getoetst op dezelfde criteria als in de voorgaande paragrafen. De resultaten zijn weinig onderscheidend. De criteria waar wel kleine verschillen optreden zijn weergegeven in Tabel 2.6 en Figuur 2.17 en Figuur 2.18. Wanneer we naar deze criteria kijken komt de combinatie M4 (P5, P60 en P95) als beste naar voren. Echter, de verschillen zijn minimaal.

Tabel 2.7 Verschil in gemiddelde tussen $Q_{HBVclimate}$ en de getransformeerde tijdreeksen met M4, verschillende percentielen.

verschil in gemiddelde met $Q_{HBVclimate}$	maand												abs gemid
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P50, P97.5)	-164	1	-8	10	5	10	19	20	36	19	17	-27	27.89
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P50, P95)	-116	-21	-11	4	15	-3	3	10	21	12	12	-21	20.69
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P97.5)	-132	-19	-2	2	17	9	10	20	28	8	20	-22	24.04
QHBVclimateTrans - M4 (P5, P60, P95)	-93	-37	-7	-2	24	-1	-3	12	16	4	15	-19	19.39



Figuur 2.17 Jaarmaxima (AM) van de verschillende tijdreeksen uitgezet tegen geschatte herhalingsijd.
Gebruikte plotpositie: Gringorten.



Figuur 2.18 Duur van een droogte-event in het zomerhalfjaar voor verschillende tijdreeksen.

2.7 Conclusie

Uit bovenstaande paragrafen kunnen de volgende conclusies getrokken worden omtrent de vier transformaties methoden:

- M1 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$): met een fit op mean en stdev (van logQ) geeft te hoge piekafvoeren. Deze methode valt daardoor af.
- M2 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}} + b$): geeft redelijk goede resultaten voor alle criteria, maar kan bij hele droge perioden tot negatieve afvoeren leiden, deze methode valt hierdoor af.
- M3 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$): met een fit op P50 en P97.5. Geeft ook redelijk goede resultaten. Scoort alleen iets minder goed op het gemiddelde en de droogtecriteria. Ook is een nadeel dat de resultaten afhankelijk zijn van de gekozen percentielwaarden.
- M4 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$): met een fit op de percentielwaarden P5 en P60 voor $Q_{\text{ref}} < P60$ en ($Q_{\text{climate}} = c * Q_{\text{ref}}^d$) met een fit op de percentielwaarden P60 en P95 voor $Q_{\text{ref}} \geq P60$. Geeft ook redelijk goede resultaten voor alle criteria. Een nadeel van deze methode is dat de resultaten afhankelijk zijn van de gekozen percentiel waarden en dat er gewerkt wordt met 5 parameters (a en b waarde voor laag- en hoogfrequente deel en een P60 waarde).

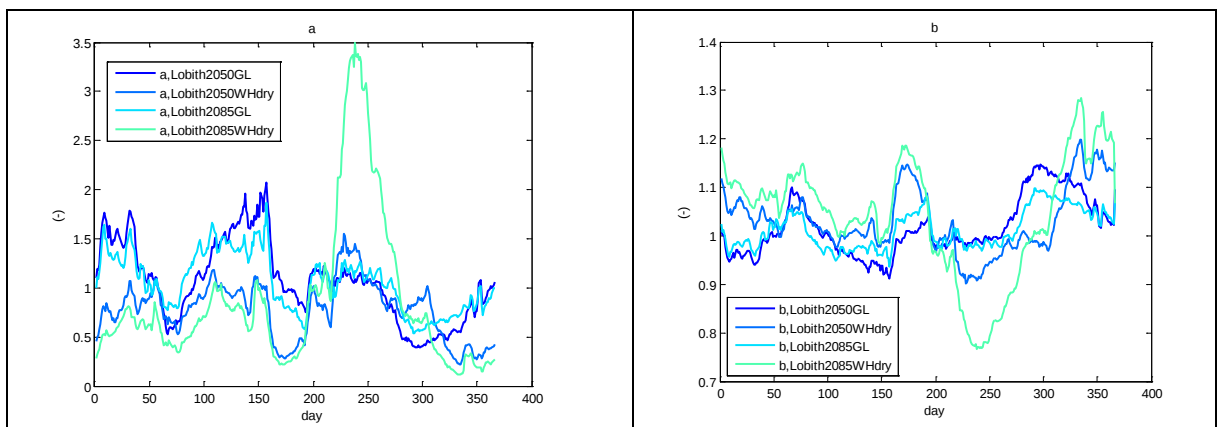
We hebben de vier methoden getoetst door naar het gemiddelde, de standaard deviatie, de CV en de hoog- en laagwatercriteria te kijken. Van de vier methoden scoort M4 het beste op de criteria. Hiermee worden in het volgende hoofdstuk de verdere berekeningen uitgevoerd.

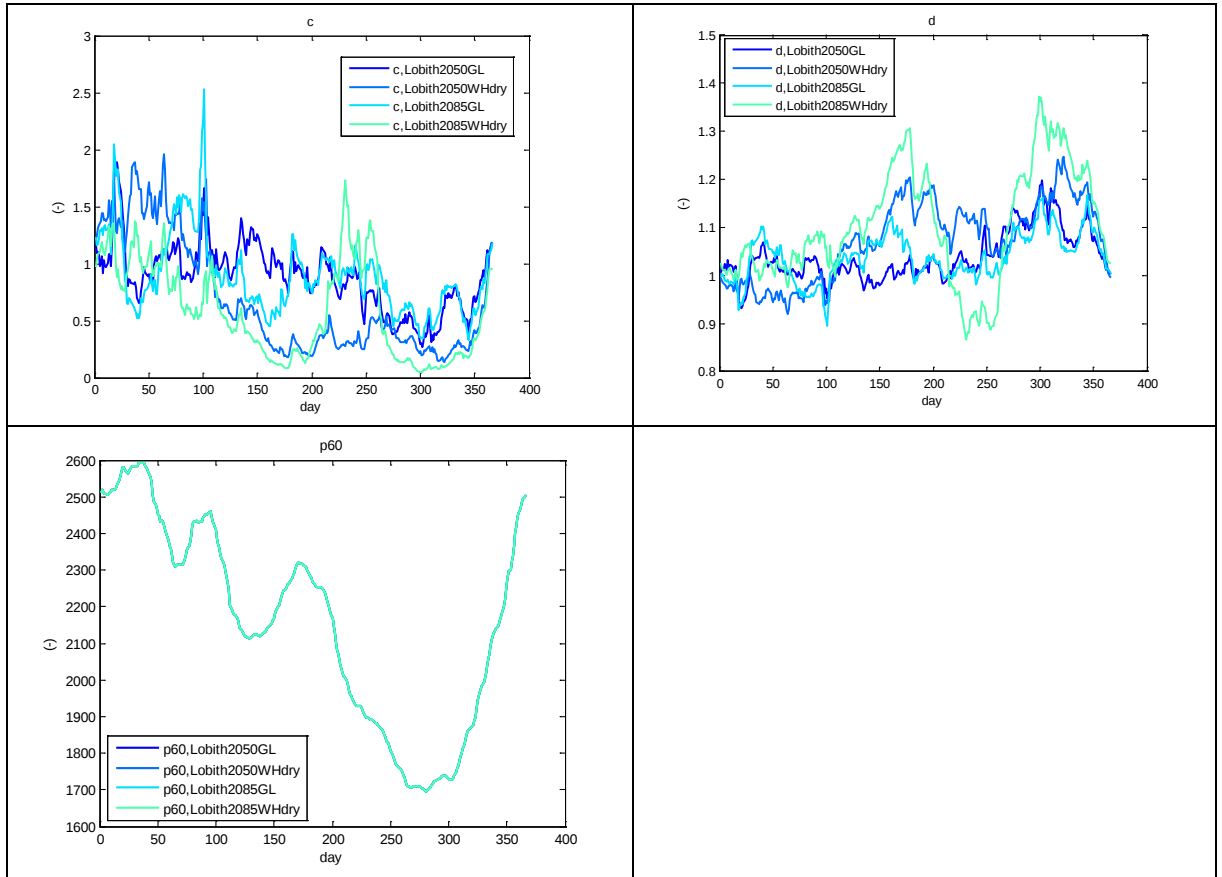
3 Stap 2: Klimaatreeks afleiden

In dit hoofdstuk worden met transformatiemethode M4 de 100-jarige afvoerreeksen (Q_{climate}) afgeleid voor de vier verschillende klimaatscenario's.

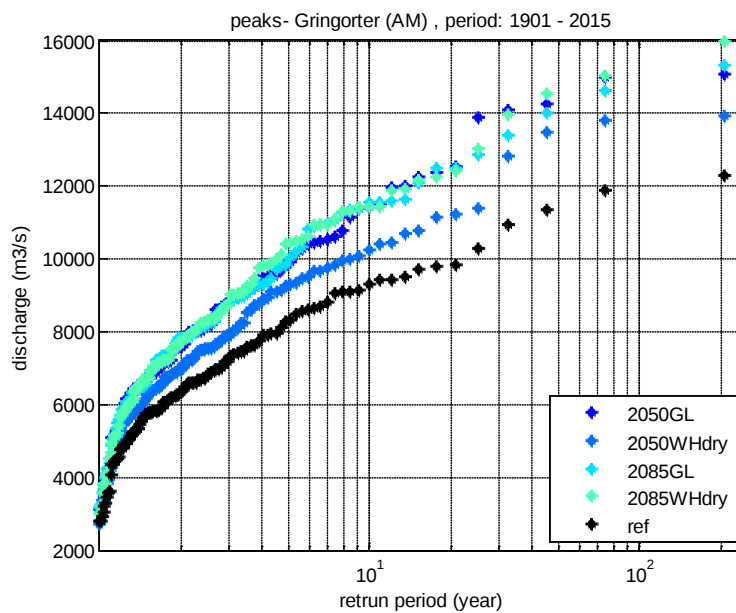
3.1 Resultaten Lobith

De transformatieparameters staan weergegeven in Figuur 3.1. Daarnaast wordt voor twee criteria de resultaten op basis van getransformeerde 100 jarige tijdreeks (Q_{climate}) gegeven in Figuur 3.2 en Figuur 3.3.

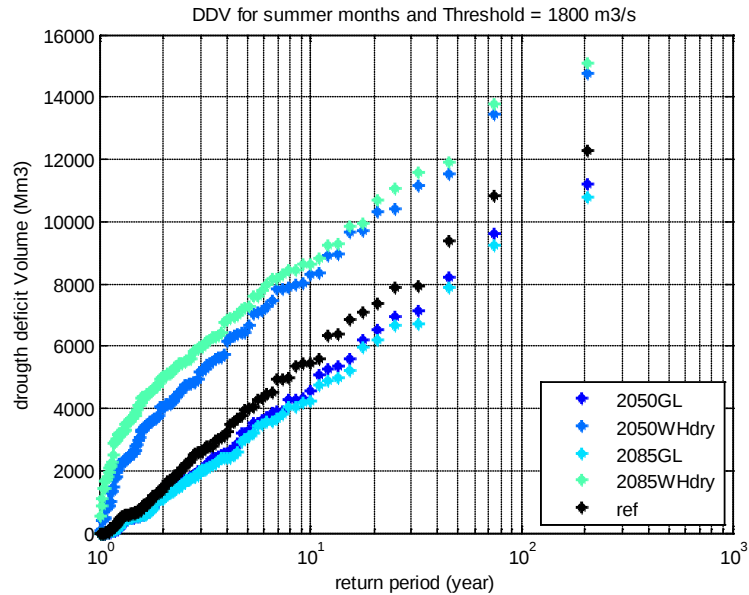




Figuur 3.1 Parameterwaarden voor M4 per klimaatscenario's. In het figuur van P60 liggen de lijnen voor alle klimaatscenario's over elkaar heen, dit omdat ze alle zijn afgeleid uit dezelfde tijdreeks (Q_{HBVref}).



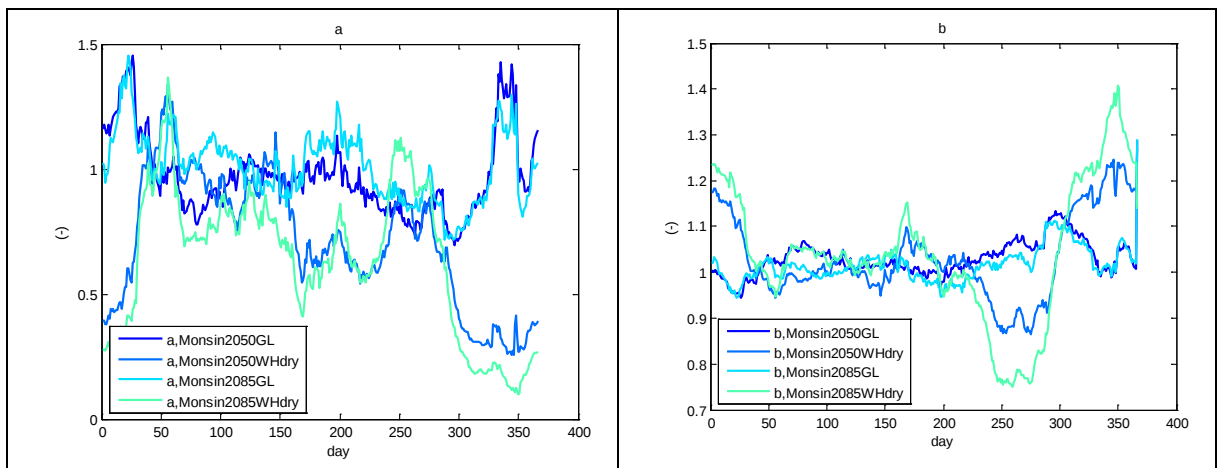
Figuur 3.2 Frequentielijnen van piekafvoeren bepaald uit de getransformeerde 100-jarige tijdreeksen ($Q_{climate}$).

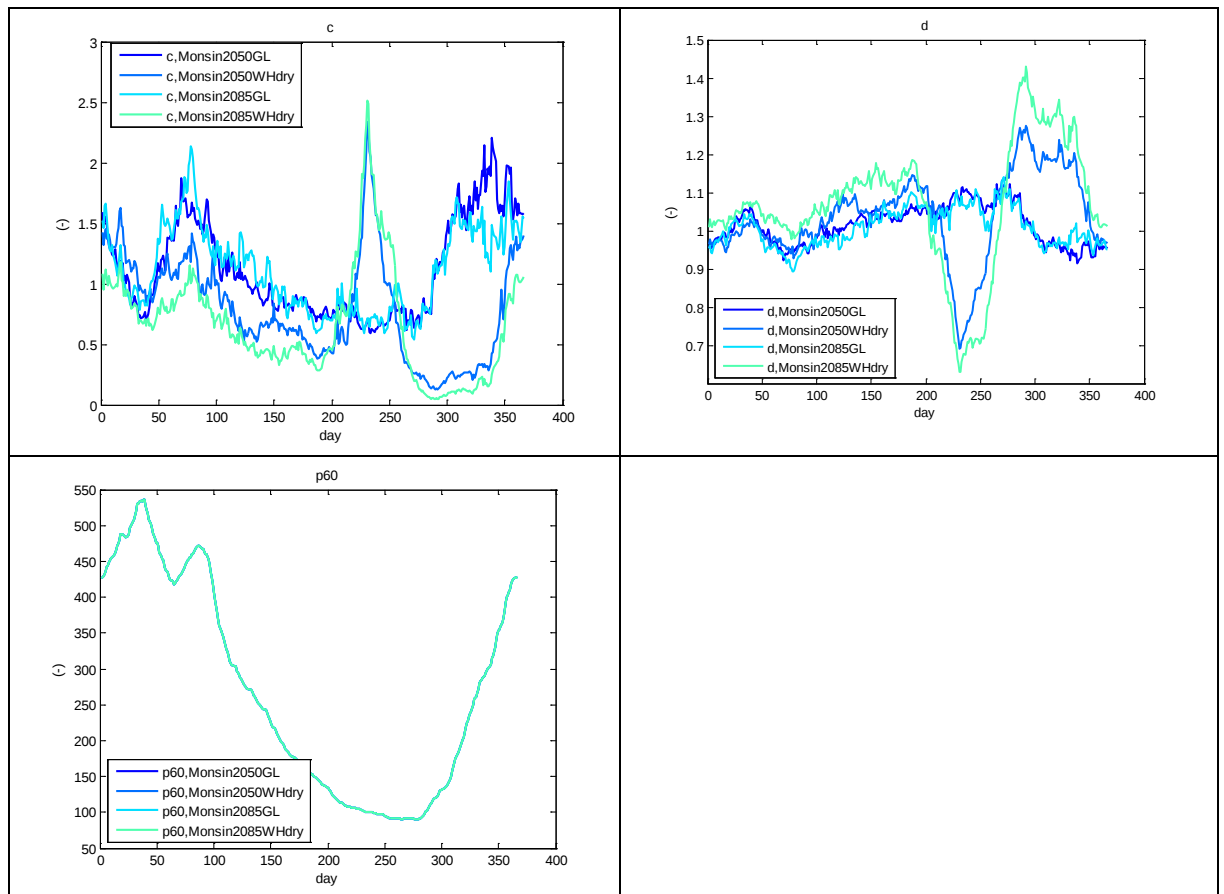


Figuur 3.3 Frequentiële jaarlijks afvoer tekort bepaald uit de getransformeerde 100-jarige tijdreeks ($Q_{climate}$).

