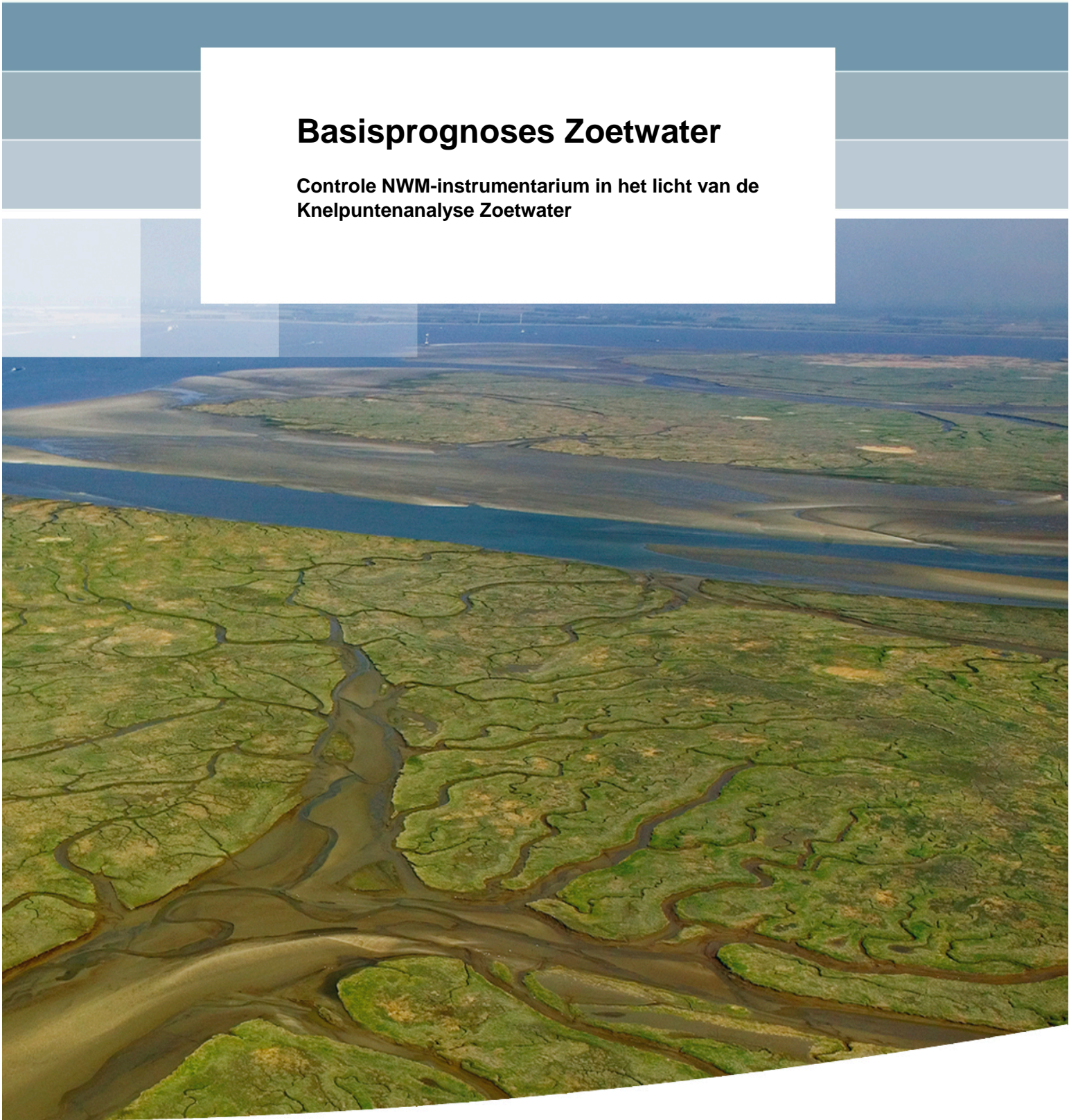


Basisprognoses Zoetwater

**Controle NWM-instrumentarium in het licht van de
Knelpuntenanalyse Zoetwater**



Basisprognoses Zoetwater

**Controle NWM-instrumentarium in het licht van de
Knelpuntenanalyse Zoetwater**

Edwin Snippen
Marjolein Mens
Joachim Hunink
Judith ter Maat

1230058-001

Titel
Basisprognoses Zoetwater

Opdrachtgever
RWS-WVL

Project
1230058-001

Kenmerk
1230058-001-ZWS-0009

Pagina's
52

Trefwoorden
Nationaal Water Model, Deltascenario's, Knelpunten Analyse Deelprogramma Zoetwater

Referenties
Snippen et. al, 2016. Basisprognoses Zoetwater, Controle NWM-instrumentarium in het licht van de Knelpuntenanalyse Zoetwater. Deltares-rapport 1230058-001-ZWS-0009

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	nov. 2016	Edwin Snippen		Erik Ruijgh		Gerard Blom	
1.1	Dec. 2016	Edwin Snippen		Harm Duel		Gerard Blom	

Status
definitief

Titel
Basisprognoses Zoetwater

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	1230058-001	1230058-001-ZWS-0009	52

Woord vooraf

De voorliggende 'basisprognoses Zoetwater' geven een eerste beeld van de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater in Nederland in de huidige situatie en op de middellange en lange termijn (2050/2085), zoals berekend met het Nationaal Water Model. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de nieuwe referentieperiode 1981-2006 en de nieuwe KNMI'14 klimaatscenario's. Het Nationaal Water Model zorgt iedere paar jaar voor een basisberekening van de waterbewegingen in Nederland. Bij elke update van de basisprognoses kunnen nieuwe inzichten worden meegenomen ten aanzien van klimatologische-, socio-economische veranderingen en/of modelontwikkeling. Daarmee bieden de basisprognoses een doorkijk naar de veranderingen die Nederland in deze eeuw te wachten staan berekend met het meest actuele instrumentarium.

Het Deltaprogramma Zoetwater werkt de komende jaren aan afspraken over de waterbeschikbaarheid en maatregelen. Hiervoor wordt toegewerkt naar een risicobenadering zoetwater, waarbij de kans op watertekorten en de welvaartseffecten worden afgezet tegen de baten van te nemen maatregelen. Voor de risicobenadering is het van belang om ook droogte situaties met een lage kans van voorkomen mee te nemen. Voor het bepalen van de welvaartseffecten van de afspraken en de maatregelen zal uitgegaan worden van het referentiejaar '2021', dus inclusief de in fase 1 uitgevoerde maatregelen. Voor de midterm review in 2018 wil het Deltaprogramma Zoetwater inzicht hebben in de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater in het referentiejaar '2021' en op de middellange en lange termijn (2050/2085) voor een honderdjarige referentieperiode waarin ook het extreem droge jaar 1976 is meegenomen. Op basis hiervan wordt een landsdekkend beeld gegeven van de kans op watertekorten en een voorstel gedaan voor kansrijke maatregelen.

De voorliggende basisprognoses Zoetwater geven een eerste beeld van het effect van de nieuwe klimaatscenario's op de waterverdeling en –beschikbaarheid in Nederland. In 2017 komt nieuwe informatie beschikbaar ook over extreem droge jaren en pas dan kan een eerste analyse gemaakt worden naar de betekenis van deze nieuwe klimaatinzichten voor de afspraken over waterbeschikbaarheid en de benodigde maatregelen voor de tweede uitvoeringsfase van het Deltaprogramma. De huidige basisprognoses geven nog niet voldoende informatie om beleidsconclusies aan te verbinden ten aanzien van het herijken van de zoetwateropgave en/of updaten van de voorkeurstrategie.

I&M Kernteam Zoetwater,

Den Haag, 13 december 2016

Titel
Basisprognoses Zoetwater

Opdrachtgever RWS-WVL	Project 1230058-001	Kenmerk 1230058-001-ZWS-0009	Pagina's 52
---------------------------------	-------------------------------	--	-----------------------

Samenvatting

De 'Basisprognoses Zoetwater' geven een eerste beeld van de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater in Nederland in de huidige situatie en op de middenlange termijn (2050) en doorkijk naar eind deze eeuw (2085). De basisprognoses zijn berekend met het Nationaal Water Model, een land dekkend modelinstrumentarium waarmee de zoetwatervoorziening van Nederland kan worden gesimuleerd.

Dit rapport is het resultaat van een gezamenlijke inspanning van het project Nationaal Water Model (NWM) en het project Landelijke Knelpuntenanalyse 2.0 (KPA), omdat controle van het NWM modelinstrumentarium en de berekeningen niet mogelijk is zonder analyse. Het doel van het rapport is tweeledig:

1. Controle van de berekeningen met het Nationaal Water Model (primaire doel van het project NWM)
2. Analyse wat de KNMI'14 klimaatscenario's betekenen voor de zoetwatervoorziening van Nederland (primaire doel van KPA).

De analyses zijn gedaan op basis van de uitvoer die als eindresultaat uit het Nationaal Water Model beschikbaar komt voor vervolgprojecten. In de analyse zijn de basisprognoses vergeleken met de resultaten uit de landelijke knelpuntenanalyse zoetwater van Deltaprogramma Fase 1.

Conclusies ten aanzien van controle berekeningen met het Nationaal Water Model:

- De uitgevoerde analyses geven aan dat de koppelingen in het NWM-instrumentarium, tussen deelmodellen, en tussen invoer en deelmodellen, goed zijn gelegd. De resultaten kunnen gebruikt worden in vervolgprojecten, met uitzondering van de resultaten voor Deltascenario KNMI'14 Rust2050 waarbij in de invoer vanuit de socio-economische scenario's het landgebruik niet correct is. Het is belangrijk om de verschillen in modelconcepten bij interpretatie van de resultaten in beeld te houden.
- In de basisprognoses Zoetwater (versie 2016) zijn enkel de nieuwe KNMI '14 klimaatscenario's meegenomen. Er zijn geen wijzigingen doorgevoerd in de sociaaleconomische scenario's of aanpassingen aan het watersysteem voor Deltaprogramma Fase 1 maatregelen. Ook zit in de huidige tijdsreeks geen extreem droog jaar als 1976. De basisprognoses zijn daarom weliswaar geschikt om de impact van de nieuwe klimaatscenario's op de zoetwatervoorziening van Nederland in beeld te brengen, maar naar verwachting geven ze nog niet voldoende informatie om beleidsconclusies met oog op het herijken van de zoetwateropgave en/of updaten van de voorkeurstrategie aan te verbinden.
- De resultaten voor het jaar 1989 zijn vergeleken met de vorige Deltascenario's KNMI'06 op afvoertekorten, neerslagtekorten, grondwaterstanden, en regionale watervraag, -aanbod en -tekort per knelpuntgebied. Deze resultaten kwamen voor het huidige klimaat overeen. De Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom en Druk/Rust geven vergelijkbare trends in watervraag, -aanbod en -tekort. Absoluut gezien zijn de trends

Titel
Basisprognoses Zoetwater

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	1230058-001	1230058-001-ZWS-0009	52

wel kleiner dan in de Deltascenario's KNMI'06. Deze verschillen kunnen verklaard worden door de verandering in neerslagtekort en afvoertekort als gevolg van de nieuwe KNMI'14 klimaatscenario's.

- Het is op dit moment lastig om op basis van de berekeningsresultaten uitspraken te doen over de veranderingen bij KNMI'14 klimaatscenario's over verziltingssituatie in het Rijn-Maasmonding gebied. De uitgevoerde controles hebben geleid tot een aantal constatering die opgepakt moeten worden. Deze zijn voor een deel al gerealiseerd om in een volgende versie van het Nationaal Water Model beschikbaar te hebben. Een voorbeeld hiervan is dat de resultaten van de boezemwateren en regionale kanalen nog niet zijn meegenomen in de analyses in dit rapport.

Conclusies ten aanzien van effecten van de KNMI'14 klimaatscenario's op de zoetwatervoorziening:

- De scenarioruimte in neerslagtekorten tussen Warm/Stoom (sterke klimaatverandering) en Druk/Rust (matige klimaatverandering) in Deltascenario KNMI'14 is afgenomen ten opzichte van Deltascenario KNMI'06. Dit vertaalt zich in een afname van de scenarioruimte in watervraag.
- De scenarioruimte in afvoertekorten in Deltascenario's KNMI'14 zijn vergelijkbaar met de Deltascenario's KNMI'06. In zijn geheel licht deze wel lager.
- De gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) dalen in de Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom minder dan in Deltascenario's KNMI'06 Warm/Stoom. In de gebieden met diepe grondwaterstanden stijgen ze zelfs doordat de netto jaarneerslag toeneemt. De grootste stijging van de grondwaterstand doet zich echter voor in gebieden waar de grondwaterstand nu al zeer diep is en de stijging beperkt consequenties voor nat- en droogschade zal hebben. Wel kan door de stijging van de grondwaterstanden de kwel rondom de gestuwde gebieden toenemen.
- In gebieden met ondiepe grondwaterstanden hebben de nieuwe Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom een duidelijk effect. Als gevolg van de Deltascenario's KNMI'14 wordt verwacht dat de grondwaterstanden gelijk blijven of mogelijk licht dalen in de zomer. Deze daling is duidelijk minder sterk dan als gevolg van de Deltascenario's KNMI'06. Door hogere neerslag in de winter kan de GHG in alle gebieden toenemen.
- De gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) van de Deltascenario's KNMI'14 Druk veranderen weinig ten opzichte van de Deltascenario's KNMI'06 Druk. In de gebieden met diepe grondwaterstanden treden verhogingen op en zijn lokaal dalingen van de grondwaterstanden mogelijk als gevolg van een verandering van de drinkwateronttrekkingen. De peilbeheerste gebieden laten weinig verandering van de grondwaterstanden zien.

De totale watervraag nemen in de Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom minder hard toe dan in Deltascenario's KNMI'06. Hierdoor zijn de berekende watertekorten in alle knelpuntgebieden minder groot dan volgens Deltascenario's KNMI'06. De Deltascenario's KNMI'14 Druk en Rust geven wat betreft de totale watervraag en watertekort een vergelijkbaar beeld als de Deltascenario's KNMI'06. In deze scenario's verandert watervraag en watertekort nauwelijks ten opzichte van de huidige situatie. Warm/Stoom en Druk/Rust spannen nog steeds de scenarioruimte op voor mogelijke toekomstige ontwikkelingen in watertekort als gevolg van klimaat en socio-economische situatie in de toekomst, waarbij de scenarioruimte wel kleiner is geworden.

Inhoud

Woord vooraf	a
Samenvatting	i
1 Inleiding	1
1.1 Aanleiding en doel van dit rapport	1
1.2 Het Nationaal Water Model	1
1.3 Knelpunten analyse 2.0	2
1.4 Basisprognoses Zoetwater controle van het NWM-instrumentarium in het licht van de knelpuntenanalyse Zoetwater	2
1.5 Watervraag en wateraanbod in NL, een beknopte introductie	3
1.6 Expertgroep	4
1.7 Leeswijzer	4
2 Zoetwater in het Nationaal Water Model	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Landelijk Hydrologisch Model	5
2.3 Landelijk Sobek Model	6
2.4 Vergelijking tussen Landelijk Hydrologisch Model en het Landelijk Sobek Model	7
3 Uitgangspunten	9
3.1 Deltascenario's	9
3.2 Neerslag en verdamping	11
3.3 Afvoer Lobith en Monsin	13
3.3.1 Afvoerverloop	13
3.3.2 Afvoertekort Lobith	15
3.3.3 Afvoertekort Monsin	16
3.3.4 Combinatie van afvoertekort en neerslagtekort	16
3.4 Getijrand en zeespiegelstijging	17
3.5 Externe verzilting	17
3.6 Startcondities LHM	18
4 Analyse en controle resultaten	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Kanttekeningen vooraf bij de basisprognoses in het licht van de knelpuntenanalyse zoetwater	19
4.3 Grondwaterstanden	21
4.3.1 Verandering grondwaterstanden	21
4.3.2 Vergelijking met berekeningen Deltascenario's KNMI'06	24
4.4 Wateraanbod en watertekort knelpuntgebieden	27
4.4.1 Hoge zandgronden	28
4.4.2 Rivierengebied	29
4.4.3 IJsselmeergebied	30
4.4.4 Benedenrivierengebied	31
4.4.5 Zuid-Westelijke Delta	32
4.4.6 Vergelijking met Deltascenario's KNMI'06	33
4.5 Specifieke locaties in HWS nader beschouwd	35

4.5.1	Waterverdeling over de Rijntakken	35
4.5.2	Waterverdeling over de Maastakken	36
4.5.3	Peilverloop IJsselmeer	37
4.5.4	Verzilting op inlaatpunten	39
4.5.5	Watervraag KWA	40
5	Conclusies	43
5.1	Conclusies ten aanzien van de controle	43
5.2	Effecten van de KNMI'14 klimaatscenario's op de zoetwatervoorziening	45
5.2.1	Verandering in neerslagtekorten en afvoertekorten	45
5.2.2	Verandering in grondwaterstanden	46
5.2.3	Veranderingen in wateraanbod en watervraag knelpuntengebieden	46
5.2.4	Veranderingen in het beschikbare oppervlaktewater	46
6	Aanbevelingen	47
6.1	Aanbevelingen voor eindgebruikers	47
6.2	Aanbevelingen voor vervolg	48
7	Literatuur	49
	Bijlage(n)	
A	Figuren grondwaterstanden zichtjaar 2085	A-1
B	Extra controles grondwaterstanden Rust2050	B-1

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel van dit rapport

De 'Basisprognoses Zoetwater' geven een eerste beeld van de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater in Nederland in de huidige situatie en op de middenlange termijn (2050) en doorkijk naar eind deze eeuw (2085). De basisprognoses zijn berekend met het Nationaal Water Model, een land dekkend modelinstrumentarium waarmee de zoetwatervoorziening van Nederland kan worden gesimuleerd.

Omdat controle van het NWM modelinstrumentarium en de berekeningen niet mogelijk is zonder analyse, is door het project Nationaal Water Model (NWM) en het project Landelijke Knelpuntenanalyse 2.0 (KPA) besloten om gezamenlijk op te trekken en krachten te bundelen. De berekeningsresultaten van de Basisprognoses zijn geanalyseerd door deze te vergelijken met de resultaten uit de landelijke knelpuntenanalyse zoetwater van Deltaprogramma Fase 1. In berekeningen zijn alleen de scenario's aangepast aan de nieuwste inzichten over het de verandering in het klimaat (inzichten op basis van KNMI'14 (Hunink en Hegnauer, 2016).

Dit rapport is dan ook het resultaat van een gezamenlijke inspanning van het project NWM en het project KPA. Het doel van het rapport is tweeledig:

1. Controle van de berekeningen met het nationaal water model (primaire doel van het project NWM)
2. Analyse wat de KNMI'14 scenario's betekenen voor de zoetwatervoorziening van Nederland (primaire doel van KPA).

1.2 Het Nationaal Water Model

Het Nationaal Water Model is een modelinstrumentarium dat is samengesteld uit een koppeling van bestaande watermodellen, invoerdata, schematisaties en scenario's. Het richt zich op beleidsanalyses voor drie toepassingen: waterveiligheid, zoetwaterbeschikbaarheid en waterkwaliteit. De basis van het Nationaal Water Model is het Deltamodel dat in het Deltaprogramma is ontwikkeld en toegepast om de Deltabeslissingen te onderbouwen.

Diverse projecten en programma's zullen de komende jaren modellen blijven gebruiken bij beleidsvoorbereiding. Al die modeltoepassingen hebben een inschatting nodig van de invloed van klimaatsverandering en andere ontwikkelingen op de beschikbare hoeveelheid water en de verdeling daarvan in ruimte en tijd. Het Nationaal Water Model zorgt voor een basisberekening van de waterbewegingen in Nederland: de zogenaamde basisprognoses waarmee de mogelijke waterbeschikbaarheid in de toekomst in beeld gebracht wordt. Diverse projecten en programma's kunnen van deze 'nationale basisgegevens' gebruik maken voor hun eigen toepassingen. De voordelen zijn: consistentie, besparing van kosten en het versterken van de samenwerking tussen overheden en kennisorganisaties.

Bij update van de basisprognoses kunnen nieuwe inzichten worden meegenomen ten aanzien van klimatologische-, socio-economische veranderingen en/of modelontwikkeling. Daarmee bieden de basisprognoses een doorkijk naar de veranderingen die Nederland in deze eeuw te wachten staan.

Voor het onderdeel Zoetwater brengen de berekeningen met het Nationaal Water Model de gevolgen in beeld op de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater op landelijke schaal in perioden van waterschaarste.

1.3 Knelpunten analyse 2.0

Door uitvoering van Deltaprogramma Zoetwater maatregelen Fase 1 en door ingrepen van derden, zoals de bouw van een nieuwe zeesluis bij IJmuiden en de verdieping Nieuwe Waterweg, verandert het zoetwatersysteem in Nederland. Tegelijkertijd komt nieuwe kennis beschikbaar, onder andere over risico's van watertekorten, en de werking van het watersysteem (en hoe goed het Nationaal Water Model dit simuleert). De inzichten in klimaat- en economische ontwikkelingen gaan ook door.

De landelijke knelpuntenanalyse is een verkenning naar knelpunten in vraag naar en aanbod van zoet water, nu en in de toekomst. De knelpuntenanalyse dient ter onderbouwing van maatregelen in fase 2 van het Deltaplan Zoetwater (2022-2028). De aanpak is van grof naar fijn. De analyse is land dekkend en zoomt in op een aantal 'hotspots' waar beleidskeuzes voor de volgende fase worden verwacht. Met een QuickScan tool in combinatie met gedetailleerdere berekeningen met het NWM worden knelpunten in beeld gebracht en mogelijke maatregelen plus hun effecten verkend. De knelpuntenanalyse is een van de bronnen voor informatie ten behoeve van het traject Waterbeschikbaarheid van het DPZW om inzicht te verkrijgen in het functioneren van de zoetwatervoorziening onder verschillende toekomstscenario's, om optimalisaties te verkennen en waar nodig nieuwe of gewijzigde afspraken te maken in 2021 over maatregelen, verantwoordelijkheden en inspanningen.

1.4 Basisprognoses Zoetwater controle van het NWM-instrumentarium in het licht van de knelpuntenanalyse Zoetwater

Bij de oplevering van het Nationaal Water Model was al gecontroleerd of de koppelingen tussen de deelmodellen en tussen invoer en deelmodellen gelegd zijn (zie testrapportage oplevering). Het voorliggende rapport richt zich op de controle en analyse van berekeningsresultaten voor de basisprognoses Zoetwater. Hierbij is de focus gelegd op het eerste orde effect van veranderingen in uitgangspunten (nieuwe KNMI'14 scenario's en nieuwe referentieperiode 1981-2006). Dit betekent dat er vooral gekeken is naar het effect van de nieuwe klimaatinzichten op gemiddelde grondwaterstanden, en naar watervraag, -aanbod en -tekort voor 5 knelpuntgebieden. Hierbij is een vergelijking gemaakt met eerdere berekeningen die in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater zijn gerapporteerd. (Klijn et al, 2011; Klijn et al, 2012; Ter Maat et al, 2013; Ter Maat et al, 2014; Ter Maat et al, 2015a; Ter Maat et al, 2015b).

Op basis van de resultaten zijn enkele verschillen of inconsistenties geconstateerd. Deze hebben we nader onderzocht om erachter te komen waar het verschil vandaan komt. Daar waar de verklaring gevonden werd in onvolkomenheden of fouten in de aangeleverde deelmodellen en -tools zijn deze doorgegeven aan de betreffende modelontwikkelaars.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het projectteam RWS Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) voor het Nationaal Water Model en Deelprogramma Zoetwater (knelpuntenanalyse).

1.5 Watervraag en wateraanbod in NL, een beknopte introductie

De verdeling van zoet water over uiteenlopende gebruikers in Nederland is een complex samenspel van waterbeschikbaarheid (wateraanbod) en watervraag. De werking van het geosysteem voor wateraanbod in relatie tot de watervraag van het socio-economisch systeem is voor het Deltaprogramma Deelprogramma Zoetwater uitgebreid beschreven in het rapport Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw (Klijn et al., 2012).

