

Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21e eeuw

Deltaprogramma - Deelprogramma Zoetwater - Fase 4

Judith ter Maat
Marnix van der Vat
Joachim Hunink
Marjolijn Haasnoot
Geert Prinsen
Martijn Visser
Pascal Boderie
Remco van Ek
Maaïke Maarse
Robin van der Sligte
Henk Verheij
Carine Wesselius

1209141-001

Titel

Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21e eeuw

Opdrachtgever
RWS WVL

Project
1209141-001

Kenmerk
1209141-001-VEB-0004

Pagina's
215

Trefwoorden

Deltaprogramma, Deelprogramma Zoetwater, klimaatverandering, watervraag, waterbeschikbaarheid, landelijke waterverdeling, waterbalans, regionaal waterbeheer, hoofdwatersysteem, zoetwatervoorziening, verzilting, natuur, scheepvaart, landbouw, drinkwater, industriewater, koelwater, temperatuur, Nederland, 21^e eeuw

Samenvatting

Dit rapport presenteert het onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater ter onderbouwing van beslissingen met betrekking tot een lange-termijn strategie voor de zoetwatervoorziening van Nederland. Hiervoor zijn de effecten op het watersysteem en op de gebruiksfuncties berekend van verschillende combinaties van scenario's en maatregelen. De volgende algemene conclusies kunnen getrokken worden:

- De veranderingen in het watersysteem onder de scenario's Druk en Rust zijn beperkt ten opzichte van de huidige situatie. Onder deze scenario's hoeven daarom nauwelijks maatregelen ingezet te worden als het doel is om de huidige situatie te handhaven.
- Resultaten voor de scenario's Stoom en Warm laten zien dat de watervraag aanzienlijk toe gaat nemen en de wateraanvoer via Rijn, Maas en regen aanzienlijk af zal nemen. In hun huidige vorm is in deze scenario's het effect van de klimaatverandering overheersend ten opzichte van het effect van de sociaaleconomische ontwikkelingen.
- In de meeste gevallen kunnen maatregelen het effect van de scenario's Stoom en Warm wel beperken, maar niet volledig te niet doen.
- Maatregelen in het hoofdwatersysteem kunnen tekorten in de aanvoer van oppervlaktewater naar de regio's beperken of verhelpen, maar hebben weinig effect op de grondwaterstanden. Effectieve maatregelen in het hoofdwatersysteem zijn:
 - Vergroten van de beschikbare bufferschijf in het IJsselmeer en Markermeer;
 - Extra wateraanvoer naar het IJsselmeer via de IJssel;
 - Beperken van de verzilting van inlaatpunten in West-Nederland door de aanleg van de grote variant van de bellenpluim in de Nieuwe Waterweg;
 - Extra wateraanvoer naar West-Nederland bij verzilting van de inlaat Gouda door vergroting van de capaciteit van de KWA (Kleinschalige Wateraanvoer). De KWA is in meer situaties effectief in het terugdringen van het regionaal watertekort in West-Nederland dan een bellenpluim in de Nieuwe Waterweg.
 - Robuuster maken van de wateraanvoer via het Brielse Meer naar de Rijnmond, Voorne-Putten en Delfland door optimalisatie van het waterbeheer;
 - Extra wateraanvoer naar het rivierengebied dat afhankelijk is van de Maas door water uit de Waal af te leiden (bijvoorbeeld via het Maas-Waalkanaal);
- Regionale maatregelen kunnen schade aan gebruiksfuncties als landbouw en natuur in de regio beperken of verhelpen onder andere door het beperken van de daling van de grondwaterstanden, maar hebben weinig effect op de watervraag van de regio's aan het hoofdwatersysteem.
- Regionale maatregelen vereisen lokale inpassing en een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur. Dit is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op

Titel
Effecten van maatregelen voor de
zoetwatervoorziening in Nederland in de 21e eeuw

Opdrachtgever RWS WWL **Project** 1209141-001 **Kenmerk** 1209141-001-VEB-0004 **Pagina's** 215

basis van meer gedetailleerde systeembekendheid en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW (Kader Richtlijn Water). Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Een niet-uitputtende lijst van maatregelen die hierbij beschouwing verdienen is: verhogen peil stuwen/beekbodems, bufferzones rond natuur, reservoirs, efficiënter beregenen, peilgestuurde drainage, uitbreiden beregend areaal, flexibel peilbeheer polders en boezem, vermindering doorspoeling, kreekruuginfiltratie en zoetwaterlenzen.

Aanbevolen wordt tot slot om de kennis en methodes verder te ontwikkelen die noodzakelijk zijn om te komen tot een op risico gebaseerde afweging van maatregel ten behoeve van de zoetwatervoorziening en van het gewenste voorzieningenniveau.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	April 2014	Judith ter Maat		Eelco van Beek		Rinus Vis	

Status
definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Deelprogramma Zoetwater	1
1.2	Waar gaat dit rapport over en voor wie is het bedoeld?	2
1.3	Toepassing Deltamodel en reikwijdte van de uitkomsten	3
1.4	Landelijke invalshoek van de verkenning	3
1.5	Leeswijzer	4
2	Aanpak, randvoorwaarden en uitgangspunten	5
2.1	Stappen in de landelijke zoetwaterverkenning	5
2.2	Deltamodel en rekenfaciliteit	7
2.3	Toepasbaarheid NHI voor het Deelprogramma Zoetwater	9
2.4	Deltascenario's, droogtejaren en zichtjaren voor de analyse	10
2.5	Vergelijking situaties en gebruikte indicatoren	12
2.6	Definitie watervraag en wateraanvoer	13
2.7	Ruimtelijke schaal	14
3	Welke maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland zijn onderzocht?	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Beschouwde maatregelen in het hoofdwatersysteem	19
3.2.1	Maatregel landelijk	20
3.2.2	Maatregelen IJsselmeergebied	21
3.2.3	Maatregelen Benedenrivierengebied	22
3.2.4	Maatregel rivierengebied	24
3.2.5	Maatregel Hoge Zandgronden	24
3.2.6	Maatregelen die niet zijn doorgerekend met het deltamodel maar die wel in beeld zijn bij het Deelprogramma Zoetwater	24
3.3	Beschouwde maatregelen in de regio	25
3.4	Samenvattend overzicht	26
4	Hoge zandgronden	28
4.1	Inleiding	28
4.2	Verandering in de rivierafvoer van de Maas	28
4.3	Effecten op de regionale watertekorten	30
4.3.1	Referentie jaar 2015	30
4.3.2	Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen	30
4.3.3	Zichtjaar 2050 – met maatregelen	32
4.3.4	Zichtjaar 2100	35
4.4	Effecten op de landbouw	35
4.5	Effecten op de terrestrische natuur	36
4.6	Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie	39
5	Rivierengebied	43
5.1	Inleiding	43
5.2	Effecten op de regionale watertekorten	43
5.2.1	Referentie jaar 2015	43
5.2.2	Zichtjaar 2050 - zonder maatregelen	44

5.2.3	Zichtjaar 2050 – met maatregelen	45
5.2.4	Zichtjaar 2100	47
5.3	Effecten op de landbouw	48
5.4	Effecten op de terrestrische natuur	49
5.5	Vaardieptebeperkingen en schade voor de scheepvaart	51
5.6	Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie	58
6	IJsselmeergebied	59
6.1	Inleiding	59
6.2	Veranderingen in de oppervlaktewatervoorraad: het IJsselmeerpeil	59
6.3	Effecten op de regionale watertekorten	63
6.3.1	Referentie jaar 2015	63
6.3.2	Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen	65
6.3.3	Zichtjaar 2050 – met maatregelen	66
6.3.4	Zichtjaar 2100	68
6.4	Effecten op de landbouw	69
6.5	Effecten op de terrestrische natuur	71
6.6	Gevolgen van een veranderend peilverloop in het IJsselmeer voor de aquatische natuur	73
6.7	Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie	80
7	Benedenrivierengebied	81
7.1	Inleiding	81
7.2	Verhoging van de zoutconcentraties in het benedenrivierengebied: effecten op de inlaatpunten Gouda en Bernisse	81
7.3	Effecten op de regionale tekorten	85
7.3.1	Referentie jaar 2015	85
7.3.2	Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen	86
7.3.3	Zichtjaar 2050 – met maatregelen	87
7.3.4	Zichtjaar 2100	89
7.4	Effecten op de landbouw	89
7.5	Effecten op de terrestrische natuur	91
7.6	Verhoging van de zoutconcentraties in het benedenrivierengebied: effecten op de inlaatpunten voor drink- en industriewater	93
7.7	Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie	94
8	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	99
8.1	Inleiding	99
8.2	Effecten op de regionale tekorten	99
8.2.1	Referentie jaar 2015	99
8.2.2	Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen	100
8.2.3	Zichtjaar 2050 – met maatregelen	100
8.2.4	Zichtjaar 2100	101
8.3	Effecten op de landbouw	101
8.4	Effecten op de terrestrische natuur	102
9	Een aantal onzekerheden nader bekeken	105
9.1	Inleiding	105

9.2	Hoe verhouden de gekozen karakteristieke droogtejaren 1967 (gemiddeld jaar), 1989 (droog jaar) en 1976 (extreem droog jaar) zich tot de andere jaren uit de tijdreeks van de Deltascenario's (1961-1995)?	106
9.3	Wat is het effect als de berekening voor landbouw meer toeneemt dan dat nu volgens de Deltascenario's het geval is?	108
9.4	Wat zijn de onzekerheden bij de resultaten van de berekeningen van de droogteschade?	111
9.5	Wat zijn de onzekerheden bij de resultaten van de berekeningen als gevolg van toenemende waterverbruik in het Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith?	112
10	Conclusies en aanbevelingen	115
10.1	Conclusies op nationaal niveau	115
10.2	Conclusies per knelpuntgebied	116
10.2.1	Hoge zandgronden	116
10.2.2	Rivierengebied	117
10.2.3	IJsselmeergebied	118
10.2.4	Benedenrivierengebied	120
10.2.5	Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer	122
10.3	Aanbevelingen voor nader onderzoek en verbetering modelinstrumentarium	122
11	Literatuur	125
	Bijlage(n)	
A	Vergelijking basisberekeningen fase 2 en fase 4	A-1
B	Verschillen berekeningen fase 3 en fase 4	B-1
C	Berekeningen zoutconcentraties met het SOBEK-RE Noordelijk Deltabekken modelC-1	
D	Implementatie van de hoofdwatersysteemmaatregelen in het Deltamodel	D-1
E	Uitgangspunten voor implementatie van de Kleinschalige Water Aanvoerroute in het Deltamodel	E-8
F	Peilverloop IJsselmeer in de huidige situatie en bij de flexibiliseringsmaatregelen volgens Deelprogramma IJsselmeergebied	F-1
G	Uitgangspunten en aanpak effectbepaling voor terrestrische natuur	G-1
H	Uitgangspunten en aanpak effectbepaling droogteschade	H-1
I	Aanpak effectbepaling scheepvaart	I-1
J	Implementatie van regionale maatregelen in het Deltamodel en analyse van de uitkomsten van de modelberekeningen	J-1
K	Analyse karakteristieke droogtejaren binnen de 35 jarige tijdreeks van de Deltascenario's	K-1

L Kaarten hoofdwatersysteem	L-1
M Histogrammen watervraag, -aanbod en -tekort in 2100	M-1
N Histogrammen droogteschade landbouw in 2050 en 2100	N-1
O Somrapporten	O-1

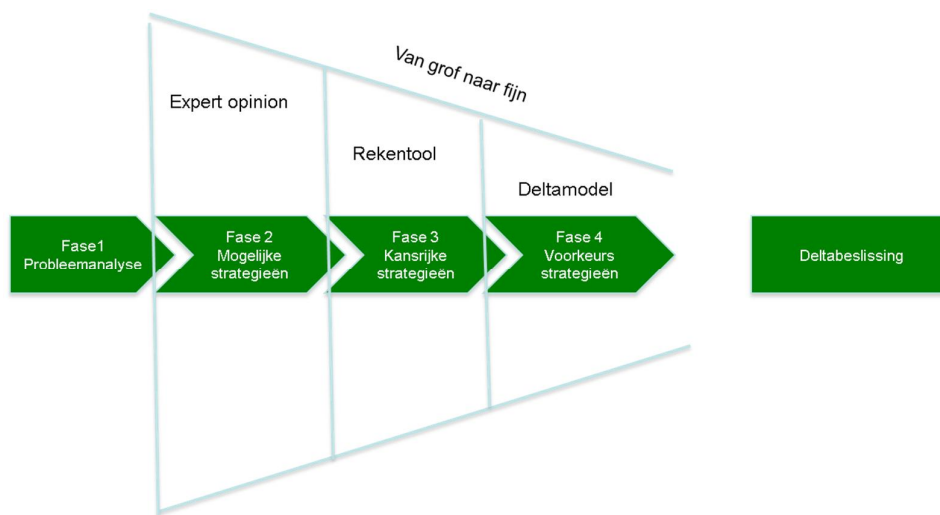
1 Inleiding

1.1 Deelprogramma Zoetwater

Het Deltaprogramma heeft tot doel een lange-termijn strategie te ontwikkelen voor waterbeheer en ruimtelijk beleid, met het oog op een duurzame maatschappelijke ontwikkeling bij onontkoombare klimaatverandering. Daarbij is de vraag welke richtinggevende besluiten over het waterbeheer en de ruimtelijke inrichting van ons land nu al genomen moeten worden – zogenaamde deltabelissingen – en welke later genomen (moeten) kunnen worden.

Onderdeel van het Deltaprogramma is het Deelprogramma Zoetwater (DP Zoetwater). Dat deelprogramma heeft tot doel om de besluitvorming over de zoetwatervoorziening voor te bereiden.

Het Deelprogramma Zoetwater richt zich op de vraag *hoe* de zoetwatervoorziening van Nederland voor de lange termijn ingericht kan worden, en *wanneer* daarover besluiten moeten worden genomen en maatregelen moeten worden getroffen. Het gaat hierbij om veilig en gezond water (drinkwater, zwemwater, e.d.), om voldoende water voor economische ontwikkelingen en gebruik (landbouwproductie, industrie, scheepvaart en transport), en om aanwezigheid van water als factor voor een aantrekkelijke omgeving (prettig vestigingsklimaat, recreatiemogelijkheden).



Figuur 1.1 De zoetwaterroute (Deelprogramma Zoetwater, 2013)

Het Deelprogramma Zoetwater zal in mei 2014 een voorkeursstrategie opleveren ten behoeve van de Deltabelissing Zoetwaterstrategie. Dit gebeurt volgens de volgende route (zie Figuur 1.1) (Deelprogramma Zoetwater, 2013):

- Fase 1 (2011): Het in beeld brengen van de knelpunten in de zoetwatervoorziening.
- Fase 2 (2012): Het verkennen van mogelijke strategieën, toekomstperspectieven, doelen, maatregelen en beleidsinstrumenten.

- Fase 3 (2013): Het benoemen van kansrijke strategieën.
- Fase 4 (2014): Het opleveren van een voorkeurstrategie.

De *voorkeurstrategie* bestaat uit doelen, maatregelen, instrumenten, adaptatiepaden inclusief de onderbouwing op basis van een afwegingskader. De hoofdlijnen van de voorkeurstrategie landen uiteindelijk in de Deltabeslissing Zoetwaterstrategie. (Deltaprogramma, 2013)

De *Deltabeslissing Zoetwaterstrategie* is de hoofdkeuze voor de aanpak van de zoetwatervoorziening in Nederland. De deltabeslissing geeft richting aan de maatregelen die Nederland hiervoor inzet, op korte en op lange termijn, in het hoofdwatersysteem, regionale watersysteem en/of bij de gebruiksfuncties. In droge perioden ontstaan nu al knelpunten in de zoetwatervoorziening. In de toekomst zullen naar verwachting vaker knelpunten optreden. De overheid kan niet in elke situatie in alle vragen naar zoet water voorzien. Voor watergebruikers is het belangrijk te weten waar ze op kunnen rekenen. In de conceptdeltabeslissing Zoetwater wordt daarom voorgesteld voorzieningenniveaus vast te stellen (Deltaprogramma, 2013).

1.2 Waar gaat dit rapport over en voor wie is het bedoeld?

Dit rapport beschrijft de effecten van de kansrijke maatregelen en strategieën voor een toekomstbestendig en economisch doelmatige zoetwatervoorziening. Hiermee wordt een bijdrage geleverd aan het samenstellen van de voorkeursstrategie. De kansrijke maatregelen zijn door het Deelprogramma geselecteerd aan het eind van fase 3. Concreet moet dit rapport inzicht geven in wat de effectiviteit is van verschillende maatregelen en strategieën die in het nationale watersysteem, het regionale watersysteem of door de economische sectoren (m.n. landbouwsector) genomen kunnen worden om zoetwatertekorten in de toekomst (zichtjaren 2050 en 2100) te beperken.

Dit rapport beperkt zich tot een weergave van de resultaten van het onderzoek met het ‘Deltamodel’. De effecten van individuele en combinaties van maatregelen in het nationale en regionale watersysteem alsmede die voor landbouwopbrengstderiving, scheepvaartschade en effecten op natuur, koelwater, drinkwater en industriewater worden beschreven en geduid in het licht van het samenstellen van de voorkeurstrategie door het programmteam Deelprogramma Zoetwater.

Dit rapport is opgesteld in opdracht van het projectteam RWS Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) voor het Deelprogramma Zoetwater. Het rapport is bedoeld als technische verantwoording voor de informatie die Deltares heeft aangeleverd aan RWS Water, Verkeer en Leefomgeving voor het Deltaprogramma – Deelprogramma Zoetwater fase 4. De informatie is onder meer gebruikt in de economische analyse die Stratelligence in fase 4 uitvoert.

Dit rapport is een vervolg op eerdere rapporten die zijn verschenen als achtergronddocument in het Deelprogramma Zoetwater. Voorafgaand heeft Deltares in de eerdere fasen van het Deelprogramma onder meer een knelpuntenanalyse uitgevoerd (Klijn *et al.*, 2011 en Klijn *et al.*, 2012) en zijn maatregelen en maatregelenpakketten globaal verkend (Ter Maat, 2012 resp. Ter Maat *et al.*, 2013). (Zie ook paragraaf 2.1).

1.3 Toepassing Deltamodel en reikwijdte van de uitkomsten

De analyses zijn uitgevoerd met het Deltamodel dat in opdracht van het ministerie I en M en Rijkswaterstaat is ontwikkeld voor het Deltaprogramma. In fase 4 van het deltaprogramma is het instrumentarium voor het eerst operationeel voor het Deelprogramma Zoetwater en kan het worden gedraaid op de rekenomgeving van het Nationaal Modellen- en Datacentrum (NMDC). Niettemin zijn in fase 1 en 2 voor de landelijke knelpuntenanalyse een aantal belangrijke modellen uit dit instrumentarium (o.m. het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI)) en een aantal effectmodules zoals die voor landbouw en scheepvaart) door Deltares reeds afzonderlijk toegepast (zie hoofdstuk 2). In fase 3 is gebruik gemaakt van een snelle rekentool die gebaseerd is op informatie uit het gedetailleerde NHI.

Dit houdt in dat in fase 4 berekeningen zijn uitgevoerd met de meest recente – ‘state-of-the-art’ – landsdekkende modellen voor de waterhuishouding van Nederland en gekoppelde effectmodules voor bijvoorbeeld scheepvaart, landbouw en natuur, die onderdeel uitmaken van het Deltamodel. Een aantal modellen dat in het Deltamodel (zoals het NHI) zijn opgenomen vragen veel rekentijd en vergen veel details ten aanzien van de invoer. Het instrumentarium bepaalt op gedetailleerde wijze de watervraag per regio en kan vervolgens gebruikt worden om de effecten te verkennen van alternatieve IJsselmeerpeilen, gewijzigde afvoerverdelingen, regionale grondwaterberging en andere maatregelen. Dit gebeurt aan de hand van complexe waterbalans- en stromingsberekeningen en (schade-)effectrelaties. Omdat het om een complex instrumentarium, met lange rekentijden, gaat, is het noodzakelijk geweest keuzes te maken in het aantal en type maatregelen dat doorgerekend kon worden met het instrumentarium.

De resultaten van de verkenning zijn op hoofdlijnen getoetst aan de kennis en intuïtie van de onderzoekers, betrokkenen bij de regionale analyses, gebruiksfuncties experts en de leden van de expertgroep rekenresultaten die ingesteld was door WVL; het blijven echter resultaten, waarvan het gebruik beperkt dient te blijven tot de landelijke effectbepaling.

1.4 Landelijke invalshoek van de verkenning

Dit rapport betreft uitsluitend de landelijke analyse, en niet de eveneens uitgevoerde regionale analyses. Over de regionale analyses is en wordt afzonderlijk gerapporteerd door de ‘zoetwaterregio’s’. Het betekent dat de landelijke analyse vanuit nationaal perspectief heeft plaatsgevonden.

De analyse heeft een verkennend karakter, met de nadruk op de grote waterstromen in het landelijke waterverdelingsnetwerk (in deze rapportage verder kortweg aangeduid als ‘hoofdwatersysteem’) en op de 5 knelpuntgebieden waarin we Nederland hebben opgedeeld voor de effectbepaling (zie figuur 2.4 in Hoofdstuk 2) als waren het ‘regionale watervragers’. Bij de watergebruikers wordt de schade in monetaire termen bepaald voor de sectoren landbouw en scheepvaart. Voor andere gebruikers zijn andere indicatoren in beeld gebracht: natuur bijvoorbeeld via natuurpunten en drinkwater via frequentie van overschrijding van de zoutnorm.

Dat betekent dat, waar over effecten van maatregelen voor de sectoren of deelgebieden/regio’s wordt gesproken, dit steeds vanuit landelijk perspectief gebeurt; dit met het oog op de vraag van het Deltaprogramma: in hoeverre kan en moet hier van rijkswege een oplossing worden aangedragen, bijvoorbeeld door vanuit het hoofdwatersysteem een

bepaald 'serviceniveau' (voorzieningenniveau) van de zoetwatervoorziening te bieden of door nationaal ruimtelijk beleid.

1.5 Leeswijzer

In **hoofdstuk 2** worden eerst de aanpak van de landelijke verkenning en toepassing van het Deltamodel kort toegelicht en worden ook de uitgangspunten en aannames die gedaan zijn in de landelijke effectbepaling besproken.

In **hoofdstuk 3** worden de maatregelen die binnen het deelprogramma Zoetwater geïdentificeerd zijn en omgezet zijn naar invoer voor het Deltamodel beschreven.

In **hoofdstuk 4 t/m 9** bespreken we de resultaten van maatregelen voor verschillende deelgebieden in Nederland (zie hoofdstuk 2 voor de indeling) door te kijken naar regionale oppervlaktewatervraag/-tekort, grondwaterstandveranderingen, droogteschade, verandering in terestische en aquatische natuur, sluitingsdagen van drinkwater- en inlaatpunten en beperkingen voor koelwaterlozingen. De uitkomsten zijn geclusterd rondom de volgende knelpuntgebieden (die op hun beurt gebaseerd zijn op totaal 17 waterhuiskundige deelgebieden):

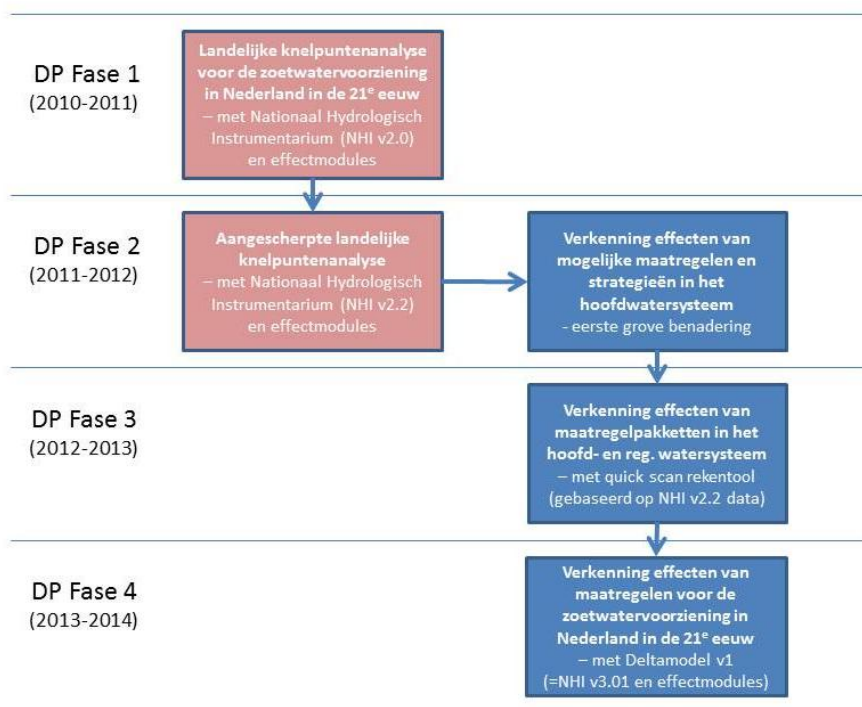
- **Hoofdstuk 4:** Hoge zandgronden. Het hoger gelegen deel van Nederland waar geen of maar beperkte wateraanvoer mogelijk is
- **Hoofdstuk 5:** Rivierengebied. Het gebied dat de gevolgen ondervindt van lagere afvoeren in de Nederrijn, het Amsterdam-Rijnkanaal, de Waal en het benedenstroomse deel van de Maas
- **Hoofdstuk 6:** IJsselmeergebied. Het gebied dat wordt bedreigd door watertekort uit het IJsselmeer, Markermeer (als gevolg van onvoldoende buffervoorraad) of de IJssel (als gevolg van onvoldoende afvoer)
- **Hoofdstuk 7:** Benedenrivierengebied. Het gebied dat wordt bedreigd door het sluiten van de waterinlaat door toename van het risico van externe verzilting in het benedenrivierengebied
- **Hoofdstuk 9:** Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer. Het zuidelijke deel van de Zeeland waar geen wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem wordt aangevoerd.

Hoofdstuk 10 vat de belangrijkste bevindingen samen: de kansrijke regionale en hoofdwatersysteemmaatregelen om de watertekorten in de knelpuntgebieden tegen te gaan en overwegingen ten aanzien van gebruiksfuncties en meekoppelkansen die daarbij een rol spelen. Het hoofdstuk sluit af met een aantal aanbevelingen die volgen uit het uitgevoerde onderzoek.

2 Aanpak, randvoorwaarden en uitgangspunten

2.1 Stappen in de landelijke zoetwaterverkenning

Figuur 2.1 presenteert op schematische wijze de stappen van de landelijke zoetwaterverkenning, zoals Deltares die heeft uitgevoerd voor Deelprogramma Zoetwater in de verschillende fases van het Deltaprogramma. De verkenning ondersteunt het Deelprogramma door onderzoek en het beschikbaar maken van relevante informatie ten behoeve van de formulering van een beleidsstrategie inzake de nationale zoetwatervoorziening voor de lange termijn (Deltabeslissing Zoetwaterstrategie in 2014).



Figuur 2.1 Stappen in de landelijke zoetwaterverkenning zoals die uitgevoerd is door Deltares voor DP Zoetwater

In **fase 1** is voor het eerst een landelijke knelpuntenanalyse voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21^e eeuw uitgevoerd. De knelpuntenanalyse is een eerste stap in een verkenning van de zoetwaterproblematiek, nu en in de toekomst (2050 en 2100). Doel van de landelijke knelpuntenanalyse was om vast te stellen waar de toekomstige watervraag groter is dan de waterbeschikbaarheid, hetzij qua hoeveelheid, hetzij naar kwaliteit. Daartoe is de watervraag van diverse gebruikers in beeld gebracht, evenals de waterbeschikbaarheid, nu en in de toekomst. Voor het verkennen van de toekomst is gebruik gemaakt van 'deltascenario's' en zijn berekeningen uitgevoerd met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) versie 2.0. In het bijbehorende rapport (Klijn et al., mei 2011) zijn knelpunten geïdentificeerd en beschreven door de veranderende vraag te confronteren met de veranderende waterbeschikbaarheid. Dat is landsdekkend gedaan, met aandacht voor afzonderlijke regio's en watergebruikers.

In **fase 2** hebben wij de knelpuntenanalyse nog eens aangescherpt. De aanscherping betrof (1) berekeningen met een verbeterde versie van het deltamodel (NHI versie 2.2), (2) de resultaten van onderzoek met een langjarige reeks weersomstandigheden in plaats van slechts enkele karakteristieke jaren, en (3) een diepergaande analyse van een aantal belangrijke onderwerpen op verzoek van het Programmteam Deelprogramma Zoetwater.

De in de landelijke knelpuntenanalyse (Klijn et al., 2012) in fase 2 vastgestelde belangrijkste oorzaken voor het optreden van tekorten per knelpuntgebied zijn (zowel nu als in de toekomst) (en die in fase 3 en 4 nog eens bevestigd zijn):

- 1) er is in het geheel geen wateraanvoer mogelijk (deel zuidwestelijk estuariumgebied en grote delen van de hoge zandgronden);
- 2) er is onvoldoende water beschikbaar in de rivieren en kanalen (in het bijzonder in het Maasstroomgebied);
- 3) de voorraad is overvraagd en/of raakt uitgeput (IJsselmeer);
- 4) de inlaatpunten raken te zeer verzilt (overschrijding chloridenormen: Gouda en Bernisse).

In fase 2 heeft Deltares ook een eerste schatting gemaakt van de effecten van mogelijke (combinaties van) maatregelen in het hoofdwatersysteem. Het gaat om de maatregelen die effect hebben op de inlaat bij Gouda, de zoetwaterbeschikbaarheid vanuit het IJsselmeer en de rivierafvoerverdeling. Daarbij is gebruik gemaakt van een voorlopige versie van de quick scan rekentool zoetwater, die later in fase 3 gebruikt is. (Ter Maat, 2012)

In **fase 3** zijn de effecten van maatregelen in het hoofdwatersysteem en regionale watersysteem voor het eerst uitgebreid doorgerekend, nog op globale wijze. Het doel van de verkenning in deze fase was globaal inzicht te krijgen in wat de effectiviteit is van verschillende mogelijke maatregelen en strategieën die in het hoofdwatersysteem, het regionale watersysteem of door de landbouwsector genomen kunnen worden om de zoetwatertekorten in 2050 en 2100 te beperken. Daarbij lag de aandacht vooral op kwantiteit, maar voor de inlaat bij Gouda is er ook gekeken naar de waterkwaliteit, d.w.z. de overschrijding van de zoutconcentratienorm voor waterinlaat. Tevens heeft deze rekenexercitie inzicht gegeven in wat de (evt. resterende) watertekorten betekenen voor de watergebruikers landbouw en scheepvaart, in termen van landbouwopbrengstderving en scheepvaartschade. De uitkomsten van de verkenning zijn gebruikt bij het samenstellen van maatregelen door de 5D werkgroep laagwater (met vertegenwoordigers van de Deelprogramma's IJsselmeer, Rijnmond-Drechtsteden, Rivieren, Zuidwestelijke Delta en Zoetwater) en het programmteam van het Deelprogramma Zoetwater voor de kansrijke strategieën. (Ter Maat *et al.*, 2013)

De analyses zijn uitgevoerd met een spreadsheettool die Deltares speciaal voor de verkenning in fase 3 heeft opgezet: de 'quick scan rekentool Zoetwater'. De rekentool bepaalt op sterk vereenvoudigde wijze de watervraag per regio en kan vervolgens gebruikt worden om snel de effecten te verkennen van alternatieve IJsselmeerpeilen, gewijzigde afvoerverdelingen, regionale berging en andere maatregelen. Dit is gebeurd aan de hand van globale waterbalansberekeningen. De tool maakte het mogelijk in relatief korte tijd allerlei maatregelen grof te verkennen. Bij de opzet van de rekentool is gebruik gemaakt van inzichten en basisdata uit knelpuntenanalyse fase 2 (m.n. Nationaal Hydrologisch Instrumentarium versie 2.2 informatie en de landelijke knelpuntenanalyse). Op die manier is goed aangesloten bij de vorige fase en tegelijkertijd voorbereid op fase 4 waarin het NHI opnieuw is ingezet.

In **fase 4** zijn de effecten van de kansrijke maatregelen berekend en geanalyseerd met het Deltamodel (zie paragraaf 2.2) met het oog op het formuleren van de voorkeurstrategie door het Programmteam van Deelprogramma Zoetwater. Het Deltamodel maakt een uitgebreidere analyse dan in fase 3 mogelijk. Belangrijke verschillen ten opzichte van fase 3 – naast meer detail in ruimtelijke en tijdsresolutie - zijn (zie ook bijlage B):

- de modellering van regionale maatregelen om hun effectiviteit te bepalen,
- de berekening van grondwaterstandsveranderingen gebruikmakend van een grondwatermodel op 250 x 250 m gridniveau,
- de toepassing van effectmodules waarmee niet alleen de effecten voor landbouw en scheepvaart, maar ook de effecten van natuur, drinkwater- en industriewater bepaald konden worden
- de toepassing van verbeterde versie NHI (versie 3.0.1) binnen het Deltamodel (voor beschrijving wijzigingen zie Hoogewoud *et al* 2013a en 2013b)
- de implementatie van nieuwe deltasenario's 2013 (zie paragraaf 2.4) die plausibele klimatologische en socio-economische toekomst beschrijven voor 2050 en 2100.

De laatste twee punten maakten dat we de berekeningen zoals we die in de knelpuntenanalyse hebben gedaan aan het begin van fase 4 opnieuw hebben gedaan (de zgn. 'basisberekeningen') en de verschillen op belangrijke punten hebben geanalyseerd. De uitkomst was dat de conclusies die op hoofdlijnen getrokken zijn in fase 2 niet wijzigen, maar in detail hier en daar verschillen. Er was dus onvoldoende reden om opnieuw een uitgebreide knelpuntenanalyse op te starten. In plaats daarvan richten we ons in fase 4 op het duiden van de verschillen tussen de situatie met en zonder maatregelen, de effecten van de maatregelen dus. De vergelijking tussen fase 2 en 4 is uitgebreid beschreven in Bijlage A. Voor de verschillen tussen fase 3 en 4 verwijzen wij naar Bijlage B.

2.2 Deltamodel en rekenfaciliteit

De berekeningen in fase 4, waarvan de resultaten in dit rapport beschreven zijn, zijn uitgevoerd binnen de Rekenfaciliteit Deltamodel versie 1.06.6 t/m 1.1 (Ruijgh, 2013), die draait op het rekennetwerk van het Nationaal Modellen- en Data Centrum (NMDC).

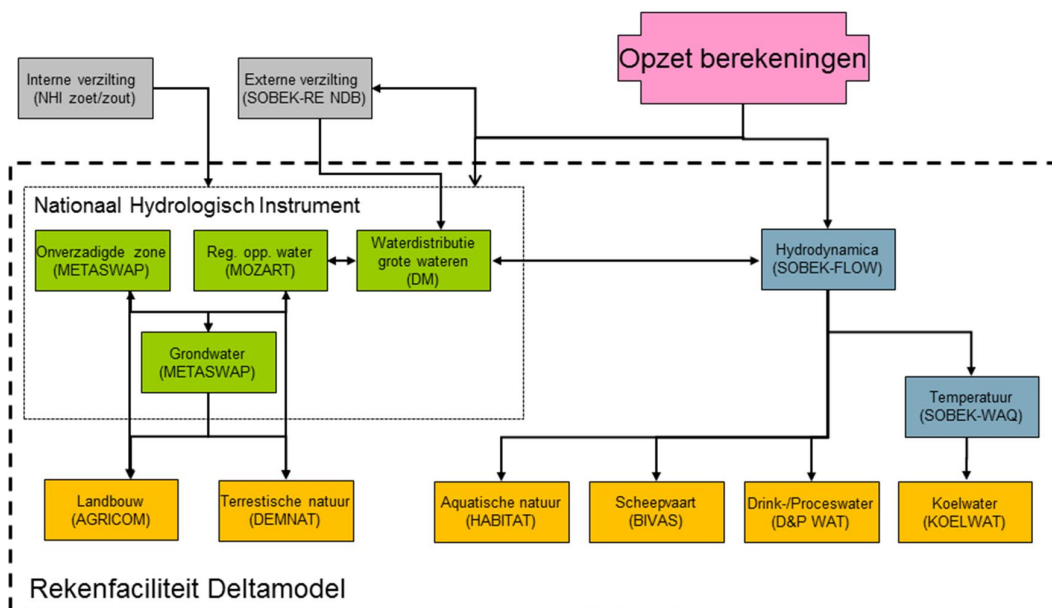
Het Deltamodel kent een workflow dat speciaal ontwikkeld is voor het Deelprogramma Zoetwater. Hierin zijn de volgende modellen binnen de zgn. Rekenfaciliteit met elkaar gekoppeld. De rekenfaciliteit maakt het mogelijk modelinvoer te uploaden, berekeningen aan te zetten en uitkomsten te bekijken voor (zie Figuur 2.2):

- Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI), versie 3.0.1: grond- en oppervlaktewaterstromen en waterverdeling
- Landelijk SOBEK-Flow Model (LSM), afvoeren en waterstanden in rivieren en grotere kanalen
- Landelijk SOBEK-WAQ Temperatuurmodel (LTM), watertemperaturen in rivieren en grotere kanalen
- AGRICOM, landbouwopbrengstderving
- DEMNAT en PROBE-Waternood¹, terrestrische natuur
- HABITAT, aquatische natuur
- BIVAS, scheepvaartkosten en –bewegingen.
- KOELWAT, koelwater

¹ *Probe-Waternood* (Witte *et al.*, 2010; Van Ek *et al.*, 2014)) maakt officieel geen deel uit van het deltamodel maar is wel met NHI gelinkt om gebruik te kunnen maken van watersysteem modeluitvoer als invoer voor Probe-Waternood.

- D&P WAT, drink- en proceswater

Om de noodzakelijke invoer voor zoutgehaltes in het deltamodel te genereren zijn vooraf berekeningen gemaakt met het SOBEK-RE model voor het Noordelijk Deltabekken (NDB model) en de NHI zout/zoet module. Beide modellen maken officieel geen deel uit van het Deltamodel.



Figuur 2.2 Workflow zoetwater – gebruikte modellen en effectmodules voor modellering watersysteem en gebruikers

Om de veranderingen in inlaatbeperkingen voor de inlaten Gouda en Bernisse (twee belangrijkste inlaten voor de regionale gebieden), drinkwaterpunten en industriewaterpunten door verhoogde zoutconcentraties te kunnen bestuderen, zijn berekeningen gemaakt met het SOBEK-RE model voor het Noordelijk Deltabekken (kortweg: NDB model).

De analyses voor aquatische natuur in het IJsselmeer en Markermeer zijn uitgevoerd buiten de rekenfaciliteit. Idem voor terrestische natuur. De DEMNAT, PROBE-Waternood en HABITAT berekeningen zijn 'stand alone' uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van modeluitvoer van het Deltamodel (NHI).

De resultaten van BIVAS zijn niet opgenomen, omdat de resultaten eerst een verdere analyse vergen voor deze van voldoende kwaliteit geacht worden om gepubliceerd te kunnen worden.

Het landelijk temperatuur model (LTM) en KOELWAT zijn nog niet operationeel binnen de rekenomgeving van het NMDC. Daarom zijn er geen uitkomsten van berekeningen terug te vinden in deze rapportage. In plaats daarvan is een analyse uitgevoerd op basis van expert judgement.

Ook de D&P WAT module is nog niet toegepast, maar in plaats daarvan is rechtstreeks gebruik gemaakt van de uitvoer van het NDB model.

Meer detail over aanpak en gehanteerde uitgangspunten van de berekeningen met de verschillende modellen en effectmodules zijn te vinden in de bijlagen.

2.3 Toepasbaarheid NHI voor het Deelprogramma Zoetwater

Op verzoek van de stuurgroep NHI heeft Deltares in 2013 onderzoek gedaan naar in hoeverre NHI 3.0 geschikt is om aan de behoeften van Deelprogramma Zoetwater te voldoen: is het geschikt voor de beleidsanalyse van Zoetwater waarin toegewerkt wordt naar een beleidsbeslissing (planuitwerking en realisatie volgen pas daarna) én is er voldoende draagvlak bij de (eind)gebruikers? NHI neemt immers een centrale plaats in bij de effectbepaling van de maatregelen voor het Deelprogramma Zoetwater.

Binnen het onderzoek werden de eisen die gesteld worden aan NHI als volgt samengevat (Marchand, 2013):

- Adequate modellering landelijke waterverdeling, ten behoeve van het kunnen spelen met maatregelen in het hoofdwatersysteem
- Adequate modellering regionale watervraag op niveau van regio's, ten gevolge van klimaatverandering en door maatregelen
- Adequate modellering van hydrologische effecten relevant voor landbouw en natuur op niveau van regio's.

De volgende conclusies werden getrokken (tekst integraal overgenomen uit: Marchand, 2013):

Conclusie 1: NHI is adequaat voor het doorrekenen van gevolgen van klimaatscenario's.

De onnauwkeurigheid van NHI is afgewogen tegen andere onzekerheden in de analyse keten. Grootste onzekerheid ligt in de klimaatscenario's: zo kan het neerslagtekort in 2050 op bijvoorbeeld de Veluwe nog steeds 50 mm zijn, maar ook 150 mm: een verschil van een factor 3. Nu is het interessant dat er ook in het verleden droge jaren voorkwamen. We weten dus al wat een droog jaar voor gevolgen kan hebben voor waterstanden, zoutgehaltes, verdampingstekorten, gewasschades enzovoort. In die zin is de toekomst ook weer niet zo onzeker. Wat we niet weten is hoeveel vaker dit soort situaties voor gaan komen. Maar als NHI in staat is om eerder opgetreden droge jaren goed te reproduceren dan is het instrument onderscheidend genoeg om ook gevolgen van de klimaatscenario's te simuleren. En zolang er geen systematische fout in het model zit, maar alleen 'ruis' die bij verschillende scenario's even groot is, kunnen de relatieve verschillen hiertussen goed gebruikt worden voor evaluatie.

Conclusie 2: NHI is geschikt voor het op hoofdlijnen doorrekenen van gevolgen van maatregelen.

Maatregelen in het hoofdwatersysteem die het wateraanbod aan regio's beïnvloeden kunnen relatief eenvoudig worden ingebouwd in het model. Hoewel het niet mogelijk is om de modelresultaten te vergelijken met metingen (de maatregelen zijn immers nieuw) ligt het voor de hand dat de foutenmarge in dit geval niet groter is dan bij de base-case (huidige situatie). Ook hier geldt dan dat de relatieve verschillen tussen maatregel-pakketten goed vergeleken kunnen worden.

Maatregelen die de watervraag van regio's beïnvloeden kunnen 'opgelegd' worden aan het model waarmee vervolgens de landelijke effecten ('op hoofdlijnen') geanalyseerd kunnen worden. In hoeverre meer gedetailleerde maatregelen in de regio werkelijk de watervraag reduceren en wat voor neveneffecten deze hebben, vereist echter meer regionale

nauwkeurigheid. Dit is echter niet vereist voor het nemen van de Deltabeslissingen. Want pas daarna worden uitvoeringsprogramma's vastgesteld en is lokaal inzoomen noodzakelijk voor de vergelijking van concrete maatregelen.

2.4 Deltascenario's, droogtejaren en zichtjaren voor de analyse

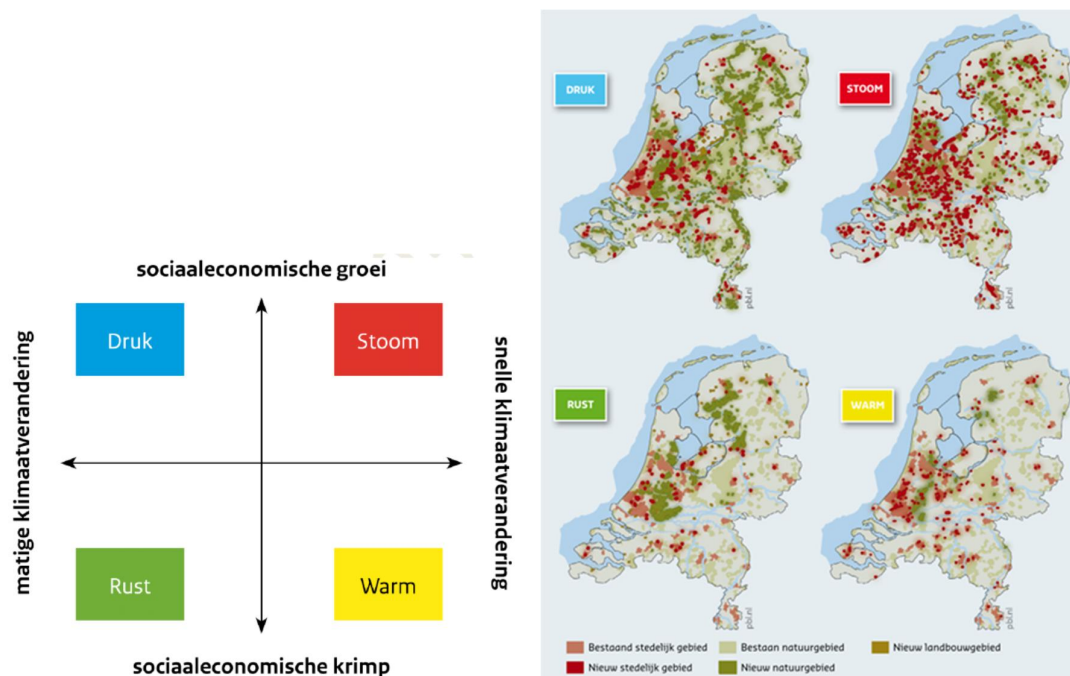
In het Deltaprogramma worden analyses voor de toekomst uitgevoerd op basis van een viertal scenario's die een combinatie vormen van mogelijke ontwikkelingen ten aanzien van het klimaat en de sociaal-economische omstandigheden (zie Figuur 2.3). Scenario's Druk en Rust zijn gebaseerd op klimaatscenario G en Stoom en Warm op W+.

Voor de aanscherping van de landelijke knelpuntenanalyse in fase 2 (Klijn, 2012) is gebruik gemaakt van een eerste versie van de Deltascenario's (Bruggeman et al, 2011). In 2012 is er een update van de Deltascenario's geweest (Bruggeman et al, 2013). In fase 4 wordt gewerkt met deze nieuwe versie.

Belangrijke veranderingen in de scenario's die het afgelopen jaar zijn doorgevoerd zijn (zie ook Tabel 2.1):

- Het verband tussen sociaaleconomische ontwikkelingen en klimaatverandering is verdisconteerd in de scenario's. De verwachte schaarste aan grondstoffen beïnvloedt zowel de klimaatverandering als de ontwikkeling van economische sectoren.
- De stedelijke ontwikkeling, landbouw en natuur (leidend tot verandering in zowel ruimtegebruik als watergebruik) zijn anders (althans ten opzichte van de vorige scenario's) en meer onderscheidend tussen de scenario's onderling; regionaal werkt dat zeer verschillend uit.
- De (grond)wateronttrekkingen in de scenario's zijn sterk gewijzigd. De nieuwe scenario's beschrijven ook de verandering van de grond- en oppervlaktewateronttrekkingen ten behoeve van industrie en energie.
- Extreme zomerse neerslag neemt in de kustgebieden sterker toe dan in het binnenland. Voor de Deltascenario's 2012 is een herziene versie van het W+ klimaatscenario opgeleverd (W+ Regionaal) waarbij er aanpassingen in de 30 km kustzone zijn uitgevoerd wat betreft de extreme neerslagevents (Hurk, Beersma, 2013).

Zie voor een verdere beschrijving van de Deltascenario's 2012 Bruggeman et al. (2013).



Figuur 2.3 Schematische weergave van de Deltascenario's (Bruggeman et al., 2013)

Tabel 2.1 Belangrijke veranderingen in Deltascenario's 2012 voor de zoetwatervoorziening (Deltascenario's toegepast in fase 1 t/m 3 -> nieuwe Deltascenario's toegepast in fase 4). Groen is een toename ten opzichte van de oude Deltascenario's, oranje een afname en oranje/rood een grote afname.

Parameter	Huidig	Druk (g/ge)		Stoom (wp/ge)		Rust (g/rc)		Warm (wp/rc)	
		2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100
Gem. neerslag zomer kust				-19% →	-38% →			-19% →	-38% →
Verstedelijking (% oppervlak)	16 →20	20 →23	25	20 →25	25	17 →21	10 →21	17 →21	10 →21
Landbouw (% oppervlak)	67 →59	59 →51	70 →45	59 →51	70 →40	62 →56	67 →55	62 →56	67 →55
Natuur en recreatie (% oppervlak)	17 →18	21 →22	5 →26	21 →20	5 →25	21 →20	23 →20	21 →19	23 →20

Modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de zichtjaren 2015, 2050 en 2100. De analyse is gericht op 1 of meerdere van de volgende type karakteristieke jaren:

- Een gemiddeld jaar (gebaseerd op het jaar 1967 in de huidige situatie);
- Een droog jaar (kans van voorkomen ongeveer 1/10 jaar, gebaseerd op het jaar 1989 in de huidige situatie); en
- Een extreem droog jaar (kans van voorkomen ongeveer 1/100 jaar, gebaseerd op het jaar 1976 in de huidige situatie).

In hoofdstuk 9 en in Bijlage K wordt een nadere toelichting gegeven op hoe deze jaren zich verhouden tot de andere jaren binnen de tijdreeks (1961-1995) van de Deltascenario's.

Daarbij is onderscheid gemaakt naar knelpuntgebied en indicator (neerslagtekorten, etc). Uit de analyse in Bijlage K volgt dat de droogtestatistiek varieert per regio en per fenomeen (lage afvoeren, verzilting, landbouwschade, etc.) dat bestudeerd wordt.

2.5 Vergelijking situaties en gebruikte indicatoren

Deelprogramma Zoetwater heeft een aantal maatregel(pakketten) samengesteld. Met het Deltamodel worden simulaties gedaan om de effecten van de maatregel(pakketten) in te schatten om zodoende een antwoord te geven op de volgende vragen:

- Wat zijn de belangrijkste effecten van de maatregelen op het watersysteem en de gerelateerde sectoren/gebruiksfuncties?
- En wat betekenen de uitkomsten van de modelsimulaties in het licht van het formuleren van de voorkeursstrategie ('duiding')?

Het eerste, een overzicht van de effecten wordt in de volgende hoofdstukken gepresenteerd. De duiding wordt gepresenteerd in hoofdstuk 10 'Conclusies en aanbevelingen'.

Indicatoren

In overleg met WVL zijn de volgende indicatoren [met dimensies] geselecteerd die in de volgende hoofdstukken worden besproken:

- Voor wat betreft het hoofdwatersysteem zelf:
 - verandering in de waterdistributie in het hoofdwatersysteem, in het bijzonder onttrekkingen aan de Waal afvoer ten behoeve van verbeterde aanvoer richting de Maas, Kleinschalige Wateraanvoer en/of het IJsselmeer [in m³ afname Waalafvoer]
 - verloop IJsselmeerpeil in het zomerhalfjaar [in m + NAP] en de maximaal gebruikte bufferschijf [in m],
 - situatie externe verzilting, door te kijken naar het [aantal sluitingsdagen] van de belangrijke innamepunten bij Gouda en Bernisse als gevolg van verhoogde zoutconcentraties.
- De gebruiksfuncties die verbonden zijn met het hoofdwatersysteem:
 - effecten op de aquatische natuur in het IJsselmeer en Markermeer [in areaal van waterdieptezones in de twee meren bij verschillende waterpeilen],
 - schade voor de scheepvaart [in Meuro] door vaardieptebeperkingen op traject Europoort-Ruhrgebied [in aantal dagen vaardiepte Waal bij Nijmegen minder dan 3, dan wel 2 m],
 - inlaatbeperkingen voor drinkwater- en industriewatersector door verhoogde zoutconcentraties bij de innamepunten in het westen van Nederland [in aantal sluitingsdagen] en/of [in gemiddelde zoutconcentraties],
 - beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie verbonden met het hoofdwatersysteem [neutraal, gunstig of ongunstig effect].
- Voor wat betreft het regionale watersysteem:
 - regionale oppervlakte-watervraag, -aanvoer en -tekorten voor peilbeheer, doorspoeling en beregening [in Mm³/zomerhalfjaar]²³. (In paragraaf 2.6

² De categorie drink- en industriewater als watervrager worden in overeenstemming met de rapportage van de landelijke knelpuntenanalyse niet in de grafieken gepresenteerd, omdat het NHI hier vaak onvoldoende data heeft. In de tekst

- geven we een definitie van wat we in dit rapport onder watervraag en wateraanvoer verstaan.)
- veranderingen in het freatisch grondwater. In het NHI wordt geen onttrekkingsplafond voor beregening uit het grondwater toepast. Hierom wordt gekeken naar de effecten op de grondwaterstanden [in verandering GHG en GLG, en ten behoeve van DEMNAT ook naar GVG].
 - De gebruiksfuncties die verbonden zijn met het regionale watersysteem:
 - effecten op de terrestische natuur in de regionale deelgebieden, [in natuurwaardenpunten],
 - effecten op de droogteschade voor de landbouw in de regionale gebieden [in M euro/jaar], zowel in de beregende (uit oppervlaktewater en grondwater) als in de niet-beregende gebieden. Natschade en zoutschade worden niet berekend. De zoutschade als gevolg van externe in West-Nederland zit indirect verwerkt in de droogteschade omdat door het sluiten van de inlaat bij Gouda extra droogteschade voor de landbouw ontstaat.

Vergelijking situaties

We bespreken de resultaten door de referentiesituatie (d.w.z. de situatie volgens het watersysteem en landgebruik in 2015), de situaties volgens de Deltascenario's (dus zonder maatregelen, in 2050 en 2100) en de situaties na implementatie van de maatregelen met elkaar te vergelijken.

De maatregelen zijn alleen berekend voor de scenario's Warm en Druk, omdat uit de landelijke knelpuntenanalyse in fase 1 en 2 (Klijn *et al.*, 2012) is gebleken dat dit de bandbreedte van de mogelijke effecten weergeeft voor de zoetwatervoorziening in Nederland. Nieuwe inzichten in fase 4 laten weliswaar zien dat volgens de nieuwe deltasenario's het scenario Stoom de grootste watervraag kent, maar aangezien het verschil met scenario Warm beperkt is (zie hoofdstuk 4 t/m 9), presenteren we voor de uniformiteit en vergelijkbaarheid met vorige fases de analyse ook in dit rapport weer voor de scenario's Druk en Warm.

2.6 Definitie watervraag en wateraanvoer

Bij de analyse van de watervraag en waterbehoefte zijn enkele aandachtspunten belangrijk.

- De watervraag wordt samengesteld door het aanbod en resterend watertekort.
- De definitie van de watervraag in deze studie is gedefinieerd als vraag die een gebruiker (zoals peilbeheer of beregening) stelt aan het gehele watersysteem. Hierbij wordt dus niet het onderscheid gemaakt tussen een watervraag aan het hoofdwatersysteem of aan het regionale watersysteem. De levering van water (aanbod) kan dus ook plaatsvinden vanuit het hoofdwatersysteem of uit het regionale systeem. De watervraag is de optelling van het wateraanbod en het watertekort. Het is mogelijk dat een lokaal watersysteem dat een hoge interne waterbeschikbaarheid heeft wel een vraag stelt voor een gebruiker maar de levering (aanbod) volledig intern wordt voorzien door bijvoorbeeld een overschot aan kwelwater. Er zal in deze gebieden wel een vraag

kunnen echter wel getallen genoemd worden als de omvang van de drink- en industriewatervraag ten opzichte van de andere regionale watervragers significant is.

³ *In de expertsessies die DPZW georganiseerd heeft is de beschikbaarheid van industriewater als losse indicator behandeld aan de hand van de uitkomsten van peilbeheer en gebaseerd op de volgende aanname: als er voor regionaal peilbeheer een tekort is dan is er ook voor regionaal industriewater een tekort. Peilbeheer kent immers een hogere prioritering in de verdringingsreeks dan industriewater.*

en aanbod gedefinieerd zijn, maar er zal geen vraag worden gesteld aan het hoofdwatersysteem.

- Doordat er wordt gekeken naar het wateraanbod en –tekort in het zomerhalfjaar kan het voorkomen dat het totaal van aanbod en tekort (de watervraag dus) verschilt per maatregel binnen eenzelfde scenario. Dit komt omdat water nog een keer gevraagd wordt in een volgende tijdstap als het eerder niet geleverd is. De berekende tekorten moeten daarom als indicatie worden gezien.
- Wateraanbod en –tekort wordt alleen berekend in de gebieden in de peilbeheerste gebieden en dus niet in de vrij-afwaterende gebieden.
- In deze studie wordt gesproken over een watervraag voor beregening. Dit is de watervraag die gesteld wordt aan het watersysteem voor de gebieden waar beregening mogelijk is. Dit zijn de gebieden waar een beregeningsinstallatie aanwezig is. Deze kaart is modelinvoer van het NHI en is gebaseerd op inventarisaties van het LEI. De watervraag voor beregening is niet gelijk aan de waterbehoefte van de landbouwgewassen. De waterbehoefte van de landbouwgewassen is het water wat alle landbouwgewassen nodig hebben voor een optimale opbrengst. Wanneer er geen tekort voor beregeningswater optreedt, kan er wel een tekort optreden van de waterbehoefte.
- Drinkwater- en industriewater staan alleen in de tekst als ze een significante bijdrage leveren.

2.7 Ruimtelijke schaal

We onderscheiden in onze verkenning twee type gebieden: knelpuntgebieden en waterhuishoudkundige gebieden. Verder kennen we binnen DP Zoetwater nog bestuurlijke zoetwaterregio's.

Presentatie knelpuntgebiedenniveau

Kijkend naar het niveau waarop de deltabeslissing genomen zal worden en het niveau en diepgang waarop de landelijke beleidsanalyse is uitgevoerd, worden in overleg met WVL de uitkomsten van de verkenning gepresenteerd volgens de knelpuntgebiedsindeling (zie Figuur 2.4 rechts):

- Hoge zandgronden – niet of nauwelijks aanvoer vanuit HWS mogelijk
- IJsselmeergebied – afhankelijk van IJsselmeerpeil en/of afvoer IJssel
- Rivierengebied – afhankelijk van afvoeren Waal, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn, Amsterdam-Rijnkanaal en/of noordelijk deel van de Maas
- Benedenrivierengebied – risico externe verzilting
- Zuidwestelijke delta zonder aanvoer: risico externe verzilting én geen aanvoer vanuit HWS

In de vorige fasen is gebleken dat, doordat de meeste maatregelen gericht zijn op het terugdringen van een knelpunt in een specifiek knelpuntgebied, de knelpuntgebieden onafhankelijk van elkaar bestudeerd kunnen worden. Er zijn maar een paar maatregelen (zoals extra afvoer via IJssel ten koste van de Waal) die een neveneffect in een ander knelpuntgebied veroorzaken. In het volgende hoofdstuk waar nader ingegaan wordt op de beoogde werking van de maatregelen, worden eventuele neveneffecten benoemd.

Analyse van de 17 waterhuishoudkundige deelgebieden

Hoewel de uitkomsten in deze rapportage op het niveau van de 5 knelpuntgebieden (zie Figuur 2.4 rechts) worden gepresenteerd, zijn de modelresultaten in eerste instantie gesommeerd voor 17 waterhuishoudkundige deelgebieden (zie Figuur 2.4 links). De analyse

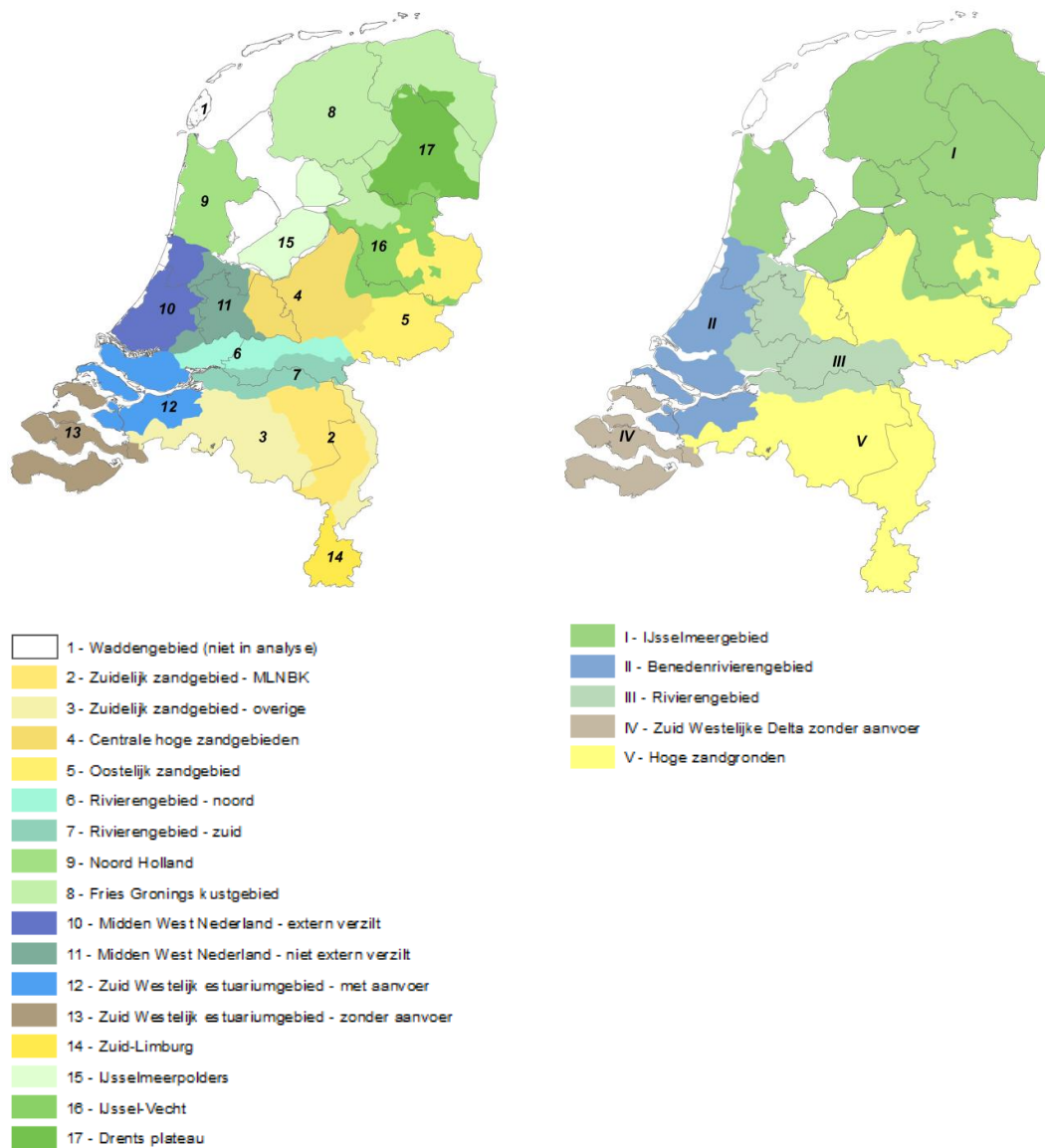
heeft echter vooral plaatsgevonden op het niveau van de knelpuntgebieden. Daarom kunnen de resultaten per waterhuishoudkundig deelgebied nog vragen oproepen en niet direct gebruikt worden zonder aanvullende analyse. Doordat de gehanteerde indeling fijner is dan de eerder gebruikte indeling in bestuurlijke zoetwaterregio's (Figuur 2.5) of knelpuntgebieden, geeft het meer mogelijkheden relevante effecten te analyseren. (Ter Maat *et al*, 2013). Bij de keuze van de waterhuishoudkundige deelgebieden is verder rekening gehouden met een aantal zaken:

- De knelpuntgebieden. In de knelpuntenanalyse (Klijn *et al.*, 2012) zijn 5 gebieden onderscheiden met samenhangende waterproblematiek. Ieder deelgebied maakt in zijn geheel onderdeel uit van één van deze knelpuntgebieden.
- Herkomst van het water: zo is het "knelpuntgebied" rivierengebied opgesplitst in een rivierengebied Noord (Rijnwater) en een rivierengebied Zuid (Maaswater) (zie ook Bijlage L).
- Compromis tussen de gewenste grofheid voor een landelijke verkenning en gewenst detail voor het kunnen differentiëren van te nemen maatregelen over voldoende kleine gebieden.

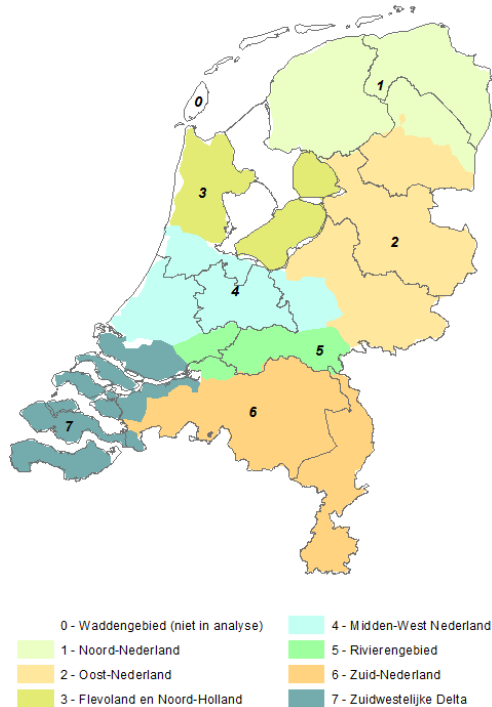
De Waddeneilanden zijn niet in NHI opgenomen en worden daarom niet meegenomen in de analyse. Ze vallen ook buiten beschouwing in de landelijke verkenning. Nieuw in NHI versie 3.0 is Zuid-Limburg; dit gebied kan vanaf nu ook geanalyseerd worden en is daarom toegevoegd als nieuw deelgebied.

De deelgebieden vormen samen de knelpuntgebieden:

- IJsselmeergebied: deelgebieden 8, 9, 15, 16 en 17
- Benedenrivierengebied: deelgebieden 10 en 12
- Rivierengebied: deelgebieden 6, 7 en 11
- Zuidwestelijke delta zonder aanvoer: deelgebied 13
- Hoge zandgronden: deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14



Figuur 2.4 De 17 waterhuishoudkundige deelgebieden en 5 knelpuntgebieden in de analyse



Figuur 2.5 De 7 bestuurlijke zoetwaterregio's waarmee Deelprogramma Zoetwater samenwerkt

Bestuurlijke zoetwaterregio's voor samenwerking en regionale analyses

De bestuurlijke zoetwaterregio's waarmee Deelprogramma Zoetwater samenwerkt zijn:

1. Noord-Nederland
2. Oost-Nederland
3. Flevoland en Noord-Holland
4. Midden-West Nederland
5. Rivierengebied
6. Zuid-Nederland
7. Zuidwestelijke Delta

De zoetwaterregio's hebben hun eigen analyses uitgevoerd. De modellering van de regionale maatregelen en de uitkomsten van de landelijke verkenning zijn in een aantal bijeenkomsten onder leiding van WVL met de regio's besproken. De resultaten van de landelijke analyse zijn hier getoetst aan de kennis en intuïtie van de betrokkenen bij de regionale analyses.

3 Welke maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland zijn onderzocht?

3.1 Inleiding

Bij duurzame zoetwatervoorziening gaat het in feite om het vinden van een balans tussen de hoeveelheid en kwaliteit van het gevraagde water en de hoeveelheid en kwaliteit van het beschikbare water. Maatregelen voor een verbetering van de zoetwatervoorziening kunnen zich dus richten op het aanpassen van de watervraag of van het vergroten van de waterbeschikbaarheid. In het DP Zoetwater wordt onderscheid gemaakt tussen a) maatregelen in het hoofdwatersysteem, die onder verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat vallen, b) maatregelen in de regionale systemen, die onder de verantwoordelijkheid van waterschappen en provincies vallen, en c) maatregelen die de gebruikers (sectoren) kunnen nemen.

Welke knelpunten moeten de maatregelen oplossen?

De maatregelberekeningen richten zich op het verkennen van het effect van maatregelen ter verbetering van de watervoorziening in het zomerhalfjaar in de eerder geïdentificeerde knelpuntgebieden (zie de aangescherpte knelpuntenanalyse (Klijn et al, 2012) en voor de gebiedsindeling zie hoofdstuk 2).

De maatregelen in dit hoofdstuk worden in termen van het watersysteem beschreven: hoe ze geïmplementeerd zijn en wat het beoogde effect voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening is.

In de volgende hoofdstukken worden achtereenvolgens de effecten voor het hoofdwatersysteem (o.m. de verandering in de waterdistributie in het hoofdwatersysteem om de wateraanvoer naar de regionale gebieden in het zomerhalfjaar te vergroten), voor het regionale watersysteem (de regionale oppervlaktewatervraag en –tekorten, grondwaterstandveranderingen) en de gebruiksfuncties beschreven aan de hand van de indicatoren zoals die in paragraaf 2.5 opgesomd zijn.