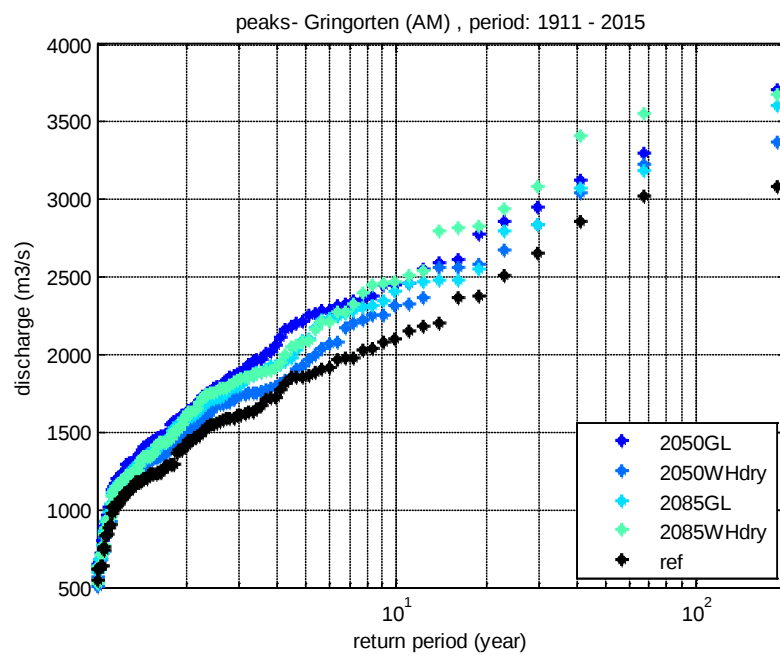
3.2 Resultaten Monsin

Ook voor Monsin zijn de transformatieparameters afgeleid, deze worden weergegeven in Figuur 3.4. Daarnaast wordt voor twee criteria de resultaten op basis van getransformeerde 100 jarige tijdreeks ($Q_{climate}$) gegeven in Figuur 3.5 en Figuur 3.6.

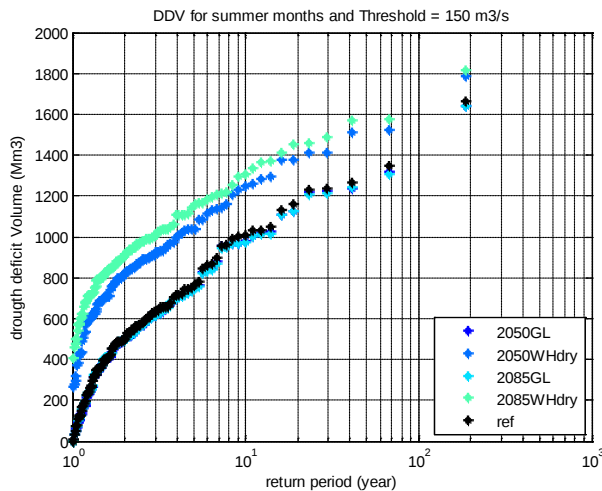




Figuur 3.4 Parameterwaarden voor M4 per klimaatscenario's.



Figuur 3.5 Frequentielijn piekafvoeren bepaald uit de getransformeerde 100-jarige tijdreeks ($Q_{climate}$).



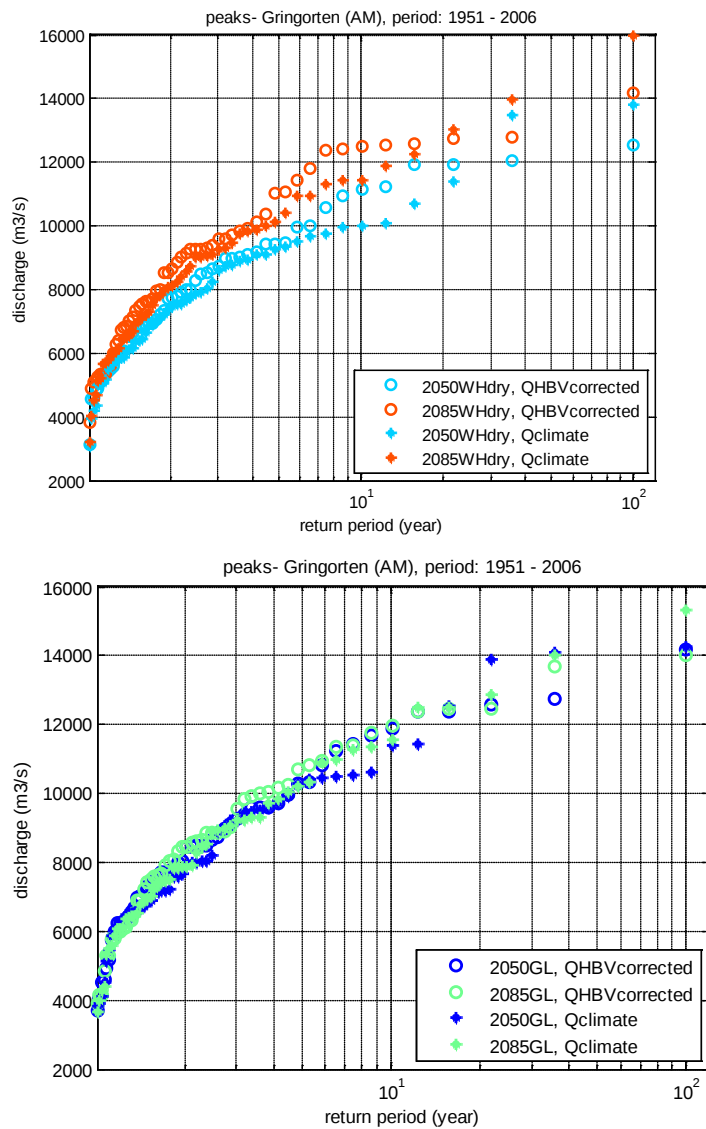
Figuur 3.6 Frequentielijn jaarlijks afvoer tekort bepaald uit de getransformeerde 100-jarige tijdreeks ($Q_{climate}$).

4 Stap 3: Overeenkomsten gecorrigeerde HBV reeks

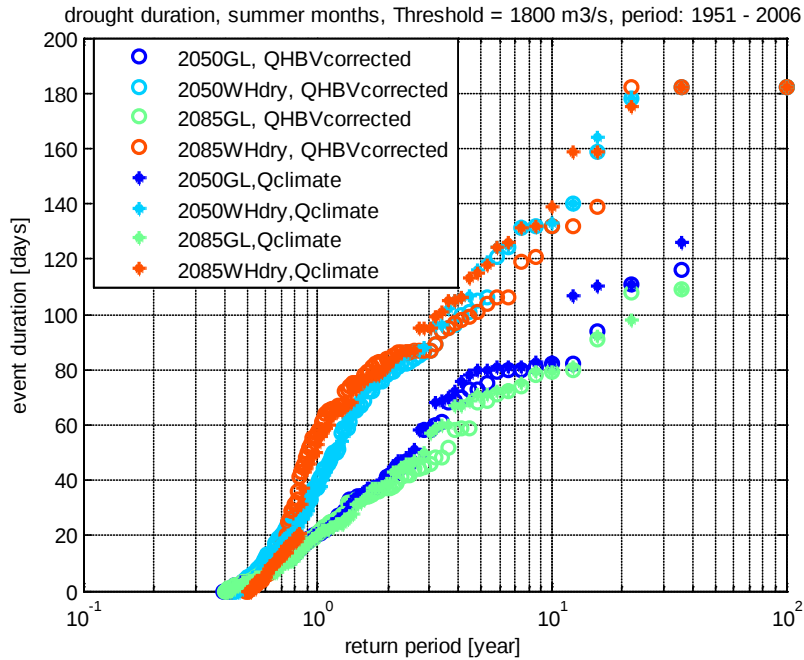
In dit hoofdstuk worden de getransformeerde 100-jarige reeksen $Q_{climate}$ (gedeeltes 1981-2006) zoals afgeleid in het vorige hoofdstuk vergeleken met de afvoertijdreeksen zoals gebruikt in de Basisprognoses met het Nationaal Watermodel NWM (1981-2006). Deze reeksen ($Q_{HBVcorrected}$) zijn gegenereerd door aanpassing van de HBV invoertijdreeksen (neerslag, temperatuur) volgens de klimaatscenario's. Beide sets van reeksen zijn dus met een andere methode afgeleid en we verwachten dan ook verschillen. De overeenkomst tussen deze twee reeksen is ook geen harde eis vanuit het Wabes project. Echter, een korte vergelijking van de statistieken van beide reeksen is nuttig voor het beantwoorden van eventuele vragen van gebruikers.

4.1 Lobith

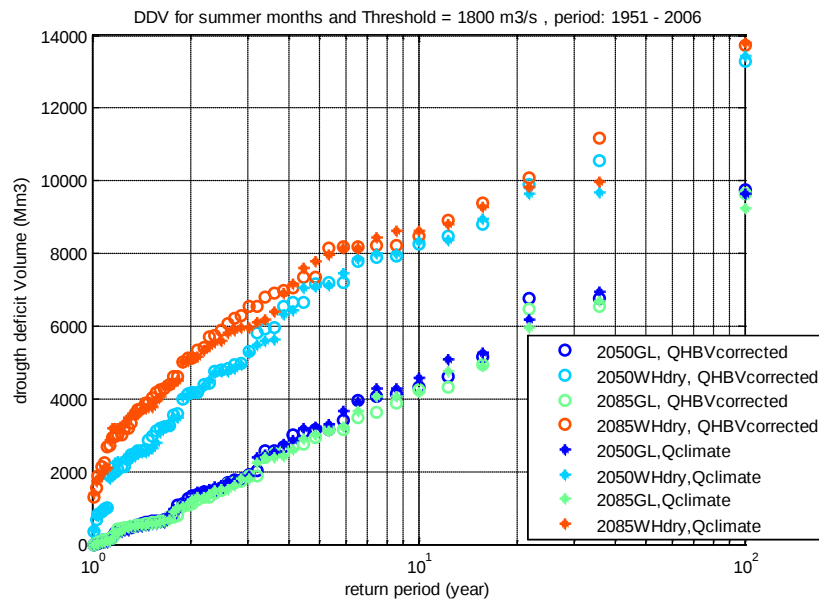
Wanneer we naar onderstaande figuren kijken, dan zien we dat de piekafvoeren van $Q_{climate}$ net iets hoger liggen dan die van $HBV_{corrected}$. Een verklaring hiervoor is dat $HBV_{corrected}$ vooral gemaakt is voor laagwater analyses (zie Sperna Weiland, 2016). Beide reeksen geven op de overige criteria vergelijkbare resultaten, alleen wil het WHdry2085 soms enigszins afwijken.

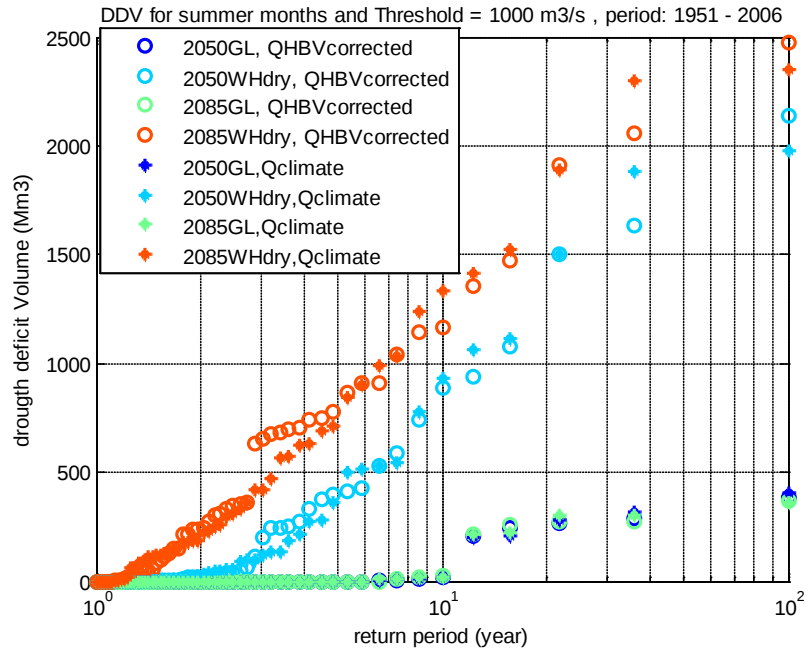


Figuur 4.1 Jaarmaxima van de 50-jarige reeksen (1951-2006) uitgezet tegen geschatte herhalingstijd voor de klimaatreeksen van $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Gebruikte plotpositie: Gringorten

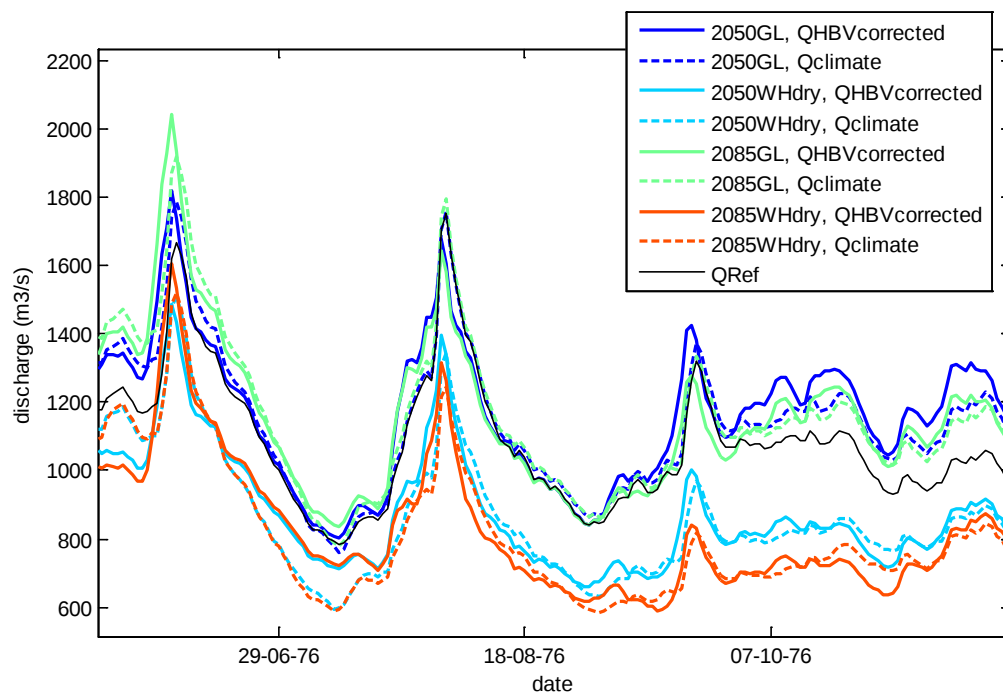


Figuur 4.2 Duur van een droogte-event in de zomermaanden voor de klimaatreeksen van $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Bij het selecteren van de events zijn periodes met afvoeren <drempelwaarde gebruikt en opeenvolgende events moeten meer dan 5 dagen uit elkaar liggen. Aangezien we alleen naar zomermaanden kijken is de maximale eventduur 183 dagen. drempel=1800 m³/s.

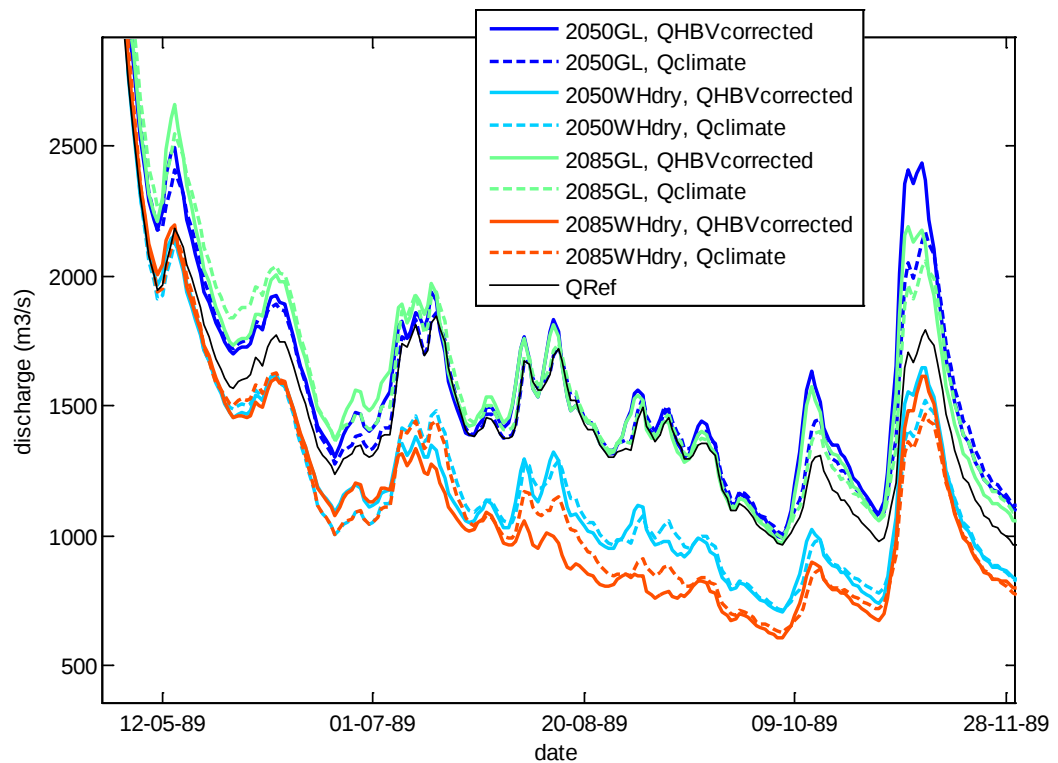




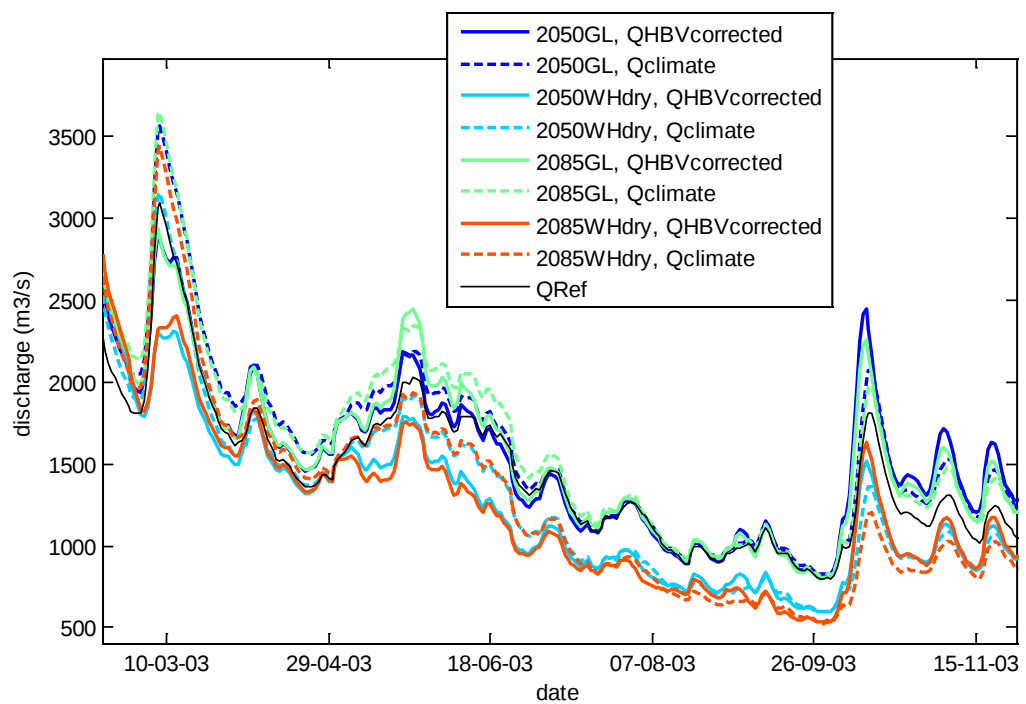
Figuur 4.3 Jaarlijks afvoertekort in de zomermaanden uitgezet tegen geschatte herhalingstijden voor de klimaatreeksen van $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Boven: drempel=1000 m³/s, onder: drempel=1800 m³/s



Figuur 4.4 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 1976 voor verschillende klimaatscenario's.