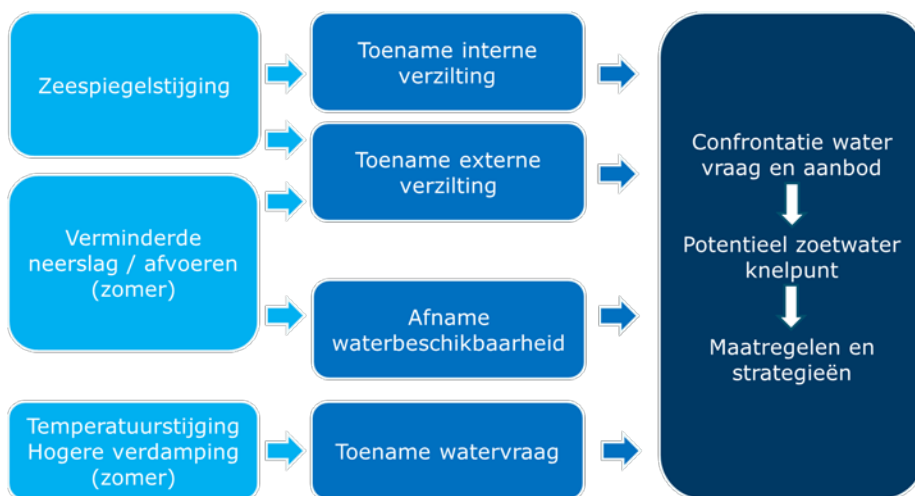
De beschikbaarheid van water wordt bepaald door het klimaat, het weer, rivierafvoeren, voorraden bodemvocht en voorraden grondwater. Daarnaast speelt de kwaliteit van het water een rol en of er wel of niet ingelaten kan worden. Water is nodig voor drinkwatervoorziening, voedselproductie, industrie en scheepvaart, en ook voor een prettige leefomgeving met natuur-, cultuur- en belevingswaarden. Voor de belangrijkste functies van water in het regionale watersysteem wordt vaak onderscheid gemaakt in peilbeheer, doorspoeling en beregening. Samen bepalen ze het gros van de watervraag in het regionale watersysteem. Voor het hoofdwatersysteem bestaat de watervraag in de peil gereguleerde systemen uit watervraag voor peilbeheer, doorspoeling en onttrekkingen aan het systeem.

In de toekomst kan de balans tussen wateraanbod en watervraag veranderen door klimatologische en socio-economische verandering, waardoor zoetwaterknelpunten mogelijk ontstaan, toe- of afnemen (Figuur 1.1). Klimaatverandering heeft invloed op neerslag en verdamping, rivierafvoeren en zeespiegelstand en beïnvloedt zowel vraag als aanbod. Zeespiegelstijging kan leiden tot een toename van verzilting in laag Nederland. Toename van het neerslagtekort leidt tot afname van de waterbeschikbaarheid in het grond- en oppervlaktewater en toename van de watervraag voor peilbeheer en beregening. Afname van de rivierafvoeren kan leiden tot afname van de waterbeschikbaarheid en meer externe verzilting. Socio-economische verandering heeft betrekking op economische ontwikkelingen en bevolkingsaantallen, waardoor onder andere het landgebruik en wateronttrekkingen voor drinkwater en industrie veranderen. Naast deze 'externe' ontwikkelingen kan de zoetwaterbalans veranderen door maatregelen, gericht op het verbeteren van deze balans, of door ingrepen met een ander doel dan zoetwatervoorziening (bv. verdieping Nieuwe Waterweg).

De combinatie van klimaatverandering en socio-economische verandering is gevat in de Deltascenario's die voor het Deltaprogramma zijn ontwikkeld (Bruggeman et al., 2011). Destijds werd voor klimaatverandering gewerkt met de KNMI'06 scenario's. Inmiddels zijn er nieuwe klimaatscenario's door het KNMI ontwikkeld. In de update van de Deltascenario's vervangen de KNMI'14-scenario's de eerdere KNMI'06 scenario's en geïntegreerd in de 4 Deltascenario's Rust, Druk, Warm en Stoom. De socio-economische scenario's zijn hierbij gelijk gebleven (Hunink en Hegnauer, 2016).

In voorliggend rapport worden de watervraag, -aanbod en -tekort weergegeven op het niveau van 5 ruimtelijke eenheden, de zogenaamde knelpuntgebieden (Ter Maat et al., 2014). De belangrijkste factoren die in deze gebieden een rol spelen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Regio	Neerslag/verdamping	Afvoer	Externe verzilting
IJsselmeergebied	Ja	Ja	Ja
Benedenrivieren	Ja	Ja	Ja
Hoge Zandgronden	Ja	Ja	Nee
Rivierengebied	Ja	Ja	Beperkt
ZW Delta (zonder aanvoer)	Ja	Nee	Ja



Figuur 1.1 Betekenis van de klimaatveranderingen voor de zoetwatervoorziening in Nederland

1.6 Expertgroep

Voor de controle van de basisprognoses Zoetwater is een expertgroep gevraagd te reflecteren op de resultaten. De volgende personen waren op 24 oktober 2016 aanwezig bij een overleg: Ton Botterhuis (HKV), Mark Bruinsma (WVL), Vincent Beijck (WVL), Pieter Filius (Waterschap Vechtstromen), Rinus van Hogenhuizen (WVL), Joachim Hunink (Deltares), Bas de Jong (WVL), Neeltje Kielen (WVL), Mark Kramer (Hoogheemraadschap Rijnland), Jeroen Ligtenberg (WVL), Judith ter Maat (Deltares), Marjolein Mens (Deltares), Edwin Snippen (Deltares), Teun van der Spek (Provincie Gelderland). Aanvullend hebben enkele kernteamleden van DPZW meegelezen met dit rapport en de analyse van de resultaten.

1.7 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 en 3 komen de modellen en uitgangspunten aan bod. Hierbij ligt de focus op de veranderingen ten opzichte van de laatste berekeningen die zijn uitgevoerd met het Deltamodel in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater fase 4 (Ter Maat et al., 2014). Hoofdstuk 4 vormt de kern van de controle op de uitgevoerde berekeningen en beschrijft de analyse op de resultaten van de basisprognoses in het licht van de knelpuntenanalyse Zoetwater. Hoofdstuk 2 t/m 4 vervangen daarmee de eerdere rapportage over NHI-berekeningen met KNMI'14 (Hunink, 2014). Het rapport sluit af met in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies en in hoofdstuk 6 aanbevelingen voor vervolg en (her)gebruik van resultaten.

2 Zoetwater in het Nationaal Water Model

2.1 Inleiding

Het Nationaal Water Model bestaat uit een modellentrein voor Veiligheid, Zoetwater en Waterkwaliteit (in voorbereiding). Het deel zoetwater richt zich op het faciliteren van de landelijke analyses van de watervraag, waterverdeling en waterbeschikbaarheid bij verandering van het klimaat en socio-economische omstandigheden. De effecten van maatregelen en ingrepen kunnen ook door het NWM doorgerekend worden.

NWM versie 1.3 bestaat uit de volgende modules die achtereenvolgens doorlopen worden. Stap 1 t/m 3 zijn in feite een iteratieslag die de benodigde randvoorwaarden leveren voor de basisprognoses.

NB. stap 3 is in deze versie van NWM nog niet gekoppeld, maar is buiten het NWM om uitgevoerd. In de volgende versie zal dit binnen het instrumentarium gebeuren.

Stap	Module	Versie	Levert	Resultaat
1	LHM zonder zouttrandvoorwaarden (aanname 0 mg/l)	3.0.2	Lozing/Onttrekking oppervlaktewater o.b.v. maximale capaciteit	Invoer LSMLT/NDB
2	LSM-Light (o.b.v. lateralen voorgaande stap)	1.2	Debiet dagbasis (Tiel, Hagestein, Lith)	Invoer NDB
3	Sobek-RE NDB zoutmodule (o.b.v. afvoer Hagestein, Lith, Tiel voorgaande stap)	2.52.007	Chloride concentratie inlaatpunten NDB	Chloride concentraties
4	LHM met zouttrandvoorwaarden uit NDB (vorige stap)	3.02	Idem stap 1	Watervraag en Aanbod
5	LSM-Light (o.b.v. lateralen voorgaande stap)	1.2	Idem stap 2	Waterstanden en debieten
6	LTM-Light (o.b.v. hydrologie voorgaande stap)	1.0		Temperatuur

Dit hoofdstuk beschrijft de wijzigingen in de modellen LHM, LSM en de belangrijkste uitgangspunten voor de invoer van deze modellen ten opzichte van het Deltamodel 1.1 wat gebruikt is in Ter Maat et al. (2014).

2.2 Landelijk Hydrologisch Model

Het Landelijk Hydrologisch Model (LHM, voorheen NHI) is een geïntegreerd hydrologisch modelsysteem dat geheel Nederland (exclusief de Waddeneilanden) beschrijft. Het LHM is een gekoppeld modelsysteem wat de volgende domeinen in onderlinge samenhang simuleert:

- Hoofdwatersysteem, oppervlaktewater;
- Regionaal oppervlaktesysteem
- Onverzadigde zone;
- Grondwater.

In het NWM is LHM versie 3.0.2 opgenomen, dit is dezelfde versie van het modelinstrumentarium dat is gebruikt voor de berekeningen van Deelprogramma Zoetwater (Ter Maat et al., 2014). Het LHM is uitgebreid beoordeeld in een toetsingsrapportage (Hoogewoud et al., 2013). Hieruit is gebleken dat het LHM op de volgende onderdelen nog verbetering behoeft:

- Interne verzilting, met name in West-Nederland (beheergebied Rijnland, HHNK) leidt dit tot een watervraag die niet op alle onderdelen logisch verklaarbaar is.
- De kwaliteit van het LHM in Zuid-Limburg is niet goed genoeg voor gebruik voor afweging van de scenario's.

Een uitgebreide toetsing van de bruikbaarheid van het LHM voor landelijke zoetwatervraagstukken is in 2013 uitgevoerd door Marchand (2013). Hierin wordt geconcludeerd dat het model geschikt is voor het doorrekenen van klimaatscenario's en dat het geschikt is voor het op hoofdlijnen doorrekenen van maatregelen.

2.3 Landelijk Sobek Model

Het LSM is een SOBEK-model (Landelijk Sobek Model) waarin de modelschematisaties van RWS en waterschappen zijn samengevoegd. LSM maakt gebruik van de in LHM aan de districten gealloceerde debieten op basis van de verdringingsreeks voor het berekenen van waterstanden en debieten. In LSM vindt de verdeling plaats op basis van de fysica, opgelegde lateralen uit LHM en sturingsregels voor de diverse kunstwerken.

De basis voor het Landelijk SOBEK Model is gelegd in het Deltamodel-project (Prinsen, 2012 en 2015). Sindsdien is er inhoudelijk geen grote update gedaan van de onderliggende modellen. De modelschematisaties zijn dus een weergave van de situatie 2012 of eerder. Wel zijn enkele verbeteringen doorgevoerd om takken en knopen beter te laten aansluiten. In het Nationaal Water Model zijn twee versies opgenomen:

- LSM basismodel
- LSM-Light

De Light variant is een uitsnede uit het basismodel, omdat de reketijden in het basismodel te groot zijn voor langjarige analyses. De Light variant bevat minder detail van het regionale oppervlaktewater (waterschappen). Voor detailanalyse in de regio is het mogelijk om losse jaren met het uitgebreide LSM model te berekenen. Op dit moment wordt in opdracht van Rijkswaterstaat door Deltares gewerkt aan een nieuw Landelijk Sobek Model voor de Rijkswateren op basis van de D-Hydro Software (1D).

De deelmodellen waar LSM uit is opgebouwd hadden veelal de focus op hoogwater toepassingen; dat betekent dat bijvoorbeeld bij kunstwerken aspecten als lekverliezen, vistrappen e.d. die bij laag water belangrijk zijn, niet in de schematisatie van de kunstwerken zijn opgenomen (Weiler en Erdbrink, 2010). Er is geen structurele kalibratie en validatie uitgevoerd. De verschillende achtergrondrapportages bij releases (Prinsen, 2012 en 2015) en de beperkte validatie voor het VONK project (Wesselius, 2015) geven goed inzicht in de prestaties van het LSM-model.

Hierover kan het volgende worden gezegd:

- Het LSM-model is goed in staat om op basis van een vooraf gedefinieerde strategie te sturen op een gewenst peilniveau. In het model is geen rekening gehouden met het daadwerkelijk beheer waardoor afwijkingen van het reguliere peilbeheer om te kunnen anticiperen op verwachte periode van droogte of neerslag worden door het model niet gerepresenteerd;
- De schematisatie van de kunstwerken is niet op alle locaties in overeenstemming met de werkelijkheid, en het gemodelleerde beheer komt niet op alle locaties overeen met de vigerende sturingsregels. We adviseren om de modellering van de kunstwerken in de nieuwe versie van LSM te verbeteren. Op basis van een vergelijking met metingen voor een natte periode (najaar 1998) en droge situatie (2003) door Wesselius (2015) bleek dat het model de dynamiek van variaties en trends in waterstanden en debieten redelijk representeert, maar dat met name op locaties langs de grote rivieren (Nijmegen) en kanalen (Julianakanaal) de piekwaarden in hoge en lage afvoersituaties aanzienlijk afwijken van metingen (orde decimeters in piekwaarden).
- Het model is niet goed in staat om uitspraken te doen over waterstanden in wind- of getij gedomineerd gebied:
 - in de gebieden onder invloed van het getij is de gekozen rekenstap (1uur) en uitvoer (daggemiddelde) te grof;
 - op het IJsselmeer (en ook Markermeer en de Veluwe-Randmeren) wordt het effect van de wind niet meegenomen in het model en ontstaan er afwijkingen tussen de berekende en gemeten waterstanden;

2.4 Vergelijking tussen Landelijk Hydrologisch Model en het Landelijk Sobek Model

Zoals hierboven beschreven hebben LHM en LSM verschillende modelconcepten als basis. Resultaten van LHM en LSM ten aanzien van waterstanden en afvoeren in het hoofdwatersysteem kunnen hierdoor verschillen. Op basis van eerdere vergelijkingen met metingen is de verwachting dat trends in beide modellen vergelijkbaar weergegeven worden.

De belangrijkste verschillen in modelconcepten zijn:

- LHM/DM rekent met tijdstappen van een decade. De laterale debieten in LSM komen uit LHM en veranderen daarom per decade.
- LSM gebruikt dagwaarden voor neerslag, verdamping en rivierafvoeren, terwijl LHM (DM en MOZART) de decadegemiddelde waarden gebruiken.
- In vergelijking met LHM/DM zijn in LSM meer 'droog weer'- afvoerlozingen van RWZI's opgenomen.
- De sturing van de kunstwerken in LSM is meer gebaseerd op de werkelijk operationele sturing dan in LHM/DM. In LSM is het peilbeheer flexibeler.
- Lozing naar buitenwater heeft in LHM geen maximum, terwijl in LSM op de randen een getijreeks is opgelegd en een rol speelt in wel of niet kunnen uitwateren.

3 Uitgangspunten

3.1 Deltascenario's

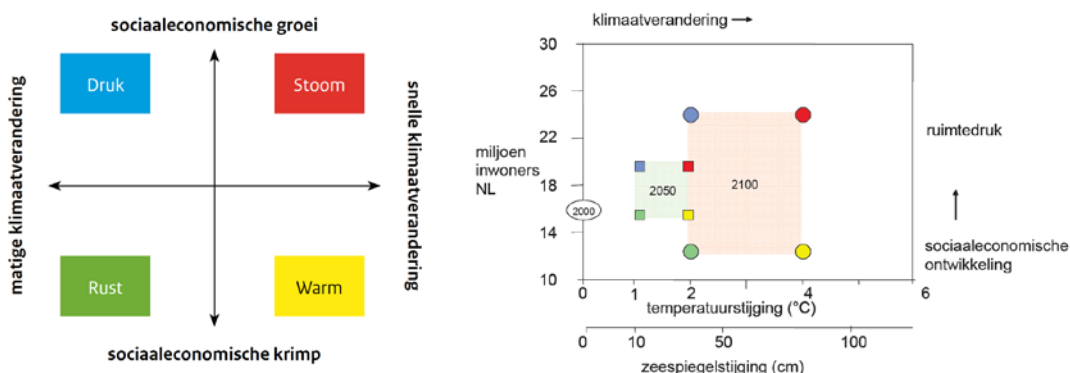
De Deltascenario's zijn gedefinieerd door de Werkgroep Deltascenario's van het Deltaprogramma. Hier zijn vier mogelijke toekomstbeelden uit ontstaan: Druk, Stoom, Rust en Warm (Bruggeman et al., 2011). De toekomstbeelden geven niet alleen een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysieke en sociaaleconomische omgevingsfactoren, maar ze tonen ook de mogelijke verschuivingen in het gebruik van ruimte, land en water vanwege de verwachte schaarste aan grondstoffen. De Deltascenario's zijn nadrukkelijk geen voorspellingen en evenmin streefbeelden. Ze zijn bovendien 'beleidsarm', dat wil zeggen: ze laten mogelijke toekomstbeelden zien, zonder invloed van wijzigingen in het waterbeleid.

De scenario's geven kwalitatieve en kwantitatieve informatie over klimaat, watersystemen, watergebruik en landgebruik. De kwalitatieve informatie bestaat uit verhaallijnen en landkaarten. Deze beschrijven de achtergronden en brengen de samenhang in beeld. De kwantitatieve gegevens zijn weergegeven in de vorm van kentallen.

Figuur 3.1 geeft een schematische weergave van de 4 Deltascenario's met toekomstbeelden van de fysieke en socio-economische omgeving voor twee zichtjaren (2050 en 2100), zie PBL et al. (2012):

- Druk: resultaat van matige klimaatverandering en hoge economische groei;
- Stoom: resultaat van snelle klimaatverandering en hoge economische groei;
- Rust: resultaat van matige klimaatverandering en lage economische groei.
- Warm: resultaat van snelle klimaatverandering en lage economische groei

Elk scenario is gedefinieerd voor twee zichtjaren. De socio-economische scenario's zijn gecombineerd met de nieuwe inzichten op basis van KNMI'14 klimaatscenario's. Deze klimaatscenario's hebben zichtjaren 2050 en 2085. In de oorspronkelijke Deltascenario's waren de uitgangspunten voor het klimaat gebaseerd op de KNMI'06 scenario's. In de update van de Deltascenario's (2015) zijn de socio-economische scenario's van 2100 toegekend aan het zichtjaar 2085, maar de onderliggende data is hetzelfde gebleven.



Figuur 3.1 De vier Deltascenario's met toekomstbeelden van de fysieke en socio-economische omgeving voor twee zichtjaren (2050 en 2100) (PBL et al., 2012). In de update van de Deltascenario's in 2015 zijn de socio-economische scenario's van 2100 toegekend aan het zichtjaar 2085.

In de verhaallijnen van de Deltascenario's wordt aangenomen dat het beregeningsbeleid van de landbouw niet gaat wijzigen. Dit betekent dat het potentieel beregend areaal in de scenario's ongeveer gelijk blijft. Dit is een conservatieve schatting. Door experts wordt aangegeven dat een reëlere schatting is dat het potentieel beregend areaal met een factor 2 kan toenemen (Ter Maat et al., 2014). In de knelpuntenanalyse van Zoetwater (Klijn e.a., 2012) zijn de effecten op watervraag, watertekort en grondwaterstanden van deze toename inzichtelijk gemaakt. Hieruit is gebleken dat deze aanname een significant effect heeft op de watertekorten en bij vergelijking van resultaten tussen de scenario's onderling meegenomen moeten worden. Dit is van belang om mee te nemen wanneer resultaten tussen de scenario's worden vergeleken. Bij toename van het beregeningsareaal neemt de watervraag en de watertekorten sterk toe.

Door wijzigingen in het landgebruik kan per regio de vraag voor beregening wel veranderen. In onderstaande tabel is het potentieel beregend oppervlak per provincie weergegeven. Hierin is zichtbaar dat op landelijke schaal weinig verandering van het areaal optreedt, echter op regionale schaal kunnen er wel duidelijke verschillen tussen de scenario's optreden.

Provincie	referentie	rust 2050	druk 2050	warm 2050	stoom 2050	rust 2085	druk 2085	warm 2085	stoom 2085
Groningen	6.2	5.9	5.9	6	6.3	6	6	6.1	6.4
Friesland	4.3	4.3	4.5	4.6	5.3	5.3	5.7	4.8	6.1
Drenthe	5.9	6	6.2	6.2	6.2	6.8	6.3	6.2	6.5
Overijssel	6.2	6.2	6.2	6.3	6.5	7	6.5	6.5	7
Flevoland	35.4	25.9	28.3	27.6	31.9	27.2	30.5	28.4	34.2
Gelderland	8.4	8.6	8.5	8.6	8.7	9	8.8	8.8	8.5
Utrecht	7.5	7.9	7.5	7.9	7.4	9.5	9.2	9.1	6.1
Noord-Holland	13.5	14.3	14.1	14.4	13.4	15.1	14.8	15.1	13.8
Zuid-Holland	13.2	13.1	12.7	13.7	12.3	14.1	16.4	15.8	14.2
Zeeland	6.3	7.1	8	6.7	7.7	7.6	8.3	7	8.2
Noord-Brabant	17.4	18.9	19.6	19.2	19	19.5	20.2	20.3	18.7
Limburg	21.2	21.8	22.6	22.1	22.9	22.1	20.7	22.7	23.1
Nederland	11	11	11.2	11.2	11.3	11.7	11.9	11.8	11.7

Tabel 3.1 Areaal waar potentieel beregening plaats kan vinden (percentage van totaal areaal) per scenario (bron: Hunink, 2013). NB. Zichtjaar 2100 is in de Basisprognoseberekeningen veranderd in zichtjaar 2085, maar de onderliggende socio-economische data is hetzelfde gebleven.

In de Deltascenario's wordt ook uitgegaan van bodemdaling. Bij de implementatie in het LHM is de aanname gedaan dat bij bodemdaling de drooglegging gelijk blijft. In het model zakken peilen van het regionale oppervlaktewater dus mee met de bodemdaling.

De verhaallijnen van de Deltascenario's beschrijven ook een verandering van het watergebruik. Deze verandering van het watergebruik is bepaald op basis van verandering van de socio-economische ontwikkelingen.

De scenario's Druk en Stoom beschrijven een sterke economische groei met daarbij een toename van de watervraag voor drinkwater, industrie en energie. De scenario's Rust en Warm beschrijven mindere economische groei en versterking van de lokale kernen. Dit zorgt voor een lagere watervraag. De gebruikte factoren uit Hunink(2013) zijn overgenomen in Tabel 3.2. Watervraag voor drinkwater, industrie en energie komt ook uit oppervlaktewater en is terug te zien in effecten op peilbeheer die met DM worden berekend.

De veranderingen voor de drinkwateronttrekkingen uit het grondwater zijn voor het zichtjaar 2050 regionaal uitgewerkt. De landelijke verandering van het onttrokken grondwater voor drinkwater is weergegeven in Tabel 3.3. Meer details over de implementatie van de Deltascenario's in het LHM staan beschreven in (Hegnauer en Hunink, 2016).

Tabel 3.2 Ontwikkeling van watergebruik Deltascenario's 2012 in factoren t.o.v. het huidige watergebruik (o.b.v. Hunink 2013). Het gaat om watergebruik uit oppervlaktewater en grondwater.

	Drinkwater			Industrie			Energie	
	2050	2085		2050	2085		2050	2085
Rust	0.9	0.7		0.6	0.3		0.6	0.3
Druk	1.1	1.2		1.0	1.0		1.2	1.5
Warm	1.0	0.8		1.0	0.6		1.0	0.8
Stoom	1.4	2.1		1.6	1.9		1.8	3.7

Tabel 3.3 Verandering van de totaal onttrokken hoeveelheid water (m3/jaar) uit grondwater voor drinkwater.

	2050	2085
Rust	-9%	-30%
Druk	15%	20%
Warm	-9%	-20%
Stoom	15%	110%

3.2 Neerslag en verdamping

Elke 10 jaar maakt het KNMI een overzicht van het klimaat van de afgelopen 30 jaar waarbij gekeken wordt naar gemiddelden, hoogste en laagste waarden, verschillen door het jaar, etc. Deze periode wordt daarmee elke 10 jaar opnieuw gekozen om als referentie te kunnen gebruiken voor het huidige klimaat ("wat is normaal voor de tijd van het jaar?"). Voor de basisprognoses is ervoor gekozen hierbij aan te sluiten, zodat voor de neerslag en verdamping grids gebruikt die als standaard zijn vrijgegeven door het KNMI¹. Deze bestanden zijn directe modelinvoer voor het Nationaal Water Model. Achtergronden van de referentie en KNMI'14 scenario's staan beschreven in KNMI (2014). Het KNMI'06 W+ scenario staat beschreven in KNMI-brochure (2013).

In Tabel 3.4 staan de landelijk gemiddelde verandering van het maximaal potentieel neerslagtekort, zomerneerslag, en zomerverdamping, berekend op basis van de aangeleverde gridbestanden. Het maximaal cumulatief neerslagtekort (op basis van referentieverdamping) berekend over het zomerhalfjaar is een veelgebruikte maat voor meteorologische droogte. De grootste veranderingen in potentieel cumulatief neerslagtekort (gemiddeld over Nederland) voor de periode 1981-2010 treden op het W_H scenario: voor zichtjaar 2050 neemt het toe met circa 30%, en voor zichtjaar 2085 met circa 50%.