De gebruiksfuncties die effecten van de maatregelen ondervinden en in deze rapportage behandeld worden, zijn:

- Drinkwater en industriewater (beoogd effect – leveren aan watervraag)
- Landbouw (beoogd effect – leveren aan watervraag voor beregening)
- Terrestische natuur (effect inlaten water)
- Aquatische natuur (effect ander peilverloop in het IJssel- en Markermeer)
- Scheepvaart (neveneffect van meer afvoer via de IJssel en/of aanvoer vanuit de Waal richting Kleinschalige wateraanvoer en/of Maas-Waalkanaal)

3.2 Beschouwde maatregelen in het hoofdwatersysteem

De maatregelen in het hoofdwatersysteem waarvan de effecten zijn doorgerekend met het deltamodel, zijn aangedragen door WVl in overleg met het Programmteam Zoetwater. Bijna alle maatregelen waren ook in fase 3 in beeld en zijn toen al eens doorgerekend met de rekentool Zoetwater. In deze fase zijn ze doorgerekend met het deltamodel, dat meer detail kent en waarmee nu ook de effecten zoals die op grondwaterstroming en verschillende gebruiksfuncties anders dan alleen scheepvaart en landbouw berekend kunnen worden. In

bijlage D is gespecificeerd hoe de HWS maatregelen in het Deltamodel zijn geïmplementeerd.

3.2.1 Maatregel landelijk

Maatregel 1: Aanpassen capaciteiten van belangrijke inlaten en doorvoeren, passend bij een droog jaar situatie.

Vaak kunnen de voorgenomen maatregelen in het hoofdwatersysteem alleen effectief zijn als ook de capaciteiten van bijvoorbeeld rivierinlaten en doorvoerkanalen vergroot zijn. Een grotere buffer van het IJsselmeer bijvoorbeeld heeft immers alleen zin, als het water ook daadwerkelijk ingenomen kan worden naar de regio en het water kan komen op die plaatsen waar de watervraag optreedt.

De piekwatervraag in een extreem droog jaar situatie (eens in de 100 jaar) is groter dan een droog jaar situatie (eens in de 10 jaar), maar toch is het vanuit investeringsoogpunt waarschijnlijk niet realistisch of onwenselijk om gemalen te dimensioneren en/of kanalen te verbreden op een waterdoorvoer die eens in de 100 jaar voorkomt. Dit zou betekenen dat de overige 99 jaar de maximale capaciteit niet benut wordt, terwijl het bredere kanaal bijvoorbeeld wel hoge kosten met zich meebrengt.

In overleg met WVL is daarom het uitgangspunt gehanteerd dat alle inlaat- en doorvoercapaciteiten minimaal de watervraag in een droog jaar situatie moeten kunnen faciliteren. Waar dat niet het geval is, zijn de capaciteiten aangepast. In een extreem droog jaar situatie zijn de capaciteiten afgestemd op een droog jaar situatie gehandhaafd (en kunnen dan dus wel beperkend werken door de verder toegenomen watervraag!)

De nieuwe capaciteiten zijn gebaseerd op de *huidige* aanvoerroutes naar de regio en *huidige* verdeelsleutels. Als een gebied bijvoorbeeld in de huidige situatie voor 75% haar watervraag aan de rivier stelt en voor 25% watervraag aan het kanaal stelt, is deze verhouding ook in scenario Warm 2100 het geval. Het is niet zo dat 100% watervraag aan de rivier wordt gesteld als er uit het kanaal geen water meer ingelaten zou mogen worden door bijvoorbeeld te laag peil; in dat geval zou er in de praktijk in de toekomst sprake kunnen zijn van een (extra) capaciteitsverhoging van de waterinlaat uit de rivier.

Concreet betekent dit dat de capaciteit op de volgende plekken is aangepast: Inlaat AA Helmond (van 0,01 naar 0,5 m³/s), Veendam (van 7,5 naar 8 m³/s in 2050 naar 10 m³/s in 2100), en bij Terapel (van 2 naar 2,2 m³/s in 2100)⁴. Tot slot zijn alle beperkingen in de inlaat- en doorvoercapaciteit van de districten opgeheven, behalve in de gebieden waar in de huidige situatie al geen wateraanvoer mogelijk is (bijvoorbeeld gebieden in Brabant, Overijssel en Zeeland); met andere woorden het aanvoergebied is niet vergroot.

De aanpassingen aan inlaat- en doorvoercapaciteit zijn bij alle volgende maatregelen die het wateraanbod vanuit het hoofdwatersysteem vergroten inbegrepen.

⁴ Het aanpassen van Gaarkeuken ter verbetering van de doorvoer van Friesland naar Groningen bleek niet nodig om een watervraag van een 1:10 jaar te accommoderen.

3.2.2 Maatregelen IJsselmeergebied

De maatregelen om het aanbod vanuit het IJsselmeer en Markermeer richting de omliggende deelgebieden in het zomerhalfjaar te vergroten zijn:

Maatregel 2: Peil -0,1 - -0,3 m NAP

Het gebruiken van een bufferschijf van 0,2 m in het IJsselmeer en Markermeer en het opzetten van het peil in het zomerhalfjaar tot -0,1 m NAP (streefpeil) en te laten uitzakken naar -0,3 m NAP (minimum zomerpeil). Onder -0,3 m NAP wordt geen water meer aan de regio geleverd. Daarna kan het peil nog uitzakken door verdamping. In het winterhalfjaar geldt als streefpeil -0,4 m NAP. Dit geheel is dus vergelijkbaar aan de huidige situatie met een peil tussen de -0,2 en -0,4 m, alleen met peilen die 0,1 m hoger zijn en daardoor grotere inlaatmogelijkheden hebben en met inlaat- en doorvoercapaciteiten die gelijk zijn aan die in maatregel 1.

Maatregel 3: Peil +0,1 - -0,3 m NAP

Beoogd wordt het creëren van een bufferschijf van 0,4 m in het IJsselmeer en Markermeer door het peil in het zomerhalfjaar (vanaf 1 april) op te zetten tot +0,1 m NAP (streefpeil) en te laten uitzakken naar -0,3 m NAP (minimum zomerpeil). Het winterstreefpeil ligt op -0,4 m NAP. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1. In de analyse is gebleken dat de gewenste bufferschijf van 0,4 m niet altijd kan worden gerealiseerd (zie paragraaf 6.2), daarom is ook maatregel 4 doorgerekend.

Maatregel 4: Peil +0,1 - -0,3 m NAP, met eerder opzetten, nog in het stormseizoen

De gewenste 0,4 m bufferschijf met zomerpeil +0,1 m kan bij opzetten vanaf 1 april niet altijd worden gerealiseerd door de beperkte wateraanvoer via de IJssel tijdens (extreem) droge periodes, terwijl er tegelijkertijd al wel een grote watervraag aan het IJsselmeer gesteld wordt. Daarom is er ook een variant doorgerekend waarin er eerder begonnen wordt met het opzetten van de buffer, nl. wanneer er nog sprake is van een ruime IJsselafvoer. Het eerder opzetten van het peil nog in het stormseizoen (vanaf 20 februari), zal echter consequenties voor de waterveiligheid hebben in het gebied.

Maatregel 5: Peil IJsselmeer +0,5 tot -0,3 m NAP in de zomer, Peil Markermeer +0,1 tot -0,3 m NAP

Het peil in het IJsselmeer wordt per 1 april opgezet naar +0,5 m en mag daarna in de zomerperiode uitzakken tot -0,3 m (minimum zomerpeil). Het winterstreefpeil ligt in beide meren op -0,4 m NAP. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1. In de analyse is gebleken dat de gewenste 0,8 m bufferschijf met zomerpeil +0,5 m bij opzetten vanaf 1 april niet altijd kan worden gerealiseerd door de beperkte wateraanvoer via de IJssel tijdens (extreem) droge periodes (zie paragraaf 6.2). Daarom is er ook een variant doorgerekend waarin het zomerstreefpeil lager ligt en het peil dieper mag uitzakken (zie maatregel 7).

Maatregel 6: Extra afvoer naar de IJssel (100 m³/s) als het peil IJsselmeer wegzakt

Uitgangspunt is een buffer als bij maatregel 2. Als het peil echter onder -0,10 m NAP zakt in het zomerhalfjaar wordt tot maximaal 100 m³/s extra water naar de IJssel gestuurd ten koste van de Waalafvoer met als doel het peil weer tot -0,1 m NAP te laten stijgen en/of te kunnen handhaven⁵. Deze maatregel is een variant op maatregel 4, omdat beide maatregelen er voor zorgen dat de 0,4 m bufferschijf daadwerkelijk gerealiseerd wordt, iets wat bij maatregel 3 niet lukt. Deze maatregel heeft echter wel gevolgen voor de wateraanvoer naar het (beneden)rivierengebied en de scheepvaart op de Waal als gevolg van de verminderde afvoer over de Waal.

Maatregel 7: Peil -0,1 m NAP en onbeperkt uitzakken

Het creëren van bufferschijf van meer dan 0,4 m in het IJsselmeer en Markermeer door het peil in het zomerhalfjaar op te zetten tot -0,1 m NAP (streefpeil) en onbeperkt te laten uitzakken gedurende het zomerhalfjaar (geen minimum zomerpeil). Het winterstreefpeil is -0,4 m NAP. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1.

Deze maatregel is in de eerste plaats bedoeld als analysevariant. Deze maatregel vraagt nader onderzoek wat betreft de waterveiligheid; indien het waterpeil erg diep wegzakt, komt mogelijk de stabiliteit van de dijken in gevaar (Meurs, 2012). De maatregel is doorgerekend om inzicht te krijgen in de totale waterbehoefte in het gebied uitgedrukt in m waterschijf IJsselmeer.

Maatregel 8: Peil +0,1 - -0,3 m NAP en categorie 1 & 2 van de verdringingsreeks krijgen prioriteit

Zelfde als maatregel 4. Onder -0,2 m NAP krijgen alleen categorie 1 en 2 van de verdringingsreeks water. Categorie 1 en 2 omvatten peilbeheer, kwetsbare natuur en nutsvoorzieningen (drinkwater, energie) zowel in het hoofdwatersysteem als het regionale watersysteem. Het winterstreefpeil is -0,4 m NAP. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1.

Ook deze maatregel is in de eerste plaats bedoeld als analysevariant. De maatregel is doorgerekend om inzicht te krijgen in het effect van korten van waterleveringen die opgelegd zijn.

3.2.3 Maatregelen Benedenrivierengebied

Maatregelen om de zoetwateraanvoer in het benedenrivierengebied richting (Zuid-)West Nederland te verbeteren zijn:

Maatregel 9: Bellenpluim 50 m³/s

Plaatsen van een bellenpluim in de Nieuwe Waterweg die de zoutdringing vanaf zee beperkt met een effect evenredig aan het vergroten van de Rijnafvoer bij Lobith met 50 m³/s. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1. Dit laatste betekent dat de inlaat van de Kromme Rijn niet meer peilafhankelijk is.

De maatregel is vooral bedoeld voor het langer openhouden van de inlaat Gouda (belangrijk in de aanvoer naar West-Nederland – extern verzilt (deelgebied 10)) en de drinkwater- en

⁵ Merk op dat in extreme gevallen (2100 scenario Warm, 1976) ook buiten het zomerhalfjaar (d.w.z. eind oktober/begin november) extra water naar de IJssel gestuurd kan worden om het minimum winterstreefpeil van -0,40 m NAP te handhaven.

industriewaterinlaatpunten in het gebied. Er is een gunstig neveneffect voor West-Nederland – niet extern verzilt (deelgebied 11) en Rivierengebied-Noord (deelgebied 6); zij kunnen (in een klein areaal) meelifen.

Maatregel 10: Bellenpluim 200 m³/s

Plaatsen van een bellenpluim in de Nieuwe Waterweg die de zoutdringing vanaf zee beperkt met een effect evenredig aan het vergroten van de Rijnafvoer bij Lobith met 200 m³/s. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn vergelijkbaar als maatregel 1. De deelgebieden die door de maatregel beïnvloed worden, zijn gelijk aan die in maatregel 9.

Maatregel 11: KWA 15 m³/s

Het vergroten van de capaciteit van de Kleinschalige WaterAanvoerroute (KWA), de terugvaloptie als het inlaatpunt bij Gouda een te hoge chlorideconcentratie heeft, van 7 naar 15 m³/s. Water dat naar Gouda wordt aangevoerd wordt deels gebruikt (3 m³/s) voor het terugdringen van brak water in de Hollandsche IJssel. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1. Bijlage E geeft aan hoe deze afvoercapaciteit wordt bereikt. Er is een gunstig neveneffect voor West-Nederland – niet extern verzilt (deelgebied 11); een klein areaal kan meelifen.

Maatregel 12: KWA 24 m³/s

Het vergroten van de capaciteit van de Kleinschalige WaterAanvoerroute (KWA), de terugvaloptie als het inlaatpunt bij Gouda een te hoge chlorideconcentratie heeft, van 7 naar 24 m³/s. Water dat naar Gouda wordt aangevoerd wordt deels gebruikt (3 m³/s) voor het terugdringen van brak water in de Hollandsche IJssel. De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn gelijk aan die in maatregel 1. Bijlage E geeft aan hoe deze afvoercapaciteit wordt bereikt. Er is een gunstig neveneffect voor West-Nederland – niet extern verzilt (deelgebied 11); een klein areaal kan meelifen.

Maatregel 13: Zoute variant Vokerak-Zoommeer

Een maatregel die de zoetwateraanvoer in het benedenrivierengebied richting (Zuid-)West Nederland niet direct verbetert, maar wel beïnvloedt, is een *zoute variant van het Volkerak-Zoommeer*. Ook de effecten van deze maatregel zijn via modelberekeningen in beeld gebracht.

3.2.4 Maatregel rivierengebied

Maatregelen om de watervoorziening vanuit de Waal via de Maas richting rivierengebied-zuid te kunnen vergroten zijn:

Maatregel 14: Maas-Waalkanaal pomp max. 15 m³/s

Het vergroten van de beschikbaarheid van water in de omliggende regio's van het benedenstroomse deel van de gestuwde Maas door water via het Maas-Waalkanaal van de Waal naar de Maas te pompen tijdens droge periodes. Hiervoor wordt een pomp met een maximum capaciteit van 15 m³/s gebruikt (aannee). De inlaat- en doorvoercapaciteiten zijn vergelijkbaar als onder punt 1.

Tijdens de analyse (zie hoofdstuk 4) is gebleken dat deze maatregel niet goed gemodelleerd kon worden in het deltamodel (hoogstwaarschijnlijk gaat het om een bug in DM die maakt dat we de verwachte effecten niet goed terugzien).

Deze maatregel heeft mogelijke gevolgen voor de wateraanvoer naar het benedenrivierengebied en de scheepvaart op de Waal als gevolg van de verminderde afvoer over de Waal (neveneffect).

3.2.5 Maatregel Hoge Zandgronden

Een maatregel om de watervoorziening vanuit de Maas (voor zover beschikbaar in de Maas tijdens laag water periodes) richting de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen te verbeteren, is:

Maatregel 15: verhogen van de inlaatcapaciteit bij Panheel

Het gaat om maximaal 6 m³/s extra uit de Maas te onttrekken, bovenop de 6 m³/s in de huidige situatie.

Er kan echter alleen ingelaten worden indien het water uit de Maas niet nodig is voor watervragen op de Maas zelf en/of het Lateraalkanaal bij Roermond die een hogere prioriteit hebben.

Deze maatregel heeft mogelijke neveneffecten oor de wateraanvoer naar de deelgebieden die water onttrekken aan het benedenstroomse deel van de Maas.

3.2.6 Maatregelen die niet zijn doorgerekend met het deltamodel maar die wel in beeld zijn bij het Deelprogramma Zoetwater

Niet alle maatregelen die in beeld zijn bij Deelprogramma Zoetwater konden worden doorgerekend met het deltamodel en/of zijn in overleg met WVL buiten beschouwing gelaten. Het gaat dan bijvoorbeeld om de volgende maatregelen:

- Bernisse-Brielsemeer-systeem optimalisatie; er wordt wel verwezen naar het onderzoek van De Vries (2014);

- Meer afvoer via de Lek ten behoeve van de drinkwaterpunten op de Lek;
- Uitbreiden capaciteit Noordervaart;
- Aanvoer richting inlaat Gouda verbeteren via Gekanaliseerde Hollandse IJssel (plan volgens WWF);
- Aanvoer richting Midden-Limburgse Noord-Brabantse Kanalen via de Zuid-Willemsvaart (locatie Lozen);
- Langsdammen in de Waal.

3.3 Beschouwde maatregelen in de regio

Hoewel maatregelen in het regionale watersysteem voor alle deelgebieden zijn geïdentificeerd, richten de maatregelen zich in de praktijk vooral op de gebieden waar geen of maar beperkt wateraanvoer mogelijk is. Het gaat dan vooral om de Hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 14 in Zuid-Nederland en 4 en 5 in Oost Nederland), maar ook om de Zuidwestelijke delta zonder aanvoer (deelgebied 13)

In fase 4 is in samenwerking met de zoetwaterregio's de lijst uit fase 3 (Ter Maat *et al*, 2013) aangepast. In fase 4 hanteren we andere namen en een andere indeling voor de regionale maatregelen dan in fase 3 (Werkman, 2013), omdat:

- regio's een stap verder waren in hun proces en een aangepaste lijst met maatregelen hebben voorgesteld,
- ook maatregelen voor de functie natuur zijn toegevoegd.
- de schematisatie van het NHI vereist dat opgeboste maatregelen uit fase 3 nu uitgesplitst worden in verschillende fysieke maatregelen.

Een deel van de regionale maatregelen kan met het Deltamodel worden doorgerekend. Voor een ander deel kan dat niet; voor de niet-doorgerekende maatregelen is achteraf een beperkte analyse gedaan op basis van de modeluitkomsten.

Om een kwantitatieve effectbepaling van de maatregelen te doen zijn uit de lijst van regionale maatregelen allereerst een tweetal pakketten samengesteld:

- Regiopakket 1: 'robuust, geen verhoging van de watervraag'
- Regiopakket 2: 'zelfde maatregelen als regiopakket 1, maar dan met extra maatregelen als uitbreiding op het pakket die mogelijk wel een hogere watervraag aan het grondwater of oppervlaktewater kunnen opleveren'.

Regiopakket 1 bevat de volgende maatregelen die worden doorgerekend met het modelinstrumentarium:

- Regionale maatregelen ten behoeve van het vergroten van de interne waterbeschikbaarheid/landbouw:
 - Bodem- of peilverhoging waterlopen
 - Flexibel peilbeheer (boezem Noord Holland)
 - Peilgestuurde drainage
 - Aanpassen moment van peilopzet
 - Verandering landgebruik (verloofing)
 - Beperken irrigatieverliezen
 - Hergebruik RWZI afvoer
 - Efficiëntere doorspoeling
 - Kreekruuginfiltratie
- Regionale maatregelen ten behoeve van de natuur:
 - Peilopzet/vernating in en buiten natuurgebieden

- Verwijderen ontwatering natuurgebieden\
- Minder beregenen
- Verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen

Daarnaast vallen de volgende maatregelen ook onder dit pakket, maar worden ze niet in de modellering, maar wel in de 'achteraf' analyse meegenomen. Deze maatregelen worden in het vervolg "aanvullende regionale maatregelen" genoemd.

- Flexibel peilbeheer (regionaal system)
- Vergroten berging oppervlaktewater (collectieve reservoirs voor peilbeheer)
- Grondwaterinfiltratie (artificiële recharge)
- Opslag op bedrijfsniveau
- Wateropslag landbouw (collectieve reservoirs voor landbouw, beregening)

Regiopakket 2 (extra maatregelen als uitbreiding op regiopakket 1 die mogelijk wel een hogere watervraag kunnen opleveren in de lijst van berekeningen) bevat dezelfde maatregelen als regiopakket 1 met aanvullend hierop nog een aantal extra maatregelen:

Regionale maatregelen ten behoeve van de landbouw

- Beperking extra bodem of peilverhoging waterlopen
- Vergroten potentieel beregend areaal
- Onderwaterdrainage veengebieden

En in de als aanvullende maatregel die als 'achteraf' analyse wordt beschouwd:

- RH10 Wateraanvoergebieden wijzigen

Er is een apart memo opgesteld over de implementatie van regionale maatregelen in het Deltamodel en de analyse van de uitkomsten van de modelberekeningen. Dit document is opgenomen in bijlage J. Voor de overzichtelijkheid bespreken we de uitkomsten van regiopakket 1 op de freatische grondwaterstanden en terestische natuur en landbouw in de hoofdttekst van deze rapportage (m.n. hoofdstuk 4 t/m 8). Waar relevant wordt daarbij nader ingegaan op de bijdrage van een individuele regionale maatregel(en) die significante betekenis heeft.

3.4 Samenvattend overzicht

Tabel 3.1. geeft een overzicht van de maatregelen die doorgerekend zijn met het Deltamodel en hun doelgebied: de aanduiding "X" in de kolom van het gebied waar de maatregel in principe voor bedoeld is, "0" als het om een neveneffect in het gebied gaat. In de volgende hoofdstukken wordt het effect van de maatregelen beschreven.

Tabel 3.1 Samenvattend overzicht maatregelen en knelpuntgebied waarvoor ze bedoeld zijn de watervoorziening te verbeteren

nr	Omschrijving maatregel	Knelpuntgebied					
		HZG zuid	HZG noord	Rivierengebied	IJsselmeergebied	Beneden Rivierengebied	ZWD zonder aanvoer
	Knelpuntsituatie (basiscase)						
0	Geen maatregelen - alleen deltasceario's	X	X	X	X	X	X
	Maatregel landelijk						
1	Aanpassen capaciteiten districten en belangrijke bovenregionale inlaten en doorvoeren, passend bij droog jaar situatie	X	X	X	X	X	X
	Maatregelen vergroten buffervoorraad IJsselmeer/Markermeer						
2	IJM/MM: 20 cm (zsp -0,1; mzp -0,3; wp -0,4m NAP)				X		
3	IJM/MM: 40 cm (zsp +0,1; mzp -0,3; wp -0,4m NAP)				X		
4	IJM/MM: 40 cm (zsp +0,1; mzp -0,3; wp -0,4m NAP), opzetten in stormseizoen				X		
5	IJM: 80 cm (zsp +0,5; mzp -0,3; wp -0,4m NAP); MM: 50 cm (zsp +0,1; mzp -0,3; wp -0,4m NAP)				X		
	Maatregelen vergroten buffervoorraad IJsselmeer/Markermeer i.c.m. exta aanvoer						
6	IJM/MM: 40 cm (zsp +0,1; mzp -0,3; wp -0,4m NAP) i.c.m. Ijsselafvoer +100 m3/s indien peil <= -0,1 m NAP			0	X	0	
	Maatregelen tegengaan externe zoutindringing						
9	Bellenpluim, effect gelijk aan 50 m3/s extra Rijnafoer bij Lobith			0		X	
10	Bellenpluim, effect gelijk aan 200 m3/s extra Rijnafoer bij Lobith			0		X	
	Maatregelen meebewegen externe zoutindringing ⁶						
11	Uitbreiden KWA naar 15 m3/s			0		X	
12	Uitbreiden KWA naar 24 m3/s			0		X	
	Volkerak-Zoommeer variant ⁷						
13	Volkerak-Zoommeer is zout ipv zoet					X	
	Maatregel transport van water van Waal naar Maas ⁸						
14	Water van Waal naar Maas via pomp Maas-Waalkanaal (max. 15 m3/s)			X			
	Maatregel transport van water van Maas naar MLNBK						
15	Extra aanvoer van water Maas naar Midden-Limburgse Noord-Brabantse kanalen via kanaal Wessem-Nederweert (inlaat Panheel) (max. 6 m3/s extra)	X		0		0	
	Regionale maatregelen ⁹						
r1	Regionaal maatregelenpakket	X	X	X	X	X	X

⁶ Specifiek doelgebied van de KWA is deelgebied 10 West-Nederland – extern verzilt. In de knelpuntsituatie is uitgegaan van een capaciteit van de KWA van 7 m³/s

⁷ In de knelpuntsituatie is uitgegaan van de zoete variant van het Volkerak-Zoommeer. Specifiek 'doelgebied' (gebied dat effecten ondervindt) is deelgebied 12 Zuidwestelijke delta – met aanvoer

⁸ Specifiek doelgebied van de MWK maatregel is deelgebied 7 Rivierengebied-Zuid.

⁹ In de hoofdtekst van dit rapport worden de effecten van regionaal maatregelenpakket 1 beschreven.

4 Hoge zandgronden

4.1 Inleiding

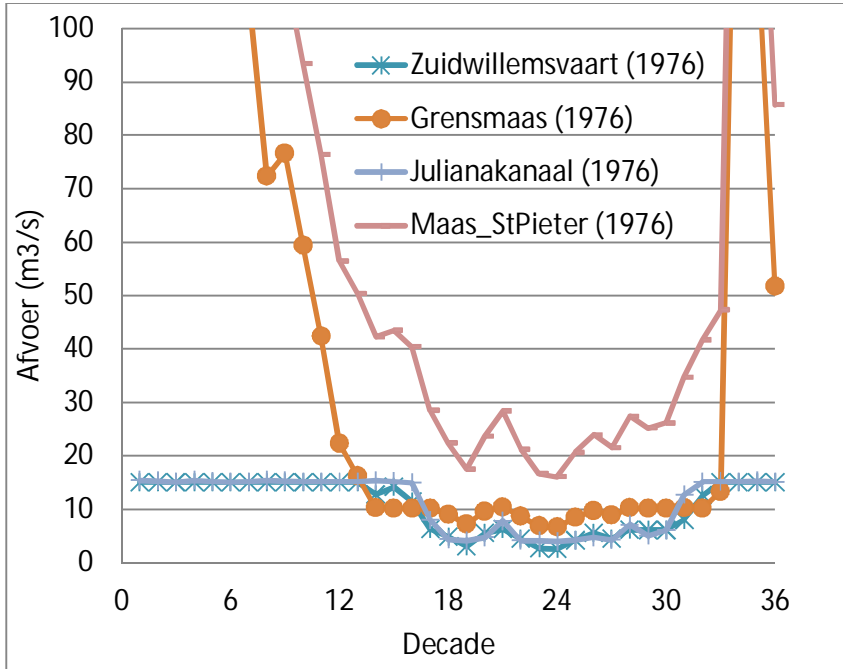
De hoge zandgronden bevatten de volgende deelgebieden (Ter Maat, 2013):

- Deelgebied 2: Het gebied is voor het oppervlaktewater volledig afhankelijk van neerslag en de Maas. Peilbeheer is verreweg de grootste watervraag van het oppervlaktewater.
- Deelgebied 3: Het peil beheerste deel van dit gebied is erg klein, het gebied bestaat vooral uit hoge gronden. Dit deel van het gebied is voor de oppervlaktewatervraag afhankelijk van de Maas, die hier in aanzienlijke mate gevoed wordt door de zijrivier de Roer. Als gevolg van stuwen in Duitsland kent de Roer een redelijk constante aanvoer naar de Maas. De oppervlaktewatervraag komt voornamelijk van peilbeheer en landbouwwaterberegening. De beregening komt voornamelijk uit het grondwater.
- Deelgebied 4: Het peil beheerste deel van dit gebied is zeer klein, het gebied bestaat vooral uit hoge gronden. Dit kleine deel van het gebied is voor de oppervlaktewatervraag afhankelijk van de IJssel en het IJsselmeer. De belangrijkste watervragers zijn doorspoeling(stedelijk) en peilbeheer. Het gebied bestaat voor een groot deel uit de hoge zandgronden van de Veluwe. In dit gebied is weinig landbouw aanwezig. Indien er beregening plaatsvindt komt dit voornamelijk uit het grondwater.
- Deelgebied 5: Het peil beheerste deel van dit gebied is zeer klein, het gebied bestaat vooral uit hoge gronden. Dit kleine deel van het gebied is voor de oppervlaktewatervraag afhankelijk van de IJssel. De watervraag komt van voornamelijk van peilbeheer en beregening. Een groot deel van de beregeningswater komt uit het grondwater.
- Deelgebied 14: Het gebied is voor het oppervlaktewater volledig afhankelijk van neerslag. Beregening gebeurt vanuit het grondwater.

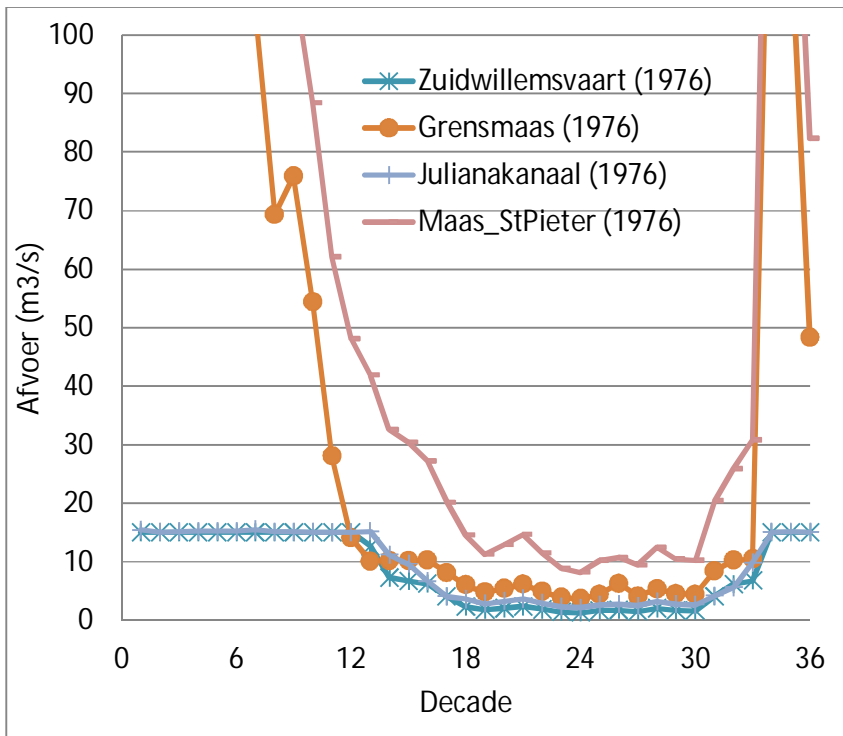
4.2 Verandering in de rivierafvoer van de Maas

Voor de lage afvoersituatie blijkt dat in het Maasgebied de afvoer van een het droge jaar hoger is dan die in het gemiddelde jaar, waardoor het aanbod voor een karakteristiek droog jaar te gunstig geschat wordt. Vooralsnog blijven we echter voor de eenduidigheid uitgaan van deze twee jaren, ook voor de afvoerseries, in aansluiting op de knelpuntenanalyse. Hiermee wijken we dus af van fase 3, waarin we voor de analyse de Maasafvoer van het jaar 1973 gebruikten in plaats van de afvoer van 1989, omdat deze beter het afvoerdeficit reflecteert dat hoort bij een droog jaar (zie Bijlage K). In figuren 4.2 en 4.3 is de afvoerverdeling weergegeven voor een extreem droog jaar in de referentiesituatie en scenario Warm 2050.

De wateraanvoer richting de Midden Limburg Noord Brabantse kanalen vindt plaats via de Zuid-Willemsvaart (via route België - Lozen) en Kanaal Wessem-Nederweert (via inlaat Panheel). Het inlaatpunt Panheel ligt benedenstrooms van de Grensmaas en Juliakanaal. Zoals in de figuren valt af te lezen is de afvoer van de Grensmaas en Julianakanaal samen hoger dan de afvoer op de Zuid-Willemsvaart bij Lozen (en ook afzonderlijk). Daarmee lijkt het meer voor de hand te liggen om eventuele extra inlaat naar de regio te verzorgen via Panheel. Weliswaar blijft de inname tijdens extreem laag water periodes erg moeilijk door de lage afvoer van de Maas, maar tijdens het voor- en naseizoen zijn er mogelijkheden om meer water te onttrekken.



Figuur 4.1 Verdeling Maaswater over de verschillende takken tijdens laagwatersituaties voor een extreem droog jaar (1976) in de huidige situatie

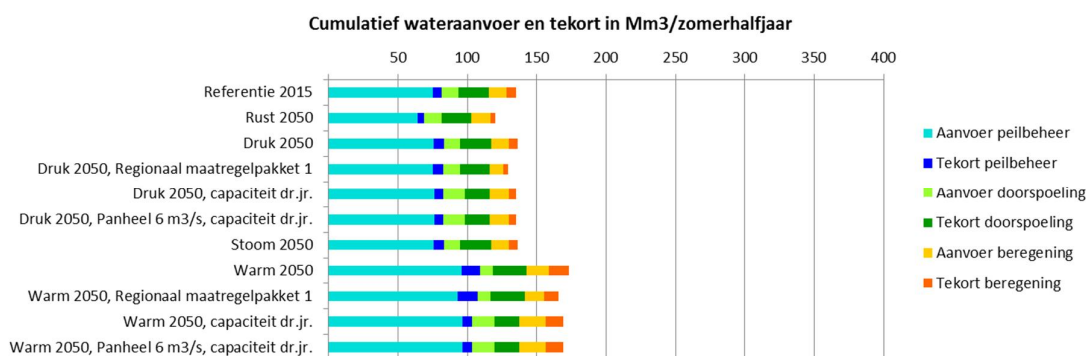


Figuur 4.2 Verdeling Maaswater over de verschillende takken tijdens laagwatersituaties voor een extreem droog jaar (1976) in zichtjaar 2050

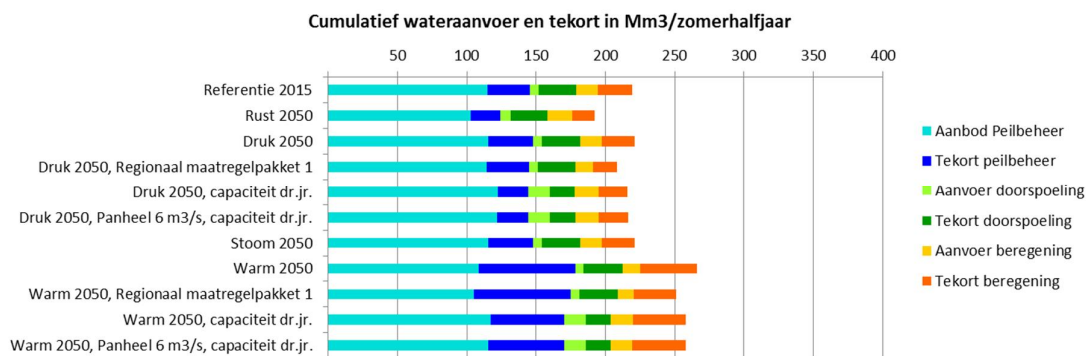
4.3 Effecten op de regionale watertekorten

4.3.1 Referentie jaar 2015

In de referentiesituatie is er een gemiddeld jaar en een droog jaar in het gebied een tekort in de aanvoer van oppervlaktewater van zo'n 20% (Figuur 4.3). In een extreem droog jaar loopt dit op tot ca. 35% (Figuur 4.4). Let op: het gekozen karakteristiek droog jaar 1989 is voor het zuidelijk deel van de Hoge Zandgronden niet echt representatief gezien de relatief hoge Maasafvoer gedurende het zomerhalfjaar (die in het zomerhalfjaar hoger is dan in een gemiddeld jaar). Dit is dan ook van invloed op de berekeningsuitkomsten voor het droge jaar.



Figuur 4.3 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) op de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2050

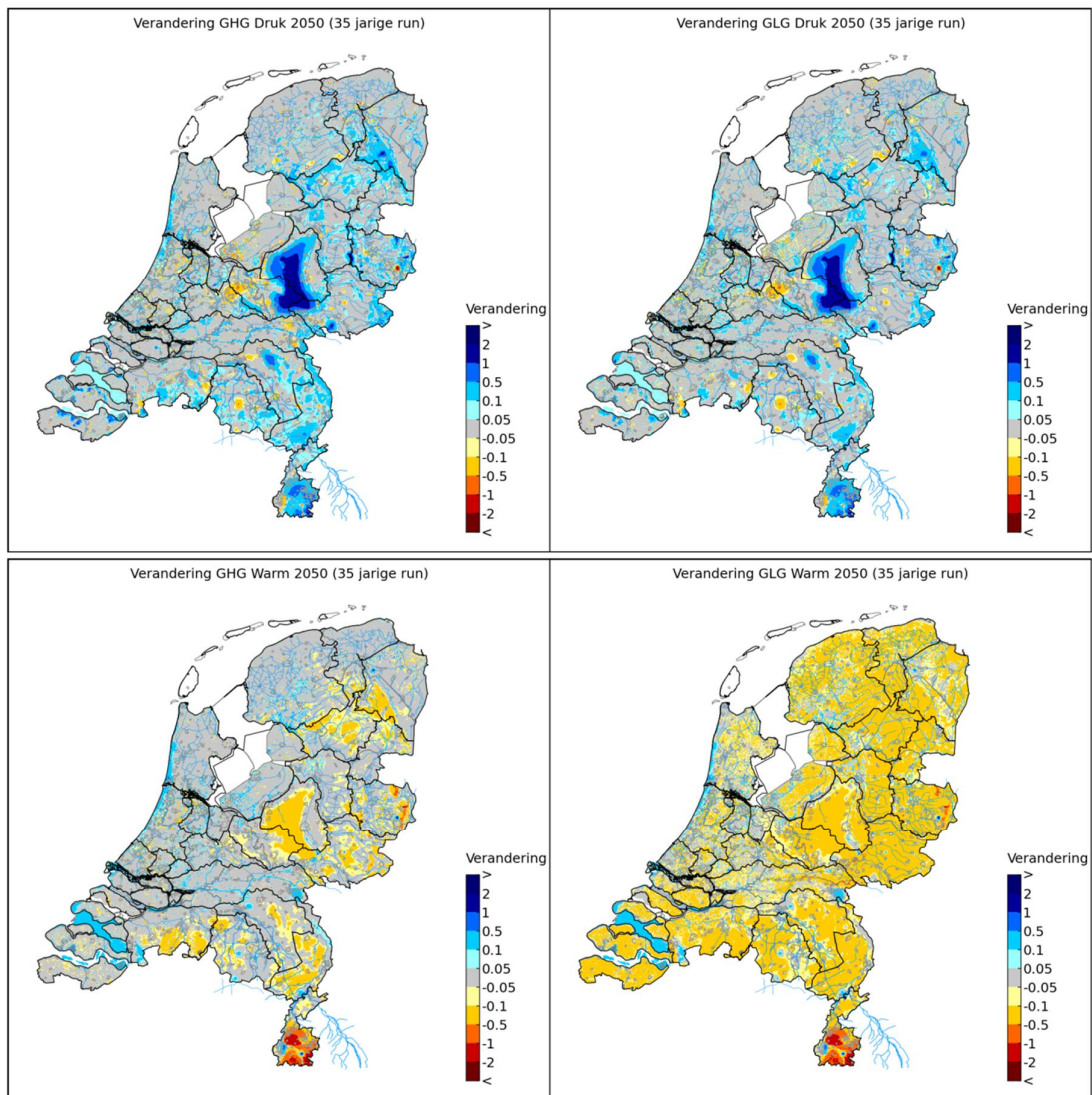


Figuur 4.4 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) op de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2050

4.3.2 Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen

De oppervlaktewatertekorten in de het scenario's Druk en Rust veranderen nauwelijks in 2050. De grondwaterstanden kunnen in het Druk scenario in enkele gebieden stijgen (zie Figuur 4.5). Door een verhoogde neerslag in de winter in de het Druk scenario zal de grondwateraanvulling toenemen. Hetzelfde zal gelden voor het Rust scenario. In de gebieden met veel drainage zal dit worden afgetopt door de drainagemiddelen maar in de vrij afwaterende gebieden zorgt de verhoogde grondwateraanvulling voor hogere

grondwaterstanden. Als gevolg van verhoging van de drinkwateronttrekkingen in het scenario Druk is daling van de grondwaterstanden mogelijk.



Figuur 4.5 Verandering GHG en GLG als gevolg van de basiscases Druk 2050 (boven) en Warm 2050 (onder) (periode 1966-1995).

In een extreem droog jaar in de referentie is het tekort voor de berekening zo'n 60%, terwijl de tekorten bij de andere categorieën rond de 30% ligt. In een extreem droog jaar lopen de oppervlaktetekorten het in de scenario's Warm en Stoom sterk op (van ca. 35% naar bijna 50% in het Warm scenario). De tekorten in het Warm scenario zijn iets groter dan in het Stoom scenario.

Voor het Warm scenario wordt een daling van de grondwaterstanden berekend. De gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) dalen in heel Nederland maar het sterkst in de niet peilgestuurde gebieden. De gemiddeld hoogste grondwaterstanden (GHG) dalen alleen in de vrij afwaterende gebieden. Een stijging van de grondwaterstanden is lokaal mogelijk in het kustgebied door stijging van de zeespiegel. Als gevolg van veranderingen in de grondwateronttrekkingen is zowel een daling als een stijging mogelijk van de grondwaterstanden. In het Stoom scenario zal een vergelijkbare verandering van de grondwaterstanden optreden omdat het klimaat in deze twee scenario's gelijk is.

4.3.3 Zichtjaar 2050 – met maatregelen

Voor dit gebied is de hoofdwatersysteem maatregel doorgerekend waarbij de inlaatscapaciteit bij Panheel wordt verhoogd. Als gevolg van deze maatregel is een kleine afname van de tekorten zichtbaar. Het effect van deze maatregel is beperkt omdat er alleen extra water wordt ingelaten indien het water niet nodig is voor watervragen op de Maas zelf en/of bij het Lateraalkanaal bij Roermond die een hogere prioriteit hebben.

Voor dit gebied zijn de volgende regionale maatregelen geanalyseerd met het Deltamodel:

- Bodem- of peilverhoging waterlopen
- Peilgestuurde drainage
- Peilopzet/vernating in en buiten natuurgebieden
- Verloving
- Verwijderen ontwatering natuurgebieden
- Minder beregenen rond natuurgebieden
- Beperken irrigatieverliezen
- Verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen
- Meer beregenen

Met alleen het regionaal maatregelenpakket (dus zonder ingrepen in het HWS systeem) veranderen de tekorten in aanvoer van oppervlaktewater niet of nauwelijks. Wel neemt de vraag van de regio af. Dit komt voornamelijk omdat de vraag voor peilbeheer en berekening iets afneemt als gevolg van verschillende maatregelen. In dit gebied is het nog mogelijk om met aanvullende regionale maatregelen het resterend tekort te beperken. Om het resterend tekort op te heffen is in het regionaal watersysteem een waterschijf van circa 0,70m nodig met een uitschieter voor gebied 2 van 2.5 m. De tekorten voor peilbeheer kunnen worden opgelost door circa 1-5 % van het gebied vol te bouwen met waterreservoirs. Voor het tekort voor berekening is tussen 5 en 24% van het landbouwareaal nodig. Deze getallen zijn te groot om in de praktijk te realiseren. Deze aanvullende maatregelen zijn hierom niet geschikt om te regionale tekorten op te heffen maar kunnen lokaal wel een rol spelen in de watervoorziening.

De HWS maatregelen hebben nagenoeg geen effect op de grondwaterstanden. De regionale maatregelen daarentegen wel. De effecten van het regionale maatregelenpakket 1 op de freatische grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 4.6 en Figuur 4.7. In de hogere zandgronden in dit gebied wordt een stijging van de grondwaterstanden berekend. Dit wordt

voornamelijk veroorzaakt door de maatregel peilstijging/bodemverhoging. De maatregel “bodempverhoging” is niet goed geschematiseerd in het model waardoor de resultaten van deze maatregel niet zichtbaar zijn in de vrij afwaterende gebieden zonder wateraanvoer (zoals de Achterhoek en delen van Noord-Brabant). Een bodempverhoging in deze gebieden zal naar verwachting een relevante stijging van de grondwaterstanden opleveren evenredig met de stijging in omliggende gebieden.

De modelresultaten laten lokaal ook daling van de grondwaterstand zien. Dit wordt veroorzaakt door de keuzes in schematisatie van de natuurmaatregel “verwijderen drainagemiddelen”. Dit zijn in het model infiltratie gebieden waardoor er door het verwijderen van de drainage verlaging van de grondwaterstanden op kan treden. Het wordt echter niet reël geschat dat deze maatregel ook in deze gebieden zal worden toegepast waardoor we dit effect niet mee moeten nemen in de afweging. De maatregel peilverhoging/bodemverhoging kan de daling van de grondwaterstanden als gevolg van het Warm 2050 scenario grotendeels compenseren. Wanneer deze maatregelen echter in het geval van een Druk scenario wordt uitgevoerd is een aanzienlijke stijging van de grondwaterstanden mogelijk.

Regionaal maatregelenpakket 2 bevat in deze regio de maatregel vergroten van het potentieel beregend areaal. Als gevolg van deze maatregel kan een daling van de grondwaterstanden optreden door een toename van de onttrekking ten behoeve van beregening.

Binnen de gevoeligheidsanalyse is gekeken naar een vergroting van het potentieel beregend areaal met 100%. Hieruit blijkt dat de grondwaterstanden in de hoge zandgronden erg gevoelig zijn voor het potentieel beregend areaal. Als gevolg van de extra onttrekking van 100% kan een daling van de grondwaterstand van ruim 50cm optreden. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 9.3.

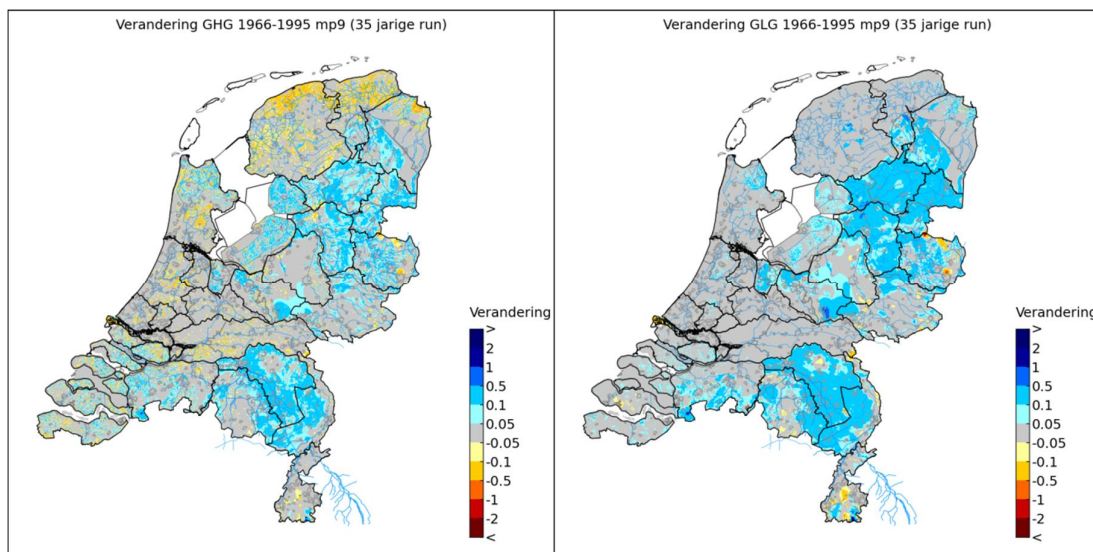
De modelberekeningen van de regionale maatregelen bevatten een hoop onzekerheden. Ook is een deel van de maatregelen niet doorgerekend door beperkingen van het modelinstrument. Wel geven de berekeningen een richting van de verwachte effecten. Hieruit blijkt dat de regionale maatregelen de tekorten van de watervraag aan het hoofdwatersysteem niet volledig op zullen lossen maar wel een bijdrage kunnen leveren aan de lokale zoetwatervoorziening. Regionale maatregelen kunnen ook effect hebben in gebieden die niet of in mindere mate beïnvloed kunnen worden door het hoofdsysteem waardoor deze maatregelen een hoge effectiviteit zullen hebben. Op basis van de berekeningen en de uitkomsten van de expert sessies zijn de volgende maatregelen als kansrijk voor vermindering van de watervraag aan het hoofdwatersysteem geïdentificeerd voor deze regio:

- verhogen peil stuwen/beekbodems
- bufferzones rond natuur
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- peilgestuurde drainage
- uitbreiden beregend areaal

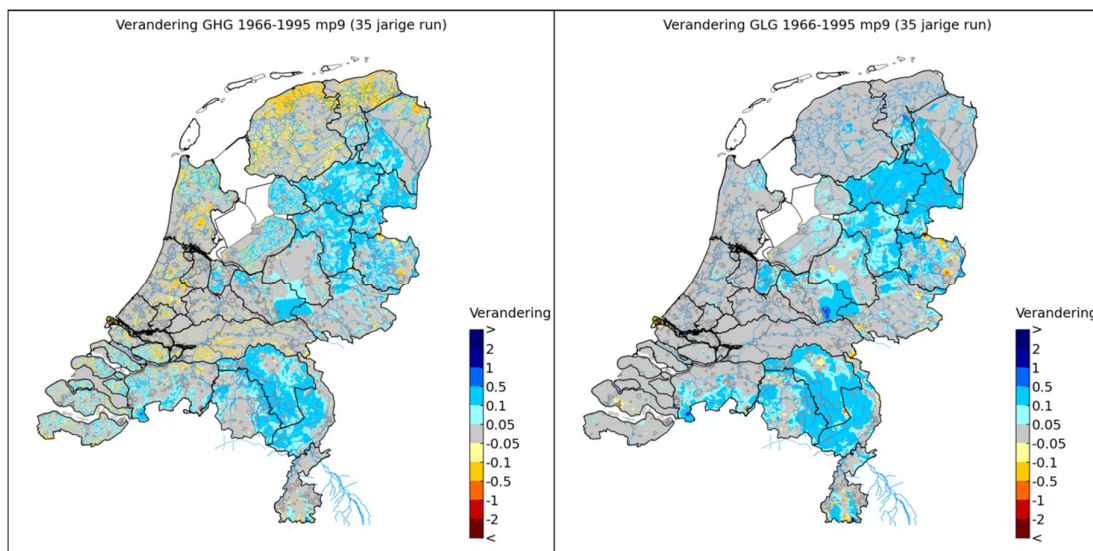
De effecten van individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven in bijlage J.

Lokale inpassing en dimensionering van de regionale maatregelen vereist een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, en is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op

basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.



Figuur 4.6 Verandering GHG (links) en GLG (rechts) als gevolg van het regionaal maatregelenpakket 1 voor Druk 2050 (periode 1966-1995)



Figuur 4.7 Verandering GHG (links) en GLG (rechts) als gevolg van het regionaal maatregelenpakket 1 voor Warm 2050 (periode 1966-1995)

Voor de gebieden die voor de aanvoer van water afhankelijk zijn van de aanvoerroutes via het Twentekanaal, Panheel en Loozen geldt dat de externe aanvoer (Maas- en Rijnwater) bij een WARM scenario stijgt in droge jaren met meer dan 10%. Voor de gebieden rond het Twentekanaal geldt dit ook voor een extreem droog jaar. Voor de aanvoer via Panheel en

Loozen daarentegen is de toename van de levering in extreem droge jaren kleiner dan 10% als gevolg van een beperkt aanbod in de Maas.

4.3.4 Zichtjaar 2100

Voor het zichtjaar 2100 nemen de tekorten in het scenario Warm toe; in een extreem droog jaar is het tekort ongeveer 60%. Dit wordt in een extreem droog jaar 96 Mm³ voor peilbeheer, 6 Mm³ voor drinkwater en industriewater, 29 Mm³ voor doorspoeling, en 52 Mm³ voor beregening in een extreem droog jaar. Het tekort is opgelopen tot zo'n 50%, 50%, 85% resp. 80% van de watervraag. In een droog jaar is het tekort voor doorspoeling ongeveer gelijk, maar zijn de tekorten voor de andere categorieën een stuk lager.

Over het algemeen is de daling van de grondwaterstanden als gevolg van het Warm scenario in 2100 groter dan in 2050. Echter het grootste verschil tussen de effecten in 2050 en 2100 is zichtbaar in enkele delen van de hoge zandgronden. Hier wordt een verlaging van de grondwaterstanden voorspeld in 2050 terwijl in 2100 een verhoging wordt voorspeld. Dit wordt veroorzaakt door een afname van de grondwateronttrekkingen t.b.v. drinkwater die in 2050 ongeveer gelijk blijven maar in 2100 afnemen met 20%. De stijging van de grondwaterstanden als gevolg van de verminderde onttrekking is in deze gebieden dus sterker dan de daling als gevolg van het klimaat.

4.4 Effecten op de landbouw

De schade voor de landbouw is in de Hoge Zandgronden (regio 2, 3, 4, 5 en 14) in de huidige situatie ongeveer 400 M€ in een extreem droog jaar, 190 M€ in een droog jaar en 100 M€ in een gemiddeld jaar (Figuur 4.8). In het scenario Druk neemt dit in een extreem droog jaar af met zo'n 150 M€ en in het scenario Warm neemt dit toe met zo'n 140 M€ voor het zichtjaar 2050. Voor het zichtjaar 2100 is de afname ten opzichte van de huidige situatie voor het scenario Druk circa 170 M€ en voor het scenario Warm een toename van 360 M€.

De effecten van de maatregelen zijn een ordegrootte kleiner dan de effecten van de scenario's. Het scenario extra water over het Maas Waal Kanaal zorgt in een extreem droog jaar niet voor een verlaging van de schade in Warm 2050 en een verlaging van 5 M€ in Warm 2100. Dit is een neveneffect van de maatregel aangezien de maatregel niet is bedoeld voor dit gebied. Een kleine rand van gebied 2 kan meeliften van deze maatregel.

In de modelresultaten is een kleine toename van de droogteschade zichtbaar als gevolg van de regionale maatregelen. Deze resultaten geven geen echter representatief beeld van het maatregelenpakket. De toename van de droogteschade wordt veroorzaakt door lokale verlagingen in het grondwater als gevolg van het verwijderen van de drainagemiddelen in de natuurgebieden en door het verwijderen van de drainage rond natuurgebieden. Het is de vraag of de maatregel "verwijderen waterlopen" in deze gebieden toegepast zal worden, hierom zal deze toename van de droogteschade waarschijnlijk komen te vervallen. Ook zijn de effecten van de verhoging van de bodemhoogtes niet goed doorgekomen in de hydrologie waardoor deze effecten ook niet terug te zien zijn in de resultaten van AGRICOM. Een bodemverhoging zal zorgen voor verhoging van de grondwaterstanden wat een verlaging van de droogteschade tot gevolg heeft.

De maatregel bodem en peilverhoging zorgt voor kan zorgen voor een sterke daling van de droogteschade maar kan rond waterlopen ook een verhoogde natschade leiden. Een eerste analyse (Bakel, 2014) laat zien dat wanneer deze maatregel gebiedsdekkend wordt toegepast in een Warm 2050 scenario de afname van de droogteschade in dezelfde orde van

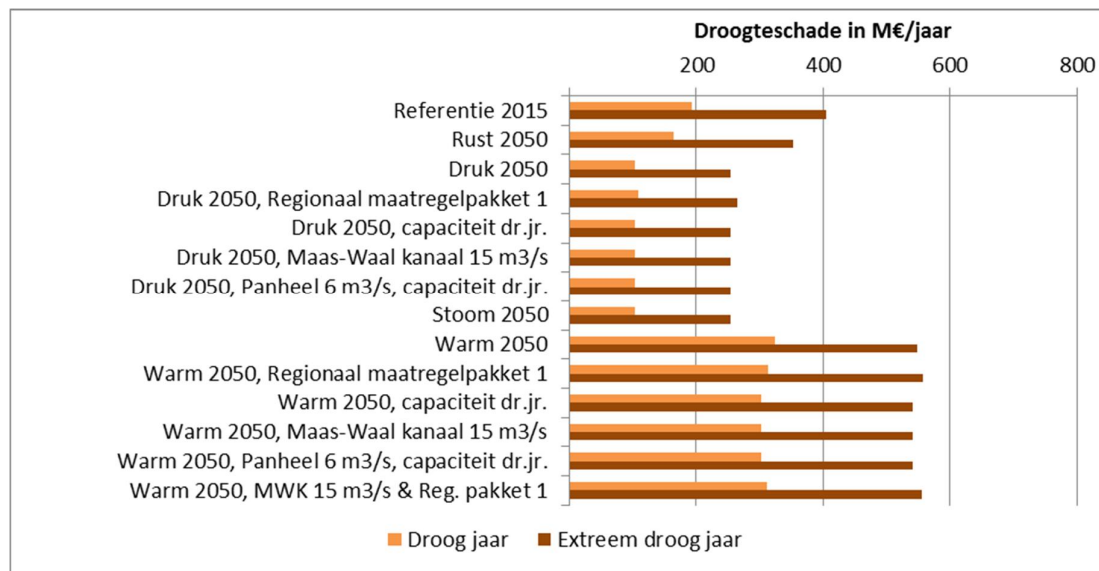
grote kan zijn als de toename van de natschade. In het geval van een Druk scenario zal de toename van de natschade nog groter zijn waardoor er waarschijnlijk meer negatieve effecten dan positieve effecten verwacht worden als gevolg van de maatregel.

De uitbreiding van het potentieel beregend areaal geeft in dit gebied een duidelijk effect tot 5% verminderde droogteschade. Deze maatregel is in de berekeningen het efficiëntst doordat er geen beperking in de onttrekking uit het grondwater plaats vindt. Binnen de gevoeligheidsanalyse is gekeken naar een vergroting van het potentieel beregend areaal met 100%. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 9.3.

Voor de combinatie van extra water over het Maas-Waal kanaal en het regionaal maatregelpakket worden vergelijkbare resultaten berekend als de som van de losse maatregelen.

De regionale maatregelen zoals berekend in deze studie geven de richting van de effecten op de droogteschades voor de landbouw. De berekende droogteschades bevatten een onzekerheid als gevolg van onzekerheden in model, uitgangspunten, scenario's en ontwikkelingen in de markt. Toch is het mogelijk om op basis van de resultaten en van de expertsessies kansrijke maatregelen voor de landbouw te definiëren. De volgende maatregelen zijn als kansrijk voor de landbouw gedefinieerd voor deze regio:

- verhogen peil stuwen/beekbodems
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- peilgestuurde drainage
- uitbreiden beregend areaal

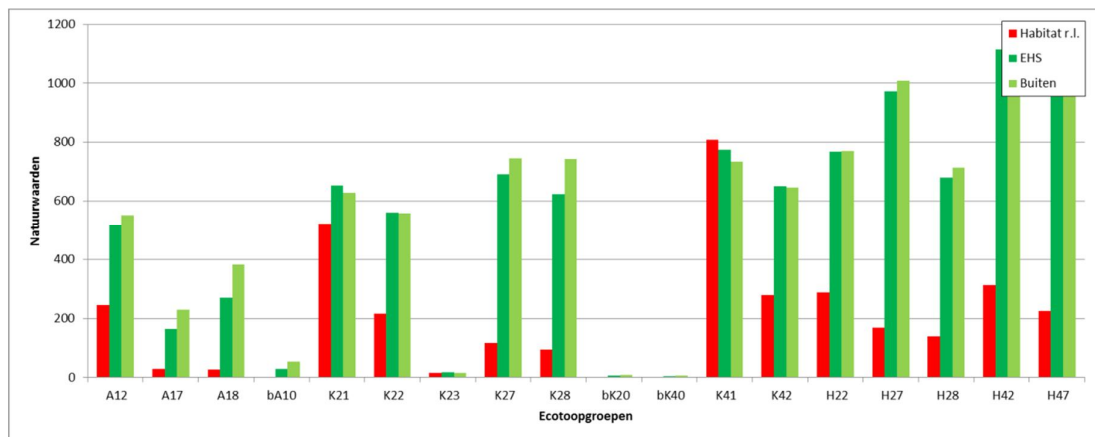


Figuur 4.8 Schade voor de landbouw in de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een droog en extreem droog jaar.

4.5 Effecten op de terrestrische natuur

Het totale areaal van het knelpuntgebied Hoge Zandgronden is 10930 km² waarvan 7% bestaat uit habitatrichtlijngebied. Het areaal van de ecologische hoofdstructuur (EHS) varieert per deltasenario. Dit is 11%, 15%, 19%, 12% en 14% voor huidig, scenario Druk2050, scenario Druk in 2100, scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100. Het is een omvangrijk gebied met een substantieel deel aan habitatrichtlijngebieden. Voor wat betreft

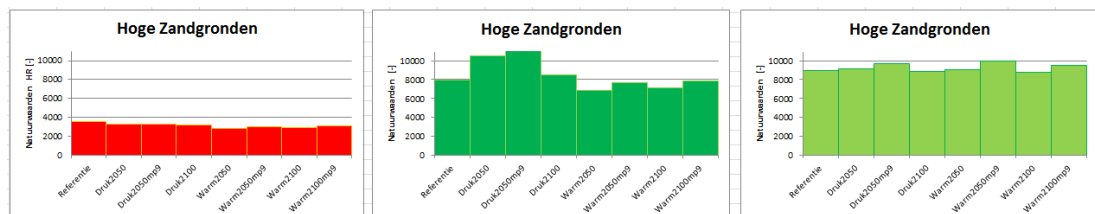
natte en vochtige ecosystemen komt 41% van de landelijke natuurwaarden voor in dit gebied. De effecten zijn beschreven in termen van ecotopgroepen, een indeling van ecosystemen op basis van vegetatiestructuur (A: Aquatisch, K: Kruidachtig, H: Houtachtig) en milieutype. Bijlage E bevat een overzicht en omschrijving van de ecotopgroepen waarvoor de effecten zijn bepaald. De hogere zandgronden omvat het grootste aandeel aan zeldzame, voedselarme ecotopgroepen zoals K21/K41, K22, K27/H27. Dergelijke typen worden vooral aangetroffen in de habitatrictlijngebieden (Figuur 4.9).



Figuur 4.9 Natuurwaarden per ecotopgroep

Het knelpuntgebied Hoge Zandgronden mist een deel van het noordelijk zandgebied wat is toebedeeld aan de regio IJsselmeer en Markermeer. Het gebied omvat grote gebieden van Twente, de Achterhoek, de Veluwe, de Geldersche vallei, en de hogere delen van Noord-Brabant en Limburg (inclusief de lossgronden). Het gebied bevat een grote variatie aan habitatrictlijngebieden zoals hoogvenen (Deurnse Peel & Maria Peel, Korenburgerveen, Wooldse veen, Engbertsdijkvenen), natte heiden en vennen (Kampina, Strabrechtse heide, Regte heide, Ringelseven), droge bossen (Veluwe, Loonse & Drunense duinen, Maasduinen), natte en vochtige bossen (Agelerbroek, Boddebroek, Geldersche poort, Bekendelle, Bunder- en Elsloerbos, Savelsbos), beekdalen (Leudal, Kempenland-West), en kwelafhankelijke schrale graslanden (Binnenveld, Stelkampsveld, Lemselermaten, Dinkelland, Langstraat).

Een overzicht van de effecten op de natuurwaardesom op basis van DEMNAT per scenario staat aangegeven in Figuur 4.10.



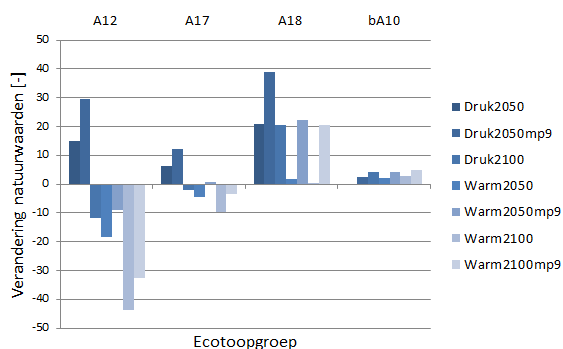
Figuur 4.10 Natuurwaarde per scenario volgens DEMNAT (Rood=HR, Donkergroen = EHS, Licht groen = Buitengebied). Mpa9 staat voor regionaal maatregelenpakket 1.

Ondanks dat het areaal aan habitatrictlijngebied slechts 7% is, is de natuurwaardesom relatief groot. Die heeft alles te maken met de concentratie van waardevolle natuur in deze gebieden. Ook in de EHS komt waardevolle natuur voor. Natuur met een relatieve lage

natuurwaarde komt buiten de natuurgebieden voor. Door het grote areaal is de som aan natuurwaarden voor het buitengebied toch het grootst.

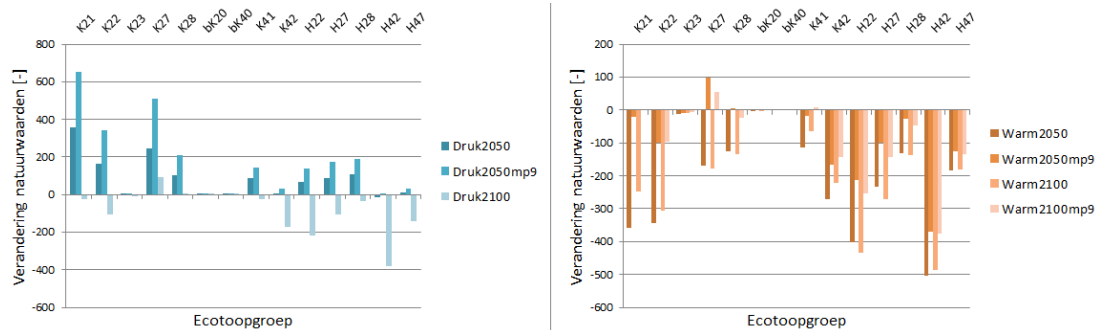
De scenario's laten voor de habitatrictlijengebieden niet al te grote verschillen zien. Voor de EHS zijn wel grote verschillen te zien. De scenario's met een G-klimaat (Druk in 2050, Druk in 2100) laten een toename in natuurwaarden zien, en de scenario's met een W+ klimaat laten een afname in natuurwaarden zien (Warm in 2050, Warm in 2100). Het regionale maatregelenpakket 1 is hier sterk relevant, maar de NHI berekeningen zijn niet geheel goed verlopen. Met name voor de Achterhoek is onvoldoende vernatting aangegeven terwijl op basis van de maatregelen die wel verwacht mag worden. Hierdoor zijn de positieve effecten van vernatting voor natte en vochtige ecosystemen nog onderschat. Zelfs met deze beperking laten de resultaten in Figuur 4.10 zien dat het regionale maatregelenpakket 1 zeer relevant is om verlies aan natuurwaarden onder een W+ klimaat te niet te doen of sterk te beperken.

De effecten in termen van verandering van natuurwaarden per ecotoopgroep staat weergegeven in Figuur 4.11 (aquatisch) en Figuur 4.12 (terrestrisch).



Figuur 4.11 Verandering in natuurwaarden per aquatische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 4.11 laat vooral een afname in natuurwaarde zien voor voedselarme wateren. Bij matig voedselrijke wateren is sprake van beperkte effecten en zeer voedselrijke wateren laten een toename zien in natuurwaarde onder scenario's met een G-klimaat en bij het doorvoeren van het regionale maatregelenpakket. Inspectie van de hydrologische invoer afkomstig van het NHI laat echter zien dat de verandering in waterpeilen niet geheel goed lijkt te zijn. Zo laat de NHI uitvoer voor een W+ scenario wel dalingen zien voor de grondwaterstand terwijl er weinig gebeurt met de waterpeilen. Het is te verwachten dat de waterpeilen van wateren op de hogere zandgronden vaker zullen uitzakken en dat droogval zal optreden. Ook is verlaging in de afvoer te verwachten. Daarom is de verwachting dat zeker voor een W+ klimaat de berekende effecten voor de verschillende aquatische ecotoopgroepen te rooskleurig is.



Figuur 4.12 Verandering in natuurwaarden per terrestrische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 4.12 laat voor de terrestrische ecotoopgroepen de effecten zien. De scenario's Druk in 2050 en Druk in 2100 laten overwegend een toename in natuurwaarden zien als gevolg van vernatting. Voor de scenario's Warm in 2050 en Warm in 2100 laten vrijwel alle ecotoopgroepen een forse afname in natuurwaarden zien, vooral in hoog gewaardeerde typen zoals K21, K22, H22, K42 en H42. Het regionale maatregelenpakket 1 heeft een zeer gunstig effect voor de natte ecosysteemtypen, en kan voor vochtige ecosysteemtypen de afname in natuurwaarden beperken, maar niet voorkomen.

4.6 Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie

Het algemene beeld in de Maas (Klijn *et al.*, 2012) is dat voor het gemiddelde en matig droge jaar in de toekomst op een aantal energieproductielocaties in Maas problemen optreden, met name bij het scenario Stoom. Voor het droge jaar 1976 doen zich op de Maas in de huidige situatie al problemen voor. Opmerkelijk was dat productielocatie Buggenum in de problemen is in een gemiddeld jaar (1967) en niet in een droog jaar (1989). Dat komt doordat 1967 meteorologisch gezien wel gemiddeld is maar een lagere afvoer in de Maas kent dan het droge jaar 1989.