Figuur 4.5 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 1989 voor verschillende klimaatscenario's.

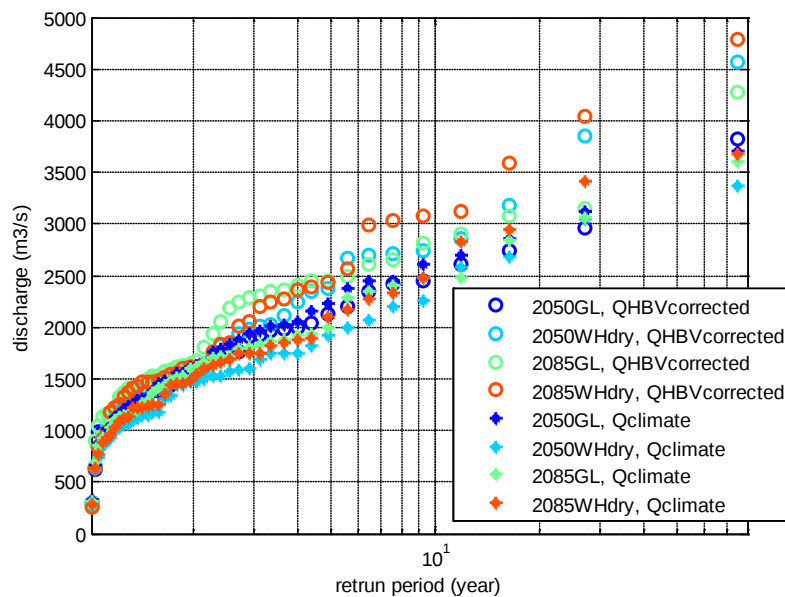


Figuur 4.6 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 2003 voor verschillende klimaatscenario's.

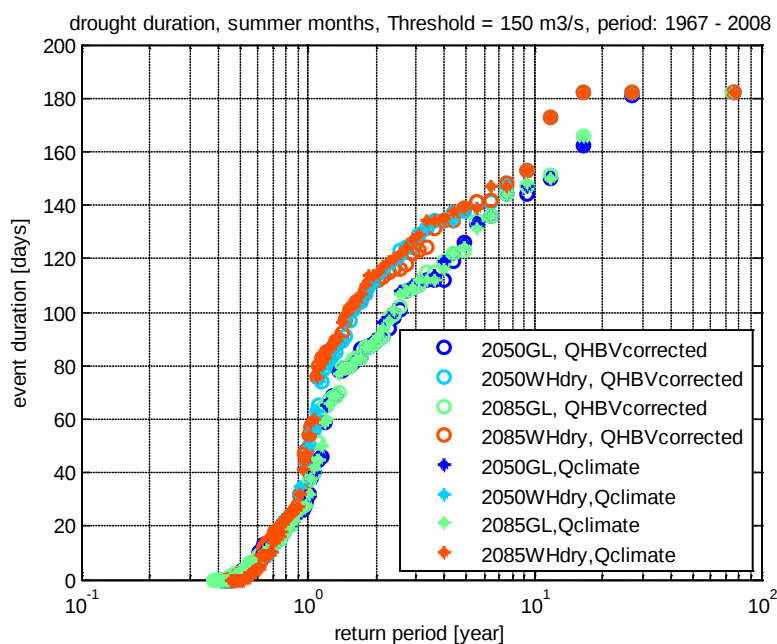
4.2 Monsin

In Figuur 4.7 is te zien dat voor alle vier de klimaatscenario's de jaarmaxima van de $Q_{HBVcorrected}$ tijdreeks hoger liggen dan in $Q_{climate}$. Dit is juist tegengesteld aan de bevindingen bij de Lobith tijdreeksen. Echter, ook hier is de verklaring dat de $Q_{HBVcorrected}$ nooit bedoeld zijn voor het analyseren van hoogwater periodes.

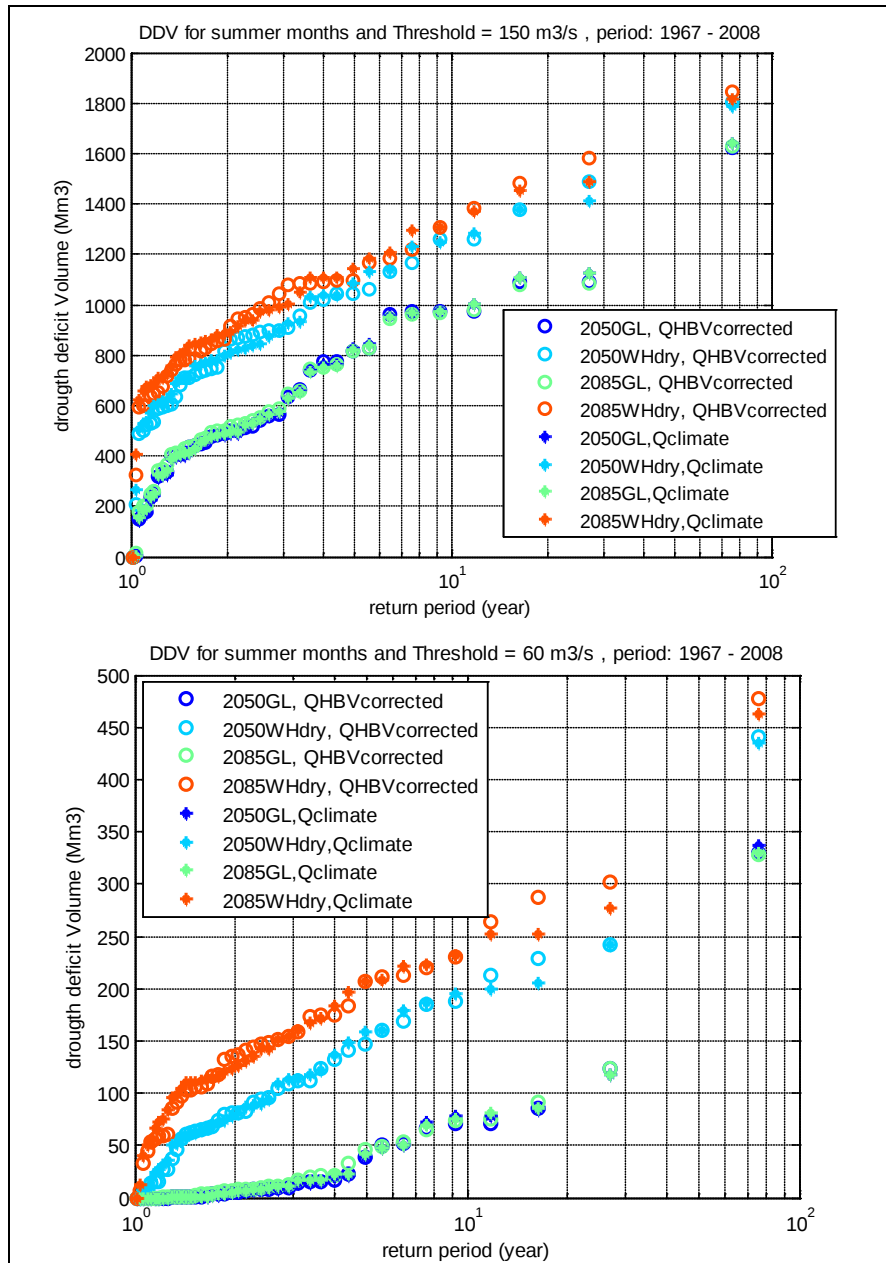
Figuur 4.8 t/m Figuur 4.12 laten zien dat de resultaten voor de droogtecriteria goed overeenkomen.



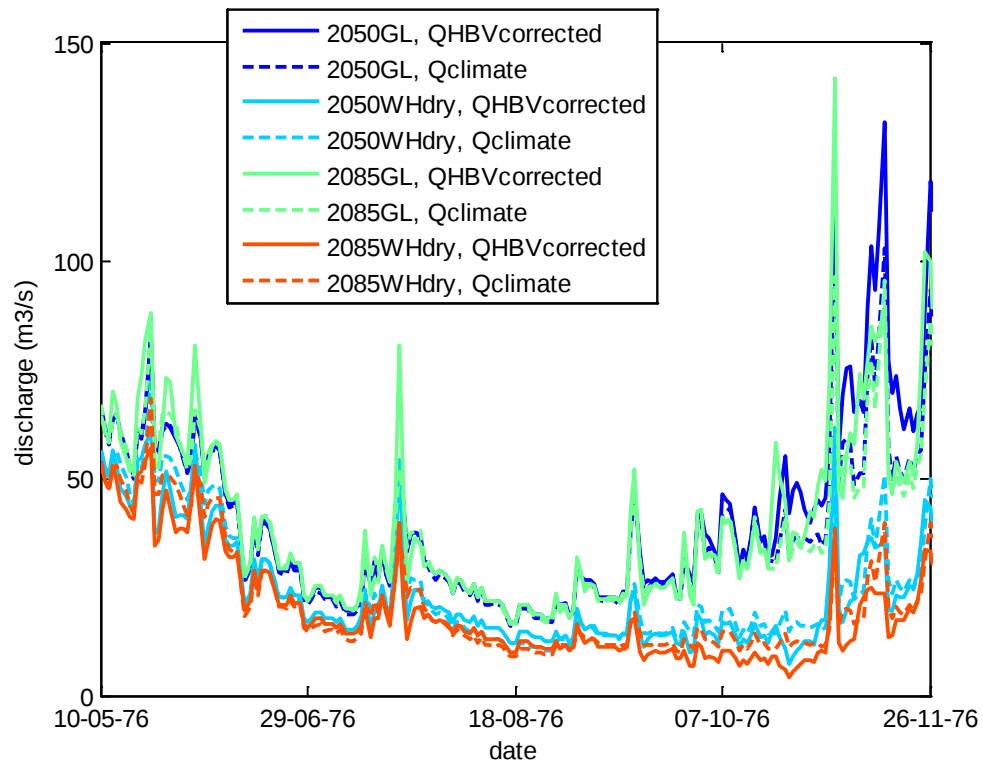
Figuur 4.7 Frequentieel jaarmaxima afgeleid uit verschillende klimaatreeksen volgens $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Periode 1967-2007). Gebruikte plotpositie: Gringorten.



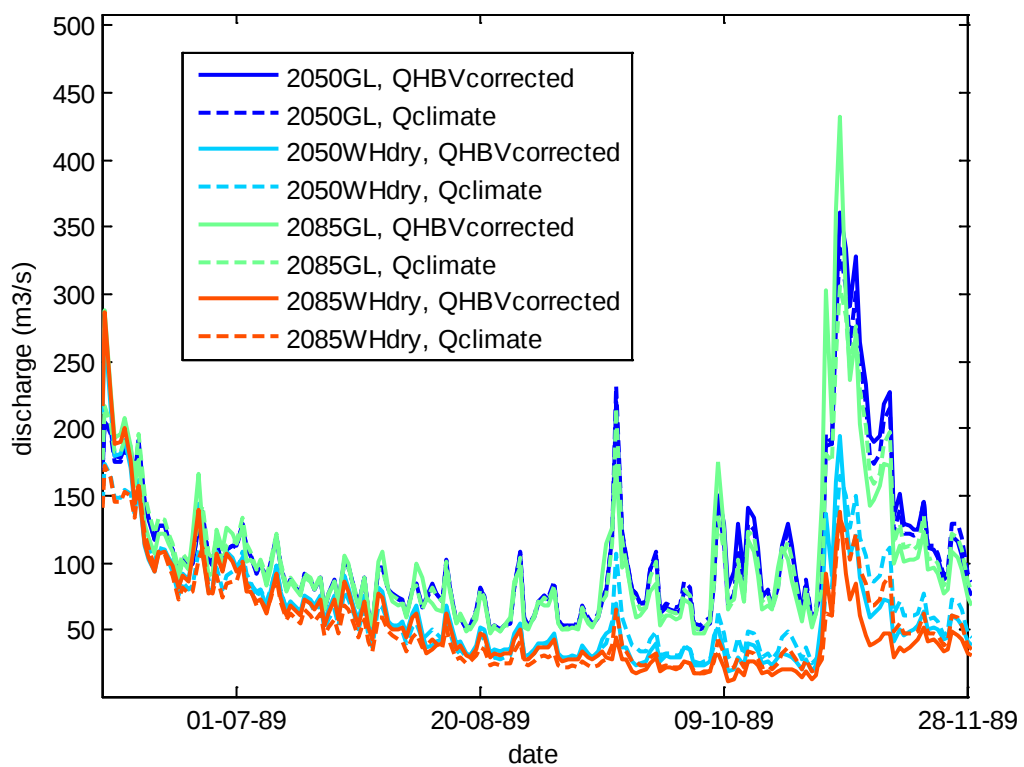
Figuur 4.8 Duur van een droogte-event in de zomermaanden afgeleid uit verschillende klimaatreeksen volgens $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Bij het selecteren van de events zijn periodes met afvoeren $<150 \text{ m}^3/\text{se}$ gebruikt en opeenvolgende events moeten meer dan 5 dagen uit elkaar liggen. Aangezien we alleen naar zomermaanden kijken is de maximale eventduur 183 dagen.



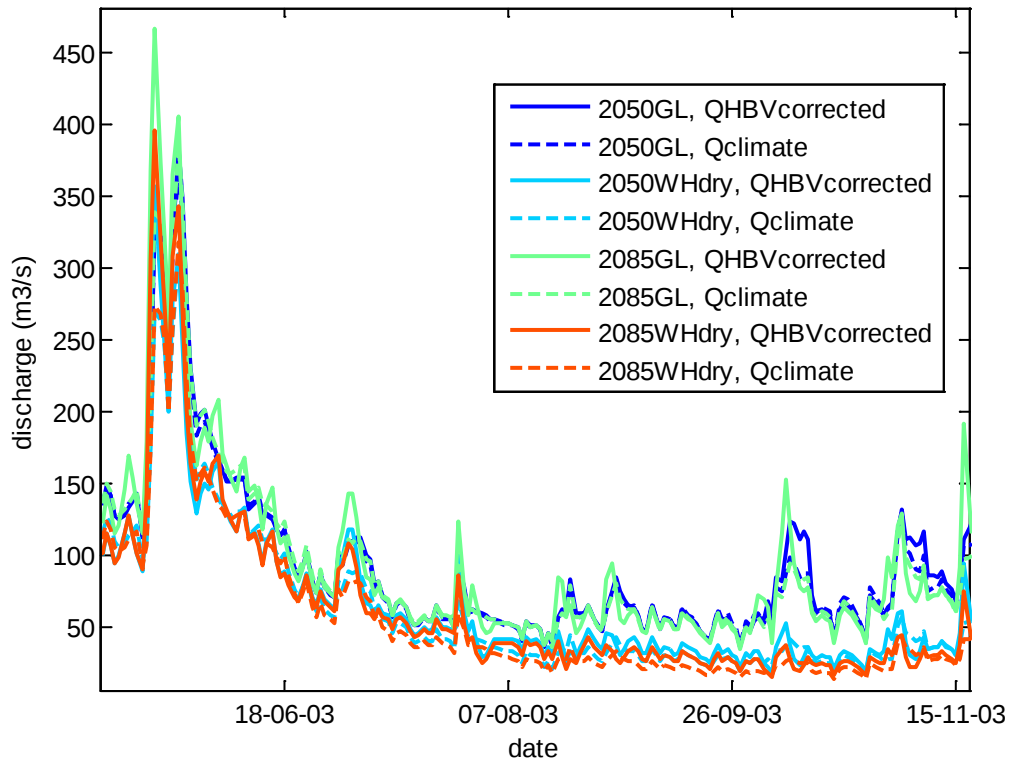
Figuur 4.9 Jaarlijks afvoertekort in de zomermaanden uitgezet tegen geschatte herhalingsstijden afgeleid uit verschillende klimaatreeksen volgens $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$. Boven: drempel= $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Onder: drempel= $60 \text{ m}^3/\text{s}$



Figuur 4.10 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 1976 voor verschillende klimaatscenario's.



Figuur 4.11 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 1989 voor verschillende klimaatscenario's.



Figuur 4.12 Afvoeren $Q_{HBVcorrected}$ en $Q_{climate}$ voor 2003 voor verschillende klimaatscenario's.

5 Samenvatting en conclusies

In dit memo is een transformatiemethode afgeleid en getest waarmee 100-jarige historische afvoerreeksen voor de Rijn bij Lobith en de Maas bij Monsin voor toekomstige klimaatscenario's kunnen worden gegenereerd uit geobserveerde afvoerreeksen. Parameters van de transformatiemethode verschillen per kalenderdag en per klimaatscenario, en worden voor elk scenario afgeleid uit vergelijking tussen Q_{HBVref} en $Q_{HBVclimate}$. Deze parameters worden vervolgens toegepast op de geobserveerde 100-jarige reeks.