¹ In het kader van het project WABES wordt gewerkt aan een uitbreiding van periode naar een 100 jarige reeks.

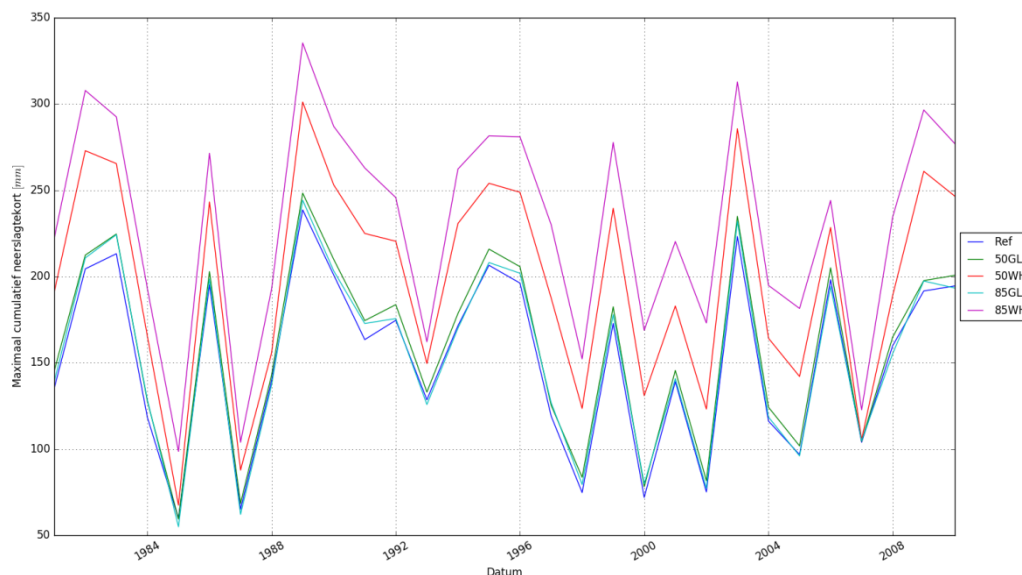
Deze toename wordt veroorzaakt door zowel een afname van de neerslag in de zomer als een toename van de potentiële verdamping. Het potentieel maximaal neerslagtekort voor het G_L scenario neemt voor beide zichtjaren licht toe. Dit komt omdat de toename van de potentiële verdamping net iets groter is dan de toename van de neerslag en omdat een deel van de toename van de neerslag wordt veroorzaakt door een hogere neerslagintensiteit.

Uit Figuur 3.2 blijkt dat het maximaal potentieel neerslagtekort in de scenario's G_L2050 en G_L2085 amper verandert ten opzichte van het huidige klimaat. Onder W_H2050 en W_H2100 neemt het wel toe. In de beschouwde periode 1981 – 2006 treedt het grootste neerslagtekort op in 1989. Daarna volgen 2003 en 1982. Dit is nog steeds zo onder de toekomstscenario's.

In vergelijking met het KNMI'06 W+ scenario wordt het KNMI'14 W_H scenario natter in de winter door meer neerslag, en minder droog in de zomer door minder grote toename van de verdamping en minder afname van de neerslag. De neerslagtekorten nemen hierdoor minder sterk toe.

Tabel 3.4 Gemiddelde neerslag, potentiële verdamping en maximaal neerslagtekort in referentie en verandering hierin volgens KNMI'14 scenario's, bepaald op basis van de LHM-modelinvoer periode 1981-2010.

	Referentie (mm)	Verandering (%)			
		GL 2050	WH 2050	GL 2085	WH 2085
Neerslag zomerhalfjaar	402	3%	-7%	3%	-12%
Verdamping zomerhalfjaar	465	3%	8%	3%	11%
Potentieel maximaal neerslagtekort	152	5%	31%	2%	51%



Figuur 3.2 Maximaal cumulatief neerslagtekort over het zomerhalfjaar voor de periode 1981 – 2010, voor huidig klimaat ('Ref') en toekomstscenario's

3.3 Afvoer Lobith en Monsin

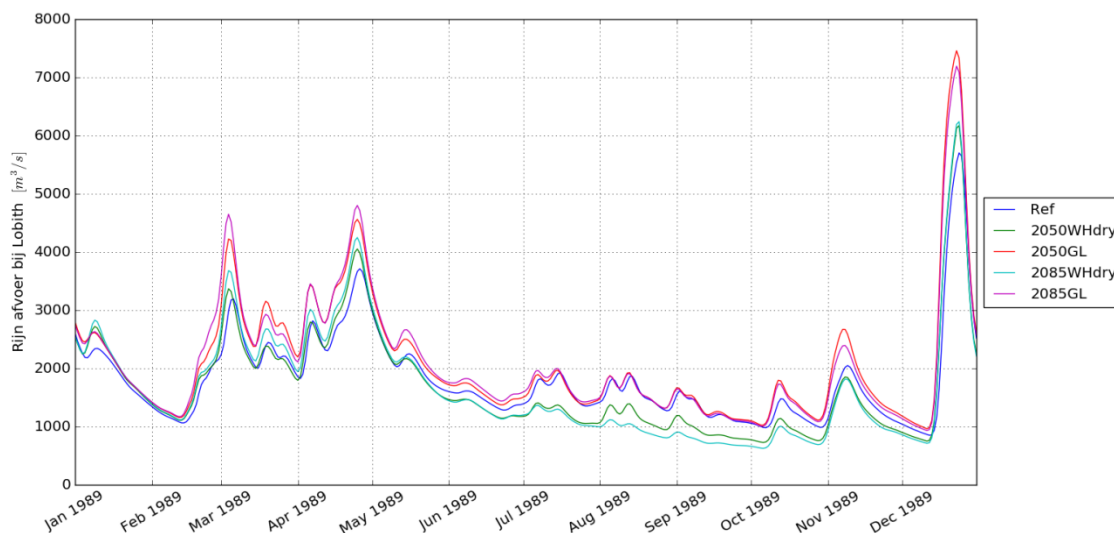
3.3.1 Afvoerverloop

Afvoeren bij Lobith en Monsin zijn belangrijke invoerreeksen van het NWM. De invoerreeksen voor de zijrivieren Roer, Niers, Swalm, Bovenmark, Dommel, Tongelreep en Overijsselse Vecht zijn afgeleid uit Lobith en Monsin via een regressievergelijking. Net als bij de Deltascenario's KNMI'06 zijn toekomstige afvoeren van Rijn (Lobith) en Maas (Monsin) bepaald met het neerslag-afvoermodel HBV (Hegnauer e.a., 2014). Dit HBV model gebruikt klimaatgegevens (o.a. neerslag en verdamping) van het Rijn- en Maasstroomgebied als invoer. De scenario's geven aan dat afvoeren in winter en voorjaar gaan toenemen en afvoeren in (na)zomer gaan afnemen, terwijl de gemiddelde jaarlijkse afvoer in de meeste scenario's toeneemt (Sperna Weiland e.a., 2015).

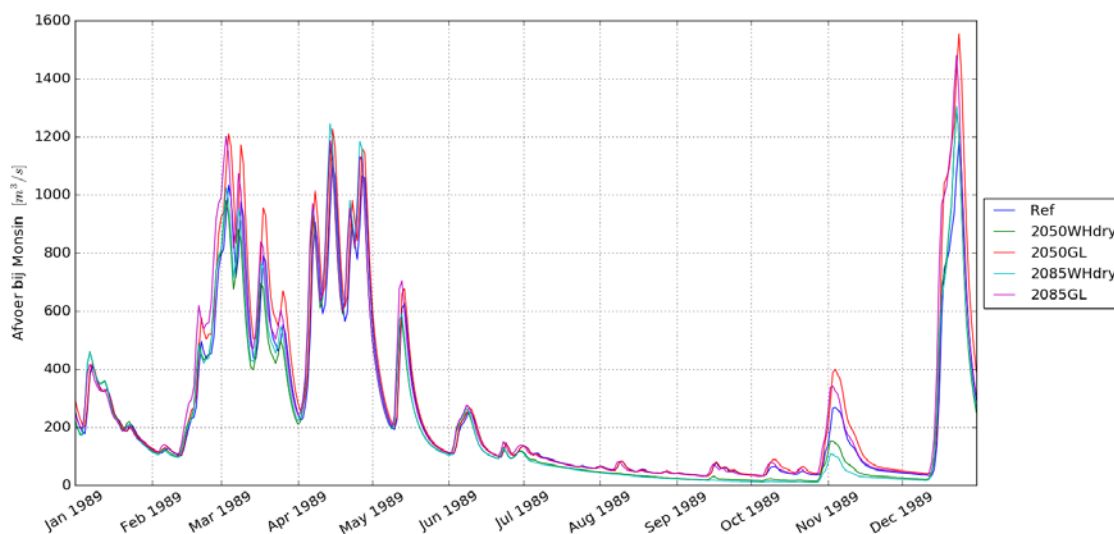
Het KNMI'14 scenario behorende bij Deltascenario Warm is voor Nederland W_H . Voor afvoeren in de stroomgebieden Rijn en Maas bleek een extra scenario nodig om de hoekpunten van de scenario's goed op te kunnen spannen. Daarom zijn twee varianten voor het W_H scenario gemaakt: het W_H en het W_{Hdry} scenario. Het W_H scenario wordt gebruikt voor de hoogwatertoepassingen binnen het NWM en het W_{Hdry} scenario wordt gebruikt voor zoetwatertoepassingen. Voor meer informatie over de nieuwe Deltascenario's verwijzen we naar Hunink en Hegnauer (2016).

Voor de Basisprognoses was de wens om zowel voor de scenario's als voor het huidige klimaat de met HBV gesimuleerde afvoeren te gebruiken. De gesimuleerde afvoeren onder het huidige klimaat weken echter te veel af van de metingen. Hierdoor zouden de resulterende zoetwaterknelpunten teveel gaan afwijken van eerdere analyses, waar wel met metingen is gewerkt. Er is daarom besloten om alle reeksen (huidig en toekomst) te corrigeren (Sperna Weiland, 2016). Om de correctiefactor te bepalen zijn de gesimuleerde dag afvoeren gedeeld door de gemeten dag afvoeren voor de periode 1981-2010. Deze factor is vervolgens toegepast op de gesimuleerde dag afvoeren voor de periode 1981-2010 voor zowel het huidige klimaat als de toekomstscenario's. De gecorrigeerde HBV-afvoerreeks voor het huidige klimaat is hierdoor gelijk aan de meetreeks. De correctiefactor varieert in de tijd, maar dezelfde factoren zijn toegepast voor zowel referentie als scenario's. Hierdoor blijft het relatieve verschil tussen referentie en scenario gelijk.

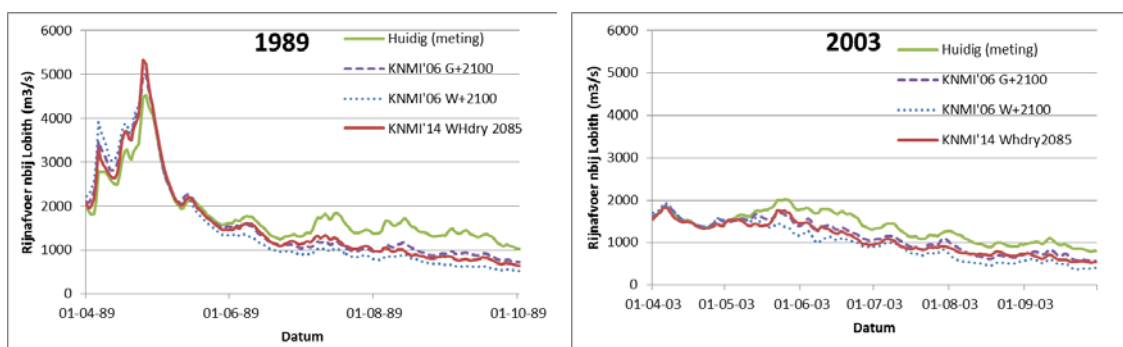
Figuur 3.3 en Figuur 3.4 laten het afvoerverloop bij Lobith en Monsin zien voor 1989 in het huidige klimaat en voor de toekomstscenario's. Hierin is duidelijk te zien dat hoge afvoeren hoger worden en lage afvoeren lager. In Figuur 3.5 (Lobith) en Figuur 3.6 (Monsin) zijn de verschillen met de Deltascenario's KNMI'06 weergegeven voor 1989 en 2003. Hieruit blijkt dat W_{Hdry} in deze jaren het meest vergelijkbaar is met het oude KNMI'06 G+ scenario en minder droog dan het droogste KNMI'06 W+ scenario.



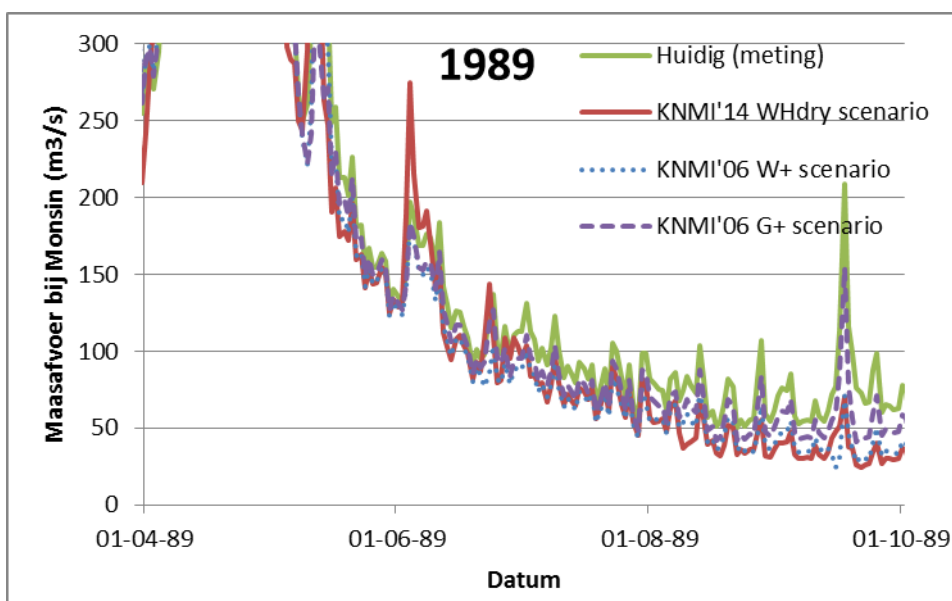
Figuur 3.3 Gesimuleerd afvoerverloop bij Lobith (Rijn) in 1989 in het huidige klimaat en volgens klimaatscenario's (Ref = meting)



Figuur 3.4 Gesimuleerd afvoerverloop bij Monsin (Maas) in 1989 in het huidige klimaat en volgens klimaatscenario's (Ref = meting)



Figuur 3.5 Verloop van de Rijnafvoer bij Lobith voor de jaren 1989 en 2003 onder huidig klimaat en klimaatscenario's KNMI'14 WHdry2085 en KNMI'06 G+2100 en W+2100

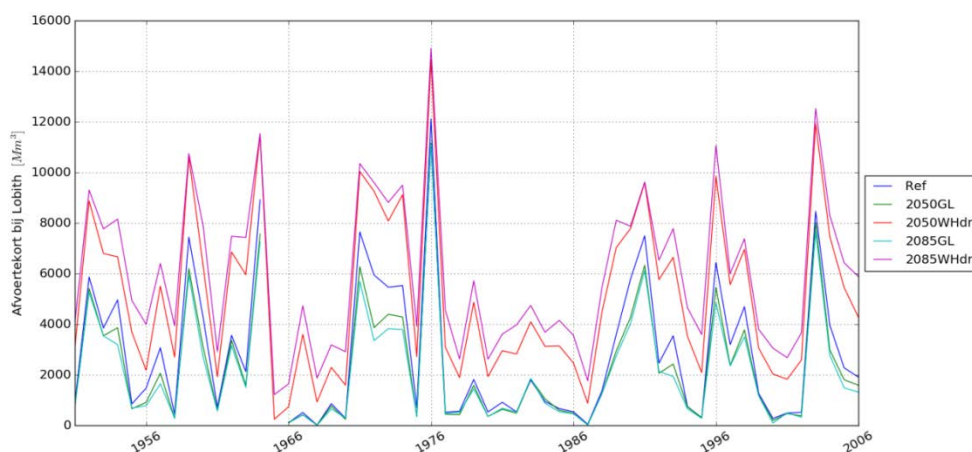


Figuur 3.6 Verloop van de Maasafvoer bij Monsin voor de jaren 1989 onder huidig klimaat en klimaatscenario's KNMI'14 $W_{Hdry}2085$ en KNMI'06 $G+2100$ en $W+2100$

3.3.2 Afvoertekort Lobith

Afvoertekort (m^3) is een maat voor een droog jaar in termen van rivierafvoer; de afvoer is dan gedurende lange tijd lager geweest dan een grenswaarde. Afvoertekort bij Lobith wordt berekend met een grenswaarde van $1800 m^3/s$ en voor het zomerseizoen (1 april – 1 oktober). Van alle afvoeren die onder deze grenswaarde liggen worden de verschillen met de grenswaarde gesommeerd. Figuur 3.7 toont de jaarlijkse afvoertekorten voor Lobith voor de periode 1951 - 2006. Binnen de rekenperiode van de basisprognoses, 1981-2006, springen 1991, 1996 en 2003 eruit.

De scenario's laten grofweg hetzelfde patroon zien, waarbij G_L (Druk en Rust) vergelijkbaar of lager is dan de referentie, en W_{Hdry} (Warm en Stoom) hoger.



Figuur 3.7 Jaarlijkse afvoertekorten van de Rijn bij Lobith (drempelwaarde van $1800 m^3/s$), huidige klimaat ('Ref') en klimaatscenario's G_L en W_{Hdry} in 2050 en 2085

3.3.3 Afvoertekort Monsin

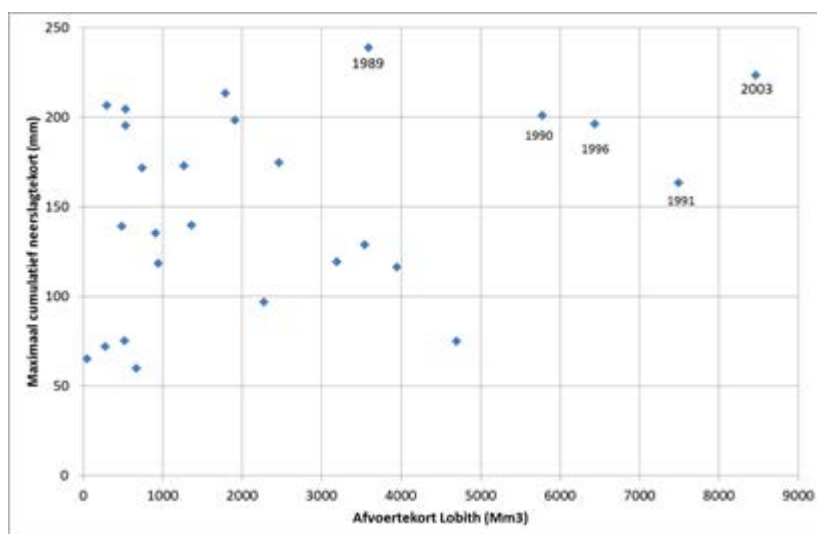
Figuur 3.8 toont de jaarlijkse afvoertekorten voor de Maas bij Monsin voor de periode 1967 - 2007. Binnen de rekenperiode van de basisprognoses (1981-2006) springen 1996 en 2003 eruit. De scenario's laten grofweg hetzelfde patroon zien, waarbij G_L (Druk en Rust) vergelijkbaar is met de referentie, en W_{Hdry} (Warm en Stoom) hoger.



Figuur 3.8 Jaarlijkse afvoertekorten van de Maas bij Monsin (drempelwaarde van $150 \text{ m}^3/\text{s}$), huidige klimaat ('Ref') en klimaatscenario's G_L en W_{Hdry} in 2050 en 2085

3.3.4 Combinatie van afvoertekort en neerslagtekort

Voor gebieden die voor wateraanvoer afhankelijk zijn van het hoofwatersysteem zullen grote neerslagtekorten niet automatisch tot watertekorten voor de gebruiker leiden. Dit is mede afhankelijk van de wateraanvoer en dus het afvoertekort. Figuur 3.9 laat zien dat in 1989 weliswaar het grootste neerslagtekort optreedt, maar dat het afvoertekorten meeviel. In 2003 treedt de meest extreme combinatie op van neerslagtekort en afvoertekort. Voor veel gebieden zijn de grootste watertekorten dus te verwachten in 2003. Andersom had 1991 een relatief groot afvoertekort, maar waren de neerslagtekorten gemiddeld. Het precieze effect op watertekort hangt uiteraard samen met het verloop in de tijd van zowel afvoer als neerslag en verdamping.



Figuur 3.9 Maximaal cumulatief neerslagtekort uitgezet tegen het afvoertekort bij Lobith voor de periode 1981 – 2006, in het huidige klimaat

3.4 Getijrand en zeespiegelstijging

Voor de nieuwe klimaatscenario's zijn de uitgangspunten voor zeespiegelstijging aangepast conform Tabel 3.5. Deze waarden zijn in de scenario's doorgevoerd als stijging van de buitenwaterstanden. In LSM worden deze opgelegd op 17 locaties (cursief zijn de NDB randen): Bath, Brouwershavensche Gat, Delfzijl, Den Helder, Den Oever, *Haringvliet-10*, Harlingen, IJmuiden Buitenhaven, Kornwerderzand, Lauwersoog, *Maasmond*, Nieuwe Statenzijl, Noordwijk, Roompot Buiten, Scheveningen, Stavenisse en Vlissingen.

Bij de controle van de resultaten is naar voren gekomen dat voor de zeespiegelrandvoorwaarden in Modflow uitgegaan is van de bovenkant van de KNMI'14 scenario's. Dat wil zeggen: in plaats van in LSM 15 cm (GL2050) en 25 cm (GL2085) is in Modflow gewerkt met respectievelijk 30 en 60 cm. WH2050 en WH2085 komen wel overeen. We verwachten een zeer beperkt effect van deze inconsistentie op de resultaten.

	KNMI'06	KNMI'14
Basisperiode	1961-1995	1981-2006
2015 Referentie	+7 cm	+ 0 cm
2050G+/2050 GL	+15 cm	+ 15 cm
2100G+/2085 GL	+35 cm	+ 25 cm
2050 W+/2050 WH	+35 cm	+ 40 cm
2100W+/2085 WH	+85 cm	+ 80 cm

Tabel 3.5 Zeespiegelstijging in KNMI'06 en KNMI'14 (zie ook Hunink et al., 2013)

3.5 Externe verzilting

Met het Noordelijk Deltabekken model (NDB, met Sobek-RE software 2.52.007) zijn nieuwe berekeningen uitgevoerd om de externe verzilting als randvoorwaarde voor LHM te berekenen. Ten opzichte van Deltascenario's KNMI'06 is het modelinstrumentarium gewijzigd. Toen werden de afvoerrandvoorwaarden van Sobek-NDB met regressievergelijking afgeleid van de afvoer bij Lobith. Nu zijn deze randvoorwaarden berekend met LSM-Light. De modelaanpassingen zijn beschreven in Buschman en Snippen (2016). De resultaten van de NDB-berekeningen zijn gebruikt als zoutrandvoorwaarden voor het LHM en nadien geanalyseerd (zie paragraaf 4.5.4).

3.6 Startcondities LHM

De gebruikte startcondities (grondwaterstanden, bodemvochtprofiel) zijn afkomstig van de berekeningen voor de basiscase referentie van de Deltascenario's KNMI'06 (Ter Maat et al., 2014). De berekende condities voor 31-12-1980 zijn gebruikt als startcondities. De warmstate van alle vier de deelmodellen (DM, Mozart, Metaswap en Modflow) zijn overgenomen.

4 Analyse en controle resultaten

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bespreekt de resultaten van de modelberekeningen op hoofdlijnen. Voor de controle van de basisprognoses wordt een vergelijking gemaakt met eerdere resultaten uit Fase 1 van het Deltaprogramma. De focus ligt hierbij op het jaar 1989. Dit jaar is in het Deltaprogramma Fase 1 gekarakteriseerd als een droog jaar én komt voor in zowel de KNMI'06 als KNMI'14 tijdreeks. Waar mogelijk en relevant worden ook resultaten van het droge jaar 2003 vergeleken. Dit jaar is vooral interessant voor gebieden die afhankelijk zijn van rivieraanvoer, omdat dit jaar binnen de beschikbare tijdreeks 1981-2006 het grootste afvoertekort kent, terwijl het neerslagtekort in Nederland in de jaren 1989 en 2003 nagenoeg gelijk is (zie figuur 3.9).