De maatregel die het debiet in de Maas verhoogt, nl. extra water pompen van de Waal naar de Maas via het Maas-Waalkanaal tijdens droge periodes, heeft geen effect op de Maas tot aan Lith, terwijl juist in het Limburgse traject zich de meeste gebruikers dan wel productielocaties bevinden en in de toekomst knelpunten ontstaan. Extra water pompen van de Waal naar de Maas heeft dus een neutraal effect op de huidige koelwatersituatie in het bovenstroomse deel van het Maasstroomgebied.

Voor de effecten van de maatregel op het benedenstroomse deel van de Maas verwijzen wij naar paragraaf 5.6.

5 Rivierengebied

5.1 Inleiding

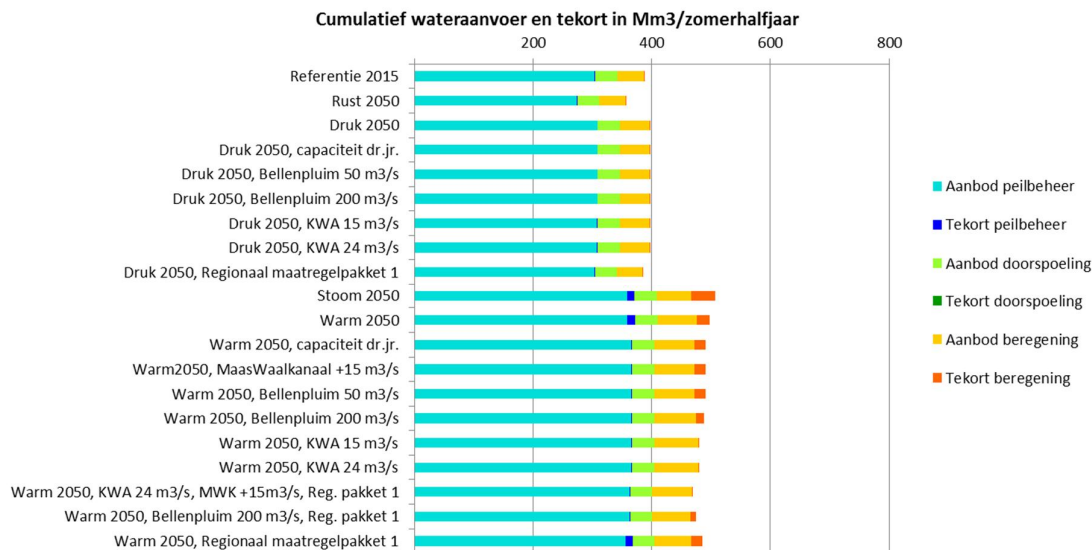
Het gebied dat voor de watervoorziening vooral afhankelijk is van de situatie in de Waal, Maas, Nederrijn, Pannerdensch Kanaal en Amsterdam-Rijnkanaal Betuwepand zijn (Ter Maat *et al.*, 2013):

- Deelgebied 6 Rivierengebied Noord: Dit gebied is voor de oppervlaktewater vraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder het Pannerdensch kanaal en de Nederrijn. Peilbeheer en beregening zijn de belangrijkste watervragers, peilbeheer is daarvan de grootste.
- Deelgebied 7 Rivierengebied Zuid: Dit gebied ligt ingeklemd tussen Waal en Maas, maar is voor de oppervlaktewater vraag grotendeels afhankelijk van de Maas. Dit deel van de Maas wordt in aanzienlijke mate gevoed door de zijrivier de Roer, en die als gevolg van stuwen in Duitsland, een redelijk constante aanvoer kent. Peilbeheer en doorspoelen zijn de belangrijkste watervragers.
- Deelgebied 11 Midden-west Nederland niet extern verzilt: Dit gebied is voor de oppervlaktewater vraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder de Nederrijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). Verreweg de belangrijkste watervrager is het peilbeheer.

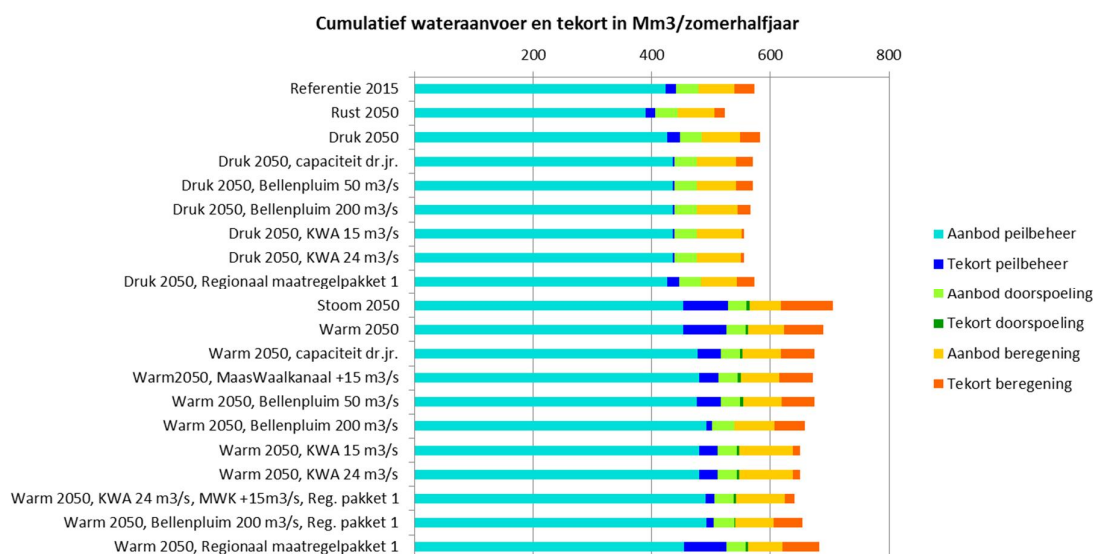
5.2 Effecten op de regionale watertekorten

5.2.1 Referentie jaar 2015

In de referentiesituatie is er in het rivierengebied dat hoofdzakelijk voorzien wordt vanuit de Waal, Maas en Nederrijn en Amsterdam-Rijnkanaal een watertekort van zo'n 8% in een extreem droog jaar (Figuur 5.1). Het tekort heeft vooral gevolgen voor landbouw (tekort beregening uit oppervlaktewater); het aandeel van het tekort voor peilbeheer en drinkwater in het totale tekort is zeer beperkt. In een droog jaar treedt er geen tekort op (Figuur 5.2).



Figuur 5.1 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2050



Figuur 5.2 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2050

5.2.2 Zichtjaar 2050 - zonder maatregelen

In een droog en extreem droog jaar in 2050 blijft het watertekort bij scenario's Druk en Rust gelijk aan het tekort in de referentiesituatie, terwijl het watertekort in het scenario's Warm en Stoom toeneemt naar ruim 5-20% (in een Warm scenario in een extreem droog jaar zo'n 73 Mm³ voor peilbeheer, 29 Mm³ voor drink- en industriewater, 5 Mm³ voor doorspoeling en 60 Mm³ voor beregening). Het tekort voor beregening blijft procentueel het grootst, namelijk 52%

van de beregeningsvraag kan niet worden geleverd. Maar ook drinkwater- en industriewater krijgt te maken met grote tekorten, namelijk zo'n 30%.

In een Druk scenario treden en nauwelijks veranderingen van de gemiddelde grondwaterstanden op. Bij een Warm scenario zijn wel daling van de gemiddelde laagste grondwaterstanden (GLG) te verwachten die kunnen oplopen tot 20 cm. Deze daling treedt gebieddekkend op en wordt veroorzaakt door hogere verdamping en minder neerslag. De veranderingen van de grondwaterstanden in de scenario's Druk en Rust zullen vergelijkbare zijn omdat het klimaat van deze scenario's gelijk is. Hetzelfde geldt voor de resultaten van de scenario's Warm en Stoom.

5.2.3 Zichtjaar 2050 – met maatregelen

Voor het rivierengebied zijn geen maatregelen in beschouwing genomen die de aanvoer richting het totale gebied vergroten om het watertekort op te heffen. Wel kan door een maatregel die de interne verdeling aanpast, namelijk water uit de Waal via het Maas-Waalkanaal naar de Maas tijdens zeer lage afvoersituaties van de Maas, het water efficiënter gebruikt worden in het rivierengebied zelf. Het Rivierengebied-Zuid profiteert hiervan, terwijl het geen invloed heeft op de andere deelgebieden van het rivierengebied. (Wel heeft de nieuwe afvoerdeling invloed op het benedenrivierengebied, omdat de afvoer van de Waal lager is (zie hoofdstuk 7). Uit de modelberekeningen blijkt dat op die manier het tekort in een droog jaar ook in scenario Warm nagenoeg kan worden opgeheven. In een extreem droog jaar blijft er nog steeds een tekort (ruim 20% tegenover 30% zonder de maatregel); voor landbouw is er nauwelijks een effect (tekort blijft rondom de 50%). Dit resterend tekort wordt veroorzaakt doordat benedenstreams een watervraag met hogere prioriteiten aanwezig is waardoor de watervraag voor berekening niet wordt geleverd. De vraag is of deze prioriteiten in de toekomst gehandhaafd blijven.

De maatregelen ten behoeve van de KWA en de bellenpluim kunnen positieve neveneffecten hebben. De KWA heeft positieve neveneffecten op de tekorten in gebied 11 (Midden West Nederland, niet verzilt). In de situatie zonder maatregelen treden er tekorten op door beperkte doorvoercapaciteiten. Deze beperkingen worden door een uitbreiding van de KWA opgeheven waardoor er ook meer water beschikbaar is voor de gebieden waarvoor de KWA niet in eerste instantie voor bedoeld is. Een voorbeeld hiervan is de doorvoercapaciteit van de Hollandsche IJssel (Doorslag). Ook treden door het uitbreiden van de KWA in het minder tekorten waardoor de vraag in de droogste periode lager is dan in de situatie zonder maatregelen. Hierdoor is er meer water beschikbaar voor de andere gebieden. Ook de bellenpluim heeft een positief neveneffect in dit gebied. Het verlagen van het risico op externe verzilting als gevolg van de bellenpluim hebben ook positieve effecten op de zout afhankelijke inlaten van de Krimpenerwaard en de Alblasserwaard. Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat in het model de inlaat al gekort wordt bij concentraties van respectievelijk 250 en 600 mg/l. Het achterland bestaat voornamelijk uit grasland wat minder gevoelig is voor verhoging van de chlorideconcentraties.

Een maatregel die een neveneffect heeft op het rivierengebied is de extra aanvoer richting het IJsselmeer via de IJssel indien het IJsselmeerpeil wegzakt. In dat geval gaat wordt er meer water via de IJssel gestuurd ten koste van de Waal afvoer (IJsselafvoer +100 m³/s, Waal – 100 m³/s). Vooral de scheepvaart zal hier hinder van ondervinden (zie hoofdstuk 5.5).

Voor dit gebied zijn de volgende regionale maatregelen geanalyseerd met het Deltamodel:

- peilgestuurde drainage
- peilopzet/vernatting in en buiten natuurgebieden
- verwijderen ontwatering natuurgebieden

- minder beregenen rond natuurgebieden
- beperken irrigatieverliezen
- verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen
- efficiëntere doorspoeling
- meer beregenen
- onderwaterdrainage veengebieden

Met alleen het regionaal maatregelenpakket 1 (dus zonder ingrepen in het HWS systeem) veranderen de tekorten niet of nauwelijks. Wel neemt de vraag van de regio af. Dit komt voornamelijk omdat de vraag naar peilbeheer en beregening iets afneemt als gevolg van verschillende maatregelen. In dit gebied is het nog mogelijk om met aanvullende regionale maatregelen het resterend tekort te beperken. Om het resterend tekort op te heffen is in het regionaal systeem een waterschijf van 0.3 – 1.4m nodig. De tekorten peilbeheer kunnen worden opgelost door circa 1-5 % van het gebied vol te bouwen met waterreservoirs. Voor het tekort voor beregening is tussen 5 en 24% van het landbouwareaal nodig. Deze getallen zijn te groot om in de praktijk te realiseren. Deze aanvullende maatregelen zijn hierom niet geschikt om te regionale tekorten op te heffen maar kunnen lokaal wel een rol spelen in de watervoorziening.

Het regionale maatregelenpakket heeft ook effect op de grondwaterstanden. De effecten van de regionale maatregelen op de freatische grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 4.6 en Figuur 4.7.

De verandering van de grondwaterstanden wordt in dit gebied vooral veroorzaakt door de peilgestuurde drainage. Als gevolg van deze maatregel is lokaal een daling van de grondwaterstanden mogelijk. Deze effecten zijn voornamelijk zichtbaar bij de hoge grondwaterstanden. Verder treed er nog een stijging van de grondwaterstanden op in het Loosdrechtse plassen gebied. Dit wordt veroorzaakt door de maatregel peilverhoging in en rond natuurgebieden. Bij de effecten van de maatregel peilgestuurde drainage dient de kanttekening gemaakt te worden dat de gekozen weerstand voor het drainagesysteem (te) laag is. Verder wordt de effectiviteit van deze maatregel sterk bepaald door de timing van de peilaanpassing van de drainage (Rozemijer et al, 2012). De te lage weerstand zorgt voor een (te) groot effect op de grondwaterstanden, terwijl de effecten bij een juiste timing van de peilopzet juist groter kunnen zijn. De resultaten geven hierom wel een goede richting maar de absolute waarde van het effect dient op een hoger detailniveau gemodelleerd te worden.

Regionaal maatregelenpakket 2 bevat in deze regio ook de maatregelen meer beregenen en de onderwaterdrainage in de veengebieden. De onderwaterdrainage zorgt voor een toename van de watervraag voor peilbeheer en een daling van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden en een stijging van de gemiddeld laagste grondwaterstanden. De toename van de watervraag wordt veroorzaakt door extra infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater wat de hogere grondwaterstanden veroorzaakt. De toename van de watervraag in deze berekeningen kan oplopen met circa 20%.

Het vergroten van het potentieel beregend areaal geeft een verhoging van de watervraag voor peilbeheer en grondwater. De effecten zijn echter niet zichtbaar op de gemiddelde grondwaterstanden omdat de beregening in dit gebied voornamelijk uit het oppervlaktewater plaatsvindt. Het grotere areaal zorgt voor circa 10% verhoogde watervraag ten behoeve van beregening. Dit water zal niet altijd geleverd kunnen worden aangezien er in een extreem droog jaar tekorten voor beregening kunnen optreden. Binnen de gevoeligheidsanalyse is gekeken naar een vergroting van het potentieel beregend areaal met 100%. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 9.3.

De maatregelen van het Maaswaalkanaal en de KWA24 m³/s zorgen werken op verschillende delen van het gebied waardoor ze het gezamenlijk effect de optelling is van de twee losse effecten. De regionale maatregelen zorgen niet voor een andere effectiviteit van de HWS maatregelen Maaswaalkanaal, KWA 24 m³/s of de bellenpluim 200 m³/s.

De modelberekeningen van de regionale maatregelen bevatten een hoop onzekerheden. Ook is een deel van de maatregelen niet doorgerekend door beperkingen van het modelinstrument. Toch geven de berekeningen een richting van de verwachte effecten. Hieruit blijkt dat de regionale maatregelen de tekorten van de watervraag aan het hoofdwatersysteem niet volledig op zullen lossen maar wel een bijdrage kunnen leveren aan de lokale zoetwatervoorziening. Regionale maatregelen kunnen ook effect hebben in gebieden die niet of in mindere mate beïnvloed kunnen worden door het hoofdsysteem waardoor deze maatregelen een hoge effectiviteit zullen hebben. Op basis van de berekeningen en de uitkomsten van de expert sessies zijn de volgende maatregelen als kansrijk voor vermindering van de watervraag aan het hoofdwatersysteem geïdentificeerd voor deze regio:

- flexibel peilbeheer polders en boezem
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- uitbreiden beregend areaal
- vermindering doorspoeling

De effecten van individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven in bijlage J.

Lokale inpassing en dimensionering van de regionale maatregelen vereist een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, en is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.

5.2.4 Zichtjaar 2100

Voor het zichtjaar 2100 nemen de tekorten in het scenario Druk iets toe; in een extreem droog jaar is het tekort ongeveer 15%. De veranderingen van de grondwaterstanden zijn beperkt en worden voornamelijk veroorzaakt door een verandering in onttrekkingen en landgebruikswijzigingen.

In het scenario Warm nemen de tekorten in een droog jaar toe, namelijk naar 20%. Dit wordt in een extreem droog jaar 40%: 174 Mm³ voor peilbeheer, 37 Mm³ voor drinkwater- en industriewater, 8 Mm³ voor doorspoeling en 138 Mm³ voor beregening in een extreem droog jaar. Het tekort is opgelopen tot zo'n 30%, 50%, 20% resp. 80% van de watervraag. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) daalt in het Warm scenario nog sterker met een verlaging tot circa 50cm.

Het effect van het omleiden van water uit de Waal via het Maas-Waalkanaal naar de Maas ten gunste van de watervoorziening in het Rivierengebied-Zuid geeft een reductie in het watertekort van zo'n 5% in zowel een droog als een extreem droog jaar in het scenario

Warm. Naar verwachting kan hier nog een verdere reductie bereikt worden, omdat de berekeningen laten zien dat niet de maximale nieuwe pompcapaciteit van het Maas-Waalkanaal wordt bereikt en maar een beperkt aantal m³ het deelgebied extra instroomt (beperkingen in het Distributiemodel zijn naar verwachting de oorzaak).

5.3 Effecten op de landbouw

De schade voor de landbouw is in het Rivierengebied (regio 6, 7 en 11) in de huidige situatie ongeveer 110 M€ in een extreem droog jaar, 45 M€ in een droog jaar en 30 M€ in een gemiddeld jaar (Figuur 5.3). In het scenario Druk neemt dit in een extreem droog jaar af met zo'n 20 M€ en in het scenario Warm neemt dit toe met zo'n 90 M€ voor het zichtjaar 2050. Voor het zichtjaar 2100 is de afname ten opzichte van de huidige situatie voor het scenario Druk circa 40 M€ en voor het scenario Warm een toename van 220 M€.

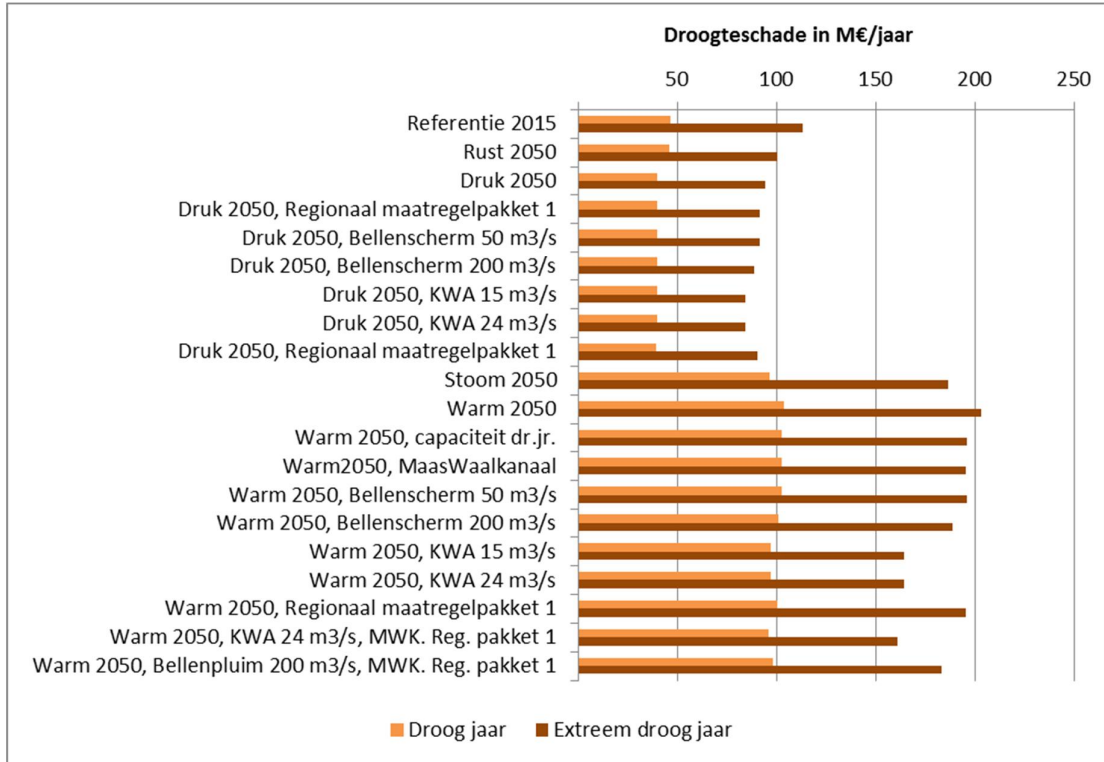
Het aanpassen van de capaciteiten heeft weinig effect in het Druk scenario omdat hier geen tekorten optreden. In het Warm scenario zorgt deze maatteregel alleen voor een vermindering van de droogteschade in een extreem droog jaar van circa 7 M€.

De effecten van de maatregelen zijn een ordegrrootte kleiner dan de effecten van de scenario's. Het scenario verhogen inlaatcapaciteiten zorgt in een extreem droog jaar voor een verlaging van de schade met circa 5 M€ in Warm 2050 en 20 M€ in Warm 2100. In het scenario Warm leidt het regionale maatregelenpakket tot een beperkte afname van de schade van ongeveer 10 M€ (4%) in een extreem droog jaar in 2050. De afname in een extreem droog jaar voor zichtjaar 2100 Warm is gelijk. De maatregel om extra water over het Maas Waal kanaal aan te voeren geeft in de berekeningen bijna geen vermindering van de droogteschade. Dit wordt veroorzaakt doordat het water door de watervraag voor beregening niet geleverd wordt door hogere prioriteiten benedenstrooms. Wanneer de watervraag voor beregening wel geleverd kan worden is een maximale verlaging van de droogteschade van circa 4 mogelijk in Warm 2050 en 14 in Warm 2100. Deze waarden zijn gebaseerd op de resterende droogteschade die optreedt in de potentieel beregende percelen.

De berekeningen laten weinig effect zien van het regionaal maatregelenpakket 1 op de droogteschade. De regionale maatregelen zoals berekend in deze studie geven de richting van de effecten op de droogteschades voor de landbouw. De berekende droogteschades bevatten een onzekerheid als gevolg van onzekerheden in model, uitgangspunten, scenario's en ontwikkelingen in de markt. Toch is het mogelijk om op basis van de resultaten en van de expertsessies kansrijke maatregelen voor de landbouw te definiëren. De volgende maatregelen zijn als kansrijk voor de landbouw gedefinieerd voor deze regio:

- reservoirs
- efficiënter beregenen
- peilgestuurde drainage
- uitbreiden beregend areaal

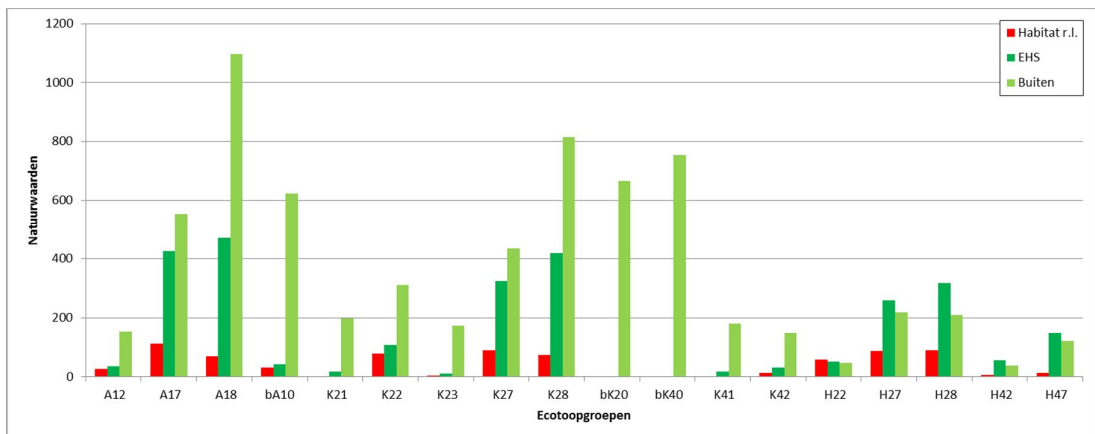
De maatregelen KWA 24 m³/s en de bellenpluim 200 m³/s in combinatie met het regionaal maatregelapakket 1 geven een vergelijkbaar beeld als de som van de losse effecten van de maatregelen.



Figuur 5.3 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een droog en extreem droog jaar.

5.4 Effecten op de terrestrische natuur

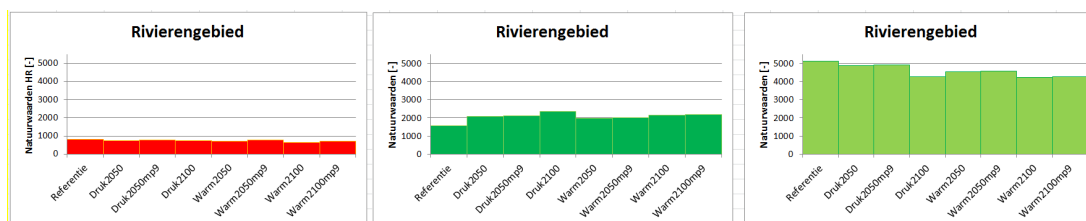
Het totale areaal van het knelpuntgebied Rivierengebied is 3440 km² waarvan 3% bestaat uit habitatrictlijngebied. Het EHS areaal varieert per deltasenario. Dit is 6%, 12%, 13%, 7% en 12% voor huidig, scenario Druk in 2050, scenario Druk in 2100, scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100. Voor wat betreft natte en vochtige ecosystemen komt 11% van de landelijke natuurwaarden voor in dit gebied. Vooral matige tot zeer voedselrijke natuur domineert, maar vooral in de habitatrictlijngebieden komen ook voedselarme typen voor.



Figuur 5.4 Natuurwaarden per ecotoopgroep

Deze regio bevat diverse habitatrichtlijn gebieden die veelal gekoppeld aan de uiterwaarden. Daarnaast komt in deze regio ook het Naardermeer en het Oostelijk vechtplassen gebied. Dit gebied bevat veel matig voedselrijke natuurgebieden afhankelijk van hoge grondwaterstanden en kwel.

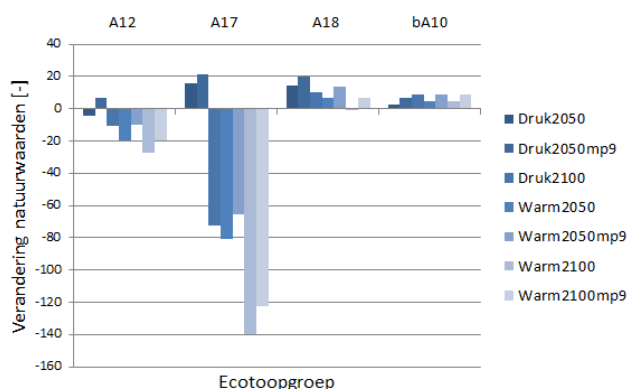
Een overzicht van de effecten op de natuurwaardesom op basis van DEMNAT per scenario staan aangegeven in Figuur 5.5.



Figuur 5.5 Natuurwaarde per scenario volgens DEMNAT (Rood=HR, Donkergroen = EHS, Licht groen = Buitengebied). Mp9 staat voor regionaal maatregelenpakket 1.

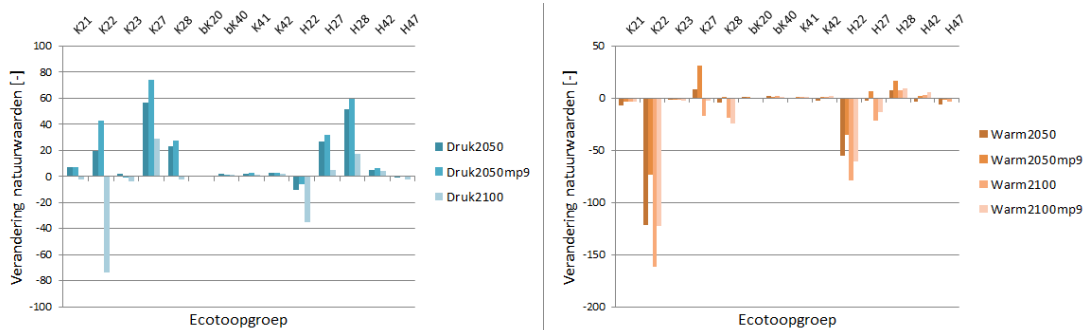
Deze regio dekt een deel van het groene hart. Hier ligt veel natte natuur, maar de natuurwaarde is overwegend gemiddeld. Hoge natuurwaarden zijn vooral gekoppeld aan het Naardermeer en het Oostelijk Vechtplassengebied (kwelzone), en verspreid in specifieke natuurgebieden. In hydrologisch opzicht laten de scenario's geen grote veranderingen zien wat ook terugkomt in de ecologische effecten. Het regionale maatregelenpakket 1 doet hier weinig.

De effecten in termen van verandering van natuurwaarden per ecotoopgroep staat weergegeven in Figuur 5.6 (aquatisch) en Figuur 5.7 (terrestrisch).



Figuur 5.6 Verandering in natuurwaarden per aquatische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 5.6 laat vooral verlies zien voor matig voedselrijke aquatische natuur. Dit is vooral te wijten aan de inlaat van systeem vreemd water. Voor laagveen gebied treedt hier vaak negatieve effecten op van inlaat als gevolg van interne eutrofiering.



Figuur 5.7 Verandering in natuurwaarden per terrestrische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 5.7 laat vooral effecten zien voor kwelafhankelijke terrestrische natuur (K22/K27, en H22/H27) en natte voedselrijke natuur zoals natte graslanden (K28) en broekbossen (H28). De verschillende typen reageren overwegend positief op de scenario's met een G klimaat (Druk) en negatief op scenario's met een W+ klimaat (Warm). Met name de voedselarme kwelafhankelijke natuur (K22, H22) laat een afname in natuurwaarden zien. De regionale maatregelen lijken onvoldoende om het verlies aan natuurwaarden binnen een W+ klimaat te compenseren.

5.5 Vaardieptebeperkingen en schade voor de scheepvaart

De huidige versie van het Deltamodel geeft inzichten in de te verwachten ontwikkeling van afvoeren en vaardieptes, maar geen plausibele uitkomsten voor de schade voor de scheepvaart (zie Bijlage I voor meer detail). Daarom is voorlopig een alternatieve aanpak gevolgd aan de hand van berekende afvoeren en vaardieptes. In dit hoofdstuk worden deze gepresenteerd en worden schadebedragen afgeleid met een simpele methode. Zie voor een beschrijving van deze methode Bijlage I. De schadegetallen geven inzicht in de ordegrrootte van verschillen tussen verschillende scenario's en maatregelen.

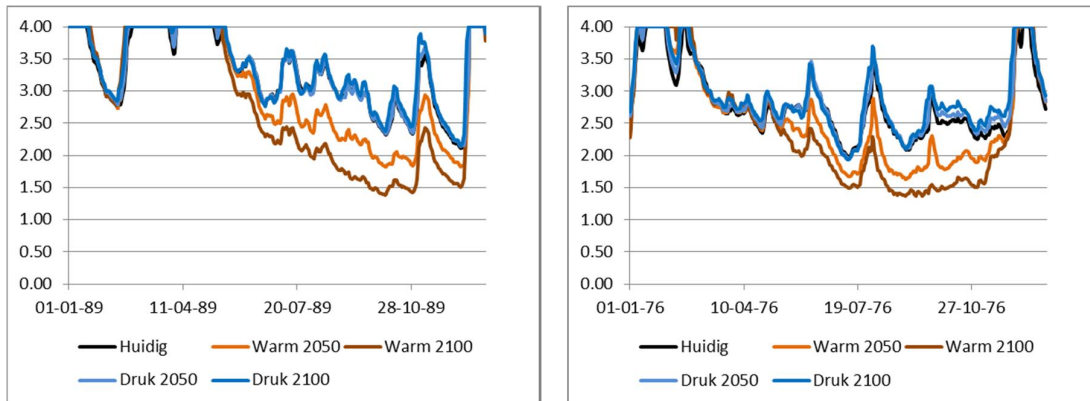
In de analyses in dit hoofdstuk wordt alleen de directe schade voor de scheepvaart beschouwd als gevolg van vaardieptebeperkingen. In werkelijkheid is dit slechts een klein deel van de totale economische schade. De schade voor de verladers en de indirecte gevolgschade voor de economie als geheel zijn waarschijnlijk aanzienlijk groter dan de directe scheepvaartschade. In DPZW was geen instrumentarium beschikbaar om deze schade te analyseren. Wel wordt aanbevolen dergelijk instrumentarium te ontwikkelen. Zie hiervoor verder de notitie Schade vaardieptebeperking van Rijnvaartcommissaris Ivo ten Broeke (Ministerie Infrastructuur en Milieu) (Broeke, 2014), in Bijlage I.

Vaardieptebeperkingen op de Waal en schadebepaling

Figuur 5.7 presenteert de vaardiepte bij Nijmegen berekend op basis van de Lobith afvoer uit de Deltascenario's en de Q-h relatie uit de Droogtestudie (1998) voor verschillende klimaatscenario's. Hieruit blijkt ook duidelijk dat bij een Druk scenario geen significante verandering ten opzichte van de huidige situatie te verwachten valt. Bij een Warm scenario neemt echter de beschikbare vaardiepte in droge en extreem droge jaren aanzienlijk af.

Bij de analyse van de scheepvaartschade is gebruik gemaakt van de schadefunctie voor de Waal bij Nijmegen afgeleid door Ter Maat *et al.* (2013) voor de huidige situatie (zie Bijlage G). Deze is vervolgens ook toegepast op de vaardieptes die uitgerekend zijn voor de verschillende scenario's. Dit betekent dus, dat alleen met het waterstandseffect van de

scenario's rekening is gehouden. Economische aspecten van de scenario's, zoals vraag, aanbod, prijzen en kosten zijn gelijk gehouden aan de huidige situatie. We kijken dus eigenlijk wat de schade van een toekomstig klimaatscenario zou zijn, als het nu op zou treden. In de meeste sociaal economische scenario's neemt echter de scheepvaart toe, waardoor ook de schade toe zal nemen.



Figuur 5.7 Verloop van de vaardiepte over het jaar voor de Waal bij Nijmegen voor een droog jaar (links) en een extreem droog jaar (rechts)

Tabel 5.1 presenteert voor verschillende scenario's en de karakteristieke jaren het berekende aantal dagen dat de vaardiepte van de Waal bij Nijmegen minder is dan 2 en 3 meter en de berekende directe scheepvaartschade. In *Figuur 5.8* wordt dezelfde informatie weergegeven voor de periode van de Deltascenario's, 1961-1995.

Uit de resultaten blijkt dat de Druk scenario's leiden tot een beperkte afname van de vaardieptebeperkingen en de schade. De Warm Scenario's zorgen echter voor een aanzienlijke toename van vaardieptebeperkingen en schade. Conform de Akte van Mannheim mag een afaaddiepte van 2,80 m gemeten over een gemiddeld jaar uit een 100 jarige reeks niet meer dan 20 dagen per jaar worden onderschreden. In de Warm scenario's zou volgens deze uitkomsten dat aantal dagen echter veel groter worden. De berekende schade neemt toe met enkele tientallen miljoenen Euro's per jaar in 2050 en met ruim meer dan 50 miljoen Euro per jaar in 2100. Zelfs voor gemiddelde droge jaren wordt in de Warm scenario's een aanzienlijke schade berekend.

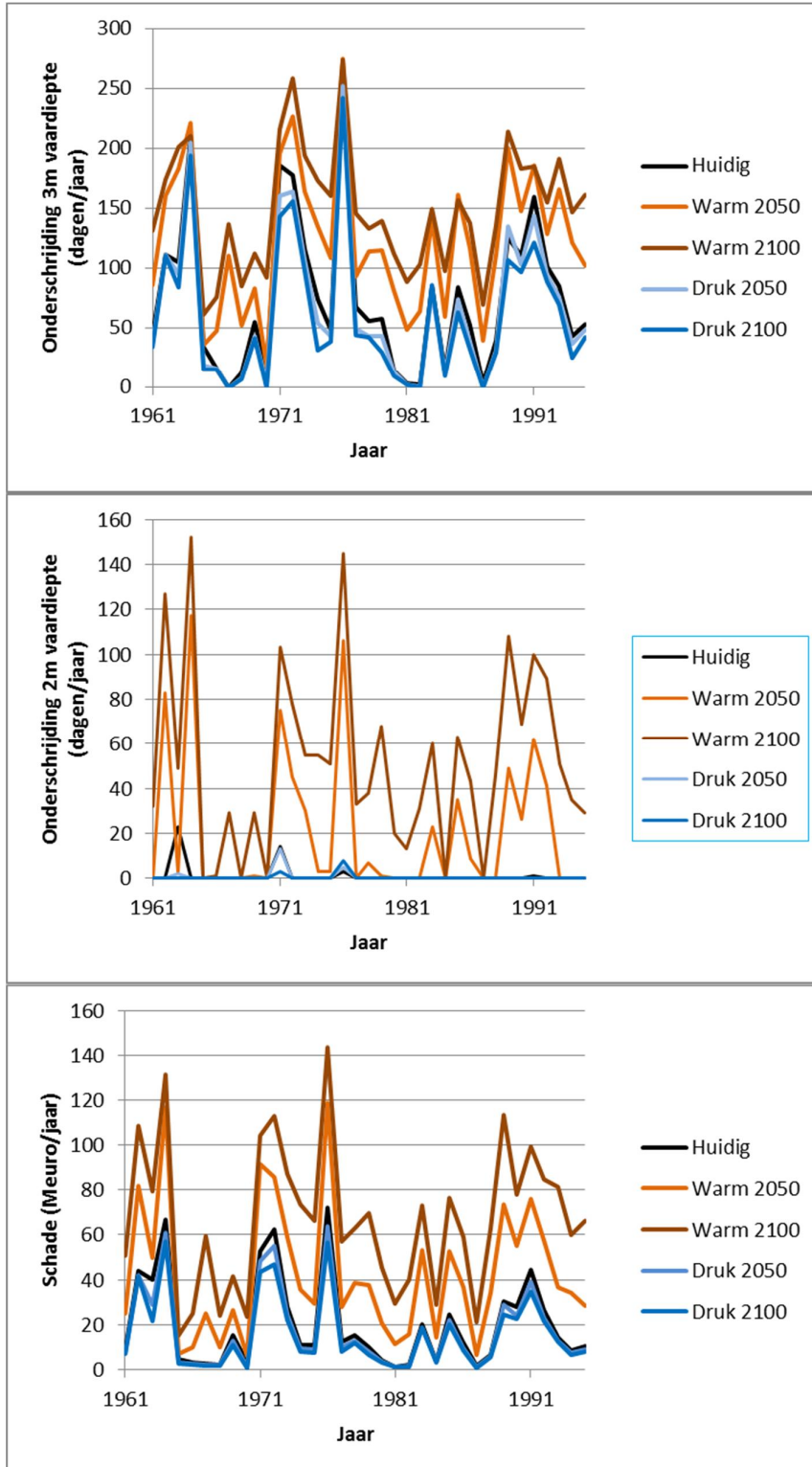
Nog veelzeggender is de berekende ontwikkeling van het aantal dagen per jaar dat de 2 meter vaardiepte onderschreden wordt en de scheepvaart over de Waal daarmee zo goed als geblokkeerd is. In de huidige situatie is er geen enkel jaar in de periode 1961-1995 van de Deltascenario's dat dit meer dan 25 dagen voorkomt. Volgens de berekeningen zou dat in het scenario Warm in 2050 gemiddeld één keer per drie jaar voorkomen en in 2100 zelfs twee keer per drie jaar. Dit zal gevolgen hebben voor scheepvaart, transport en de economie in het algemeen die ver buiten het bereik liggen van de berekende directe schade.

Tabel 5.1 Berekend aantal dagen onderschrijding van de 3 m vaardiepte (boven), 2 m vaardiepte (midden) en scheepvaartschade (onder) voor de verschillende scenario's en karakteristieke jaren

Aantal dagen vaardiepte Waal bij Nijmegen minder dan 3 m			
	1967	1989	1976
Huidig	0	126	261
Warm 2050	110	200	275
Warm 2100	137	214	274
Druk 2050	0	135	252
Druk 2100	0	107	242
Aantal dagen vaardiepte Waal bij Nijmegen minder dan 2 m			
	1967	1989	1976
Huidig	0	0	3
Warm 2050	0	49	106
Warm 2100	29	108	145
Druk 2050	0	0	5
Druk 2100	0	0	8
Schade (Meuro)			
	1967	1989	1976
Huidig	3	30	72
Warm 2050	25	73	119
Warm 2100	59	113	143
Druk 2050	2	29	64
Druk 2100	2	25	57

Effect maatregelen op de scheepvaartschade

Als maatregel voor de lange termijn om het IJsselmeergebied van voldoende water te voorzien in droge perioden wordt overwogen 100 m³/s extra over de IJssel af te voeren ten koste van de Waal. Om de scheepvaartschade hiervan in te schatten is aangenomen dat de reductie van de afvoer op de Waal het gehele zomerhalfjaar bestrijkt. Alle Waal dagafvoeren zijn dus met 100 m³/s gereduceerd. Dit zal een overschatting inhouden ten opzichte van de werkelijke situatie. De effecten van deze maatregel zijn alleen onderzocht voor het scenario Warm 2100, omdat deze maatregel in andere scenario's niet overwogen wordt.



Figuur 5.8 Verloop van het berekend aantal dagen onderschrijding van de 3 m vaardiepte (boven), 2 m vaardiepte (midden) en de berekende scheepvaartschade voor de verschillende scenario's voor de periode 1961-1995

Vervolgens is met de verdeelsleutel van de afvoer over de Rijntakken, de Q-h relatie voor Nijmegen en de vaardiepte-schade functie voor de Waal, het aantal dagen onderschrijding van de 2 en 3 meter vaardiepte en de jaarlijkse scheepvaartschade opnieuw bepaald. Het resultaat is weergegeven in Tabel 5.2. Het aantal dagen onderschrijding van de 3 m vaardiepte zou met maximaal 15 dagen toenemen. Voor de 2 meter vaardiepte zou de toename ongeveer 50 dagen bedragen. De directe scheepvaartschade zou als gevolg van deze maatregel jaarlijks toenemen met ongeveer 20 miljoen euro (onder de huidige economische condities).

Tabel 5.2 Berekend effect van 100 m³/s minder afvoer over de Waal op het aantal dagen onderschrijding van de 3 m vaardiepte (boven), 2 m vaardiepte (midden) en de scheepvaartschade (beneden)

Schade (Meuro)			
	1967	1989	1976
Huidig	7	49	109
Warm 2050	41	99	150
Warm 2100	79	133	167
Druk 2050	5	47	97
Druk 2100	5	41	87
Aantal dagen vaardiepte Waal bij Nijmegen minder dan 3 m			
	1967	1989	1976
Huidig	16	172	283
Warm 2050	126	210	284
Warm 2100	152	222	283
Druk 2050	12	166	272
Druk 2100	11	160	267
Aantal dagen vaardiepte Waal bij Nijmegen minder dan 2 m			
	1967	1989	1976
Huidig	0	12	37
Warm 2050	2	84	143
Warm 2100	84	151	188
Druk 2050	0	10	32
Druk 2100	0	9	31

In de huidige situatie kunnen verschillende locaties op de Waal maatgevend zijn voor de beschikbare vaardiepte. Het gaat dan met name om Nijmegen en St. Andries. Volgens Havinga (2011) is in toenemende mate de harde laag bij Nijmegen bepalend. Daarom is hierboven ook de analyse voor deze locatie uitgevoerd. Ook in de resultaten van het Deltamodel is de locatie bij Nijmegen altijd het meest beperkend voor de scheepvaart op de Waal.

Door een aantal maatregelen zou echter de afvoer tussen Nijmegen en St. Andries af kunnen nemen. Daarbij gaat het met name om maximaal 15 m³/s afvoer van de Waal naar de Maas via het Maas-Waalkanaal (MWK) en maximaal 24 m³/s via het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal naar de Kleinschalige Wateraanvoer (KWA). Totaal zou op deze manier de afvoer bij St. Andries maximaal 39 m³/s minder kunnen worden dan die bij Nijmegen. Volgens de uitkomsten van LSM Light in het Deltamodel zou ook onder deze omstandigheden de vaardiepte bij Nijmegen altijd het meest beperkend zijn en zouden deze maatregelen niet leiden tot een toename van de scheepvaartschade.

Omdat we echter weten dat in de huidige situatie St. Andries soms ook maatgevend kan zijn voor de scheepvaartschade is toch getracht de toename van de schade in dat geval te kwantificeren. Hiervoor zijn waterdiepte – afvoer relaties afgeleid voor Nijmegen en St. Andries van WAQUA resultaten voor afvoeren van 600, 800 en 1000 m³/s (zie Bijlage I).

Vervolgens is de maximale toename van de schade als gevolg van de reductie van de afvoer met 39 m³/s bepaald door te veronderstellen, dat zonder maatregel de vaardiepte bij St. Andries altijd gelijk is aan die bij Nijmegen. Op basis van deze veronderstelling is de toename van de schade eenvoudig af te leiden uit de vaardiepte-afvoer relatie voor St. Andries en de vaardiepte-schade relatie. Het resultaat is weergegeven in Bijlage I. NB: volgens de modellen is de vaardiepte bij St. Andries ook met deze gereduceerde afvoer echter altijd groter dan die bij Nijmegen. De berekende toename in schade is dus een bovengrens, omdat in werkelijkheid Nijmegen meer bepalend voor de schade is dan St. Andries.

Een afname van de afvoer met 39 m³/s bij St. Andries leidt volgens deze berekeningen tot een afname van de waterdiepte bij St. Andries met 4 tot 5 cm. Het effect op de schade varieert van 0,00 tot 0,03 miljoen euro/dag. De grootste verandering in schade treedt op bij een afvoer van 800 tot 900 m³/s, omdat dit valt in het traject waar de schade het meest gevoelig is voor de vaardiepte (zie Bijlage I). Bij ongeveer 250 dagen onderschrijding van het C1 criterium op de Waal in extreem droge jaren, kan de extra scheepvaartschade door een afname van de afvoer bij St. Andries met 39 m³/s volgens deze berekening dus nooit meer bedragen dan ongeveer 5 miljoen euro per jaar.

Conclusies scheepvaartschade

In droge en extreem droge jaren ontstaat significante scheepvaartschade als gevolg van vaardieptebeperkingen. Onder de Druk scenario's zal hier als gevolg van klimaatverandering niet veel in veranderen. De afname van de zomerafvoer in de Warm scenario's zorgt echter voor een aanzienlijke toename in vaardieptebeperking en scheepvaartschade. Ook in gemiddeld droge jaren zal dan aanzienlijke schade optreden. Het aantal dagen per jaar met onderschrijding van de 2 en 3 meter vaardiepte op de Waal bij Nijmegen neemt in Warm scenario's aanzienlijk toe. Onder de huidige economische omstandigheden wordt de toename van de directe schade berekend als enkele tientallen miljoenen Euro's per jaar in 2050 en ruim meer dan 50 miljoen Euro per jaar in 2100. De toename in indirecte schade voor de verladers en voor de economie als geheel zal waarschijnlijk nog veel groter zijn, maar is moeilijk te kwantificeren.

Er is een eerste verkenning uitgevoerd van de extra scheepvaartschade op de Waal als gevolg van het verminderen van de Waalafvoer met 100m³/s om meer water via de IJssel naar het IJsselmeer te leiden. Deze maatregel wordt als een mogelijkheid beschouwd voor de lange termijn. In combinatie met een Warm scenario wordt, onder de huidige economische omstandigheden, de toename van de directe scheepvaartschade als gevolg van de maatregel geschat op 20 miljoen Euro.

In het Deltamodel is de locatie bij Nijmegen altijd maatgevend voor de scheepvaartschade op de Waal. In werkelijkheid kan dit echter variëren als gevolg van dynamiek in de bodemligging bij St. Andries. Daardoor is in de huidige situatie deze locatie ook vaak maatgevend. De verwachting is echter dat bij lage afvoeren en verder in de toekomst de locatie Nijmegen steeds meer maatgevend wordt (Havinga, 2011). Er worden twee maatregelen overwogen die zouden zorgen voor een afname van de afvoer van de Waal tussen Nijmegen en St. Andries met totaal 39 m³/s: extra wateraanvoer van de Waal naar de Maas via het Maas-Waalkanaal van maximaal 15 m³/s en uitbreiding van de Kleinschalige Wateraanvoer tot 24

m³/s. Volgens de waterdiepte-afvoerrelaties afgeleid uit het LSM Light model in het Deltamodel en uit WAQUA, is ook in deze situatie altijd de vaardiepte bij Nijmegen het meest beperkend en zouden deze maatregelen dus geen invloed hebben op de scheepvaartschade. Dit is echter niet realistisch, omdat bekend is dat St. Andries nu soms ook al maatgevend is. Als St. Andries wel altijd maatgevend zou zijn, zou de toename van de directe scheepvaartschade (scheepvaarttransportkosten) als gevolg van deze maatregelen maximaal ongeveer 5 miljoen Euro per jaar bedragen.

5.6 Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie

Het algemene beeld is dat voor het droge en extreem droge jaren de toekomst op een aantal locaties problemen optreden, dat gebeurt al bij het scenario Druk en de ernst van de problemen neemt toe bij de scenario's Stoom en Warm. Deze doen zich voor in het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal.

Effecten Kleinschalige Water Aanvoer maatregelen

KWA maatregelen zijn gericht op het vergroten van de wateraanvoer naar Delfland en Schieland. In de meest extreme variant wordt 24 m³/s aangevoerd (de helft via Gouda via de gekanaliseerde Hollandse IJssel en de helft via Bodegraven via de Oude Rijn) ten opzichte van de huidige aanvoer van orde 7-10 m³/s. De afvoeren in het Amsterdam Rijnkanaal-Betuwapand en Merwedekanaal nemen relatief sterk toe. Het KWA water komt uit drie inlaatlocaties uit de Lek (Wijk bij Duurstede, nabij Hagestein en nabij Schoonhoven). Het debiet op de Lek en benedenstrooms in de Nieuwe Waterweg nemen hierdoor af.

Er liggen geen vraagpunten in het Amsterdam Rijnkanaal-Betuwapand (meer debiet) en in de Lek (debietverandering onbekend) en de verandering op de Waaldebieten zijn verwaarloosbaar, de maatregel is voor die wateren dus neutraal.

De effecten van de KWA op de wateren in het Benedenrivierengebied is beschreven in hoofdstuk 7.

De KWA maatregel is dus overwegend 'gunstig' voor koelwater.

Effecten pompen water van de Waal naar de Maas via het Maas-Waalkanaal tijdens droge periodes

Voor het benedenstroomse deel van de Maas is een maatregel gedefinieerd waarin max. 15 m³/s via het Maas-Waalkanaal van de Waal naar de Maas gepompt wordt om zo tijdens droge periodes de watervoorziening richting Rivierengebied-zuid te verbeteren.

De maatregel heeft geen effect op centrale Nijmegen die net bovenstrooms van aftakking van het kanaal ligt. Verder is het effect op de Waalafvoer verwaarloosbaar en verder niet beschouwd.

Het effect op de afvoer van de Maas vanaf Lith is 20% extra water waardoor de afvoer toeneemt van orde 10 naar 12 m³/s. Het is waarschijnlijk dat deze maatregel een positief effect heeft voor de koelcapaciteit voor de Amercentrale, de enige relevante productielocatie die wordt beïnvloed. Onderzocht moet worden of de positieve bijdrage significant is.

Extra water pompen van de Waal naar de Maas heeft dus een mogelijk positief effect op de huidige koelwatersituatie in het benedenstroomse deel van het Maasstroomgebied.

6 IJsselmeergebied

6.1 Inleiding

Het IJsselmeergebied omvat de volgende deelgebieden, die allen voor de oppervlaktelevering afhankelijk zijn van het IJsselmeer en Markermeer (Ter Maat, 2013):

- Deelgebied 8 Fries-Groningskustgebied: De grootste watervrager in dit gebied is peilbeheer, daarna doorspoeling met minder dan de helft van de watervraag voor peilbeheer
- Deelgebied 9 Noord-Holland: Peilbeheer is de grootste watervrager, daarna volgen doorspoeling en beregening en die zijn ongeveer gelijk in omvang.
- Deelgebied 15 Flevopolders: De belangrijkste watervrager is beregening. Omdat er veel kwelwater is, is de watervraag voor peilbeheer relatief gering.
- Deelgebied 16 IJssel-Vechtgebied: Dit gebied is voor oppervlaktewaterlevering m.n. afhankelijk van de IJssel en de Vecht. De verreweg belangrijkste watervraag is het peilbeheer.
- Deelgebied 17: De verreweg belangrijkste watervrager in dit gebied is peilbeheer

6.2 Veranderingen in de oppervlaktewatervoorraad: het IJsselmeerpeil

Het IJsselmeer levert water aan een groot deel van Noord-Nederland. Er is vanuit het IJsselmeer/Markermeer water nodig voor (Ter Maat et al, 2013):

- Verdamping en/of op peil houden meren, kanalen, boezems en kleine regionale wateren
- Doorspoeling vanuit IJsselmeer richting Waddenzee/Noordzee en intern kleine regionale wateren t.b.v. waterkwaliteit en tegengaan externe zoutindringing
- Beregening landbouwgewassen vanuit oppervlaktewater
- Onttrekkingen drinkwater- en industriewatervoorziening

Wanneer IJsselmeerpeilen onder het afgesproken minimumpeil zakken, ontstaan tekorten voor deze watervragers. Gevolgen zijn bijvoorbeeld landbouwopbrengstderving of verslechterde situatie t.a.v. de waterkwaliteit als gevolg van verminderde doorspoeling.

Wanneer er geen inlaatcapaciteitsbeperking en/of geen verdringingsreeks geldt, ook niet als het gewenste minimum zomerpeil is bereikt, kan het tekort verkleind worden door meer water aan het IJsselmeer te onttrekken. Een grotere buffercapaciteit kan verkregen worden door het peil in het voorjaar hoger op te zetten (in dit geval wordt er meer IJsselwater in het meer vastgehouden) en/of door een lager minimumpeil toe te staan. Hiervoor zijn veel combinaties denkbaar.

Voor elke maatregel die in fase 4 gesimuleerd wordt, is voorgeschreven op welk niveau deze buffer bij voorkeur wordt ingesteld. De streefpeilen (bijvoorbeeld zomerpeil op +0,1 m NAP en minimum zomerpeil op -0,3 m NAP (zie beschrijving in paragraaf 3.2.2)) zijn in het Deltamodel vooraf opgegeven. In het Deltamodel zijn voor verschillende scenario's de peilbeheervarianten gesimuleerd. Figuur 6.1 en Figuur 6.2 presenteren het peilverloop van het IJsselmeer voor verschillende situaties, zoals dat gesimuleerd is met het deltamodel.

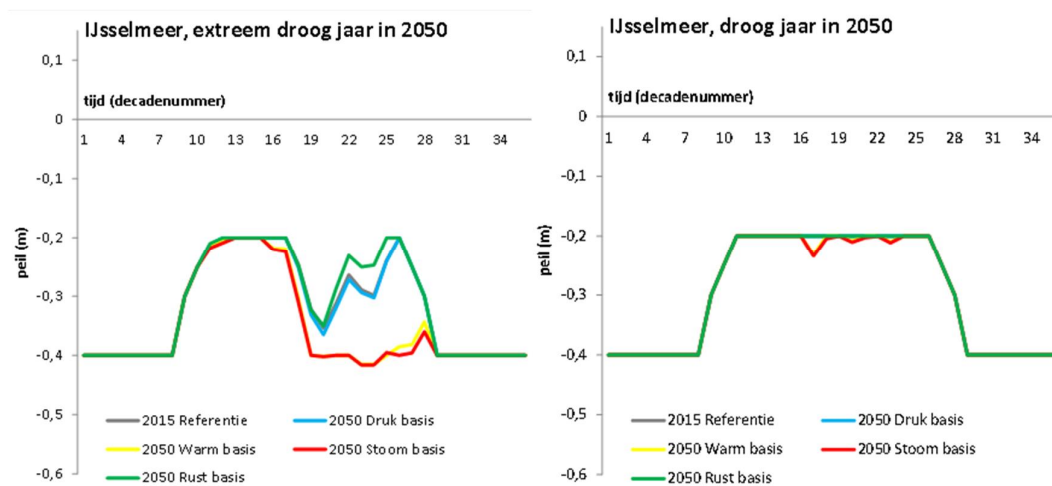
Effecten scenario's

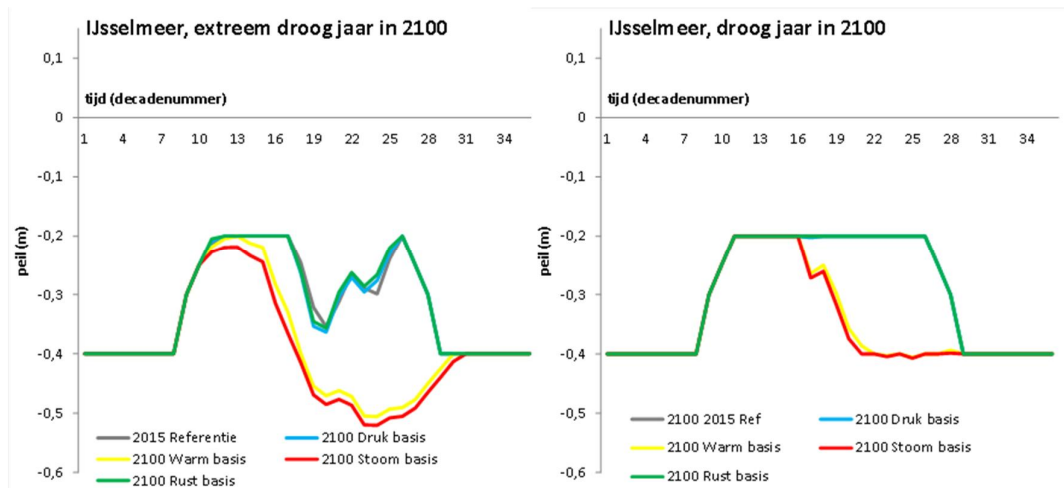
In de huidige situatie en bij alle Deltascenario's zakt het IJsselmeerpeil in een extreem droog jaar onder het zomerstreefpeil van -0,2 m NAP. De huidige situatie en het scenario Druk laten een vergelijkbaar peilverloop zien voor het zichtjaar 2050. Bij het scenario Rust is het peil iets hoger. In het Warm en Stoom scenario voor 2050 zakt het peil uit tot -0,4 m en soms zelfs iets daaronder. In een droog jaar (1989, Figuur 6.1) volgt het peil het streefpeil en zakt het alleen enkele cm uit in het scenario Stoom en Warm.

Voor het zichtjaar 2100 zijn de peilen voor Druk vergelijkbaar aan de referentiesituatie (ook met 2050). In het Warm scenario zakt het peil nog verder uit tot ongeveer -0,5 NAP en is het ongeveer 4 maanden onder -0,4 m NAP. Oorzaak zijn de onttrekkingen aan het IJsselmeer en Markermeer en de verdamping op de meren zelf. De meeste onttrekkingen worden gestopt bij het minimum zomerpeil, maar het natuurlijk proces van verdamping gaat door, zodat het peil toch nog onder het minimum zomerstreefpeil zakt.

De gebruikte bufferschijf is ongeveer 0,2 m in 2050 en 0,3 m in 2100 in het scenario Warm en Stoom in een extreem droog jaar. In een droog jaar is dit ongeveer 0,05 en 0,2 m. In een gemiddeld jaar 0 en 0,15 m. In het scenario Druk en Rust is in alleen in een extreem droog jaar een waterschijf gebruikt (ongeveer 0,15 m in 2050 en 2100).

In het scenario Druk en Rust zakt het peil maximaal uit tot ongeveer 0,35 m -NAP in 2100. Dit betekent dat - bij een verder ongewijzigde situatie van de inlaat en takcapaciteiten – geen maatregelen nodig zijn in het IJsselmeergebied als dit scenario werkelijkheid wordt. Tenzij het vanwege nieuwe inzichten onwenselijk wordt geacht om het peil beneden de -0.3 m NAP te laten uitzakken.

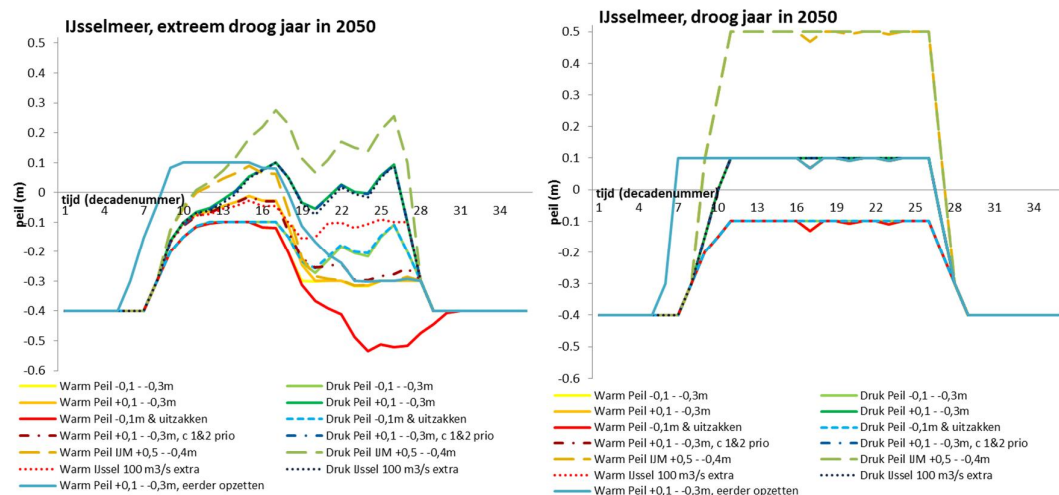


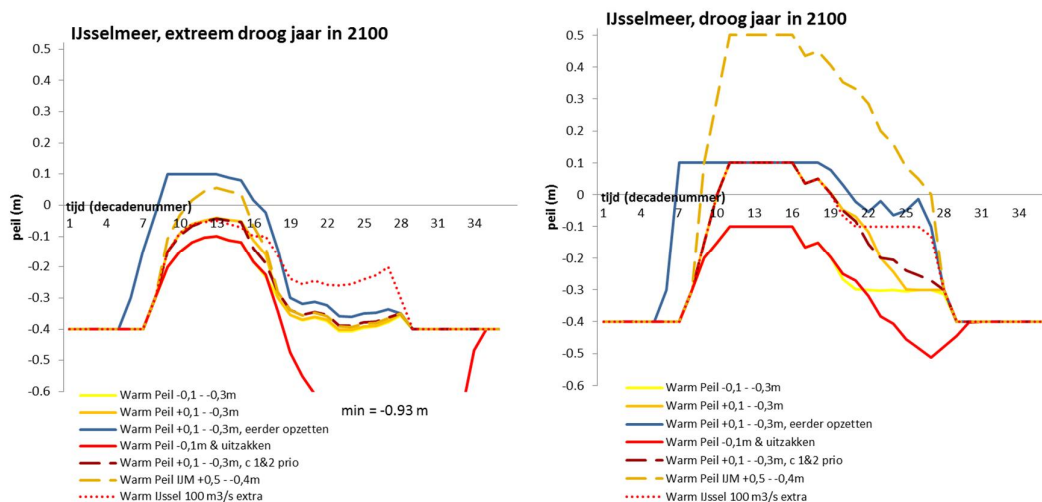


Figuur 6.1 Verloop van het peil in het IJsselmeer voor de deltasenario's en de referentie run in een extreem droog en een droog jaar in 2050 (boven), en in een extreem droog en een droog jaar in 2100 (onder)

Effecten maatregelen

Bij de maatregelen voor het IJsselmeergebied wordt het peil opgezet tot -0,1 m, +0,1 m of +0,5 m NAP. Het peil van +0,1 m wordt alleen (sporadisch) in het scenario Druk gehaald in een extreem droog jaar in 2050. In een droog jaar worden de streefpeilen vrijwel gehaald in beide scenario's in 2050. Voor het zichtjaar 2100 worden de streefpeilen wel in het begin van het zomerhalfjaar gehaald, maar daarna zakken ze verder uit. De maatregel, waarin het peil wordt opgezet tot -0,1 m NAP en daarna mag uitzakken, gebruikt de grootste waterschijf: ongeveer 0,45 m in 2050 en 0,8 m in 2100. Alleen bij deze maatregel zakt het peil aanmerkelijk onder de -0,4 m NAP. In 2050 is dit voor een periode van ongeveer 3 maanden tot maximaal -0,5 à -0,55 m NAP en in 2100 voor een periode ruim 5 maanden tot maximaal ongeveer -0,9 à -0,95 m NAP. Bij de andere maatregelen gebeurt dit niet vanwege de inlaatbeperkingen die vanaf -0,3 m gaan optreden.





Figuur 6.2 Verloop peilen in het IJsselmeer bij de verschillende maatregelen in het scenario Druk en scenario Warm voor een extreem droog jaar en droog jaar in 2050 (boven) en 2100 (onder)

De maatregel waarbij het peil in het IJsselmeer wordt opgezet tot +0,5 m NAP en mag uitzakken tot -0,3 m NAP heeft in potentie de grootste bufferschijf beschikbaar. In een extreem droog jaar is er echter te weinig water beschikbaar om het water zo ver op te zetten (vanaf het winterpeil -0,4 m NAP). De IJssel afvoer is namelijk te laag, zo blijkt uit de berekeningen. Het gevolg is dat er toch iets minder dan 0,4 m bufferschijf beschikbaar is in een extreem droog jaar. In een droog jaar kan de buffer van 0,8 m wel opgebouwd worden, maar is er vanuit de watervragers geen vraag naar.

Opzetten al in het stormseizoen

Om de gewenste grotere bufferschijf van 0,4 m of meer ook echt beschikbaar te hebben in een extreem droog jaar, moet het peil daarom eerder worden opgezet (vanaf winterstreefpeil -0,4 m NAP) dan dat nu gebruikelijk is. Dit houdt in dat nog in het stormseizoen (met gevolgen voor het waterveiligheidsrisico) begonnen wordt het peil te laten stijgen door minder te spuien naar de Waddenzee. Voor de maatregel met een zomerpeil van +0,1 m NAP geven verkennende berekeningen (met alleen het DM model) aan dat in het scenario Warm in 2050 en 2100 het peil eind februari al tot -0,3 m gestegen/opgezet moet zijn om aan het begin van zomerhalfjaar het gewenste zomerstreefpeil te kunnen bereiken. In geval van een zomerstreefpeil van +0,5 m NAP (de maximale buffer variant die doorgerekend is) moet het peil nog eerder in het stormseizoen worden opgezet; naar schatting zal het peil eind februari al ongeveer +0,1 m NAP moeten zijn.

Benodigde bufferschijf voor maximale levering aan de regio

Tabel 6.1 laat zien welke bufferschijf (aanpassing verschil tussen zomerstreefpeil en minimum zomerpeil) nodig zou zijn in verschillende situaties om te voorkomen dat het IJsselmeer onder het minimum zomerpeil zakt, indien er geen korting geldt in een droog jaar situatie: alle watervragen worden dan in een gemiddeld en droog jaar bediend. In een extreem droog jaar treden er nog tekorten in de berekening op, omdat de inlaat- en doorvoercapaciteiten immers afgestemd zijn op een droog jaar (uitgangspunt, zie paragraaf 3.2.1.), maar deze zijn erg klein.

Omdat er in het model een prioriteitsvolgorde in de afhandeling van de watervragen aan het IJsselmeer zit, is het zo dat de aanvoer vanuit het IJsselmeer naar het Markermeer afneemt naarmate de uitzakking van het meer groter wordt. Gevolg is dat het Markermeer verder kan

uitzakken dan het IJsselmeer (zie linker en middelste kolom van Tabel 6.1). Op basis van de modeluitkomsten is ook berekend wat de benodigde bufferschijf zou zijn als het peilverloop op het IJsselmeer en op het Markermeer hetzelfde zouden zijn (rechter kolom in Tabel 6.1). Uit de tabel volgt dat een bufferschijf van 0,2 m voldoende is in de huidige situatie en onder scenario Druk. In scenario Warm is in 2050 een schijf van 0,5 m nodig en in 2100 ruim 0,9 m.