Binnen deze studie hebben we vier varianten van methode getoetst op basis van het gemiddelde, de standaarddeviatie, de variatie-coëfficiënt (CV) en hoog- en laagwaterstatistiek. De bevindingen hieruit zijn:

- M1 ($Q_{climate} = a * Q_{ref}^b$): met een fit op mean en stdev (van logQ) geeft te hoge piekafvoeren. Deze methode valt daardoor af.
- M2 ($Q_{climate} = a * Q_{ref} + b$): geeft redelijk goede resultaten voor alle criteria, maar kan bij hele droge perioden tot negatieve afvoeren leiden. Deze methode valt hierdoor af.

- M3 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$): met een fit op P50 en P97.5. Geeft ook redelijk goede resultaten. Scoort alleen iets minder goed op het gemiddelde en de droogtecriteria.
- M4 ($Q_{\text{climate}} = a * Q_{\text{ref}}^b$): met een fit op de percentielwaarden P5 en P60 voor $Q_{\text{ref}} < P60$ en ($Q_{\text{climate}} = c * Q_{\text{ref}}^d$) met een fit op de percentielwaarden P60 en P95 voor $Q_{\text{ref}} \geq P60$. Geeft ook redelijk goede resultaten voor alle criteria. Een nadeel van deze methode is dat er gewerkt wordt met 5 parameters (a en b waarde voor laag- en hoogfrequente deel en een P60 waarde).

Van de vier methoden scoort M4 het beste op de criteria. Deze methode werkt met een combinatie van twee functies, waarbij de eerste wordt afgesteld op lage tot middelhoge afvoeren (P5 en P60), en de tweede op middelhoge tot hoge afvoeren (P60 en P95). Hiermee zorgen we ervoor dat de functie voor zowel hoog- als laagwater goed presteert.

We hebben voor M4 verschillende instellingen getest voor het bepalen van de coëfficiënten a, b, c, d. Hieruit bleek dat het afleiden van de coëfficiënten per kalenderdag meteen een meebewegende tijdwindow van 31 dagen (15 dagen achteruit en 15 vooruit) het beste presteert. Hiermee worden abrupte overgangen tussen de maanden voorkomen, doordat de coëfficiëntensets (a/b en c/d) op elkaar zijn afgestemd. Een aandachtspunt is dat de percentielwaarden (P5, P60 en P95) hier gekozen zijn op basis van de test met het Whdry2085 klimaatscenario, en vervolgens ook toegepast op de andere scenario's. Wellicht zouden bij een ander scenario andere percentielwaarden beter passen, maar dit hebben we niet getest.

Aan de hand van M4 zijn vervolgens voor de vier klimaatscenario's (2050 GL, 2050 Whdry, 2085 GL, 2085 Whdry) 100-jarige reeksen afgeleid. De resultaten zijn vergeleken met de gecorrigeerde afvoerreeksen die zijn gebruikt in de Basisprognoses met NWM (periode 1981-2006). De laagwaterstatistiek en de afvoerlopen voor de droge jaren 1989 en 2003 komen redelijk overeen.

6 Literatuur

Sperna Weiland (2016) Correctie HBV reeksen KNMI'14 Monsin en Lobith en advies voor toepassing, Deltares memo 1230076-000-ZWS-0001, 25 mei 2016, 18 pagina's. (bijlage A)

Sperna Weiland (2016) Update klimaat projecties en correctie 100-jarige reeks, Deltares memo 1230078-007-BGS-0001, 5 juli 2016. (Bijlage B)

Beckers (2016), Transformatie 100-jarige afvoerreeks - uitwerking transformatiemethode, Deltares memo, 19 juli 2016. (Bijlage C).

Hegnauer, M., Beersma, J.J., Van den Boogaard, H.F.P, Buishand, T.A. and R.H. Passchier (2014). Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins; Final report of GRADE 2.0. Document extern project: 2014, Project under commission of the Ministry of Infrastructure and the Environment: Rijkswaterstaat Water, Transport and Environment (RWS-WVL), Deltares, Delft, Netherlands.

Van Pelt, S. C., Beersma, J. J., Buishand, T. A., van den Hurk, B. J. J. M. and P. Kabat (2012) Future changes in extreme precipitation in the Rhine basin based on global and regional climate model simulations, Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 4517–4530, 2012 Sciences

Datum
7 november 2016

Ons kenmerk
1230078-000-BGS-0001

Pagina
36/40

Datum
7 november 2016

Ons kenmerk
1230078-000-BGS-0001

Pagina
37/40

Bijlage A Memo correctie HBV reeksen KNMI'14 Monsin en Lobith en advies voor toepassing

(alleen in pdf)

Memo

Aan

Wim Werkman, Tom van der Wekken, Hendrik Buitenveld

Datum	Kenmerk	Aantal pagina's
25 mei 2016	1230076-000-ZWS-0001	17
Van	Doorkiesnummer	E-mail
Frederiek Sperna Weiland	+31(0)88335 8230	frederiek.spernaweiland@deltares.nl

Onderwerp

Correctie HBV reeksen KNMI'14 Monsin en Lobith en advies voor toepassing

Aanleiding

In 2015 zijn met HBV afvoer reeksen voor Monsin en Lobith gesimuleerd op basis van de KNMI'14 scenario's (Sperna Weiland et al., 2015). De met HBV gesimuleerde referentie reeksen van deze KNMI'14 scenario's verschillen van de gesimuleerde referentie reeksen van de KNMI'06 scenario's (ook wel Deltascenario's) en van de afvoer metingen.

Beide verschillen zijn te verklaren:

- Tussen 2006 en 2015 zijn de HBV modellen voor Rijn en Maas opnieuw gekalibreerd met als doel de modeluitkomsten beter overeen te laten komen met de gemeten afvoeren (Hegnauer et al., 2014). Hierdoor verschilt de gesimuleerde HBV referentie afvoer voor de KNMI'14 scenario's van de KNMI'06 scenario's;
- Daarnaast is het nooit mogelijk modeluitkomsten exact overeen te laten komen met observaties middels kalibratie aangezien het model een versimpeling blijft van het werkelijke systeem en bovendien geen antropogene invloeden bevat. Daardoor blijven verschillen bestaan tussen metingen en simulaties. Dit lijkt vooral het geval te zijn voor Monsin en voor Lobith voor het jaar 2003.

Tijdens de eerste analyses van de implicaties van de KNMI'14 scenario's voor het Deltaprogramma Zoetwater is gebleken dat de afwijkingen in de modelsimulaties ten opzichte van de werkelijke waarden zodanig zijn dat ze naar verwachting gevolgen hebben voor het signaleren van knelpunten. De waarden van belangrijke probleemindicatoren zoals chlorideconcentraties bij drinkwaterinnamepunten, waterstand ter hoogte van Lent of debietverdeling over verschillende riviertakken zijn afhankelijk van de afvoerdebieten, terwijl bij deze indicatoren vaak drempelwaarden of kritische grenswaarden horen. Om de huidige situatie zo realistisch mogelijk te beschrijven, is het noodzakelijk dat de afvoeren die in de referentiesituatie gebruikt worden voor de analyse overeenkomen met de (historische) werkelijkheid. Voor de KNMI'06 scenario's (in Deltaprogramma Fase 1) is destijds besloten de gesimuleerde afvoeren achteraf te corrigeren zodat deze overeenkomen met de metingen (Te Linde, 2011). Inmiddels (Deltaplan Fase 2) heeft WVL Deltares verzocht voor de gesimuleerde KNMI'14 afvoeren voor Monsin en Lobith dezelfde correctie uit te voeren met oog op toepassing in Deltaprogramma Zoetwater. Deze correctie wordt in dit memo besproken.

N.b. de correcties op de HBV gesimuleerde afvoeren worden alleen uitgevoerd voor de korte referentie en klimaatscenario reeksen. Deze reeksen worden met name gebruikt door het Deltaprogramma Zoetwater. Voor de met HBV gesimuleerde reeksen die gebaseerd zijn op de synthetische neerslag reeksen van de neerslag generator wordt geen correctie afgeleid – dit omdat voor GRADE en de historische werklijnen ook de HBV simulaties en niet de observaties als uitgangspunt genomen zijn.

Data

Maas

Als referentie wordt een afvoer reeks voor Monsin gebruikt die eerder is afgeleid door bij de afvoerreeksen van Borgharen de onttrekkingen tussen Monsin en Borgharen op te tellen. Vanaf 1996 wordt gewerkt met de gemeten afvoer bij Sint Pieter plus de onttrekking bij Kanne.

Voor de KNMI'14 scenario's zijn afvoerreeksen gesimuleerd voor de periode 1967 tot en met 2007 op basis van een meteo dataset samen gesteld door Leander et al. (2005).

Rijn

Voor de referentie is gebruik gemaakt van de afvoermetingen bij Lobith.

Voor de KNMI'14 scenario's zijn afvoerreeksen gesimuleerd voor de periode 1951 tot en met 2006 op basis van de HYRAS data set (Rauthe et al., 2013).

Methode

Voor de correctie van de afvoeren wordt dezelfde methode gebruikt als in Te Linde (2011). Waarbij de met HBV gesimuleerde afvoeren voor de historische periode exact gelijk worden gesteld aan de observaties en de gesimuleerde toekomstige reeksen met dezelfde factoren worden gecorrigeerd. De dagelijks variërende correctiefactor wordt bepaald door de meetreeks op tijdsstap basis te delen door de gesimuleerde reeks:

$$Corr.f = \frac{Q_m}{Q_{sim(ref)}}$$

Waar $Corr.f$ is een dagelijkse reeks met correctie factoren, Q_m is de dagreeks met gemeten afvoeren en $Q_{sim(ref)}$ refereert naar de HBV simulaties voor de historische periode.

De scenario reeks wordt vervolgens gecorrigeerd door deze te vermenigvuldigen met de tijdreeks van correctiefactoren.

$$Q(scen).corr = Q(scen) \times Corr.f$$

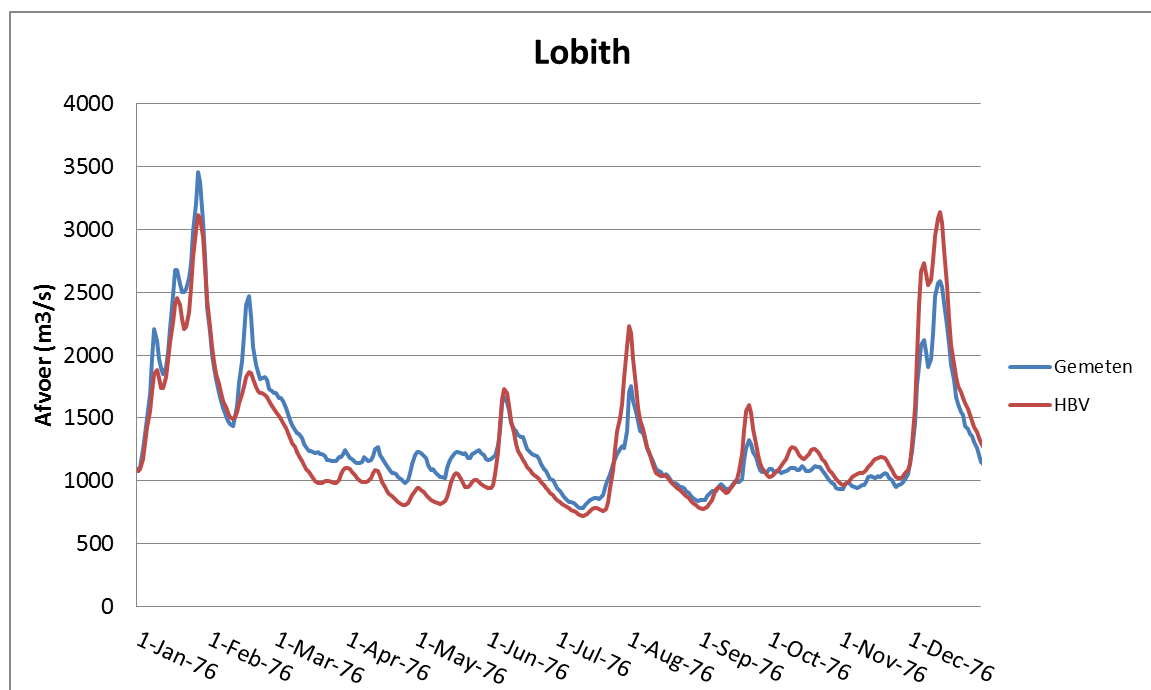
Waar $Q(scen).corr$ de gecorrigeerde gesimuleerde afvoer voor een KNMI'14 scenario is en $Q(scen)$ de ongecorrigeerde gesimuleerde afvoer voor hetzelfde KNMI'14 scenario.

Een correctie op dagbasis is mogelijk omdat voor de constructie van de KNMI'14 scenario's (neerslag, temperatuur en verdamping) gebruik is gemaakt van de Advanced Delta Change methode (Van Pelt et al., 2012) waarbij de historische reeksen worden getransformeerd. Het patroon van de afvoer variatie in tijd en de afwijking van de observaties is hierdoor vergelijkbaar voor de referentie en scenario reeksen.

Omdat in de analyses voor DPZW de afgelopen jaren vooral gekeken is naar de karakteristieke jaren 1976 (karakteristiek jaar met extreem droge condities), 2003 en 1989 (droge condities voor de Rijn) en 1967 (gemiddeld jaar) zijn deze jaren in de volgende paragrafen nader bestudeert.

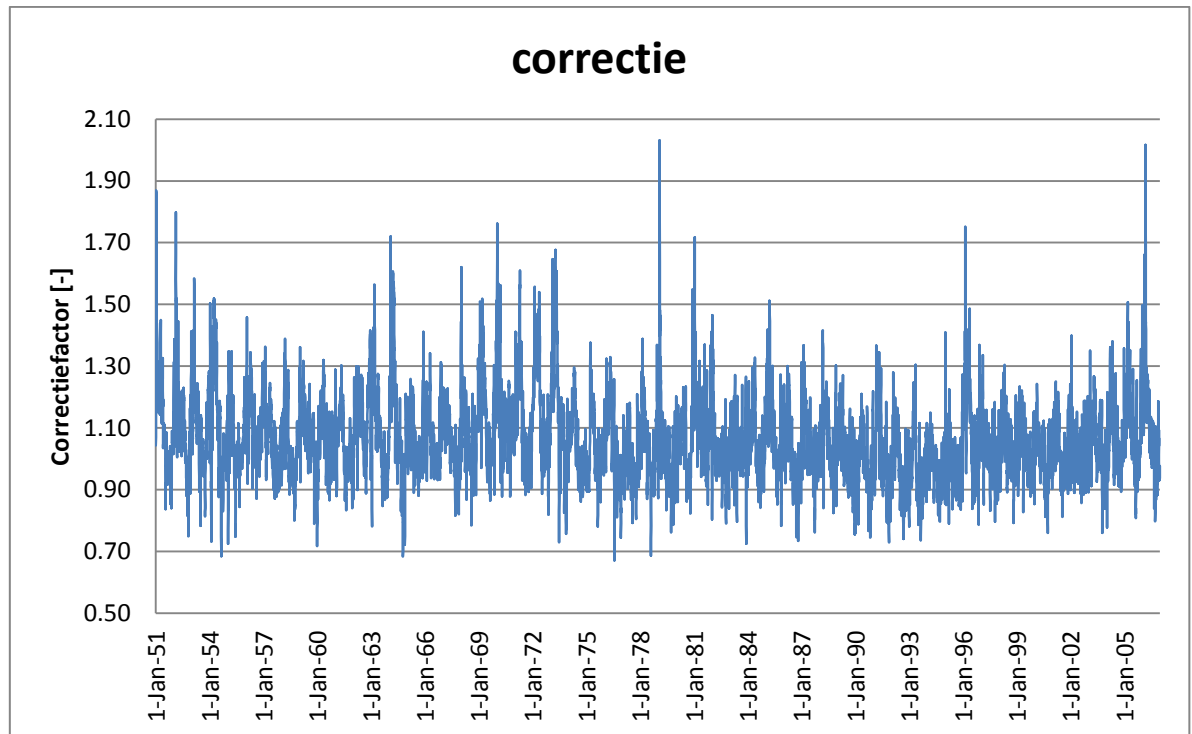
Resultaten – Rijn

In figuur 1 wordt voor het droge jaar 1976 de gemeten afvoer bij Lobith met de gesimuleerde afvoer vergeleken. In het voorjaar onderschat HBV de afvoer. In Te Linde (2011) was te zien dat met de HBV versie van destijds de afvoer in de nazomer overschat werd door HBV deze overschatting is met de huidige HBV versie veel geringer. Er zijn echter nog steeds duidelijk afwijkingen zichtbaar, ook rond de voor zoetwater kritische grenswaarden van 1000 m³/s. Dit geeft aan dat de correctie van de met HBV gesimuleerde afvoer noodzakelijk is voor een betrouwbare berekening van de relevante indicatoren.