De resultaten voor grondwater (4.3) worden op nationale schaal gepresenteerd. Regionaal moet rekening worden gehouden met mogelijke wijzigingen van de regionale grondwaterstromingspatronen, als gevolg van wijziging van de neerslagtekorten en neerslagoverschotten. Voor verklaringen op regionale schaal is dan ook nadere analyse nodig.

In paragraaf 4.4 worden resultaten van wateraanvoer en –tekort gepresenteerd op het niveau van regionale knelpuntengebieden (Figuur 4.1). Hier wordt aandacht besteed aan het verschil met de Deltascenario KNMI'06 analyses.

Tot slot zoomen we in 4.5 in op aantal specifieke locaties in het HWS. De resultaten op deze locaties zijn enerzijds indicatief voor de toepasbaarheid van het modelinstrumentarium.

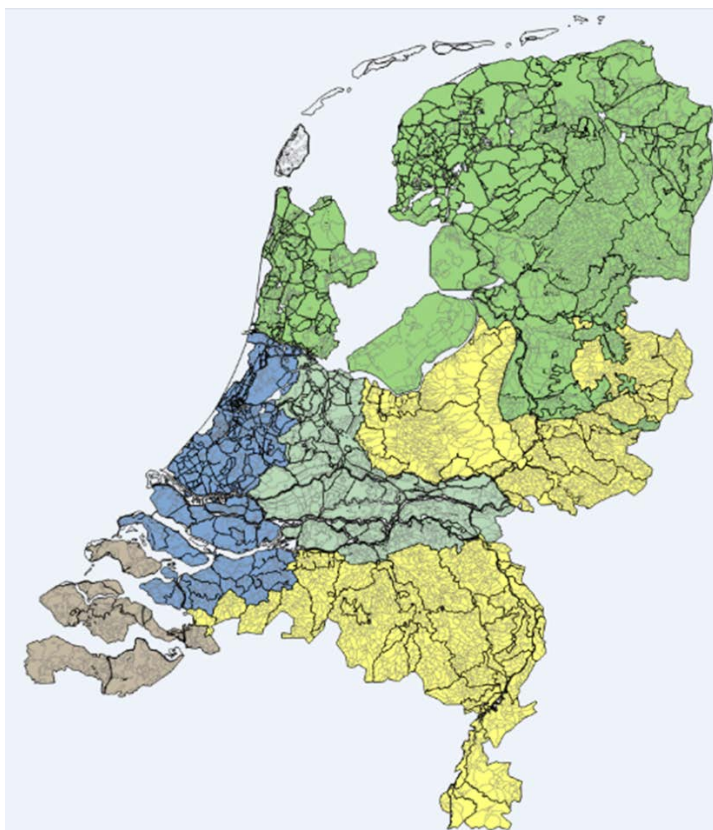
4.2 Kanttekeningen vooraf bij de basisprognoses in het licht van de knelpuntenanalyse zoetwater

Door uitvoer van DPZW maatregelen fase 1 en door ingrepen van derden, zoals de bouw van een nieuwe zeesluis bij IJmuiden, verandert ons zoetwatersysteem in Nederland voortdurend. Nieuwe kennis komt beschikbaar: over risico's van watertekorten, over de werking van het watersysteem (en hoe goed het Nationaal Water Model dat simuleert), etc. De inzichten in klimaat- en economische ontwikkelingen gaan ook door.

In dit rapport zijn de eerste versie van de basisprognoses Zoetwater beschreven (versie 2016). Hierin konden een aantal van de nieuwe kennisontwikkeling, inzichten en verbeteringen meegenomen worden (zie vorige hoofdstuk). De basisprognoses zoals deze er nu liggen geven daarom vooral een goede indicatie van de impact van de nieuwe klimaatscenario's op de waterbeschikbaarheid en zoetwatervoorziening van Nederland.

Het is daarom verstandig om het volgende in het achterhoofd te houden bij de bevindingen die gepresenteerd worden in dit hoofdstuk (voor de details ten aanzien van de uitgangspunten zie het vorige hoofdstuk):

- Binnen de Deltascenario's voor Zoetwater zijn alleen de KNMI klimaatscenario's aangepast. De sociaal economische scenario's zijn niet aangepast. Laatste inzichten zoals de impact van het energieakkoord (interessant voor koelwater), landgebruik, beregeningsvraag en ontwikkelingen in de landbouw e.d. nog niet meegenomen. Nieuwe PBL scenario's zouden bekeken moeten worden en indien nodig zullen huidige socio-economische scenario's op onderdelen aangescherpt worden (mogelijk eerst in een gevoeligheidsanalyse binnen de KPA).
- De KNMI klimaatscenario's 2014 hebben een verschuiving in jaren van de reeks met als gevolg dat we geen indicatie hebben voor een extreem droog jaar, 1976. Daarnaast is de reeks die in DP fase 1 35 jaar was ingekort tot 26 jaar i.v.m. de beschikbare data op de modelranden. Voor 2017 is een uitbreiding van de reeks in voorbereiding voor een periode van 100-jaar (1911 t/m 2011).
- Fase I zoetwater maatregelen Roode Vaart, Flexibel peilbeheer IJsselmeer en uitbreiding KWA-aanvoer zijn nog niet meegenomen. Dit geldt ook voor systeemingenrepen zoals verdieping nieuwe zeesluizen IJmuiden en verdieping Nieuwe Waterweg en maatregelen die in de regio door waterbeheerders, provincies en gebruiksfuncties genomen worden.



Figuur 4.1 Indeling NL in 5 knelpuntgebieden (Bron: Ter Maat et al., 2014)

4.3 Grondwaterstanden

Deze paragraaf beschrijft de veranderingen in de grondwaterstanden die kunnen optreden als gevolg van een andere meteorologie en waterbeschikbaarheid. Er zijn geen verandering in de modellen doorgevoerd van grondwateronttrekkingen voor bijvoorbeeld landbouw of drinkwater, voor beleidsanalyse zijn deze wel van belang en zullen in de vervolgstappen van zoetwater verder verkend moeten worden.

4.3.1 Verandering grondwaterstanden

In onderstaande figuren zijn de berekende veranderingen van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) (periode 1985-2006) voor de vier verschillende scenario's voor het zichtjaar 2050 weergegeven.

De scenario's Druk en Rust bevatten beide hetzelfde klimaatscenario KNMI'14 G_L. Als gevolg van verschillen in socio-economische ontwikkelingen tussen de scenario's bevatten de scenario's een ander landgebruik en grondwateronttrekkingen. In het scenario Druk nemen de grondwateronttrekkingen voor drinkwater een klein beetje toe, terwijl in het Rust scenario de onttrekkingen licht afnemen.

In het scenario Rust 2050 worden zowel hogere als lagere grondwaterstanden berekend, dit geldt voor zowel de GHG als de GLG. De verlaging van de grondwaterstanden treedt vooral op in de Veluwe en de Sallandse Heuvelrug.

De stijging van grondwaterstanden kan worden verklaard door een hogere jaarlijkse neerslag in combinatie met kleinere grondwateronttrekkingen in het scenario Rust. In de gebieden met ondiepe grondwaterstanden treden ook kleine dalingen van de GLG op. Deze worden veroorzaakt door een hogere verdamping in de zomer.

De daling van de GHG en GLG in de Veluwe en Sallandse Heuvelrug valt niet te verklaren op basis van het klimaatscenario (KNMI'14 G_L scenario) of een verandering van de grondwateronttrekkingen. Op basis van deze twee aspecten zouden we voor deze gebieden met diepe grondwaterstanden een stijging van de grondwaterstanden verwachten. De stijging in Rust zou bovendien hoger moeten zijn dan in Druk omdat de onttrekking uit grondwater in het Rust scenario lager is. Om de berekeningen te controleren zijn een aantal testen uitgevoerd (zie bijlage B). Hieruit bleek dat de oorzaak niet ligt in de postprocessing, de meteorologische invoer, de opgelegde grondwateronttrekkingen en de berekende grondwateronttrekkingen door Modflow. Vervolgens zijn overige invoerbestanden van LHM vergeleken. Hieruit bleek dat voor Rust2050 een relatief hoog verhard oppervlak in de invoer is opgegeven. Een verhoogd verhard oppervlak geeft een lagere grondwateraanvulling en lagere grondwaterstanden. De uitgevoerde testen geven aan dat het scenario niet verkeerd is geïmplementeerd in het NWM, maar dat de scenario-invoer van Rust2050 ten aanzien van verhard oppervlak niet in overeenstemming lijkt te zijn met de verhaallijn van dit scenario. Gebleken is dat bij het aanmaken van de scenario invoer een fout is gemaakt. Deze zal hersteld moeten worden.

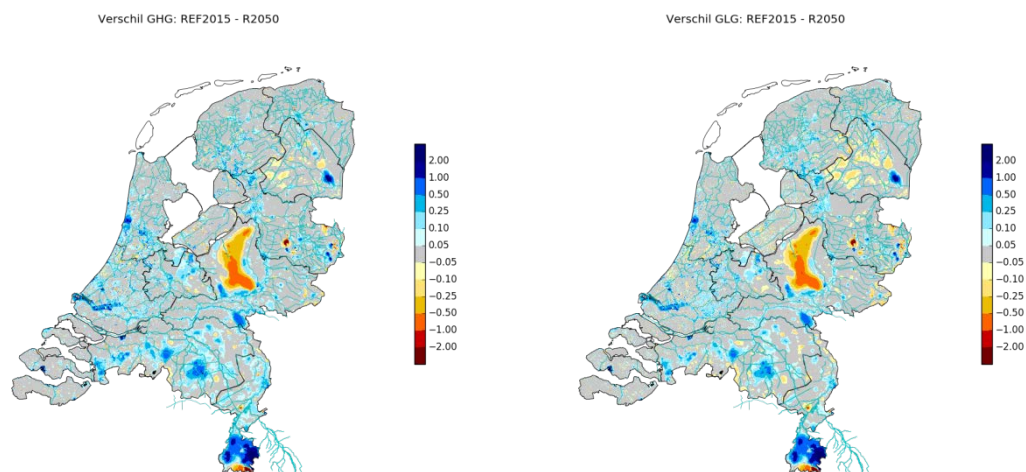
De grondwaterstanden als gevolg van scenario Druk 2050 kunnen zowel stijgen als dalen. De stijging treedt op in de gebieden met diepe grondwaterstanden. Hier wordt de verandering van de grondwaterstand bepaald door de trend in de jaarlijks gemiddelde neerslag. In enkele gebieden zien we een verlaging van de grondwaterstand die verklaard kan worden uit de toename in grondwateronttrekkingen voor drinkwater in het scenario. In de gebieden met een lagere grondwaterstand kunnen de trends in de grondwaterstand verklaard worden door de verandering in landgebruik.

In gebieden met ondiepe grondwaterstand is sprake van een kleine daling van de GLG optreden doordat de potentiële verdamping in dit scenario toeneemt.

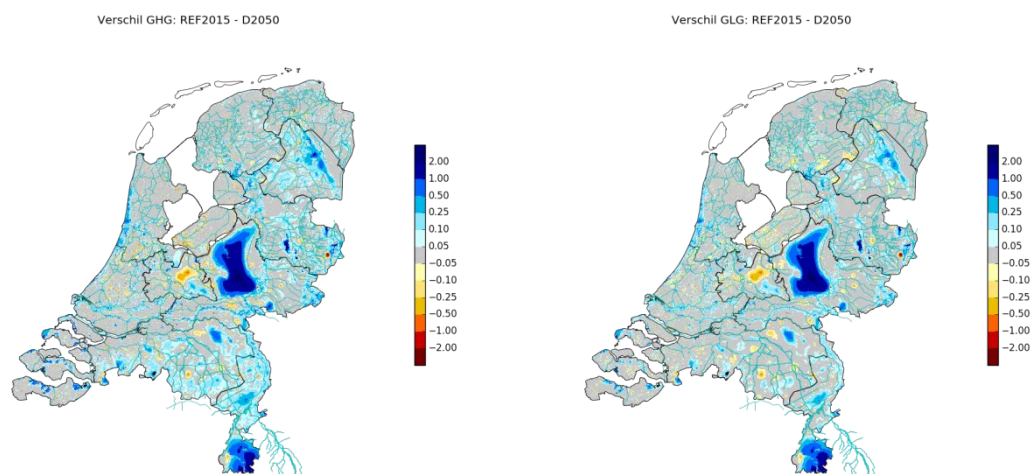
De scenario's Warm en Stoom bevatten beide het droge KNMI'14 WH scenario. Als gevolg van verschillen in socio-economische ontwikkelingen tussen de scenario's bevatten de scenario's een ander landgebruik en grondwateronttrekkingen. In het scenario Stoom nemen de grondwateronttrekkingen voor drinkwater sterk toe, terwijl in het Warm scenario de onttrekkingen gelijk blijven.

In de gebieden met diepe grondwaterstanden stijgen de grondwaterstanden voor het Warm en Stoom scenario ten opzichte van de referentie. In het KNMI'14 W_H scenario neemt de jaarlijkse neerslag toe. De verdamping in de zomer neemt ook sterk toe, echter in deze gebieden heeft deze toename van de verdamping geen tot weinig effect omdat de grondwaterstanden te diep zijn. Hierdoor neemt de jaarlijkse grondwateraanvulling toe wat een stijging van de grondwaterstanden tot gevolg heeft. In de gebieden met ondiepe grondwaterstanden is een stijging van de GHG mogelijk door hogere neerslag in de winter. De GLG daalt echter, door een stijging van de verdamping. In het Stoom scenario zijn in de gebieden met drinkwateronttrekkingen wel daling mogelijk door een vergrote grondwateronttrekking.

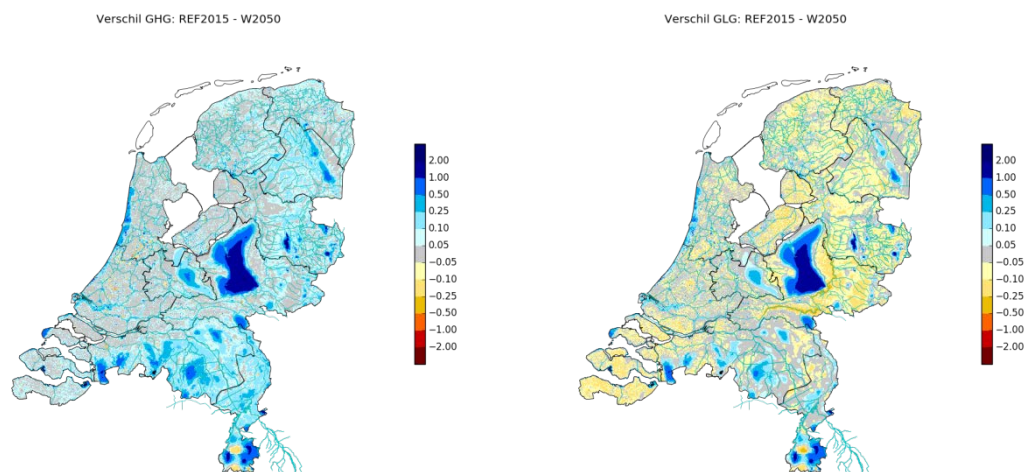
De resultaten voor het zichtjaar 2085 laten een vergelijkbaar beeld zien, al zijn hier de veranderingen groter omdat het klimaatscenario en het watergebruik scenario meer verschilt ten opzichte van de referentie dan voor 2050.



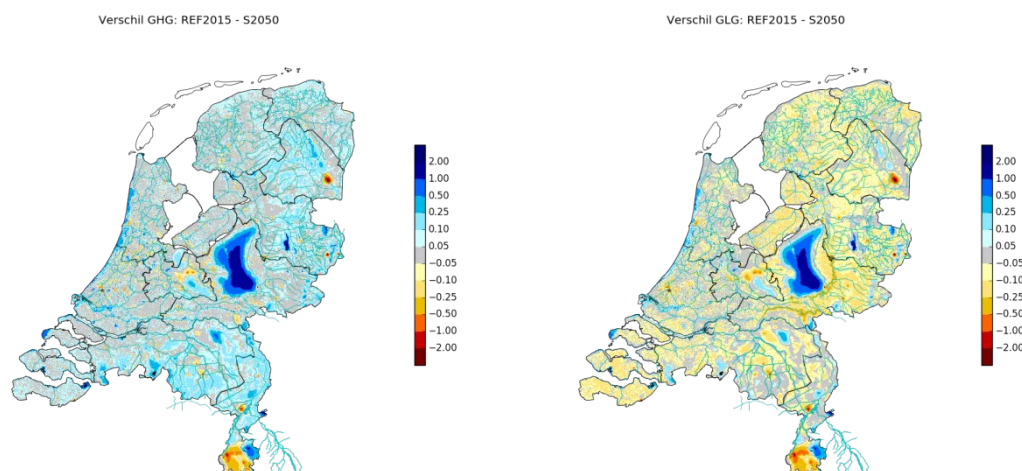
Figuur 4.2 Verandering GHG en GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Rust (modelperiode 1986-2006).



Figuur 4.3 Verandering GHG en GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Druk (modelperiode 1986-2006).



Figuur 4.4 Verandering GHG en GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Warm (modelperiode 1986-2006).



Figuur 4.5 Verandering GHG en GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Stoom (modelperiode 1986-2006).

4.3.2 Vergelijking met berekeningen Deltascenario's KNMI'06

Voor het Deelprogramma Zoetwater zijn berekeningen gedaan voor de Deltascenario's KNMI'06 voor de periode 1961-1995. Hierbij zijn ook de veranderingen van de GHG en GLG inzichtelijk gemaakt voor de scenario's Druk en Warm. De GHG en de GLG van de referenties kunnen niet goed met elkaar worden vergeleken omdat de periodes waarover deze zijn berekend van elkaar verschillen. Om toch een vergelijking te maken tussen de huidige resultaten en de resultaten voor Deelprogramma Zoetwater is gekeken naar de veranderingen in GHG en GLG van de scenario's Druk en Warm ten opzichte van de referentie.

De veranderingen van de grondwaterstanden voor het scenario Druk zijn vergelijkbaar tussen Deltascenario KNMI'06 en KNMI'14. De veranderingen van de grondwaterstanden voor het scenario Warm zijn echter groot. In de droge Deltascenario's KNMI'14 (Warm en Stoom) nemen de neerslagtekorten toe. In de Deltascenario's KNMI'06 was deze toename echter veel groter. Dit zie je terug in de verandering van grondwaterstanden. Voor het Warm scenario zijn *dalingen* van de grondwaterstanden berekend van enkele decimeters (Ter maat et al, 2014). Onder het Deltascenario KNMI'14 Warm *stijgt* de GHG ten opzichte van de referentiesituatie (=huidig klimaat) in een groot deel van Nederland. Dit komt door een verhoogde neerslag in de winter in het W_H scenario, waardoor de grondwateraanvulling zal toenemen. In de gebieden met veel drainage zal dit worden afgetopt door drainagemiddelen, maar in de vrij afwaterende gebieden (vnl. hoge zandgronden) zorgt de verhoogde grondwateraanvulling voor hogere grondwaterstanden (10 tot 100 cm).

Dit blijkt door te werken in de GLG. Op sommige plekken stijgt de GLG zelfs aanzienlijk ten opzichte van de referentiesituatie (=huidig klimaat), terwijl onder het KNMI'06 W_+ scenario de GLG in vrijwel heel Nederland daalt (zie figuur 3.1). Regionaal geldt:

- Stijging van de GLG in hoger gelegen zandgebieden (zoals Veluwe, Utrechtse Heuvelrug, Hondsrug, maar ook kleinere gebieden als Montferland en de Loonse en Drunense Duinen), als gevolg van het KNMI'14 W_H scenario.
- Nauwelijks verandering van de GLG in het overig gebied van het zuidelijk zandgebied als gevolg van het W_H scenario.

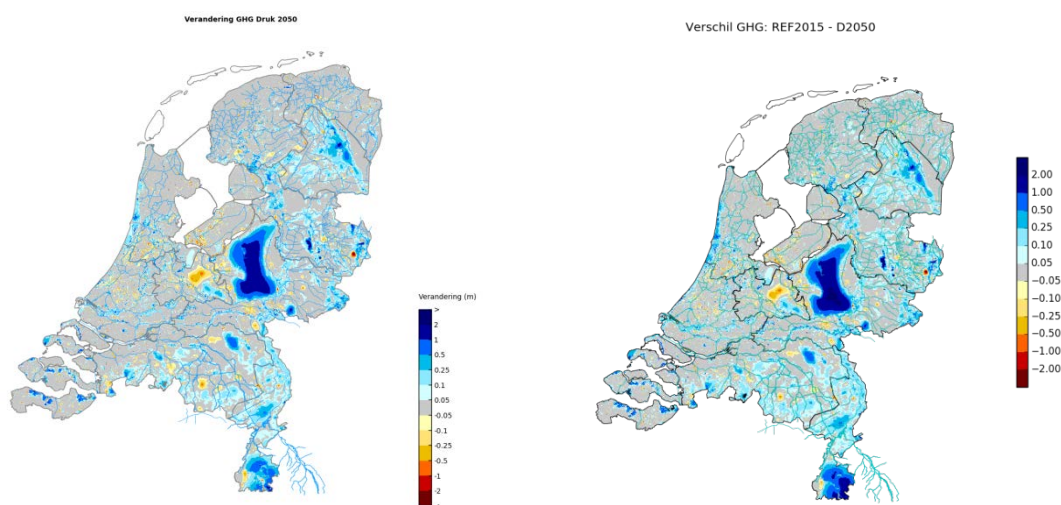
- Minder grote daling van de GLG in peil gestuurd gebied, Zeeland en het Noord en oostelijk zandgebied als gevolg van het W_H scenario dan in het $W+$ scenario (enkele decimeters verschil).

De verschuiving in de grondwaterstanden is tussen GLG en GHG nagenoeg gelijk.

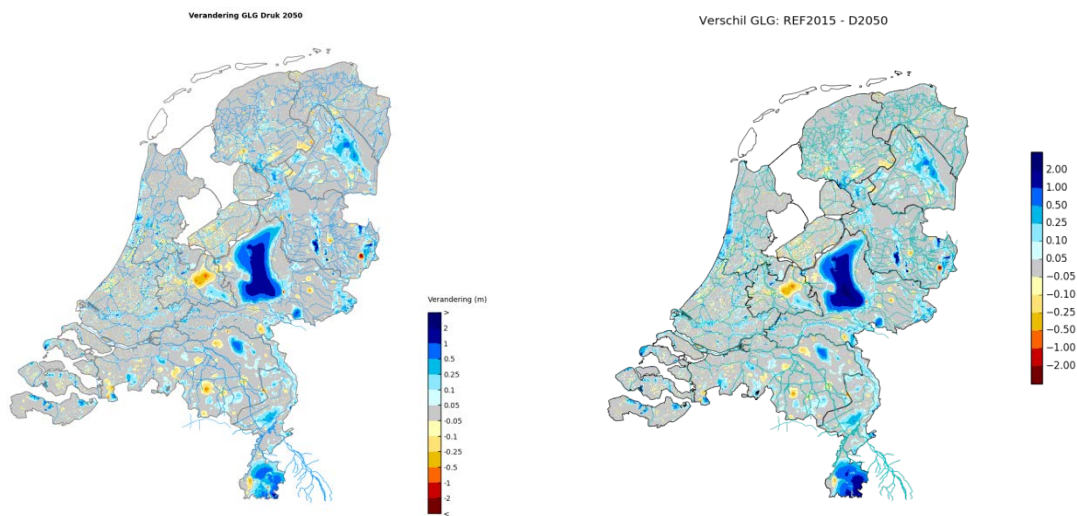
De veranderingen van de drinkwateronttrekkingen hebben effect op de berekende verandering van de grondwaterstand. Door toename van de onttrekking in scenario Druk kan daling van de grondwaterstand optreden, en door afname van de onttrekking in scenario Warm kan stijging van de grondwaterstanden optreden. We zien dat de bijdrage van de socio-economische scenario's voor de drogere KNMI scenario's relatief een groter effect heeft bij de KNMI'14 scenario's dan bij de KNMI'06 scenario's. De socio-economische veranderen worden met de nieuwe scenario's relevanter.

Er zijn aanwijzingen dat de locaties van de drinkwateronttrekkingen voor een deel achterhaald zijn. Een actualisatie van de Drinkwateronttrekkingen (met name in Zuid-Nederland) in het model is daarom aan te raden. Dit kan plaatselijk veel uitmaken voor de resultaten van de grondwaterstandberekeningen.