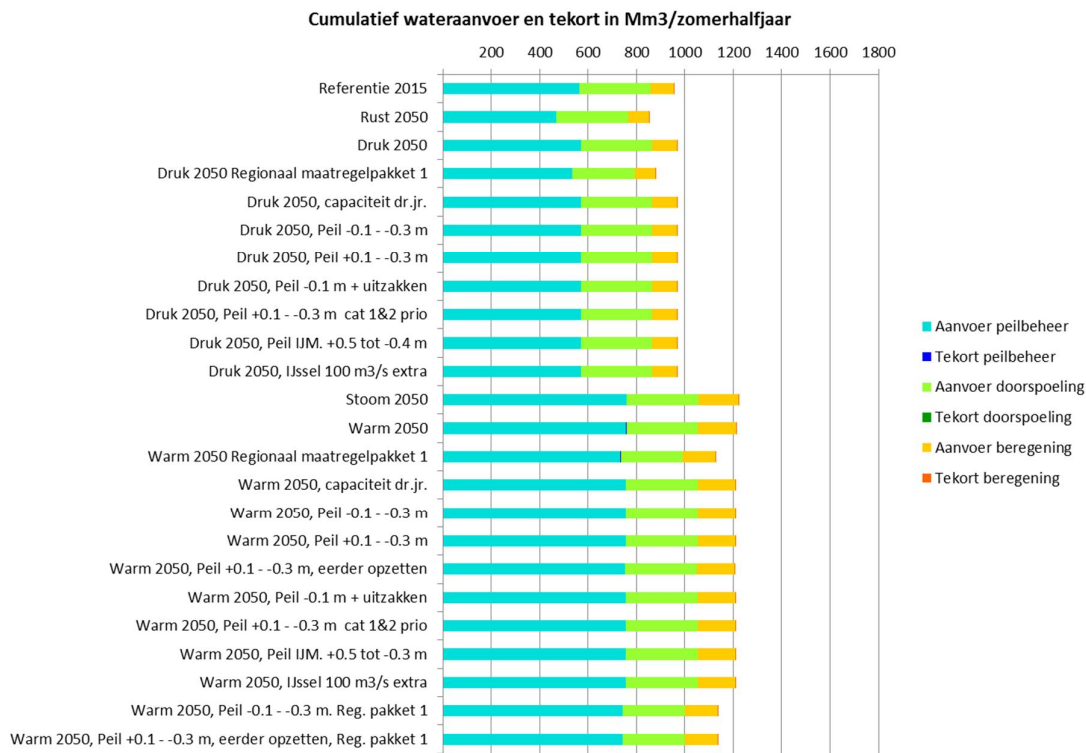
Tabel 6.1 Equivalent benodigde bufferschijf [in m], uit IJsselmeer en Markermeer, als in een gemiddeld (1967) en droog jaar (1989) 100% van de watervraag in het IJsselmeergebied geleverd wordt (en in extreem droog jaar bijna 100% aangezien inlaat- en doorvoercapaciteiten afgestemd zijn op piekwatervraag in droog jaar) bij een zomerstreefpeil - 0,1 m NAP.

Scenario	Uitzakking IJsselmeer [m]			Uitzakking Markermeer [m]			Gelijke uitzakking IJsselmeer/Markermeer [m]		
	Gemiddeld 1967	Droog 1989	Extr.	Gemiddeld 1967	Droog 1989	Extr.	Gemiddeld 1967	Droog 1989	Extr.
			droog 1976			droog 1976			droog 1976
Ref. 2015	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,15
Druk 2050	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,17
Warm 2050	0,01	0,03	0,43	0,00	0,03	0,57	0,00	0,03	0,49
Druk 2100	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,16
Warm 2100	0,16	0,41	0,83	0,20	0,53	1,06	0,18	0,46	0,92

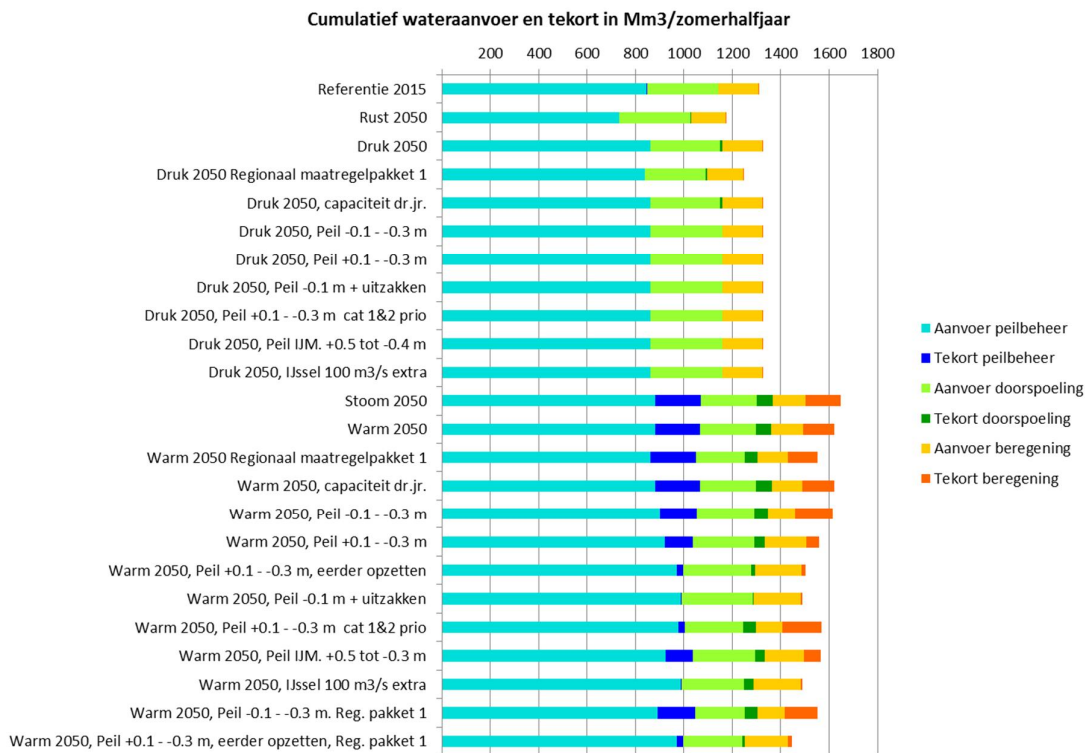
6.3 Effecten op de regionale watertekorten

6.3.1 Referentie jaar 2015

In de referentie situatie zijn er in het gebied dat voorzien wordt vanuit het IJsselmeer, Markermeer en de IJssel vrijwel geen watertekorten in een extreem droog jaar (Figuur 6.4).



Figuur 6.3 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het IJsselmeergebied (deelgebieden 8, 9, 15, 16, 17) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2050



Figuur 6.4 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het IJsselmeergebied (deelgebieden 8, 9, 15, 16, 17) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2050

6.3.2 Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen

Er worden geen tekorten berekend in een droog jaar voor alle scenario's met het zichtjaar 2050.

De resultaten van het Druk en Rust scenario komen grotendeels overeen met de referentie. De totale watervraag voor peilbeheer is in het Rust scenario iets kleiner dan in de referentie en het Druk scenario. In het scenario Druk ontstaat er in een extreem droog jaar in dit gebied in 2050 een klein watertekort voor doorspoeling, 3% van het totaal voor het IJsselmeervoorzieningsgebied). De modelresultaten geven aan dat dit tekort met het vergroten van de inlaten vanuit het IJsselmeer en het vergroten van de doorvoercapaciteiten van de achterliggende kanalen in combinatie met een bufferschijf van 0,2 m kan worden opgegeven. De grondwaterstanden veranderen gemiddeld weinig (Figuur 4.5). Lokaal zijn door bodemdaling wel verandering van de grondwaterstanden mogelijk. Dit wordt veroorzaakt door heterogeniteit in de waarde van de bodemdaling waardoor een sterke bodemdaling in een aanliggend gebied een verlaging van de grondwaterstanden kan veroorzaken. In de kustgebieden is een stijging van de grondwaterstanden mogelijk als gevolg van de zeespiegelstijging. De veranderingen van de grondwaterstanden in de scenario's Druk en Rust zullen vergelijkbare zijn omdat het klimaat van deze scenario's gelijk is.

In het scenario Warm en Stoom ontstaan er in 2050 aanzienlijk grotere tekorten van ongeveer 25% in een extreem droog jaar (in een Warm scenario in een extreem droog jaar zo'n 185 Mm³ voor peilbeheer, 65 Mm³ voor doorspoeling en 130 Mm³ voor beregening). Het

tekort voor beregening is procentueel het grootst, namelijk 50% kan niet worden geleverd, terwijl de andere watervragers een tekort van rond de 20% hebben. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) daalt sterk tot circa 25-50 cm als gevolg van de hogere verdamping en lagere neerslag (Figuur 4.5). De gemiddeld hoogste grondwaterstanden veranderen weinig. Wel is in het Warm scenario door bodemdaling lokaal een stijging of daling van de grondwaterstanden mogelijk. In de kustgebieden is een stijging van de grondwaterstanden mogelijk als gevolg van de zeespiegelstijging. De effecten van de zeespiegelstijging is in Noord-Holland duidelijk sterker dan in de kustgebieden van Friesland en Groningen. Dit wordt veroorzaakt door de verschillen in bodemopbouw tussen deze twee gebieden. Door verschillen in de deklaagweerstand zijn de effecten van de zeespiegelstijging verschillend. Een hoge deklaagweerstand heeft zorgt voor een klein effect van de zeespiegelstijging op de freatische grondwaterstand. De veranderingen van de grondwaterstanden in de scenario's Warm en Stoom zullen vergelijkbare zijn omdat het klimaat van deze scenario's gelijk is.

6.3.3 Zichtjaar 2050 – met maatregelen

Met de HWS maatregelen worden de tekorten kleiner naarmate de bufferschijf die beschikbaar is voor de waterlevering groter wordt. Alleen bij de maatregel waarin het IJsselmeerpeil wordt opgezet (tot een niveau waarbij er voldoende IJssel aanvoer is om het meer te vullen) en onbeperkt mag uitzakken, worden de tekorten in het scenario Warm voor een extreem droog jaar vrijwel opgeheven. Ook de maatregel waarbij 100 m³/s meer over de IJssel wordt gestuurd als het waterpeil onder de -0,1 m NAP zakt beperkt de tekorten aanzienlijk. In een extreem droog jaar in 2050 in het scenario Warm zijn beide maatregelen afzonderlijk echter nog steeds onvoldoende om de tekorten op te heffen.

Opvallend is dat de maatregel waarin het IJsselmeerpeil wordt opgezet naar +0.5 m NAP met de intentie om daarmee een beschikbare bufferschijf van 0,8 m te creëren een vergelijkbaar effect heeft als de maatregel waarin het peil wordt opgezet naar +0,1 m NAP ten behoeve van het creëren van een beschikbare bufferschijf van 0,4 m. Het tekort is in beide gevallen zo'n 15%. Dit komt doordat er in een extreem droog jaar onvoldoende water wordt aangevoerd via de IJssel. Om beide buffers te halen zou het peil eerder in het jaar moeten worden opgezet (zie verder paragraaf 6.2).

Voor dit gebied zijn de volgende regionale maatregelen geanalyseerd met het Deltamodel:

- bodem- of peilverhoging waterlopen
- flexibel peilbeheer (boezem Noord Holland)
- peilgestuurde drainage
- aanpassen moment van peilopzet
- peilopzet/vernatting in en buiten natuurgebieden
- verloving
- verwijderen ontwatering natuurgebieden
- minder beregenen rond natuurgebieden
- beperken irrigatieverliezen
- verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen
- efficiëntere doorspoeling
- meer beregenen
- onderwaterdrainage veengebieden

Met alleen het regionaal maatregelenpakket (dus zonder ingrepen in het HWS systeem) veranderen de tekorten nauwelijks. Wel neemt de vraag van de regio af. Dit komt voornamelijk omdat de doorspoeling in het regionaal maatregelenpakket wordt verminderd.

Ook is er een kleine vermindering van de vraag zichtbaar als gevolg van verschillende maatregelen.

In dit gebied zijn nog enkele aanvullende regionale maatregelen mogelijk. Wanneer het resterend tekort wordt omgerekend naar deze maatregelen is dit mogelijk met een bufferschijf voor flexibel peilbeheer van circa 0.6 – 0.7 m, plaatsing van reservoirs voor peilbeheer op circa 1-2% van het areaal of plaatsing van reservoirs voor beregening op 10 – 15 % van het landbouwareaal. In Flevoland wordt nagedacht over grondwaterinfiltratie voor berging van beregeningswater. Om aan deze vraag te voldoen in een extreem droog jaar in scenario Warm in 2050 is bijna 40 Mm³ nodig. Dit is gelijk aan ongeveer 40% van het grondwater wat in Nederland wordt onttrokken t.b.v. de drinkwatervoorziening. Deze getallen zijn te groot om in de praktijk te realiseren. Deze aanvullende regionale maatregelen zijn hierom niet geschikt om te regionale tekorten op te heffen maar kunnen lokaal wel een rol spelen in de watervoorziening.

Het regionale maatregelenpakket 1 heeft een duidelijk effect op de grondwaterstanden. De effecten van de regionale maatregelen op de freatische grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 4.6 en Figuur 4.7. Er wordt een daling van de hoge grondwaterstanden berekend in de kleigebieden van Noord-Nederland en in Noord-Holland. Dit wordt veroorzaakt door de maatregel peilgestuurde drainage. Deze daling is alleen zichtbaar in de hoge grondwaterstanden en heeft nauwelijks tot geen effect laagste grondwaterstanden. In Flevoland wordt als gevolg van peilgestuurde drainage echter een verhoging van de grondwaterstanden berekend. Dit geldt voor zowel de hoge als de lage grondwaterstanden. Bij de effecten van de maatregel peilgestuurde drainage dient de kanttekening gemaakt te worden dat de gekozen weerstand voor het drainagesysteem (te) laag is. Verder wordt de effectiviteit van deze maatregel sterk bepaald door de timing van de peilaanpassing van de drainage (Rozemijer et al, 2012). De te lage weerstand zorgt voor een (te) groot effect op de grondwaterstanden, terwijl de effecten bij een juiste timing van de peilopzet juist groter kunnen zijn. De resultaten geven hierom wel een goede richting maar de absolute waarde van het effect dient op een hoger detailniveau gemodelleerd te worden.

In de hogere zandgronden in dit gebied wordt een stijging van de grondwaterstanden berekend. Dit wordt veroorzaakt door de maatregel peilstijging/bodemverhoging. De stijging van de grondwaterstanden treedt voornamelijk op in de gebieden waar wateraanvoer mogelijk is. Lokaal kan er ook een daling van de grondwaterstanden op treden in deze gebieden. Dit wordt veroorzaakt door de maatregel verwijderen oppervlaktewaterdrainage. De verklaring van dit effect staat omschreven in Bijlage B, waar ook de effecten van andere individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven.

Als gevolg van het regionaal maatregelenpakket 1 in combinatie met een aangepaste bufferschijf van het IJsselmeer nemen de vragen en de tekorten af ten opzichte van alleen de aangepaste bufferschijf. De regionale maatregelen versterken hier het effect van het vergroten van de bufferschijf. Dit komt vooral door het verlagen van de regionale vraag.

Regionaal maatregelenpakket 2 bevat in deze regio de maatregel vergroten van het potentieel beregend areaal. Het vergroten van het potentieel beregend areaal geeft een verhoging van de watervraag voor peilbeheer en grondwater. Het grotere areaal zorgt voor circa 10% verhoogde watervraag ten behoeve van beregening en een lokale daling van de grondwaterstanden. Deze daling treedt op in de gebieden waar de beregening of de toegenomen beregening uit het grondwater plaatsvindt (Veenkoloniën). De toegenomen watervraag uit het oppervlaktewater zal niet altijd geleverd kunnen worden aangezien er in een extreem droog jaar tekorten voor beregening kunnen optreden. Binnen de

gevoeligheidsanalyse is gekeken naar een vergroting van het potentieel beregend areaal met 100%. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 9.3.

De modelberekeningen van de regionale maatregelen bevatten een hoop onzekerheden. Ook is een deel van de maatregelen niet doorgerekend door beperkingen van het modelinstrument. Toch geven de berekeningen een richting van de verwachte effecten. Hieruit blijkt dat de regionale maatregelen de tekorten van de watervraag aan het hoofdwatersysteem niet volledig op zullen lossen maar wel een bijdrage kunnen leveren aan de lokale zoetwatervoorziening. Regionale maatregelen kunnen ook effect hebben in gebieden die niet of in mindere mate beïnvloed kunnen worden door het hoofdsysteem waardoor deze maatregelen een hoge effectiviteit zullen hebben. Op basis van de berekeningen en de uitkomsten van de expert sessies zijn de volgende maatregelen als kansrijk voor vermindering van de watervraag aan het hoofdwatersysteem geïdentificeerd voor deze regio:

- flexibel peilbeheer polders en boezem
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- uitbreiden beregend areaal
- vermindering doorspoeling

De effecten van individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven in Bijlage J.

Lokale inpassing en dimensionering van de regionale maatregelen vereist een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, en is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.

6.3.4 Zichtjaar 2100

Voor het zichtjaar 2100 nemen de tekorten in het scenario Warm toe; in een extreem droog jaar is het tekort ongeveer 50%. Dit wordt in een extreem droog jaar 660 Mm³ voor peilbeheer, 15 Mm³ voor drinkwater en industrie, 80 Mm³ voor doorspoeling, en 244 Mm³ voor beregening in een extreem droog jaar. Het tekort is opgelopen tot zo'n 50%, 50%, 25%, resp. 75% van de watervraag.

Vergroten van de beschikbare bufferschijf van 0,2 m alleen (mits in combinatie met het vergroten van de inlaat en doorvoercapaciteit) heeft in het Warm scenario in het zichtjaar 2100 geen effect. In een droog jaar zijn alle andere HWS maatregelen wel voldoende. In een extreem droog jaar in 2100 beperkt alleen de maatregel waar in het peil wordt opgezet naar -0,1 m NAP en daarna mag uitzakken de tekorten vrijwel helemaal. Ook de maatregel waarbij meer water via de IJssel wordt gestuurd heeft een groot effect. De overige maatregelen hebben een zeer beperkt effect, o.a. omdat de gewenste beschikbare bufferschijf niet gecreëerd kan worden vanwege onvoldoende wateraanvoer.

Het regionale maatregelenpakket in 2100 nagenoeg hetzelfde effect als in 2050: met alleen het regionaal maatregelenpakket (dus zonder ingrepen in het HWS systeem) veranderen de tekorten nauwelijks. Wel neemt de vraag van de regio af. Dit komt voornamelijk omdat de doorspoeling in het regionaal maatregelenpakket wordt verminderd. Ook is er een kleine vermindering van de vraag zichtbaar als gevolg van verschillende maatregelen.

6.4 Effecten op de landbouw

De schade voor de landbouw is in het gebied dat water krijgt uit het IJsselmeer en Markermeer (regio 8, 9, 15, 16 en 17) in de huidige situatie ongeveer 370 M€ in een extreem droog jaar, 110 M€ in een droog jaar en 85 M€ in een gemiddeld jaar (Figuur 6.5). In het scenario Druk neemt dit in een extreem droog jaar af met zo'n 35 M€ en in het scenario Warm neemt dit toe met zo'n 240 M€. Voor het zichtjaar 2100 is de afname ten opzichte van de huidige situatie voor het scenario Druk circa 40 M€ en voor het scenario Warm een toename van 640 M€.

De effecten van de maatregelen zijn een ordegrootte kleiner dan de effecten van de scenario's. In het scenario Druk zijn er geen tekorten en dus ook geen effecten te zien. In het scenario Warm leidt de maatregel met een hoger peil, en met een hogere inlaatcapaciteit tot een beperkte toename van de schade van ongeveer 10 M€ (1,5%) in een extreem droog jaar in 2050. Dit is het gevolg van de grotere inlaatcapaciteit naar de districten, met name naar Friesland, waardoor er in het model meer water door Friesland wordt ingelaten en minder beschikbaar is voor Flevoland en Noord-Holland. Dit moet gezien worden als een effect van de manier waarop de modellering wordt gedaan. Er blijft evenveel water beschikbaar als in de referentiesituatie.

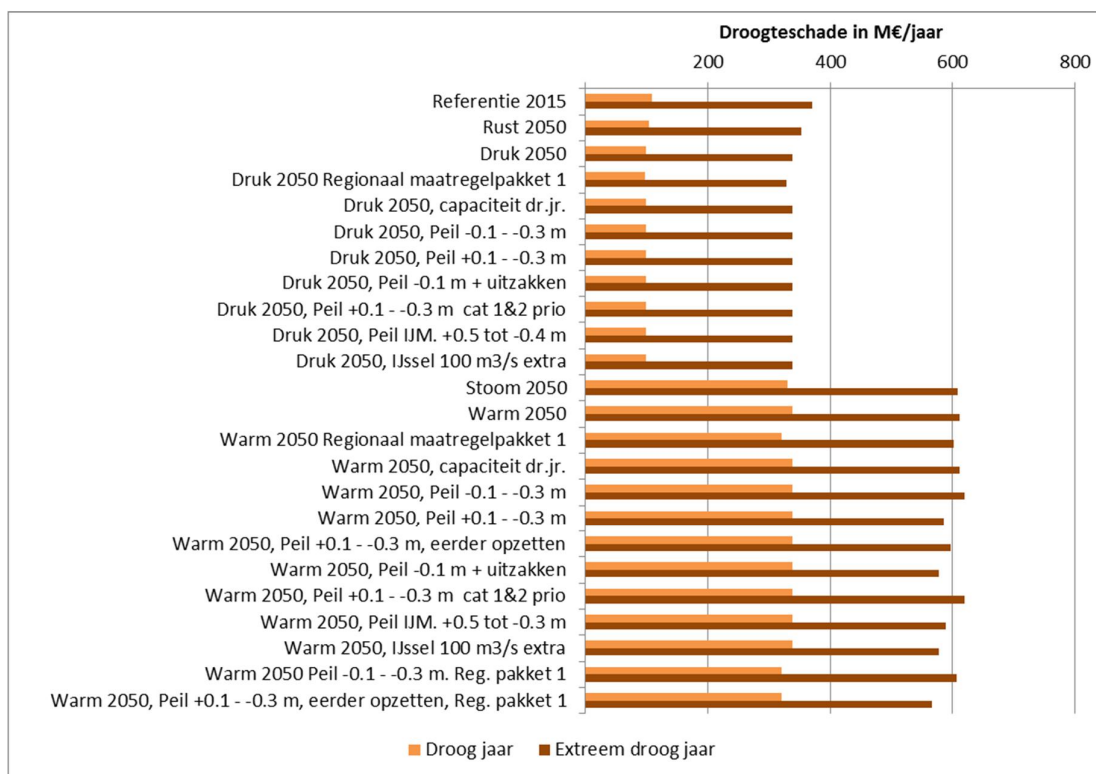
Het opzetten van het IJsselmeerpeil naar +0,1 m met een minimum zomerpeil van -0,3 m NAP verkleint de schade met zo'n 25 M€ in 2050 en 35 M€ in 2100 voor een extreem droog jaar in het scenario Warm. In een droog jaar zijn de effecten gering voor zichtjaar 2050, maar kan de schade in 2100 met zo'n 30 M€ teruggebracht worden. Een vergelijkbaar effect is gevonden voor de maatregel waarin het streefpeil in de zomer op +0,5 m NAP wordt gezet en mag uitzakken tot -0,3 m. Dat heeft te maken met de uiteindelijk beschikbare bufferschijf (zie vorige paragraaf over het verloop van het IJsselmeerpeil).

Als prioriteit wordt gegeven aan categorie 1 en 2 uit de verdringingsreeks (peilbeheer, kwetsbare natuur, drinkwater en energie) dan is er minder water beschikbaar voor de landbouw en neemt de schade in geringe mate toe met 10 M€ in een extreem droog jaar in 2050.

Als het peil onbeperkt mag uitzakken, wordt de grootste schadevermindering bereikt: in 2100 is dit ongeveer 140 M€ in een extreem droog jaar en 30 M€ in een droog jaar. Extra water aanvoer via de IJssel heeft nagenoeg hetzelfde effect.

Het regionale maatregelenpakket zorgt voor een kleine afname van de schade van 14 M€ in een extreem droog jaar bij Warm 2050. Bij een gemiddeld en een droog jaar neemt de schade af met circa 10 tot 20 M€. Dit wordt vooral veroorzaakt door de stijgende grondwaterstanden in de hogere zandgronden. De effecten zijn beperkt omdat een stijging van een diepe grondwaterstand vaak geen effect heeft in de wortelzone waardoor er geen vermindering van de landbouwderving optreedt.

Het regionale maatregelpakket in combinatie met een buffer van 20 cm geeft vergelijkbare effecten als de som van de losse maatregelen. De maatregelen 40 cm buffer met eerder opzetten en het regionale maatregelpakket 1 versterken elkaar in een extreem droog jaar, het effect is groter dan de losse effecten. De extra waterbeschikbaarheid heeft door de regionale maatregelen een hogere efficiëntie.



Figuur 6.5 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer en Markermeer (regio 8, 9, 15 en 17) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 een droog en extreem droog jaar.

De effecten van de scenario's op de schade voor de landbouw zijn veel groter dan de effecten van de maatregelen, vooral in het scenario Warm. In het scenario Druk zijn er geen effecten van de maatregelen voor het gebied dat water krijgt via het IJsselmeer. De maatregelen hebben procentueel gezien een zeer beperkt effect op de schade. In het scenario Warm neemt de schade als gevolg van de maatregelen met een bufferschijf groter dan 0,4 m NAP af met zo'n 30 à 40 M€. Dat is in een extreem droog jaar in 2100. De maatregel met een vergelijkbare bufferschijf als in de huidige situatie maar met een hoger peil en grotere inlaatcapaciteiten heeft een verwaarloosbaar effect.

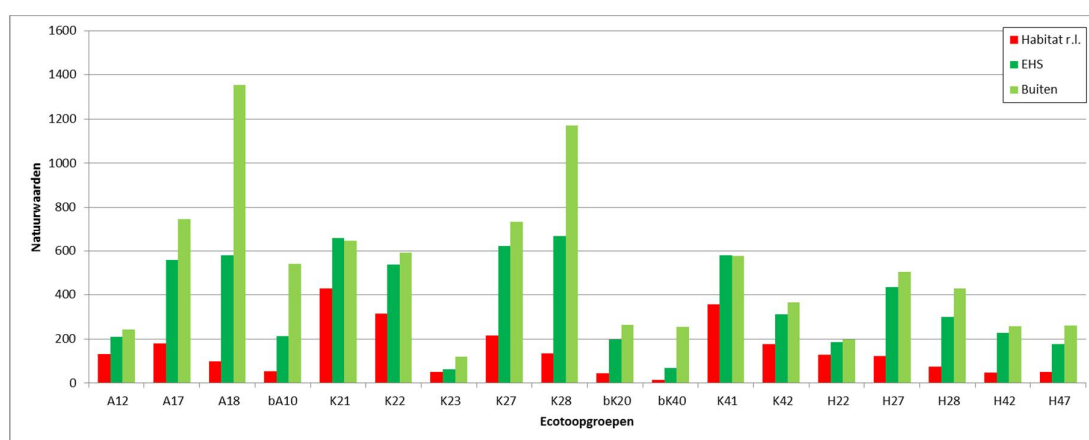
De regionale maatregelen zoals berekend in deze studie geven de richting van de effecten op de droogteschades voor de landbouw. De berekende droogteschades bevatten een onzekerheid als gevolg van onzekerheden in model, uitgangspunten, scenario's en ontwikkelingen in de markt. Toch is het mogelijk om op basis van de resultaten en van de expertsessies kansrijke maatregelen voor de landbouw te definiëren. De volgende maatregelen zijn als kansrijk voor de landbouw gedefinieerd voor deze regio:

- reservoirs
- efficiënter beregenen
- peilgestuurde drainage

- uitbreiden beregend areaal

6.5 Effecten op de terrestrische natuur

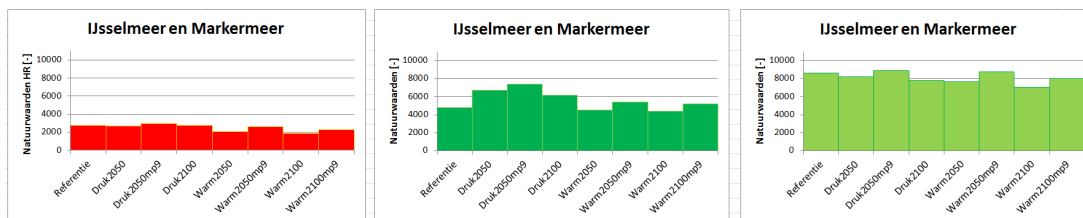
Het totale areaal van het knelpuntgebied IJsselmeergebied is 13800 km² waarvan 4% bestaat uit habitatrictlijngebied. Het EHS areaal varieert per deltasceario. Dit is 11%,13%,18%, 12% en13% voor huidige, scenario Druk in 2050, scenario Druk in 2100, scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100. Voor wat betreft natte en vochtige ecosystemen komt 35% van de landelijke natuurwaarden voor in dit gebied. Het gebied omvat diverse zeldzame waardevolle ecotoopgroepen zoals K21/K41, K22, K27/H27.



Figuur 6.6 Natuurwaarden per ecotoopgroep

Het knelpuntgebied IJsselmeergebied heeft betrekking op het deel van provincie Noord-Holland ten noorden van het Noordzeekanaal, de noordelijke provincies Friesland, Groningen, Drenthe, de provincie Flevoland en een groot westelijk deel van provincie Overijssel. Het is bereikbaar met IJsselmeerwater, maar voor terrestrische natuur gaven de modellen geen grote effecten aan. Dit is de reden ook, waarom deze modelresultaten hier verder niet worden besproken.

Dit gebied omvat de laagveengebieden van Noord-Holland en Friesland, de zeekleigronden en een belangrijk deel van de hoge zandgronden (Drenthe, Friesland, Overijssel). De lage gronden bestaan uit klei en veen en bevatten vele sloten en ondiepe meren. Langs de kust zijn de sloten brak. Op de overgang van de zandgronden naar de kleigronden komen vaak veenafzettingen voor en regionale kwelgebieden. Ook op de hogere zandgronden zijn regionale kwelgebieden te vinden in de beekdalen. Er bevinden zich in dit gebied belangrijke Habitatrictlijngebieden zoals de laagveengebieden Wormer- en Jisperveld, Polder Westzaan, De Wieden en Weerribben, Rottige Meente en Aelde Faenen, de hoogveengebieden Fochteloerveen en Bargerveen, natte en vochtige heideterreinen zoals Dwingelderveld en het Holtigerveld, en schraallanden in de Drentsche Aa en in Wijnjeterper Schar. De grote verscheidenheid in verschillende vegetaties en milieutypen binnen de verschillende landschapseenheden is ook op te maken uit Figuur 6.6. De effecten per scenario in termen van natuurwaarden staan weergegeven in Figuur 6.7.

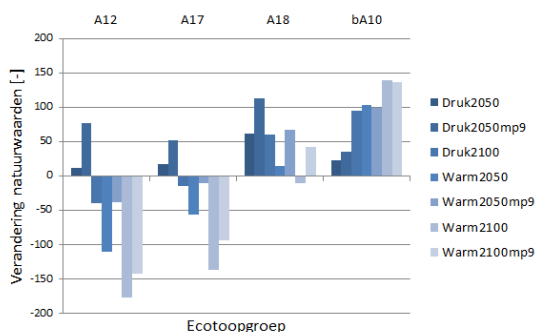


Figuur 6.7 Natuurwaardesom per scenario volgens DEMNAT (Rood=HR, Donkergroen = EHS, Licht groen = Buitengebied). Mp9 staat voor regionaal maatregelenpakket 1.

De kleur van de staafdiagrammen geven aan om wat voor type gebied het gaat. Rood is habitatrichtlijn (HR), donkergroen is EHS en licht groen buitengebied. Door de omvang van het buitengebied bevat het buitengebied de grootste natuurwaardesom. Het areaal habitatrichtlijngebieden is het kleinst, en dat uit zich ook in de natuurwaardesom. Wel laat figuur 6.5 zien dat de natuurwaarden binnen de habitatrichtlijngebieden verhoudingsgewijs meer uit voedselarme, natte natuur bestaat, terwijl in het buitengebied, maar ook de EHS het aandeel voedselrijk en zeer voedselrijk relatief oververtegenwoordigd is.

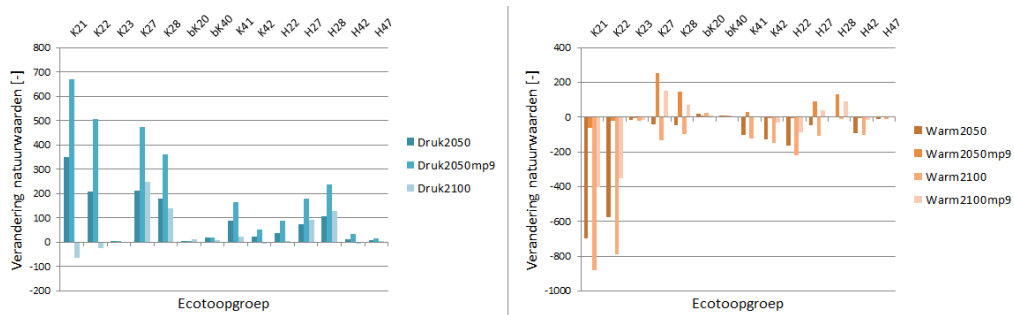
Voor een G-klimaatsscenario geeft NHI overwegend een stijging in grondwaterstand aan en voor een W+ klimaat een daling. Het maatregelenpakket levert een stijging in grondwaterstanden op, vooral in de knelpuntgebieden 'IJsselmeergebied' en 'Hoge zandgronden'. Dit uit zich in de DEMNAT resultaten (Figuur 6.6) waarbij de hoogste natuurwaardewinst wordt voorspeld bij scenario Druk in 2050 regionaal maatregelenpakket 1 en het grootste verlies aan natuurwaarden bij scenario Warm in 2100. Het effect van het regionaal maatregelenpakket 1 is substantieel en lijkt het verlies in natuurwaarde bij een scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100 te kunnen compenseren. Het regionale maatregelenpakket 1 levert bij scenario Druk in 2050 extra natuurwaardewinst op, maar de toename lijkt wat minder sterk.

De effecten in termen van verandering van natuurwaarden per ecotoopgroep staat weergegeven in Figuur 6.8 (aquatisch) en Figuur 6.9 (terrestrisch).



Figuur 6.8 Verandering in natuurwaarden per aquatische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 6.7 laat zien dat de voedselarme en matige voedselrijke wateren (A12, A17) overwegen een verlies in natuurwaarden laten zien, terwijl de zeer voedselrijke wateren en brakke wateren (A18, bA10) een toename in natuurwaarden vertonen. Bij een scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100 scenario is sprake van een W+ klimaat. Hier treedt de grootste schade op bij A12 en A17, dan wel bij A18 de geringste toename in natuurwaarden. Het regionale maatregelenpakket lijkt voor scenario Warm in 2050 nog redelijk effectief, maar is voor A12 en A17 in 2100 ontoereikend.



Figuur 6.9 Verandering in natuurwaarden per terrestrische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 6.9 laat zien dat met name de voedselarme natuur sterk reageert. Dit is natuur in natte en vochtige heide en hoogvenen (K21, K41), schraallanden (K22, K42), maar ook natte natuur in beekdalen (K27/H27, K28/H28). Het regionale maatregelenpakket 1 is in 2100 voor veel hoog gewaardeerde natuurtypen (K21, K22, K42, H22) ontoereikend om de natuurschade te compenseren. De afname in natuurwaarden bij K21 en K22 bij scenario Druk in 2100 is onverwacht omdat dit een 'nat scenario' is. Mogelijk treedt die vernatting niet op waar deze typen voorkomen.

6.6 Gevolgen van een veranderend peilverloop in het IJsselmeer voor de aquatische natuur

Veranderingen in het IJsselmeer- en Markermeerpeil kunnen (tijdelijk) effect hebben op de natuur in het IJsselmeergebied. Met het Deltamodel (HABITAT) is het effect van een verandering van het IJsselmeer- en Markermeerpeil op het areaal van verschillende waterdieptezones berekend. Deze zones zijn representatief voor bepaalde planten en dieren.

De veranderingen in dieptezones zijn sterk afhankelijk van de morfologie van de meren. Uiteraard zijn de effecten ook afhankelijk van hoe vaak en hoe lang dit peil voorkomt. Over effecten van het incidenteel uitzakken van het waterpeil is weinig bekend. In deze analyse richten we ons op de effecten van de veranderingen in het zomerpeil, omdat het winterstreefpeil gelijk blijft. De effecten van het flexibele peil zijn ingeschat op basis van de verandering van de verdeling van de dieptezones en expertkennis. De arealen van de dieptezones zijn weergegeven in Figuur 6.10 voor het gehele gebied en Figuur 6.11 voor een selectie van zones die het meest relevant zijn voor natuur.

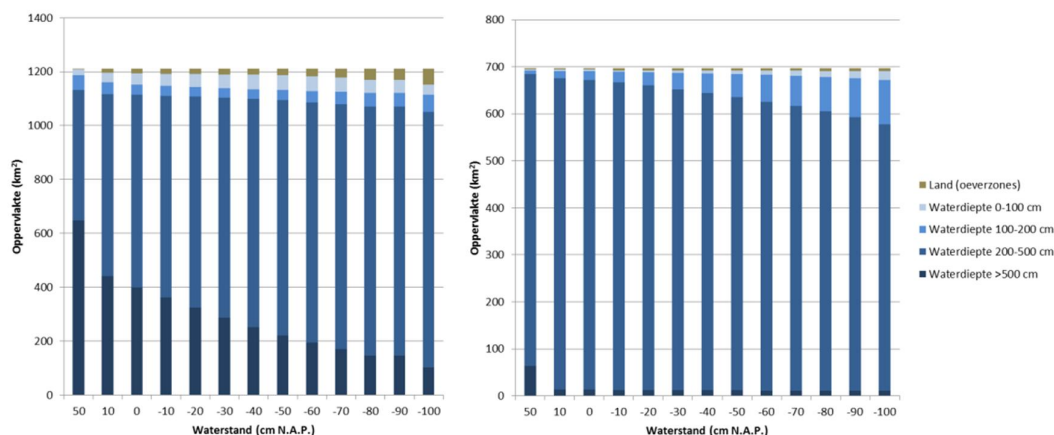
Effecten van de deltasenario's

Voor 2050 zijn er geen tot vrijwel geen effecten van de deltasenario's op het zomerpeil in een gemiddeld en in een droog jaar, en zijn er dus ook geen gevolgen van peilverandering voor natuur. In een extreem droog jaar zakt het eind juni uit tot -0,35 a -0,4 m. In 2100 zakt het peil in een extreem droog jaar en droog jaar veel verder uit namelijk tot respectievelijk ongeveer -0,4 m en -0,5 m NAP (uitgangspunt: inlaat- en doorvoercapaciteiten afgestemd op een droog jaar situatie en een minimum gewenst zomerpeil van -0,4 m NAP (zie paragraaf 3.2)). In de huidige situatie fluctueert het peil ook, maar een dergelijke uitzakking in deze periode van het jaar wijkt af van het verleden (zie bijlage D). Om dat dit maar eens in de 100 jaar zal gebeuren, verwachten we hier geen grote effecten van.

Verhoogd zomerpeil

Bij de maatregelen voor het IJsselmeergebied wordt het peil opgezet tot -0,1 m, +0,1 m of +0,5 m NAP. In een gemiddeld en droog jaar kunnen deze peilen gedurende de hele zomer (vrijwel) worden gehandhaafd (zie paragraaf 6.2 voor het peilverloop).

Uit eerdere studies is gebleken dat een toename van het peil in de zomer voornamelijk negatieve effecten heeft, omdat het water dan dieper wordt. Dit is ook te zien in Figuur 6.11, waarin het totale areaal aan zones die relevant zijn voor natuur afneemt bij een toename van het huidige streefpeil van -0.2 m NAP naar +0.1 m NAP, zoals bij maatregel 2. Door de peilopzet zullen de ondiepe zones en het land dat geschikt is om op te broeden sterk tot zeer sterk in oppervlakte afnemen. Dit zal, bij de huidige inrichting, zeer grote gevolgen hebben voor de broedvogels in het gebied. Ook het geschiktheid voor waterplanten zal sterk afnemen. Voornamelijk langs de Friese kust liggen buitendijkse gebieden die bij een peilstijging onder water komen te staan. Hierdoor gaat broed- en rusthabitat voor vogels verloren. De vogelsoorten die gebruik maken van deze gebieden hebben in het IJsselmeergebied weinig uitwijkmogelijkheden. In deze gebieden komen ook belangrijke natura2000 habitattypen voor die als gevolg van de permanente overstroming zullen verdwijnen. Door de peilstijging neemt het areaal dat geschikt is voor de groei van waterplanten (<2 m diep) af, en daarmee ook het voedselaanbod voor vogels.



Figuur 6.10 Areaal van alle waterdieptezones in het IJsselmeer (links) en Markermeer (rechts) bij verschillende waterpeilen (N.A.P.)

Uitzakken van zomerpeil in extreem droge jaren

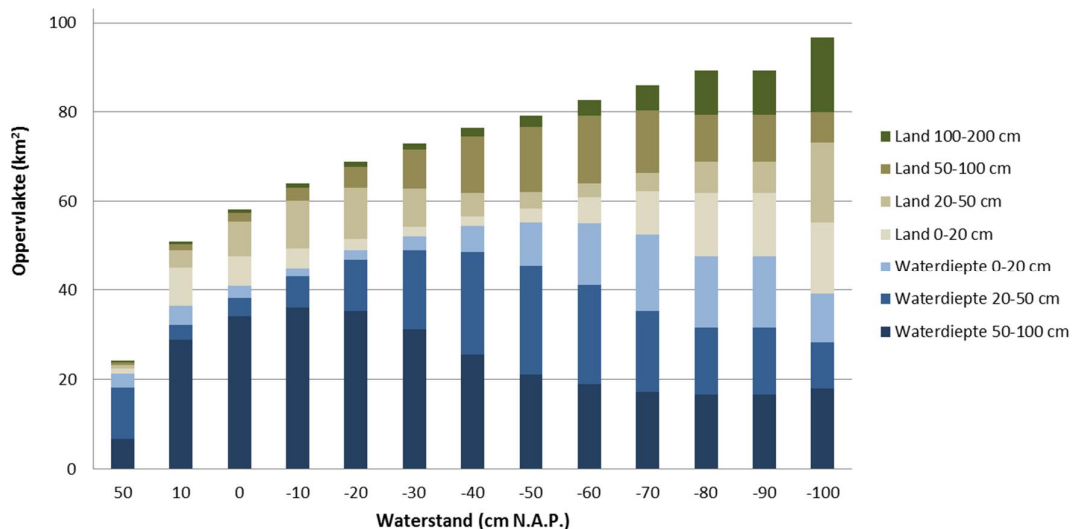
In een extreem droog jaar in 2050 wordt het met de maatregel beoogde peil niet altijd gehaald. Daarnaast zakt het peil in de tweede helft van het zomerhalfjaar uit tot onder het huidige zomerpeil. In 2100 worden in een extreem droog jaar de streefpeilen van de bekeken maatregelen niet meer gehaald. In een droog jaar zakt het peil in juni al uit. (Zie paragraaf 6.2 voor het peilverloop).

Als het uitzakken wordt beperkt (tot -0,3 m) zullen de effecten van het uitzakken op de natuur klein zijn. Indien het peil verder uit kan zakken zullen de effecten groter zijn. In Figuur 6.11 is te zien dat de verschillende dieptezones in het IJsselmeer niet lineair afnemen. Dit wordt veroorzaakt door het diepteprofiel van het IJsselmeer. Bij het afnemen van het peil neemt de dieptezone van 1 tot 2 meter eerst af (tot een peil van -0,5 m). Daarna neemt het oppervlak weer toe. De dieptezone van 0-1 meter neemt bij een afnemend peil eerst toe en neemt als het peil lager komt dan -0,5 m weer af. Als het peil daalt tot -1,0 m NAP nemen de arealen 'land' sterk toe, van ongeveer 15 km² naar 60 km². Of, en wat voor type habitat zich op deze oeverzones kan ontwikkelen is sterk afhankelijk van hoe vaak een dergelijke waterstand

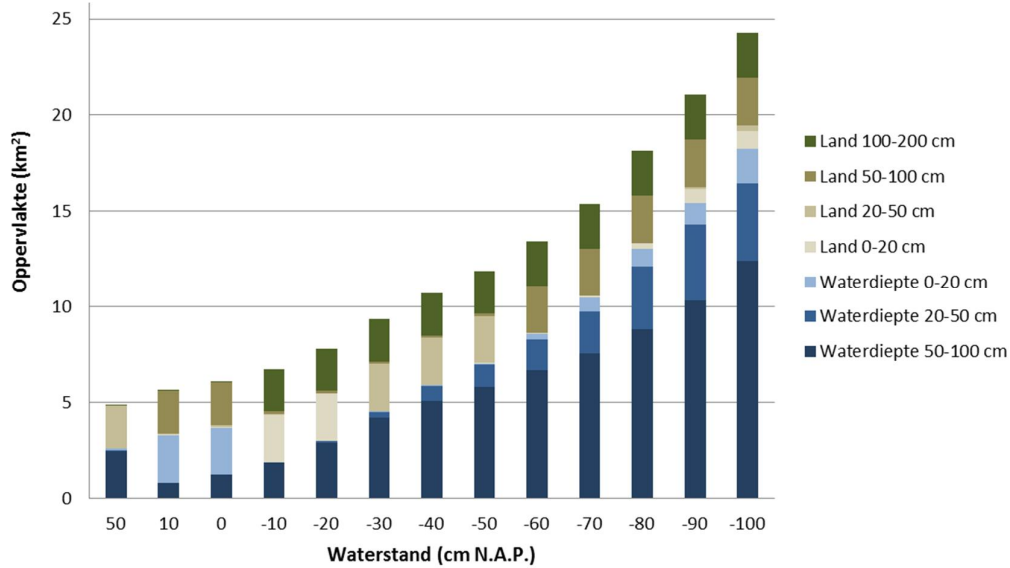
optreedt. Als dit sporadisch is, zoals dat nu in de berekening te zien is, zal zich op deze stukken geen oevervegetatie kunnen ontwikkelen. Sterker nog, mogelijk vallen gebieden met waterplanten droog en de vraag is of en hoe snel zich die kunnen herstellen. Als het land droogvalt en het water ondieper wordt zullen er wel een aantal directe effecten zijn. Waterplanten en bodemfauna kunnen tijdelijk makkelijker beschikbaar komen als voedselbron voor vogels. Vogels hebben een groter areaal om te rusten en vogels die in ondiep water hun voedsel vinden kunnen profiteren. Vogelsoorten die duiken naar vis kunnen het door de afname van de waterdiepte echter lastiger krijgen om aan hun voedsel te komen.

Effecten van verhoogde peildynamiek

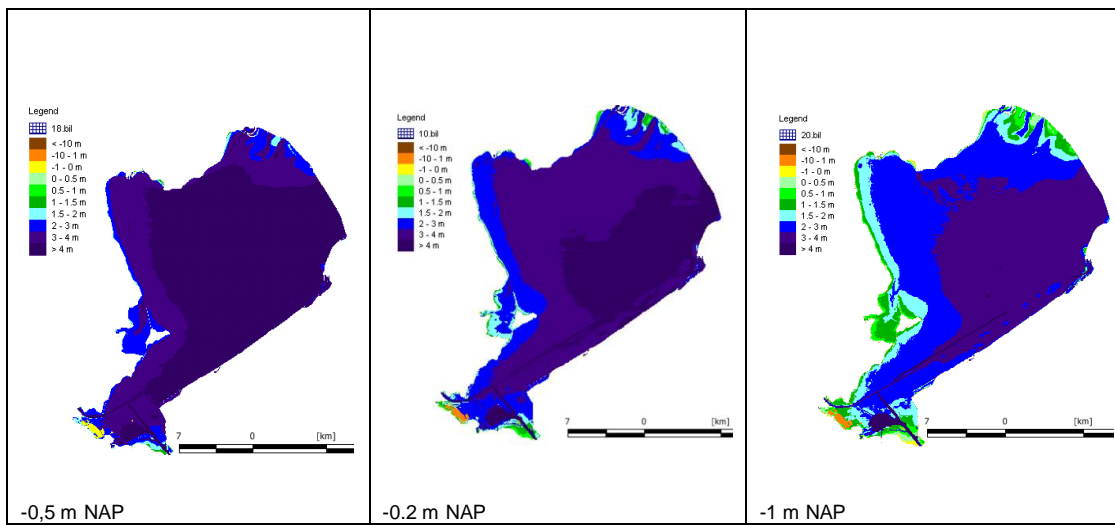
Doordat het peil wordt opgezet en later weer kan uitzakken wordt het peilverschil vergroot. Een dergelijk dynamisch peil past in principe goed bij een natuurlijk peilverloop. Zo lijkt het peilverloop van de maatregel opzet tot -0,1 m en laten uitzakken, op het flexibele peil wat binnen Deelprogramma IJsselmeer wordt bekeken (zie verder op in deze paragraaf, ook voor de effecten op natuur). Deze maatregel heeft echter een klein effect op de beschikbare zoetwatervoorraad. Wanneer het peil tot +0,1 en +0,5 m NAP wordt opgezet en je laat dit ook in een gemiddeld jaar zo uitzakken dan wordt de dynamiek (en de zoetwatervoorraad) sterker vergroot. Door de toegenomen dynamiek en overstroming zal de samenstelling van de verschillende habitattypen rond de meren gaan veranderen; ten gunste van rietontwikkeling, maar ten koste van overstromingsgevoelige habitattypen, die in oppervlakte zullen afnemen of helemaal verdwijnen.



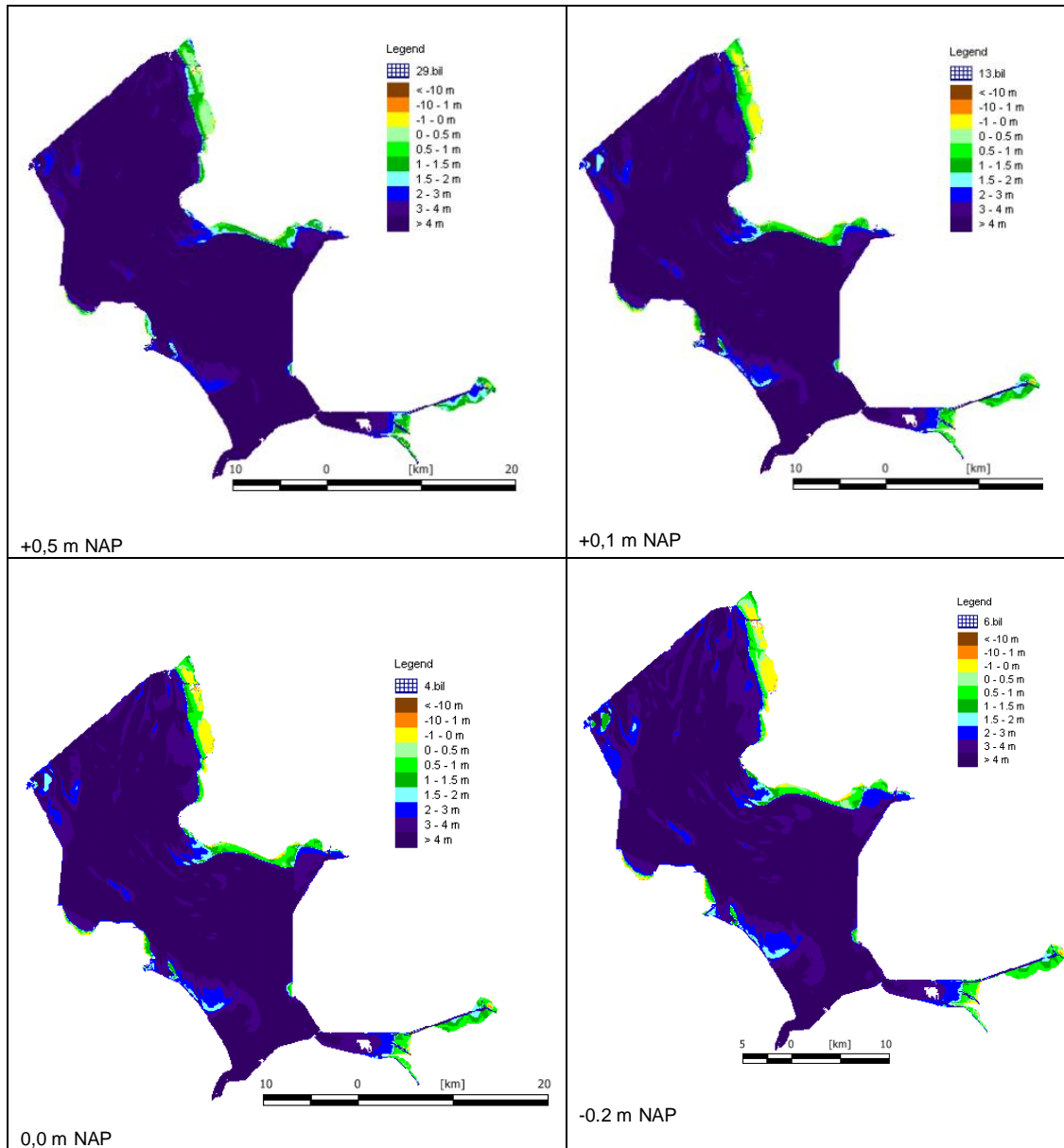
Figuur 6.11 Areaal van een selectie van waterdieptezones (land en ondiep water) in het IJsselmeer bij verschillende waterpeilen (p10 = +0.1 m NAP, p0 = NAP, p-10 = -0.1 m NAP etc.)

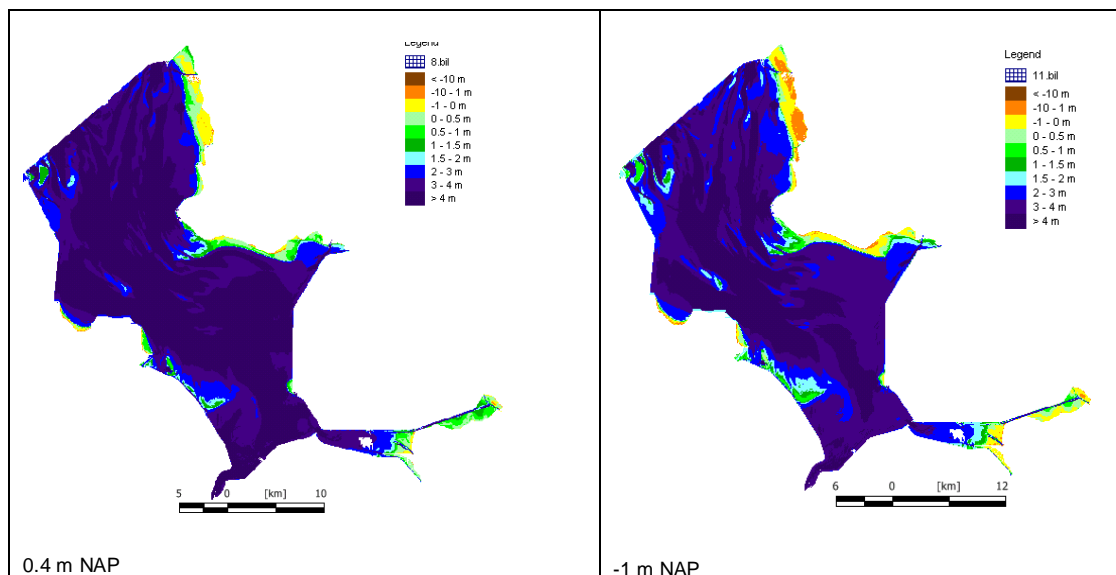


Figuur 6.12 Areaal van een selectie van waterdieptezones (land en ondiep water) in het Markermeer bij verschillende waterpeilen ($p_{10} = +0.1$ m NAP, $p_0 =$ NAP, $p_{-10} = -0.1$ m NAP etc.)



Figuur 6.13 Kaarten van de waterdiepte bij verschillende waterpeilen in het Markermeer





Figuur 6.14 Kaarten van de waterdiepten bij verschillende waterpeilen in het IJsselmeer.

Effecten flexibel peilbeheer DPIJ

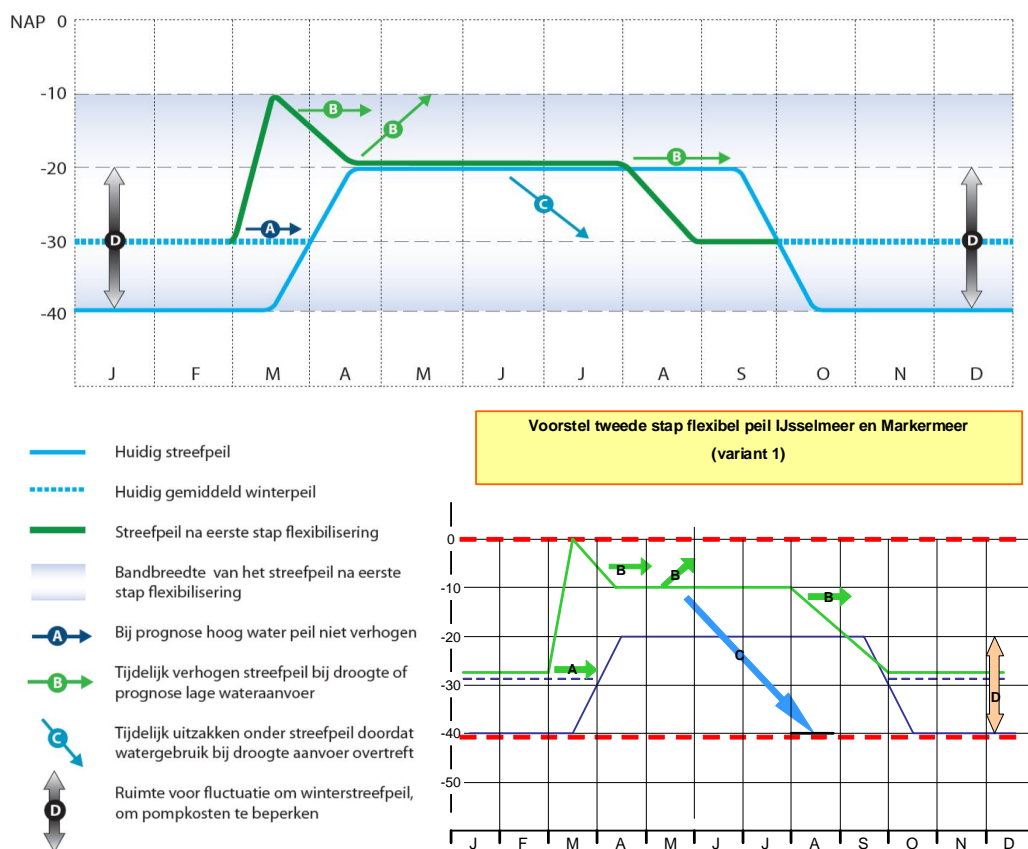
Binnen het Deltaprogramma IJsselmeer (DPIJ) is gekeken naar natuurlijker peilbeheer om zodoende zo gunstig mogelijke condities te krijgen voor natuur (en een verbeterde zoetwatervoorziening onder gemiddelde omstandigheden) zonder daarbij de veiligheid te doen afnemen. Maarse en Noordhuis (2013) hebben effecten van dit flexibele peilbeheer ingeschat op basis van de waterdiepteverdeling (Figuur 6.14) en expertkennis. De conclusie van deze studie is dat dit peilbeheer, door DPIJ flexibel peilbeheer genoemd, grotendeels past binnen de huidige natuurwetgeving. Bij dit peilbeheer, wordt het aan het eind van de winter (maart) het peil opgezet tot -0,1 m NAP, om vervolgens terug te zakken tot het zomerstreefpeil (-0,2 m NAP). Het zomerpeil wordt gehandhaafd van april t/m juli. Vervolgens daalt het in augustus naar het winterniveau. Hierbij is aangenomen dat het peilverloop in vrijwel alle jaren is zoals hierboven beschreven en slechts af en toe (eens in de 10 jaar) afwijkt, omdat het peil dan wordt opgezet vanwege (verwachte) droogte. Maarse en Noordhuis (2013) schatten in dat het flexibele peil overwegend neutrale tot positieve (deel)effecten heeft op de Natura2000 soorten in het gebied. Door de toename van de dynamiek neemt de kans op rietontwikkeling toe. Echter het opzetten van het peil verhoogt de kans op overstromen en het verdwijnen van andere habitattypen zoals het habitatype Overgangs- en Trilveen en de daaraan gekoppelde Groenknolorchis. Voor duikende watervogels zal het door de toegenomen waterdiepte net wat lastiger worden om hun voedsel te bereiken. Omdat deze peilopzet plaatsvindt in maart (buiten het groei- en broedseizoen) zijn de negatieve effecten echter beperkt en is het eindoordeel voornamelijk positief.

Voor DPIJ is geen volledige studie gedaan naar de effecten van een verdere peilopzet tot -0,1 m NAP. Echter wordt er in de studie voor DPIJ wel geconcludeerd dat deze extra peilopzet, in tegenstelling tot het behouden van huidige zomerstreefpeil (-0,2 m NAP), grote effecten zal hebben voor Natura 2000 soorten in het gebied. De verwachting is daarom dat deze extra stap niet past binnen de huidige natuurwetgeving.

Voorspelling van droogte

Door het peil alleen op te zetten bij verwachte droogte kan onnodige peilopzet worden voorkomen en kunnen de effecten van peilopzet mogelijk worden beperkt. In het voorstel van

DPIJ wordt er in de meeste jaren gestuurd op het nieuwe streefpeil, onder specifieke omstandigheden kan hier echter bewust van worden afgeweken (op basis van heldere criteria). Dit is aangegeven met de pijlen in Figuur 6.15. Het idee is dat bij droogte of voorspelde zeer lage aanvoer van rivierwater het peil langer op -0,1 m NAP wordt gehouden (of weer daarop wordt teruggebracht). Bij late droogte kan ervoor gekozen worden niet uit te zakken aan het eind van de zomer. Belangrijke kanttekening hierbij is dat dit alleen mogelijk is als de droogte op tijd voorspeld kan worden, en het peil op tijd kan worden opgezet. Of dit kan vereist nader onderzoek.



Figuur 6.15 Weergave van de invulling van het Flexibele Peilbeheer (bron: DPIJ)

Conclusie aquatische natuur

Het opzetten van het huidige zomerstreefpeil om de beschikbare bufferschijf van IJsselmeer en Markermeer te vergroten vermindert het areaal buitendijks land en ondiep water. Dit is negatief voor de natuur. Het incidenteel verder uit laten zakken van het zomerpeil gedurende droge zomers, zonder het zomerpeil eerst op te zetten, heeft deze negatieve effecten niet. Het verder laten uitzakken van het zomerpeil heeft mogelijk zelfs positieve effecten vanwege de toename van het areaal buitendijks land en ondiep water.

6.7 Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie

Van de gedefinieerde maatregelen is alleen een verhoogde IJsselafvoer ten behoeve van waterbuffer IJsselmeergebied relevant.

Extra afvoer naar de IJssel als het IJsselmeerpeil wegzakt

Om te voorkomen dat het IJsselmeerpeil in het zomerhalfjaar (april-september) onder -0.1m NAP zakt wordt maximaal 100 m³/s extra over de IJssel gestuurd. Het verhogen van het IJsseldebiet leidt in principe tot minder knelpunten op de IJssel en in het IJsselmeergebied en tot extra knelpunten in het (beneden)rivierengebied dat minder water ter beschikking krijgt. De voordelen voor het IJsselmeergebied zijn gering: een extra waterbuffer leidt niet tot minder knelpunten omdat knelpunten bij centrales aan meren (b.v. de Flevocentrale) veelal recirculatie problemen zijn en die worden nauwelijks minder als het water marginaal dieper is. In de knelpuntenanalyse uit 2011 (Klijn et al, 2011) blijkt er alleen in klimaatscenario Warm een klein knelpunt op de IJssel te bestaan. Dat komt echter omdat er geen significante warmtelozingen op de IJssel plaatsvinden in die analyse. Dat blijkt onjuist¹⁰ en is gecorrigeerd in de berekeningen met het Landelijk Temperatuur Model (LTM) (onderhanden werk). Vooruitlopend op de definitieve resultaten van de lopende analyse bedraagt de extra opwarming van het IJsselwater als gevolg van de warmtelozingen inclusief E-centrale Herculio in de referentiesituatie 0,3-0,4°C bij een debiet van 150 m³/s. Dit leidt eerder tot knelpunten op de IJssel dan eerder in de knelpuntenanalyse. Met een extra debiet van 100m³/s over de IJssel (250 i.p.v. 150 m³/s) wordt de extra opwarming veel kleiner waardoor minder frequent knelpunten zullen optreden. De maatregel is dus 'gunstig' voor de IJssel.

¹⁰ De e-centrale Herculio is sinds 2002, na eerder buiten bedrijf gesteld te zijn, weer in gebruik genomen en wordt vooral ingezet als pieklast-eenheid om goed te kunnen reageren op de wisselende vraag naar stroom. Het koelwater wordt via een haven op de IJssel geloosd. Omvang van de daadwerkelijke lozing is daggemiddeld 98 MW variërend van 100-300 MW (vergunnd 670 MW).

7 Benedenrivierengebied

7.1 Inleiding

Het gebied dat voorzien wordt vanuit het benedenrivierengebied omvat de volgende deelgebieden, die afhankelijk zijn van de Rijntakken en de Maas, maar te maken hebben met het risico op externe verzilting (Ter Maat, 2013):

- Deelgebied 10: Dit gebied is voor de oppervlaktewater vraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken, in het bijzonder de Nederrijn en de Waal (via het Amsterdam-Rijnkanaal). Verreweg de belangrijkste watervrager is het peilbeheer.
- Deelgebied 12 Zuidwest Nederland met aanvoer: Dit gebied is voor de oppervlaktewater vraag grotendeels afhankelijk van de Rijntakken en de Maas. Doorspoeling is de belangrijkste watervrager in dit gebied, gevolgd door beregening en peilbeheer.

7.2 Verhoging van de zoutconcentraties in het benedenrivierengebied: effecten op de inlaatpunten Gouda en Bernisse

Voor de watervoorziening van Rijnland wordt in de huidige situatie water ingelaten uit de Hollandse IJssel bij Gouda. De inlaat wordt gesloten als het chloridegehalte hoger is dan 250 mg/l nabij de stormvloedkering bij Krimpen aan den IJssel. In de praktijk is dit vaak bij een afvoer bij Lobith kleiner dan 1000 m³/s. Als er een inlaatbeperking optreedt bij Gouda dan wordt water ingelaten via de KWA. Het inlaatpunt voor het Brielse Meer bij Bernisse (langs het Spui) voorziet Voorne-Putten, het hoogheemraadschap van Delfland en de industrie in het Rijnmondgebied van zoetwater.

Voor het analyseren van de effecten van de scenario's en maatregelen kijken we of en hoe veel vaker Gouda (incl. Krimpen a/d IJssel) en Bernisse in de toekomst niet kunnen inlaten. Dit is gebeurd buiten het Deltamodel met het Noordelijk Deltabekken (NDB) model, een implementatie van het één-dimensionale SOBEK-RE model. In dit model is het indringen van een zouttong gemodelleerd door de dispersieve uitwisseling in de lengterichting van de rivier te kalibreren op de gemeten zoutconcentraties. De kalibratie is goed geslaagd voor het noordelijk deel van het model gebied (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Hollandse IJssel), maar de resultaten voor het zuidelijk deel (Spui, Hollands Diep en Haringvliet) zijn minder betrouwbaar (De Vries, 2013).

Huidige situatie en deltascenario's

Voor Gouda is het aantal keer dat de zoutconcentratie 24 uur of langer achtereen hoger is dan de chloridegrens (250 mg/l in de zomerperiode) ongeveer verdubbeld in een extreem droog jaar bij het Warm en Stoom scenario (W⁺) in 2050 en in 2100 verdrievoudigd (zie Tabel 7.1). Voor Krimpen a/d IJssel is dit verdrievoudigd in 2050 en vervijfvoudigd in 2100. In het W⁺ scenario in het zichtjaar 2050 zit in een gemiddeld jaar de concentratie ongeveer 15 dagen/jaar boven de norm⁺. In 2100 kan dit voor Gouda oplopen tot ongeveer 70 dagen/jaar in een gemiddeld jaar en tot ongeveer 130 dagen per jaar in een extreem droog jaar. Scenario's Druk en Rust laten weinig verandering zien ten opzichte van de huidige situatie.