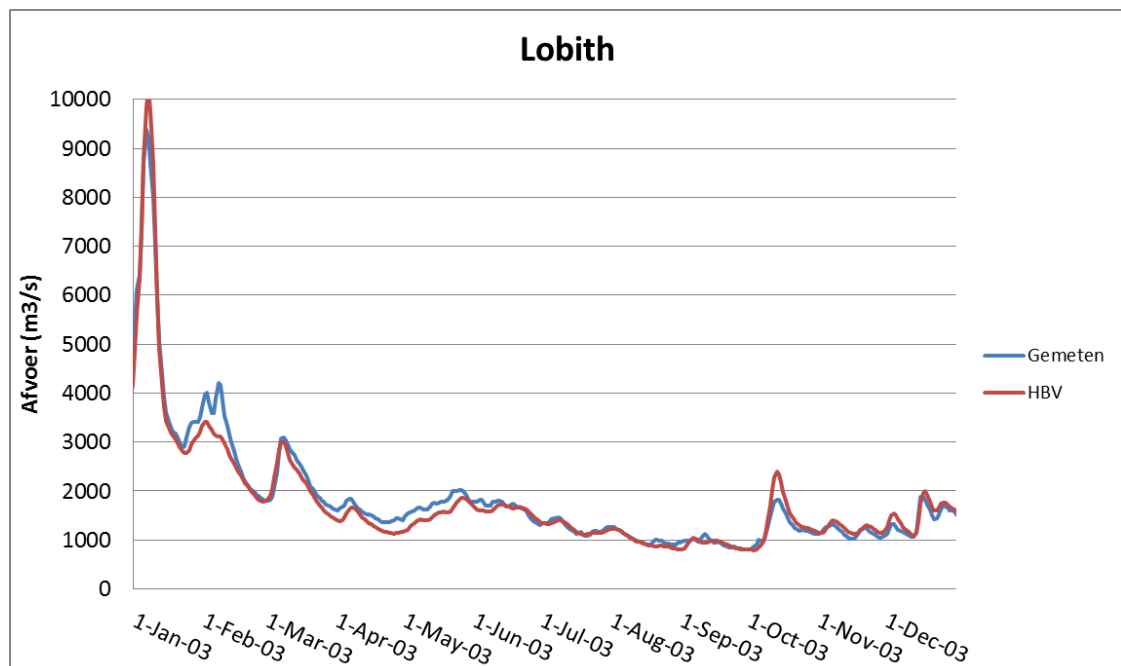


Figuur 1. Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Lobith voor 1976

De correctie factor schommelt rond de 1, zie figuur 2, wat komt doordat de met HBV gesimuleerde afvoer redelijk overeenkomt met de gemeten afvoer. De maximale waarde ligt rond de 2. Dit is net iets hoger dan de correctie waarden die destijds bij de Deltascenario's toegepast zijn waarbij de maxima rond de 1,6 lagen. Dit geeft aan dat de performance van HBV niet verbeterd is voor laagwater en correctie noodzakelijk blijft.

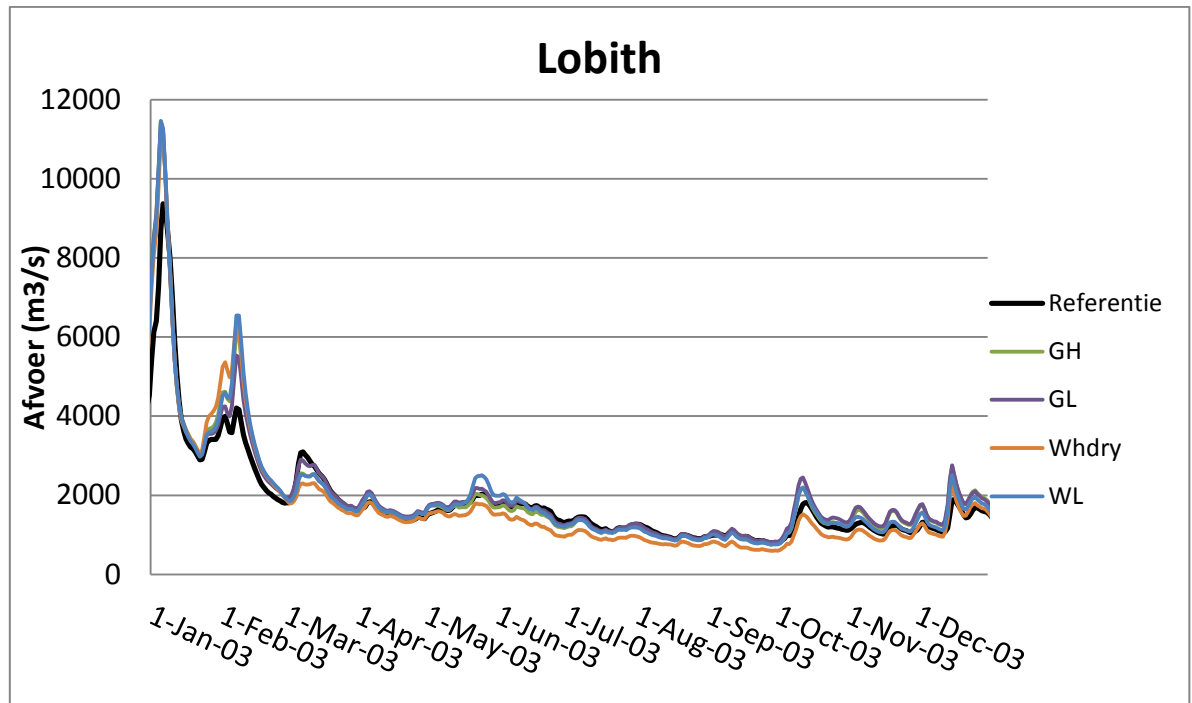


Figuur 2. De variatie in de correctiefactor ($Corr.f$) die de gesimuleerde afvoer gelijk stelt aan de gemeten afvoer over tijd.



Figuur 3. Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Lobith voor 2003.

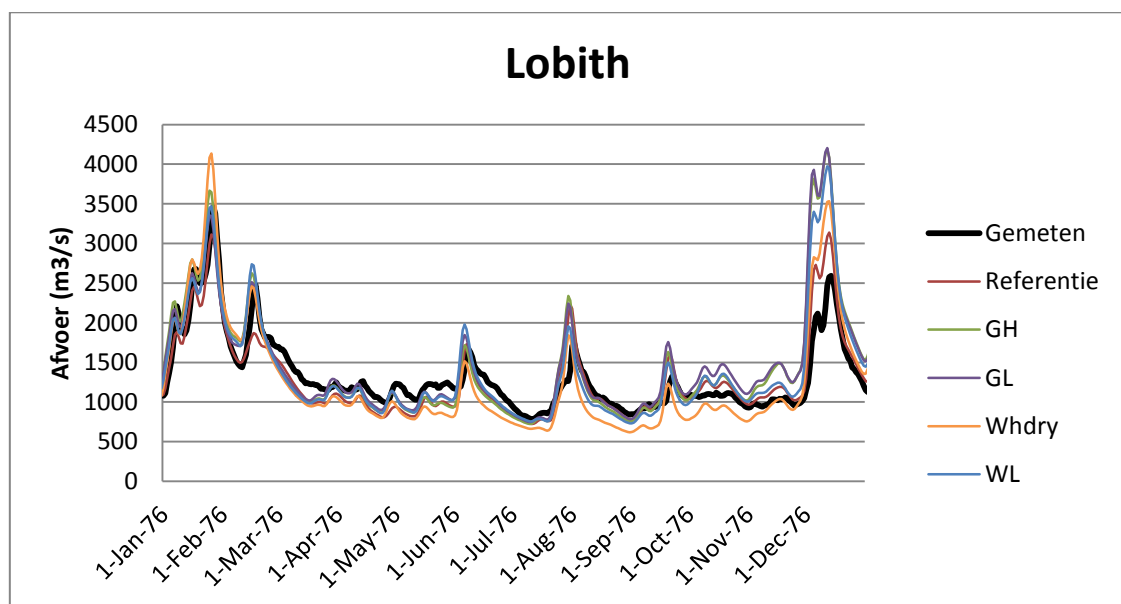
De met HBV gesimuleerde afvoer komt voor de zomer periode in 2003 goed overeen met de metingen. In april tot juni wordt de gemeten afvoer licht onderschat door het model.



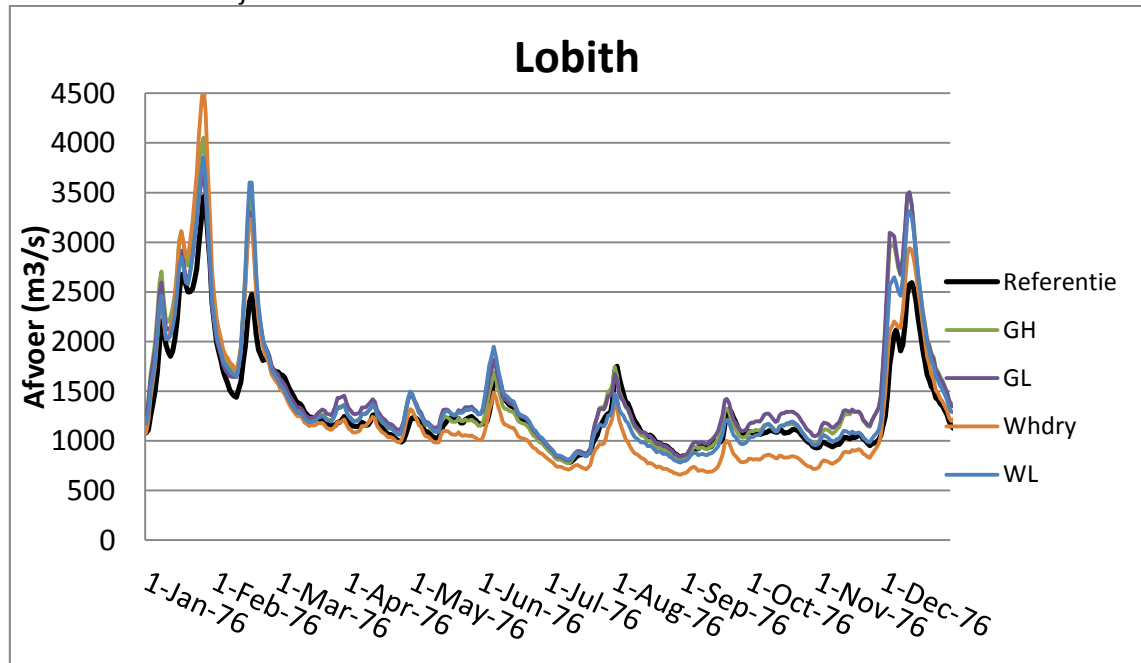
Figuur 4. Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde scenario afvoeren bij Lobith voor het voorbeeldjaar 2003 voor 2050.

Figuur 4 laat zien dat de scenario reeksen dezelfde dag tot dag variatie volgen.

Ter info zijn voor enkele andere jaren – de voorbeeldjaren uit de analyse van Zoetwater voor het Deltaprogramma – ook figuren opgenomen met de gemeten en ongecorrigeerde afvoer en de gecorrigeerde afvoeren.



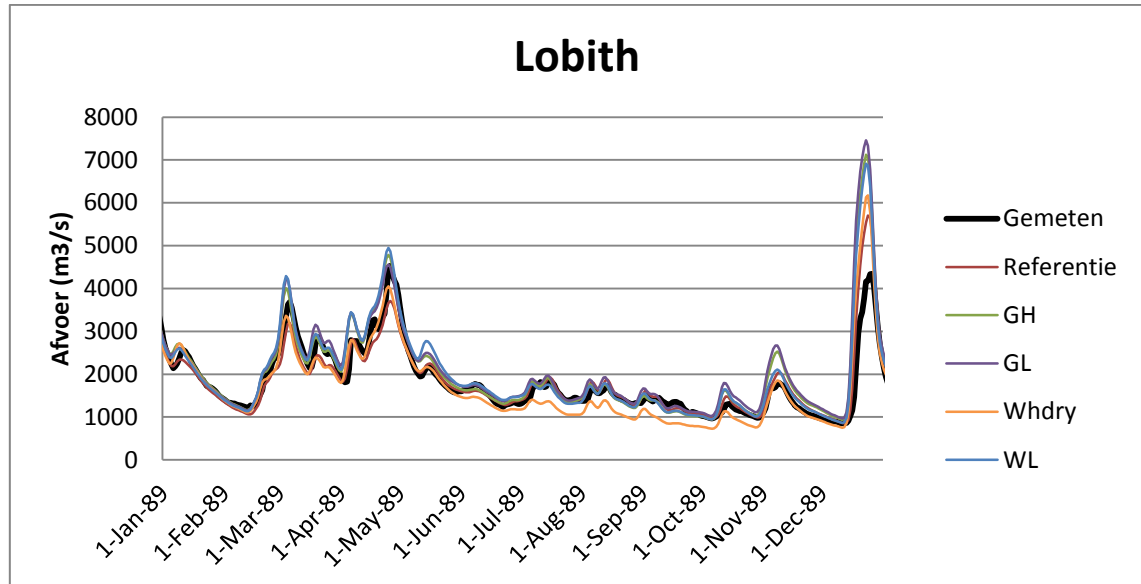
Figuur 5. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1976



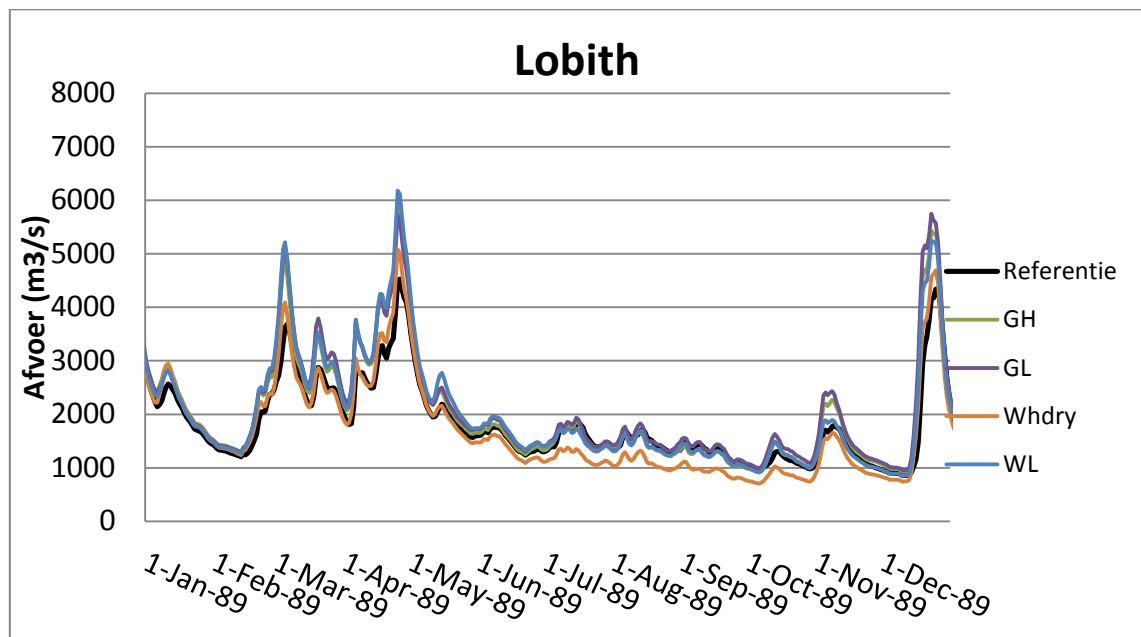
Figuur 6. Gecorrigeerde KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1976

Figuur 5 laat de zien dat de referentie afvoersimulaties en de scenario afvoeren eenzelfde afvoer patroon volgen – dit is het gevolg van de door het KNMI toegepaste advanced delta change methode voor het genereren van de toekomstige neerslag scenario's die de historische neerslagreeksen als uitgangspunt neemt en deze transformeert. Het voordeel is dat de afwijkingen in de referentie en scenario afvoeren ook eenzelfde patroon volgen waardoor het mogelijk is een correctie op dagbasis uit te voeren met de correctiefactor afgeleid van de historische geobserveerde en gesimuleerde reeks.

In figuur 6 is het eindresultaat van de correctie te zien voor het voorbeeldjaar 1976. De referentie is de gecorrigeerde HBV reeks die nu exact gelijk is aan de gemeten waarden. Het Whdry scenario geeft voor de nazomer en herfst een grote afname in de afvoer. De volgorde van de scenario's en de onderlinge afstand is na correctie nagenoeg gelijk. Figuur 7 en 8 geven dezelfde informatie voor het jaar 1989.

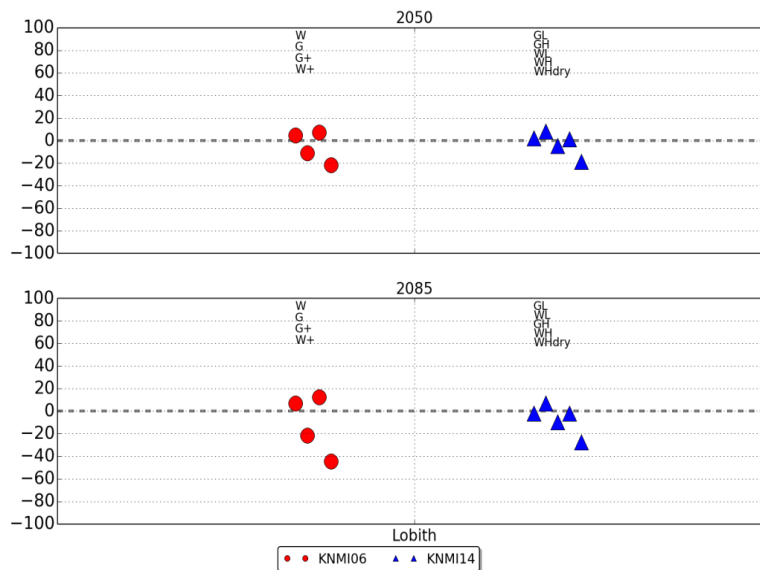


Figuur 7. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 'HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1989

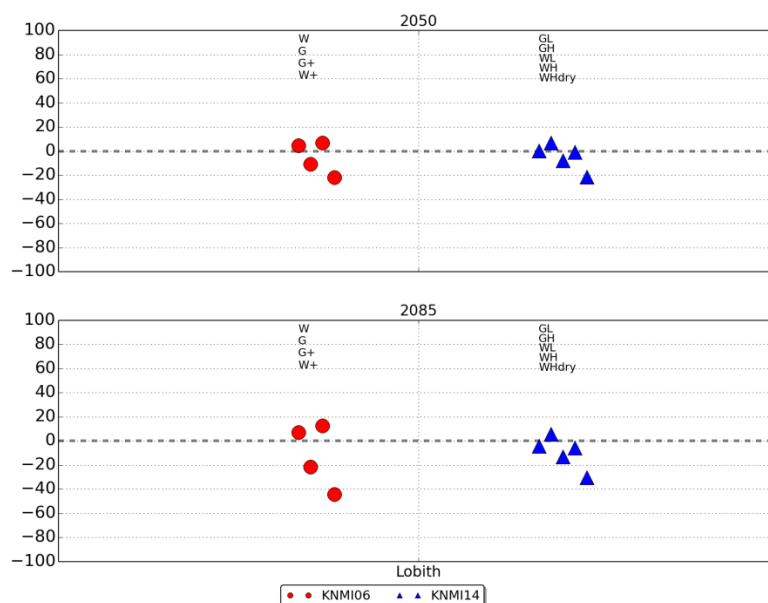


Figuur 8. Gecorrigeerde KNMI'14 HBV reeksen voor 2050 voor Lobith voor het voorbeeldjaar 1989

Voor de rapportage over de implicaties van de KNMI'14 scenario's op de afvoeren van de Maas en Rijn is geen correctie toegepast (Sperna Weiland et al., 2015). In deze rapportage is de verandering in de voor droogte relevante 7-daagse laagwater afvoer berekend. De figuren hieronder laten zien dat deze relatieve verandering nagenoeg niet wijzigt wanneer in plaats van de directe HBV uitvoer de gecorrigeerde reeksen worden gebruikt. Als referentie is ook de verandering berekend op basis van de ongecorrigeerde HBV simulaties voor de KNMI'06 scenario's toegevoegd.