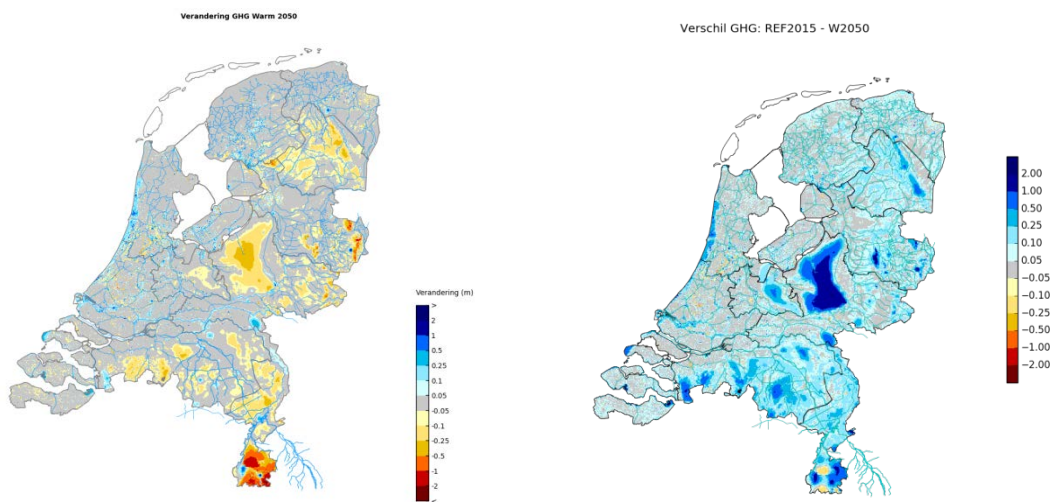
Deze berekeningsresultaten zijn in overeenstemming met eerdere indicatieve berekeningen naar de effecten van de KNMI'14 scenario's (Hunink, 2014). Dit geeft aan dat het LHM correct is ingebouwd in het Nationaal Water Model.



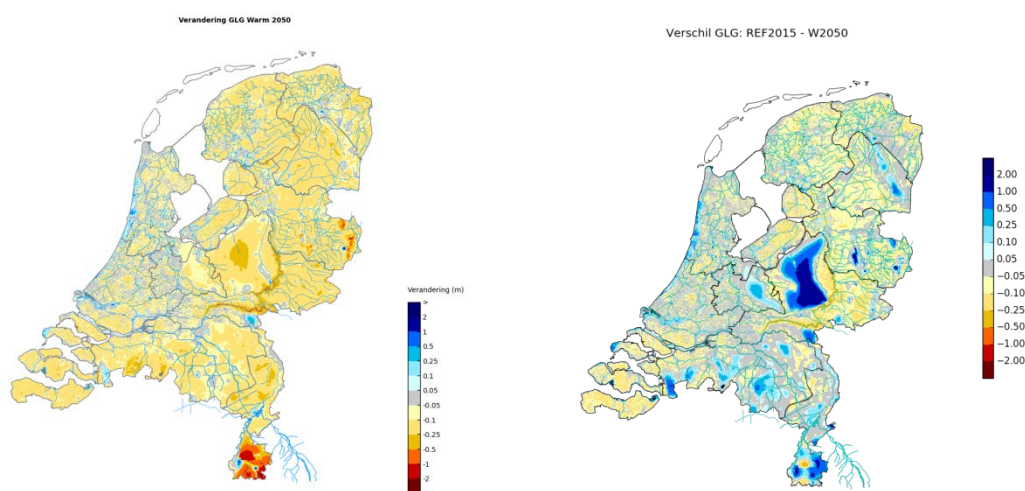
Figuur 4.6 Verandering GHG in 2050 in m als gevolg van het scenario Druk o.b.v. berekeningen met het Deltamodel (Ter Maat et al, 2014) (periode 1965-1995) (links) en het NWM (1986-2006) (rechts).



Figuur 4.7 Verandering GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Druk o.b.v. berekeningen met het Deltamodel (Ter Maat et al, 2014) (periode 1965-1995) (links) en het NWM (1986-2006) (rechts).



Figuur 4.8 Verandering GHG in 2050 in m als gevolg van het scenario Warm o.b.v. berekeningen met het Deltamodel (Ter Maat et al, 2014) (periode 1965-1995) (links) en het NWM (1986-2006) (rechts).



Figuur 4.9 Verandering GLG in 2050 in m als gevolg van het scenario Warm o.b.v. berekeningen met het Deltamodel (Ter Maat et al, 2014) (periode 1965-1995) (links) en het NWM (1986-2006) (rechts).

4.4 Wateraanbod en watertekort knelpuntgebieden

In deze paragraaf worden voor elk van de vijf knelpuntgebieden de wateraanvoer en watertekorten weergegeven. Het gaat hier om het wateraanbod en watertekort in het regionale oppervlaktewatersysteem zoals berekend met Mozart. Er wordt onderscheid gemaakt tussen peilbeheer, doorspoeling en beregening. Beregeningstekorten duiden op een tekort uit oppervlaktewater. Een watervraag voor beregening uit het grondwater kan in het model altijd worden geleverd.

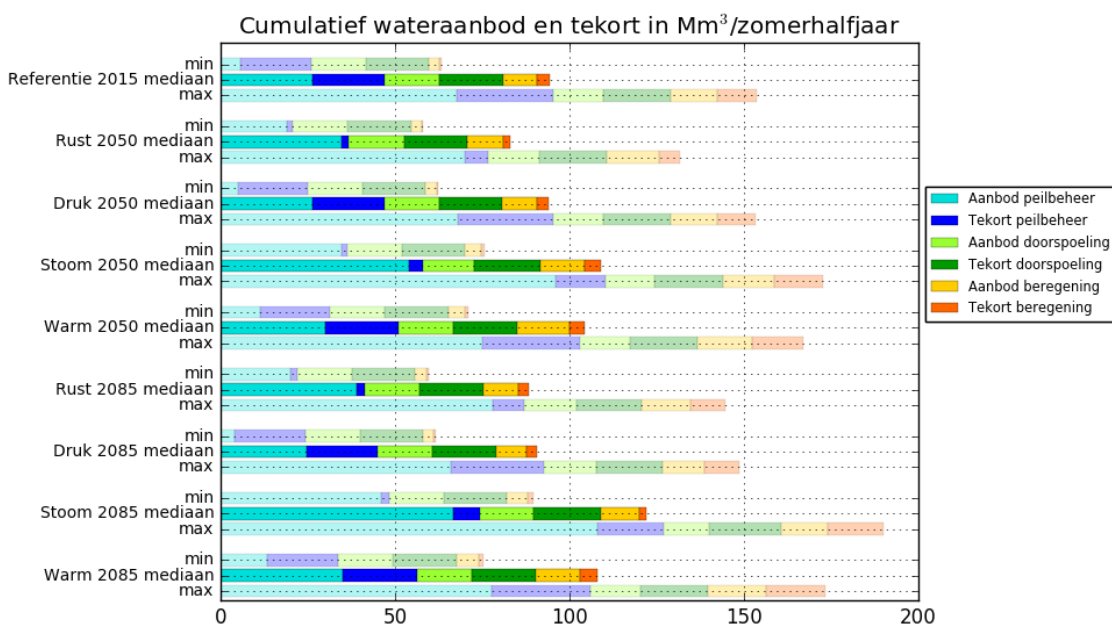
We hebben geconstateerd dat wateraanbod en –tekort voor peilbeheer in DM voor een aantal jaar en voor een aantal gebieden (o.a. 2003 en 2004 voor de Hoge Zandgronden) geen goede resultaten geeft, omdat hier geen waarden worden uitgevoerd. Bij nadere controle is gebleken dat de oorzaak te vinden is in het omzetten van ruwe modeluitvoer naar NetCDF bestanden ('postprocessing') in de zogenaamde DM-balanstool. Omdat de fouten in enkele jaren zijn geconstateerd, hebben we ervoor gekozen om de waterbalansen in de hierna volgende paragrafen te presenteren op basis van alleen de Mozart-resultaten. In deze figuren ontbreken dus het hoofdwatersysteem, boezems en waterlopen die in DM zijn geschematiseerd (bv Twentekanal, Friese Boezem en de boezem van Rijnland en Delfland). De resultaten uit DM zijn wel correct doorgegeven aan LSM en kunnen na herstel van de waterbalanstool opnieuw geaggregeerd worden om resultaten aan gebruikers beschikbaar te stellen

Hierna worden telkens twee figuren getoond. Het eerste figuur geeft een beeld van de variatie in wateraanbod en –tekort over de 26 berekende jaren binnen een scenario. Elke staaf geeft de cumulatieve watervraag over het zomerhalfjaar in Mm^3 , en welk deel hiervan niet geleverd kon worden in het model. Per scenario (referentie 2015, Warm2050, etc.) worden resultaten weergegeven van het jaar met de kleinste totale watervraag, de mediane watervraag en de grootste totale watervraag. Ze geven dus inzicht in zowel de variatie binnen een scenario als de effecten van de Deltascenario's. Het tweede figuur geeft de resultaten voor 1989.

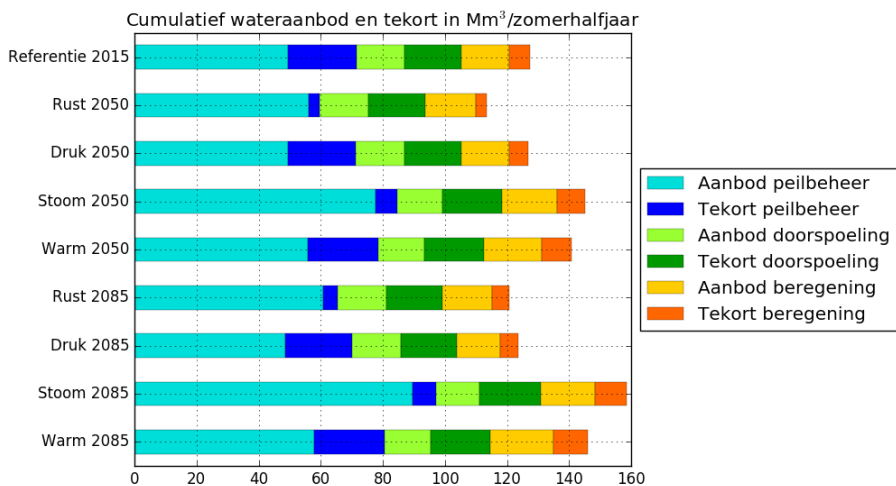
Uit analyse van de grondwaterstanden is gebleken dat een deel van de modelinvoer voor het scenario op Rust 2050 niet correct is. Hierdoor zijn ook de berekende resultaten voor het wateraanbod en watertekort voor dit scenario niet betrouwbaar.

4.4.1 Hoge zandgronden

Voor de Hoge Zandgronden berekent het NWM in de referentie tekorten voor peilbeheer en doorspoeling en een klein tekort voor beregening. De totale watervraag voor beregening is klein omdat de meeste beregening in dit gebied uit het grondwater plaatsvindt. Het berekeningstekort neemt niet tot weinig toe als gevolg van de scenario's voor de verschillende zichtjaren. Opvallend is wel dat de berekende tekorten in peilbeheer in de scenario's Rust en Stoom bijna verdwijnen. Dit kan op dit moment niet verklaard worden. Geadviseerd wordt dit in de vervolganalyses voor de knelpunten analyse nader te onderzoeken.



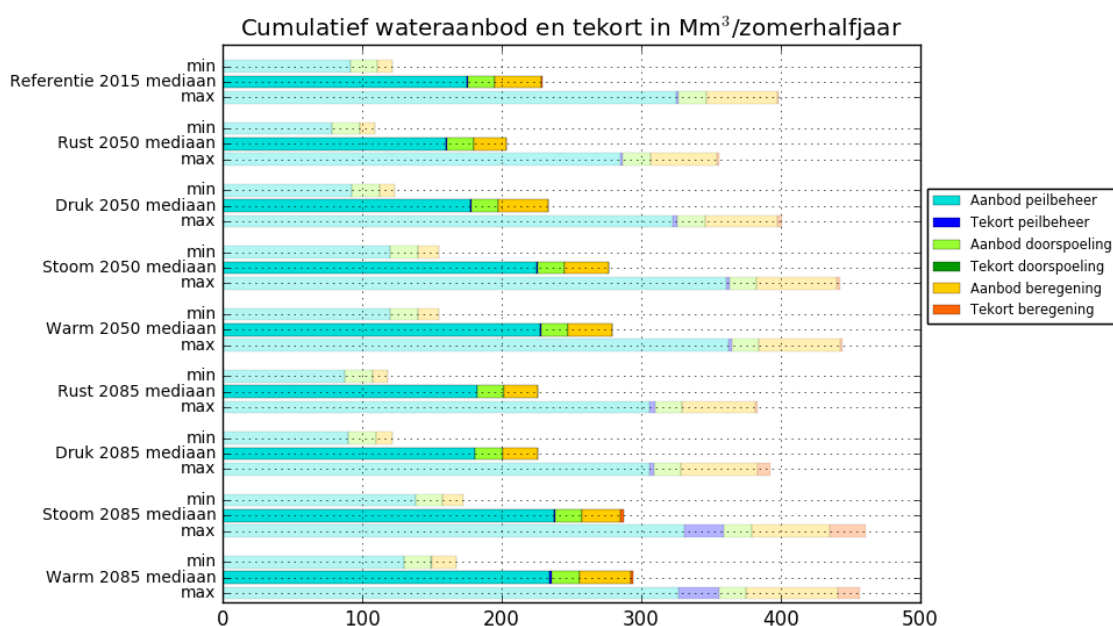
Figuur 4.10 Variatie in het wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het gebied Hoge Zandgronden voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.



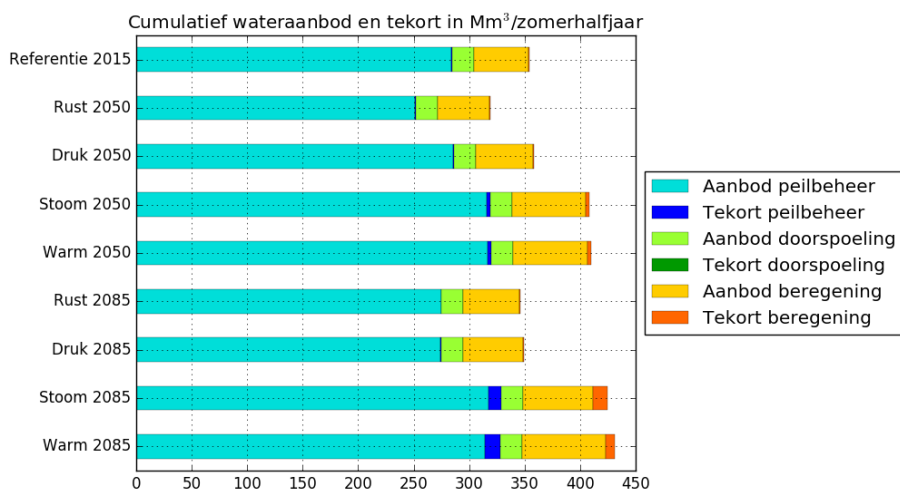
Figuur 4.11 Wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het gebied Hoge Zandgronden in 1989 voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.

4.4.2 Rivierengebied

In het Rivierengebied is peilbeheer de grootste watervrager. In de referentie worden er geen tekorten berekend voor de gemiddelde jaren. Ook in de scenario's voor de verschillende zichtjaren treden geen tot weinig tekorten op. Significante tekorten treden pas op in het zichtjaar 2085 voor de scenario's Warm en Stoom. De effecten van de scenario's zijn klein ten opzichte van de variatie binnen de tijdreeks. Voor het zichtjaar 2050 neemt de totale watervraag gemiddeld af voor het scenario Rust. De watervraag blijft gelijk voor het scenario Druk, maar neemt toe voor de scenario's Warm en Stoom. Dit is in lijn met de kwalitatieve analyses die zijn uitgevoerd door Hunink (2015)



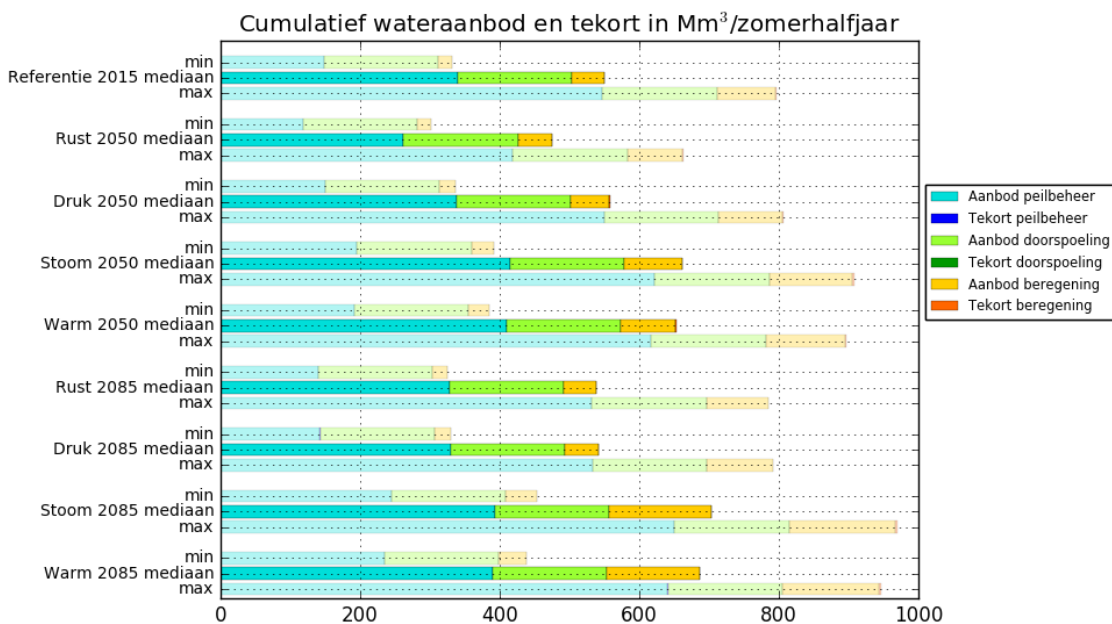
Figuur 4.12 Variatie in het wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het Rivierengebied voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.



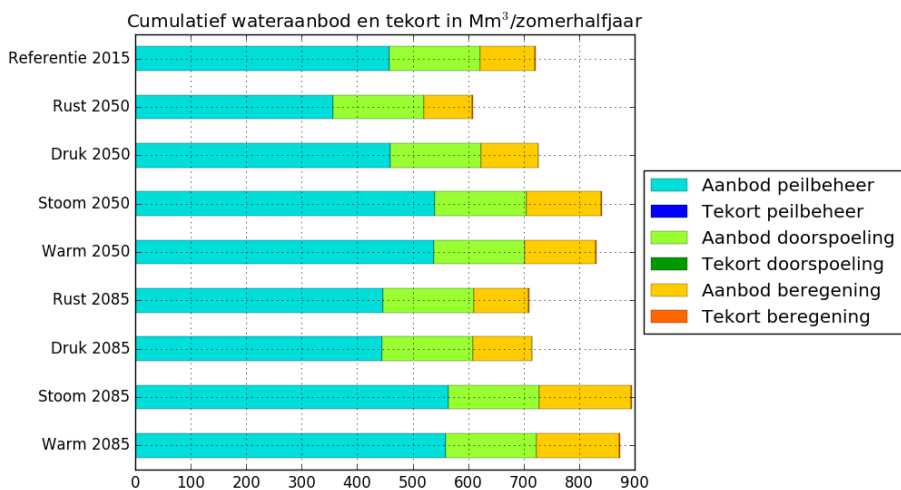
Figuur 4.13 Wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het Rivierengebied in 1989 voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.

4.4.3 IJsselmeergebied

In het IJsselmeergebied treden er in de referentie nauwelijks tekorten op. Alleen voor de droogste jaren zijn kleine beregeningstekorten berekend. De totale watervraag neemt af voor het scenario Rust 2050. Een toename is te zien voor de scenario's Stoom en Warm. Dit is in lijn met de kwalitatieve analyses die zijn uitgevoerd door Hunink (2015)



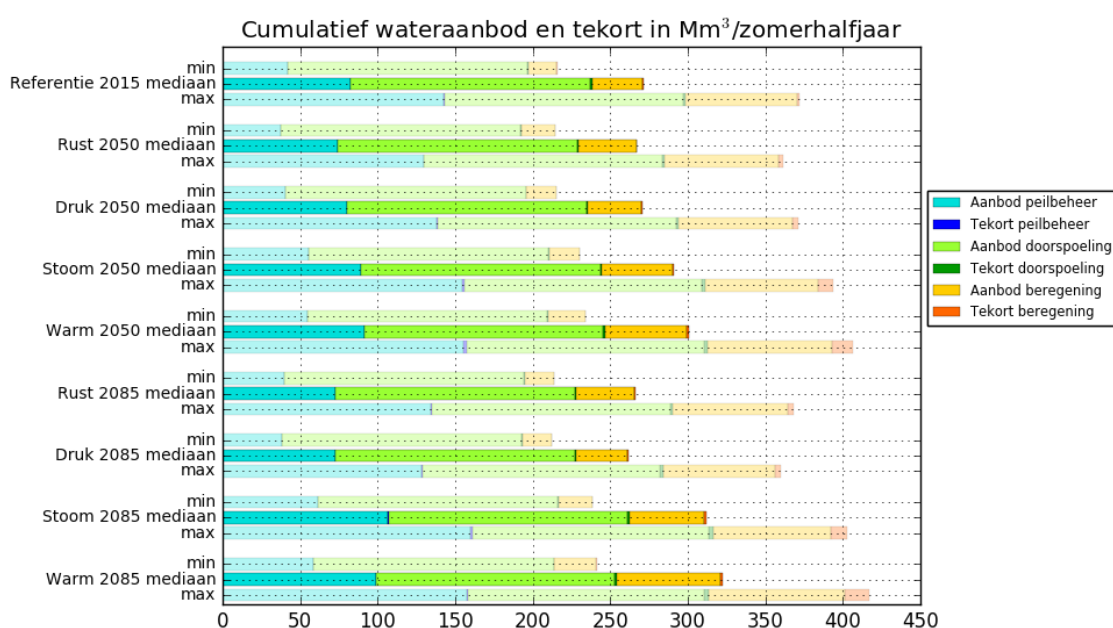
Figuur 4.14 Variatie in het wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het IJsselmeergebied voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.



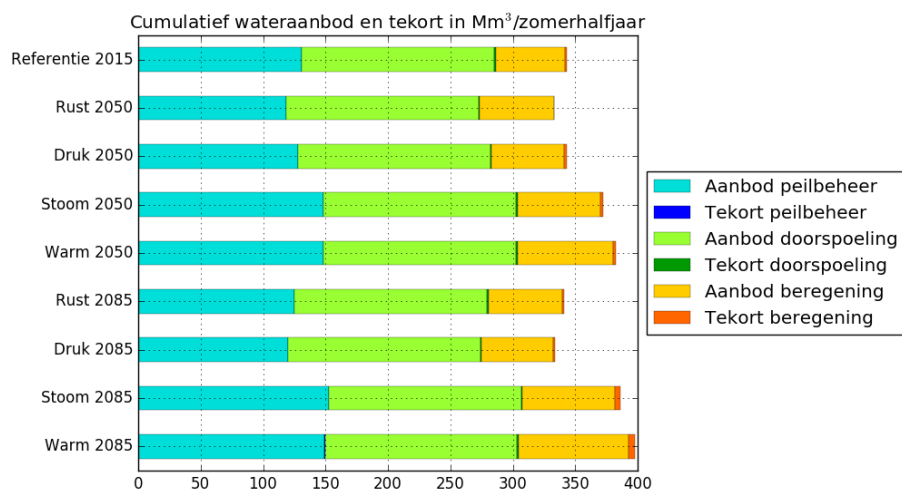
Figuur 4.15 Wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het IJsselmeergebied in 1989 voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.

4.4.4 Benedenrivierengebied

In het Benedenrivierengebied is de met LHM berekende watervraag voor doorspoeling groot in vergelijking met de andere gebruikers. De grootste watervraag in dit gebied is doorspoeling. Voor het zichtjaar 2050 neemt de totale watervraag gemiddeld af voor het scenario Rust, blijft de watervraag voor gelijk voor het scenario Druk en neemt de watervraag toe voor de scenario's Warm en Stoom. Elke jaar kunnen er kleine tekorten optreden voor doorspoeling en beregening, echter de grote tekorten treden pas op in de droger jaren voor de scenario's Warm en Stoom in de zichtjaren 2050 en 2085. Dit is in lijn met de kwalitatieve analyses die zijn uitgevoerd door Hunink (2015).