Ook voor Bernisse is weinig effect te zien in scenario's Druk en Rust (G klimaatscenario). In het Warm en Stoom scenario neemt het aantal dagen dat de zoutconcentratie boven de norm zit toe tot ongeveer 30 dagen in een extreem droog jaar in 2050 en in 2100 tot 15 dagen in

een gemiddeld jaar (vergelijkbaar met extreem droog jaar in huidige situatie) en ongeveer 110 dagen in een extreem droog jaar.

Voor de scenario's Warm en Stoom (W^+ klimaatscenario) zijn voor Gouda en Bernisse ook langjarige reeksen van de Deltascenario's geanalyseerd (34 jaar). Hieruit blijkt dat in de huidige situatie er bij Gouda in ongeveer 90% van de jaren geen inlaatbeperking is in de zomerperiode (overschrijding van de chloridegrens langer dan 24 uur) en bij Bernisse in ongeveer 95% van de jaren in de zomer en 60% van de jaren in de winter. Bij het W^+ scenario in 2050 verslechtert de situatie: 35% van de jaren is er een inlaatbeperking voor Gouda in de zomerperiode en 70% van de jaren voor Bernisse in het gehele jaar.

Effecten maatregelen

De effecten van de volgende maatregelen zijn doorgerekend met het NDB model voor de scenario's Warm in 2050 en in 2100 en Druk in 2050 en in 2100:

- Een 'kleine' bellenpluim in de Nieuwe Waterweg waarmee door verticale menging van de waterkolom het indringen van de zouttong bij lage afvoeren wordt verminderd met een overeenkomstig effect als een vergroting van de afvoer van de Rijn bij Lobith van $50 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Een 'grote' bellenpluim in de Nieuwe Waterweg waarmee door verticale menging van de waterkolom het indringen van de zouttong bij lage afvoeren wordt verminderd met een overeenkomstig effect als een vergroting van de afvoer van de Rijn bij Lobith van $200 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Vermindering van de afvoer van de Waal met $24 \text{ m}^3/\text{s}$ als gevolg van uitbreiding van de KWA;
- Vermindering van de afvoer van de Waal met $39 \text{ m}^3/\text{s}$ als gevolg van uitbreiding van de KWA en het pompen van $15 \text{ m}^3/\text{s}$ naar de Maas via het Maas-Waalkanaal; en
- Een zout Volkerak-Zoommeer, wat leidt tot een zoutlekkage van 20 kg/s bij de Volkeraksluizen.

Het beschrijven van het effect van de kleine en grote bellenpluim als een vergroting van de Rijnafvoer bij Lobith met 50 en $200 \text{ m}^3/\text{s}$ is afgeleid uit resultaten van gedetailleerde berekeningen met een 3D model.

De uitkomsten van berekeningen van het NDB model met de bellenpluim kunnen niet gebruikt worden voor het zuidelijk deel van het gebied, omdat deze sterk beïnvloed worden door kleine veranderingen in de sturing van de Haringvlietsluizen. Het is echter niet te verwachten dat verzilting op Spui en Haringvliet zou verminderen door inzet van een bellenpluim. Zoals De Vries (2013) betoogt, wordt verzilting hier veroorzaakt door een hoge zeewaterstand gedurende meer dan één getij als gevolg van storm, waardoor zoutwater doordringt tot in het Haringvliet. In een dergelijk geval is sprake van indringend zeewater door de kombergende stroming naar landinwaarts gelegen wateren. Daartegen zijn bellenpluimen weinig effectief, ze houden immers geen water tegen. Een bellenpluim lijkt niet effectief voor het tegengaan van vormen van verzilting die wel bedreigend zijn voor de Bernisse-inlaat, Hollandsch Diep en Haringvliet.

Een kleine bellenpluim leidt onder het Warm scenario volgens de NDB berekeningen tot een beperkte afname van het aantal sluitingsdagen van Gouda (maximaal 5 dagen per jaar minder sluiting). Een grote bellenpluim heeft aanzienlijk meer effect en kan het aantal sluitingsdagen in het Warm scenario in gemiddelde en droge jaren ongeveer halveren. Het effect in extreem droge jaren is veel kleiner (ongeveer 20 dagen minder sluiting).

De invloed van extra onttrekkingen bovenstrooms ten behoeve van de KWA+ en aanvoer naar de Maas via het Maas-Waalkanaal op het aantal sluitingsdagen van de inlaat Gouda is beperkt, d.w.z. max. 2 dagen in een droog jaar. Echter de KWA+ geldt als alternatief voor de inlaat Gouda; daarom zal de inlaat Gouda in principe al gesloten zijn als de KWA+ actief is en zal het effect nauwelijks merkbaar zijn.

Voor de scenario's Warm en Stoom in 2100 wordt als maatregel overwogen om extra water via de IJssel af te voeren naar het IJsselmeer, als de bufferschijf van 40cm daar niet meer voldoet om aan de regionale watervraag te voldoen. In dat geval zou tot maximaal 100 m³/s extra over de IJssel afgevoerd worden, wat ten koste zou gaan van de afvoer via de Waal. Deze maatregel is niet doorgerekend met het NDB model, maar het ligt voor de hand dat dit net als hierboven beschreven voor van een vermindering van de Waalafvoer met 39 m³/s zal leiden tot een toename van de externe verzilting en daarmee tot een toename van het aantal sluitingsdagen voor Gouda. De mate van toename zal naar verwachting groter zijn voor een vermindering met 100 m³/s dan voor een vermindering met 39 m³/s.

Een zout Volkerak-Zoommeer (met alle zoutbeperkende maatregelen bij de Volkeraksluizen) leidt tot een resterende zoutlekage van 20 kg/s. Als de Haringvlietssluisen bij lage afvoeren langdurig gesloten zijn, zal dit leiden tot extra verzilting van Hollands Diep, Haringvliet en Spui. De resultaten van het NDB model in Tabel 7.1 laten zien dat dit geen significant invloed heeft op het aantal sluitingsdagen voor Gouda. (De geringe veranderingen die berekend zijn, zijn hoogstwaarschijnlijk ook het gevolg van modelbeperkingen).

De Vries (2014) leidt uit resultaten van het NDB af, dat de concentratie bij inlaat Bernisse door een zout Volkerak-Zoommeer met maximaal 50-55 mg Cl/l toeneemt. Tabel 7.1 laat dan ook een aanzienlijke toename zien van het aantal dagen dat de norm van 150 mg Cl/l voor inlaat Bernisse overschreden wordt. In een droog jaar onder Warm 2050 zou zo het aantal sluitingsdagen bijvoorbeeld toenemen van 0 naar 105.

De Vries (2014) draagt echter ook een relatief goedkope, mogelijke oplossing aan voor het probleem van verzilting van inlaat Bernisse. De inlaat bij de Spijkenisse Brug is niet gevoelig voor verzilting uit Haringvliet en Spui door de verdunning van dit water met rivierwater in de Oude Maas. Hierdoor is er tijdens de recente verzilting van inlaat Bernisse als gevolg van de Sinterklaasstorm van 2013 in theorie voldoende mogelijkheid om water onder vrij verval in te laten bij de Spijkenisse Brug. Nader onderzoek is gestart of dit ook mogelijk blijft bij een zout Volkerak-Zoommeer en voor andere verziltingsgebeurtenissen.

Tabel 7.1 Overschrijding zoutinlaatcriterium (aantal dagen boven de norm) bij Bernisse en Gouda voor drie droogtejaren in huidig klimaat en in de klimaatscenario's G en W⁺ in 2050 en 2100 in de situatie met of zonder maatregel

Locatie	G (Druk en Rust)			W ⁺ (Warm en Stoom)		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
Gouda (norm 250 mg/l), zomerhalfjaar						
Huidig klimaat	0	0	46	0	0	46
2050 Zonder maatregelen	0	0	50	16	31	90
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	45	15	27	88
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	23	6	15	74
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	53	19	34	95
2050 KWA + MAWakan	0	0	53	19	34	95
2050 VZM zout	0	0	40	9	23	87
2100 Zonder maatregelen	0	0	50	72	95	131
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	46	71	90	129
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	23	32	59	111
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	52	72	97	131
2100 KWA + MaWakan	0	0	52	72	97	131
2100 VZM zout	0	0	44	70	87	126
Bernisse (norm 150 mg/l), gehele jaar						
Huidig klimaat	0	0	15	0	0	15
2050 Zonder maatregelen	0	0	13	0	0	33
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	13	0	0	53
2050 KWA + MAWakan	0	0	13	0	0	49
2050 VZM zout	0	0	129	38	105	187
2100 Zonder maatregelen	0	0	11	15	64	110
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	11	14	64	112
2100 KWA + MaWakan	0	0	11	14	65	112
2100 VZM zout	0	0	109	86	122	190

Tabel 7.2 De frequentie van overschrijding van bepaalde chloridenormen (in dagen inlaatbeperking) in procenten van het aantal doorgerekende jaren van de 34 jarige reeks

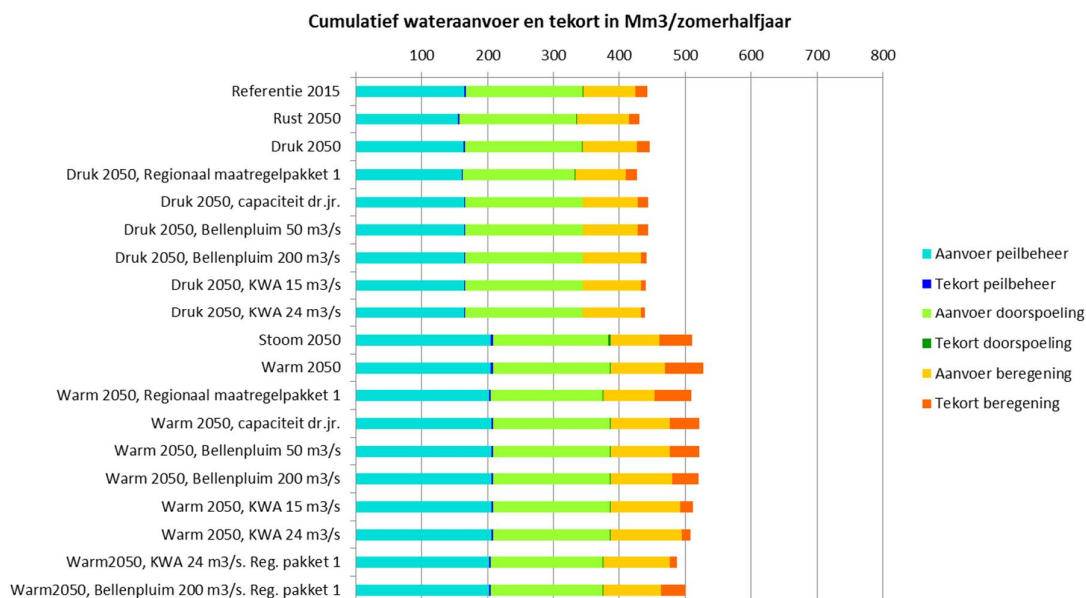
aantal dagen boven de norm	0	1-20	21-40	41-60	61-80	>80
Gouda (Cl>250 mg/l gedurende 24 uur of langer, zomerhalfjaar)						
Huidig	88	6	3	3	0	0
G 2050	85	6	6	3	0	0
G 2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	85	9	3	3	0	0
G 2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	88	9	3	0	0	0
W ⁺ 2050	35	32	15	12	0	6
W ⁺ 2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	32	44	9	9	0	6
W ⁺ 2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	44	41	9	0	3	3
G 2100	88	3	3	6	0	0
G 2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	88	3	3	6	0	0
G 2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	88	9	3	0	0	0
W ⁺ 2100	12	15	21	29	12	12
W ⁺ 2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	12	18	24	26	12	9
W ⁺ 2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	18	32	26	18	0	6
Bernisse (Cl>150 mg/l gedurende 24 uur of langer, gehele jaar)						
Huidig	59	32	3	6	0	0
G 2050	53	38	9	0	0	0
W ⁺ 2050	26	35	6	26	6	0
G 2100	62	32	6	0	0	0
W ⁺ 2100	6	35	12	24	9	15

Een versoepeling van norm voor inlaat Gouda van 250 naar 600 mg Cl/l kan het aantal dagen met een overschrijding van de norm verlagen naar 0 in een extreem droog jaar in de huidige situatie (zie bijlage). Bij W⁺ in 2050 neemt dit toe tot ongeveer 60 dagen (orde grootte vergelijkbaar aan de huidige normoverschrijding van 50) en 130 dagen in 2100. Met de huidige norm is dit in 2100 131 dagen. Een soepelere norm bij Gouda leidt dus slechts tot een beperkte afname van het aantal sluitingsdagen.

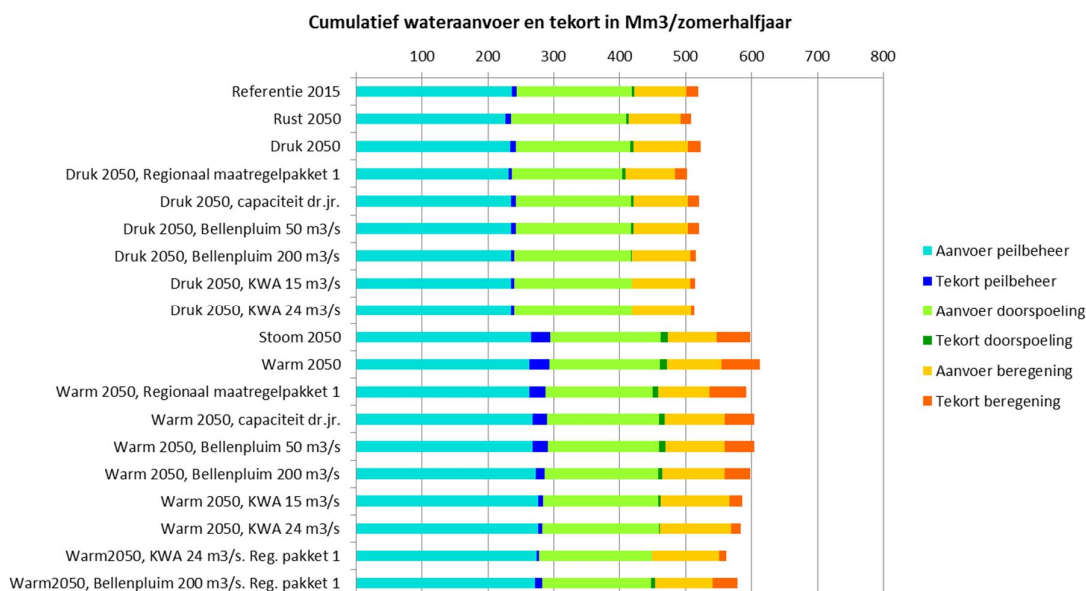
7.3 Effecten op de regionale tekorten

7.3.1 Referentie jaar 2015

In de referentie situatie is er in het gebied dat voorzien wordt vanuit het benedenrivierengebied een watertekort van zo'n 5% zowel in een droog jaar als in een extreem droog jaar (Figuur 7.1 en Figuur 7.2). Het tekort heeft vooral gevolgen voor landbouw (tekort berekening uit oppervlaktewater); het aandeel van het tekort voor peilbeheer en doorspoeling in het totale tekort is zeer beperkt.



Figuur 7.1 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het benedenrivierengebied (deelgebieden 10 en 12) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2050



Figuur 7.2 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het benedenrivierengebied (deelgebieden 10 en 12) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2050

7.3.2 Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen

In een droog en extreem droog jaar in 2050 blijft het watertekort bij scenario Druk en Rust gelijk aan het tekort in de referentiesituatie (ca. 5%), terwijl het watertekort in het scenario

Warm en Stoom toeneemt naar ruim 10-15% (in een Warm scenario in een extreem droog jaar zo'n 31 Mm³ voor peilbeheer, 11 Mm³ voor doorspoeling en 58 Mm³ voor beregening). Het tekort voor beregening is procentueel het grootst, namelijk 42% van de beregeningsvraag kan niet worden geleverd. In een Druk scenario treden en nauwelijks veranderingen van de gemiddelde grondwaterstanden op. Bij een Warm scenario zijn wel daling van de gemiddelde laagste grondwaterstanden (GLG) te verwachten die kunnen oplopen tot 20 cm. Deze daling treedt gebiedsdekkend op en wordt veroorzaakt door hogere verdamping en minder neerslag. De veranderingen van de grondwaterstanden in de scenario's Druk en Rust zullen vergelijkbare zijn omdat het klimaat van deze scenario's gelijk is. Hetzelfde geldt voor de resultaten van de scenario's Warm en Stoom.

7.3.3 Zichtjaar 2050 – met maatregelen

Met de maatregelen als een bellenpluim of het inzetten van de (vergroete) Kleinschalige Water Aanvoerroute kan de zoetwatervoorziening in principe langer gewaarborgd blijven.

In 2050 in een gemiddeld en droog jaar situatie hebben een bellenpluim of een grotere KWA nagenoeg geen effect op de totale levering aan deelgebied 10, omdat de levering zonder uitbreiding al vrijwel 100% is. In een extreem droog jaar is er wel een positieve bijdrage van de maatregelen. Het effect van de bellenpluimen is echter maar zeer beperkt t.o.v. de KWA. Het huidige niveau wordt bij een bellenpluim niet gehaald onder extreem droog jaar situatie in 2050 bij scenario Warm, terwijl KWA de huidige situatie zelfs verbetert. Extra levering komt m.n. ten goede aan de landbouw en in scenario Warm ook aan peilbeheer en doorspoeling (tekorten zijn weggewerkt). Het verschil tussen effect KWA 15 m³/s en KWA 24 m³/s is klein en alleen zichtbaar bij levering beregening in scenario warm (10% meer levering voor beregening in deelgebied 10).

Een nadere analyse van de berekeningsresultaten laat zien dat de piekwatervraag in het doelgebied van de KWA zo'n 22 m³/s is in een extreem droog jaar situatie in 2050. Een KWA met optimale inrichting van het watersysteem en maximale capaciteit van 24 m³/s is dan ook voldoende om resterende berekende tekorten op te heffen.

Voor dit gebied zijn de volgende regionale maatregelen geanalyseerd met het Deltamodel:

- peilgestuurde drainage
- peilopzet/vernatting in en buiten natuurgebieden
- beperken irrigatieverliezen
- efficiëntere doorspoeling
- meer beregenen
- onderwaterdrainage veengebieden

Met alleen het regionaal maatregelenpakket (dus zonder ingrepen in het HWS systeem) veranderen de tekorten nauwelijks. Wel neemt de vraag van de regio af. Dit komt voornamelijk omdat de doorspoeling in het regionaal maatregelenpakket wordt verminderd. Ook is er een kleine vermindering van de vraag zichtbaar als gevolg van verschillende maatregelen.

In dit gebied is het nog mogelijk om met aanvullende regionale maatregelen het resterend tekort te beperken. Om het resterend tekort op te heffen is in het regionaal systeem een bufferschijf van 0,4 – 0,6 m nodig. De tekorten peilbeheer kunnen worden opgelost door circa 1% van het gebied vol te bouwen met waterreservoirs. Voor het tekort voor beregening is tussen 8 en 15% van het landbouwareaal nodig. Deze getallen zijn te groot om in de praktijk te realiseren. Deze aanvullende maatregelen zijn hierom niet geschikt om te regionale tekorten op te heffen maar kunnen lokaal wel een rol spelen in de watervoorziening.

De HWS maatregelen hebben nagenoeg geen effect op de grondwaterstanden. De regionale maatregelen daarentegen wel. De effecten van de regionale maatregelen op de freatische grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 4.6 en Figuur 4.7.

De verandering van de grondwaterstanden wordt in dit gebied vooral veroorzaakt door de peilgestuurde drainage. Als gevolg van deze maatregel is lokaal zowel stijging als daling van de grondwaterstanden mogelijk. Deze effecten zijn voornamelijk zichtbaar bij de hoge grondwaterstanden. Bij de effecten van de maatregel peilgestuurde drainage dient de kanttekening gemaakt te worden dat de gekozen weerstand voor het drainagesysteem (te) laag is. Verder wordt de effectiviteit van deze maatregel sterk bepaald door de timing van de peilaanpassing van de drainage (Rozemijer *et al.*, 2012). De te lage weerstand zorgt voor een (te) groot effect op de grondwatersanden, terwijl de effecten bij een juiste timing van de peilopzet juist groter kunnen zijn. De resultaten van deze maatregel geeft een richting van de effecten maar dient op een hoger detailniveau gemodelleerd te worden.

Het regionaal maatregelpakket 1 zorgt in combinatie met de KWA 24 m³/s of de bellenpluim 200 m³/s voor een kleine verlaging van de vraag en tekorten.

Regionaal maatregelenpakket 2 bevat in deze regio ook de maatregelen meer beregenen en de onderwaterdrainage in de veengebieden. De onderwaterdrainage zorgt voor een toename van de watervraag voor peilbeheer en een daling van de gemiddelde hoogste grondwaterstanden en een stijging van de gemiddeld laagste grondwaterstanden. De toename van de watervraag wordt veroorzaakt door extra infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater wat de hogere grondwaterstanden veroorzaakt. De toename van de watervraag in deze berekeningen kan oplopen met circa 20%.

Het vergroten van het potentieel beregend areaal geeft een verhoging van de watervraag voor peilbeheer en grondwater. De effecten zijn echter niet zichtbaar op de gemiddelde grondwaterstanden omdat de berekening in dit gebied voornamelijk uit het oppervlaktewater plaatsvindt. Het grotere areaal zorgt voor circa 10% verhoogde watervraag ten behoeve van beregening. Dit water zal niet altijd geleverd kunnen worden aangezien er in een extreem droog jaar tekorten voor beregening kunnen optreden. Binnen de gevoeligheidsanalyse is gekeken naar een vergroting van het potentieel beregend areaal met 100%. Deze resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 9.3.

De modelberekeningen van de regionale maatregelen bevatten een hoop onzekerheden. Ook is een deel van de maatregelen niet doorgerekend door beperkingen van het modelinstrument. Toch geven de berekeningen een richting van de verwachte effecten. Hieruit blijkt dat de regionale maatregelen de tekorten van de watervraag aan het hoofdwatersysteem niet volledig op zullen lossen maar wel een bijdrage kunnen leveren aan de lokale zoetwatervoorziening. Regionale maatregelen kunnen ook effect hebben in gebieden die niet of in mindere mate beïnvloed kunnen worden door het hoofdsysteem waardoor deze maatregelen een hoge effectiviteit zullen hebben. Op basis van de berekeningen en de uitkomsten van de expert sessies zijn de volgende maatregelen als kansrijk voor vermindering van de watervraag aan het hoofdwatersysteem geïdentificeerd voor deze regio:

- flexibel peilbeheer polders en boezem
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- vermindering doorspoeling

De effecten van individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven in Bijlage J.

Lokale inpassing en dimensionering van de regionale maatregelen vereist een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, en is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.

7.3.4 Zichtjaar 2100

Voor het zichtjaar 2100 nemen de tekorten in het scenario Warm toe; in een extreem droog jaar is het tekort ongeveer 25%. Dit wordt in een extreem droog jaar 63 Mm³ voor peilbeheer, 19 Mm³ voor doorspoeling, en 97 Mm³ voor beregening in een extreem droog jaar. Het tekort is opgelopen tot zo'n 20%, 10%, resp. 55% van de watervraag.

Een verdere uitbreiding van de capaciteit van de KWA naar 15 m³/s zorgt ervoor dat het tekort dat nu ook in een droog jaar ontstaat in deelgebied 10 nagenoeg opgeheven wordt voor alle watervraagcategorieën. In een extreem droog jaar in scenario Warm houdt landbouw bij de maximale KWA variant nog een tekort van ca. 30% voor beregening uit oppervlaktewater, maar dit is nagenoeg gelijk aan de huidige situatie in een extreem droog jaar. Het effect van de bellenpluimen (grote en kleine variant) in 2100 is verwaarloosbaar.

7.4 Effecten op de landbouw

De schade voor de landbouw is in het benedenriviergebied (regio 10 en 12) in de huidige situatie ongeveer 85 M€ in een extreem droog jaar, 25 M€ in een droog jaar en 15 M€ in een gemiddeld jaar (Figuur 7.3). In het scenario Druk neemt dit in een extreem droog jaar af met zo'n 15 M€ en in het scenario Warm neemt dit toe met zo'n 80 M€. Voor het zichtjaar 2100 is de afname ten opzichte van de huidige situatie voor het scenario Druk circa 25 M€ en voor het scenario Warm een toename van 195 M€.

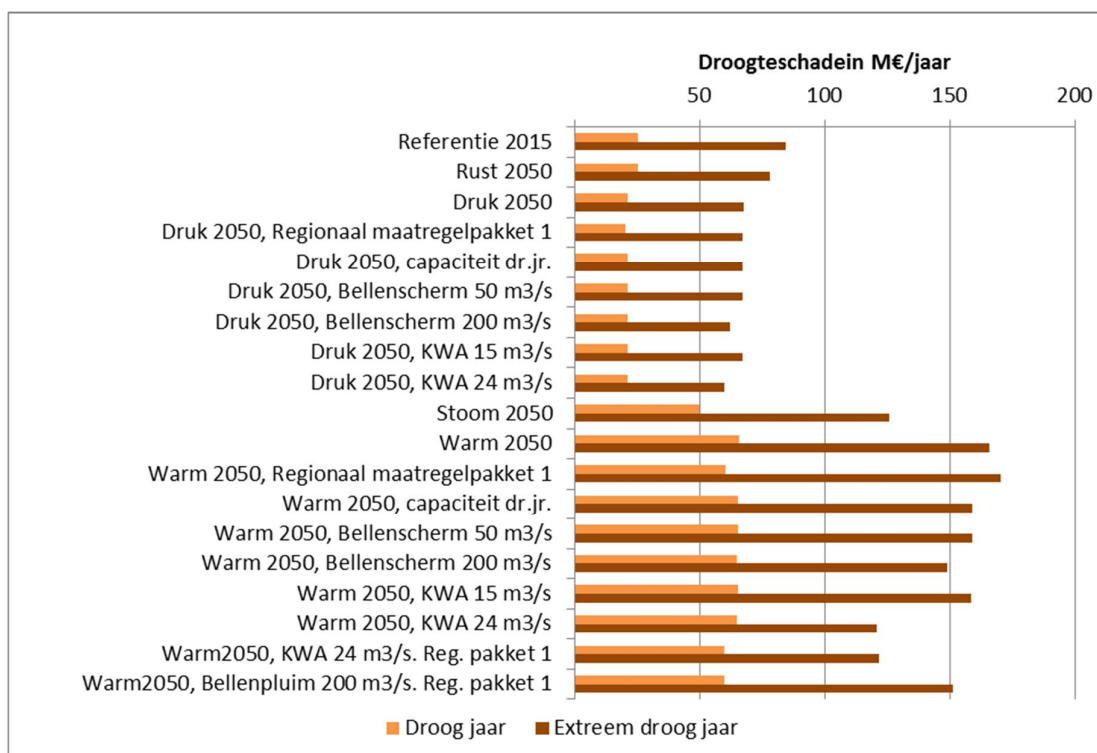
De effecten van de maatregelen zijn een ordegrootte kleiner dan de effecten van de scenario's. In het scenario Druk zijn er geen tekorten en dus ook geen effecten te zien. In het scenario Warm leidt de maatregel bellenpluim 50 m³/s tot een beperkte afname van de schade van ongeveer 5 M€ (3%) in een extreem droog jaar in 2050. Een bellenpluim van 200 m³/s zorgt voor een afname van de schade van 15 M€. In een extreem droog jaar is het effect van een bellenpluim van 50 m³/s op de landbouwschade ongeveer gelijk aan het effect van een bellenschuim van 200 m³/s, namelijk 15 M€.

De KWA van 15 en 24 m³/s hebben geen effect in een gemiddeld en droog jaar voor zichtjaar 2050. Voor een extreem droog jaar is een afname van de landbouwschade mogelijk van respectievelijk 35 en 45 M€ in Warm 2050 en 60 en 70 M€ in Warm 2100.

Het regionale maatregelenpakket zorgt voor een kleine toename van de schade van 5 M€ in extreem droog jaar bij Warm 2050. Bij een gemiddeld en een droog jaar neemt de schade wel

af met circa 5 M€ De toename van de droogteschade in een extreem droog jaar kan verklaard worden door lagere grondwaterstanden in de winter en het voorjaar die effect hebben op de bodemvochtgehalten tijdens het groeiseizoen. De verlaagde grondwaterstanden kunnen eventueel wel zorgen voor lagere natschades. Dit wordt echter niet berekend met het Deltamodel. De veranderingen van droogteschade als gevolg van het regionaal pakket zijn erg klein.

Het regionaal maatregelpakket in combinatie met de KWA 24 m³/s of de bellenpluim 200 m³/s geven vergelijkbare resultaten als de som van de effecten van de HSW maatregel en het regionaal maatregelpakket.



Figuur 7.3 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het benedenrivierengebied (regio 10 en 12) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een droog en extreem droog jaar.

De effecten van de scenario's op de schade voor de landbouw zijn veel groter dan de effecten van de maatregelen. In het scenario Warm zijn de effecten van de maatregelen groter dan in het scenario Druk. Vooral de maatregelen met de KWA zorgen voor een significante verlaging van de droogteschade.

De regionale maatregelen uit het regionaalpakket 1 geven hebben maar weinig effect op de droogteschade. De regionale maatregelen zoals berekend in deze studie geven de richting van de effecten op de droogteschades voor de landbouw. De berekende droogteschades bevatten een onzekerheid als gevolg van onzekerheden in model, uitgangspunten, scenario's en ontwikkelingen in de markt. Toch is het mogelijk om op basis van de resultaten en van de expertsessies kansrijke maatregelen voor de landbouw te definiëren. De volgende maatregelen zijn als kansrijk voor de landbouw gedefinieerd voor deze regio:

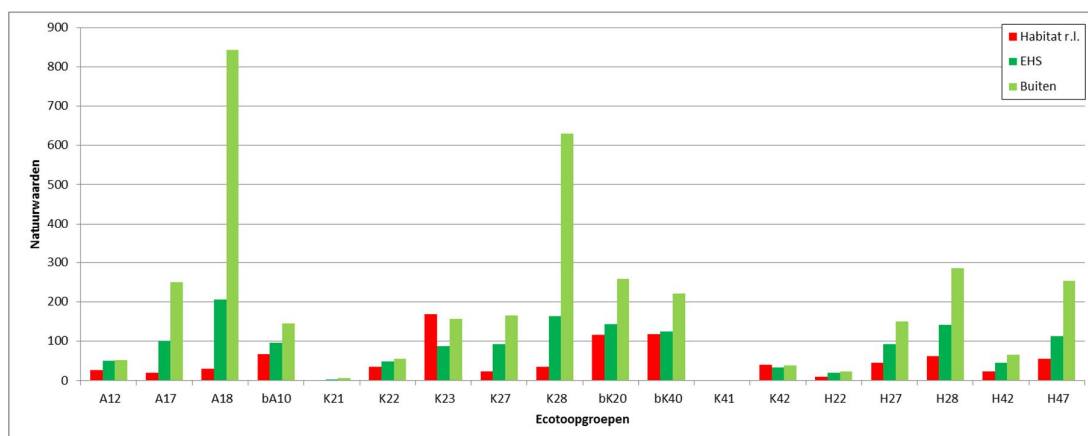
- reservoirs
- efficiënter beregenen

- uitbreiden beregend areaal

7.5 Effecten op de terrestrische natuur

Het totale areaal van het knelpuntgebied Benedenrivierengebied is 3250 km² waarvan 3% bestaat uit habitatrictlijengebied. De belangrijkste is het laagveengebied Nieuwkoopse plassen, en natte bloemrijke graslanden binnen het reservaat Broekvelden, Vettenbroek & Polder Stein. Deze regio is rijk aan sloten waar bijzondere natuurwaarden kunnen voorkomen, en met name laagveengebieden zijn gevoelig voor inlaat van systeemvreemd water. Voor aquatische zoet water natuur kan sprake zijn van onomkeerbare schade indien te zout water wordt ingelaten.

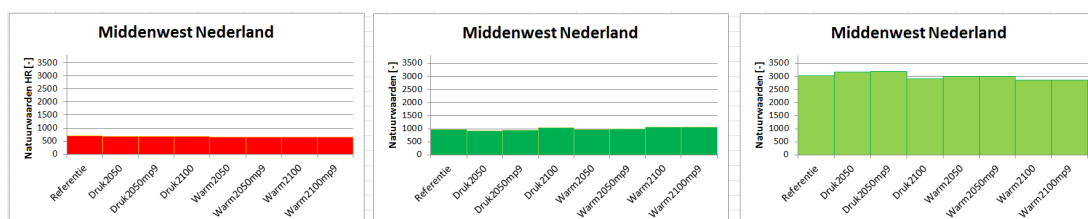
Het EHS areaal varieert per deltasceario. Dit is 5%, 5%, 8%, 5% en 7% voor huidig, scenario Druk in 2050, scenario Druk in 2100, scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100.



Figuur 7.4 Natuurwaarden per ecotoopgroep

Voor wat betreft natte en vochtige ecosystemen komt 9% van de landelijke natuurwaarden voor in dit gebied. Voedselrijke natuur domineert, hoewel ook brakke vegetaties (Oud-Bijerland, Goeree-Overflakkee) en voedselarme natuur (schraallanden K22 en K23) voorkomen. Met name Voorne Putten bevat een omvangrijk botanisch rijk gebied met K23 ofwel pionier en grasland van natte, basenrijke standplaatsen). Dergelijke vegetaties bevinden zich in de natte kalkrijke duinvalleien.

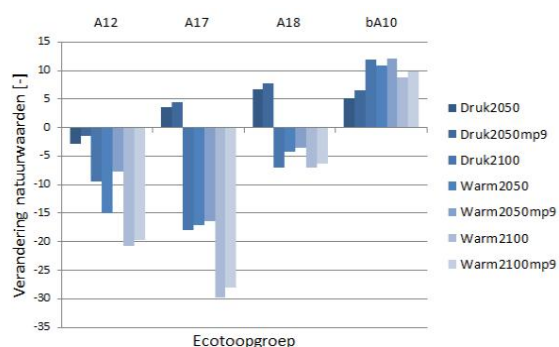
Een overzicht van de effecten op de natuurwaardesom op basis van DEMNAT per scenario staat aangegeven in Figuur 7.5.



Figuur 7.5 Natuurwaarde per scenario volgens DEMNAT (Rood=HR, Donkergroen = EHS, Licht groen = Buitengebied). Mp9 staat voor regionaal maatregelenpakket 1.

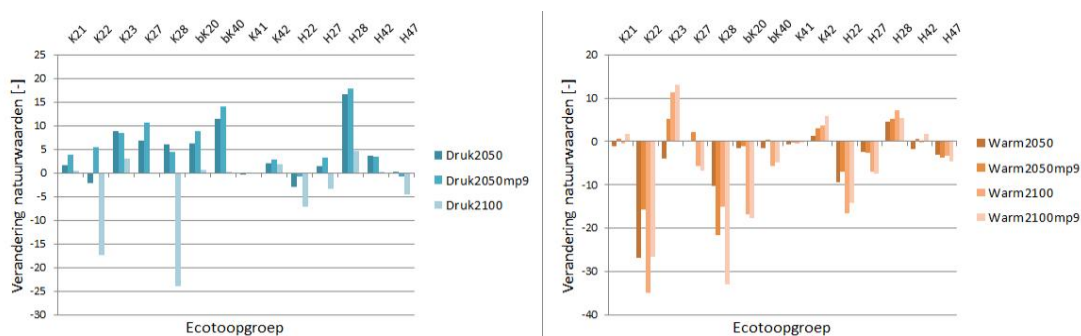
In hydrologisch opzicht geven de scenario's geen grote veranderingen aan voor de grondwaterstanden en ook het regionale maatregelenpakket 1 is hier nauwelijks van toepassing. Daardoor laten de ecologische effecten ook nauwelijks verschillen zien.

De effecten in termen van verandering van natuurwaarden per ecotoopgroep staat weergegeven in Figuur 7.5 (aquatisch) en Figuur 7.6 (terrestrisch).



Figuur 7.6 Verandering in natuurwaarden per aquatische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 7.6 laat zien overwegend verlies in natuurwaarden laten zien. Alleen voor scenario Druk in 2050 is sprake van toename in natuurwaarden voor de matig tot zeer voedselrijke wateren (A17, A18). De brakke aquatische natuur neemt in alle scenario's toe als gevolg van interne en externe verzilting. Het grootste verlies in aquatische natuurwaarden treedt op in een scenario Warm in 2100. Het regionale maatregelenpakket 1 laat nauwelijks effecten zien voor dit knelpuntgebied.



Figuur 7.7 Verandering in natuurwaarden per terrestrische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 7.7 laat zien dat voor een scenario Druk in 2050 veel ecotoopgroepen een toename in natuurwaarden vertonen, en dat met name voor natte typen scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100 een afname in natuurwaarden laten zien. Opvallend is het verlies in natuurwaarden voor K22 en K28 in een scenario Druk in 2100 voor deze regio. NHI laat hier ook dalingen in de grondwaterstand zien. Het regionale maatregelenpakket 1 laat weinig effect zien, hoewel schraallanden (K22) nog wel lijken te profiteren.

7.6 Verhoging van de zoutconcentraties in het benedenrivierengebied: effecten op de inlaatpunten voor drink- en industriewater

Voor water voor drinkwaterwinning worden eisen gesteld aan het zoutgehalte en de temperatuur van het oppervlaktewater. In deze paragraaf wordt alleen aandacht besteed aan het zoutgehalte. Voor een beschouwing met betrekking tot temperatuur en waterkwaliteitswordt verwezen naar Wuijts (2014). Voor drinkwater is de maximale zoutconcentratie 150 mg Cl/l. Hoewel er geen wettelijke normen zijn voor industriewater, zijn er vaak wel afspraken gemaakt tussen bedrijf en leverancier. Meestal wordt een maximale chlorideconcentratie afgesproken van 150 mg Cl/l en soms 200 mg Cl/l.

In hoofdstuk 7.2 is de analyse beschreven van de verzilting van de inlaatpunten Gouda en Bernisse. Voor de analyse van inlaatpunten voor drink- en industriewater is hetzelfde instrumentarium gebruikt (met dezelfde kanttekeningen) en zijn dezelfde maatregelen doorgerekend. De modelinvoer en de modelresultaten voor de deltasceario's (update van de analyse die eerder in het kader van de landelijke knelpuntenanalyse was uitgevoerd) worden in meer detail besproken in Bijlage C. In deze paragraaf worden alleen de conclusies beschreven. Van belang is verder dat voor inlaat van water voor bereiding van drink- en industriewater in de tabellen het aantal sluitingsdagen per jaar is opgenomen (dus het aantal dagen dat de norm wordt overschreden). Voor drinkwaterwinning via oeverinfiltratie is niet de acute normoverschrijding van belang, maar de gemiddelde concentratie per jaar, die dan ook voor deze punten in Bijlage C opgenomen zijn. In Bijlage C is ook een kaart opgenomen met de ligging van de inlaatpunten waarvoor modelresultaten gepresenteerd worden.

Voor een analyse van de aanvoer van industriewater naar het Rijnmondgebied via de inlaat Bernisse en het Brielse Meer wordt verwezen naar hoofdstuk 7.2. Verder speelt verzilting ook bij inlaatpunten aan het IJsselmeer, zoals Andijk. In de analyse is hier geen aandacht aan geschonken en dit wordt daarom verder ook niet beschreven in dit rapport.

De resultaten van het NDB model laten zien dat in de huidige situatie de drinkwaternorm voor zout niet of slechts gedurende een beperkt aantal dagen overschreden wordt in een gemiddeld en in een droog jaar. In een extreem droog jaar loopt dit voor een aantal punten op tot 10 à 25 dagen/jaar. Voor de oeverinfiltratielocaties loopt alleen voor Ridderkerk de jaargemiddelde concentratie in een extreem droog jaar op tot boven norm. Het uitvoerpunt in het model ligt echter op de Noord, terwijl de werkelijke oeverinfiltratie zich net op de Lek bevindt. De uitkomsten voor deze locatie dienen dus slechts ter indicatie.

Modelresultaten voor de scenario's Druk en Rust voor de zichtjaren 2050 en 2100 laten zien dat er onder deze scenario's weinig veranderingen te verwachten zijn ten opzichte van de huidige situatie. In het Warm en Stoom scenario neemt het aantal sluitingsdagen en de jaargemiddelde concentratie aanzienlijk toe. Locaties die in de huidige situatie geen last hebben van verzilting, zoals Bergambacht, Lekkanaal en Hollandsch Diep, krijgen dan ook met overschrijding van de norm te maken. Onder deze scenario's overschrijdt voor het zichtjaar 2050 de berekende jaargemiddelde zoutconcentratie bij Lekkerkerk in droge en extreem droge jaren de norm.

Zoals beschreven in hoofdstuk 7.2 kan een bellenpluim in de Nieuwe Waterweg de externe verzilting tegengaan. Het effect van een bellenpluim op de zoutconcentraties in Hollandsch Diep, Haringvliet en Spui zal naar verwachting zeer beperkt zijn. Het effect van een kleine bellenpluim is in de modelresultaten ook beperkt. De grote bellenpluim kan volgens de

modelresultaten de zoutconcentratie en het aantal sluitingsdagen op de locaties langs de Lek wel aanzienlijk terugdringen.

Extra onttrekkingen aan de Waal stroomopwaarts richting het Amsterdam-Rijnkanaal en Maas-Waalkanaal, wanneer extra aanvoer richting de KWA+ resp. Maas gewenst is, zorgen voor een afname van de afvoer van de Waal en een toename in het aantal sluitingsdagen. Dit effect is meestal beperkt tot enkele dagen. Alleen voor locatie Scheelhoek onder het Warm en Stoom scenario in 2050 geeft in een extreem droog jaar een aanzienlijke toename van het aantal sluitingsdagen. Dit komt doordat in de modelresultaten zonder maatregelen de concentratie gedurende lange tijd net onder de norm zit. Beperking van de afvoer zorgt ervoor dat de concentratie als berekend door het model gedurende langere tijd net boven de norm uitkomt.

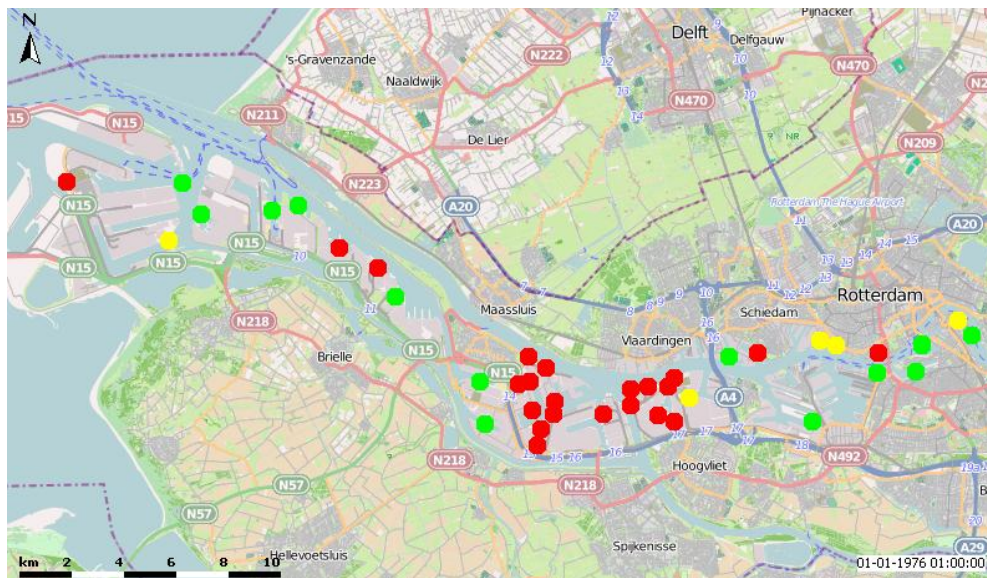
Om het watertekort in het IJsselmeergebied onder de Warm en Stoom scenario's voor het zichtjaar 2100 te beperken wordt de maatregel beschouwd om 100 m³/s extra over de IJssel richting IJsselmeer af te voeren ten koste van de afvoer van de Waal. Voor deze maatregel zijn geen modelberekeningen uitgevoerd. Er kan echter verwacht worden dat de effecten in dezelfde richting zullen wijzen als die voor de maatregel extra afvoer naar Amsterdam-Rijnkanaal en Maas-Waalkanaal. Hierbij gaat het echter slechts om maximaal 39 m³/s, dus ligt het voor de hand dat het effect van 100 m³/s extra over de IJssel groter zal zijn.

Een mogelijke maatregel om de verzilting van de Lek te beperken is het aanpassen van de afvoerdeling tussen Waal en Lek om meer water via de lek af te voeren. Deze maatregel is niet gemodelleerd, maar zal naar verwachting effectief kunnen zijn voor de zoutconcentraties op de Lek.

Een zout Volkerak-Zoommeer (met alle zoutbeperkende maatregelen bij de Volkeraksluizen) leidt tot een resterende zoutlekage van 20 kg/s. Als de Haringvlietssluisen bij lage afvoeren langdurig gesloten zijn, zal dit leiden tot extra verzilting van Hollands Diep, Haringvliet en Spui. De resultaten van het NDB model in Bijlage C laten zien dat dit leidt tot aanzienlijke extra verzilting van de locaties langs deze wateren. Het heeft echter geen significant effect op sluitingsdagen en jaargemiddeldeconcentraties van locaties aan de Lek.

7.7 Beperkingen door temperatuurverhogingen voor koelwaterlozingen door energiecentrales en industrie

In de huidige situatie doen zich in het benedenrivierengebied voor een gemiddeld jaar voor de industrievraagpunten niet of nauwelijks problemen voor. Slechts voor een beperkt aantal punten (minder dan 10) ontstaan problemen in het gemiddelde of matig droge jaar onder het scenario Warm. Voor het zeer droge jaar 1976 onder het scenario Warm zien we echter voor een vrij groot aantal punten problemen ontstaan (orde 40). Deze punten zijn verspreid over het gehele watersysteem, zie als voorbeeld voor het Rotterdamse havengebied Figuur 7.8.



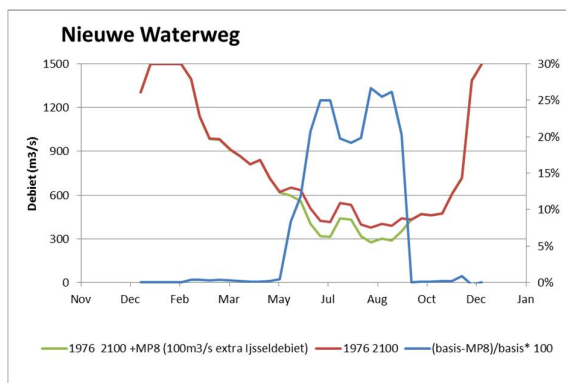
Figuur 7.8 Voorlopig resultaat: beperking warmtelozingscapaciteit (in dagen) voor de Industrie in scenario Stoom voor een extreem droog jaar in 2100 (groen=0, geel =0-5, oranje 5-10, rood=>10)

Van de gedefinieerde maatregelen is op voorhand geschat dat een tweetal ervan mogelijk gevolgen voor de koelwaterfunctie in het benedenrivierengebied heeft. Het betreft een verhoogde IJssel afvoer ten behoeve van waterbuffer IJsselmeergebied en de Kleinschalige Water Aanvoerroute West- en Midden Nederland.

Extra afvoer naar de IJssel als het IJsselmeerpeil wegzakt

Om te voorkomen dat het IJsselmeerpeil in het zomerhalfjaar (april-september) onder -0,1m NAP zakt wordt maximaal 100 m³/s extra over de IJssel gestuurd. Dit water bereikt daardoor het benedenrivierengebied niet waardoor er daar minder water beschikbaar is. Zie ter illustratie hiervan Figuur 7.9. In de extreme situatie (karakteristiek extreem droog jaar 1976 in scenario Warm 2100) is het debiet door de Nieuwe Waterweg 's zomers in de orde van 400 m³/s en vermindert dit als gevolg van de maatregel met een kwart tot orde 300m³/s.

Daarnaast is er een effect op het Amsterdam Rijnkanaal, omdat bij alle hoofdwatersysteemmaatregelen uitgangspunt is dat de inlaatcapaciteiten naar regionaal water zijn vergroot t.o.v. de referentiesituatie (situatie onder de Deltascenario's). Het gaat in de kritische zomer van 1976 gemiddeld om 1,5 m³/s wat procentueel wel aanzienlijk is in die periode.



Figuur 7.9 Verandering van de afvoer op de Nieuwe Waterweg als gevolg van extra afvoer over de IJssel ten koste van de Waal in scenario Warm voor een extreem droog jaar in 2100 (linker as in m^3/s , rechter as als percentage van de afvoer in de situatie zonder maatregel).

Verminderde rivierafvoer in het (beneden)rivierengebied is zoals gezegd in principe ongunstig, omdat warmtelozingen minder sterk verdund kunnen worden. In het getijdegebied wordt de verdunning van geloosde warmte echter mede bepaald door het getijdebiet. Hoe verder richting zee hoe groter de invloed van het getijdebiet op de koelcapaciteit.

Uit de beschikbare NHI modelresultaten blijkt dat alleen het debiet naar de Nieuwe Waterweg afneemt als gevolg van de extra IJsselafvoer. De situatie in de Nieuwe Waterweg is vanwege de invloed van getij complex maar de inschatting is dat een kleiner zoetwaterdebiet niet leidt tot extra problemen voor wat betreft koelwater in dit gebied. De huidige knelpunten treden hoofdzakelijk op door opwarming van het water als gevolg van klimaatverandering, niet door een tekort van koelwater. Als gevolg van een kleiner rivierdebiet dringt Noordzee water verder de Nieuwe Waterweg binnen waardoor de koelcapaciteit hier mogelijk zelfs toeneemt, omdat Noordzeewater 's zomers kouder is dan het rivierwater. Of bestaande knelpunten daardoor verdwijnen is op dit moment niet te zeggen.

Als gevolg van het verder indringen van Noordzee water kan zout ook frequenter er voor zorgen dat inlaat van water uit getijderivieren richting regio gestaakt moet worden (bijvoorbeeld bij Gouda). Daarmee is de maatregel in potentie ongunstig voor de regio.

De maatregel is dus overwegend 'gunstig' voor koelwater.

Effecten Kleinschalige Water Aanvoerroute (KWA) maatregelen

KWA maatregelen zijn gericht op het vergroten van de wateraanvoer naar Delfland en Schieland. In de meest extreme variant wordt $24 m^3/s$ aangevoerd (de helft via Gouda via de gekanaliseerde Hollandse IJssel en de helft via Bodegraven via de Oude Rijn) ten opzichte van de huidige aanvoer van orde $7-10 m^3/s$. De debieten in het Amsterdam Rijnkanaal-Betuwapand en Merwedekanaal nemen als gevolg van de doorvoer van het KWA water relatief sterk toe. Het KWA water komt uit drie inlaatlocaties uit de Lek (Wijk bij Duurstede, nabij Hagestein en nabij Schoonhoven). Het debiet op de Lek en benedenstrooms in de Nieuwe Waterweg neemt hierdoor af. De afname op de Nieuwe Waterweg is beperkt tot ca. 5%.

Kleinschalige Wateraanvoer ten behoeve van West Nederland zal in principe tot minder knelpunten voor koelwater van vooral de industrie leiden. Er zijn in de knelpuntenanalyse van 2011 (Klijn et al, 2011) geen knelpunten geconstateerd in West Nederland omdat de analyse zich tot het hoofdwatersysteem beperkte. In de analyse van de referentiesituatie in fase 4 (situatie onder de Deltascenario's) treden wél knelpunten op, bijvoorbeeld in de boezemwateren in West Nederland. Voor deze locaties is de maatregel zeer waarschijnlijk

gunstig. Ook een relatief klein extra debiet geeft relatief veel extra ruimte voor kleinere lozingen (bijvoorbeeld: 2,5 m³/s wordt 1°C opgewarmd als gevolg van een 10 MW warmtelozing).

Er liggen geen vraagpunten in het Amsterdam Rijnkanaal-Betuwepand (meer debiet) en in de Lek (debietverandering onbekend) en de verandering op de Waaldebieten zijn verwaarloosbaar: de maatregel is voor die wateren dus neutraal.

De maatregel heeft dus twee elkaar tegenwerkende effecten: een beperkte afname van de zoetwaterafvoer in de Nieuwe Waterweg versus extra beschikbaarheid voor koelwater in het regionaal systeem. De inschatting is dat een kleiner zoetwaterdebiet in de Nieuwe Waterweg niet leidt tot extra problemen voor wat betreft koelwater (zie ook bij maatregel extra afvoer naar de IJssel). De KWA maatregel is dus als overwegend 'gunstig' beoordeeld voor de koelwatervoorziening van een beperkt aantal lozers in het regionaal systeem.

8 Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer

8.1 Inleiding

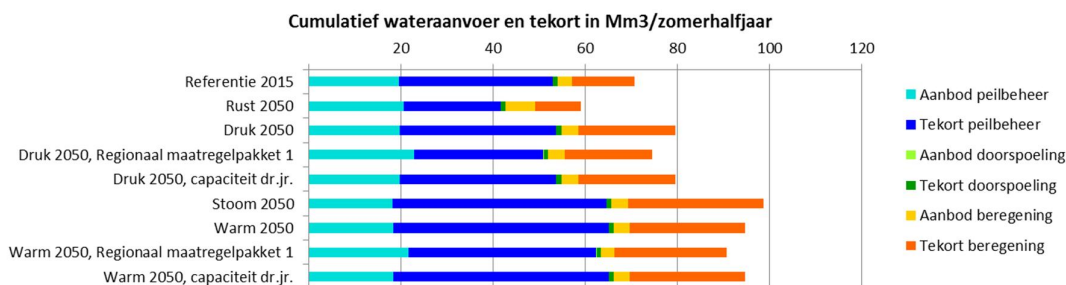
Dit hoofdstuk gaat in op deelgebied 13. Het gebied kan niet van oppervlaktewater worden voorzien. Daarom is er geen oppervlaktewaterlevering. Het peilbeheer is de grootste watervraagpost maar is weinig realistisch. Het is de hoeveelheid water die nodig zou zijn om de oppervlaktewaterpeilen in de aanwezige waterlopen op peil te houden. Omdat er geen wateraanvoer is kan het oppervlaktewater alleen op peil gehouden worden met water dat intern wordt geleverd. Dit is bijvoorbeeld het neerslagoverschot of kwelwater, mits dit in de verschillende jaren voldoende aanwezig is.

In de watervraag wordt voorzien door in droge periodes een beroep te doen op de zoetwaterlenzen en de pijpleiding voor de fruitteelt in Zuid Beveland (Ter Maat 2013).

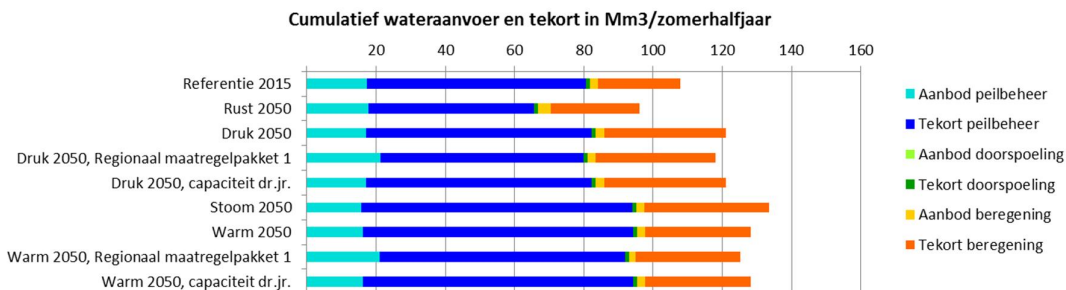
8.2 Effecten op de regionale tekorten

8.2.1 Referentie jaar 2015

In de referentie situatie is er een gemiddeld jaar in het gebied al een watertekort van zo'n 50%. In een droog jaar en in een extreem droog jaar loopt dit op naar ca. 70% resp. 80% (Figuur 8.1 en Figuur 8.2). Landbouw en peilbeheer zijn dan ook vooral afhankelijk van het water dat intern wordt geleverd.



Figuur 8.1 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) in het deelgebied Zuidwestelijk Delta zonder aanvoer voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2050



Figuur 8.2 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) in het deelgebied Zuidwestelijk Delta zonder aanvoer voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2050

8.2.2 Zichtjaar 2050 – zonder maatregelen

In een droog en extreem droog jaar in 2050 nemen de tekorten in het scenario Druk met maximaal 10% verder toe. De toename in het Warm en Stoom scenario is iets groter. Het tekort voor de berekening in het Warm in een extreem droog jaar is zo'n 30 Mm³. In een Druk veranderen de gemiddelde grondwaterstanden weinig (Figuur 4.5). In de kustgebieden is een stijging van de grondwaterstanden mogelijk als gevolg van de zeespiegelstijging. In het Warm scenario dalen de grondwaterstanden. Vooral de gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) dalen sterk tot circa 25-50 cm als gevolg van de hogere verdamping en lagere neerslag (Figuur 4.5). Deze daling is groter dan een de stijging die op treed als gevolg van de zeespiegelstijging. De veranderingen van de grondwaterstanden in de scenario's Druk en Rust zullen vergelijkbare zijn omdat het klimaat van deze scenario's gelijk is. Hetzelfde geldt voor de resultaten van de scenario's Warm en Stoom.

8.2.3 Zichtjaar 2050 – met maatregelen

Voor dit gebied zijn geen maatregelen in het hoofdwatersysteem doorgerekend omdat dit gebied geen aanvoer vanuit het hoofdwatersysteem mogelijk is.

Voor dit gebied zijn de volgende regionale maatregelen geanalyseerd met het Deltamodel:

- Peilgestuurde drainage
- Peilopzet/vernatting in en buiten natuurgebieden
- Minder beregenen rond natuurgebieden
- Beperken irrigatieverliezen
- Verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen
- Hergebruik RWZI afvoer
- Meer beregenen

Met het regionaal maatregelenpakket veranderen de tekorten niet of nauwelijks. De aanvoer neemt toe als gevolg van de afkoppeling van een DWA afvoer van lozing op de Westerschelde naar het regionale systeem waardoor de tekorten peilbeheer iets afnemen. In dit gebied is het nog mogelijk om met aanvullende regionale maatregelen het resterend tekort te beperken. Om het resterend tekort op te heffen is in het regionaal systeem een waterschijf van ruim 2m nodig. De tekorten peilbeheer kunnen worden opgelost door circa 4 % van het gebied vol te bouwen met waterreservoirs. Voor het tekort voor berekening is ruim 40% van het landbouwareaal nodig. Deze getallen zijn te groot om in de praktijk te realiseren. Deze aanvullende maatregelen zijn hierom niet geschikt om te regionale tekorten op te heffen maar kunnen lokaal wel een rol spelen in de watervoorziening.

De HWS maatregelen hebben nagenoeg geen effect op de grondwaterstanden. De regionale maatregelen daarentegen wel. De effecten van de regionale maatregelen op de freatische grondwaterstand zijn weergegeven in Figuur 4.6 en Figuur 4.7.

De verandering van de grondwaterstanden wordt in dit gebied vooral veroorzaakt door de peilgestuurde drainage. Als gevolg van deze maatregel is er lokaal een stijging als daling van de grondwaterstanden mogelijk. Deze effecten zijn voornamelijk zichtbaar bij de hoge grondwaterstanden. Bij de effecten van de maatregel peilgestuurde drainage dient de kanttekening gemaakt te worden dat de gekozen weerstand voor het drainagesysteem (te) laag is. Verder wordt de effectiviteit van deze maatregel sterk bepaald door de timing van de peilaanpassing van de drainage (Rozemijer et al, 2012). De te lage weerstand zorgt voor een (te) groot effect op de grondwaterstanden, terwijl de effecten bij een juiste timing van de peilopzet juist groter kunnen zijn. De resultaten van deze maatregel geeft een richting van de effecten maar dient op een hoger detailniveau gemodelleerd te worden.

De modelberekeningen van de regionale maatregelen bevatten een hoop onzekerheden. Ook is een deel van de maatregelen niet doorgerekend door beperkingen van het modelinstrument. Toch geven de berekeningen een richting van de verwachte effecten. Hieruit blijkt dat de regionale maatregelen de tekorten van de watervraag aan het hoofdwatersysteem niet volledig op zullen lossen maar wel een bijdrage kunnen leveren aan de lokale zoetwatervoorziening. Regionale maatregelen kunnen ook effect hebben in gebieden die niet of in mindere mate beïnvloed kunnen worden door het hoofdsysteem waardoor deze maatregelen een hoge effectiviteit zullen hebben. Op basis van de berekeningen en de uitkomsten van de expert sessies zijn de volgende maatregelen als kansrijk voor vermindering van de watervraag aan het hoofdwatersysteem geïdentificeerd voor deze regio:

- flexibel peilbeheer polders
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- uitbreiden beregend areaal
- hergebruik RWZI afvoeren
- kreekruuginfiltratie

De effecten van individuele regionale maatregelen of clusters van maatregelen zijn beschreven in bijlag J.

Lokale inpassing en dimensionering van de regionale maatregelen vereist een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur, en is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.

8.2.4 Zichtjaar 2100

Voor het zichtjaar 2100 nemen de tekorten in het scenario Warm nog iets verder toe; in een extreem droog jaar is het tekort ongeveer 83%. Dit wordt in een extreem droog jaar 83 Mm³ voor peilbeheer en 34 Mm³ voor beregening in een extreem droog jaar. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) daalt in het Warm scenario nog sterker met een verlaging tot circa 50cm.

Het effect van de regionale maatregelen is in 2100 niet anders dan in 2050.

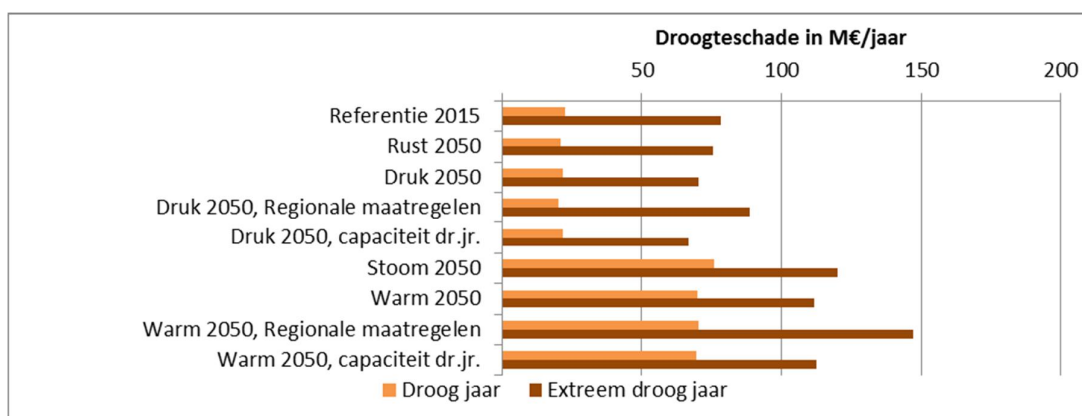
8.3 Effecten op de landbouw

De schade voor de landbouw is in het gebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer (regio 13) in de huidige situatie ongeveer 80 M€ in een extreem droog jaar, 20 M€ in een droog jaar en 5 M€ in een gemiddeld jaar (Figuur 8.3). In het scenario Druk neemt dit in een extreem droog jaar af met zo'n 10 M€ en in het scenario Warm neemt dit toe met zo'n 35 M€ voor het zichtjaar 2050. Voor het zichtjaar 2100 is de schade van voor het scenario Druk ongeveer gelijk aan de huidige situatie en is er een toename in de schade van circa 60 M€ voor het scenario Warm.

In het scenario Warm leidt het regionale maatregelenpakket tot toename van de schade van ongeveer 40 M€ in een extreem droog jaar in 2050. De toename is niet zichtbaar in de jaren dat er geen of weinig tekorten optreden (bijvoorbeeld een droog jaar voor Druk 2050 en Warm 2050). Dit wordt veroorzaakt door de lokale verlagingen in het grondwater als gevolg van aanpassingen in de drainage hoogte en weerstand.

De regionale maatregelen zoals berekend in deze studie geven de richting van de effecten op de droogteschades voor de landbouw. De berekende droogteschades bevatten een onzekerheid als gevolg van onzekerheden in model, uitgangspunten, scenario's en ontwikkelingen in de markt. Toch is het mogelijk om op basis van de resultaten en van de expertsessies kansrijke maatregelen voor de landbouw te definiëren. De volgende maatregelen zijn als kansrijk voor de landbouw gedefinieerd voor deze regio:

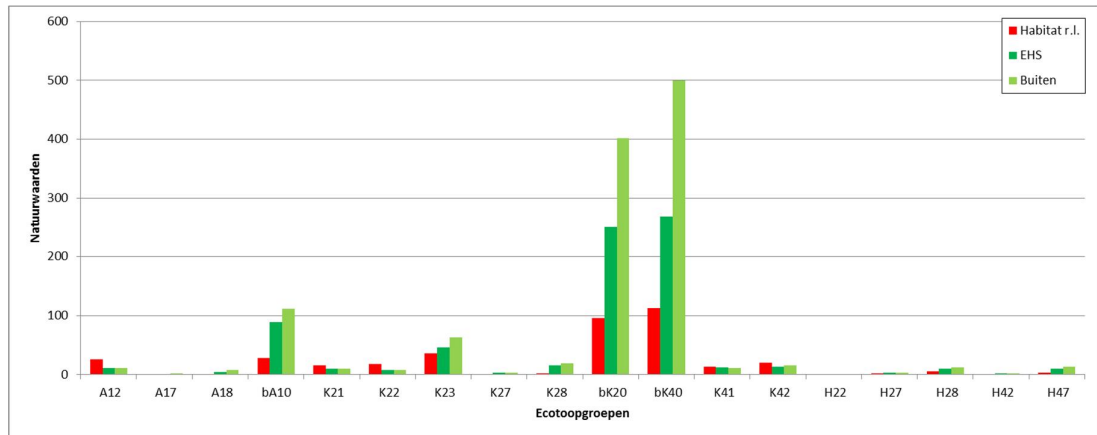
- reservoirs
- efficiënter beregenen
- peilgestuurde drainage
- uitbreiden beregend areaal



Figuur 8.3 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het gebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer (deelgebied 13) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een droog en extreem droog jaar.

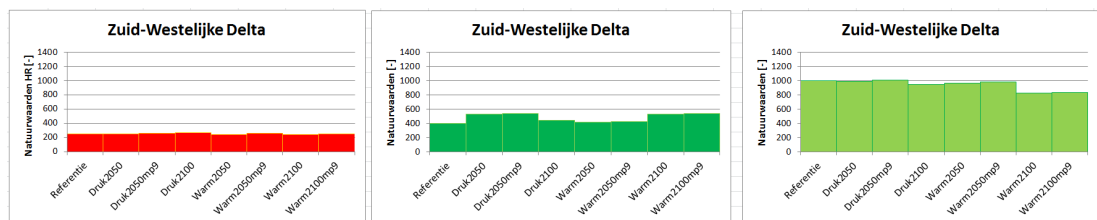
8.4 Effecten op de terrestrische natuur

Het totale areaal van het knelpuntgebied Zuidwestelijke delta – zonder wateraanvoer - is 1660 km² waarvan 3% bestaat uit habitatrictlijngebied. Het EHS areaal varieert per deltasenario. Dit is 6%, 12%, 13%, 7% en 12% voor huidig, scenario Druk in 2050, scenario Druk in 2100, scenario Warm in 2050 en scenario Warm in 2100. Voor wat betreft natte en vochtige ecosystemen komt 4% van de landelijke natuurwaarden voor in dit gebied. Vooral de brakke ecotoopgroepen domineren. Het areaal binnendijs habitatrichtlijn gebied is gering. Het gaat om enkele voormalige kreken zoals Groote gat en Vogelkreek, en het poldergebied Yerseke en Kapelse Moer. Dergelijke gebieden bevatten vooral brakke sloten en graslanden. De regio omvat ook deels duinen en een stuk van de Brabantse wal. Binnen deze gebieden komen natte heide (K21) en enkele natte schrale graslanden voor (K22, K23).



Figuur 8.4 Natuurwaarden per ecotoopgroep

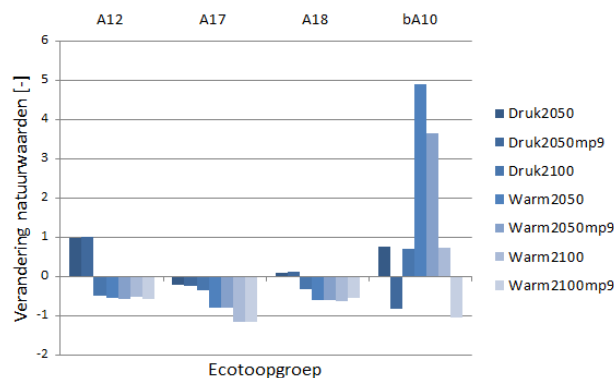
Een overzicht van de effecten op de natuurwaardesom op basis van DEMNAT per scenario staan aangegeven in Figuur 8.5.