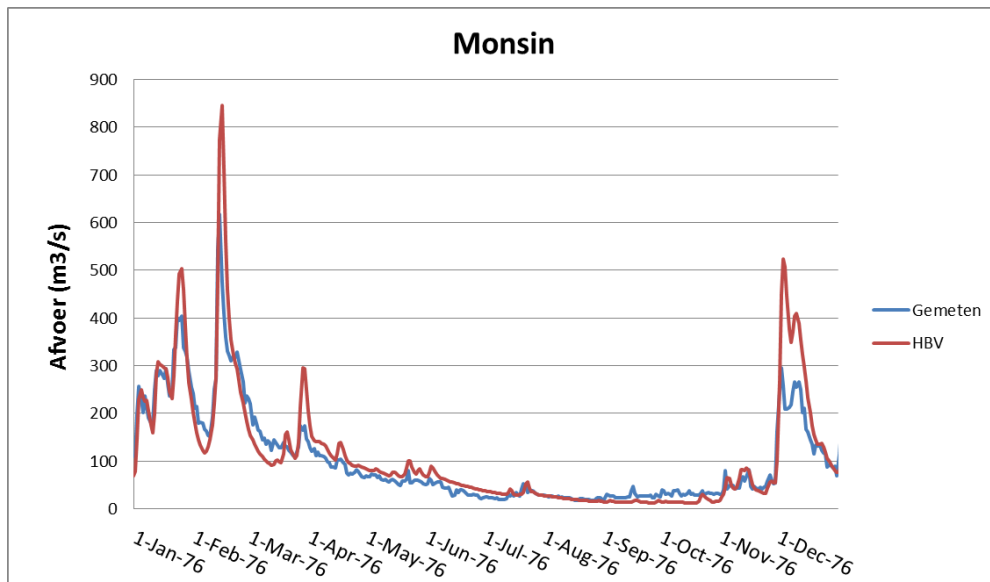
Figuur 8. Verandering in minimale 7-daagse afvoersom berekend op basis van de ongecorrigeerde KNMI'06 reeksen (rood) en de ongecorrigeerde KNMI'14 HBV reeksen (blauw)



Figuur 9. Verandering in minimale 7-daagse afvoersom berekend op basis van de ongecorrigeerde KNMI'06 reeksen (rood) en de gecorrigeerde KNMI'14 HBV reeksen (blauw)

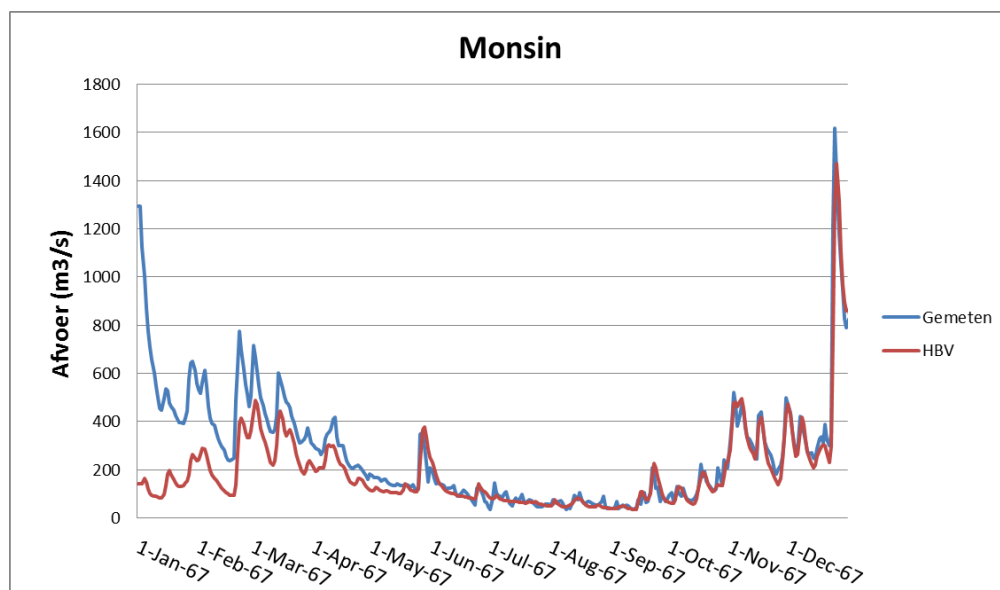
Resultaten – Maas

In figuur 5 wordt voor het extreem droge jaar 1976 de gemeten afvoer voor Monsin met de gesimuleerde afvoer vergeleken.



Figuur 10. Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Monsin voor 1976

Voor 1976 liggen de met HBV gesimuleerde pieken hoger dan de metingen. Verder zakt de gesimuleerde afvoer langzamer uit en bereikt deze in de nazomer / herfst lagere waarden dan geobserveerd. Omdat er voor 1967 problemen zijn waargenomen in de afvoer reeks voor Monsin is dit jaar extra weergegeven in Figuur 11.

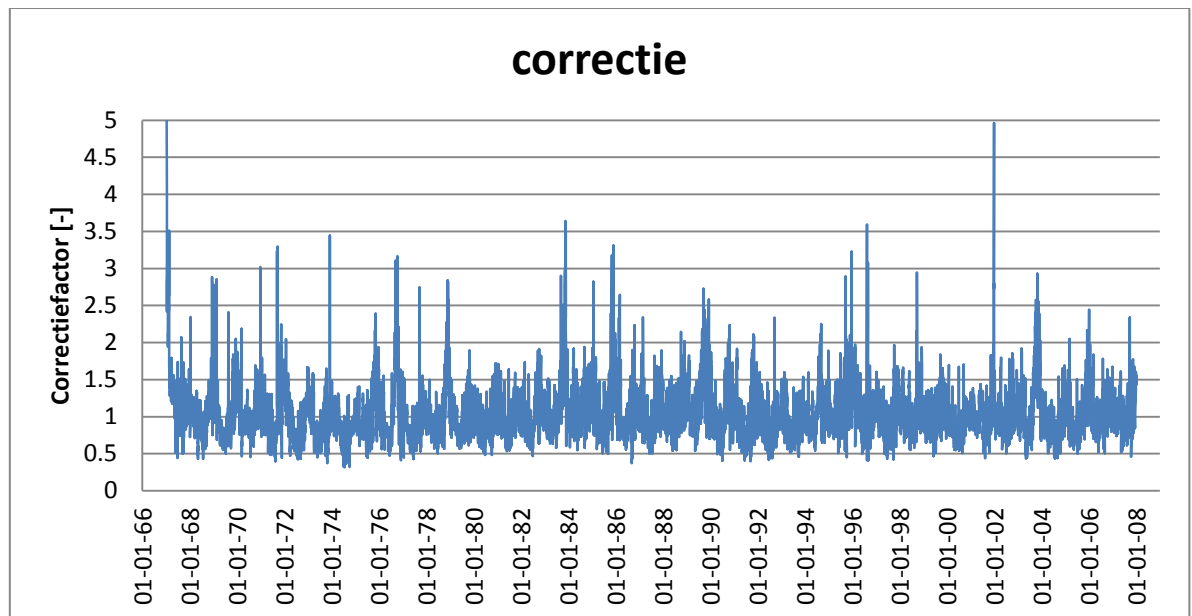


Figuur 11. Gemeten (blauw) en met HBV gesimuleerde (rood) afvoer bij Monsin voor 1967.

Helaas zijn de initiële condities die gebruikt zijn voor 1967 – het startjaar van de HBV simulaties – te laag. Begin januari 1967 was juist sprake van een hoogwatersituatie. De gebruikte initiële condities resulteren tot het einde van mei 1967 in te lage gesimuleerde

afvoeren. Dezelfde initiële condities zijn ook gebruikt voor de simulaties voor de toekomstige scenario's waardoor hier sprake is van een vergelijkbare afwijking.

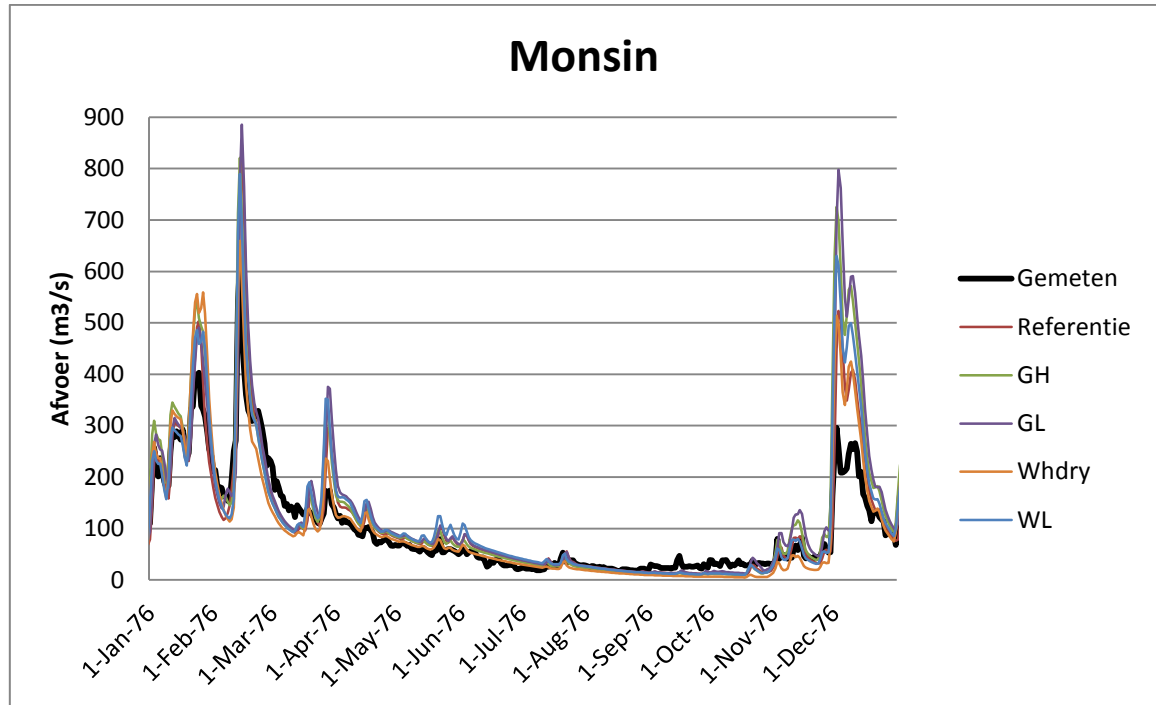
De afvoercorrecties voor de Maas zijn voor de gehele reeks uitgevoerd volgens de methode die ook gebruikt is voor de Rijn. Het wordt echter aangeraden de afvoeren voor het jaar 1967 niet te gebruiken voor verdere analyses aangezien de hydrologische condities in het model niet realistisch zijn als gevolg van de gebruikte initiële condities.



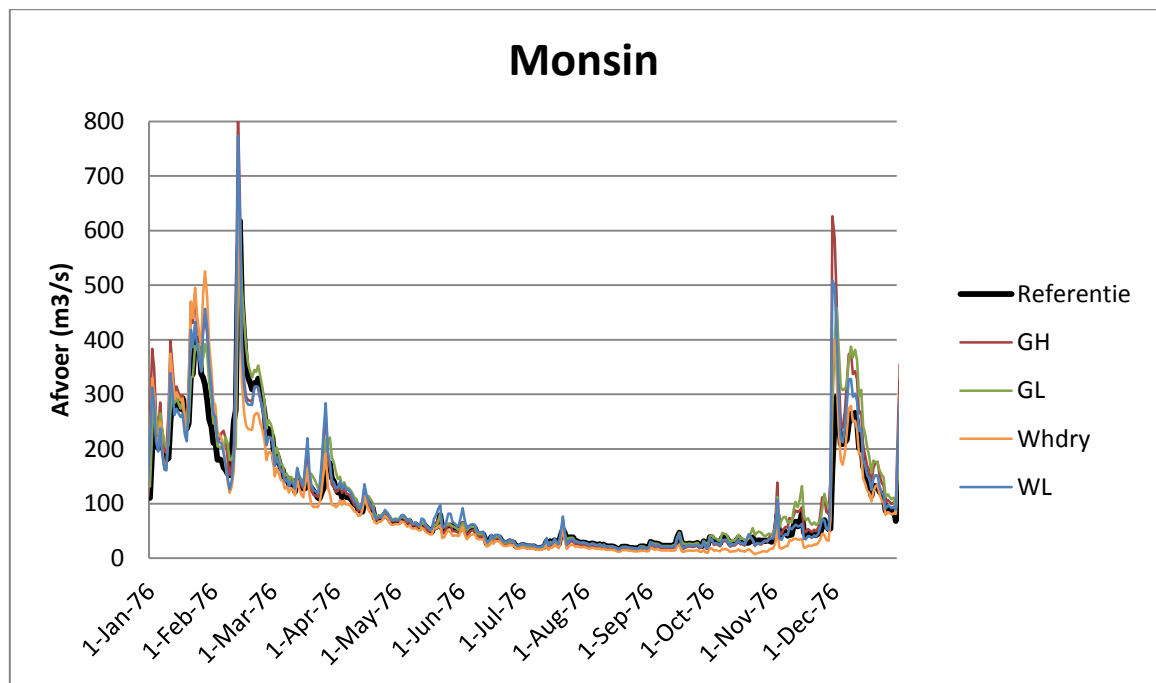
Figuur 12. De variatie in de correctiefactor (Corr.f) die de gesimuleerde afvoer gelijk stelt aan de gemeten afvoer over tijd.

De correctie voor de Maas is duidelijk groter dan voor de Rijn. Zoals verwacht zitten er uitschieters in 1967. Gemiddeld is de correctie factor in de voorzomer kleiner dan 1 en in de herfst / winter groter dan 1 alhoewel het model afvoerpieken over het algemeen overschat.

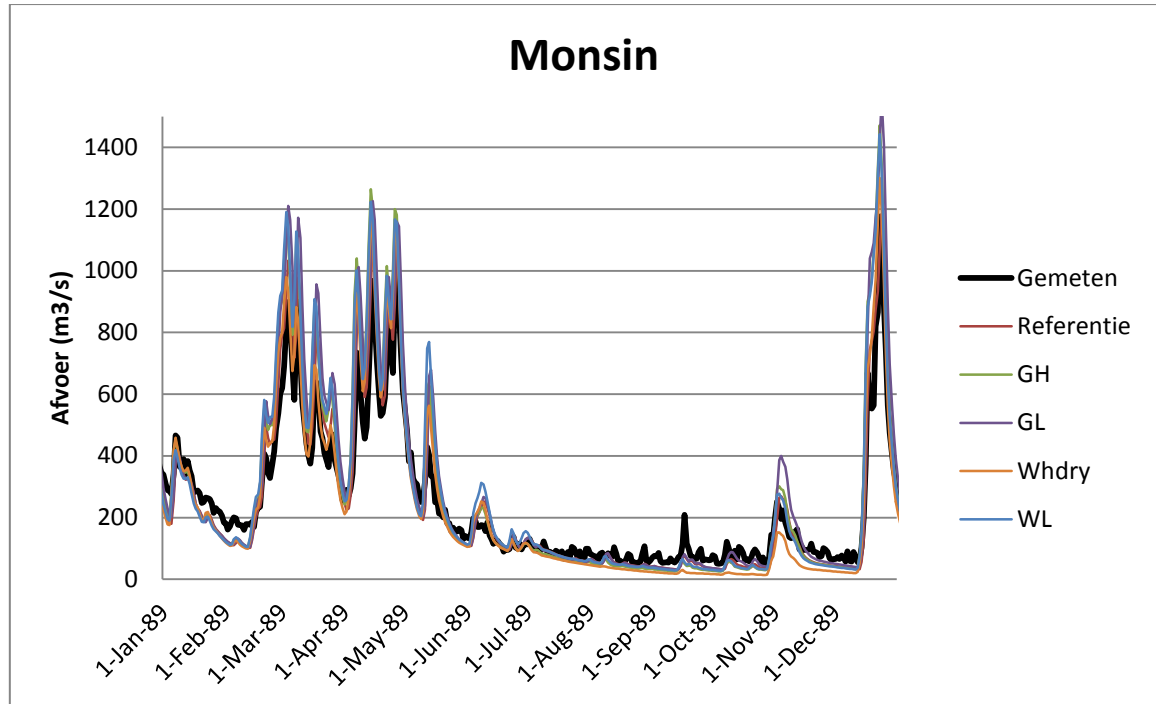
Hieronder volgen ook voor de Maas voor enkele voorbeeldjaren de figuren met afvoerscenario's op basis van gecorrigeerde en ongecorrigeerde reeksen.