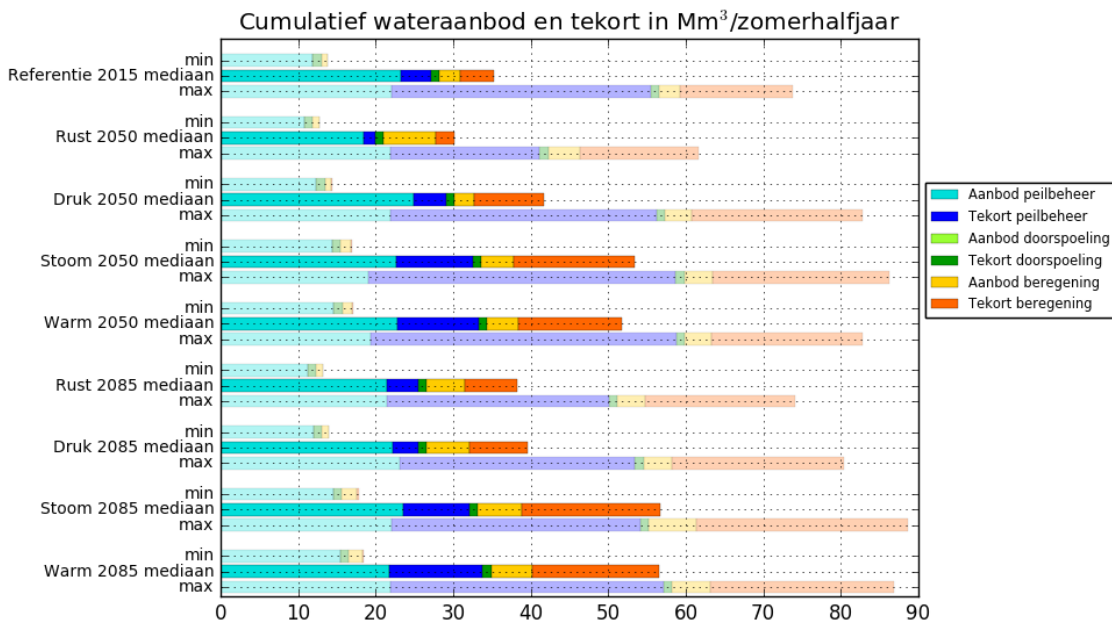
Figuur 4.16 Variatie in het wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het Benedenrivierengebied voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.



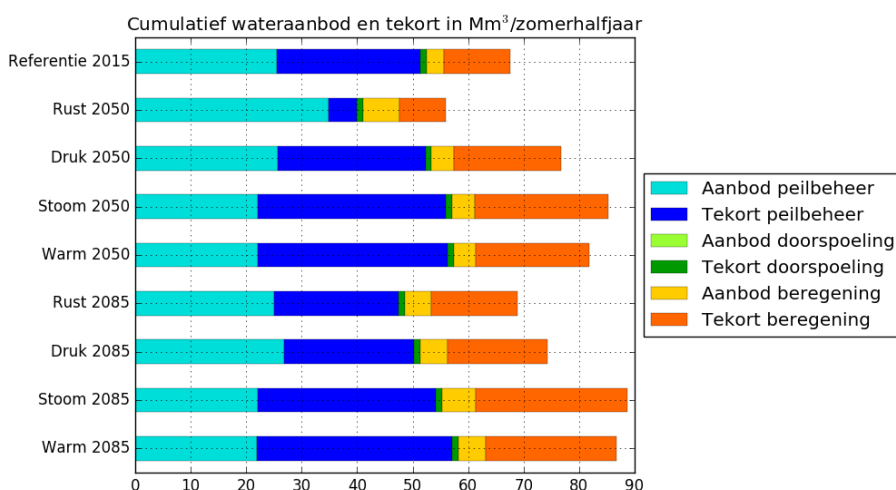
Figuur 4.17 Wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het Benedenrivierengebied in 1989 voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.

4.4.5 Zuid-Westelijke Delta

Dit gebied heeft geen aanvoermogelijkheden vanuit het hoofdwatersysteem. Hierdoor moet alle watervraag door interne bronnen worden geleverd, zoals kwel vanuit het grondwater of neerslag. Omdat er geen aanvoermogelijkheid is, treden er bijna voor elke situatie tekorten op. Alleen in de jaren met de minimale watervraag zijn de tekorten klein. Dit is in lijn met de kwalitatieve analyses die zijn uitgevoerd door Hunink (2015).



Figuur 4.18 Variatie in het wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het gebied Zuid-Westelijke Delta voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.



Figuur 4.19 Wateraanbod en watertekort (op basis van Mozart) voor het gebied Zuid-Westelijke Delta in 1989 voor de referentie en scenario's voor de zichtjaren 2050 en 2085.

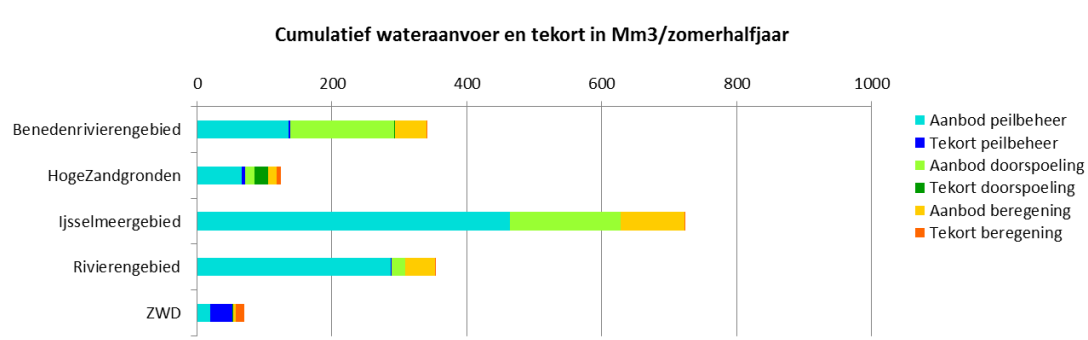
4.4.6 Vergelijking met Deltascenario's KNMI'06

Voor het Deelprogramma Zoetwater zijn berekeningen gedaan voor de periode 1961-1995, waarbij vooral is gekeken naar de karakteristieke jaren 1967 (gemiddeld), 1989 (droog) en 1976 (extreem droog) (Ter Maat et al, 2014). De nieuwe basiscases zijn doorgerekend voor de periode 1981-2006. Het jaar 1989 is het enige jaar wat in beide reeksen voorkomt. Om een inschatting te kunnen maken van de verschillen tussen de twee berekeningen is gekeken naar de verschillen in wateraanbod en -tekort voor het jaar 1989.

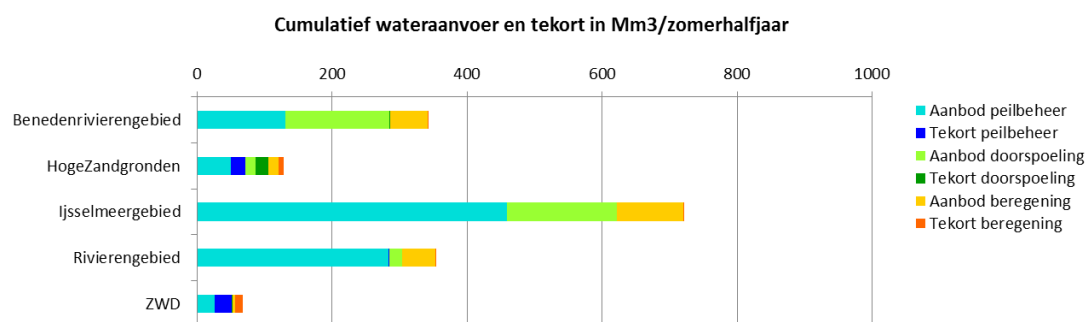
In de vergelijking tussen de resultaten van het Deltamodel en het NWM versie 1.3 voor de referentiesituatie komt een vergelijkbaar beeld naar voren. Over het algemeen worden er in de twee verschillende modelberekeningen vergelijkbare wateraanvoer en -tekorten berekend. Er zijn in twee gebieden wel kleine verschillen zien:

- hoger tekort peilbeheer voor de Hoge Zandgronden;
- kleiner tekort peilbeheer Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer.

De oorzaak van deze verschillen zijn nog niet bekend. We adviseren om in een vervolganalyse de modeluitvoer hiervoor nog nader te bekijken.



Figuur 4.20 Wateraanbod en watertekort voor het karakteristiek jaar 1989 voor de referentie 2015. Berekend met Deltamodel (Maat et al, 2014).

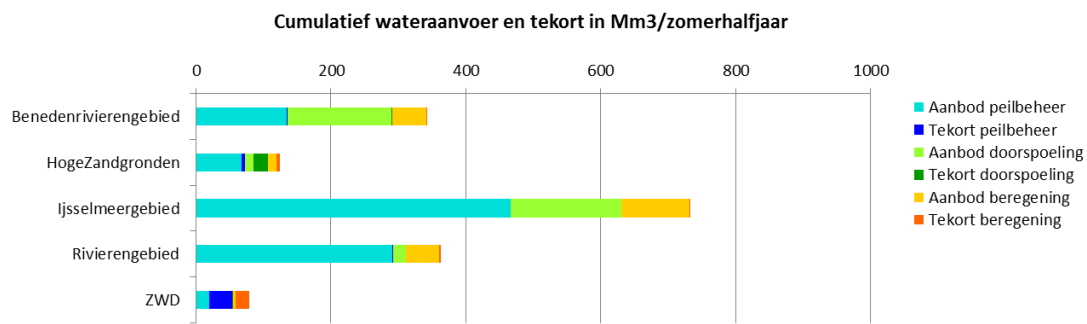


Figuur 4.21 Wateraanbod en watertekort voor het karakteristiek jaar 1989 voor de Deltascenario's KNMI'14 referentie 2015.

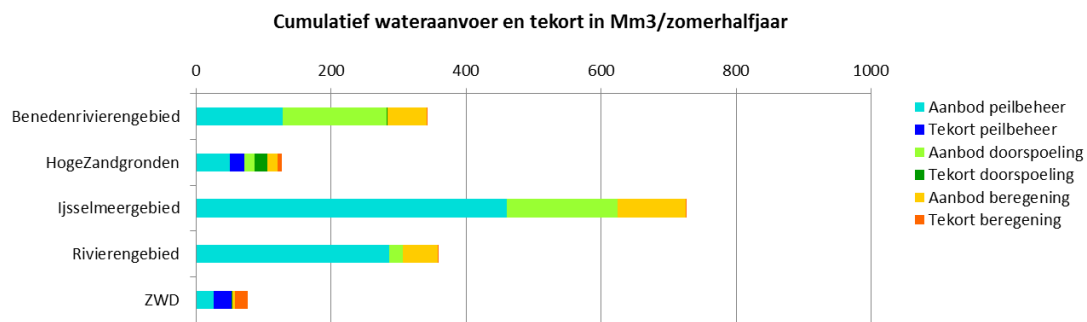
Ook is er gekeken naar de verschillen tussen het berekende wateraanbod en tekort voor de scenario's Druk en Warm voor het zichtjaar 2050. De scenario's Rust en Stoom zijn hier buiten beschouwing gelaten omdat deze scenario's niet met het Deltamodel zijn berekend.

De verschillen tussen de twee Druk scenario's zijn klein. De verschillen die in de referentie zichtbaar zijn komen ook hier terug. De kleine verschillen zijn acceptabel omdat het klimaatscenario KNMI'06 G+ en KNMI'14 G_L (die in het Druk scenario zijn verwerkt) beide weinig verschillen van de referentie (huidig klimaat).

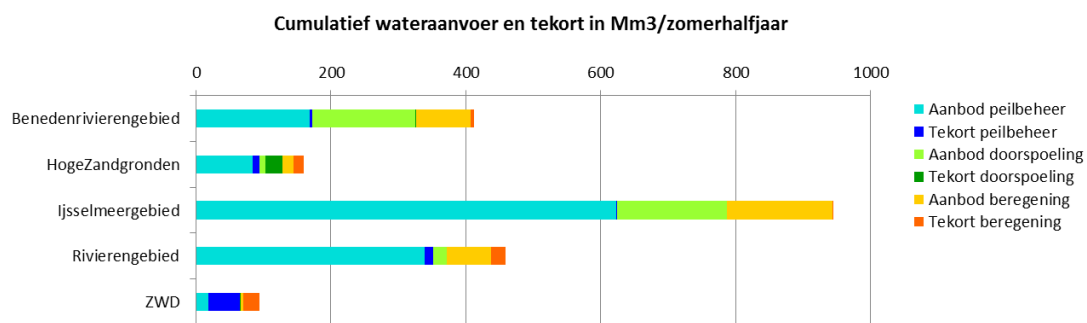
De verschillen tussen de twee Warm scenario's zijn echter wel groot. De totale watervraag neemt af voor alle gebieden. Hierdoor nemen ook de berekende tekorten af. Het tekort voor beregening in het Rivierengebied verdwijnt nu volledig. De verschuiving van de watervraag is in lijn met de verandering van het klimaatscenario wat bij het Warm scenario hoort. Het scenario KNMI'06 W+ geeft een veel hogere verdamping en minder neerslag dan het scenario KNMI'14 W_H. De verschillen in de berekeningsresultaten zijn dus terug te voeren op de verschillende invoer van de scenario's.



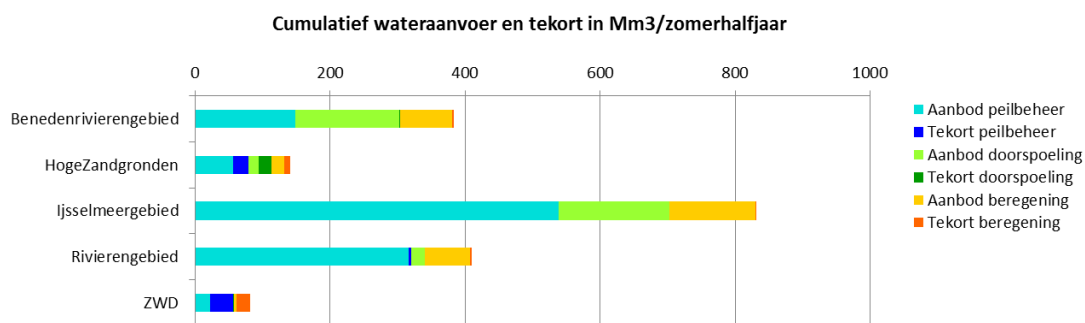
Figuur 4.22 Wateraanbod en watertekort voor het droge jaar 1989 voor scenario Druk, zichtjaar 2050. Berekend met Deltamodel (Ter Maat et al, 2014).



Figuur 4.23 Wateraanbod en watertekort voor het karakteristieke jaar 1989 voor de Deltascenario's KNMI'14 Druk2050



Figuur 4.24 Wateraanbod en watertekort voor het karakteristieke jaar 1989 voor scenario Warm, zichtjaar 2050. Berekend met Deltamodel (Ter Maat et al, 2014).

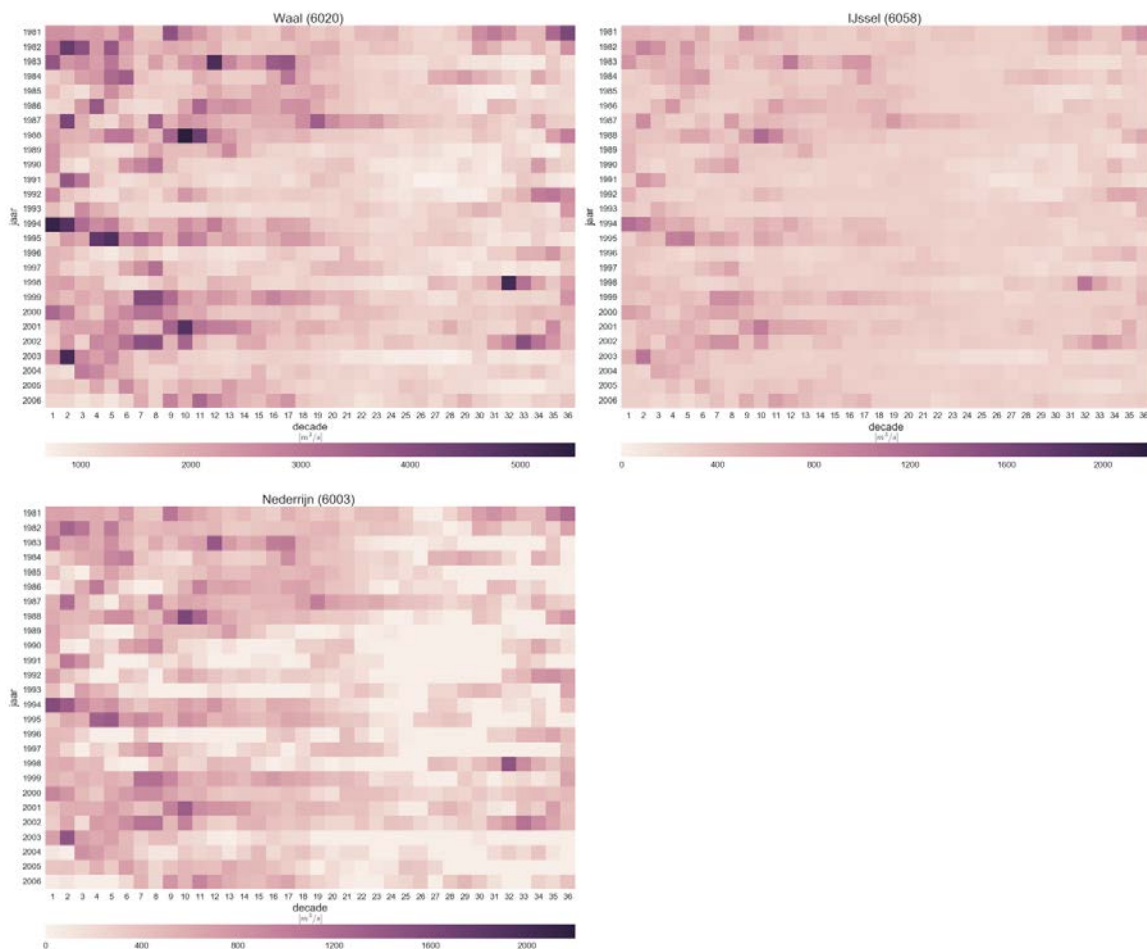


Figuur 4.25 Wateraanbod en watertekort voor het karakteristieke jaar 1989 voor de Deltascenario's KNMI'14 Warm2050

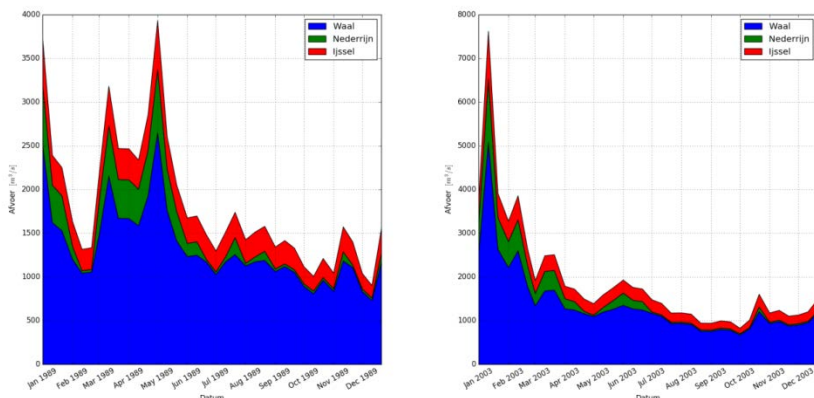
4.5 Specifieke locaties in HWS nader beschouwd

4.5.1 Waterverdeling over de Rijntakken

Voor een indruk van de waterverdeling over de Rijntakken, geeft Figuur 4.26 de decadegemiddelde afvoeren (horizontaal) voor elk jaar (verticaal) van de Waal, Nederrijn en IJssel, op basis van DM modeluitvoer. Hoe lichter de kleur, hoe lager de afvoer. De laagste afvoeren treden voornamelijk op in de nazomer en het najaar (aug - okt, decade 22 – 30). In de ongestuwde rivieren Waal en IJssel springt vooral 2003 eruit. In de Nederrijn figuur zijn meer periodes van lage afvoer te zien. Dit komt, omdat er in droge perioden meer water over de Waal (t.b.v. scheepvaart) en de IJssel (t.b.v. IJsselmeer) gestuurd wordt ten koste van de Nederrijn. Dit is ook duidelijk te zien in Figuur 4.27, waar de afvoer van de Nederrijn in 1989 en 2003 'geknepen' wordt. Dit komt overeen met de werkelijkheid.



Figuur 4.26 Decadegemiddelde afvoer voor de periode 1981-2006, zoals berekend met DM voor de Waal, IJssel en Nederrijn

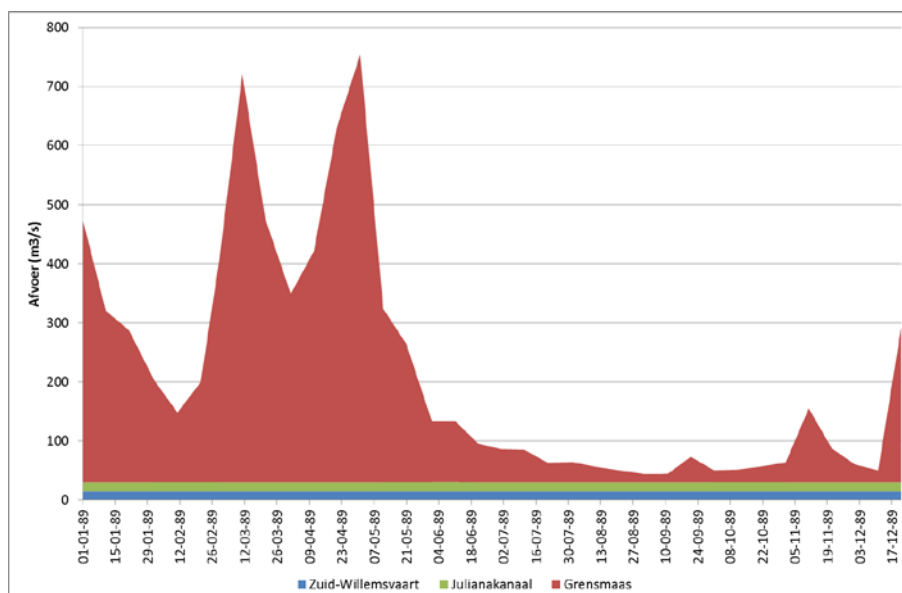


Figuur 4.27 'Gestapelde' afvoeren van de drie Rijntakken in 1989 en 2003 (huidig klimaat)

4.5.2 Waterverdeling over de Maastakken

De met DM berekende verdeling van het Maaswater over de Zuid-Willemsvaart, Julianakanaal en Grensmaas in het jaar 1989 wordt gegeven in Figuur 4.28. De laagste Maasafvoer (bij Sint-Pieter) in deze periode bedraagt ongeveer 50 m³/s. Bij deze afvoer is er

volgens DM voldoende voor de watervragen van 15 m³/s (Zuid-Willemsvaart) en 15 m³/s Julianakanaal. De Grensmaas krijgt het resterende debiet van 20 m³/s.