Figuur 8.5 Natuurwaarde per scenario volgens DEMNAT (Rood=HR, Donkergroen = EHS, Licht groen = Buitengebied). Mp9 staat voor regionale maatregelenpakket 1.

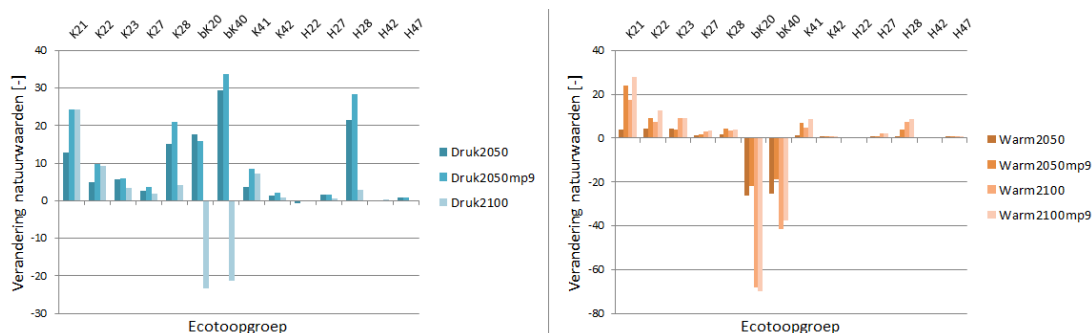
In hydrologisch opzicht laten de scenario's niet al te grote veranderingen zien wat ook terugkomt in de ecologische effecten. Het regionale maatregelenpakket 1 doet hier weinig. De toename in natuurwaarde voor EHS in de scenario's Druk in 2050 en Warm in 2100 is vooral te verklaren door de toename in het EHS areaal voor deze regio.

De effecten in termen van verandering van natuurwaarden per ecotoopgroep staat weergegeven in Figuur 8.6 (aquatisch) en Figuur 8.7 (terrestrisch).



Figuur 8.6 Verandering in natuurwaarden per aquatische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 8.6 laat enig verlies zien voor de zoete aquatische natuur, maar overwegend toename van brakke aquatische natuur. De NHI resultaten voor verzilting voor deze regio zijn echter onbetrouwbaar. Het regionale maatregelenpakket 1 lijkt hier ook weinig relevant.



Figuur 8.7 Verandering in natuurwaarden per terrestrische ecotoopgroepen en scenario volgens DEMNAT.

Figuur 8.7 laat voor de zoet water natuur een toename in natuurwaarden zien, en voor de brak water natuur een achteruitgang. De achteruitgang in brakke graslanden (bk20, bk40), zelfs in een W+ klimaat, zijn het gevolg van onbetrouwbare verziltingsresultaten van het NHI. De toename in kruidachtige natte en vochtige ecotoopgroepen worden veroorzaakt door de NHI voorspelling dat grondwaterstanden op de Brabantse wal sterk zullen stijgen. Veel natte natuur ligt hier echter op schijnspiegels, en schade bij een W+ scenario is hier meer waarschijnlijk. Er kan daarom niet veel waarde worden toegekend aan de ecologische effectbepaling voor deze regio.

9 Een aantal onzekerheden nader bekeken

9.1 Inleiding

Bij onzekerheden maken we onderscheid naar:

- 1 Model(concept)onzekerheden
- 2 Toekomstonzekerheden

Ad 1. In fase 4 is er op verschillende plekken aandacht geweest voor de onzekerheden in de modellen waarmee we binnen Deelprogramma Zoetwater werken:

- In het project Rekenfaciliteit Deltamodel is er apart aandacht voor onzekerheden in de modellen (Ruijgh, in voorbereiding). Ook in het NHI ontwikkelproject is hier apart aandacht voor (www.nhi.nu). In onze verkenning gaan we hier niet verder op in. We volstaan verder met het verwijzen naar de documentatie van de betreffende projecten. Er is een uitzondering: als toelichting nodig is in het kader van het verklaren van modeluitkomsten (bijv. plausibiliteit van de berekeningen met het NDB model voor het bepalen van de effecten van de bellenpluim aan de zuidrand van het noordelijk deltabekken), dan is dit expliciet in de tekst vermeld.
- In opdracht van de Stuurgroep NHI is er een apart onderzoek uitgevoerd naar de toepasbaarheid van het NHI voor het Deelprogramma Zoetwater (Marchand, 2013). De uitkomsten uit dit onderzoek zijn besproken in paragraaf 2.3.
- In fase 4 WVL heeft een expertgroep rekenresultaten opgericht. De uitkomsten van de landelijke verkenning zoals die zijn vastgelegd in onderhavig rapport zijn besproken met de experts in deze werkgroep tijdens drie bijeenkomsten. De resultaten van de landelijke analyse zijn hier getoetst aan de kennis en intuïtie van de werkgroepleden. Er is onder meer gesproken over de plausibiliteit van de resultaten. De werkgroep heeft een eigen verslag van deze bijeenkomsten opgesteld (Versteeg, in voorbereiding).
- Verder zijn de uitkomsten van de landelijke verkenning in een aantal bijeenkomsten onder leiding van WVL met de regio's besproken. De resultaten van de landelijke analyse zijn hier getoetst aan de kennis en intuïtie van de betrokkenen bij de regionale analyses (zie paragraaf 2.7).
- Tot slot worden er in hoofdstuk 10.3 aanbevelingen gedaan voor modelverbeteringen die voortvloeien uit de onzekerheden in de modeluitkomsten.

Ad 2. Door te werken met de deltascenario's (Bruggeman et al, 2013) van het Deltaprogramma zijn de volgende toekomstonzekerheden al meegenomen in onze zoetwaterverkenning en zijn de effecten daarvan onderzocht:

- verandering neerslagtekorten
- bodemdaling
- veranderende watervraag voor watergebruikers (m.n. industrie en drinkwater, terwijl landbouw beperkt is meegenomen)
- verandering landgebruik
- zeespiegelstijging
- verandering van afvoeren van Rijn en Maas

Aanvullende analyse

In overleg met het projectteam WVL en de werkgroep experts rekenresultaten zijn een aantal onzekerheden betreffende het model(concept) of toekomstige ontwikkelingen (klimaat, socio-

economisch) gekozen die in het kader van de zoetwaterverkenning nader geanalyseerd zijn. Het gaat om de volgende zaken:

- Ranking van de drie gekozen karakteristieke jaren binnen de 30 jarige tijdreeks van de deltasenario's;
- Gevoeligheidsanalyse voor uitbreiding van het potentieel beregend areaal;
- Bespreking onzekerheden bij de berekening van de droogteschade;
- Bespreking schatting en effecten van waterverbruik in het Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith..

Dit is gedaan in aanvulling op de toekomstonzekerheden die al in de deltasenario's waren verwerkt of in modelonzekerheden die in de NHI- of Deltamodeldocumentatie zijn beschreven. De uitkomsten van de analyse worden in de volgende paragrafen gepresenteerd.

9.2 Hoe verhouden de gekozen karakteristieke droogtejaren 1967 (gemiddeld jaar), 1989 (droog jaar) en 1976 (extreem droog jaar) zich tot de andere jaren uit de tijdreeks van de Deltascenario's (1961-1995)?

Meteorologische herhalingstijden voor 1967, 1989 en 1976

De effecten van maatregelen zijn in Deelprogramma Zoetwater gerapporteerd voor drie droogtejaren, namelijk een karakteristiek gemiddeld jaar (1967), een droog jaar (1989) en een karakteristiek extreem droog jaar (1976), waaraan een meteorologische herhalingstijd, nationaal gezien, gekoppeld is van ongeveer eens in de 3 jaar¹¹, 10 jaar resp. eens in de 100 jaar is. Deze herhalingstijden zijn indicatief, op basis van een gemiddelde over heel Nederland en afgerond. Per gebied kunnen de cumulatieve neerslagtekorten nogal verschillen, zoals zichtbaar is in de Tabel 9.1 t/m Tabel 9.3 (karakteristieke jaren) en de tabellen in Bijlage K (30 jaar tijdserie).

Ranking analyse voor de jaren binnen de 30 jaar tijdreeks van de Deltascenario

In de tabellen in Bijlage K hebben we voor 3 knelpuntgebieden de laatste 30 jaren uit de deltasenario tijdreeks (1965-1995) gerankt voor een 4 tal belangrijke parameters. (De eerste 5 jaren zijn niet meegenomen in de analyse i.v.m. de inspeeltijd van de modellen). De lengte van de tijdserie is te kort om een goede statistische analyse uit te voeren en daarom hebben wij ons beperkt tot een ranking. De meest droge situatie is als hoogste gerankt.

De uitkomsten laten zien dat de ranking van de gebruikte karakteristieke jaren 1967, 1989 en 1976 niet eenduidig is. Afhankelijk van welk fenomeen (bijvoorbeeld verzilting, neerslagtekort, landbouwschade) en welke locatie wordt bestudeerd is de ranking van het jaar anders.

Ten aanzien van de maatregelen kunnen we op basis van de analyses die we binnen deze verkenning hebben uitgevoerd, al wel concluderen dat:

- de inzet van de buffer op het IJsselmeer gedomineerd wordt door de afvoerstatistiek,
- de inzet van de KWA gedomineerd wordt door verziltingsstatistiek (en indirect de afvoerstatistiek van de Rijn; de invloed van de Rijnafvoer is duidelijk groter dan de invloed van storm op zee).
- de inzet van het Maas-Waalkanaal gedomineerd wordt door de afvoerstatistiek van de Maas.

¹¹ Nieuwe inzichten leiden tot de conclusie dat dit eerder een eens in de 3 jaar is dan eens in de 2 jaar; in de knelpuntenanalyse hebben we nog een herhalingstijd van eens in de 2 jaar aangehouden.

Verder is het zo dat het inzetten van de maatregelen weliswaar de statistiek van de verzilting en/of afvoer volgt, maar dat de kosteneffectiviteit van de implementatie van de maatregelen ook afhangt van de grootte van de watervraag (en daarmee de meteorologie).

Om te komen tot een op risico gebaseerde afweging van een maatregel ten behoeve van de zoetwatervoorziening en van het gewenste voorzieningenniveau is een betere droogte- en verziltingsstatistiek noodzakelijk, gebaseerd op langjarige, synthetische reeksen van neerslag, verdamping en afvoer van Rijn en Maas en ook op combinatie van kans van voorkomen. Onderstaand drie zaken die binnen zo'n risico analyse onderzocht zouden moeten worden.

IJsselmeergebied

Voor de lage afvoersituatie van de Rijn heeft 1989 een herhalingstijd van ca. 5 jaar. Daarom wordt aanbevolen om in een gevoeligheidsanalyse de afvoeren van droogtejaren met een herhalingstijd van het afvoerdeficit van ongeveer 10 jaar te combineren met het neerslagtekort droogtejaar 1989 (herhalingstijd eens in de 10 jaar) en vervolgens het peilverloop van het IJsselmeer te simuleren. De volgende afvoerjaren komen daarvoor in aanmerking: 1990, 1991, 1971 (herhalingstijden afvoerdeficit resp. 9,5, 14,3 en 9,9 jaar). Op deze manier kan beter inzicht gekregen worden in de droogtekaracteristieken van het gebied (bijv. de gevoeligheid van de bufferschijf IJsselmeer).

Tabel 9.1 Ranking IJsselmeergebied: Rijn afvoerdeficit bij Lobith, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm) gebruikte bufferschijf IJsselmeer en landbouwdroogteschade (Meuro) voor de karakteristieke jaren binnen de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in de situatie met maatregel IJsselmeerbufferschijf 0,4 m (zomerpeil +0,1 m NAP en minimum zomerpeil -0,3 m NAP) in scenario Warm in 2050 geldt

Afvoerdeficit Rijn bij Lobith			Cumulatief neerslagtekort			Gebruikte bufferschijf IJsselmeer (beschikbaar max. 0.4 m)			Landbouwdroogteschade		
Rank	Jaar	[* 1000 m3]	Rank	Jaar	[mm]	Rank	Jaar	[m]	Rank	Jaar	[M€]
1	1976	13923	1	1976	318	1	1976	0.40	1	1976	632
7	1989	7407	3	1989	216	8	1989	0.03	6	1989	338
15	1967	4539	10	1967	167	16	1967	0.01	10	1967	263

Benedenrivierengebied

De ranking in Tabel 9.2 laat zien dat de oorzaak van de landbouwschade niet eenduidig is. Het is niet mogelijk om te concluderen of het sluiten van Gouda dan wel het cumulatief neerslagtekort dominant is voor de omvang van de landbouwdroogteschade. Dit vergt nadere analyse. We bevelen aan dit in een vervolg onderzoek uit te voeren omdat dit meer inzicht geeft in gewenst type maatregelen en verwachte effectiviteit.

Tabel 9.2 Ranking Benedenrivierengebied: Rijn afvoerdeficit bij Lobith, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm), sluiting inlaat bij Gouda (aantal dagen) en landbouwschade (Meuro) voor de karakteristieke jaren binnen voor de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in scenario Warm in 2050 geldt

Afvoerdeficit Rijn bij Lobith			Cumulatief neerslagtekort			Sluiting inlaat bij Gouda			Landbouwdroogteschade		
Rank	Jaar	[* 1000 m3]	Rank	Jaar	[mm]	Rank	Jaar	[dagen]	Rank	Jaar	[M€]
1	1976	13923	1	1976	379	1	1976	86	1	1976	179
7	1989	7407	2	1989	254	6	1989	24	5	1989	66
15	1967	4539	10	1967	179	12	1967	9	11	1967	41

Hoge zandgronden

Uit Tabel 9.3 volgt dat in het Maasgebied de 1989 afvoer hoger is dan die in het gemiddelde jaar 1967, waardoor het aanbod voor een karakteristiek droog jaar te gunstig geschat wordt. In de verkenning in fase 4 is voor de eenduidigheid uitgaan van deze twee jaren, ook voor de afvoerseries, in aansluiting op de knelpuntenanalyse. (Hiermee zijn we afgeweken van fase 3, waarin we voor de analyse de Maasafvoer van het jaar 1973 gebruikten in plaats van de afvoer van 1989, omdat deze beter het afvoerdeficit reflecteert dat hoort bij een droog jaar).

Tabel 9.3 Ranking Hoge Zandgronden: Rijn afvoerdeficiet bij Lobith, Maas afvoerdeficiet bij Monsin, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm), en landbouwdroogteschade (Meuro) voor de karakteristieke jaren binnen voor de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in scenario Warm in 2050 geldt

Afvoerdeficiet Rijn bij Lobith			Afvoerdeficiet Maas bij Monsin			Cumulatief neerslagtekort			Landbouwdroogteschade		
Rank	Jaar	[* 1000 m3]	Rank	Jaar	[m3]	Rank	Jaar	[mm]	Rank	Jaar	[M€]
1	1976	13923	1	1976	2829	1	1976	329	1	1976	540
7	1989	7407	4	1967	683	2	1989	249	4	1989	299
15	1967	4539	12	1989	178	9	1967	173	13	1967	223

9.3 Wat is het effect als de berekening voor landbouw meer toeneemt dan dat nu volgens de Deltascenario's het geval is?

De toename van het potentieel beregend areaal (maatregel RH3b) van 10% wordt door enkele experts als een te lage waarde gezien. Het potentieel beregend areaal bepaald sterk de uitkomsten voor de beregeningsvraag aan het hoofdwatersysteem en de droogteschades van de landbouw. Hierom is gekozen om voor deze parameter een gevoeligheidsscenario te definiëren om een maximale vraag voor beregening te herleiden. Dit scenario wordt ook wel het bmax scenario genoemd. De uitgangspunten voor dit scenario zijn bepaald in overleg tussen Jan van Bakel, Deltares en WVL.

Uitgangspunten b-max som:

1. Gebied 2 (Wateraanvoergebied Brabant) alleen berekening uit het grondwater.
2. De Gronings-Drentse veenkoloniën alleen berekening uit het grondwater
3. Periode voor nieuwe beregeningsgift verkorten van 7 naar 5 dagen.
4. Toename van het potentieel beregend areaal met circa een factor 2.
5. Verder worden dezelfde allocatieregels gebruikt als in het NHI.
6. Berekeningen voor Warm 2050. In eerste instantie worden de effecten bepaald voor de karakteristieke jaren, daarna 35 jaar.

Onderstaande resultaten zijn gebaseerd op de berekeningen voor de karakteristieke jaren omdat de langjarige reeksen momenteel nog niet beschikbaar zijn. Als referentie voor de berekening wordt hier de basiscase Warm 2050 met aangepaste capaciteiten en doorvoeren gebruikt.

Als gevolg van het toegenomen potentieel beregend areaal zullen de grondwaterstanden dalen in de gebieden die beregend worden uit het grondwater. Deze daling kan oplopen tot groter dan 50 cm. In de gebieden die worden beregend uit het oppervlaktewater is een kleine stijging mogelijk van de grondwaterstanden omdat de extra beregening niet allemaal door de plant wordt gebruikt maar een deel naar het grondwater doorstroomt. De effecten op een GHG en GLG zijn weergegeven in Figuur 9.1. De GHG en GLG laten een gemiddeld effect

zien over de gehele periode 1965-1995. De daling van de grondwaterstanden is vooral zichtbaar in de hoge zandgronden terwijl in de uit het oppervlaktewater berengend areaal een lichte stijging van de grondwaterstanden wordt berekend. Dit wordt in deze gebieden veroorzaakt door extra aanvoer naar het grondwaterneemt uit het oppervlaktewater. In Figuur 9.1 is duidelijk zichtbaar dat de verlaging van de grondwaterstanden in de zomer door de extra beregeningsonttrekkingen niet gecompenseerd kan worden in de winter door het neerslagoverschot. In Figuur 9.2 is het effect van het bmax scenario op de grondwaterstanden in een extreem droog jaar weergegeven. De daling van de grondwaterstand is in dit jaar duidelijk groter dan het gemiddelde. Dit komt omdat de toename van de absolute extra watervraag in een extreem droog jaar veel groter is dan in een gemiddeld jaar.

De vraag aan het oppervlaktewater neemt sterk toe. Of deze extra vraag ook geleverd kan worden hangt af van de tekorten die in de referentie situatie al bestaan. De totale watervraag voor de referentie en de bmax som is weergegeven in Tabel 9.4. De watervraag neemt met ongeveer een factor 2 toe. De toename van de levering is kleiner omdat de extra vraag niet altijd geleverd kan worden.

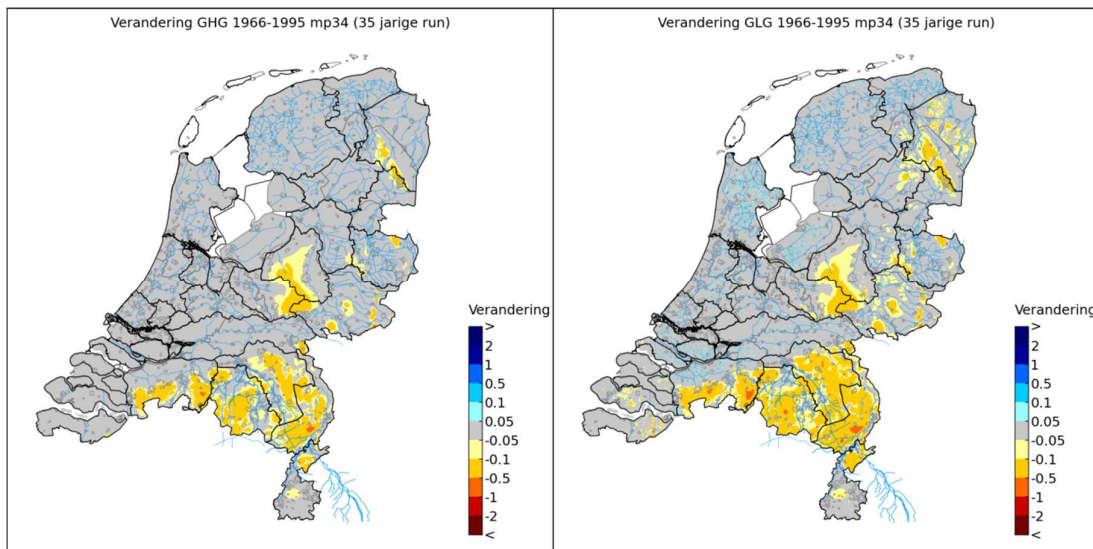
De toegenomen vraag en levering van beregeningswater heeft een effect op het verloop van het IJsselmeerpeil. Als gevolg van deze ontwikkeling zal een buffer van het IJsselmeer eerder, vaker en meer worden aangesproken. In Figuur 9.3 is het peilverloop van het IJsselmeer weergegeven voor de referentie case en het bmax scenario. In een gemiddeld jaar zal in het bmax scenario de buffer worden aangesproken. Voor een droog jaar is een extra buffer van het IJsselmeer nodig van 5 cm. Het peilverloop van een extreem droog jaar verandert in de berekeningen nauwelijks, omdat hier al in de referentiesituatie gekort wordt op de inlaat naar de regio. Het is hierom niet aan te geven hoeveel cm extra bufferschijf nodig is om wel 100% te kunnen leveren in een extreem droog jaar. Hiervoor gaat het om een gekorte watervraag (door kortingen, beperkingen in capaciteiten en doorvoeren). Voor een situatie zonder kortingen zijn geen berekeningen uitgevoerd. Volgens een eerste grove inschatting gaat het om enkele decimeters.

De droogteschade voor de landbouw neemt als gevolg van het extra areaal duidelijk af. De afname van de droogteschade in het gebied waar uit het oppervlaktewater wordt beregend is afhankelijk van het aanbod. De uit grondwater beregende gebieden zijn niet afhankelijk van het aanbod omdat er geen korting op de grondwateronttrekkingen plaats vind in het model. Hierdoor treedt de grootste percentuele verandering op in een gemiddeld jaar. Wanneer er een beregeningsverbod uit het grondwater afgekondigd zal worden zal de afname van de droogteschade minder worden.

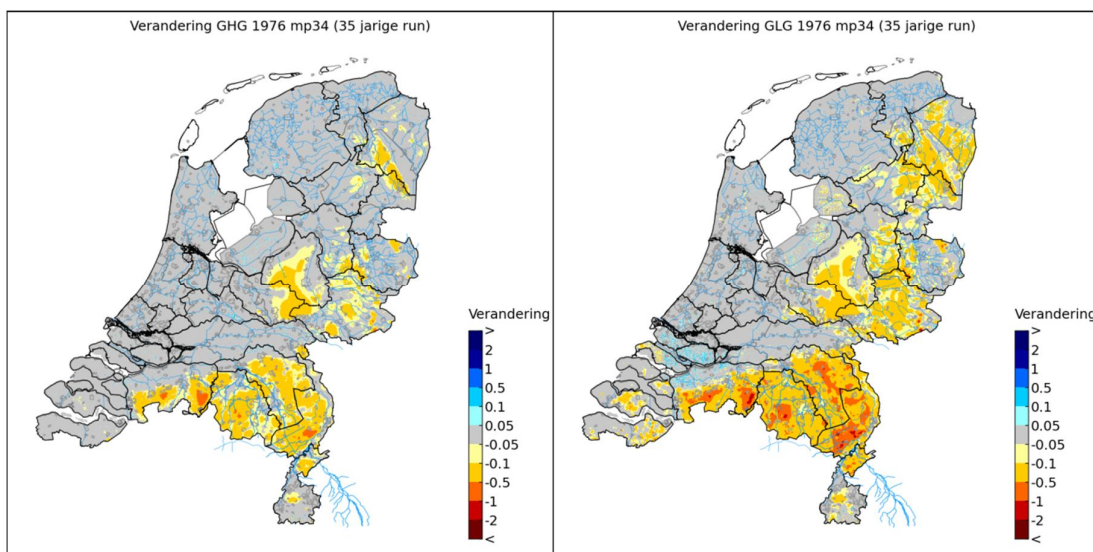
De daling van de grondwaterstanden door de extra onttrekkingen ten behoeve van beregening kunnen grote effecten hebben op de natuurgebieden.

Op basis van de resultaten van deze som kunnen twee belangrijke conclusies worden getrokken (Bakel, 2014):

- 1 In een Warm 2050 is het neerslagoverschot in de winter onvoldoende om de daling van de grondwaterstanden als gevolg van de extra beregeningsonttrekkingen te compenseren.
- 2 Er is geen duidelijke doorgaande daling zichtbaar aan het eind van de berekeningsperiode als gevolg van de extra beregeningsonttrekkingen. Dit betekent dat er een nieuw evenwicht is ingesteld met lagere grondwaterstanden en dat er geen uitputting van het grondwater plaatsvindt.



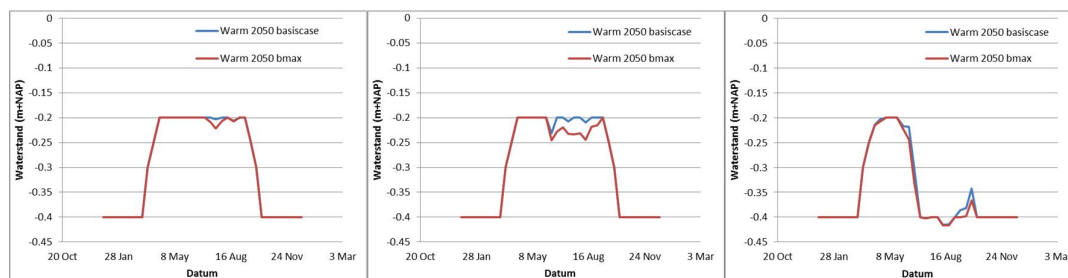
Figuur 9.1 Verandering GHG (links) en GLG (rechts) over de periode 1965-1995 volgens het bmax scenario ten opzichte van de Warm 2050 basiscase.



Figuur 9.2 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) in het extreem droog jaar volgens het bmax scenario ten opzichte van de Warm 2050 basiscase.

Tabel 9.4 Totale watervraag, aanbod en tekort voor berekening [in Mm3/zomershelfjaar] voor Warm 2050 basiscase en het Warm 2050 bmax scenario

Kar. droogtejaar	Warm 2050 basiscase		
	vraag	aanbod	tekort
gemiddeld	295	266	29
droog	391	323	67
extreem droog	606	288	318
Kar. droogtejaar	Warm 2050 bmax		
	vraag	aanbod	tekort
gemiddeld	619	516.1	102.5
droog	809	614	195.5
extreem droog	1397	489.1	907.9



Figuur 9.3 Peilverloop van het IJsselmeer voor een gemiddeld jaar (links), droog jaar (midden) en extreem droog jaar (rechts) voor Warm 2050 basiscase en het Warm 2050 bmax scenario

Tabel 9.5 Totale droogteschade voor Warm 2050 basiscase situatie en het Warm 2050 bmax scenario [in M€/jaar]

Kar. droogtejaar	Warm 2050 basiscase	Warm 2050 bmax	Verandering
gemiddeld	627	426	202 (32%)
droog	886	625	261 (29%)
extreem droog	1709	1,377	332 (19%)

9.4 Wat zijn de onzekerheden bij de resultaten van de berekeningen van de droogteschade?

De modellering met het NHI bevatten enkele onzekerheden die effect hebben op de berekende droogteschades. Een deel van deze onzekerheden zijn een gevolg van (model)concepten en een deel van de onzekerheden zijn een gevolg van de onzekerheid van de ontwikkeling van het toekomstscenario.

Onzekerheden als gevolg van (model)concepten zijn:

1. Effecten van de een verandering van de CO₂-concentratie op de gewasontwikkeling
2. Effecten van een hogere temperatuur op de gewasontwikkeling
3. Effecten verlengen van het groeiseizoen
4. Landbouwschade bepaling met AGRICOM

Onzekerheden als gevolg van de toekomstscenario's zijn:

5. Verandering (verhoging) van de gift voor berekening.

6. Meerdere oogsten als gevolg van het verlengen van het groeiseizoen.
7. Prijselasticiteit
8. Verandering van potentiële opbrengsten per hectare als gevolg van intensivering/extensivering.
9. Verandering van het potentieel beregend areaal.

Deze onzekerheden hebben een effect de watervraag en op de berekende verdampingsreducties, en dus op de landbouwschades. De effecten van deze onzekerheden kunnen zowel een grotere en kleinere watervraag genereren. Ook kan het positief of negatief uitwerken op de verdampingsreducties.

De onzekerheden van de punten 1, 2, 3 en 4 zijn onderzocht in een gevoeligheidsstudie van Alterra (Walsum en Bolt, 2013). Hier is gekeken naar de effecten van een gewasgroeimodel op de watervraag en de verdampingsreducties. Het gebruik van een gewasgroeimodel (WOFOS) leidt tot een lagere watervraag tot 10%. Ook is gekeken naar het directe effecten de toename van de CO₂-concentratie. In combinatie met het vervroegen van het groeiseizoen is een verlaging van de watervraag van 10-20% mogelijk. Ondanks de lagere watervraag zijn de berekende droogteschades met WOFOS zijn een factor 1.5-2 groter dan de droogteschades berekend met AGRION.

De punten 5 en 9 zullen zorgen voor een verhoogde watervraag maar zullen een verlaging van de droogteschades tot gevolg hebben. Punt 6 kan een verhoogde watervraag geven maar potentieel ook een hogere opbrengst. Echter in droge jaren is het mogelijk dat door een watertekort de investeringen van een extra oogst groter zijn dan de opbrengst.

De berekende droogteschades moeten gezien worden als richtinggevend en niet als absolute waarden. Aanpassingen in de markt zullen van grote invloed zijn op de gerealiseerde landbouwschades.

9.5 Wat zijn de onzekerheden bij de resultaten van de berekeningen als gevolg van toenemende waterverbruik in het Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith?

Binnen het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat is er een uitgebreide studie uitgevoerd naar het huidige waterverbruik in het Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith (Boccalon, 2013). Een voorspelling van de ontwikkeling van het watergebruik onder een trend scenario is daar aan toegevoegd. De studie heeft aangetoond dat het waterverbruik bovenstrooms van Lobith laag is (ca. 45 m³/s) ten opzichte van de gemiddelde Rijnafvoer. De verwachte toename van het waterverbruik (trendscenario) in de toekomst als gevolg van sociaal-economische veranderingen is volgens de studie bovendien beperkt (minder dan 5 m³/s extra) ten opzichte van de directe klimaateffecten op de hydrologie.

In de studie is echter geen onderzoek gedaan naar mogelijke trendbreuken in het watergebruik als gevolg van klimaatverandering of economische ontwikkelingen (anders dan het trend scenario) of mogelijke consequenties van onzekerheden in de aannames. Geadviseerd is om dit in een vervolgstudie wel te doen en daarbij vooral aandacht te geven aan de sectoren energie (koeling) en landbouw, die dominerend zijn in het waterverbruik.

In de Deltascenario's, die mede gebaseerd zijn op de studie van Kennis voor Klimaat, wordt al wel gewerkt met mogelijke trendbreuken door te kijken naar toekomstige economische krimp dan wel groei kennen (Bruggeman, 2012). Binnen de Deltascenario's wordt daarom een bovengrens afgegeven voor het bovenstroomse waterverbruik: de toename van dit waterverbruik voor de Rijn in 2100 wordt geschat op minder dan 100 m³/s (ook in scenario

Stoom; de toename komt m.n. voor rekening van de energiesector). Daarbij wordt weliswaar de kanttekening geplaatst dat het bovenstrooms waterverbruik bij toenemende droogte en verandering in het landgebruik in de komende eeuw moeilijk in te schatten is.

De toename van het waterverbruik is daarom niet meegenomen in de afvoerseries voor de afvoer bij Lobith overeenkomstig de verschillende scenario's. Alleen de effecten van G dan wel W+ klimaatscenario op de bovenstroomse afvoer is meegenomen.

Gezien de grote onzekerheid in de schatting van de toename van het bovenstrooms waterverbruik, is besloten geen aparte berekeningen uit te voeren om het effect van extra waterverbruik bovenstrooms van Lobith te analyseren. De berekeningen voor de KWA en MWK onttrekkingen (totaal 39 m³/s) en de extra afvoer naar de IJssel ten koste van de afvoer naar de Waal (ca. 100 m³/s) geven weliswaar al wel een eerste indicatie van het effect van een verminderde afvoer voor de wateraanvoer naar West-Nederland.

Op basis van de uitkomsten van berekeningen waarin de maatregel extra IJssel afvoer gemodelleerd is, wordt geconcludeerd dat het effect van een verminderde afvoer via de Waal van max. 100 m³/s t.o.v. de referentiesituatie voor het benedenrivierengebied beperkt zal zijn. Voor de scheepvaart neemt de schade echter wel toe met 20 mln euro. De drinkwater- en industriewaterinlaatpunten zullen max. 15 dagen in zomerhalfjaar extra gesloten zijn.

In de situatie dat er 100 m³/s minder afvoer bij Lobith binnenkomt, is er ook ca. 20 m³/s minder afvoer via de IJssel (volgens de huidige afvoerverdeling). Een eerste inschatting is dat de gevolgen voor het IJsselmeergebied groter zijn dan die voor het benedenrivierengebied.

Om de grote onzekerheden wat betreft het bovenstrooms waterverbruik te verkleinen en cumulatieve effecten van maatregelen te verkennen, wordt geadviseerd een vervolgstudie op te starten, die voortborduurde op het Kennis voor Klimaatonderzoek en de bandbreedte van de Deltascenario's opzoekt.

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies op nationaal niveau

De volgende conclusies kunnen voor heel Nederland getrokken worden:

- De gedetailleerde berekeningen waarvan de resultaten in dit rapport gepresenteerd worden, bevestigen in grote lijnen de resultaten van de analyses in de eerdere fasen van Deelprogramma Zoetwater.
- De belangrijkste oorzaken voor het optreden van tekorten per knelpuntgebied – zoals die in de landelijke knelpuntenanalyse in fase 2 vastgesteld zijn - veranderen dan ook niet en zijn nog steeds (zowel nu als in de toekomst) (Klijn *et al*, 2012):
 - Er is onvoldoende water beschikbaar in de rivieren en kanalen en/of waterstanden zijn te laag voor de huidige inlaten (Rivierengebied);
 - De watervoorraad is overvraagd en/of raakt uitgeput (IJsselmeergebied);
 - De inlaatpunten raken te zeer verzilt (overschrijding chloridenormen) (West-Nederland);
 - Er is geen of maar beperkt aanvoer mogelijk en/of grondwaterstanden zakken uit (Hoge zandgronden)
 - Er is in het geheel geen wateraanvoer mogelijk en sprake van verzilting (deel van het Zuidwestelijk estuariumgebied);

Voor meer detail over (conclusies van) de knelpunten(analyse) verwijzen wij naar de betreffende rapportage (Klijn *et al* 2012).
- De veranderingen in de scenario's Druk en Rust ten opzichte van de huidige situatie met betrekking tot watervoorziening zijn beperkt. Onder deze scenario's hoeven daarom nauwelijks maatregelen ingezet te worden als het doel is om de huidige situatie te handhaven. Wel kunnen op plekken maatregelen ingezet worden om de huidige situatie te verbeteren.
- Resultaten voor de scenario's Stoom en Warm laten zien dat de watervraag aanzienlijk toe gaat nemen en de wateraanvoer via Rijn, Maas en regen aanzienlijk af zal nemen. Tekorten in waterbeschikbaarheid zullen hierdoor toenemen.
- In hun huidige vorm is in deze scenario's het effect van de klimaatverandering overheersend ten opzichte van het effect van de sociaaleconomische ontwikkelingen. De resultaten van Druk en Rust (gematigde klimaatverandering) wijken namelijk sterk af van die van Warm en Stoom (snelle klimaatverandering), terwijl de verschillen in resultaten tussen Druk en Stoom enerzijds (hoge economische groei) en Rust en Warm anderzijds (beperkte economische groei) veel kleiner zijn.
- In de meeste gevallen kunnen maatregelen het effect van de scenario's Stoom en Warm wel beperken, maar niet volledig te niet doen.
- Maatregelen in het hoofdwatersysteem kunnen tekorten in de aanvoer van oppervlaktewater naar de regio's beperken of verhelpen, maar hebben weinig effect op de grondwaterstanden.
- Regionale doorgerekende maatregelen kunnen schade aan gebruiksfuncties als landbouw en natuur in de regio beperken of verhelpen onder andere door het beperken van de daling van de grondwaterstanden, maar hebben ten opzichte van de maatregelen in het hoofdwatersysteem weinig effect op de watervraag van de regio's aan het hoofdwatersysteem.

- Regionale maatregelen vereisen lokale inpassing en een afweging van belangen van verschillende gebruiksfuncties, zoals landbouw en natuur. Dit is niet mogelijk in deze analyse op nationale schaal. Een regionale uitwerking met de belanghebbenden en op basis van meer gedetailleerde systeemkennis en modellen is daarvoor noodzakelijk. Hier kan eventueel ook aangesloten worden bij processen in het kader van Natura2000 en implementatie van de KRW. Door regionaal maatwerk kan ook de effectiviteit van maatregelen vergroot worden. Daarom geven de hier gepresenteerde resultaten slechts een eerste inschatting van de effectiviteit op nationale schaal en kan dit na regionale uitwerking nog aanzienlijk veranderen.

10.2 Conclusies per knelpuntgebied

Deze paragraaf presenteert voor de verschillende knelpuntgebieden de belangrijkste inzichten uit de analyse. We doen dit als volgt. Voor ieder gebied beginnen we met een lijst van kansrijke regionale maatregelen waarvoor effectiviteit, kosten en baten nader onderzocht dienen te worden. Daarna is per combinatie van scenario en zichtjaar een overzicht gegeven van de maatregelen die in dit scenario nodig zijn om de huidige tekorten (voor regionaal peilbeheer, doorspoeling, drinkwater- en industriewater en beregening uit oppervlaktewater) niet te doen toenemen. Hierbij is onderscheid gemaakt (waar nodig) in de volgende ambitieniveaus: "Droog niveau" betekent geen tekorten in een droog jaar ($\pm 1/10$, 1989), maar wel in een extreem droog jaar ($\pm 1/100$, 1976). "Extreem droog niveau" betekent ook nauwelijks tekorten in een extreem droog jaar. Tot slot is bij "overwegingen" in gegaan op de effecten op gebruiksfuncties en kansen voor meekoppelen met andere ontwikkelingen (voor zover bekend).

10.2.1 Hoge zandgronden

Voor Hoge zandgronden geldt het volgende:

- Onder scenario's Druk en Rust is een beperkte vergroting van de waterbeschikbaarheid mogelijk door extra waterinname uit de Maas. De modelresultaten laten voor deze scenario's over het algemeen ook een verhoging zien van de grondwaterstanden.
- De situaties onder scenario's Warm en Stoom laten een aanzienlijke afname van de waterbeschikbaarheid en daling van de grondwaterstanden zien met als gevolg daarvan aanzienlijke schade voor de functies landbouw en natuur:
 - Regionale maatregelen zijn noodzakelijk om schade aan landbouw en natuur te beperken.
 - Er is geen extra waterinlaat vanuit de Maas mogelijk tijdens extreem droge periodes, wel is er beperkt nog waterinlaat mogelijk in voor- en naseizoen gezien de Maasafvoer op dat moment. De aanvoerrote Kanaal Wessem-Nederweert via Panheel biedt de meeste kansen in verband met een grotere afvoer (Grensmaas en Julianakanaal kunnen benut worden) dan die op de route Zuid-Willemsvaart via Lozen.
- Regionale maatregelen blijken volgens de modelresultaten zeer effectief te kunnen zijn om de daling van de grondwaterstanden in de scenario's Warm en Stoom te beperken of zelfs op te heffen. De belangrijkste maatregel hierin is het verhogen van oppervlaktewaterpeilen door stuwen en beekbodems te verhogen. Andere maatregelen kunnen ook kansrijk zijn in een lokale context. Grootschalig aanleggen van reservoirs om meer water vast te houden en daarmee beschikbaar te maken in tijden van droogte lijkt niet haalbaar vanwege de enorme oppervlaktes die daarvoor nodig zijn. Ook deze

maatregel kan echter lokaal wel kansrijk zijn, bijvoorbeeld als watervoorziening voor hoogwaardige functies.

- Nader onderzoek naar lokale inpassing en dimensionering, effectiviteit, kosten en baten van maatregelen die de waterbeschikbaarheid substantieel vergroten en/of de schade voor landbouw en natuur beperken, wordt aanbevolen, waarbij de volgende maatregelen als kansrijk worden aangemerkt op basis van de uitgevoerde nationale analyse:
 - verhogen peil stuwen/beekbodems
 - bufferzones rond natuur
 - reservoirs
 - efficiënter beregenen
 - peilgestuurde drainage
 - uitbreiden beregend areaal

Belangrijke overwegingen wat betreft meekoppelkansen en de effecten voor de gebruiksfuncties zijn:

- Regionale maatregelen kennen vaak een lange periode voordat ze ingevoerd zijn (decennia). Om pro-actief te handelen zou daarom met de invoering begonnen kunnen worden, voordat duidelijk is in welke richting de toekomst zich ontwikkelt (gematigd of snelle klimaatontwikkeling of economische ontwikkelingen). Het risico is dan dat er meer maatregelen genomen worden dan achteraf noodzakelijk kan blijken. Dit kan zowel positief (bijv. mogelijk verbeteren huidige situatie) als negatief uitpakken (bijv. mogelijk introduceren natschade) en vraagt dus regionaal maatwerk. Andersom is het ook mogelijk pas te beginnen met invoeren van regionale maatregelen als duidelijk in welke richting de toekomst zich begeeft. In dat geval zal het effect van de maatregelen echter pas na enkele decennia volledig merkbaar worden en loopt de uitvoering dus in feite achter de klimaatverandering aan.
- Ruimtelijk gedifferentieerde afweging ten aanzien van meer water voor landbouw dan wel natuur moet in gebiedsgerichte processen plaatsvinden (meekoppelen met kansen KRW en Natura2000).
- Het niveau van terrestrische natuur is in gebieden met wateraanvoer onder scenario Warm en Stoom altijd lager dan in de huidige situatie doordat het tekort aan oppervlaktewater alleen te compenseren is met meer waterinlaat. In gebieden zonder wateraanvoer kunnen de regionale maatregelen onder deze scenario's de schade van lagere grondwaterstanden geheel of gedeeltelijk te niet doen.

10.2.2 Rivierengebied

Het rivierengebied (Waal, Nederrijn, Lek en benedenstroomse deel van de Maas) laat het volgende beeld zien:

- De situatie onder scenario Druk en Rust blijft in grote lijnen gelijk aan de huidige situatie.
- In de situatie onder Warm en Stoom ontstaat in droge en extreem droge jaren in Rivierengebied-zuid een tekort aan oppervlaktewater. De volgende maatregel kan het tekort hier terugdringen:
 - Droog (alleen zichtjaar 2100) en extreem droog niveau (zowel zichtjaar 2050 als 2100):

- Extra water pompen van de Waal naar de Maas. Alternatief is water naar het gebied direct in te laten vanuit de Waal, maar dit is niet binnen verkenning onderzocht.
- Regionale maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van het watertekort en schade aan gebruiksfuncties in de scenario's Warm en Stoom. Deze maatregelen kunnen echter het oppervlaktewatertekort niet oplossen. Nader onderzoek naar de naar lokale inpassing en dimensionering, effectiviteit, kosten en baten van de volgende regionale maatregelen wordt aanbevolen:
 - flexibel peilbeheer polders
 - reservoirs
 - efficiënter beregenen
 - uitbreiden beregend areaal
 - vermindering doorspoeling

Belangrijke overwegingen wat betreft de effecten voor de gebruiksfuncties zijn:

- De scheepvaart schade neemt onder scenario's Warm en Stoom aanzienlijk toe. De schade neemt nog eens extra toe indien er ten koste van de Waal meer water via de IJssel wordt gestuurd om het IJsselmeer op peil te houden, zoals wordt overwogen voor zichtjaar 2100.
- Het niveau van terrestrische natuur is onder scenario's Warm en Stoom altijd lager dan in de huidige situatie doordat het oppervlaktewatertekort alleen te compenseren is met meer waterinlaat. Regionale maatregelen kunnen schade aan landbouw en natuur onder deze scenario's wel beperken, door vermindering van de daling van de grondwaterstanden en van de toename van het bodemvochttekort.

10.2.3 IJsselmeergebied

Het gebied dat wordt voorzien vanuit de IJssel, IJsselmeer en Markermeer laat het volgende beeld zien:

- De situatie onder scenario's Druk en Rust blijft ongeveer gelijk aan de huidige situatie. De volgende maatregel is nodig om de huidige regionale oppervlaktewatertekorten in een extreem droog jaar te beperken:
 - 20cm bufferschijf IJsselmeer en Markermeer met verbeterde inlaat- en doorvoercapaciteit
- Onder de scenario's Warm en Stoom neemt het oppervlaktewatertekort en de schade aan de gebruiksfuncties aanzienlijk toe. Voor het zichtjaar 2050 zijn de volgende maatregelen nodig om de huidige tekorten niet te doen toenemen:
 - Extreem droog niveau:
 - 40-50cm bufferschijf IJsselmeer en Markermeer met verbeterde inlaat- en doorvoercapaciteit i.c.m. eerder beginnen met opzetten (indien gekozen wordt voor verhogen van het zomerpeil in plaats van verder uitzakken dan in huidige situatie), nog in het stormseizoen.
 - Droog niveau:
 - 20cm bufferschijf IJsselmeer en Markermeer met verbeterde inlaat- en doorvoercapaciteit
- In de situaties onder de scenario's Warm en Stoom voor zichtjaar 2100 zijn de volgende maatregelen nodig om de huidige oppervlaktewatertekorten niet te doen toenemen:

- Extreem droog niveau:
 - 80-90cm bufferschijf IJsselmeer en 40cm voor het Markermeer met aangepaste inlaat- en doorvoercapaciteit i.c.m. eerder beginnen met opzetten (indien gekozen wordt voor verhogen van het zomerpeil in plaats van verder uitzakken dan in huidige situatie), nog in het stormseizoen;
 - Alternatief is extra afvoer over de IJssel (ten koste van de Waal) als het IJsselmeerpeil beneden het zomerstreefpeil zakt i.c.m. een bufferschijf van 40cm voor IJsselmeer en Markermeer en eerder beginnen met opzetten. In de verkenning is uitgegaan van een extra afvoer van 100 m³/s via de IJssel als de helft van de bufferschijf gebruikt is. Aanbevolen wordt een (optimalisatie) studie te doen naar het gewenste debiet en moment van aanpassen van de afvoerverdeling.
- Droog niveau:
 - 40cm bufferschijf IJsselmeer en Markermeer met aangepaste inlaat- en doorvoercapaciteit i.c.m. eerder beginnen met opzetten (indien gekozen wordt voor verhogen van het zomerpeil i.p.v. verder uitzakken dan in huidige situatie)
- De vereiste bufferschijf zal toenemen als er meer vraag naar oppervlaktewater voor beregening ontstaat als gevolg van een uitbreiding van het potentieel beregend areaal. Het is niet onwaarschijnlijk dat dit areaal toe zal nemen als het klimaat droger wordt, maar het is zeer onzeker hoeveel de toename zal zijn. Een verdubbeling van het potentieel beregend areaal kan leiden tot een toename in de vereiste bufferschijf van enkele decimeters.
- Regionale maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van het watertekort en schade aan gebruiksfuncties in de scenario's Warm en Stoom. Deze maatregelen kunnen echter het oppervlaktewatertekort niet oplossen. Nader onderzoek naar de lokale inpassing en dimensionering, effectiviteit, kosten en baten van de volgende regionale maatregelen wordt aanbevolen:
 - flexibel peilbeheer polders en boezem
 - reservoirs
 - efficiënter beregenen
 - uitbreiden beregend areaal
 - vermindering doorspoeling

Belangrijke overwegingen wat betreft de effecten voor de gebruiksfuncties zijn:

- De scheepvaartschade neemt in de scenario's Warm en Stoom aanzienlijk toe. De schade neemt nog eens extra toe indien er ten koste van de Waal meer water via de IJssel wordt gestuurd om het IJsselmeer op peil te houden, zoals voor het zichtjaar 2100 wordt overwogen.
- Het niveau van terrestrische natuur is onder scenario's Warm en Stoom altijd lager dan in de huidige situatie doordat het oppervlaktewatertekort alleen te compenseren is met meer waterinlaat. Regionale maatregelen kunnen schade aan landbouw en natuur onder deze scenario's wel beperken, door vermindering van de daling van de grondwaterstanden en van de toename van het bodemvochttekort.

- Het opzetten van het huidige zomerstreefpeil om de beschikbare bufferschijf van IJsselmeer en Markermeer te vergroten vermindert het areaal buitendijks land en ondiep water. Dit is negatief voor de natuur. Het incidenteel verder uit laten zakken van het zomerpeil gedurende droge zomers, zonder het zomerpeil eerst op te zetten, heeft deze negatieve effecten niet. Het verder laten uitzakken van het zomerpeil heeft mogelijk zelfs positieve effecten vanwege de toename van het areaal buitendijks land en ondiep water.
- Extra afvoer via de IJssel heeft een gunstig effect voor de beschikbaarheid van koelwater in deze regio, omdat de extra opwarming kleiner wordt. Deze extra afvoer gaat echter ten koste van de Waal.
- Bij een grote buffer heeft zowel de variant 'opzetten' (zal vnl. structureel zijn; door hoger zomerstreefpeil dat voor alle jaren gelijk is) als de variant 'uitzakken' (zal vnl. incidenteel zijn; gebeurt alleen als zich een (extra) droge periode voordoet) consequenties voor de waterveiligheid. Aanvullende maatregelen zijn mogelijk nodig. Nader onderzoek naar dijkstabiliteit i.r.t. knikpunten ten aanzien van peilen en frequentie van optreden moet dit uitwijzen.

10.2.4 Benedenrivierengebied

Het gebied dat wordt voorzien vanuit het benedenrivierengebied levert de volgende onderzoeksresultaten op:

- De situaties onder scenario's Druk en Rust kennen weinig verandering in de waterbeschikbaarheid en externe verzilting ten opzichte van de huidige situatie. Uitbreiding van de huidige capaciteit van de Kleinschalige Wateraanvoer (KWA) van 7 naar 15 m³/s of aanleg van een bellenpluim met een effect evenredig aan een verhoogde Rijnafvoer bij Lobith van 200 m³/s zal volgens de modelresultaten de oppervlaktewatertekorten in de regio in een extreem droog jaar nagenoeg opheffen (en daarmee ook het huidige leveringsniveau verbeteren). In een gemiddeld en droog jaar zijn geen maatregelen nodig.
- De resultaten voor scenario's Warm en Stoom laten een grote toename zien van de externe verzilting en een afname van de waterbeschikbaarheid:
 - De maatregel 'Kleinschalige Water Aanvoerroute uitbreiden' kan West-Nederland van voldoende water voorzien. De neveneffecten voor scheepvaart en drinkwater zijn beperkt in verhouding tot het effect van het scenario. In een extreem droog jaar in zichtjaar 2050 en in een (extreem) droog jaar in zichtjaar 2100 is ca. 24 m³/s nodig; de uitbreiding van 15 naar 24 m³/s is vooral nodig voor extra levering voor beregening van de landbouw; peilbeheer kan al bij 15 m³/s vrijwel volledig worden voorzien, maar dan wordt landbouw gekort.
 - Een bellenpluim met een effect evenredig aan een verhoogde Rijn afvoer bij Lobith van 50 m³/s laat geen substantieel effect zien.
 - Een bellenpluim met een effect evenredig aan een verhoogde Rijn afvoer bij Lobith van 200 m³/s beperkt de externe verzilting bij een lage Rijnafvoer en leidt tot een afname van het watertekort als gevolg van het sluiten van de inlaat bij Gouda en tot een afname van het aantal dagen sluiten van drinkwater- en industriewaterinnamepunten. Echter, voor de inlaat Gouda en een aantal drinkwaterlocaties is het niet voldoende voor het handhaven van

het leveringsniveau in een extreem droog jaar in zichtjaar 2050. Bovendien heeft een bellenpluim nauwelijks effect op de sluiting van de inlaat Bernisse en de locaties die gelegen zijn aan de zuidelijke rand van het Noordelijk Deltabekken, omdat verzilting hier niet samen hangt met lage Rijnafvoer maar met een hoge zeewaterstand. Wel zou mogelijk onder specifieke omstandigheden verzilting van Haringvliet en Spui in duur beperkt kunnen worden door aanpassing van het beheer van de Haringvlietssluisen. Dit vereist nader onderzoek. Bij extreem lage Rijnafvoeren neemt de effectiviteit van de bellenpluim af, omdat de achtergrondconcentratie van het Rijnwater dan de chloridenorm voor verschillende inlaten al regelmatig overschrijdt.

- Een zoute variant van het Volkerak-Zoommeer heeft geen significant effect op het sluitingsregime van de inlaat Gouda als gevolg van het overschrijden van de zoutnorm. Het aantal sluitingsdagen van de inlaat Bernisse en de drinkwater- en industriewaterlocaties aan de zuidrand van het Noordelijk Deltabekken neemt echter wel aanzienlijk toe.
- De keuze voor een zout of zoet Volkerak-Zoommeer beïnvloedt de hierboven geformuleerde conclusies ten aanzien van de bellenpluim en KWA niet.
- Verzilting van de watervoorziening via de inlaat Bernisse en het Brielse Meer van het Rijnmondgebied, Delfland en Voorne-Putten lijkt verholpen te kunnen worden door optimalisatie van het waterbeheer van het Brielse Meer, zoals het gebruik van de inlaat Spijkenisse. Nader onderzoek hiernaar wordt uitgevoerd, waarbij ook onderzocht wordt of hiermee ook de extra verzilting als gevolg van een zout Volkerak-Zoommeer opgevangen kan worden.
- Regionale maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van het watertekort en schade aan gebruiksfuncties in de scenario's Warm en Stoom. Deze maatregelen kunnen echter het oppervlaktewatertekort niet oplossen. Nader onderzoek naar de naar lokale inpassing en dimensionering, effectiviteit, kosten en baten van de volgende regionale maatregelen wordt aanbevolen:
 - flexibel peilbeheer polders en boezem
 - reservoirs
 - efficiënter beregenen
 - uitbreiden beregend areaal
 - vermindering doorspoeling

Belangrijke overwegingen wat betreft de effecten voor de gebruiksfuncties zijn:

- Het effect van de Kleinschalige Water Aanvoerroute (er wordt water onttrokken aan de Waal, waardoor de afvoer via de Waal afneemt) op de scheepvaartschade is beperkt ten opzichte van het effect van het scenario Warm of Stoom alleen.
- Het effect van de Kleinschalige Water Aanvoerroute (er wordt water onttrokken aan de Waal, waardoor er minder water via de Nieuwe Waterweg stroomt wat voor minder tegendruk zorgt) op de externe verzilting is zeer beperkt.
- De KWA maatregel is overwegend 'gunstig' voor de beschikbaarheid van koelwater, omdat de extra opwarming in de boezemwateren kleiner wordt, vanwege het op peil houden van de doorspoeling.

10.2.5 Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer

Tot slot de inzichten voor de Zuidwestelijke delta, het deel waar geen wateraanvoer mogelijk is:

- De situaties onder scenario's Druk en Rust kennen weinig verandering in de waterbeschikbaarheid en externe verzilting ten opzichte van de huidige situatie.
- De situaties onder scenario's Warm en Stoom laten een aanzienlijke toename van de externe verzilting en afname van de waterbeschikbaarheid zien.
- Regionale maatregelen kunnen bijdragen aan het beperken van het watertekort en schade aan gebruiksfuncties in de scenario's Warm en Stoom. Deze maatregelen kunnen echter het oppervlaktewatertekort niet oplossen. Nader onderzoek naar de naar lokale inpassing en dimensionering, effectiviteit, kosten en baten van de volgende regionale maatregelen wordt aanbevolen:
 - flexibel peilbeheer polders
 - reservoirs
 - efficiënter beregenen
 - uitbreiden beregend areaal
 - kreekruuginfiltratie
 - zoetwaterlenzen

Belangrijke overwegingen wat betreft de effecten voor de gebruiksfuncties zijn:

- Regionale maatregelen kennen vaak een lange periode voordat ze ingevoerd zijn (decennia). Om pro-actief te handelen zou daarom met de invoering begonnen kunnen worden voordat duidelijk is in welke richting de toekomst zich ontwikkelt (gematigd of snelle klimaatontwikkeling of economische ontwikkelingen). Het risico is dan dat er meer maatregelen genomen worden dan achteraf noodzakelijk kan blijken. Andersom is het ook mogelijk pas te beginnen met invoeren van regionale maatregelen als duidelijk in welke richting de toekomst zich begeeft. In dat geval zal het effect van de maatregelen echter pas na enkele decennia volledig merkbaar worden en loopt de uitvoering dus in feite achter de klimaatverandering aan.
- Ruimtelijk gedifferentieerde afweging ten aanzien van meer water voor landbouw dan wel natuur moet in gebiedsgerichte processen plaatsvinden (meekoppelen met kansen KRW en Natura2000).

10.3 Aanbevelingen voor nader onderzoek en verbetering modelinstrumentarium

Bij de uitvoering van de werkzaamheden voor dit rapport zijn een aantal problemen geconstateerd met betrekking tot de huidige methodes en het Deltamodel en zijn nieuwe inzichten ontstaan hoe beslissingen met betrekking van de zoetwatervoorziening voor Nederland in de toekomst onderbouwd kunnen worden. Dit heeft geleid tot de volgende aanbevelingen met betrekking tot het modelinstrumentarium, onzekerheden in het systeem en de beleidsanalyse.

Modelinstrumentarium:

- Voor een aantal maatregelen is het niet gelukt om een goede modelberekening uit te voeren om de effectiviteit van de maatregel te bepalen. Dit geldt bijvoorbeeld voor de bodemverhoging van beken en het creëren van nieuwe aanvoergebieden. Aanbevolen wordt de schematisatie van deze maatregelen (en waar nodig de

functionaliteit van de Rekenfaciliteit) te verbeteren om en deze maatregelen door te rekenen met het Deltamodel om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de maatregelen.

- In zijn algemeenheid wordt aanbevolen om ontwerp, implementatie, functionaliteit en functioneren van Deltamodel, Rekenfaciliteit en Rekennetwerk grondig te evalueren, waarbij een kernvraag zou moeten zijn of het instrumentarium en de procedures optimaal ingericht zijn voor het uitvoeren van een beleidsanalytische studie voor de lange-termijn, zoals het Deltaprogramma.
- Daarnaast wordt aanbevolen het Deltamodel als unieke houder van kennis met betrekking tot het watersysteem op nationale schaal te onderhouden en verder te verbeteren.
- Het Landelijk Temperatuur Model (LTM) is nu niet operationeel binnen de Rekenfaciliteit en is daarom in deze studie niet gebruikt. Aanbevolen wordt om te zorgen dat LTM alsnog operationeel wordt en de effecten van de Deltascenario's op de watertemperatuur en de mogelijkheid voor koelwaterlozingen door te rekenen.
- Het Landelijk Sobek Model (LSM) wordt in het Deltamodel gebruikt om waterstanden te berekenen in de belangrijkste waterwegen van Nederland. LSM is gekalibreerd op lage afvoeren (door een vergelijking te maken met het Distributie Model) en met een schuine blik op de waterstanden. Aanbevolen wordt LSM ook te kalibreren op waterstanden bij laagwater en indien noodzakelijk hiervoor een aparte versie te creëren.
- De implementatie van het scheepvaartmodel BIVAS gekoppeld met het NHI en LSM in het Deltamodel geeft geen plausibele resultaten. Aanbevolen wordt dit te verbeteren door een kalibratie van deze gekoppelde modellentrein uit te voeren op onder andere de scheepvaartschade die in 2003 is opgetreden.
- Natschade en verziltingsschade is in deze studie niet meegenomen. Er zijn binnen het Deltamodel nog geen goede methodes beschikbaar om de effecten van de Deltascenario's op de natschade en zoutschade goed mee te nemen. Verder onderzoek naar een goede implementatie is hier noodzakelijk.

Onzekerheden in het systeem:

- In aanvulling op de verbetering van de bepaling van scheepvaartschade in het Deltamodel wordt aanbevolen door een brede economische analyse ook een schatting te maken van de indirecte schade als gevolg van beperking van de scheepvaart voor verladings- en afnemers van scheepvaarttransport en voor de economie van Nederland en Noordwest Europa als geheel.
- Ook voor andere gebruiksfuncties zoals industrie, landbouw en natuur wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar het effect van de indirecte schade op de nationale en regionale economie.
- De grootste onzekerheid in de gepresenteerde uitkomsten van de analyse wordt veroorzaakt door de onzekerheid volgens welk scenario de toekomst zich zal ontwikkelen. Daarom wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar zowel de sociaal economische als de klimaat gerelateerde aspecten van de Deltascenario's, met als specifieke aandachtspunten de effecten van sociaaleconomische ontwikkelingen buiten Nederland op de afvoer van de Rijn en de Maas en de ontwikkeling van het potentieel beregend areaal in Nederland. Daarnaast wordt aanbevolen de effecten van nieuwe scenario's die in de nabije toekomst beschikbaar

komen met het Deltamodel door te rekenen en te vergelijken met de resultaten die in deze studie gepresenteerd zijn om af te wegen of de conclusies hierdoor beïnvloed zouden worden.

- Een belangrijke onzekerheid in de modelresultaten is het onbekende effect van de riviermorfologische ontwikkelingen op de afvoeren en waterstanden bij laagwater en speciaal op de afvoerverdeling over de riviertakken. Aanbevolen wordt hier nader onderzoek naar te doen.
- Een volgende belangrijke onzekerheid in de modelresultaten is gelegen in de verzilting: de indringing van zoutwater uit zee (externe verzilting) en zoute kwel (interne verzilting). Aanbevolen wordt deze beide onderwerpen nader te onderzoeken om te komen tot een betere onderbouwing van de maatregelen.

De beleidsanalyse:

- De gepresenteerde resultaten worden door het Programmteam Zoetwater gebruikt als bouwstenen voor besluitvorming gericht op adaptatiepaden als onderdeel van adaptief deltamanagement. Aanbevolen wordt de gepresenteerde resultaten te gebruiken voor een meer kwantitatieve onderbouwing en uitwerking van deze adaptatiepaden, zoals het bepalen van de houdbaarheid van de huidige situatie en maatregelen onder verschillende scenario's door middel van een knikpuntenanalyse.
- Daarnaast wordt in het licht van Adaptief Deltamanagement aanbevolen verder onderzoek te doen naar het monitoren van de ontwikkelingen beschreven in de Deltascenario's zoals klimaatverandering (bijv. verandering rivierafvoer en daardoor watervoorraad) en sociaaleconomische ontwikkelingen (bijv. toename/afname landbouw en daardoor andere watervraag) om uiteindelijk te komen tot indicatoren die kunnen helpen bij het bepalen wanneer de toekomst verloopt volgens een bepaald pad en er daarmee een keuze voor bepaalde maatregelen gemaakt moet worden. Het kan immers zo zijn dat men straks misschien meer/andere maatregelen moet inzetten omdat de externe context sterker dan wel langzamer verandert dan men had verwacht. Verder is monitoring gericht op de effectiviteit van de maatregelen gewenst om te bepalen of het gekozen pad gevolgd wordt.
- Aanbevolen wordt om de kennis en methodes verder te ontwikkelen die noodzakelijk zijn om te komen tot een op risico gebaseerde afweging van een maatregel ten behoeve van de zoetwatervoorziening en van het gewenste voorzieningenniveau. Het gaat hierbij om onderzoek naar schadefuncties voor watertekort, zoals voor peilbeheer (paalrot, stabiliteit kades en gebouwen), doorspoeling en drink- en industriewater. Daarnaast is voor een risico gebaseerde onderbouwing een betere droogtestatistiek noodzakelijk, gebaseerd op langjarige, synthetische reeksen van neerslag, verdamping en afvoer van Rijn en Maas. (o.m. belangrijk bij de onderbouwing van de benodigde bufferschijf van het IJsselmeer en de mogelijke realisatie daarvan). Een risico gebaseerde aanpak vereist tot slot een vergaande integratie van de watersysteemanalyse en de economische analyse.
- Tot slot pleiten de auteurs voor het ontwikkelen binnen het Deltamodel van snellere en minder gedetailleerde systeemmodellen, die gebruikt kunnen worden bij het verkennen van de effecten van nieuwe scenario's en maatregelen.

11 Literatuur

Bakel, J., 2014. *Interpretatie en duiding van de landbouwschadeberekeningen met NHI en AGRCIOM en de effecten van een veel grotere omvang van de berekening in 2050*. Rapport De Bakelse Stroom (concept 22-4-2014).

Bakker, A., T. Kroon, J. Bessembinder, B. van den Hurk, 2009. *Klimatologisch standaardjaar op dagbasis voor heden en toekomst*. KNMI-rapport TR – 310, De Bilt, september 2009

Beersma, J.J., T.A. Buishand & H. Buiteveld, 2004. *Droog, droger, droogst - KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland*. KNMI-publicatie 199-II, De Bilt.

Beijk, V., 2012. *Haalbaarheid luchtbellenscherm als maatregel tegen zoutindringing in de Rijn-Maasmonding, synthese fase 1*. Havenbedrijf Rotterdam, Ministerie van Infrastructuur en Milieu - DGRW, Ministerie van Infrastructuur en Milieu – Rijkswaterstaat. Rotterdam, mei 2012.

Bruggeman, W., M. Haasnoot, S. Hommes, A. te Linde, R. van der Brugge, B. Rijken, E. Dammers & G.J. van den Born, 2011. *Deltascenario's. Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012*. Deltares-rapport 1204151.002, Utrecht.

Bruggeman, W., E. Dammers, G.J. van den Born, B. Rijken, B. van Bommel, A. Bouwman, K. Nabielek, J. Beersma, B. van den Hurk, N. Polman, V. Linderhof, C. Folmer, F. Huizinga, S. Hommes, A. te Linde, 2013. *Deltascenario's voor 2050 en 2100, Nadere uitwerking 2012-2013*. CPB, Deltares, KNMI, LEI, PBL, 2013.

De Jong, B., N. Siekerman, W. Werkman, R. Engel, *Kansrijke strategieën voor Zoetwater Fase 3*, Achtergrondrapport Deelprogramma Zoetwater, RWS WVL-Rapport, Lelystad, 2013.

De Vries, I., J. ter Maat, E. van Velzen, 2012. *Toekomstbestendigheid besluit Volkerak-Zoommeer: een robuuste beslissing?*, Deltares-rapport 1205971-000, Delft, 2012.

De Vries, I., 2014. *Toetsing robuustheid Brielse Meer voor zoetwatervoorziening. Fase 2: definitieve toetsing*, Deltares-rapport 1209018-000, 1207694-007, Delft, 2014.

De Vries, I, C. Sprengers, 2014. *Inlaatvensters Spijkenisse vanuit Oude Maas*. Deltares-memo 1209141-005-VEB-0003, Delft, 2014 (in voorbereiding).

Deltaprogramma Deelprogramma Zoetwater, 2013. *Kansrijke strategieën voor zoetwater*. Bestuurlijke rapportage Fase 3 deel 1, juni 2013.

Deltaprogramma Deelprogramma Zoetwater, 2013. *Het Deltaprogramma: een nieuwe aanpak, concept deltabeslissing zoetwater*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken, factsheet, Den Haag, oktober 2013.

Drogue G., Fournier M., Bauwens A., Commeaux F., De Keizer O., François D., Guilmin E., Degré A., Detrembleur S., Dewals B., Pirotton M., Pontegnie D., Sohier C., Vaneuville W., 2010. *Analysis of climate change, high flows and low flows scenarios on the Meuse basin, WP1 report, action 3*. AMICE-report, 30 juni 2010.

Havinga, H., 2011. *MGD analyse Bovenrijn Waal 1999-2010*. Rijkswaterstaat Oost-Nederland memo, 29 augustus 2011.

Havinga, H., 2006. *Vaardiepte Rotterdam-Duisburg, Beschouwing trends in MGD en Pegel Ruhrort*. Rijkswaterstaat Oost-Nederland rapport, versie 1.3, 27 juni 2006.

Hekman, J., M. de Jonge, 2012. *Flexibiliteit in regionaal waterbeheer, Verkenning naar mogelijkheden in het regionale watersysteem die bijdragen aan de integrale opgave van het Deltaprogramma IJsselmeergebied*. Grontmij-rapport (versie definitief concept) 320226, Alkmaar, 7 november 2012.

Hoogewoud, J.C., J.C. Hunink, G. Prinsen, A. Veldhuizen, J. Verkaik. 2013a. *Veranderingsrapportage NHI 3.0*. Deltares rapport 1206107-000-BGS-0012, Delft, 2013.