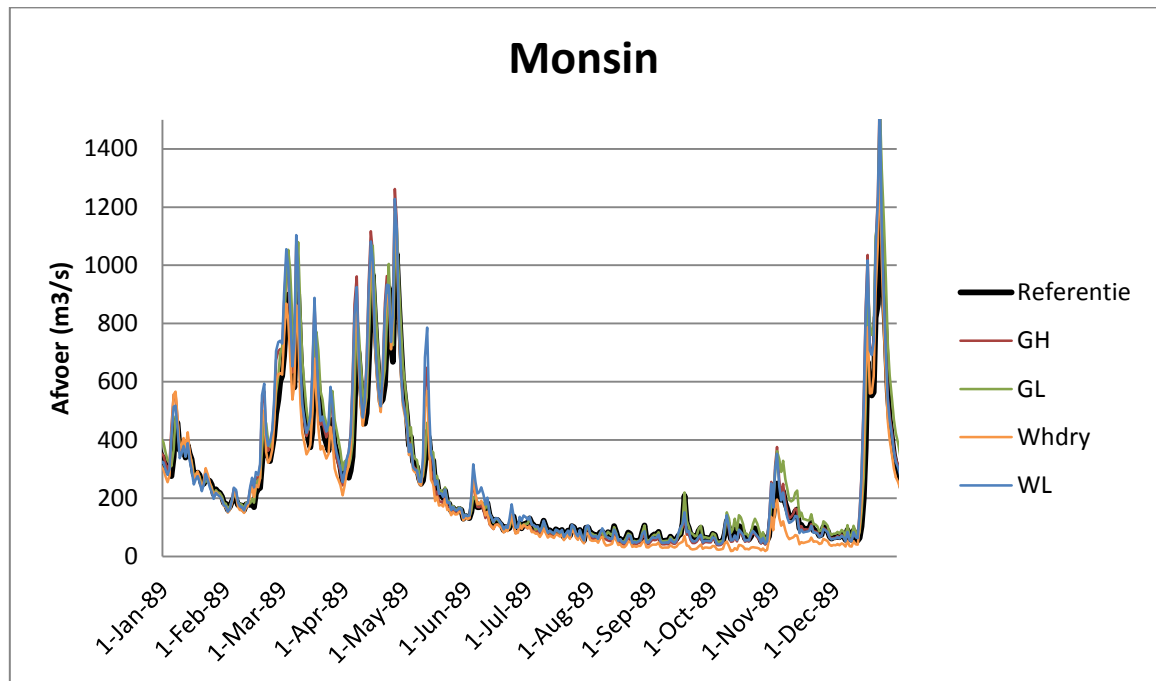
Figuur 13. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 'HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1976



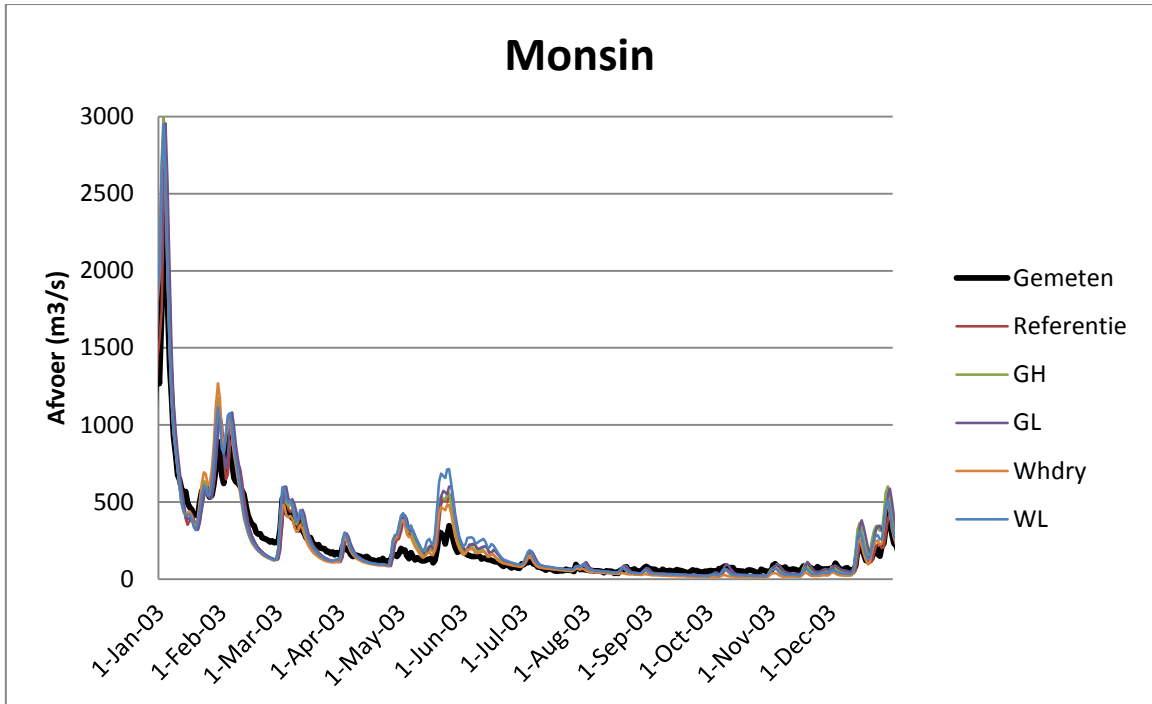
Figuur 14. Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1976



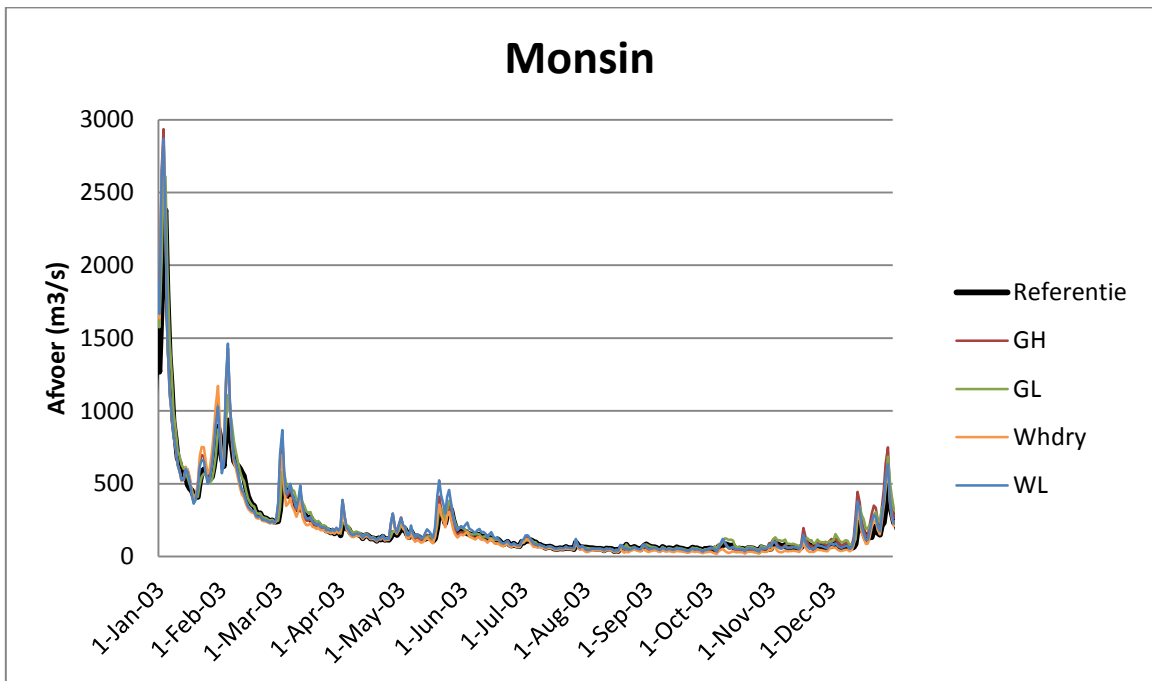
Figuur 15. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 'HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1989



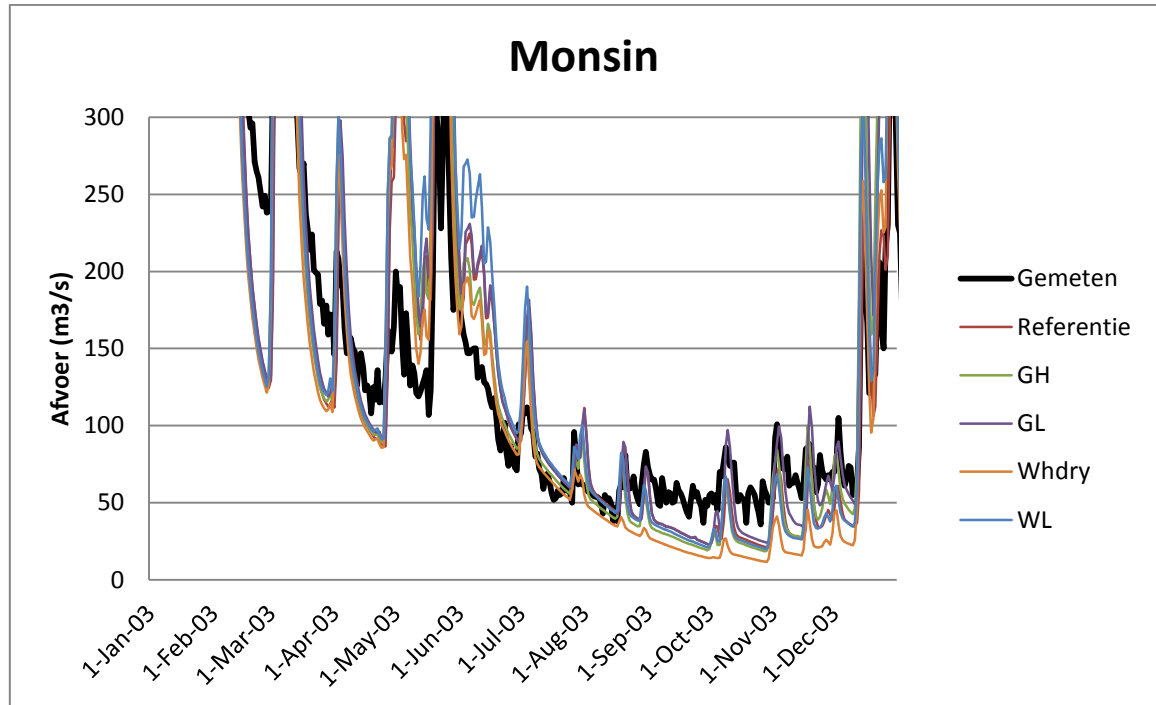
Figuur 16. Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 1989



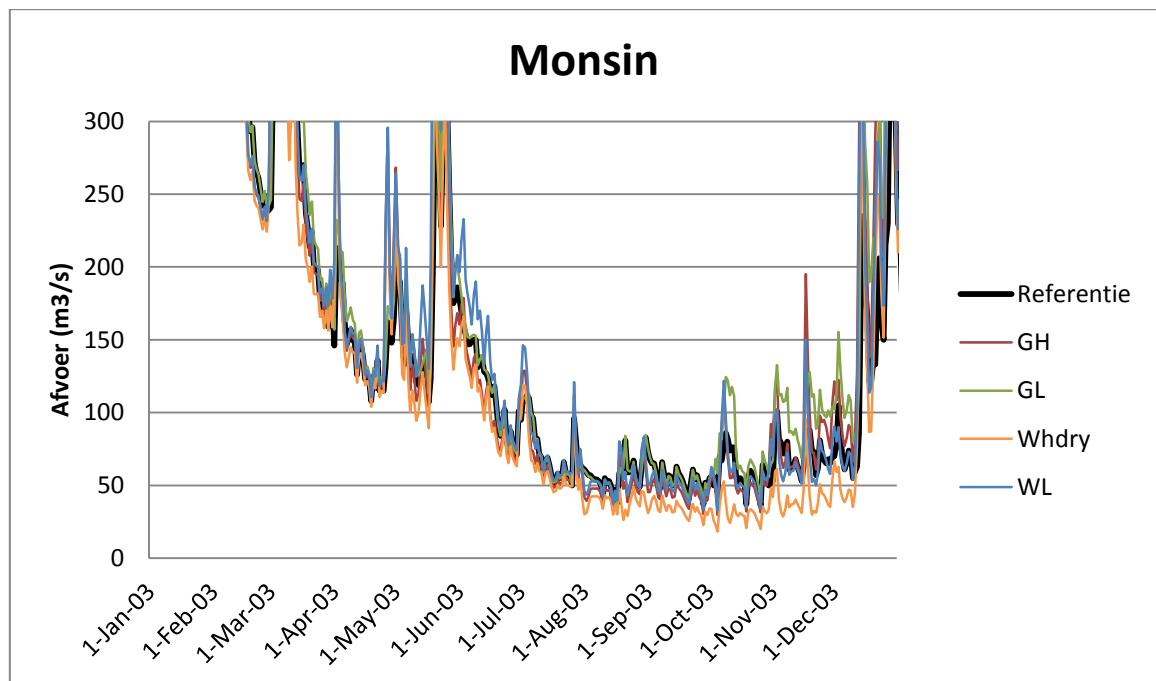
Figuur 17. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 'HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003



Figuur 18. Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003



Figuur 19. Afvoer metingen en ongecorrigeerde KNMI'14 'HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003 ingezoomd op de lage afvoeren



Figuur 20. Gecorrigeerde KNMI'14 HBV simulaties voor 2050 voor Monsin voor het voorbeeldjaar 2003 ingezoomd op de lage afvoeren

Discussie

De hier uitgevoerde correctie van de HBV simulaties op dagbasis heeft er voor gezorgd dat de historische HBV simulaties exact overeenkomen met de metingen waardoor deze reeksen goed bruikbaar zijn voor de analyses voor zoetwater.

Doordat de scenario reeksen dezelfde dag tot dag variatie vertonen als de historische HBV simulatie is het mogelijk dezelfde van dag tot dag variërende correctiefactoren te gebruiken voor de correctie van de toekomstige HBV klimaat simulaties. De correctie verandert de relatieve ligging van de scenario afvoeren niet, alle afvoeren worden voor een gegeven dag immers met dezelfde factor vermenigvuldigd. Maar de correctie heeft wel effect op de absolute waarden waardoor de hiervan afgeleide probleemindicatoren realistischer worden.

Het gebruik van de HBV reeksen in combinatie met de correctie op dagbasis heeft twee nadelen. Het feit dat de correctie nodig is betekent dat het HBV model de werkelijkheid niet exact weergeeft en dat niet alle gemodelleerde hydrologische / fysische processen volledig representatief zijn voor de werkelijkheid of dat er afwijkingen in de modelafvoer zitten – voor 2003 heeft dit voor Lobith tot grote afwijkingen geleid. In de afgelopen jaren zijn er meerdere pogingen gedaan HBV te optimaliseren / calibreren, ook specifiek voor laagwater. Inmiddels is duidelijk dat, mede omdat het een conceptueel model is, afwijkingen tussen de simulaties en observaties zullen blijven bestaan wat voor de analyses van Zoetwater correctie achteraf noodzakelijk maakt.

Het tweede nadeel van een correctie op dagbasis is dat deze in een later stadium, waarin mogelijk ook voor laagwater risico analyses uitgevoerd gaan worden op basis van lange synthetische reeksen, niet meer toepasbaar is. Bij het gebruik van synthetische reeksen zijn er geen corresponderende dag observaties beschikbaar. In dat geval zou een overstap naar een Delta change methode op basis van lang-jarig maandgemiddelde waarden ofwel curve fitting op basis van ranking voor het genereren van toekomstige afvoerscenario's beter zijn.

De vraag is of we nu consistent willen zijn met de methode die in 2010 is gebruikt voor het deltaprogramma of dat we vooruitlopend op toekomstige ontwikkelingen, zoals mogelijk voor WABES verwacht kunnen worden zomer 2017, een methode willen gebruiken die ook toepasbaar is op synthetische reeksen.

Een transformatie van de HBV afvoeren op basis van maandelijks / 10- daagse delta's die representatief zijn voor de klimaatverandering en worden afgeleid uit de gesimuleerde HBV reeksen is in principe eenvoudig uit te voeren (opnieuw enkele dagen werk). Het nadeel is dat verandering in variabiliteit niet wordt meegenomen.

Een curve fitting methode, die synergie vertoont met de Advanced Delta change methode die voor neerslag door het KNMI wordt toegepast, waarbij op basis van ranking de afvoer waarden uit het verleden worden getransformeerd naar afvoerwaarden voor de toekomst heeft als voordeel dat verandering in afvoervariabiliteit kan worden meegenomen. We zullen echter moeten onderzoeken hoe we deze methode het best uit kunnen voeren en daarbij ook de resulterende toekomstige afvoer reeksen in detail moeten analyseren op bruikbaarheid en mogelijke vreemde onvoorziene afwijkingen. Dit zal dus meer tijd kosten en lijkt dan ook pas toepasbaar in een later stadium.

Een laatste punt van aandacht is de afstemming tussen Zoetwater en het NWM (basis prognoses) en meer in het algemeen de afstemming tussen modelontwikkeling,

modelsimulaties en gebruik van modeluitvoer voor beleidsanalyses die vaak in meerdere projecten en ontwikkellijnen is belegd. Dit ook omdat we op deze manier kosten efficiënter kunnen werken en de beschikbare capaciteit bij Deltares (beschikbare mensen) efficiënt in kunnen zetten.

In het NWM worden op dit moment de ongecorrigeerde HBV reeksen gebruikt voor de basis prognoses. Indien deze lijn wordt doorgezet zullen de resultaten van de basisprognoses afwijken van de informatie die bijvoorbeeld nodig is voor Zoetwater om met de regio in gesprek te gaan. Overwogen moet worden om de basis prognoses van het NWM ook met gecorrigeerde reeksen beschikbaar te stellen. Gezien het tijdspad is hiervoor het gebruik van de hier gepresenteerde op dagbasis gecorrigeerde reeksen een goede optie. Dit is planning technisch beter aan te sluiten dan eerst een andere correctie methode verkennen / toepassen.

Referenties

Hegnauer, M., Beersma, J.J., Van den Boogaard, H.F.P, Buishand, T.A. and R.H. Passchier (2014). Generator of Rainfall and Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins; Final report of GRADE 2.0. Document extern project: 2014, Project under commission of the Ministry of Infrastructure and the Environment: Rijkswaterstaat Water, Transport and Environment (RWS-WVL), Deltares, Delft, Netherlands.