Figuur 4.28 Afvoerverdeling over de maastakken Zuid-Willemsvaart, Julianakanaal en Grensmaas, zoals berekend met DM voor 1989 (huidig klimaat)

4.5.3 Peilverloop IJsselmeer

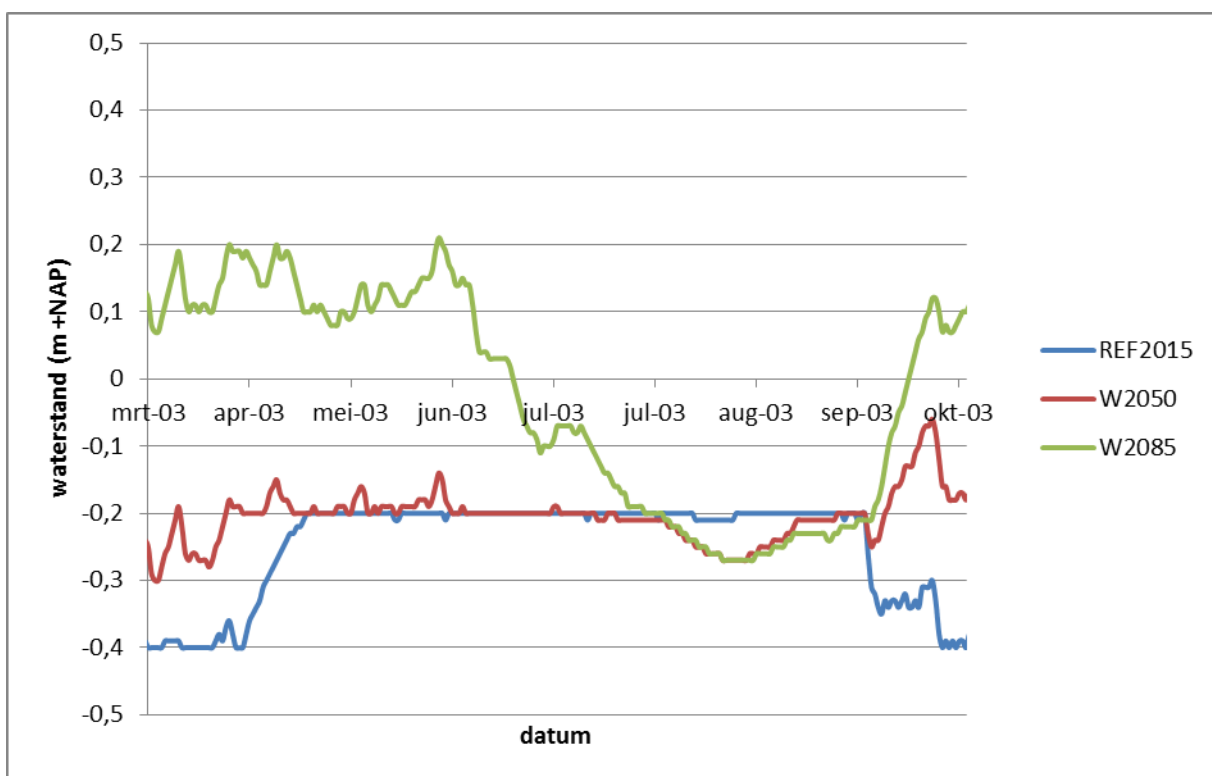
Tabel 4.1 toont de maximale uitzakking van het IJsselmeerpeil in het zomerhalfjaar op basis van de DM modeluitvoer. In de meeste jaren is de beschikbare bufferschijf van 20 cm (verschil tussen zomerstreefpeil -0,20 m NAP en minimum zomerpeil -0,40 m NAP) niet benut, behalve in de eerder genoemde droge jaren, maar zelfs in deze jaren is de gebruikte bufferschijf klein.

De gebruikte waterschijf in de drogere jaren neemt toe in de scenario's Warm en Stoom. De beschikbare bufferschijf, van 20 cm, wordt benut in Stoom2085. Dit is opvallend, omdat in de Deltascenario's KNMI'06 Warm voor de grootste watervraag zorgde. Onder Warm2050 was toen in 2003 een bufferschijf nodig van 20 cm (Ter Maat en Van der Vat, 2014). Dat er nu een kleinere gebruikte bufferschijf wordt berekend, komt voornamelijk door de kleinere watervraag, terwijl de afvoertekorten (en dus de wateraanvoer) in $W+$ en W_{Hdry} vergelijkbaar zijn. De watervraag wordt bepaald door neerslagtekorten en landgebruik. Neerslagtekorten zijn weliswaar kleiner ten opzichte van de vorige Deltascenario's, maar gelijk in Warm en Stoom. Het verschil tussen Stoom en Warm moet dus gezocht worden in het landgebruik. In het IJsselmeergebied is de beregeningsvraag onder Stoom inderdaad iets groter dan onder Warm (zie paragraaf 4.3.3). De gevonden verschillen zijn echter zo klein dat we kunnen stellen dat de scenario's Warm en Stoom niet onderscheidend zijn, evenmin als de scenario's Druk en Rust. In Druk blijft de gebruikte bufferschijf in droge jaren gelijk in vergelijking met de huidige situatie en in Rust lijkt het zelfs af te nemen. De afname van de gebruikte bufferschijf in Rust is toe te schrijven aan socio-economische ontwikkelingen, die in Rust voor een lagere watervraag zorgen.

Tabel 4.1 Maximale uitzakking van het IJsselmeerpeil (m) over het zomerhalfjaar in alle jaren, voor referentie en alle Deltascenario's.

	REF2015	R2050	D2050	S2050	W2050	R2085	D2085	S2085	W2085
1981	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.010	-0.010
1982	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
1983	-0.000	-0.000	-0.000	-0.010	-0.010	-0.000	-0.000	-0.050	-0.040
1984	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020
1985	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
1986	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.040	-0.030
1987	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
1988	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
1989	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020	-0.000	-0.000	-0.050	-0.050
1990	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.030	-0.000	-0.000	-0.050	-0.050
1991	-0.020	-0.010	-0.020	-0.080	-0.070	-0.010	-0.020	-0.130	-0.100
1992	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.030	-0.000	-0.000	-0.050	-0.050
1993	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
1994	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020
1995	-0.000	-0.000	-0.000	-0.020	-0.020	-0.000	-0.000	-0.050	-0.040
1996	-0.010	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020
1997	-0.000	-0.000	-0.000	-0.010	-0.000	-0.000	-0.000	-0.030	-0.020
1998	-0.000	-0.000	-0.000	-0.040	-0.040	-0.000	-0.000	-0.050	-0.050
1999	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.010	-0.000
2000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
2001	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
2002	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000
2003	-0.050	-0.050	-0.050	-0.140	-0.130	-0.050	-0.050	-0.200	-0.170
2004	-0.000	-0.000	-0.000	-0.020	-0.020	-0.000	-0.000	-0.040	-0.030
2005	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.000	-0.020	-0.010
2006	-0.010	-0.010	-0.010	-0.050	-0.050	-0.000	-0.010	-0.050	-0.050

Figuur 4.29 toont het verloop van het IJsselmeerpeil in het zomerhalfjaar berekend met LSM-Light voor de referentie en het scenario Warm. Wat opvalt is dat het winterstreefpeil (-0.4 m NAP) in de verschillende scenario's niet gehaald wordt. Voor het meest extreme scenario werkt dit door in de zomer en ligt het peil hoger dan het zomerstreefpeil. Dit wordt verklaard doordat in LSM de stijging van de zeespiegel in de randvoorwaarden is meegenomen en de spuicapaciteit in het model niet groter is geworden. Het LHM gaat er vanuit dat een wateroverschot altijd op het buitenwater geloosd kan worden. LHM berekent dus de waterverdeling op basis van een onbegrensde lozingscapaciteit van het IJsselmeer naar de Waddenzee. LSM brengt in beeld bij welk scenario de huidige spuicapaciteit nog voldoet gegeven de door LHM berekende watervraag naar de districten. Bij de interpretatie van resultaten is het daarom belangrijk om dit verschil tussen modelconcepten mee te nemen.



Figuur 4.29 Peilverloop IJsselmeer op basis van LSM-Light voor 2003 in de huidige situatie en voor Warm2050 en Warm2085

4.5.4 Verzilting op inlaatpunten

We vergelijken in Tabel 4.2 tot en met Tabel 4.4 het aantal sluitingsdagen gedurende het zomerhalfjaar voor drie representatieve locaties in het benedenrivierengebied: Krimpen aan den IJssel (monding Hollandsche IJssel en indicatief voor inlaat Gouda), Bernisse (Spui) en Bergambacht (Lek), en voor de jaren 1989 en 2003. Het aantal sluitingsdagen berekenen we als het aantal dagen overschrijding van een kritische chlorideconcentratie met een duur van minimaal 24 uur aangesloten.

Ter vergelijking zijn de resultaten volgens Deltascenario's KNMI'06 voor huidig en Warm2050 eraan gezet.

De verschillen tussen de referentieberekeningen van Deltascenario's KNMI'06 en KNMI'14 zijn maar deels te verklaren door de modelaanpassingen (zie paragraaf 3.5). Een andere zeespiegelstijging heeft ook effect op het aantal sluitingsdagen. We zien in de resultaten dus niet alleen het effect van modelaanpassingen maar ook van een andere zeespiegel.

Bij de controle is bovendien gebleken dat lateralen van Sobek-NDB ten onrechte zijn gebaseerd op de aanname dat inlaat Gouda geheel gesloten is in de eerste ronde berekeningen met LHM (stap 1 van de modellentrein). In vergelijking met metingen voor 2003 wordt daardoor het aantal overschrijdingsdagen bij Krimpen aan den IJssel (als maat voor sluiting Gouda) onderschat.

De verschillen van verzilting op inlaatpunten tussen Deltascenario's KNMI'14 en Deltascenario's KNMI'06 komen deels door de modelaanpassingen, deels door de foutieve lateralen en deels door de nieuwe KNMI-scenario's. Het is lastig om op basis van de

getoonde resultaten het effect van modelaanpassingen versus klimaatontwikkelingen te duiden. Dit vraagt nadere analyse.

In een recente analyse van Van der Vat (2016) wordt eveneens geconcludeerd dat de betrouwbaarheid van de NDB resultaten voor de Lek beperkt lijken, ook als het huidige stuwbeheer correct is opgenomen in de randvoorwaarden. Dit komt vooral doordat het model niet gekalibreerd is voor de Lek. Om het inzicht in de verzilting van de Lek te vergroten en om de betrouwbaarheid van de modelresultaten te verbeteren, heeft Van der Vat een aantal aanbevelingen gedaan.

Tabel 4.2 Berekend aantal dagen overschrijding van de grenswaarde voor chloride bij Bergambacht (noodinlaat Dunea)

Berg-ambacht	Deltascenario's KNMI'14 (met randvoorwaarden uit LSM-Light)					Deltascenario's KNMI'06 (met randvoorwaarden o.b.v. regressie)	
	Huidig	Druk2050	Warm2050	Druk2085	Warm2085	Huidig	Warm2050
1989	0	0	65	0	106	0	79
2003	17	12	80	17	113	17	94

Tabel 4.3 Berekend aantal dagen overschrijding van de grenswaarde voor chloride bij Krimpen a/d IJssel, voor 1989 en 2003. Tevens vergelijking met Deltascenario's KNMI'06 voor huidig en Warm2050

Krimpen	Deltascenario's KNMI'14 (met randvoorwaarden uit LSM-Light)					Deltascenario's KNMI'06 (met randvoorwaarden o.b.v. regressie)	
	Huidig	Druk2050	Warm2050	Druk2085	Warm2085	Huidig	Warm2050
1989	0	0	32	0	63	0	31
2003	23	27	82	30	87	17	74

Tabel 4.4 Berekend aantal dagen overschrijding van de grenswaarde voor chloride bij Bernisse

Bernisse	Deltascenario's KNMI'14 (met randvoorwaarden uit LSM-Light)					Deltascenario's KNMI'06 (met randvoorwaarden o.b.v. regressie)	
	Huidig	Druk2050	Warm2050	Druk2085	Warm2085	Huidig	Warm2050
1989	1	1	5	1	23	0	0
2003	6	7	16	7	45	1	46

4.5.5 Watervraag KWA

Inzet van de Kleinschalige Wateraanvoer (KWA) geeft een indruk van het gecombineerde effect van veranderingen in watervraag en externe verzilting in West-NL. Er is gekeken naar de totale debieten naar het aanvoergebied van de KWA. Het gaat hierbij om de inlaat bij Gouda ('Gouwegemaal' - DM tak 4067) en de doorvoer bij Bodegraven ('Oude Rijn' - DM tak 4070).

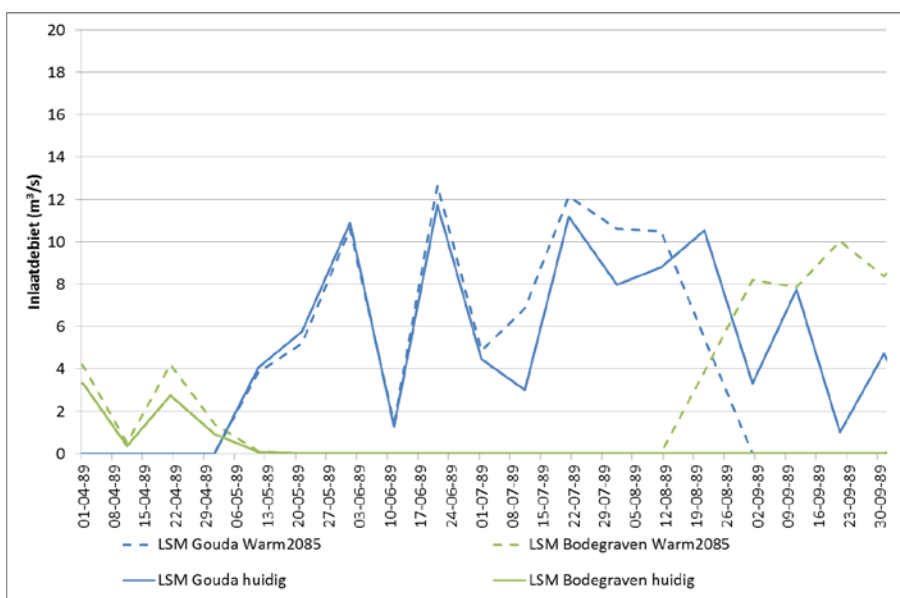
Figuur 4.30 geeft de debieten voor de twee DM-takken voor het zomerhalfjaar van 1989 voor de huidige situatie en Warm2085. Figuur 4.31 geeft dezelfde figuur maar dan op basis van LSM-Light resultaten (decadegemiddeld). In de huidige situatie wordt de KWA niet ingezet, maar onder Warm2085 wel. Het debiet bij inlaat Gouda daalt naar nul in de periode aug/sept.

De doorvoer bij Bodegraven neemt in deze periode toe, wat duidt op het in werking stellen van de KWA.

Dit klopt met de opgegeven randvoorwaarden op basis van verzilting: chlorideconcentratie bij Krimpen is in aug/sept van 1989 (Warm2085) groter dan de drempelwaarde van 200 mg/l.



Figuur 4.30 Met DM berekende inlaatdebieten bij Gouda en Bodegraven voor het zomerhalfjaar van 1989 voor de huidige situatie ('Ref') en Warm2085.

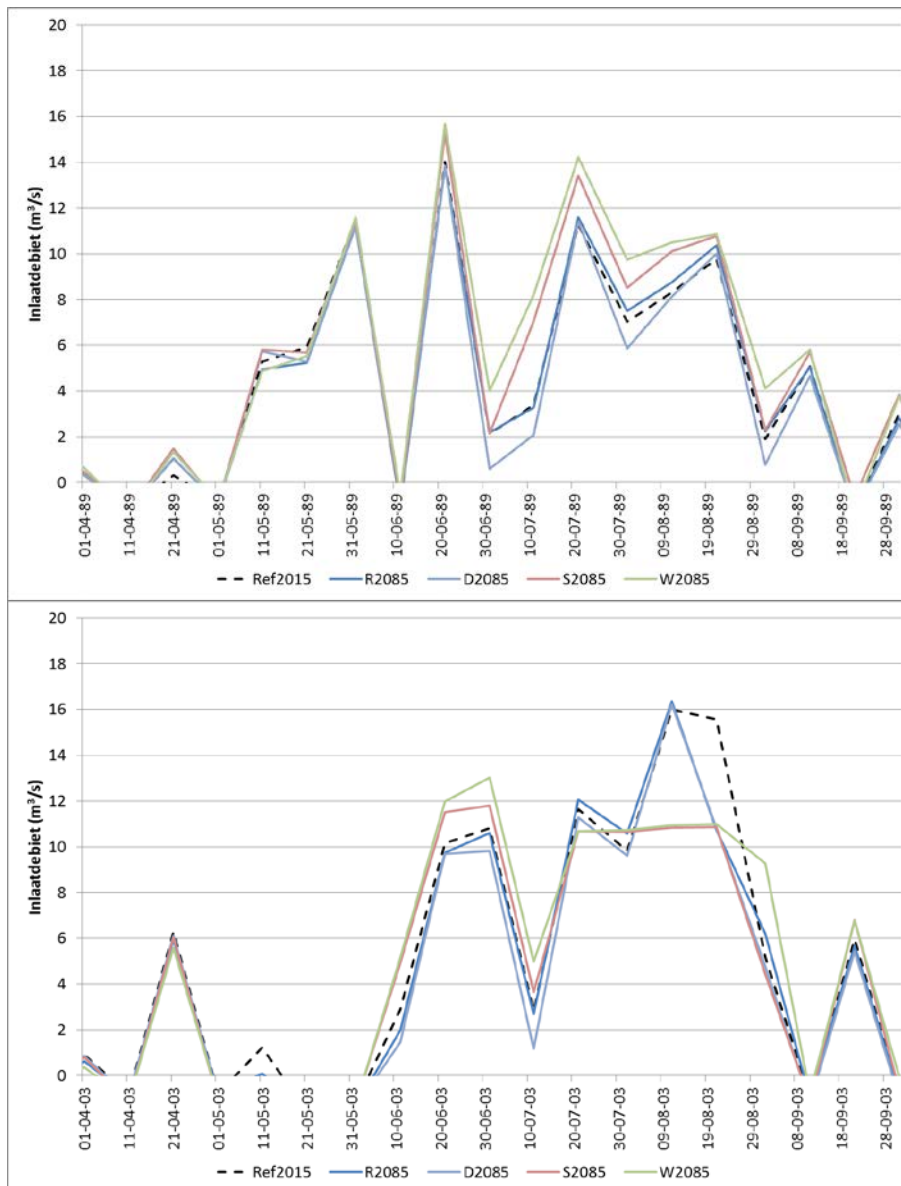


Figuur 4.31 Met LSM berekende inlaatdebieten (decadegemiddeld) bij Gouda en Bodegraven voor het zomerhalfjaar van 1989 voor de huidige situatie ('Ref') en Warm2085.

Het totale debiet van de twee inlaatpunten geeft een indicatie van de totale wateraanvoer naar Rijnland, en is gegeven in Figuur 4.32 voor huidige situatie (Ref2015) en scenario's voor zichtjaar 2085. De verschillen tussen de huidige situatie en de scenario's Druk en Rust zijn beperkt. Dit is ook te verwachten gezien de beperkte verschillen in neerslagtekort (watervraag) en afvoertekort (wateraanvoer). De verschillen tussen Warm en Stoom zijn ook

beperkt. Wat wel opvalt, is dat in een droog jaar als 2003 de aanvoer beperkt is onder Warm/Stoom en zelfs lager dan onder Druk/Rust.

Dit duidt erop dat de capaciteit van de KWA een limiterende factor is. Dit zie je terug in de grotere watertekorten voor beregning in 2003 t.o.v. 1989, onder het scenario Warm2085.



Figuur 4.32 Som van de met DM berekende debieten van het Boezemgemaal Gouda en sluis Bodegraven voor 1989 (boven) en 2003 (beneden), huidige situatie en Deltascenario's voor zichtjaar 2085

5 Conclusies

De 'Basisprognoses Zoetwater' geven een eerste beeld van de verdeling en beschikbaarheid van Zoetwater in Nederland in de huidige situatie en op de middenlange termijn (2050) en doorkijk naar eind deze eeuw (2085). De basisprognoses zijn berekend met het Nationaal Water Model, een land dekkend modelinstrumentarium waarmee de zoetwatervoorziening van Nederland kan worden gesimuleerd.

Omdat controle van het NWM modelinstrumentarium en de berekeningen niet mogelijk is zonder analyse, is door het project Nationaal Water Model (NWM) en het project Landelijke Knelpuntenanalyse 2.0 (KPA) gezamenlijk opgetrokken en zijn krachten gebundeld. De berekeningsresultaten van de Basisprognoses zijn in dit rapport geanalyseerd en gerapporteerd door deze te vergelijken met de resultaten uit de landelijke knelpuntenanalyse zoetwater van Deltaprogramma Fase 1. In berekeningen zijn alleen de scenario's aangepast aan de nieuwste inzichten over het de verandering in het klimaat (inzichten op basis van KNMI'14, zie ook Hunink en Hegnauer, 2016).

Dit rapport is dan ook het resultaat van een gezamenlijke inspanning van het project NWM en het project KPA. Het doel van het rapport is tweeledig:

- Controle van de berekeningen met het nationaal water model (primaire doel van het project NWM);
- Analyse wat de KNMI'14 scenario's betekenen voor de zoetwatervoorziening van Nederland (primaire doel van KPA).

De conclusies ten aanzien van beide doelen worden in dit hoofdstuk beschreven.

5.1 Conclusies ten aanzien van de controle

De controle van de resultaten van de basisprognose is gebaseerd op uitvoer die als eindresultaat uit het Nationaal Water Model beschikbaar komt. Niet alle tussenstappen zijn in dit rapport afzonderlijk systematisch gecontroleerd. Uitgangspunt bij de ontwikkeling van het Nationaal Water Model is dat de invoer, modellen en postprocessing tools correct zijn opgeleverd. Daar waar resultaten verschillen met eerdere berekeningen lieten zien of vraagtekens opriepen is, binnen de beschikbare tijd van dit project, ingezoomd op onderliggende resultaten.

Op basis van de analyses die uitgevoerd zijn met de resultaten van de basisprognoseberekeningen, kunnen we concluderen dat de Deltascenario's KNMI'14 goed zijn ingebouwd in het NWM-instrumentarium. De resultaten voor het jaar 1989 zijn vergeleken met de vorige Deltascenario's KNMI'06 op afvoertekorten, neerslagtekorten, grondwaterstanden, en wateraanbod en –tekort per knelpuntgebied. Deze resultaten kwamen voor het huidige klimaat overeen. De scenario's Warm/Stoom en Druk/Rust geven vergelijkbare trends in watervraag, -aanbod en –tekort. Absoluut gezien zijn de trends wel kleiner dan in de Deltascenario's KNMI'06. Deze verschillen kunnen verklaard worden door de verandering in neerslagtekort en afvoertekort als gevolg van de nieuwe KNMI scenario's.

De Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom en Druk/Rust spannen nog steeds de scenarioruimte op voor mogelijke toekomstige ontwikkelingen in watertekort als gevolg van

klimaat en socio-economische situatie in de toekomst, waarbij deze scenarioruimte wel kleiner is geworden.

De verschillen tussen de Deltascenario's KNMI'14 Warm en Stoom en tussen Druk en Rust zijn, net als de vorige keer, minimaal. De bovenkant van de scenarioruimte in watertekort wordt voor sommige regio's door Stoom bepaald en voor andere regio's door Warm. Een verklaring hiervoor is nog niet gevonden, maar moet gezocht worden in de vertaling van het landgebruik in de socio-economische scenario's.

De uitgevoerde analyses geven aan dat de koppelingen in het NWM-instrumentarium, tussen deelmodellen, en tussen invoer en deelmodellen, goed zijn gelegd. Een uitzondering hierop is de zeespiegelrandvoorwaarde voor Modflow. De resultaten kunnen gebruikt worden in vervolprojecten, met uitzondering van de resultaten voor Rust2050. Het is bovendien belangrijk om de verschillen in modelconcepten bij interpretatie van de resultaten in beeld te houden.

LHM en LSM berekenen beide debieten in het hoofdwatersysteem. Door verschillen in modelconcepten kunnen de resultaten van LHM en LSM afwijken. Voor vraagstukken over de waterverdeling over verschillende regio's is LHM meer geschikt dan LSM. LSM-resultaten zijn wel nodig voor waterstanden en als input voor effectmodellen. Binnen het Nationaal Water Model wordt de door LSM berekende hydrologie gebruikt voor de temperatuur berekeningen met LTM.

De uitgevoerde controles hebben geleid tot de volgende constatering die moeten worden opgepakt in diverse vervolprojecten:

- De veranderingen in grondwaterstanden in het Deltascenario KNMI'14 Rust2050, in vergelijking met die in Druk2050, zijn opvallend. Dit wordt veroorzaakt door een relatief hoge verhardingsgraad in Rust2050. Dit komt niet overeen met de verhaallijn van de Deltascenario's. Deze fout zal in latere berekeningen moeten worden gecorrigeerd. Geadviseerd wordt de resultaten voor dit scenario tot die tijd niet te gebruiken.
- Zeespiegelstijging voor het Rust/Druk scenario is in de invoer van Modflow (onderdeel van LHM) gebaseerd op de bovengrens binnen het betreffende klimaatscenario (klimaatscenario GL). Dit wijkt af van de uitgangspunten zoals beschreven in de rapportage van de update van de Deltascenario's KNMI'14 (Hunink, 2015) en de randvoorwaarde voor zeespiegelstijging in de andere deelmodellen. Het effect kan zichtbaar zijn in de gebieden direct langs de kust, maar op basis van eerdere berekeningen is de verwachting dat dit niet tot een significante wijziging in de watervraag en watertekort zal leiden.
- De waterbalanstool die gebruikt wordt om de DM resultaten te aggregeren en te vertalen naar NetCDF bevat een fout. Hierdoor worden voor enkele regio's en jaren op dit moment ten onrechte geen waarden uitgevoerd. De koppeling met LSM gebeurt niet op basis van de NetCDF uitvoer maar op basis van de ruwe DM-uitvoer. Deze modeluitvoer is gecontroleerd en geeft wel waarden die logisch zijn. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het model goed heeft gerekend. De fout in de balanstool is hersteld en inmiddels ook aangepast in de postprocessing van het Nationaal Water Model. Hierbij is tevens een aggregatie naar 17 waterhuishoudkundige gebieden gemaakt. De figuren zijn opnieuw gemaakt en opgenomen in de bijlage. De inzichten in de rapport zijn niet gewijzigd.