Hoogewoud, J.C., J.C. Hunink, J. Verkaik, G. Prinsen. 2013b. *Veranderingsrapportage NHI 3.01*. Deltares rapport 1207757-000-BGS-0008, Delft, 2013.

Hoogvliet, M.C., N.C. Goorden, P. Aalders, X.R. Eblé, I.M. Folmer, R. Hulsman, F.C.J. van Herpen, J. Jansen, R.A.E. Knoben, A. Krikken, R.G.J. Velner & ir. F.Th. Verhagen, 2010. *Knippunten in het waterbeheer van het Maasstroomgebied als gevolg van klimaatverandering*. Deltares/Haskoning-rapport 1201873, Utrecht, 2 maart 2010.

Hurk, B., J. Beersma, *KNMI voor het project "Deltascenario's 2012"*, KNMI rapport, De Bilt, maart 2013.

Klijn, F., J. ter Maat, E. van Velzen, 2011. *Zoetwatervoorziening in Nederland, landelijke analyse knelpunten in de 21^e eeuw*. Deltares-rapport 1204358-002, Delft, mei 2011.

Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat, J. Hunink, 2012. *Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw*. Deltares-rapport 1205970-000, Delft, 2012.

LCW, 2013. *Handreiking watertekort en warmte, met bijlagen*. RWS-Waterdienst, LCW handboeken en factsheets, Lelystad, 2013.

LCW, 2011. *Scenario's voor droogte, Gevolgen van ernstige droogte en stapeling van droogte met andere calamiteiten*. RDO IJG bijdrage – 22 december 2011.

Maarse, M., R. Noordhuis, 2013. *Toetsing natuureffecten van Flexibel Peilbeheer, Als onderdeel van de voorkeursstrategie Deltaprogramma IJsselmeergebied*, Deltares-rapport 1208411-000, Utrecht, 2013.

Marchand, M, W. de Lange, 2013. *Toepasbaarheid NHI voor het Deltaprogramma Zoetwater*, Deltares-rapport 1206107-000-BGS-0006, Delft, 2013.

Mulder, H.M., A.A. Veldhuizen, J. Hoogewoud. *Agricom 1.06, Gebruikershandleiding*.

NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium), 2013. <http://www.nhi.nu/documenten.html>, Utrecht, 2013.

NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium), 2008. *Deelrapport Kenmerken Landelijk Oppervlaktewater*, Utrecht, december 2008.

NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium), 2008. *Deelrapport Kenmerken Regionaal Oppervlaktewater*, Utrecht, december 2008.

NHV (Nederlandse Hydrologische Vereniging), 2008. *Stromingen jrg 14 nr 4; NHI special*, Utrecht, november 2008.

Polman, N., 2012. *Landbouw in een veranderende delta: toekomstscenario's voor zoetwatergebruik. LEI/Alterra-rapport*, Den Haag, 2012.

Remmerswaal, A., 2013. *Zoetwaterbuffer IJsselmeergebied*. Memo Rijkswaterstaat Water, Verkeer, Leefomgeving, Lelystad, oktober, 2013.

Ruijgh, E., 2014. *Hergebruik Deltamodel, Ontwikkeling lange termijn visie*, Deltares rapport 1209388-001, Delft, in voorbereiding.

Ruijgh, E., 2013. *Protocol van Overdracht Deltamodel 1.1*. Deltares-rapport 1207765, Delft, 2013.

Prinsen, G., F. Sperna Weiland, E. Ruijgh, 2013. *The Delta model for fresh water policy analysis in the Netherlands*, 8th Int. Conf. EWRA "Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context", Porto, Portugal, 26th-29th June 2013.

Prinsen, G., E. de Bruine, L. de Jongste, E. Ruijgh, 2013. *Het Landelijk Sobek Model*. Stromingen 19,2 pp. 91-106, 2013.

Spijker M. en M. van den Brink, *Waterverdelings- en verziltingsvraagstukken in het hoofdwatersysteem in West- en Midden-Nederland*. Rijkswaterstaat Dienst Utrecht. Hydrologic-rapport P475 D01 Eindrapport 31071308, Amersfoort, maart 2013.

Spijker, M. J. de Graaf, 2012. *Onderzoek watervraag en waterbeschikbaarheid*. Rijkswaterstaat Dienst Utrecht. Hydrologic/Haskoning-rapport P428 concept C10 20120120, Amersfoort, januari 2012.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, G.M.C.M Janssen, V.G.M. Linderhof, N.B.P. Polman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen en J.G.M van der Greft, J. Delsman en G.H.P. Oude Essink, 2013. *Vijf veelbelovende maatregelen rond zoetwaterbeheer geëvalueerd op effecten, kosten en baten*. Deelprogramma's Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden, Alterra/Deltares/Bakelse Stroom/LEI rapport, 12 april 2013.

Rozemeijer, J.C., Broers, H.P., Visser, A., Borren, W., Gerner, L., van IJzendoorn, B., Kramer-Hoenderboom, A., 2012. *Veldonderzoek naar de effecten van peilgestuurde drainage op grondwaterstanden, drainafvoeren en waterkwaliteit op het Oost-Nederlands Plateau*. Deltares rapport 1201979-000-BGS-0001.

Rozing, A.P.G. en G.A.M. van Meurs, 2013. *Effect uitzakken waterpeil op dijken en funderingen*. Opdrachtgever Deltaprogramma IJsselmeergebied. Deltares project 1207324-001, kenmerk 1207324-001-VEB-0004-jvm, Delft 2013.

Ten Broeke, I., *Notitie Schade vaardieptebeperking*, Ministerie Infrastructuur en Milieu, Den Haag, januari 2014.

Ter Maat, J., 2012. *Effectbepaling mogelijke maatregelen en strategieën in het HWS vanuit landelijk perspectief – een eerste benadering*, Deltares-memo 1205970-000-VEB-0009, Delft, 4 mei 2012.

Ter Maat, J., E. van Velzen, M. van der Vat, 2013. *Landelijke verkenning van effecten van maatregelenpakketten voor de zoetwatervoorziening in Nederland*, Deltares-rapport 1207773-000, Delft, 2013

Van Beek, E., M. Haasnoot, K.M. Meijer, J.R. Delsman, J.J.J.C. Snepvangers, G. Baarse, R. van Ek, G.F. Prinsen, J.C.J. Kwadijk & J.W. van Zetten, 2008. *Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's*. Deltares-rapport T2498, Delft.

Van Ek, R., J.P.M. Witte, J. Runhaar & F. Klijn, 2000. *Ecological effects of water management in the Netherlands: the model DEMNAT*, Ecological Engineering 16: 127-141

Van Ek, J.P.M. Witte, J.P. Mol-Dijkstra, W. de Vries, G.W.W. Wamelink, J. Hunink, W. van der Linden, H. Runhaar, L. Bonten, R. Bartholomeus, H.M. Mulder, Y. Fujita, 2014. *Ontwikkeling van een gemeenschappelijke effect module voor terrestrische natuur: Vergelijking van drie modellenlijnen en voorstellen voor verdere samenwerking*. STOWA rapport, Amersfoort, 2014 (in press).

Van Meurs, G.A.M., C. Geerse en Q. Gao, 2014. *Fase 4 - toets waterveiligheid. Opdrachtgever Deltaprogramma IJsselmeergebied*. Deltares project 1208527-000, kenmerk 1208527-000-VEB-0004, Delft, 2014.

Van Velzen, E., J. ter Maat, J. Hunink, 2013. *Droogtestatistiek 34 jarige reeks van de Deltascenario's voor Deelprogramma Zoetwater*. Deltares-memo (in voorbereiding).

Walsum, P.E.V. van, F.J.E van der Bolt. 2013. *Sensitivity of the Delta model to evapotranspiration*. Alterra rapport 2481.

Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland, 2009. *Waterverdeling Noord-Nederland, Advies van de Werkgroep Regionale Uitwerking Verdringingsreeks Noord-Nederland*, herziening, november 2009.

Werkman, W., 2013. *Toelichting regiomaatregelen fase 4*, RWS-WVL, Lelystad, 14 november 2013.

Witte, J.P.M., 1996. *De waarde van de natuur: zeldzaamheid en de botanische waardering van gebieden*. Landschap 96(2):79-95.

Witte, J.P.M., 1998. *National water management and the value of nature*. PhD thesis. Wageningen Agricultural University

Witte, J.P.M., Strasser, J.T., 2010. *Geautomatiseerde waardering van vegetatieopnamen en vegetatietypen*, BTO 2010.035 KWR, Nieuwegein

Witte, J.P.M., Bartholomeus, R.P., Douma, J.C., Runhaar, J. & Van Bodegom, P.M., 2010. *De vegetatiemodule van Probe-2*. In. KWR rapport BTO-2010.024(s), Nieuwegein, 2010.

Wuijts, S., C.I. Bak-Eijsberg, E.H. van Velzen, N.G.F.M. van der Aa, 2012. *Effecten klimaatontwikkeling op de waterkwaliteit bij innamepunten voor drinkwater, Analyse van stofberekeningen*, RIVM-Rapport 609716004/2012, 2012.

A Vergelijking basisberekeningen fase 2 en fase 4

Zie Deltares memo 1207773-000-VEB-0021.

Memo

Aan

Bas de Jong (WVL), Wim Werkman (WVL)

Datum

3 december 2013

Kenmerk

1207773-000-VEB-0021

Aantal pagina's

27

Van

Joachim Hunink,
Judith ter Maat

Doorkiesnummer

+31 (0)88 33 58 195

E-mail

Judith.termaat@deltares.nl

Onderwerp

Vergelijking basisberekeningen fase 2 en fase 4

1 Aanleiding

In fase 4 van het Deltaprogramma wordt gewerkt met nieuwe deltasce­nario's en met een nieuwe versie van het Deltamodel, anders dan die in fase 2 zijn gebruikt. Het is evident dat als je deze veranderingen maakt dat de resultaten ook anders zijn. In deze memo worden de belangrijkste modeluitkomsten van de berekeningen voor de landelijke knelpuntenanalyse in fase 2 (in de tekst aangeduid met "KPA2") en de basisberekeningen in fase 4 ("KPA4") naast elkaar gezet en met elkaar vergeleken. Het gaat in beide gevallen om berekeningen die de huidige situatie en de situatie onder de deltasce­nario's beschrijven.

We richten de vergelijking op de vraag of er significante verschillen zijn. Met significant bedoelen we verschillen die zo groot zijn dat de richting van het effect (bijvoorbeeld toename versus een afname) of de mate van het effect (heel groot versus zeer beperkt effect) anders is geworden met uiteindelijk als doel om te kijken of er door de verschillen (de oorzaken van) de knelpunten die zijn beschreven in 2012 (Klijn, 2012) significant anders zouden worden en mogelijk zelfs de deltabeslissing zouden beïnvloeden.

2 Wijzigingen scenario's en modellen tussen fase 2 en fase 4

Voor de aanscherping van de landelijke knelpuntenanalyse in fase 2 (Klijn, 2012) is gebruik gemaakt van een voorlopige versie van het Deltamodel en de eerste versie van de Deltascenario's (Bruggeman, 2011). In 2012 is er een update van de Deltascenario's geweest (Bruggeman, 2012). Verder zijn er aanpassingen geweest aan modellen en modelinvoer. Belangrijk hier te noemen is de release van Nationaal Hydrologisch Instrumentarium versie 3.0 (NHI, 2013) dat opgenomen is in het Deltamodel (Ruijgh, 2013). De Deltascenario's zijn vertaald naar modelinvoer, o.a. voor NHI (Hunink, 2012). In fase 4 wordt gewerkt met deze nieuwe versies.

Belangrijke veranderingen in de scenario's die het afgelopen jaar zijn doorgevoerd zijn:

- Het verband tussen sociaaleconomische ontwikkelingen en klimaatverandering is verdisconteerd in de scenario's. De verwachte schaarste aan grondstoffen beïnvloedt zowel de klimaatverandering als de ontwikkeling van economische sectoren.

- De stedelijke ontwikkeling, landbouw en natuur (leidend tot verandering in ruimtegebruik als watergebruik) vertonen grote veranderingen (althans ten opzichte van de vorige scenario's en zijn meer onderscheidend tussen de scenario's onderling), die regionaal bovendien zeer verschillend uitwerken.
- De (grond)wateronttrekkingen in de scenario's zijn sterk gewijzigd. De nieuwe scenario's beschrijven ook de verandering van de grond- en oppervlaktewateronttrekkingen ten behoeve van industrie en energie.
- Extreme zomerse neerslag neemt in de kustgebieden sterker toe dan in het binnenland. Voor de Deltascenario's 2012 is een herzien versie van het W+ klimaatscenario opgeleverd (W+ Regionaal) waarbij er aanpassingen in de 30 km kustzone zijn uitgevoerd wat betreft de extreme neerslagevents (Hurk, Beersma, 2013).

Tabel 1 Belangrijke veranderingen in Deltascenario's 2012 voor de zoetwatervoorziening (KPA2 -> KPA4). Groen is een toename ten opzichte van de oude Deltascenario's, oranje een afname en oranje/rood een grote afname.

	Druk (g/ge)			Stoom (wp/ge)		Rust (g/rc)		Warm (wp/rc)	
	2000	2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100
Gem. neerslag zomer kust				-19% → -12%	-38% → -26%			-19% → -12%	-38% → -26%
Verstedelijking (% oppervlak)	16 →20	20 → 23	25	20 → 25	25	17 → 21	10 →21	17 →21	10 →21
Landbouw (% oppervlak)	67 →59	59 →51	70 → 45	59 → 51	70 → 40	62 → 56	67 → 55	62 →56	67 → 55
Natuur en recreatie (% oppervlak)	17 →18	21 →22	5 → 26	21 →20	5 → 25	21 →20	23 →20	21 →19	23 →20

Inhoudelijke verbeteringen van NHI 3.0 hebben onder meer betrekking op:

- Meer detail oppervlaktewater
- Verbetering schematisatie ondergrond
- Vergroting beregeningsvraag
- Opnieuw schematiseren drinkwaterwinningen
- Harmonisering prioritering watervraag in overleg met de waterbeheerders.
- Aanpassing districtsindeling.
- Etc.

De verbeteringen hebben significante effecten op de uitkomsten van NHI. Voor uitgebreide toelichting over de verbeteringen van het NHI verwijzen we verder naar het veranderingsdocument (Hoogewoud, 2012).

Ook het SOBEK model voor het Noordelijk Deltabekken (SOBEK-NDB) is verbeterd. Onder meer de zoutconcentratie op de rand bij Lobith is in de nieuwe berekeningen afhankelijk gemaakt van de afvoer, terwijl dat in fase 2 nog een vaste concentratie was. Dit geldt voor afvoeren hoger dan 25 m³/s.

Tot slot zijn er vanuit de analysebehoefte in de zoetwaterverkenning in fase 4 een aantal belangrijke wijzigingen doorgevoerd:

- *Berekende situaties*. In de knelpuntanalyse fase 2 zijn berekeningen gemaakt voor 2050 voor de 4 deltasenarior's en voor 3 karakteristieke droogte jaren. Er is toen vooral gerapporteerd voor scenario druk en warm. Voor de nieuwe scenario's in fase 4 zijn beide zichtjaren (2050 en 2100) doorgerekend. Gezien de beschikbare data uit fase 2 rapporteren wij in dit memo opnieuw voor zichtjaar 2050 in combinatie met scenario warm en druk. (De uitkomsten voor de andere deltasenarior's en zichtjaar 2100 zijn even goed beschikbaar in output files van het Deltamodel en speciaal gemaakte post-processing excel files).
- *Initiële condities*: de modelsimulaties voor de knelpuntenanalyse in fase 2 hadden een warme start. Dat wil zeggen dat ze een langere inspeeltijd hadden. De nieuwe modelsimulaties voor de basisberekeningen met karakteristieke jaren hebben voor alle jaren dezelfde initiële condities, namelijk die van een stationaire grondwaterstand en een bodemvochtprofiel met een vaste pf-waarde. Dit heeft gevolgen voor de resultaten in hoog NL waar de grondwaterstand geheugen groter is waardoor het langer duurt voordat initiële condities geen effect meer hebben op de berekende grondwaterstand.
- *Indeling van de 16 deelgebieden en knelpuntengebieden*. De indeling is enigszins veranderd. De bestuurlijke regio's zijn hetzelfde gebleven. De vergelijking in dit memo wordt gemaakt op het niveau van de 16 deelgebieden; de data uit fase 2 is hiervoor opnieuw geaggregeerd tot dit nieuwe niveau. De gepresenteerde histogrammen zullen daarmee niet 1 op 1 te herkennen zijn uit de rapportage van de landelijke knelpuntenanalyse, maar zijn wel gebaseerd op dezelfde data.

3 Beschrijving verschillen in uitkomsten berekeningen

In overleg met WVL kijken we achtereenvolgens naar de volgende modeluitvoer indicatoren:

- Grondwaterstanden (Hg3 en Lg3)
- Watervraag/watertekort per regio per gebruikerscategorie
- Verloop waterpeil IJsselmeer en Markermeer
- Landbouwschade (uit AGRICOM), totale droogteschade per regio, overeenkomstig tabel 5.15 uit de aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse
- Inlaatbeperkingen door verhoogde zoutconcentraties overeenkomstig tabel 5.12 uit de aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse

3.1 Grondwater

Er zijn verschillen in de resultaten van de grondwaterstanden. Dit heeft meerdere oorzaken die voor een deel veroorzaakt worden door een andere aanpak en voor een deel door andere scenario's. Ten eerste zijn de initiële condities van de onverzadigde zone en de grondwaterstanden niet gelijk aan elkaar. Tijdens de KPA2 is voor elk karakteristiek jaar en klimaatscenario een initiële conditie bepaald. Dit is in de berekeningen van KPA4 zoals hier gepresenteerd niet gebeurd, omdat op een later tijdstip 35 jaar modelberekeningen beschikbaar komen. Als gevolg van nieuwe scenario's kunnen er verder verschillen optreden als gevolg van nieuwe invoer betreffende de grondwateronttrekkingen, bodemdaling en landgebruik.

Bevindingen:

- Minder effect op de stuwwallen en de gebieden met diepe grondwaterstanden: Dit wordt veroorzaakt door de verschillen in de initiële condities van de onverzadigde zone en het grondwater.

- Lokaal zijn er (soms grote) verschillen mogelijk als gevolg van andere onttrekkingen in de scenario's.
- Daling van de grondwaterstanden in de Alblasserwaard in Warm2050 voor het droge en extreem droge jaar.
- Grotere daling van de grondwaterstanden rond de Waal in de nieuwe scenario's. De nieuwe scenario's zijn doorgerekend met het nieuwe Landelijk Sobek Model (LSM).
- Minder vernatting in gebied wat onder invloed staat van bodemdaling in de Warm scenario's.
- Effecten in Zuid-Limburg zijn wat betreft het grondwater niet plausibel (voorlopige conclusie o.b.v. de 30jarige reeks).

3.2 Watervraag-watertekort

Op hoofdlijnen zijn de volgende verschillen zichtbaar die het gevolg zijn van Deltascenario-aanpassingen en/of NHI verbeteringen. Het is daarbij niet altijd te achterhalen waardoor de verschillen veroorzaakt worden omdat binnen 1 modelsimulatie meerdere veranderingen zijn aangebracht.

Watervragen:

De totale vraag van Druk2050 is in de resultaten van KPA4 altijd net iets hoger dan de huidige situatie. In de resultaten van KPA2 was de totale watervraag van Druk2050 meestal minder dan de huidige situatie.

Lagere beregeningsvraag:

Gemiddeld zijn de bodemvochttekorten afgenomen. De gemiddelde verandering per gebied bedraagt ongeveer tussen de 3 en de 10 mm/zomer. Ook in de P50 is een afname zichtbaar. De gemiddelde afname wordt dus niet veroorzaakt door enkele uitschieters maar door een structurele verhoging van het bodemvochtgehalte. De verhoging van het bodemvochtgehalte wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een verhoogde berging in de onverzadigde zone. De parameterisatie van de bodemtypes is in het NHI 3.0 aangepast. Een verhoogde berging zorgt voor meer verdamping maar kan ook zorgen voor meer beschikbaarheid voor o.a. berging.

Toename in peilbeheersvraag:

De toename van de peilbeheersvraag wordt veroorzaakt door een toename in de infiltratie. Deze extra infiltratie wordt veroorzaakt door een modelkeuze van de scenario's. In de nieuwe Deltascenario's hebben alle natte natuurgebieden een peil gekregen van 0.20m-mv gekregen. Dit zorgt voor extra infiltratie in de gebieden met natte natuur en wateraanvoer. Lagere peilbeheersvraag in Fries Gronings kustgebied wordt veroorzaakt door een modelaanpassing in NHI 3.0. In overleg met de regio is op basis van waterbalansen de infiltratiecapaciteit verlaagd waardoor minder infiltratie mogelijk is.

Weinig verandering doorspoelingsvraag:

Alleen in Zuidwestelijke Delta en Delfland zijn de doorspoeldebieten aangepast naar aanleiding van de cijfers van les de Vries. In de rest van Nederland zijn geen aanpassingen doorgevoerd.

Hieronder worden nog enkele gebiedsspecifieke onderwerpen besproken die nog niet hierboven zijn genoemd.

Gebied 2: zuidelijk zandgebied- MLNBK

De totale watervraag in dit gebied is groter geworden, terwijl de aanvoer niet hoger is geworden: er worden nu meer tekorten geïntroduceerd. Het verschil is absoluut gezien klein,

maar relatief best groot (ca. 20%). -> Dit tekort wordt veroorzaakt door de districten 685, 686 en 687. Deze districten zijn nieuw in NHI 3.0 (en een opdeling van een district uit NHI 2.2). De tekorten worden veroorzaakt door een inlaatcapaciteitsbeperking van deze districten. Deze districten hebben een inlaatcapaciteit van 0 terwijl er wel een watervraag door Mozart wordt gesteld.

Gebied 3: Zuid-Nederland midden

1967 en 1989 (incl. 2050 situaties) tekorten peilbeheer en doorspoeling zijn opgeheven (waren hele kleine tekorten).

Gebied 4: Centrale hoge zandgronden

Tekorten doorspoeling (voor Amersfoort) zijn nagenoeg verdwenen. Doorspoelvraag is nagenoeg gelijk gebleven. Dit is de doorspoeling in Amersfoort. Die wordt veroorzaakt door de aanpassing in de aanvoer van de Eemvallei en de opdeling van het oude district in nieuwe districten.

Gebied 5: Oostelijk zandgebied

Geen bijzonderheden.

Gebied 6: Rivierengebied-noord

Behoorlijke afwijkingen in 1989 en 1976 situaties.

Introductie tekort peilbeheer in 2050 warm 1989 situatie (waarschijnlijk Alblasserwaard, ook terug te zien in grondwaterstanden). De tekorten worden veroorzaakt door capaciteitsbeperkingen van de inname vanuit de Linge voor district 55 (Tielerwaard), capaciteit en beschikbaarheid voor district 94 (Neder Betuwe) en beperking a.g.v. beschikbaarheid voor de districten 95 (Over Betuwe) en 96 (Arnhem Zuid) waar beide geen aanvoer vanuit het netwerk mogelijk is.

Gebied 7: Rivierengebied-zuid

Geen bijzonderheden.

Gebied 8: Fries-Groningskustgebied

Peilbeheervraag is afgenomen. Verklaring: infiltratiecapaciteit van de regio is aangepast in NHI3.0, waardoor er minder infiltratie mogelijk is van oppervlaktewater naar grondwater.

Gebied 9: Noord-Holland

Geen bijzonderheden.

Gebied 10: West-Nederland-west

Nieuwe districten introduceren een klein tekort peilbeheer. De vraag in dit gebied is ook toegenomen. De tekorten worden veroorzaakt door een tekort aan beschikbaarheid van water van het netwerk. De hogere vraag voor peilbeheer wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de andere schematisatie van natte natuur in de nieuwe deltasenario's wat extra infiltratie tot gevolg heeft.

Gebied 11: West-Nederland-oost

Tekort doorspoeling voor de verschillende scenario's in 1976 ontstaat in de resultaten van KPA4. Dit wordt veroorzaakt door een tekort aan water in deze jaren doordat de watervraag voor peilbeheer is toegenomen door extra infiltratie.

Gebied 12: Zuidwestelijke Delta met aanvoer

Afname doorspoeling. De doorspoeling is aangepast in NHI3.0 op basis van getallen van les de Vries. Er zijn nu ook geen tekorten meer.

Gebied 13: Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer

Introductie kleine doorspoelingsvraag. Dit wordt veroorzaakt door de gewijzigde doorspoeldebieten en kan veroorzaakt worden door een allocatiefout.

In dit gebied wordt wel peilbeheer gedaan maar is geen aanvoer mogelijk. De weergegeven aanvoer is intern water, dus kwelwater dat voor een deel kan voorzien in de watervraag.

Gebied 14: Zuid-Limburg

Het is vrij-afwaterend gebied en er is geen peilbeheer.

Er is alleen een beregeningsvraag en deze is heel klein (<0.3 mm waterschijf over het totale gebied over de hele zomer).

Gebied 15: IJsselmeerpolders

Tekort doorspoeling in 2050 warm 1976 verdwijnt.

Doorspoeling is toegenomen, terwijl in het NHI in dit gebied geen aanpassingen zijn doorgevoerd. *De verandering wordt veroorzaakt door een fout in de koppeling tussen de districten en de waterhuiskundige regio's in de resultaten van KPA2. De districten 516 en 517 (delen van de Noordoostpolder) waren in de resultaten van KPA2 niet gekoppeld aan gebied 15.*

Gebied 16: IJssel-vechtgebied

Geen bijzonderheden.

Gebied 17: Drents Plateau

Geen bijzonderheden.

3.3 Peilverloop IJsselmeer en Markermeer

De verschillen tussen de uitkomsten in fase 2 en fase 4 zijn beperkt: in een extreem droog jaar zowel in het huidige klimaat als in het scenario Druk 2050 een afwijking (minder uitzakking in fase 4) van ca. 5 cm, terwijl de andere situaties sterk op elkaar lijken. De veranderingen in de uitkomst van het peilverloop van het IJsselmeer en Markermeer zijn vooral te wijten aan nieuwe regionale watervragen (verschil tussen NHI 3.0 en NHI 2.2, en het effect van anders gedefinieerde scenario's) voor de deelgebieden die water uit het IJsselmeer inlaten. Met name regio 8 vraagt aanzienlijk minder water in fase 4. Dit is terug te zien in het peilverloop van het IJsselmeer in een 1:10 jaar. Qua beheersregels is het IJsselmeer niet anders geworden. Voor verklaring van de verschillen wordt daarom verwezen naar de vorige paragraaf.

3.4 Inlaatbeperkingen door verhoogde zoutconcentraties

Met behulp van het SOBEK-model voor het Noordelijk Deltabekken (SOBEK-NDB) is aan de verziltingssituatie gerekend. Hoewel de precieze getallen ten opzichte van de modelresultaten in fase 2 zijn veranderd, zijn de conclusies over de knelpunten ten aanzien van verzilting voor fase 4 niet anders dan in fase 2. In fase 4 is ook een doorkijk voor 2100 gegeven.

Zo is er onder meer gekeken naar de verandering van inlaatbeperking bij verschillende scenario's en zichtjaren. In tabel 2 en 3 in de bijlage zijn de resultaten weergegeven waar het gaat om het aantal dagen dat het grenschloridegehalte is overschreden in aaneengesloten

periodes van resp. 7, 24 en 48 uur voor de locaties Bernisse, Krimpen a/d IJssel en Gouda, zoals berekend in fase 2 en fase 4. In tabel 4 en 5 zijn ook de gemiddelde jaarconcentraties op locaties met oeverwaterwinning gegeven voor fase 2 resp. fase 4.

Aanpassingen aan het NDB model

Uit de analyse van de fase 2 sommen bleek dat er inconsistenties in de resultaten zaten. Zo bleek dat het W+ 2050 en het W+ 2100 scenario voor het jaar 1967 dezelfde resultaten gaven. De (debiet-) randvoorwaarden zijn hierom in fase 4 vergeleken met de randvoorwaarden in het Landelijk Sobek Model (LSM) en waar nodig aangepast. Hierdoor zijn de afvoeren bij Hagestein en Tiel afwijkend van de knelpuntenanalyse uit fase 2: de afvoer bij Hagestein is bij lage Rijnafvoeren vaak veel lager dan $25 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl bij de KPA2 sommen een afvoer van minimaal $25 \text{ m}^3/\text{s}$ over de stuw Hagestein werd verondersteld. Daarnaast zijn er voor de chlorideconcentraties bij Lobith en Keizersveer nieuwe afvoer-chloride relaties afgeleid. Verder is er voor gekozen om bij afvoeren Keizersveer lager dan $25 \text{ m}^3/\text{s}$ een vaste concentratie aan te houden (op $100,9 \text{ mg/l}$) omdat eerder onrealistische hoge Cl concentraties werden berekend ($>100 \text{ mg/l}$).

Naast de aanpassingen aan de randvoorwaarden, is er voor een aantal takken in de Biesboschdezenoemde "slot depth" aangepast. Dit om te voorkomen dat in sommige situaties (voornamelijk situaties met veel windopzet) een tak leegloopt en daarmee de som crasht.

Tot slot is de onttrekking van het Volkerak-Zoommeer aangepast. Deze is in de nieuwe sommen in het zomerhalfjaar op $22,5 \text{ m}^3/\text{s}$ en in het winterhalfjaar op $6 \text{ m}^3/\text{s}$ gezet.

Maar zoals gezegd hebben bovenstaande wijzigingen in het model geen andere conclusies voor de verziltingssituatie opgeleverd.

3.5 Landbouw

Met de effectmodule AGRICOM wordt de landbouwopbrengst(derving) berekend. De totale potentiële opbrengst is gewijzigd in de nieuwe resultaten (bijlage 5). De schades zijn echter grotendeels hetzelfde gebleven als in KPA2. Consequentie is dat de schade uitgedrukt in het percentage van de potentiële opbrengst is toegenomen. De verschillen in potentiële opbrengst worden veroorzaakt door een bugfix die tijdens de berekeningen van KPA4 is ontdekt en is opgelost. In de oude resultaten zit dus een kleine fout.

4 Conclusies

- De verschillen tussen fase 2 en fase 4 die voor sommige deelgebieden gelden zijn niet altijd te achterhalen waardoor de verschillen veroorzaakt worden, omdat binnen 1 modelsimulatie meerdere veranderingen zijn aangebracht (zowel update in deltasenario's als in modellenverbeteringen). Dit vraagt gedetailleerde analyse die echter in het kader van de landelijke zoetwaterverkenning te ver gaat.
- De uitkomsten van de modelsimulaties in fase 4 voor de inlaatbeperkingen voor Gouda, Krimpen a/d IJssel en Bernisse laten geen significante wijzigingen zien t.o.v. fase 2.

- De watervraag aan het IJsselmeer vanuit Noord-Nederland is gewijzigd. De afname van de watervraag in fase 4 t.o.v. die in fase 2 heeft gevolg voor het peilverloop van het IJsselmeer, m.n. in een droog jaar situatie is het effect zichtbaar.
- De totale potentiële landbouwopbrengst is gewijzigd in de nieuwe resultaten (grotendeels te verklaren door een bug tijdens fase 4 ontdekt is en nadien gerepareerd is). De schades zijn echter grotendeels hetzelfde gebleven als in fase 2.
- De in de landelijke knelpuntenanalyse (Klijn, 2012) in fase 2 vastgestelde belangrijkste oorzaken voor het optreden van tekorten per knelpuntgebied veranderen niet en zijn nog steeds (zowel nu als in de toekomst):
 - 1) er is in het geheel geen wateraanvoer mogelijk (zuidwestelijk estuariumgebied);
 - 2) er is onvoldoende water beschikbaar in de rivieren en kanalen (Brabantse kanalen);
 - 3) de voorraad is overvraagd en/of raakt uitgeput (IJsselmeer);
 - 4) de inlaatpunten raken te zeer verzilt (overschrijding chloridenormen: Gouda en Bernisse).

Literatuur

Bruggeman, W., E. Dammers, G.J. van den Born, K. Nabielek, J. Beersma, B. van den Hurk, N. Polman, C. Folmer, F. Huizinga, S. Hommes en A. te Linde, 2013. *Deltascenario's voor 2050 en 2100*. Nadere uitwerking 2012-2013.

Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat, J. Hunink, 2012. *Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw*. Deltares-rapport 1205970-000, Delft, 2012.

Ruijgh, E., 2013. *Release notes Deltamodel versie 1.06*. Deltares memo 1207765-009-ZWS-0002, d.d. 12 juni 2013.



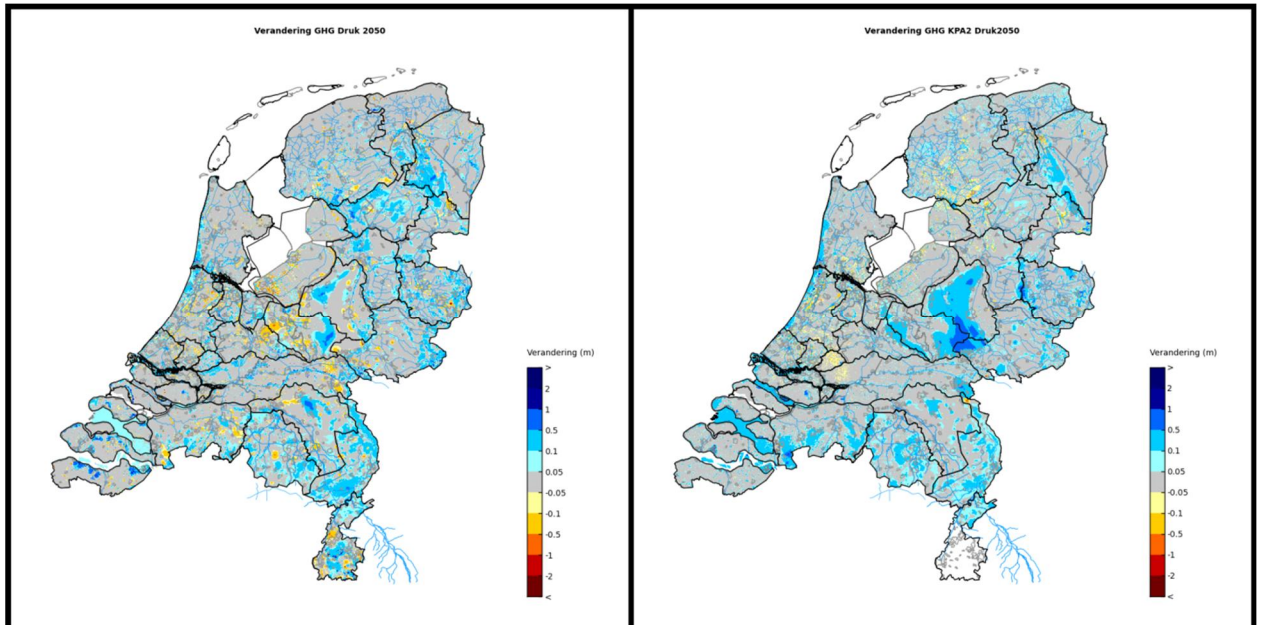
Datum
3 december 2013

Ons kenmerk
1207773-000-VEB-0021

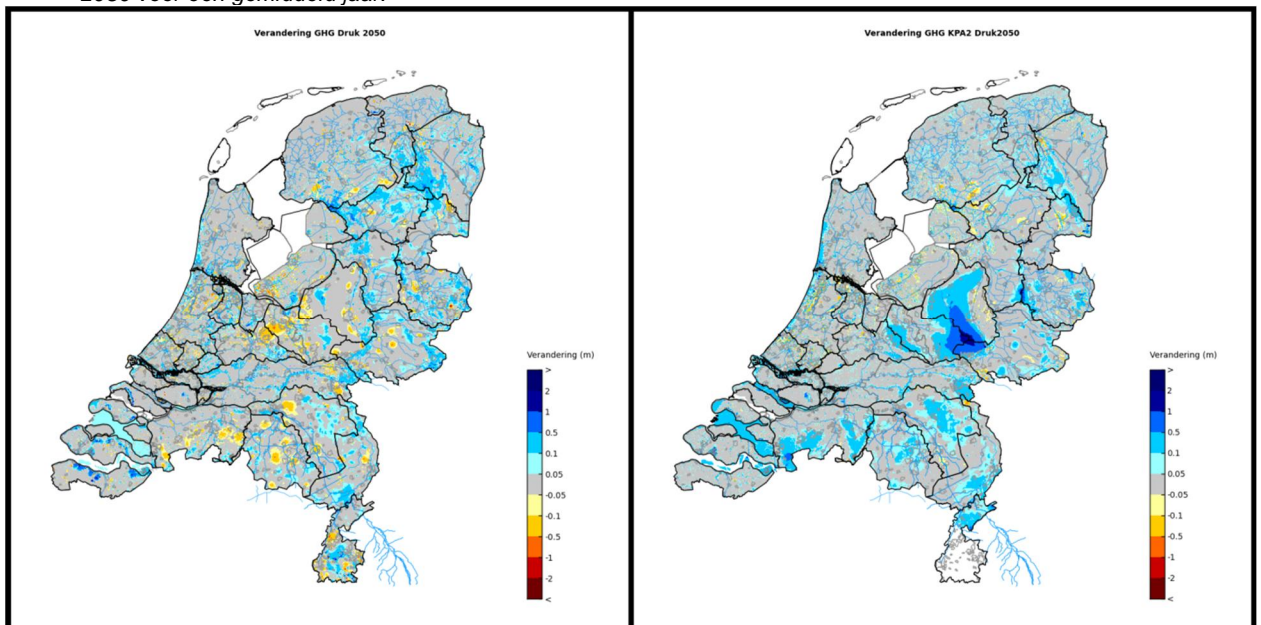
Pagina
9/27

Bijlagen

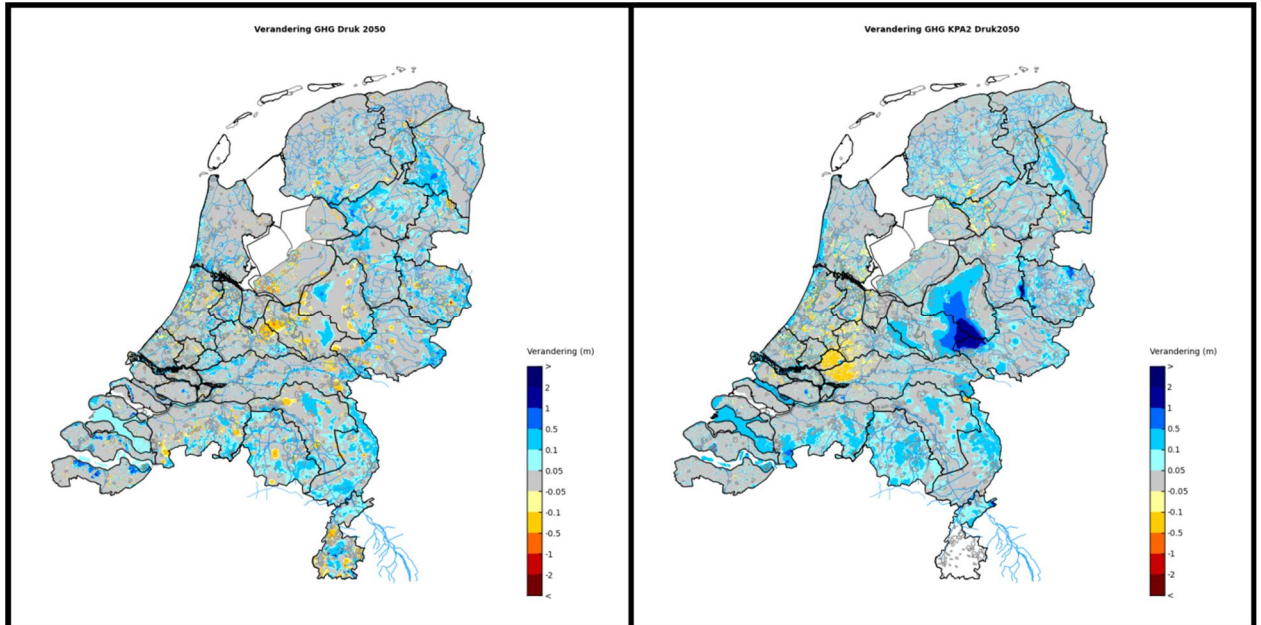
Bijlage 1: Figuren grondwaterstanden KPA2-KPA4



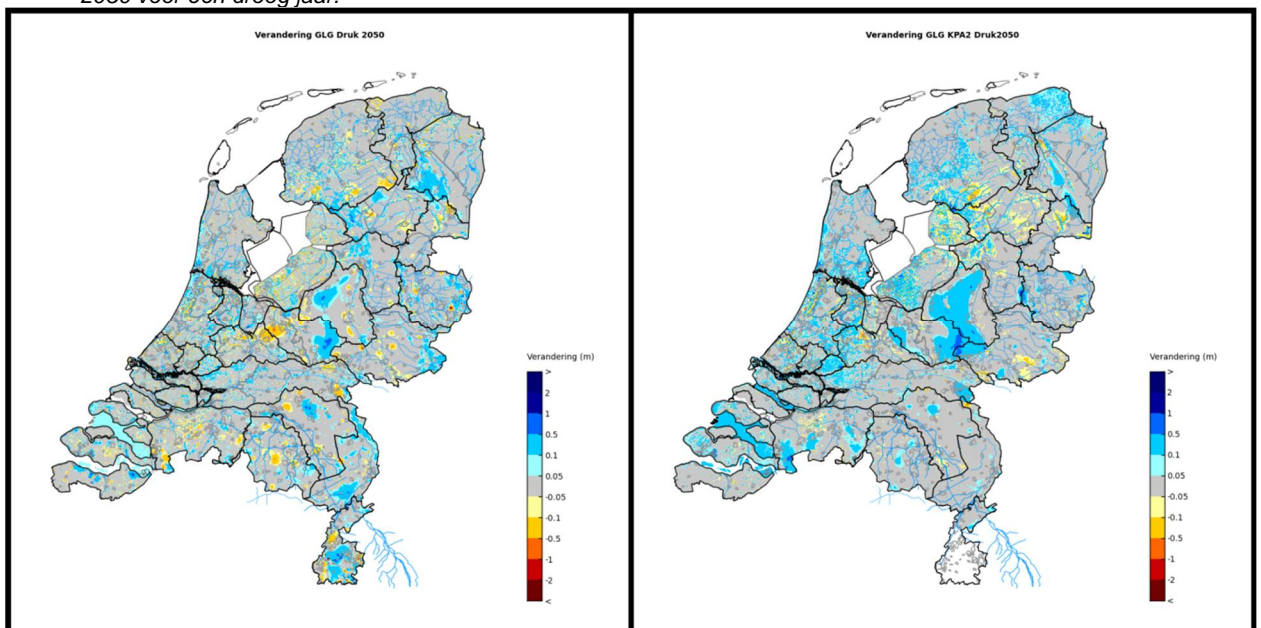
Figuur 1 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een gemiddeld jaar.



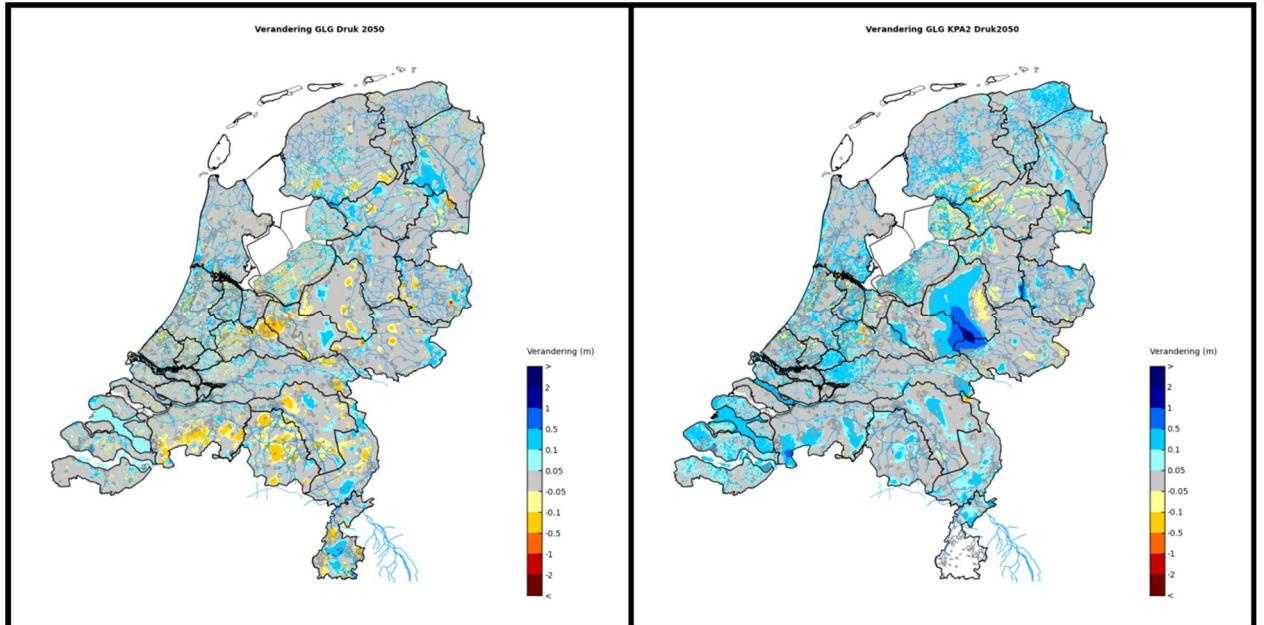
Figuur 2 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een extreem droog jaar.



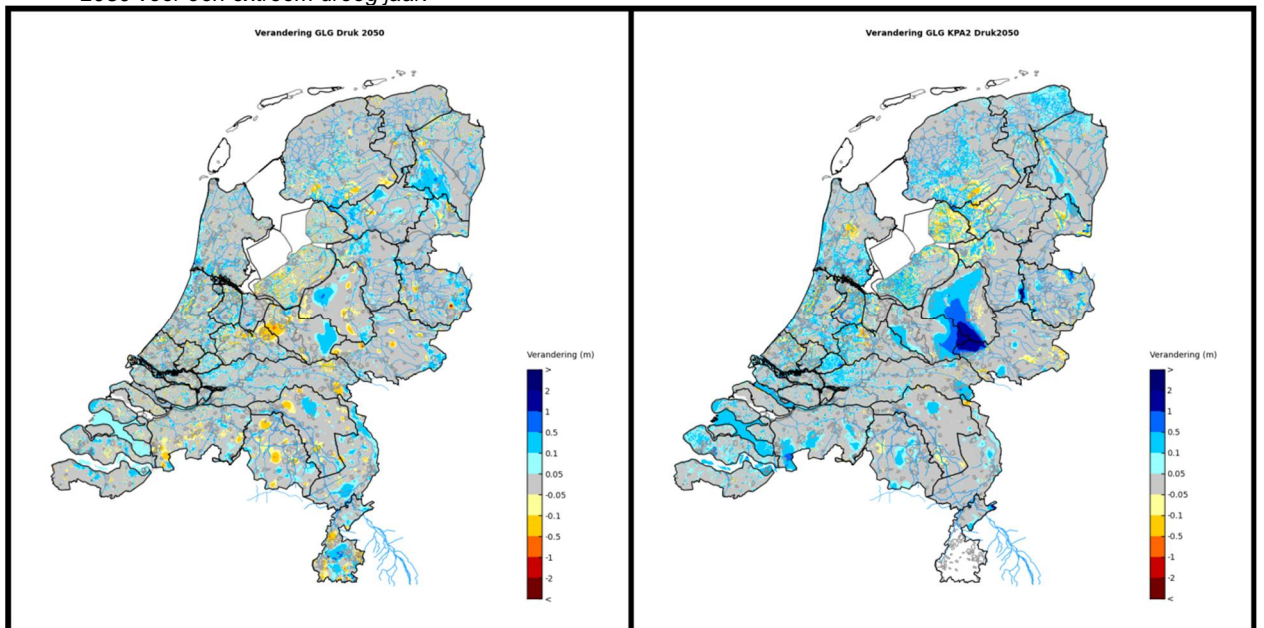
Figuur 3 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een droog jaar.



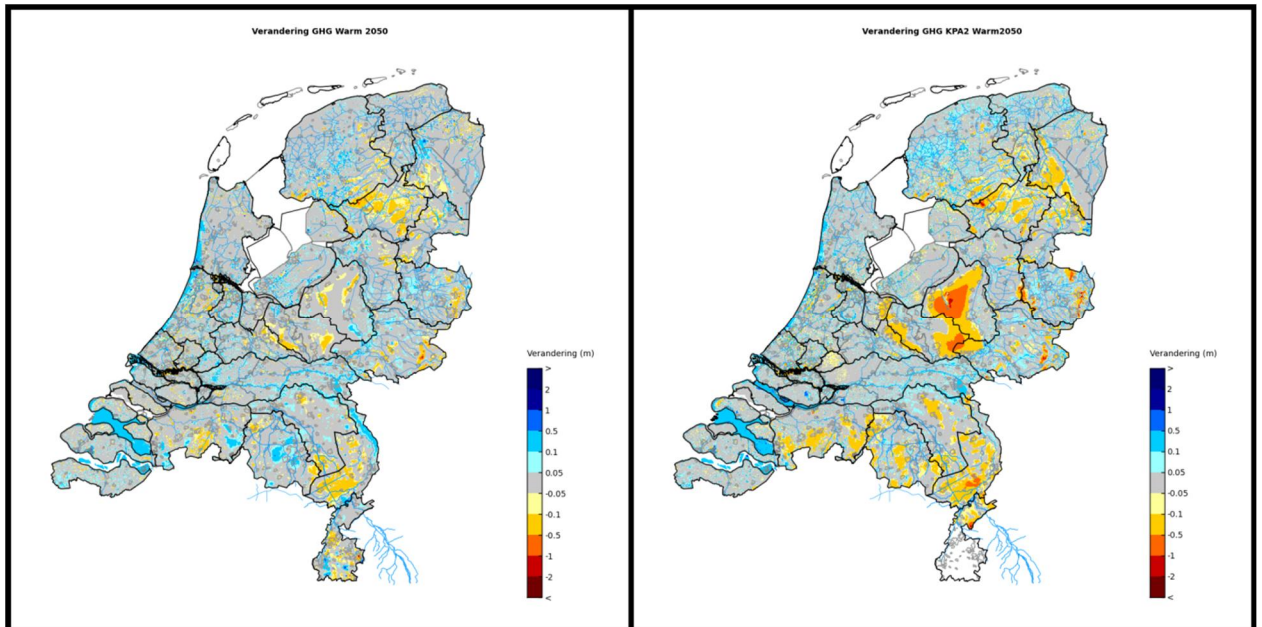
Figuur 4 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een gemiddeld jaar.



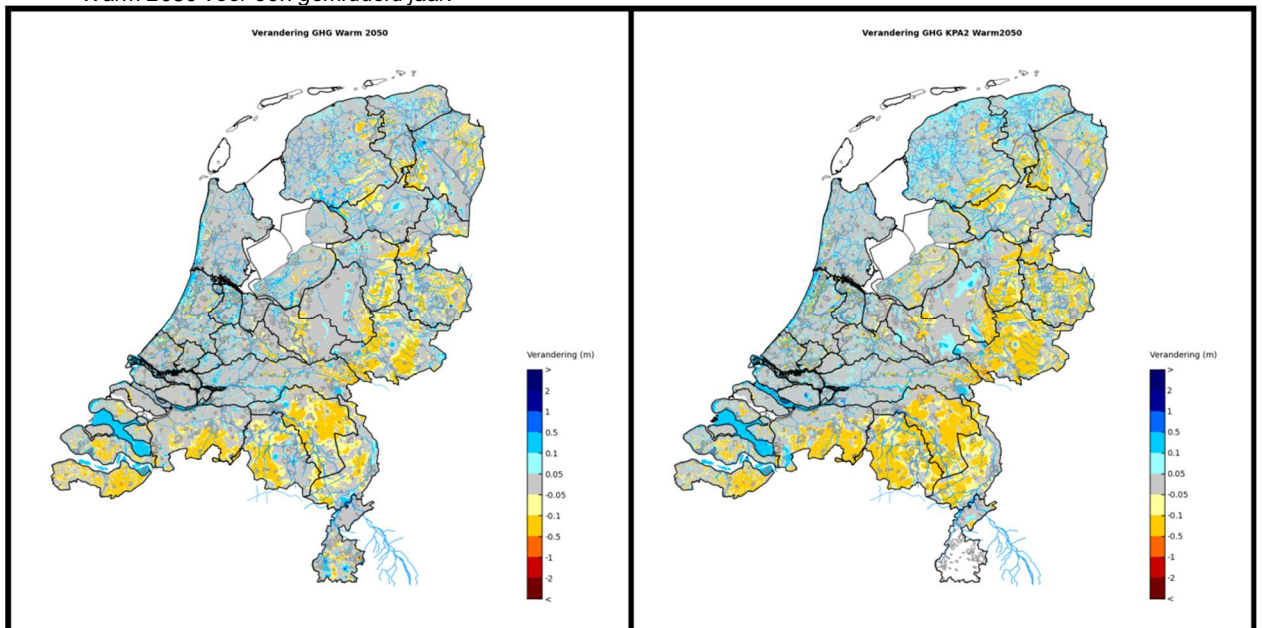
Figuur 5 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een extreem droog jaar.



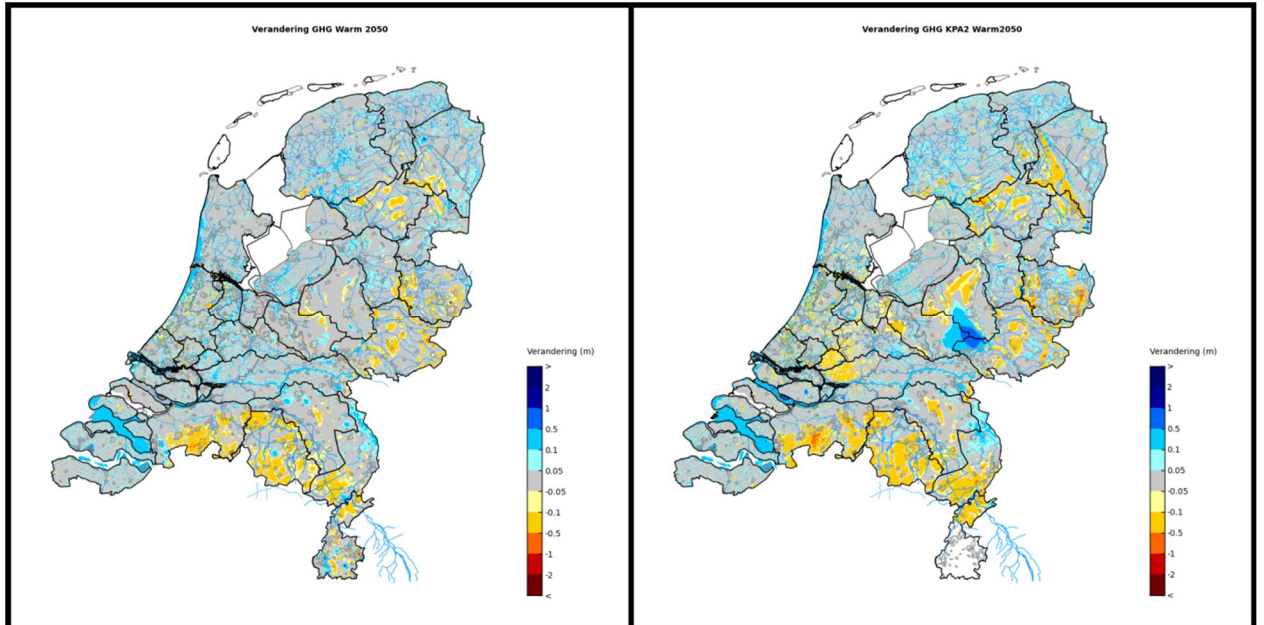
Figuur 6 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een droog jaar.



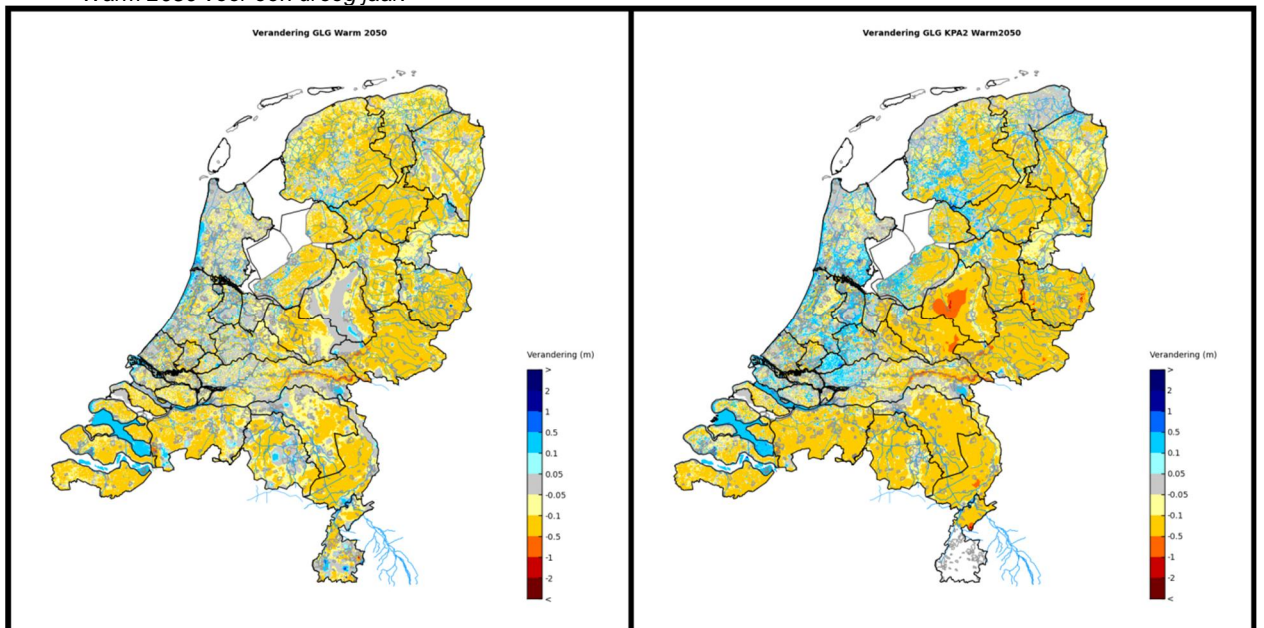
Figuur 7 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Warm 2050 voor een gemiddeld jaar.



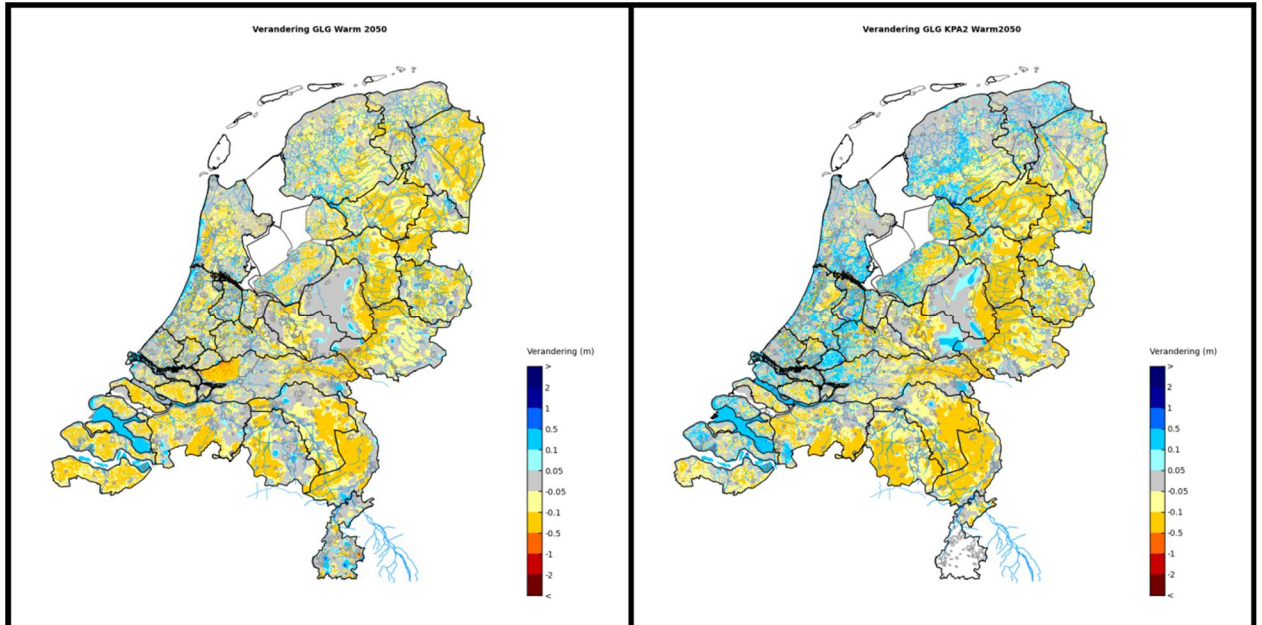
Figuur 8 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario warm 2050 voor een extreem droog jaar.



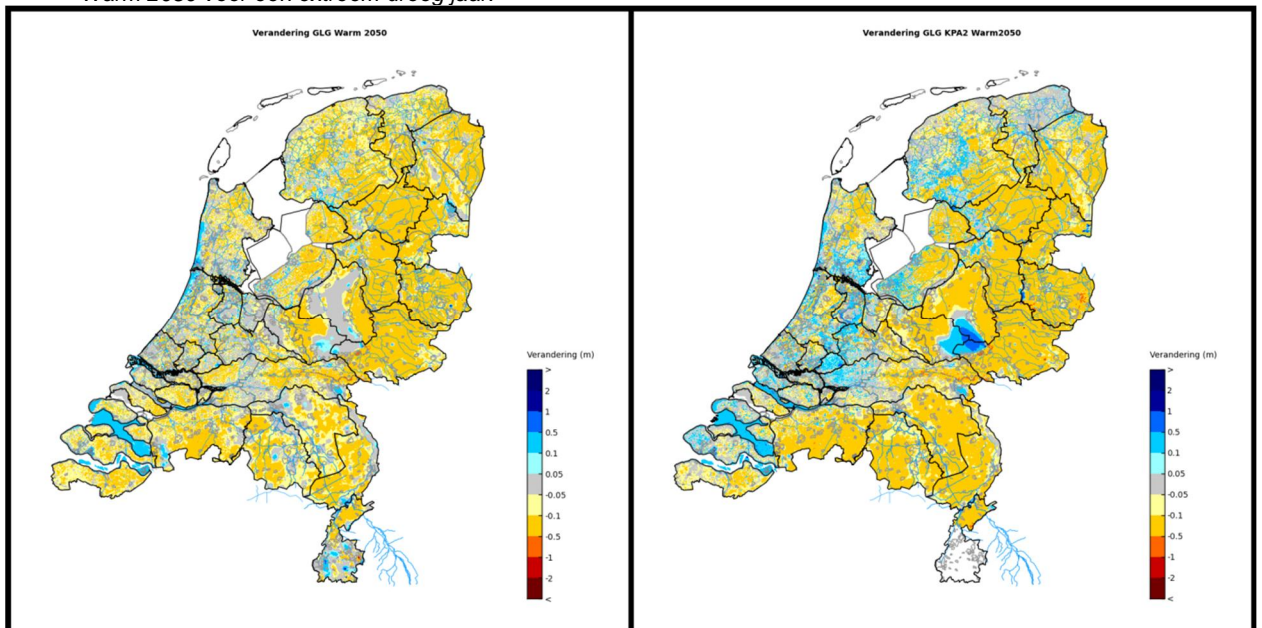
Figuur 9 Verandering gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Warm 2050 voor een droog jaar.



Figuur 10 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Warm 2050 voor een gemiddeld jaar.

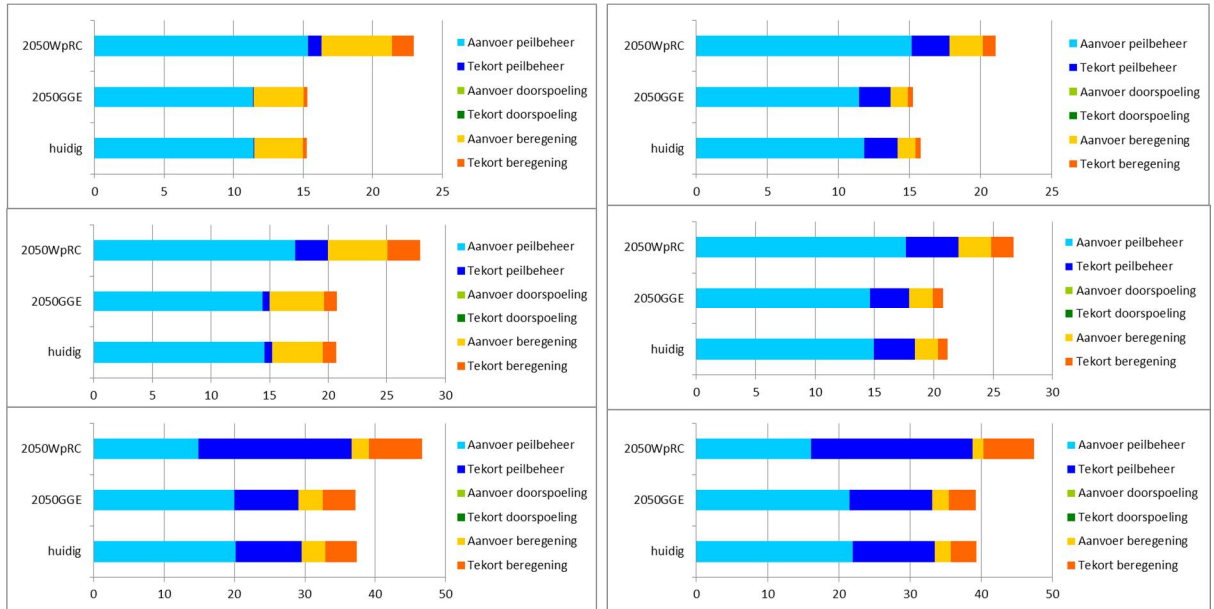


Figuur 11 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Warm 2050 voor een extreem droog jaar.

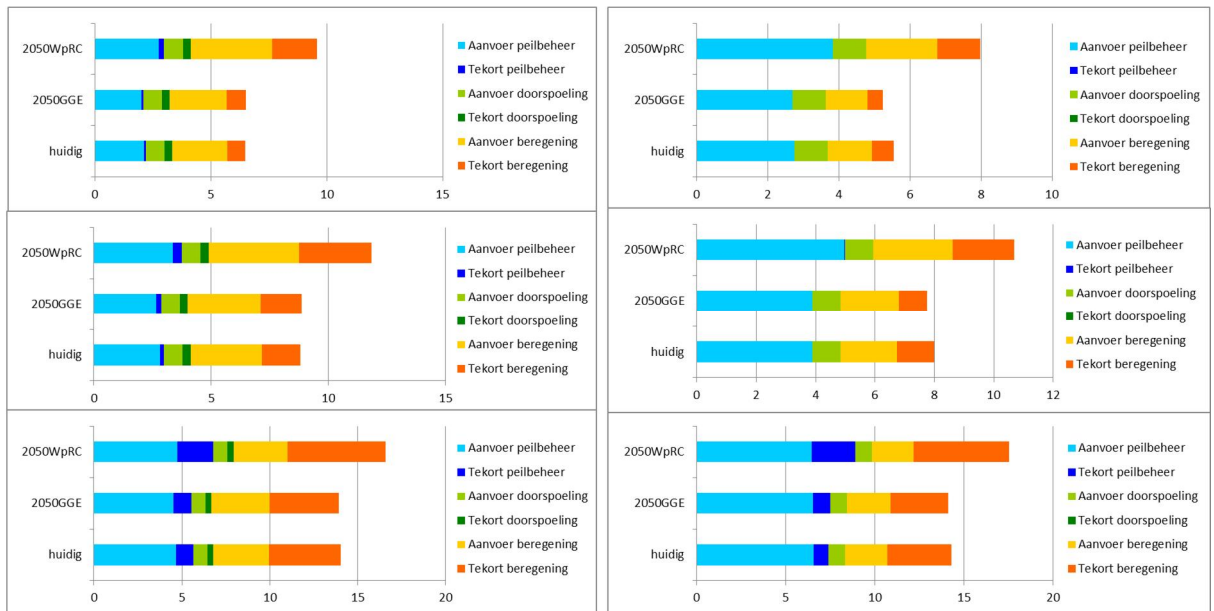


Figuur 12 Verandering gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) KPA4 (links) en KPA2 (rechts) in het scenario Druk 2050 voor een droog jaar.