Leander, R., T.A. Buishand, P. Aalders and M.J.M. De Wit (2005). Estimation extreme floods of the river Meuse using a stochastic weather generator and a rain fall-run off model. Hydrological Sciences Journal, 50(6), pp. 1089-1103.

Ministry of Infrastructure and the Environment: Rijkswaterstaat Water, Transport and Environment (RWS-WVL), Deltares, Delft, Netherlands, 2014.

Rauthe, M., H. Steiner, U. Riediger, A. Mazurkiewicz and A. Gratzki (2013). A Central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily dataset (HYRAS). Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 3, 235-256.

Sperna Weiland, F., Hegnauer, M., Bouaziz, L. and J. Beersma (2015). Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse – comparison with earlier scenario studies. Deltares report: 1220042-000-ZWS-0004.

Te Linde, A. (2011). Correctie HBV uitvoer Deltascenario's, als gevolg van afwijking voor 1976. Deltares Memo: 1205747-000-VEB-0011.

Van Pelt, S., J. Beersma, T. Buishand et al. (2012), Future changes in extreme precipitation in the Rhine basin based on global and regional climate model simulations. Hydrol. Earth Syst. Sci. 16, pp.4517-4530.

Datum
7 november 2016

Ons kenmerk
1230078-000-BGS-0001

Pagina
38/40

Bijlage B Memo Update klimaatprojecties

(alleen in pdf)

Memo

Aan

Bas de Jong, Francien van Luijn, Timo Kroon, Marjolein Mens

Datum

5 juli 2016

Kenmerk

1230078-007-BGS-0001

Aantal pagina's

5

Van

Frederiek Sperna Weiland

Doorkiesnummer

+31(0)88335 8230

E-mail

frederiek.spernaweiland@deltares.nl

Onderwerp

Update klimaat projecties en correctie 100-jarige reeks

Achtergrond

Kort geleden zijn voor de nieuwe Deltascenario's (als deelproject binnen het KPP BOA DPZW project) de met HBV berekende afvoerreeksen voor Lobith en Monsin voor de KNMI'14 scenario's gecorrigeerd. De correctie was noodzakelijk omdat de met HBV gesimuleerde afvoeren voor de huidige situatie afwaken van de observaties, juist ook waar het ging om kritieke grenswaarden die het optreden van knelpunten mbt de zoetwatervoorziening beïnvloedden. Hiervoor is gebruik gemaakt van een correctie op dag-basis waarbij de gesimuleerde dagafvoeren zijn vermenigvuldigd met een dagelijks variërende correctiefactor die ervoor zorgt dat de simulaties voor de historische periode exact overeenkomen met de observaties (Sperna Weiland, 2016). Dezelfde tijdreeks van correctie factoren is vervolgens gebruikt om ook de toekomstige scenario's te corrigeren. Deze methode is destijds toegepast om de HBV afvoerreeksen voor de Deltascenario's gebaseerd op de KNMI'06 scenario's te corrigeren (Te Linde, 2011).

Voor de 100-jarige reeks is een dergelijke correctie van HBV klimaat simulaties echter niet volledig mogelijk omdat de HBV klimaatsimulaties slechts beschikbaar zijn voor de periode 1951-2006. De meteorologische HBV-invoer voor de periode 1911-1951 ontbreken, waardoor de afvoeren voor de periode 1911-1951 niet met HBV kunnen worden gesimuleerd. Daarom moeten voor de periode 1911-1950 de geobserveerde afvoeren getransformeerd naar toekomstige scenario's. De nodige transformatie kan afgeleid worden uit de beschikbare HBV klimaatsimulaties voor de periode 1951-2006.

In principe zou in dit memo voor 8 juli worden aangegeven welke methode wij adviseren te gebruiken voor de transformatie van de historische tijdreeks naar toekomstige scenario's. Belangrijke voorwaarde voor de transformatie is dat de reeks voor het huidige klimaat en de toekomstige scenario's niet te veel mogen afwijken van de reeksen die voor de Knelpuntenanalyse Zoetwater zijn gecorrigeerd. Daarnaast moeten de uiteindelijk gegenereerde klimaatscenario's resulteren in soortgelijke veranderingen in afvoer gemiddeldes en extremen als de ongecorrigeerde HBV afvoersimulaties voor de gegeven klimaatscenario's. De eenvoudige methode (Delta change) die overwogen werd blijkt niet aan deze verwachtingen te voldoen waardoor we nu een voorstel doen om een meer geavanceerde methode toe te passen.

Aandachtspunten voor de toe te passen methode zijn:

- Verandering in maandgemiddelde afvoer wordt correct meegenomen;
- Verandering in standaarddeviatie wordt op maandbasis correct meegenomen;
- Verandering in extreem lage en extreem hoge afvoeren wordt correct meegenomen.

Met 'correct' wordt hier bedoeld dat de verandering in de getransformeerde afvoer reeksen vergelijkbaar is met de verandering in de ongecorrigeerde HBV afvoer reeksen berekend voor de KNMI'14 scenario's voor de periode 1951-2006.

Dit memo gaat in op de mogelijkheden en randvoorwaarden om de 100-jarige reeks geobserveerde reeks te transformeren naar de toekomst.

Samenvatting beschikbare tijdreeksen

- 1 26 jarige HBV afvoertijdreeksen voor Rijn en Maas afgeleid als update van de Deltascenario's (op basis van de KNMI'14 scenario's) die gebruikt worden binnen het project KPP NWM. In de praktijk zijn voor de Rijn HBV simulaties voor het huidige en toekomstige klimaat beschikbaar voor 1951-2006 en voor de Maas voor 1967-2007, omdat voor die periodes neerslag en temperatuur invoer voor HBV beschikbaar is.
- 2 Gecorrigeerde 26 jarige HBV afvoertijdreeksen voor Rijn en Maas afgeleid binnen het project KPP BOA DPZW omdat de ongecorrigeerde reeks tot andere knelpunten leidde. In de praktijk is ook hier voor de Rijn een serie van 1951-2006 afgeleid en voor de Maas 1967-2006, omdat voor die periode HBV uitkomsten beschikbaar waren. De gecorrigeerde tijdseries worden nu ook toegepast in de NWM basisprognoses en in de DPZW Knelpuntenanalyse.
- 3 100 jarige afvoerreeks voor de huidige situatie gebaseerd op observaties, dit is gebeurd binnen het project KPP LT Zoetwater op verzoek van project Wabes.

Eenvoudige methode: transformatie gebruikmakend van maandelijks delta's

De meest eenvoudige methode om de historische reeks te transformeren naar toekomstige scenario's zou zijn om op basis van de HBV simulaties voor de periode 1951-2006 delta's (ofwel 'veranderingsfactoren') per kalendermaand af te leiden en deze toe te passen op de gehele 100-jarige reeks. Hiervoor wordt eerst het verschil tussen de langjarig gemiddelde maandafvoer voor het huidige klimaat en het toekomstige klimaat bepaald:

$$\Delta Q_m = Q_{fut,m} / Q_{hist,m}$$

Waarbij ΔQ de relatieve verandering in afvoer is (afvoer delta) voor de gegeven kalender maand (m), $Q_{fut,m}$ de langjarig gemiddelde maandafvoer voor de gegeven kalendermaand berekend over de periode 1951-2006 in het geselecteerde toekomstige scenario en $Q_{hist,m}$ de langjarig gemiddelde maandafvoer voor de gegeven kalendermaand berekend over de periode 1951-2006. Hier is gebruik gemaakt van de ongecorrigeerde HBV afvoeren.

De reeks met dagelijkse afvoer observaties voor de periode 1911-2006 wordt vervolgens voor de gegeven kalender maand vermenigvuldigd met de voor deze maand afgeleide afvoer delta om de toekomstige dagelijkse afvoerreeks voor het gegeven scenario te genereren.

$$Q_{fut,d} = Q_{hist,d} * \Delta Q_m$$

Waar $Q_{hist,d}$ de historische reeks met afvoer observaties is en $Q_{fut,d}$ de gegenereerde toekomstige dagelijkse afvoer reeks.

Evaluatie: Deze methode had onze voorkeur, maar de voorwaarde om deze methode met één maandelijks delta toe te kunnen passen is dat de verandering in afvoer gemiddeldes en extremen vergelijkbaar is. Een analyse van de verandering in gemiddeldes en standaarddeviaties (uitgevoerd op advies van het KNMI) heeft laten zien dat dit helaas niet het geval is waardoor een meer geavanceerde methode gewenst is. NB In deze methode blijft de CV (sd/mean) van Q constant, terwijl uit de HBV berekeningen blijkt dat dit niet in alle seizoenen het geval is.

Geavanceerde methode

Een optie zou zijn om cumulatieve distributieverdelingen (cdf's) af te leiden voor alle HBV afvoer reeksen gesimuleerd voor de KNMI'14 scenario's voor de periode 1951-2006 en een transfer functie af te leiden die de cdf van het KNMI'14 referentie scenario transformeert naar het gewenste toekomstige KNMI'14 scenario. Deze transfer functie kan vervolgens worden toegepast op de 100-jarige geobserveerde reeks zodat de meetreeks het referentie scenario wordt en de toekomstige scenario's de met de transferfuncties gegenereerde reeksen. Het nadeel is dat hiervoor heel veel parameters moeten worden gebruikt en geschat en de methode rust sterk op de aanname dat de correctie voor de toekomst exact gelijk blijft aan de correctie gebruikt voor de historie.

Een mogelijkheid zou hier ook nog kunnen zijn om gebruik te maken van de transformatie tool van KNMI / de Advanced Delta Methode (Van Pelt et al., 2012). Deze is toegepast voor 5-daagse neerslag hoeveelheden en focust op de mediaan en extreem hoge neerslag (Q90). Aangezien wij meer geïnteresseerd zijn in laagwater afvoer zouden we dezelfde methode op kunnen zetten maar dan voor dagelijkse afvoertijdreeksen met een focus op de mediaan en bv Q10 of Q20). Per kalendermaand/seizoen zijn dan maar 2 parameters nodig en de CV zal ook zeker veranderen indien $b \neq 0$. De vraag is alleen of je hoge kwantielen van Q (bijv Q90) op de juiste manier veranderen. Om dat te ondervangen kan het geheel ingeknipt worden. Dwz 1 a en b schatten voor $Q's < Q50$ obv Q10 en Q50 en 1 a en b schatten voor $Q's > Q50$ obv Q50 en Q90. Je hebt dan nog wel 2 x zoveel parameters maar nog steeds een beperkt aantal.

Discussie punten

1. De-trending historische tijdreeks

In de afvoerdata zit mogelijk een trend. Voor de neerslagdata voor NL is in het rapport over de 100-jarige reeks (Hunink et al., 2016) al geconstateerd dat er een oplopende trend is voor de afgelopen honderd jaar. Door de afvoerreeks te de-trenden wordt de afgeleide laagwater statistiek representatief voor dit moment ipv voor de hele eeuw (representatief voor ~1950) en weten we zeker dat er sprake is van continuïteit door de jaren heen.

Hierbij verwachten we dat de trend in winter / hoog water afvoeren niet gelijk is aan de trend voor laagwater afvoeren en stellen we voor uit te zoeken of de de-trending beter op seizoens- dan op jaarbasis uitgevoerd kan worden. Deze de-trending moet afgestemd worden met de de-trending van meteo data voor NL die het KNMI mogelijk uit zal voeren.

Een belangrijke controle die gedaan moet worden is wel of de reeks voor de periode 1981-2006 (gebruikt binnen de nieuwe Deltascenario's) vergelijkbaar blijft met de ge-detrende reeks.

2. Data voor periode 1981-2006

Voor de periode 1981-2006 komen er voor alle KNMI'14 scenario's 2 verschillende reeksen beschikbaar. De reeks die reeds is afgeleid binnen het project KPP BOA DPZW voor de nieuwe Deltascenario's door de HBV simulaties op dagbasis te *corrigeren* (die waarschijnlijk een geringe trend in zich heeft). En als tweede de reeks die hier gegenereerd zal worden binnen het project KPP LT Zoetwater voor Wabes door de 100-jarige geobserveerde afvoer reeks te *transformeren* naar toekomstige scenario's. Het gebruiken van verschillende varianten van soortgelijke reeksen levert wel het gevaar op dat er onduidelijkheid gaat bestaan welke reeksen waar gebruikt zijn,

De vraag is of KPA Zoetwater idd gebruik zal blijven maken van de voor hen afgeleide reeksen met een correctie op dagbasis of dat er nog een mogelijkheid is om over te stappen op de voor WABES af te leiden reeksen.

Als KPA Zoetwater vasthoudt aan de voor hen reeds afgeleide reeksen is vervolgens de vraag of WABES voor 1981-2006 deze reeks gebruikt of de volledige nieuw afgeleide 100-jarige reeks. Deze keuze kan eventueel nog in een later stadium gemaakt worden.

3. 1981-2006 – criteria voor overeenkomst

Zoals reeds gezegd moeten de nieuw af te leiden klimaat reeksen voor de periode 1981-2006 zo goed mogelijk overeenkomen met de reeksen voor de nieuwe Deltascenario's en zullen we op basis hiervan de transformatie methode calibreren / bepalen. We kunnen er niet voor zorgen dat de klimaatreeksen exact overeenkomen omdat andere methodes worden toegepast om de reeksen te genereren. Daarom moeten we het eens worden over de te gebruiken indicatoren om 'vergelijkbaarheid' te meten. De afvoerreeks an sich hoeft niet exact hetzelfde te zijn, maar de statistiek van afvoertekorten en duur van onderschrijding bijvoorbeeld wel.

4. Welke KNMI'14 scenario's

Jules Beersma stipte in zijn mail terecht aan dat er voor zowel de tijdshorizon 2050 als 2085 4 (~5 incl WHdry) KNMI'14 scenario's zijn met elk een droge, midden en natte variant. Ons voorstel is om, net als in het Deltaprogramma zoetwater is gedaan, gebruik te maken van de extreme scenario's: GL en WH/Whdry die samen de bandbreedte in zoetwaterknelpunten beschrijven.

Voor de Rijn en Maas is een extra WHdry scenario ontwikkeld dat de droge zomers omvat terwijl dit voor NL al in het WH scenario gebeurde. Voor het extra WHdry scenario zijn andere klimaatmodellen gebruikt dan voor het WH scenario, wat mogelijk inconsistentie introduceert. Voor NL kwam de uitdroging in het WH scenario redelijk overeen met de verwachting (dwz met CMIP5 dat als referentie voor KNMI'14 wordt gebruikt), terwijl deze uitdroging voor Rijn en Maas te gering was. Er was voor Rijn en Maas dus een noodzaak voor een extra scenario, voor NL was die er niet. Dit zou een argument kunnen zijn om voor NL toch het originele WH scenario te blijven gebruiken en voor Rijn en Maas het WHdry scenario. Dezelfde methode wordt nu toegepast in de basisprognoses die door het NWM opgeleverd worden en de Knelpuntenanalyse binnen DPZW zal in 2016 voortborduren op deze basisprognoses. Het nadeel is dat we niet weten hoe de kleine verschillen die we verwachten voor WH en WHdry doorwerken in het NWM.

Datum
5 juli 2016

Ons kenmerk
1230078-007-BGS-0001

Pagina
5/5

Referenties

Hunink, J., Prinsen, G., Visser, M. en Kroon, T., 2016. Testresultaten 100 jarige berekening LHM, Deltares rapport: 1220108-000-BGS-0006

Sperna Weiland, F.C., 2016. Correctie HBV reeksen KNMI'14 Monsin en Lobith en advies voor toepassing, Deltares memo: 1230076-000-ZWS-0001.

Te Linde, A., 2011. Correctie HBV uitvoer Deltascenario's, als gevolg van afwijking voor 1976. Deltares Memo: 1205747-000-VEB-0011.

Kopie aan
Jules Beersma, Judith ter Maat

Bijlage C Transformatie 100-jarige afvoerreeks - uitwerking transformatiemethode

Voor het afleiden van een 100-jarige tijdreeks van dagelijkse afvoeren voor de Rijn en Maas voor verschillende klimaatscenario's zal gebruik gemaakt worden van een transformatie van dagelijkse afvoeren in het huidige klimaat naar afvoeren in het toekomstige klimaat. Deze transformatie is gebaseerd op een studie van Van Pelt et al. (2012) en heeft de algemene vorm:

$$Q_2 = aQ_1^b$$

Waarbij Q_1 de afvoer is in het huidige klimaat en Q_2 de afvoer in het toekomstige klimaat. In dit memo wordt uitgelegd hoe de parameters a en b kunnen worden afgeleid uit de gemiddelde en standaarddeviatie van de afvoeren.

Ten eerste wordt aangenomen dat Q_1 verdeeld is volgens een log-normale verdeling:

$$p(Q_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(Q_1) - \mu_1}{\sigma_1}\right)^2\right)$$

Als we aannemen dat Q_2 ook verdeeld is volgens een log-normale verdeling dan is deze gelijk aan:

$$\begin{aligned} p(Q_2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(Q_2) - \mu_2}{\sigma_2}\right)^2\right) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(aQ_1^b) - \mu_2}{\sigma_2}\right)^2\right) \\ &= \frac{1/b}{\sqrt{2\pi}\frac{\sigma_2}{b}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(Q_1) - \frac{\mu_2 - \ln(a)}{b}}{\frac{\sigma_2}{b}}\right)^2\right) \end{aligned}$$

Door de kansverdelingen $p(Q_1)$ en $p(Q_2)$ aan elkaar gelijk te stellen vinden we:

$$\mu_1 = \frac{\mu_2 - \ln(a)}{b}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_2}{b}$$

En daarmee kunnen we de parameters a en b afleiden uit de gemiddelden en de standaarddeviaties van de beide verdelingen:

Datum
7 november 2016

Ons kenmerk
1230078-000-BGS-0001

Pagina
40/40

$$a = \exp\left(\mu_2 - \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \mu_1\right)$$

$$b = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

Kopie aan
Joachim Hunink, Judith ter Maat, Edwin Snippen, Jules Beersma