- Lateralen van Sobek-NDB zijn ten onrechte gebaseerd op de aanname dat inlaat Gouda geheel gesloten is in de eerste rond berekeningen met LHM (stap 1 van de modellentrein). Hierdoor wordt het aantal dagen overschrijding van de chloride concentratie bij Krimpen aan den IJssel (als maat voor sluiting Gouda) mogelijk onderschat.
- Inlaatbeperkingen op verziltingsgevoelige locaties zijn moeilijk te vergelijken met Deltascenario's KNMI'06, omdat het effect van modelaanpassingen (de manier waarop afvoerrandvoorwaarden van Sobek-NDB worden bepaald) interfereert met het effect van de KNMI'14 klimaatscenario's en de hiervoor genoemde fout in de lateralen. Hierdoor zijn opgetreden verschillen niet eenduidig te verklaren.
- De LHM en LSM resultaten geven verschillen in uitkomsten. Deze worden verklaard door de verschillen in modelconcepten. We bevelen aan om een structurele vergelijking van de uitkomsten van LHM en LSM uit te voeren.
- Op basis van de eerste gesprekken met regio's blijkt dat de locaties van de drinkwateronttrekkingen voor een deel niet actueel meer zijn. Een actualisatie van de Drinkwateronttrekkingen (met name in Zuid-Nederland) in het model is daarom aan te raden. Dit kan plaatselijk veel uitmaken voor de resultaten van de grondwaterstandberekeningen.

5.2 Effecten van de KNMI'14 klimaatscenario's op de zoetwatervoorziening

In de basisprognoses Zoetwater (versie 2016) zijn enkel de nieuwe KNMI '14 klimaatscenario's meegenomen. Er zijn geen wijzigingen doorgevoerd in de sociaaleconomische scenario's of aanpassingen aan het watersysteem voor Deltaprogramma Fase 1 maatregelen. Ook zit in de huidige tijdsreeks geen extreem droog jaar als 1976. De basisprognoses zijn daarom weliswaar geschikt om de impact van de nieuwe klimaatscenario's op de zoetwatervoorziening van Nederland in beeld te brengen, maar naar verwachting geven ze nog niet voldoende informatie om beleidsconclusies met oog op het herijken van de zoetwateropgave en/of updaten van de voorkeurstrategie aan te verbinden.

De effecten van de veranderingen door de KNMI'14 klimaatscenario's worden beschreven in de volgende sub paragrafen.

5.2.1 Verandering in neerslagtekorten en afvoertekorten

Volgens de nieuwe KNMI'14 klimaatscenario's nemen neerslagtekorten minder sterk toe dan in de KNMI'06 klimaatscenario's. Het KNMI'14 W_H scenario (Warm en Stoom) ligt nu dichterbij de buurt dat van het KNMI'06 $G+$ scenario. De scenarioruimte in neerslagtekorten van de Deltascenario's Warm/Stoom en Druk/Rust is hiermee afgenomen ten opzichte van de Deltascenario's KNMI'06. Dit vertaalt zich in een afname van de scenarioruimte in watervraag.

Volgens de nieuwe KNMI'14 klimaatscenario's nemen afvoertekorten van de Rijn (Lobith) en de Maas (Monsin) minder sterk toe dan in de KNMI'06 klimaatscenario's. Het KNMI'14 G_L scenario geeft zelfs een kleine afname in afvoertekorten. De scenarioruimte van afvoertekorten in de toekomst is hiermee nog steeds vergelijkbaar met de Deltascenario's KNMI'06, maar in zijn geheel wel lager; geen verandering in het Deltascenario KNMI'06 Rust/Druk en een behoorlijk toename in het Deltascenario KNMI'06 Warm/Stoom versus een kleine afname in Rust/Druk en een toename in de Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom .

5.2.2 Verandering in grondwaterstanden

De gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) dalen in de Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom minder dan in Deltascenario's KNMI'06 Warm/Stoom. In de gebieden met diepe grondwaterstanden stijgen ze zelfs doordat de netto jaarneerslag toeneemt. De grootste stijging van de grondwaterstand doet zich echter voor in gebieden waar de grondwaterstand nu al zeer diep is en de stijging beperkt consequenties voor nat- en droogschade zal hebben. Wel kan door de stijging van de grondwaterstanden de kwel rondom de gestuwde gebieden toenemen.

Ook in de gebieden met ondiepe grondwaterstanden hebben de nieuwe Deltascenario's KNMI'14 Warm/Stoom een duidelijk effect. Als gevolg van de Deltascenario's KNMI'14 wordt verwacht dat de grondwaterstanden gelijk blijven of mogelijk licht dalen in de zomer. Deze daling is duidelijk minder sterk dan als gevolg van de Deltascenario's KNMI'06. Door hogere neerslag in de winter kan de GHG in alle gebieden toenemen.

De gemiddelde grondwaterstanden (GHG en GLG) van de Druk Deltascenario's KNMI'14 veranderen weinig ten opzichte van de Druk Deltascenario's KNMI'06. In de gebieden met diepe grondwaterstanden treden verhogingen op en zijn lokaal dalingen van de grondwaterstanden mogelijk als gevolg van een verandering van de drinkwateronttrekkingen. De peilbeheerste gebieden laten weinig verandering van de grondwaterstanden zien. (Gezien de impact van de drinkwateronttrekkingen op de grondwaterstandberekeningen wordt tegelijkertijd actualisatie van de drinkwateronttrekkingen in het LHM/NWM aanbevolen.)

5.2.3 Veranderingen in wateraanbod en watervraag knelpuntengebieden

De totale watervraag neemt in de Deltascenario's KNMI'14 met sterke klimaatverandering (Warm/Stoom) minder hard toe dan in Deltascenario's KNMI'06. Hierdoor zijn de berekende watertekorten in alle knelpuntgebieden minder groot dan volgens Deltascenario's KNMI'06. De Deltascenario's KNMI'14 met matige klimaatverandering (Druk en Rust) geven wat betreft de totale watervraag en watertekort een vergelijkbaar beeld als de Deltascenario's KNMI'06. In deze scenario's verandert watervraag en watertekort nauwelijks ten opzichte van de huidige situatie.

5.2.4 Veranderingen in het beschikbare oppervlaktewater

De benodigde bufferschijf IJsselmeer onder Warm en Stoom is minder groot dan berekend met de Deltascenario's KNMI'06. De grootste peiluitzakking treedt op in 1991 en 2003, de jaren waarin de afvoertekorten en de neerslagtekorten het grootst zijn. De watervraag onder Warm en Stoom is nu kleiner, doordat het neerslagtekort kleiner is. Het verschil in watervraag tussen Warm en Stoom komt door het effect van landgebruik dat tussen de scenario's onderling verschilt. Het effect hiervan op het IJsselmeerpeil is echter verwaarloosbaar: in de orde van centimeters.

6 Aanbevelingen

6.1 Aanbevelingen voor eindgebruikers

Beoordeling of de resultaten bruikbaar zijn voor een specifieke toepassing blijft verantwoordelijkheid van de afnemer en vraagt kennis van de achtergrond en opzet van de onderliggende modellen. Hierbij geven we de volgende aanwijzingen mee voor gebruik van resultaten:

- Het instrumentarium is geschikt voor de berekening van de watervraag en –aanbod op (boven)regionaal niveau en op decadebasis om landelijke afweging te maken over beleid ten aanzien van zoetwaterverdeling. De resultaten zijn geschikt om trends uit af te leiden en minder geschikt voor detailanalyses. Het geeft een goed beeld van de orde van grootte op regionale schaal. Geadviseerd wordt om resultaten te gebruiken op het aggregatieniveau van de 5 knelpuntgebieden.
- Voor analyses van grondwater wordt geadviseerd om, net als in voorgaande berekeningen voor het Deltaprogramma, de eerste 5 jaar 1981 – 1985 niet te gebruiken in verband met de inspeelperiode. In dit rapport zijn gemiddelde GHG en GLG bepaald op basis van een periode van 21 jaar (1986 – 2006).
- Op dit moment zijn resultaten voor Rust2050 niet correct. Dit wordt veroorzaakt door een relatief hoge verhardingsgraad in dit scenario. We adviseren daarom om resultaten van het Rust 2050 scenario vooralsnog niet te gebruiken.
- Resultaten uit DM (wateraanbod en –tekort peilbeheer) vragen nadere controle, voordat deze worden gebruikt. Het is wel duidelijk dat gevonden inconsistenties in resultaten toe te schrijven zijn aan postprocessing tools. Figuren zijn inmiddels beschikbaar en opgenomen in bijlage C. De verschillen met de figuren in hoofdstuk 4 waarbij alleen naar de resultaten van het regionale watersysteem is gekeken (Mozart) zijn zoals verwacht.

Het is bekend dat de modellen niet altijd even goed aansluiten op de metingen. Het is aan de gebruiker om af te wegen of dit belangrijk is voor het doel waarvoor ze het NWM-instrumentarium willen gebruiken. Er moet in elk geval rekening gehouden worden met de volgende modelafwijkingen, welke zijn overgenomen uit de validatierapporten van de betreffende deelmodellen:

- Deelmodel LHM geeft in Zuid-Limburg twijfelachtige resultaten.
- Deelmodel LHM heeft verbetering ten aanzien van interne verzilting, voordat correcte zoutschadeberekeningen kunnen worden uitgevoerd,
- Deelmodel LSM is niet goed in staat om uitspraken te doen over waterstanden in wind- of getij gedomineerd gebied.
- Deelmodel LSM bevat een schematisatie van de kunstwerken die niet op alle locaties in overeenstemming is met de werkelijkheid. Het gemodelleerde beheer komt niet op alle locaties overeen met de vigerende sturingsregels. We adviseren om de modellering van de kunstwerken in de nieuwe versie van LSM te verbeteren.

6.2 Aanbevelingen voor vervolg

De volgende aanbevelingen zijn gericht op het NWM-team, deelmodelontwikkelaars en vervolgstudies zoals Wabes en KPA:

- 1 Verbetering van de invoer voor het verhardingsoppervlak in scenario Rust2050.
- 2 Correctie van invoer zeespiegelstijging voor het Rust/Druk scenario in Modflow zodat dit overeenkomt met de randvoorwaarden voor zeespiegelstijging in de andere deelmodellen.
- 3 Herstellen van de fout in de DM-balanstool en opnieuw postprocessen van de resultaten.
- 4 Herstellen van de invoer ten aanzien van de inlaat Gouda in de eerste ronde berekeningen met LHM (stap 1 van de modellentrein). Deze aanbeveling is inmiddels doorgevoerd zodat bij volgende berekeningen met het NWM dit meegenomen wordt.
- 5 Analyseren van het effect van modelaanpassingen en –aannames (vorige punt) versus klimaatontwikkelingen op sluitingsdagen bij inlaten op verziltingsgevoelige locaties. Daarnaast wordt geadviseerd om de schematisatie van kunstwerken te verbeteren in de modellen en het model te kalibreren op laagwatersituaties.
- 6 Analyseren van de oorzaak van een afname van tekorten in peilbeheer in de scenario's Rust en Stoom in knelpuntgebied Hoge Zandgronden.

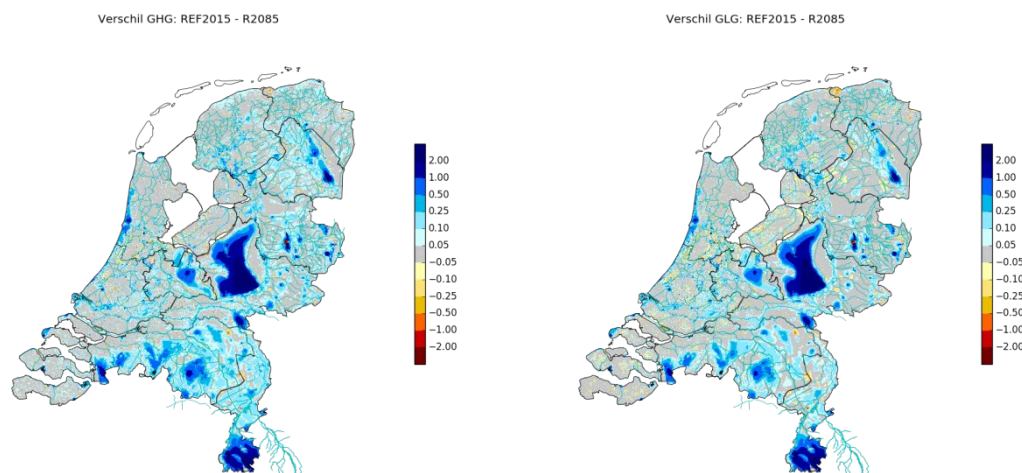
Aanbeveling 2 tot en met 4 zijn inmiddels doorgevoerd zodat met volgende berekeningen met het NWM dit wordt meegenomen.

7 Literatuur

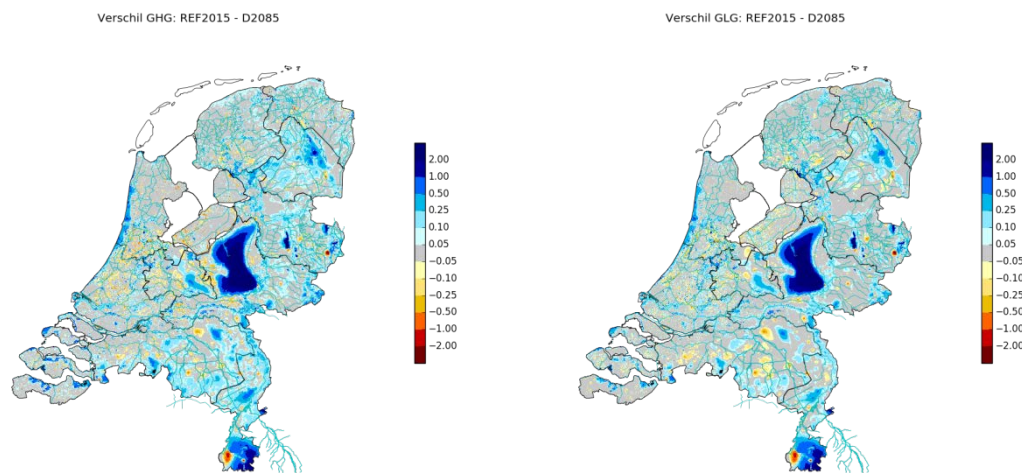
- Bruggeman, W. en E. Dammers (2013), Deltascenario's voor 2050 en 2100 Nadere uitwerking 2012-2013, CPB, Deltares, KNMI, LEI, PBL.
- Bushmann, F. en E. Snippen (2016). Externe verzilting berekenen met het SOBEK-RE Noordelijk Deltabekken model en het Nationaal Water Model. Deltares memo 1230058-001-ZWS-0004, Delft.
- Hoogewoud, J., et al. (2012). Alterra-Deltares rapport 1206107-000.NHI 3.0 Toetsing van versie 3.0. Conceptversie december 2012.
- Hunink, J. en M. Hegnauer (2016). Update Deltascenario's (update versie 1.1). Rapport Deltares 1220056-015. Delft
- Hunink, J. en M. Visser (2014). Modelrapportage berekeningen KNMI'14 scenario's met het NHI. Rapport Deltares 1209464-000-VEB-0004, Delft
- Hunink, J., A. Veldhuizen, G. Prinsen, J. Oosterwijk, G. Oude Essink (2013). Deltascenario's 2012 NHI modelinvoer. Rapport Deltares 1207053-000-BGS-003, Utrecht
- Hurk, B van den. et al (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01
- Klein Tank, A.M.G. en G. Lenderink (red.) (2009). Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's, KNMI-brochure, De Bilt.
- Klijn, F., J. Ter Maat & E. Van Velzen (eds) (2011). Zoetwatervoorziening in Nederland. Landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. Deltares, Delft.
- Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat & J. Hunink (2012). Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. Deltares, Delft.
- KNMI (2014) KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt.
- Marchand, M. en W. de Lange (2013), Toepasbaarheid NHI voor het Deltaprogramma Zoetwater. Rapport Deltares 1206107-000-BGS-0006, Utrecht.
- Prinsen (2012) 1205954-003-ZWS-0016. Achtergronddocument LSM 1.0
- Prinsen, G. (2015) Achtergronddocument LSM 1.04. Deltares rapport 1207765-004-ZWS-0001, Deltares, Delft
- Prinsen, G., C. Wesselijs (2015). LSM achtergronddocument. KPP2015 Hydraulica Schematisaties - Zoet. Deltares rapport 1220072-015-ZWS-0002, aug 2015
- Sperna Weiland et al., (2015). Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse. KNMI-Deltares rapport 1220042-000-ZWS-0004, Delft
- Sperna Weiland (2016). Correctie HBV reeksen KNMI'14 Monsin en Lobith en advies voor toepassing. Deltares memo 1230076-000-ZWS-0001, Delft
- Ter Maat, J., E. van Velzen, M. van der Vat.(2013). Landelijke verkenning van effecten van maatregelpakketten voor de zoetwatervoorziening in Nederland, Deelprogramma Zoetwater - Fase 3, Deltares, Delft.

- Ter Maat, J., M. Haasnoot, J. Hunink, M. van der Vat (2014). Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21^e eeuw. Deltares, Delft.
- Ter Maat, J., J. Hunink, M. Visser, G. Prinsen & M. van der Vat (2015a). Cumulatieve effecten van externe ingrepen en maatregelen voor de zoetwatervoorziening in de 21e eeuw, Deltaprogramma - Deelprogramma Zoetwater - najaar 2014. Deltares, Delft.
- Ter Maat, J. & M. van der Vat (2015b). Cumulatieve effecten van externe ingrepen voor de zoetwatervoorziening in de 21e eeuw. Deltares, Delft.
- Weiler, O.M. en C.D. Erdbrink (2010), Verkenning kunstwerken in SOBEK en WAQUA. . Deltares rapport 1202134-000, Delft.
- Wesselius, C.W. Validatie (2014). LSM ten behoeve van VONK. Deltares memo 1210360-000-ZWS-0010, Delft.
- Van der Vat, M. (2016) Nader onderzoek verzilting Lek. Deltares memo 1230077-004-ZWS-0002, Delft

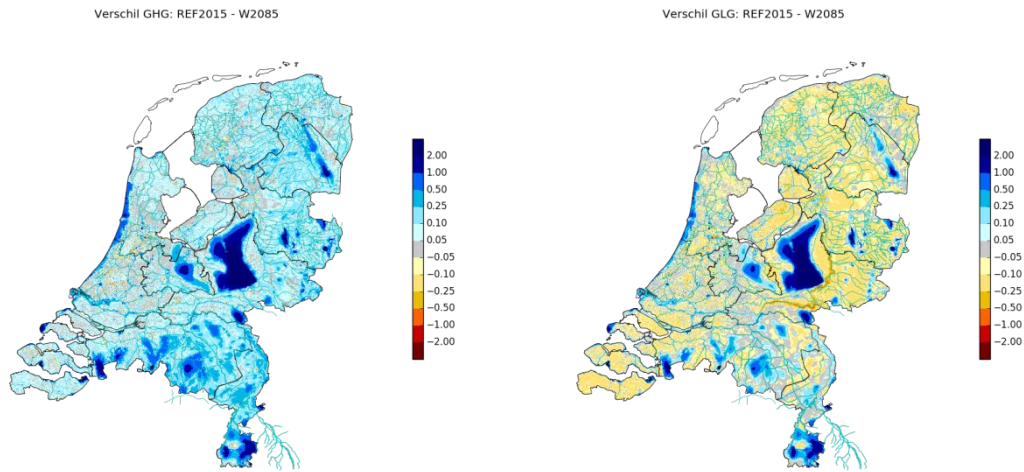
A Figuren grondwaterstanden zichtjaar 2085



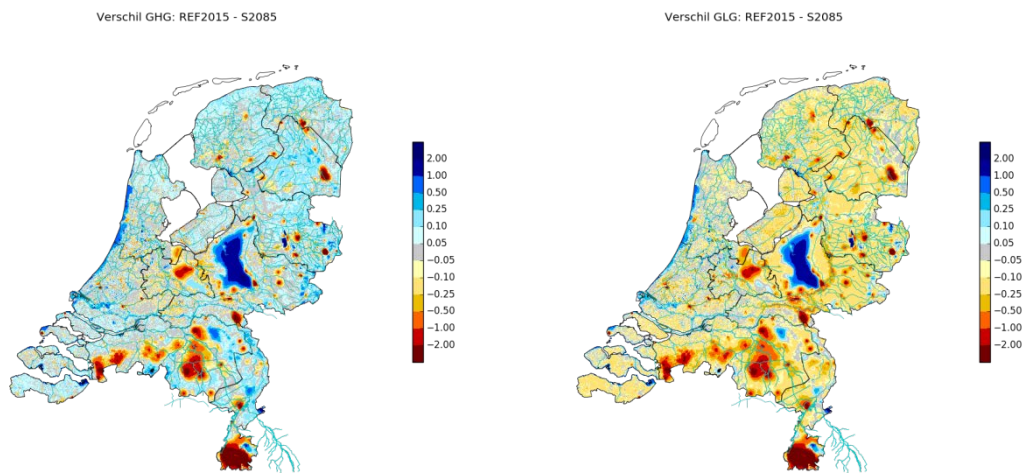
Figuur A.1 Verandering GHG en GLG in 2085 in m als gevolg van het scenario Rust (modelperiode 1986-2006).



Figuur A.2 Verandering GHG en GLG in 2085 in m als gevolg van het scenario Druk (modelperiode 1986-2006).



Figuur A.3 Verandering GHG en GLG in 2085 in m als gevolg van het scenario Warm (modelperiode 1986-2006).



Figuur A.4 Verandering GHG en GLG in 2085 in m als gevolg van het scenario Stoom (modelperiode 1986-2006).

B Extra controles grondwaterstanden Rust2050

De daling van de GHG en GLG in de Veluwe en Sallandse Heuvelrug (Rust 2050) valt niet te verklaren op basis van het klimaatscenario (KNMI'14 G_L scenario) of een verandering van de grondwateronttrekkingen als gevolg van het socio-economische scenario. Beide zouden voor deze gebieden met diepe grondwaterstanden een stijging van de grondwaterstanden tot gevolg moeten hebben. Stijging in Rust zou hoger moeten zijn dan in Druk omdat de onttrekking uit grondwater in het Rust scenario lager is. Om de berekeningen te controleren zijn de volgende testen uitgevoerd:

- 1 Controle of postprocessing juiste netcdf's heeft gebruikt. Resultaat: is goed gegaan.
- 2 Controle verschilgrid door grondwaterplaatjes te maken op basis van de modeluitvoer idf bestanden.
 ZW_LHM_200701010000_NLKDMC00_000054011_REF2015S0.zip/modflow
 ZW_LHM_200701010000_NLKDMC00_000054027_D2050S0.zip/modflow
 ZW_LHM_200701010000_NLKDMC00_000054060_R2050S0.zip/modflow
 Resultaat: vergelijkbare resultaten als met de postprocessing.
- 3 Gebruikte meteo bestanden. Meteo bestanden scenario Rust moeten gelijk zijn aan meteo bestanden scenario Druk. Gekeken naar de door FEWS aangemaakte archief voor Druk2050 en Rust2050
 Gebruikte bestanden:
 ZW_LHM_200701010000_NLKDMC00_000054027_D2050S0.zip/meteo
 ZW_LHM_200701010000_NLKDMC00_000054060_R2050S0.zip/meteo
 Resultaat: Gebruikte meteo is gelijk.
- 4 Controle van de totaal onttrokken grondwaterhoeveelheid in de modelinvoer. Invoer zip files gecontroleerd of deze overeenkomen met de beschrijving van de Deltascenario rapportage is opgenomen. Resultaat: Bestanden lijken goed overgenomen te zijn.
- 5 Controle van de totaal onttrokken grondwaterhoeveelheid in de modeluitvoer. De cumulatieve waterbalans van Modflow wordt bijgehouden in een log bestand (nhi.list). Hierin staat ook de totale hoeveelheid onttrokken water door de WEL package. De onttrokken hoeveelheid voor het gehele model is in Rust kleiner dan in de referentie.

Hieruit blijkt dat de oorzaak niet ligt in de postprocessing, de meteorologische invoer, de opgelegde grondwateronttrekkingen en de berekende grondwateronttrekkingen door Modflow. De uitgevoerde testen geven geen aanleiding om te concluderen dat het scenario verkeerd is geïmplementeerd in het NWM.