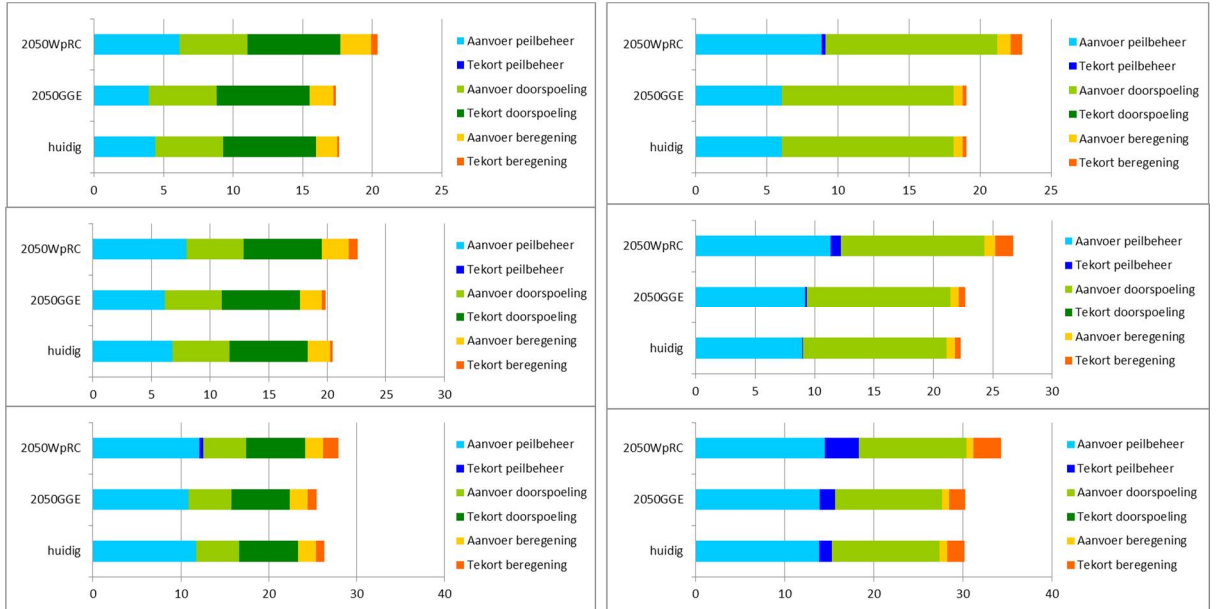
Bijlage 3: Histogrammen watervraag/-tekort regionaal oppervlaktewater KPA2-KPA4



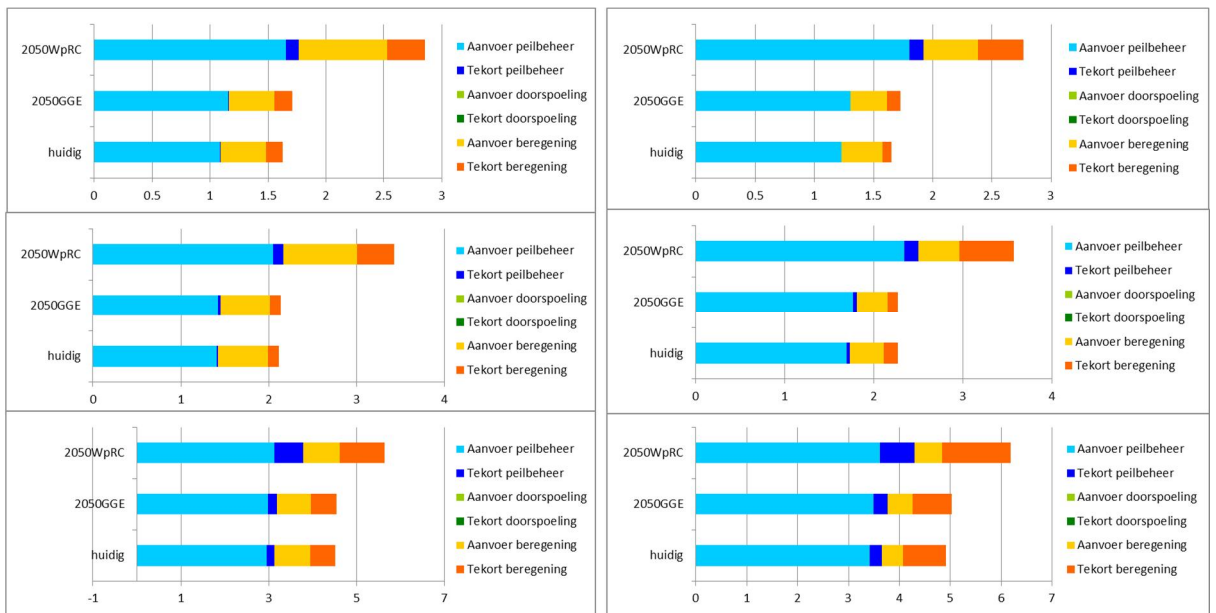
Figuur 13 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 2, zuidelijk zandgebied MLNBK



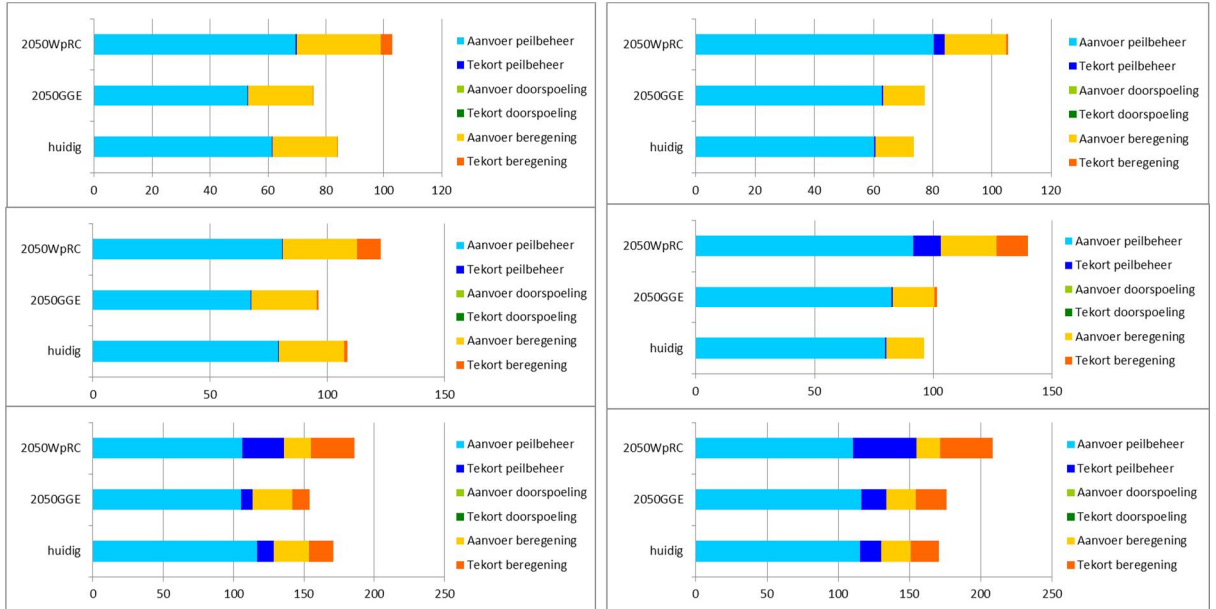
Figuur 14 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 3, Zuid Nederland Midden



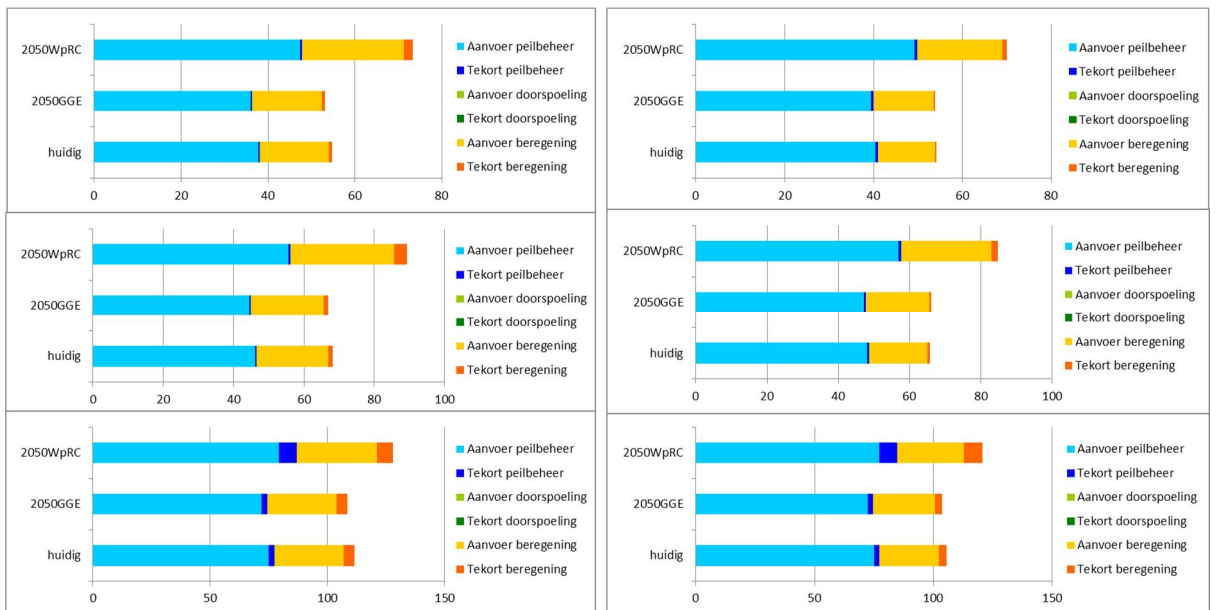
Figuur 15 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 4, Centrale hoge zandgronden



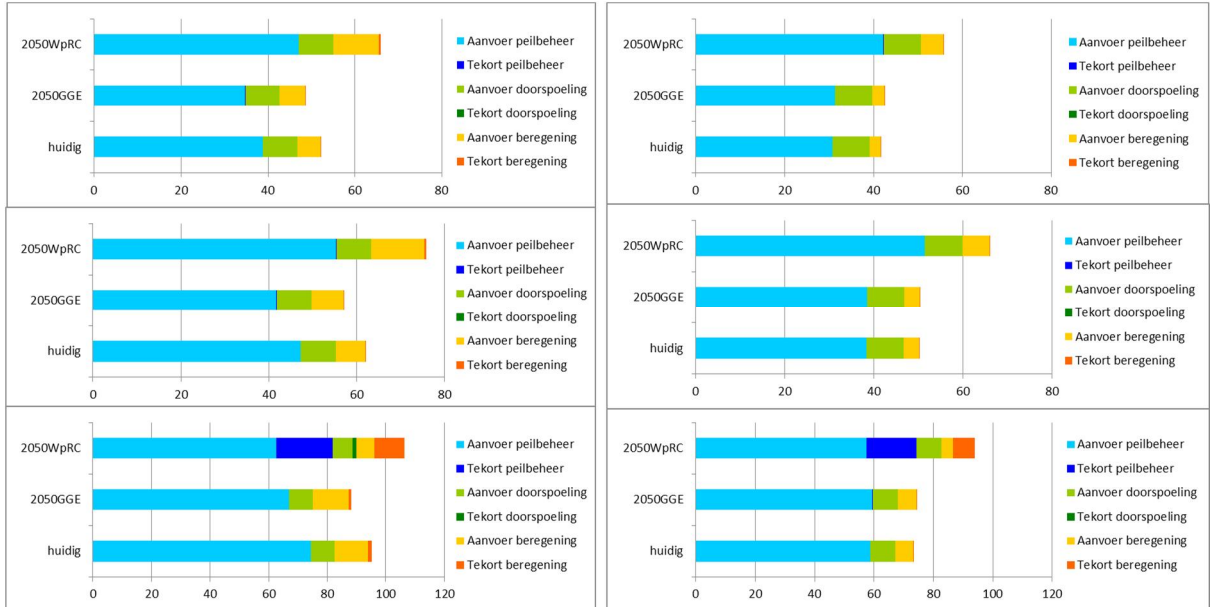
Figuur 16 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 5, Oostelijk zandgebied



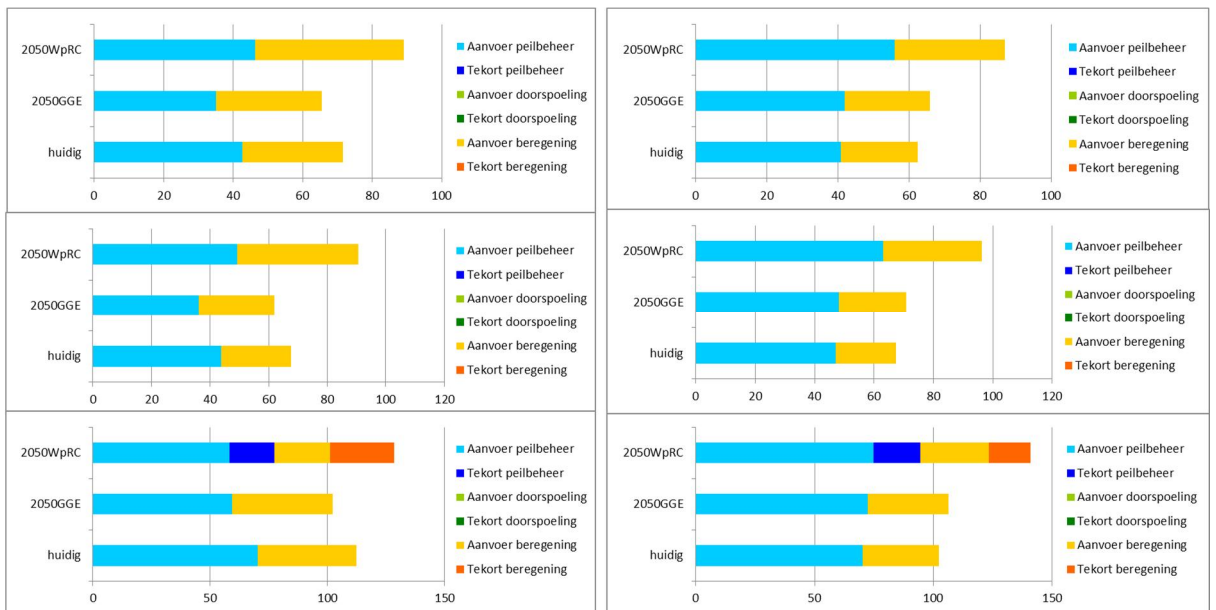
Figuur 17 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 6, Rivierengebied Noord



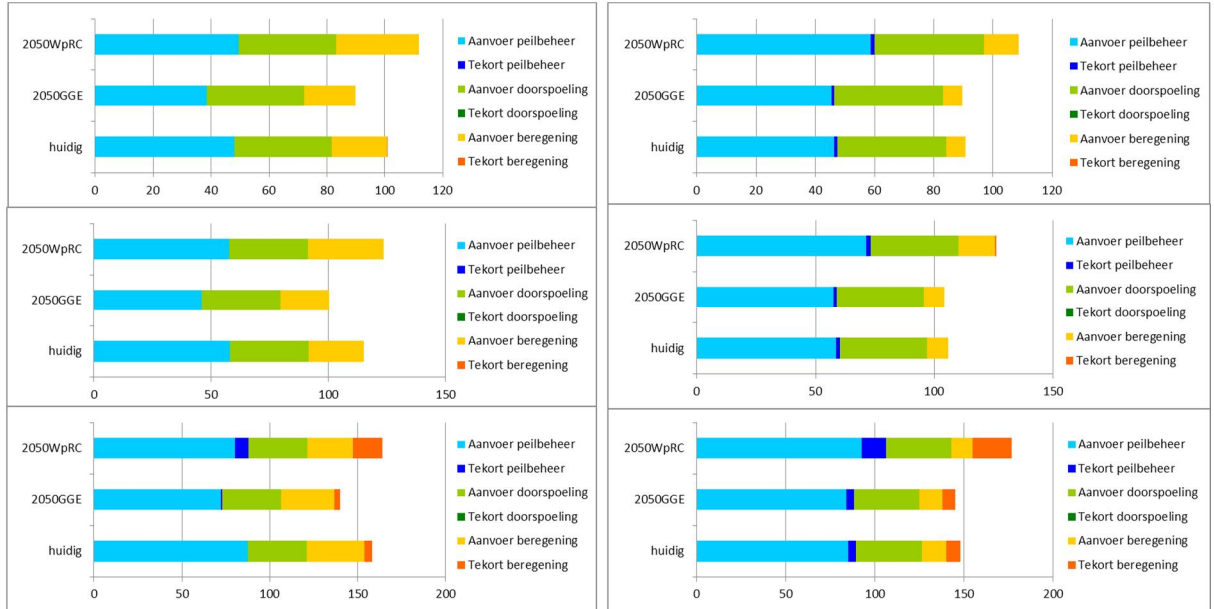
Figuur 18 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 7, Rivierengebied Zuid



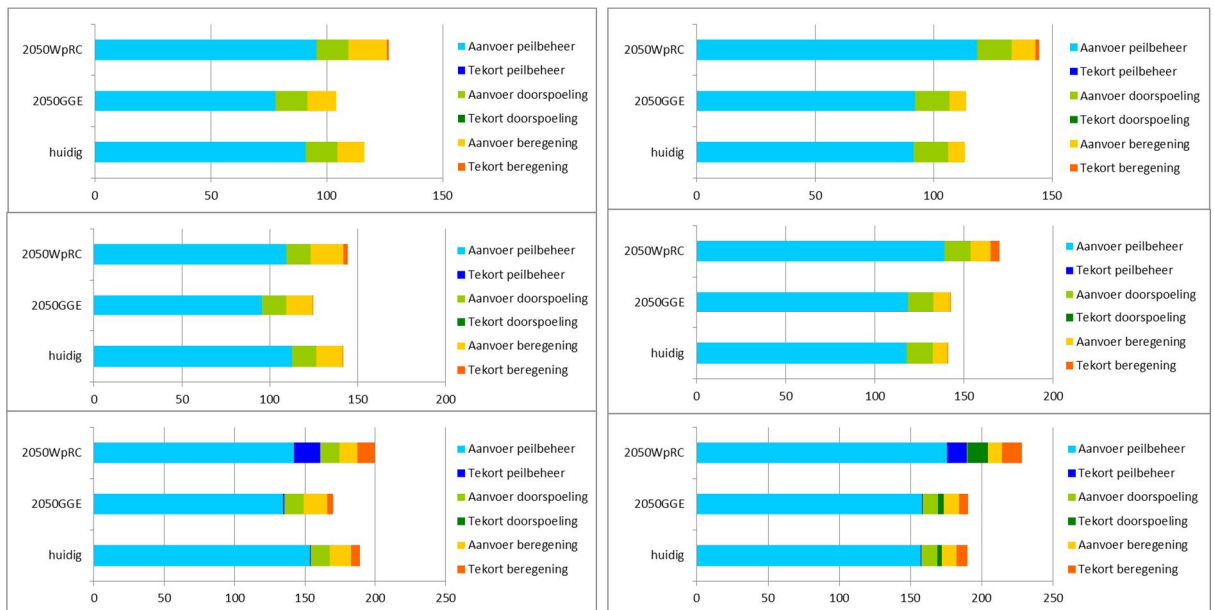
Figuur19 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 8, Fries Gronings Kustgebied



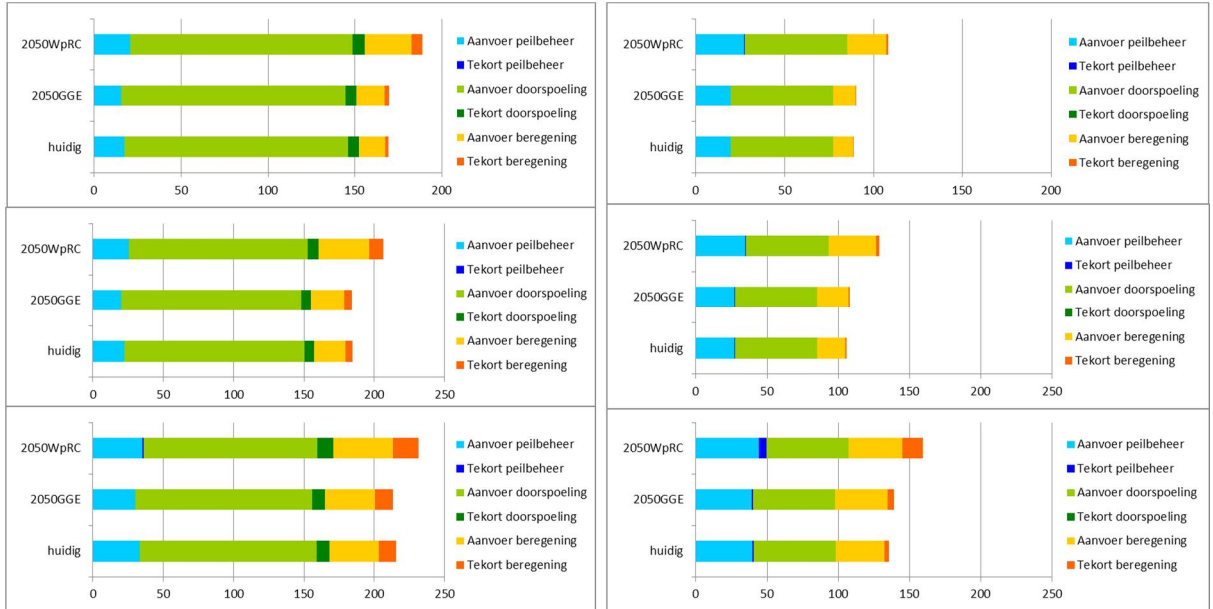
Figuur20 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 9, Noord-Holland



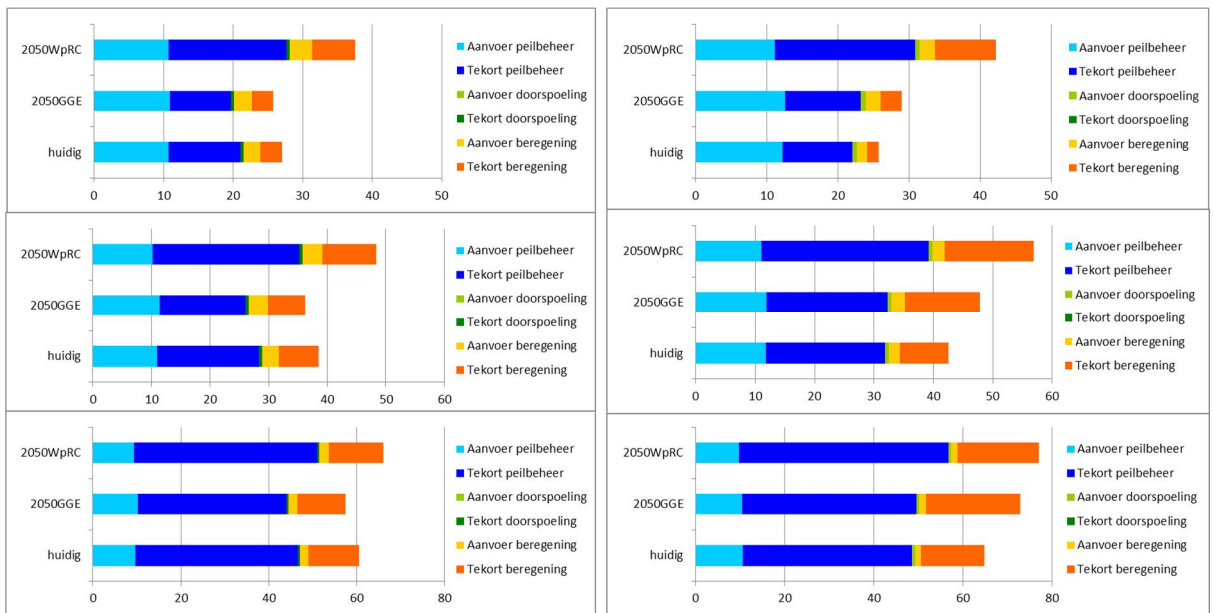
Figuur Error! No text of specified style in document.21 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 10, West Nederland



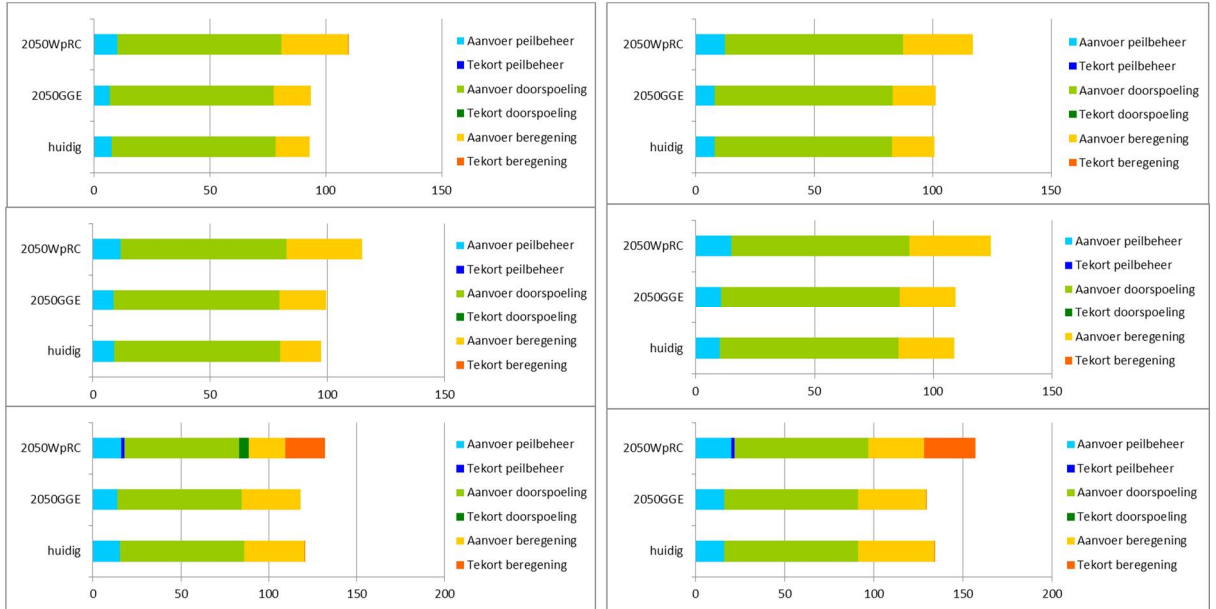
Figuur 22 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 11, West Nederland Oost



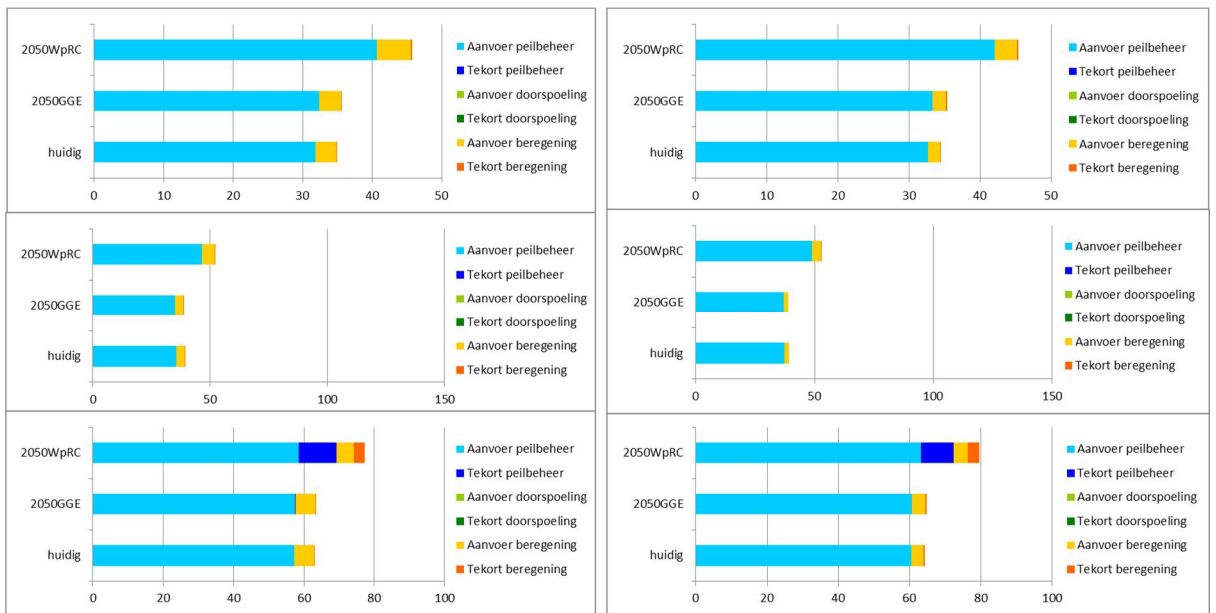
Figuur 23 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 12, ZWD met aanvoer



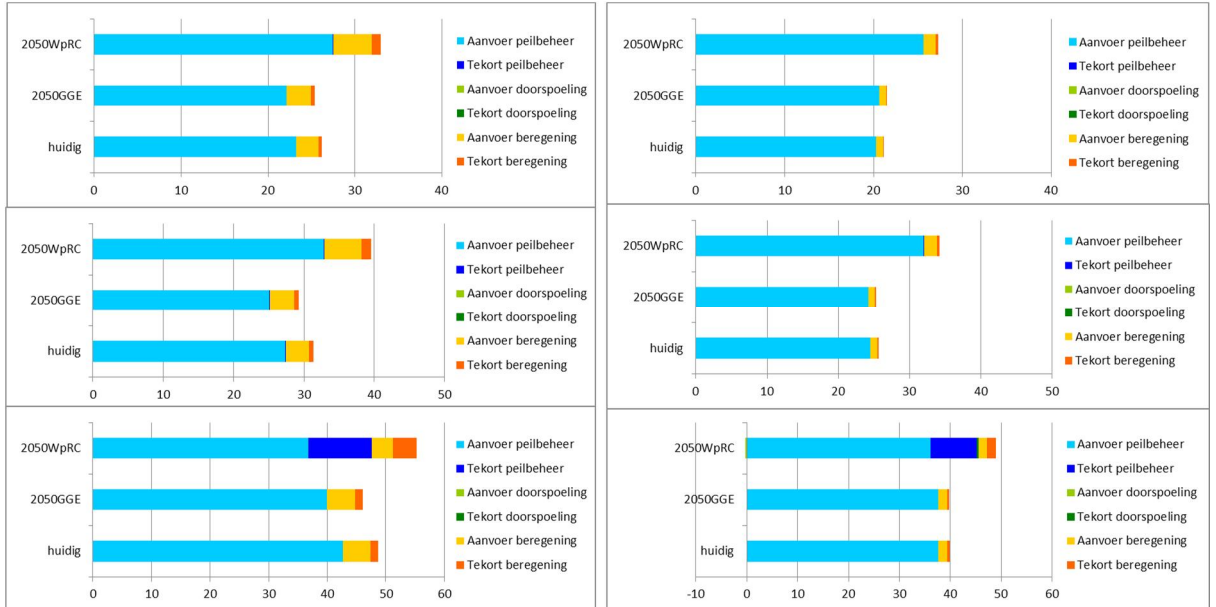
Figuur 24 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 13, ZWD zonder aanvoer



Figuur 25 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 15, IJsselmeerpolders

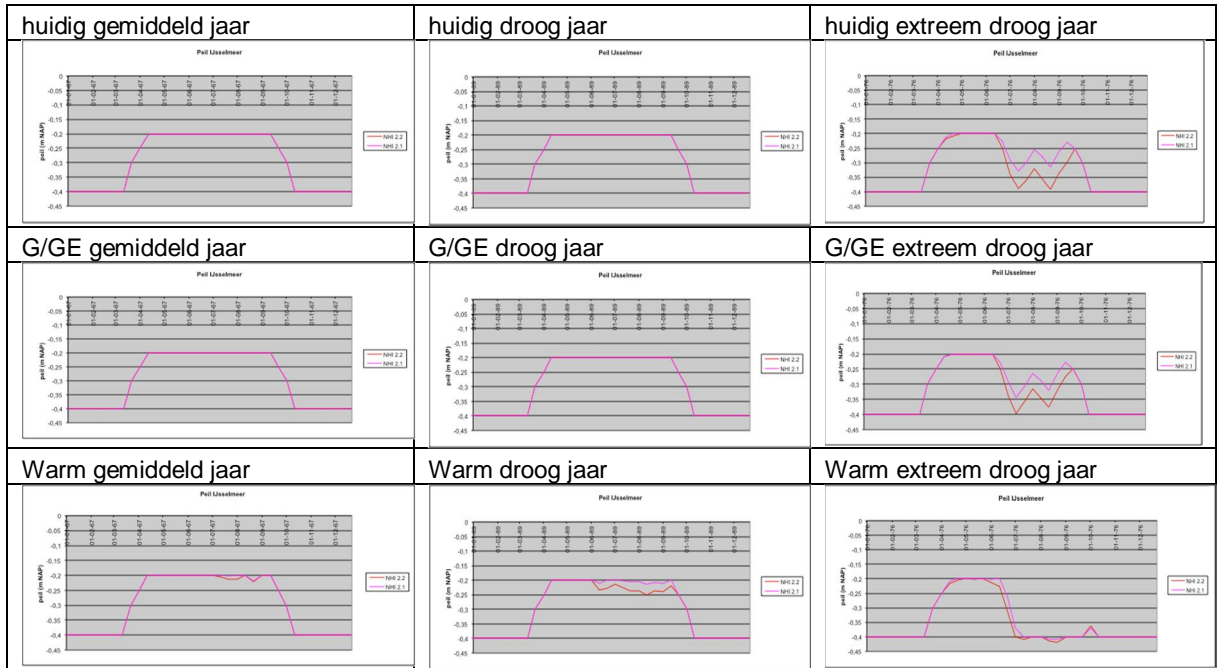


Figuur 26 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 16, IJssel-Vecht polders

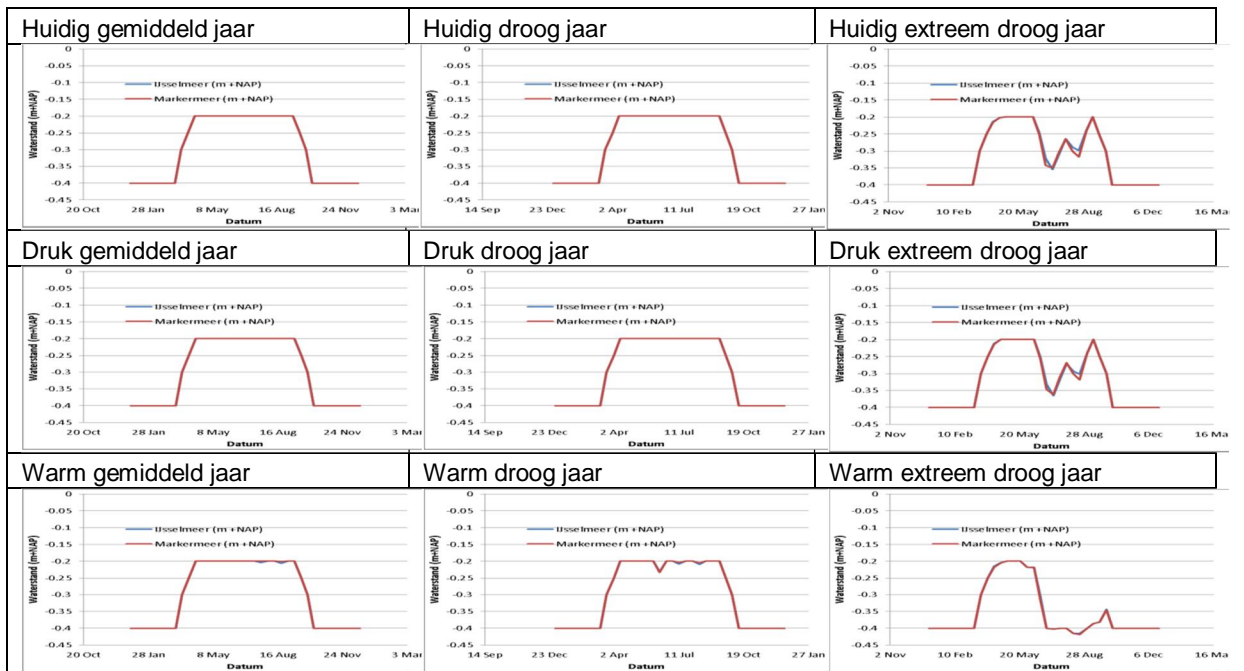


Figuur 27 Histogrammen waterlevering en tekort (gezamenlijk vraag) KPA2 (links) en KPA4 (rechts) gebied 17 Drents plateau.

Bijlage 3: Resultaten peilverloop IJsselmeer/Markermeer KPA2-KPA4



Figuur 28(Figuur 5.12 uit KPA2) KPA2 Peilverloop in de tijd van het IJsselmeer in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar in het huidige klimaat en in 2050 bij scenario Druk en Warm



Figuur.29KPA4 Peilverloop in de tijd van het IJsselmeer in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar in het huidige klimaat en in 2050 bij scenario Druk en Warm

Bijlage 4: Resultaten inlaatbeperkingen KPA2-KPA4

Tabel 2 (Tabel 5.11 uit KPA2 rapportage) Duur (dagen) dat 'zoutgrenzen' voor een drietal locaties langer worden overschreden dan 7, 24 of 48 uur in respectievelijk het huidig klimaat en in 2050 bij scenario G en W+, volgens KPA2 berekeningen. Voor Krimpen a/d Lek en Gouda gaat het om het zomerhalfjaar en voor Bernisse om het hele jaar. Achter de locatie staat tussen haakjes het grenschloridegehalte gespecificeerd.

Locatie (norm- concentratie)	Overschrijding Soortjaar	Huidig			G(2050)			W+ (2050)		
		7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur
		Bernisse (150 mg/l, hele jaar)	Gemiddeld	1	0	0	1	0	0	4
	Droog	1	0	0	1	0	0	2	0	0
	Extreem droog	17	14	14	16	13	11	20	18	14
Krimpen a/d IJssel (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	2	1	0	0	0	0	12	8	5
	Droog	0	0	0	0	0	0	24	18	13
	Extreem droog	32	24	19	34	27	22	86	79	77
Gouda (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	0	0	0	0	0	0	9	9	9
	Droog	0	0	0	0	0	0	24	24	24
	Extreem droog	42	42	42	46	46	46	87	87	87

Tabel 3 (Tabel 4 uit memo verzilting fase 4) Duur (dagen) dat 'zoutgrenzen' voor een drietal locaties langer worden overschreden dan 7, 24 of 48 uur in respectievelijk het huidig klimaat en in 2050 bij scenario G en W+, volgens KPA4 berekeningen. Voor Krimpen a/d Lek en Gouda gaat het om het zomerhalfjaar en voor Bernisse om het hele jaar. Achter de locatie staat tussen haakjes het grenschloridegehalte gespecificeerd.

Locatie (norm- concentratie)	Overschrijding Soortjaar	Huidig			G(2050)			W+ (2050)		
		7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur
		Bernisse (150 mg/l, hele jaar)	Gemiddeld	2	0	0	2	0	0	5
	Droog	1	0	0	1	0	0	3	0	0
	Extreem droog	17	15	15	16	14	14	48	37	32
Krimpen a/d IJssel (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	0	0	0	0	0	0	18	10	9
	Droog	0	0	0	0	0	0	30	26	21
	Extreem droog	40	31	29	42	36	35	93	88	87
Gouda (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	0	0	0	0	0	0	16	16	16
	Droog	0	0	0	0	0	0	30	31	31
	Extreem droog	47	47	47	50	50	50	90	90	90

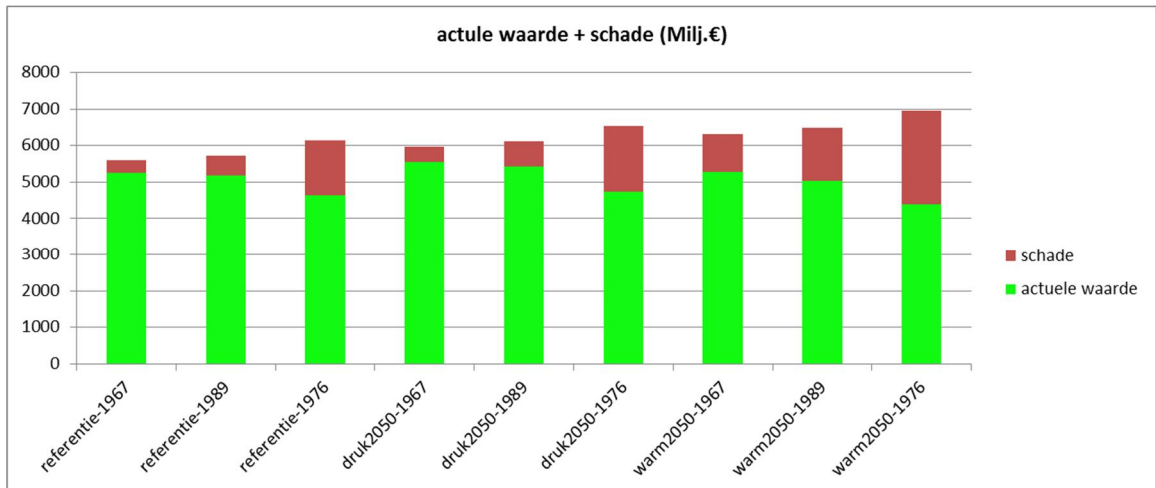
Tabel 4 (Tabel 5.18 uit KPA2 rapportage) Gemiddelde jaarconcentraties mg/l Cl⁻) op locaties met oeverwinning, in verschillende klimaatscenario's en voor verschillende karakteristieke jaren

Locatie	Huidig klimaat			G 2050			W+ 2050		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1988	1976	1967	1989	1976
Lekkanaal/ Nieuwegein	80	94	109	80	94	106	87	102	110
Lexmond	80	93	108	80	93	106	87	105	125
Schoonhoven	80	92	109	80	92	109	86	113	143
Bergambacht (Rh)	80	93	109	80	93	107	86	115	145
Lekkerkerk	82	98	129	82	98	127	99	161	219
RidderkerkKopie aan Marnix van der Vat	80	110	150	80	110	150	120	140	310

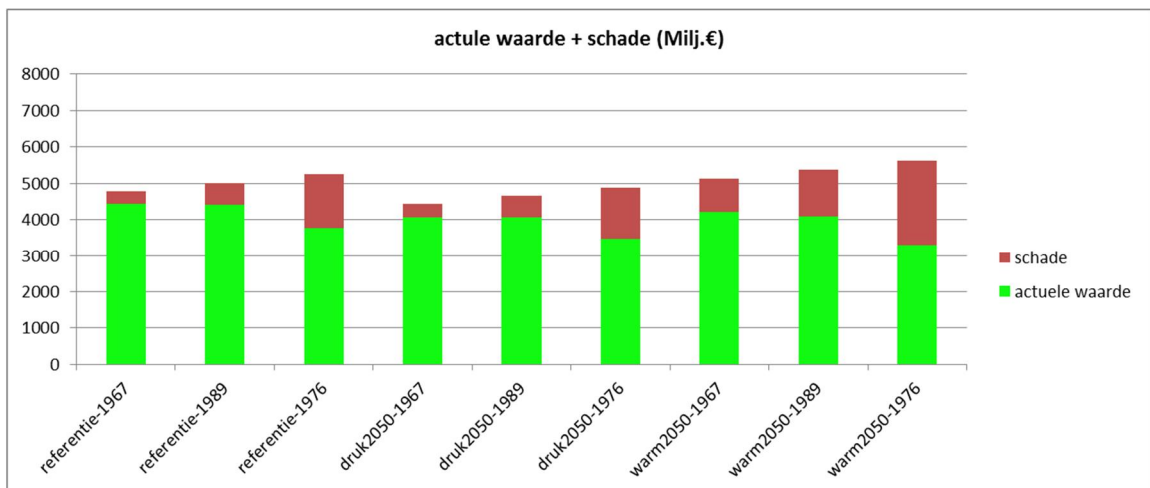
Tabel 5 (Tabel 8 uit memo verzilting fase 4) Gemiddelde jaarconcentraties mg/l Cl⁻) op locaties met oeverwinning, in verschillende klimaatscenario's en voor verschillende karakteristieke jaren

Locatie	Huidig klimaat			G 2050			W+ 2050		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1988	1976	1967	1989	1976
Lekkanaal/ Nieuwegein	80	94	109	79	93	106	88	106	124
Lexmond	79	92	106	79	92	106	88	110	136
Schoonhoven	80	93	109	79	91	107	89	122	159
Bergambacht (Rh)	80	93	110	79	92	108	90	124	162
Lekkerkerk	82	98	132	81	97	130	107	177	248
Ridderkerk	84	107	160	83	106	161	127	235	343

Bijlage 5: Resultaten Agricom KPA2-KPA4



Figuur 30 Actuele waarde en schade resultaten KPA2



Figuur 31 Actuele waarde en schade resultaten KPA4

B Verschillen berekeningen fase 3 en fase 4

Een vergelijking tussen fase 3 en fase 4 zoals die ook tussen fase 2 en 4 is gemaakt is niet eenvoudig te maken. Om een goede vergelijking tussen fase 3 en 4 te kunnen maken zou de rekentool uit fase 3 ge-update moeten worden en de effecten van maatregelen met beide tools opnieuw uitgerekend moeten worden. In overleg met WVLI is besloten hiervan af te zien en ons te beperken tot een opsomming van een aantal belangrijke verschillen tussen de benaderingen, modellen, invoer, etc. die belangrijk zijn bij het verklaren van verschillen tussen uitkomsten in fase 3 en 4.

De verschillen zijn of hoofdlijnen:

- 3 **Gebruikte modellen/tools.** Belangrijkste verschil zit hem in de tools die zijn ingezet voor de effectbepaling. De quick scan rekentool zoetwater is gebaseerd op een, ten opzichte van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, sterk vereenvoudigde aanpak en gebaseerd op waterbalansberekeningen. Voordeel van de tool was dat het snel allerlei maatregelen kan doorrekenen en globaal de effecten van maatregelen kan bepalen in m.n. waterbalansstermen en landbouw- en scheepvaartschade. In fase 4 werken we met het NHI zelf (binnen het Deltamodel). Het NHI is een geïntegreerd hydrologisch modelstelsel dat heel Nederland (exclusief de Walleneilanden) beschrijft. In combinatie hiermee berekent het Landelijk SOBEK model meer gedetailleerd de waterbeweging in het waterverdelingsnetwerk. Grondwaterstands-bewegingen worden gesimuleerd in NHI zelf. Het instrument kent een lange rekentijd (20 dagen voor 35 jaar tijdreeks of 1 dag voor karakteristiek droogjaar (incl. 1 jaar inspeeltijd)).
- 4 **Gebruikte versie NHI.** De ontwikkeling van de rekentool is in belangrijke mate gebaseerd op de basisgegevens en rekenresultaten van NHI versie 2.2. In fase 4 is een nieuwe versie van het NHI gebruikt (versie 3.1) waarin het NHI op verschillende punten verbeterd is (zie bijlage A).
- 5 **Gebruikte Deltascenario's modelinvoer.** In fase 3 hebben we gewerkt met de deltasenario's 2011 die ook in fase 1 en 2 zijn gebruikt. In 2013 zijn nieuwe Deltascenario's gelanceerd, waardoor modelinvoer als gewenste hoeveelheden grondwateronttrekkingen, neerslaggrids, landgebruik, etc. zijn aangepast in fase 4. (zie bijlage A).
- 6 **Gebruikte Maas afvoerreeks in droog jaar situatie.** In fase 3 is gerekend met de Maasafvoer van het jaar 1973 in plaats van de afvoer van 1989 om de effecten in een karakteristiek droog jaar situatie te bepalen, omdat 1973 in dit geval beter het afvoerdeficit reflecteert dat hoort bij een droog jaar (zie ook bijlage K: 1989 is een relatief nat jaar wat betreft de afvoer, natter dan een gemiddeld jaar). Er is wel gerekend met het neerslagtekort van het neerslag 1989 (in combinatie dus met een afvoer van 1973). In fase 4 is, net als in fase 1 en 2, wel gerekend met een 1989 afvoer in combinatie met 1989 meteo, omdat het in het deltamodel niet mogelijk is, zelf een karakteristiek droogjaar samen te stellen. Gevolg is dat de situatie in het Maasstroomgebied voor een karakteristiek droog jaar het aanbod te gunstigst wordt ingeschat.
- 7 **Gekozen uitgangspunt inlaat- en doorvoercapaciteit in de referentiesituatie.** In fase 3 is in de berekening van de regionale watertekorten verondersteld dat deze tekorten alleen kunnen ontstaan door beperkingen in de waterbeschikbaarheid in het

hoofdwatersysteem. Beperkte inlaat- en doorvoercapaciteit in de deelgebieden zijn niet meegenomen. Er is verondersteld dat de infrastructuur in de referentiesituatie zodanig is aangepast dat, als er voldoende water beschikbaar is, dit kan worden ingelaten en doorgevoerd ongeacht de watervraag. In fase 4 is in de basisberekeningen (de deltascearioberekeningen, geen maatregelen) wel rekening gehouden met de bestaande inlaat- en doorvoercapaciteit en in de referentieberekening is de inlaat- en doorvoercapaciteit aangepast aan de benodigde capaciteit in een droog jaar situatie (n.b. deze capaciteit is ook gehandhaafd in een extreem droog jaar situatie, waardoor de capaciteit alsnog beperkend kan zijn in dat geval). Let op: Zowel fase 3 als de referentiesituatie in fase 4 wijkt af van de (aangescherpte) landelijke knelpuntenanalyse in fase 1 en 2, waarin wel rekening is gehouden met de huidige infrastructuur!.

8 **Gekozen uitgangspunt beregening.** In fase 3 is er vanuit gegaan dat hoogwaardige landbouw voor 100% beregend wordt. Dit is een kleine aanpassing van de deltasceario's. In de andere fases worden de deltasceario's zelf gevolgd.

9 **Gekozen uitgangspunt grondwateronttrekkingen.** In fase 3 hebben we een plafond aan de grondwateronttrekkingen voor beregening voor landbouw verondersteld. Dit plafond is, redelijk arbitrair, verondersteld de hoeveelheid te zijn die in het jaar 1989 (droog jaar) is berekend voor de huidige situatie. Het tekort grondwater dat in fase 3 berekend is, is dus de grondwatervraag minus het grondwaterplafond. Voor de berekende landbouwopbrengstderving in het uit grondwaterberegende gebied is dit een bepalend uitgangspunt. In NHI is er geen sprake van een onttrekkingsplafon en dus is in fase 4 onbeperkt onttrekking van grondwater mogelijk (en er wordt daarmee altijd aan de watervraag voor beregening uit grondwater voldaan).

C Berekeningen zoutconcentraties met het SOBEK-RE Noordelijk Deltabekken model

C.1 Aanpak berekeningen zoutconcentraties

Om de veranderingen in inlaatbeperkingen voor de inlaten Gouda en Bernisse (twee belangrijkste inlaten voor de regionale gebieden), drinkwaterpunten en industriewaterpunten door verhoogde zoutconcentraties te kunnen bestuderen, zijn berekeningen gemaakt met het SOBEK-RE model voor het Noordelijk Deltabekken (kortweg: NDB model).

Eerst zijn berekeningen uitgevoerd om de huidige situatie en effecten van de klimaatscenario's (G en W+) in 2050 en 2100 te bepalen. Alle berekeningen zijn uitgevoerd met 35 jaartijdreeksen (1961-1995) van de Deltascenario's. Dit zijn de zgn. basisberekeningen, in totaal 5 stuks dus.

Daarna zijn de volgende hoofdwatersysteem maatregelen doorgerekend en geanalyseerd:

- Bellenpluim in de Nieuwe Waterweg, die de zoutindringing beperkt met een effect evenredig met het vergroten van de Rijnafvoer bij Lobith met $50 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - Bellenpluim in de Nieuwe Waterweg, die de zoutindringing beperkt met een effect evenredig met het vergroten van de Rijnafvoer bij Lobith met $200 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Onttrekking aan de Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal t.b.v. aanvoer naar de Kleinschalige Water Aanvoerroute (KWA), max. $24 \text{ m}^3/\text{s}$, waardoor zoutindringing benedenstrooms toeneemt.
- Verminderde afvoer van bovenstrooms, d.w.z. combinatie van:
 - Onttrekking aan de Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal t.b.v. aanvoer naar de Kleinschalige Water Aanvoerroute (KWA), max. $24 \text{ m}^3/\text{s}$, waardoor zoutindringing benedenstrooms toeneemt.
 - Onttrekking aan de Waal via Maas-Waalkanaal naar de Maas (MAWAkan), max. $15 \text{ m}^3/\text{s}$, waardoor zoutindringing benedenstrooms toeneemt.
 - Onttrekking aan de Maas bij Panheel via Kanaal Wesssem-Nederweert, max. $6 \text{ m}^3/\text{s}$, zoutindringing benedenstrooms (Maasmonding) kan toenemen.
 - Zoute variant van Volkerak-Zoommeer, waardoor door zoutlek de zoutconcentraties kunnen toenemen.

Voorafgaand aan alle berekeningen hebben we een aantal aanpassingen aan het model gedaan om uitkomsten van het model te verbeteren.

C.2 Aanpassingen NDB model

Uit de analyse van de eerdere sommen bleek dat er inconsistenties in de resultaten van de knelpuntenanalyse zaten. Zo bleek dat het W+ 2050 en het W+ 2100 scenario voor het jaar 1967 dezelfde resultaten gaven. De (debiet-) randvoorwaarden zijn hierom nogmaals vergeleken met de randvoorwaarden in het LSM en waar nodig aangepast. Hierdoor zijn de afvoeren bij Hagestein en Tiel afwijkend van de eerdere knelpuntenanalyse: de afvoer bij Hagestein is bij lage Rijnafvoeren vaak veel lager dan $25 \text{ m}^3/\text{s}$, terwijl bij de oude sommen een afvoer van minimaal $25 \text{ m}^3/\text{s}$ over de stuw Hagestein werd verondersteld. Daarnaast zijn er voor de chlorideconcentraties bij Lobith en Keizersveer nieuwe relaties afgeleid. Dit waren

redenen om de berekeningen die in de knelpuntenanalyse fase 1 en fase 2 waren gemaakt opnieuw te maken.

Bij deze sommen zijn de randvoorwaarden nogmaals bekeken, en indien nodig aangepast. Daarnaast zijn de nieuwe relaties voor de chlorideconcentraties gebruikt. Deze zijn:

Lobith:

$$Cl \text{ (mg/l)} = 75532 / Q \text{ (m}^3\text{/s)} + 46.9$$

Keizersveer:

$$Cl \text{ (mg/l)} = 1726/Q \text{ (m}^3\text{/s)} + 31,9$$

Voor Keizersveer geldt dat bij zeer lage afvoeren (< 25 m³/s) onrealistisch hoge Cl concentraties worden berekend (> 100 mg/l). Er is daarom gekozen om bij afvoeren lager dan 25 m³/s de concentratie op 100,9 mg/l te houden.

Naast de aanpassingen aan de randvoorwaarden, is er voor een aantal takken in de Biesbosch de zogenoemde "slot depth" aangepast. Dit om te voorkomen dat in sommige situaties (voornamelijk situaties met veel windopzet) een tak leegloopt en daarmee de som crasht.

Ook is de onttrekking van het Volkerak-Zoommeer aangepast. Deze is in de nieuwe sommen in het zomerhalfjaar op 22,5 m³/s en in het winterhalfjaar op 6 m³/s gezet.

C.3 Implementatie van de maatregelen in NDB model

Bellenpluim 50 m³/s en Bellenpluim 200 m³/s

Voor de sommen wordt het effect van een bellenpluim ingebouwd als een verschuiving in de afvoer van de Rijn bij Lobith. Via een regressie formule wordt dit vertaald naar een wijziging in de bovenstroomse randen van het model.

KWA 24 m³/s

Wanneer de chlorideconcentratie bij Krimpen aan den IJssel boven de 200 mg/l is, treedt de KWA in werking. Dit gebeurt alleen tussen 1 mei en 1 oktober. Als het gevolg van het in werking treden van de KWA zal er minder debiet bij de randen Tiel en Hagestein zijn. In totaal zal de KWA 24 m³/s onttrekken aan deze randen. Hiervoor zal eerst het beschikbare debiet bij Hagestein worden gebruikt en vervolgens zal het overige debiet van de rand Tiel komen. Wanneer de KWA in werking treedt zal het debiet bij Hagestein 0 zijn en het debiet van Tiel '24 m³- debiet Hagestein' minder worden.

Aanpassingen model:

- Bepalen en aanpassen debiet randvoorwaarden Tiel en Hagestein.
- De zoutrandvoorwaarden worden niet aangepast, aangezien het debiet bij Lobith en het debiet van de Maas (bij Lith) hetzelfde blijft.

Verminderde afvoer van bovenstrooms

De maatregel verminderde afvoer van bovenstrooms wordt gezien als een worst-case. Hier worden alle maatregelen die een negatief effect hebben op de bovenstroomse afvoer bij elkaar gevoegd. Het gaat hier om de volgende maatregelen:

- KWA 24 m³/s; zie beschrijving hierboven
- Maas-Waal kanaal; Wanneer de afvoer bij Lith beneden een (nader te bepalen) drempelwaarde komt, vindt er aanvoer van water via het Maas-Waal kanaal naar de

Maas plaats ten koste van de Waal. Dit is maximaal 15 m³/s. Dit debiet zal afgaan van het debiet bij Tiel.

- Panheel; In doge perioden heeft een deel van Oost-Brabant en Limburg extra water nodig. Indien beschikbaar in de Maas zal bij Panheel max. 6 m³/s extra worden onttrokken. Deze onttrekking moet worden vertaald naar een vermindering van afvoer bij Lith.

Aanpassingen model:

- Bepalen en aanpassen debiet randvoorwaarden Tiel, Hagestein en Lith.
- De zoutrandvoorwaarden worden niet aangepast, aangezien het debiet bij Lobith en het debiet van de Maas (bij Lith) hetzelfde blijft.

Zout Volkerak-Zoommeer

Zoals de naam zegt, wordt het Volkerak-Zoommeer bij deze maatregel zout. Gevolgen hiervan zijn, dat de Volkeraksluizen anders functioneren en daarmee een ander zoutlek hebben. De onttrekking van de Volkeraksluizen wordt het gehele jaar van 22,5 m³/s naar 25 m³/s gezet en er wordt een constante (nader te bepalen) zoutconcentratie meegegeven.

Doordat het Volkerak zout is, kan de landbouw van West-Brabant hier geen water meer uit onttrekken. Het benodigde water wordt dan onttrokken uit de Mark, Dintel en Vliet. Hiervoor moet vanuit de Maas meer water worden aangevoerd. Daarom wordt een onttrekking op de Maas vergroot. Wanneer de invoer vanuit Brabant kleiner is dan 10 m³, zal de lateraal Getyms4 het tekort aanvullen.

Aanpassingen model:

- Aanpassen Volkeraksluizen
- Constant zoutlek opleggen
- Vergroten onttrekking Getyms4

C.4 Uitkomsten en analyse effecten van deltasceario's (=basisberekeningen)

De tekst in deze paragraaf is integraal overgenomen uit Deltares memo 1207773-000-VEB-0017 (Wesselius en Haasnoot, augustus 2013).

Samenvatting

Deze paragraaf beschrijft de modelresultaten van de zoutconcentraties bij Bernisse, Krimpen a/d IJssel en Gouda voor 2015 en voor 2050 en 2100 met het G en W+ scenario (zgn. 'basisberekeningen').

De basisberekeningen zijn gedaan met het SOBEK-RE model voor het Noordelijk Deltabekken. In deze berekeningen zijn de chlorideconcentraties op de modelranden bij Lobith en Keizersveer afhankelijk gemaakt van de afvoer. Hoewel de precieze getallen ten opzichte eerdere model resultaten zijn veranderd, zijn de conclusies over de knelpunten niet anders. Deze keer is ook een doorkijk voor 2100 gegeven.

Voor Krimpen a/d IJssel is het aantal keer dat de zoutconcentratie 7, 24 of 48 uren achtereen hoger is dan de gebruikte chloride grens (250 mg/l in de zomerperiode) verdrievoudigd in een extreem droog jaar bij het W+ scenario in 2050 en vijf keer zo veel in 2100. Voor Gouda (250 mg/l, zomer) is dit ongeveer verdubbeld in 2050 en in 2100 verdrievoudigd. Voor Bernisse is weinig effect te zien voor 2050. Echter voor 2100 neemt het aantal dagen toe van 1 tot 50. In een gemiddeld jaar neemt het aantal dagen toe van 0 tot ongeveer 20 voor Krimpen a/d IJssel en 30 voor Gouda. Voor het W+ scenario voor Gouda en Bernisse ook een langjarige reeks geanalyseerd (34 jaar). Hieruit blijkt dat in de huidige situatie respectievelijk ongeveer 90% en 95% van de jaren geen inlaatbeperking plaats vindt in de zomerperiode (overschrijding van de chloridegrens langer dan 24 uur). Bij het W+ scenario is dit 40% en 90% in 2050. De hogere zoutconcentraties in de bekeken locaties worden vooral beïnvloed

door de afname van de rivierafvoeren in de zomer en in veel mindere mate door de zeespiegelstijging. Een soepelere norm kan (600 mg/l, zomer) kan het aantal dagen met een overschrijding van de norm bij Gouda verlagen naar 0 in een extreem droog jaar (huidige situatie). Bij het W+ scenario in 2050 neemt dit toe tot ongeveer 60 dagen (orde grootte vergelijkbaar met de huidige normoverschrijding van 50) en 130 dagen in 2100. Met de huidige norm is dit in 2100 160 dagen.

In deze paragraaf worden de resultaten van de basisberekeningen (= effectbepaling van de deltasenario's) met het SOBEK RE NDB-model weergegeven. De weergegeven tabellen zijn soortgelijk aan de tabellen in de rapportage "Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw" [Deltares, 2012].

Resultaten

In Tabel C.1 en Tabel C.2 zijn de resultaten weergegeven van de 34-jarige reeks. In de tabel staan het aantal dagen dat de norm (>24 uur) wordt overschreden in het gehele jaar en in de zomer.

In de tabellen zijn enkele afwijkingen ten opzichte van de eerdere berekeningen die gedaan voor zijn de aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw (Klijn, 2012). Hier is echter geen vaste lijn in te vinden. Waarschijnlijk komen deze afwijkingen doordat de zouttong in dat specifieke jaar net wel of net niet de betreffende locatie bereikt.

Tabel C.1 *Berekende overschrijding van de normconcentratie voor chloride bij Bernisse (aantal dagen met > 24 uur overschrijding) voor 35 historische jaren, met een aan de huidige situatie aangepaste achtergrondconcentratie in het rivierwater. Links voor het hele jaar, rechts voor de zomer.*

	hele jaar	zomer
Grensconcentratie	150 mg/l	150 mg/l
Jaar		
1961	2	0
1962	3	0
1963	0	0
1964	3	0
1965	0	0
1966	0	0
1967	0	0
1968	0	0
1969	2	1
1970	3	0
1971	43	0
1972	10	0
1973	1	1
1974	0	0
1975	0	0
1976	15	0
1977	0	0
1978	0	0
1979	0	0
1980	0	0
1981	0	0
1982	0	0
1983	0	0
1984	0	0
1985	41	0
1986	0	0
1987	0	0
1988	1	0
1989	0	0
1990	15	0
1991	31	0
1992	0	0
1993	1	0
1994	0	0

In de zomer (april t/m september) komen nauwelijks dagen voor waarin de grensconcentratie voor chloride wordt overschreden. Dat is logisch, omdat hoge chlorideconcentraties bij

Bernisse vooral veroorzaakt worden door stormopzet en niet door lage rivierafvoeren, en stormopzet in de zomerperiode niet zo vaak voorkomt. Voor het hele jaar laten de berekeningen wel een flink aantal dagen zien waarop het chloridegehalte van 150 mg/l langdurig wordt overschreden

Net als voor Bernisse is ook voor zowel Krimpen a/d Lek als Gouda met SOBEK uitgerekend hoe vaak de inlaat zou zijn belemmerd door te hoge zoutconcentratie (> 250 mg/l) in een reeks van 35 jaren in het huidige klimaat, waarbij is gerekend met de huidige achtergrondconcentratie chloride in het rivierwater. In Tabel C.2 zien we dat de inlaatbeperking in de zomer soms veel minder dagen duurt dan in het jaar als geheel, maar dat in zeer droge jaren (1976) dit verschil niet zo groot is. Ook is te zien dat in een zeer droog jaar de berekende inlaatbeperking bij Gouda langer duurt dan bij Krimpen, omdat de Hollandse IJssel met brak water gevuld is geraakt; dat moet eerst worden weggespoeld.

Tabel C.2 Met een aan de huidige situatie aangepaste achtergrondconcentratie in het rivierwater berekende overschrijding van de normconcentratie voor chloride (aantal dagen met > 24 uur overschrijding) bij Krimpen a/d IJssel (links) en Gouda (rechts) voor 35 historische jaren.

Krimpen a/d IJssel	hele jaar	zomer	Gouda	hele jaar	zomer
Grensconcentratie	250 mg/l	250 mg/l	Grensconcentratie	250 mg/l	250 mg/l
Jaar			Jaar		
1961	3	0	1961	0	0
1962	28	0	1962	10	0
1963	19	2	1963	20	0
1964	39	26	1964	43	40
1965	3	0	1965	2	0
1966	0	0	1966	0	0
1967	1	0	1967	0	0
1968	0	0	1968	0	0
1969	16	0	1969	13	0
1970	1	0	1970	0	0
1971	34	0	1971	35	0
1972	13	0	1972	9	0
1973	6	3	1973	0	0
1974	0	0	1974	0	0
1975	3	0	1975	0	0
1976	39	29	1976	46	46
1977	2	0	1977	0	0
1978	1	0	1978	0	0
1979	0	0	1979	0	0
1980	0	0	1980	0	0
1981	0	0	1981	0	0
1982	0	0	1982	0	0
1983	5	0	1983	0	0
1984	0	0	1984	0	0
1985	10	0	1985	3	0
1986	5	0	1986	0	0
1987	0	0	1987	0	0
1988	0	0	1988	0	0
1989	6	0	1989	0	0
1990	15	8	1990	2	2
1991	35	17	1991	38	20
1992	7	0	1992	0	0
1993	1	0	1993	0	0
1994	0	0	1994	0	0

In Tabel C.3 is het voornaamste verschil met de eerdere berekeningen voor het extreem droge jaar 1976 te zien bij Krimpen a/d Lek.

Tabel C.3 Herhalingstijd van aantal overschrijdingsdagen in de zomerperiode, afgeleid uit met een neuraal netwerk vastgestelde relatie tussen inlaatbeperking en Rijnafvoer

Jaar	Herhalingstijd (jaar) in zomerhalfjaar	Volgens neuraal netwerk verwacht aantal overschrijdingsdagen (zomerperioden)	Met Sobek berekend aantal overschrijdingsdagen (zomerperiode, ter vergelijking)
1964	20	25	26
1973	7	2	3
1976	25	30	29
1990	8	4	8
1991	18	22	17
2003	18	24	
2009	8	3	

In Tabel C.4 zijn duidelijk de verschillen voor het scenario W+2050 te zien. Dit komt doordat het W+ scenario het meeste effect heeft op de zoutindringing. Daarnaast hebben de veranderingen voornamelijk bij Krimpen a/d IJssel effect in een extreem droog jaar.

Tabel C.4 Duur (dagen) dat 'zoutgrenzen' voor een drietal locaties langer worden overschreden dan 7, 24 of 48 uur in respectievelijk het huidig klimaat en in 2050 bij scenario G en W+. Voor Krimpen a/d Lek en Gouda gaat het om het zomerhalfjaar en voor Bernisse om het hele jaar. Achter de locatie staat tussen haakjes het grenschloridegehalte gespecificeerd.

locatie	Soort jaar	Huidig			G(2050)			W+ (2050)		
		7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur
Bernisse (150 mg/l, hele jaar)	Gemiddeld	2	0	0	2	0	0	5	0	0
	Droog	1	0	0	1	0	0	3	0	0
	Extreem droog	17	15	15	16	14	14	48	37	32
Krimpen a/d IJssel (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	0	0	0	0	0	0	18	10	9
	Droog	0	0	0	0	0	0	30	26	21
	Extreem droog	40	31	29	42	36	35	93	88	87
Gouda (250 mg/l, zomer)	Gemiddeld	0	0	0	0	0	0	16	16	16
	Droog	0	0	0	0	0	0	30	31	31
	Extreem droog	47	47	47	50	50	50	90	90	90

Voor **Krimpen a/d IJssel** en **Gouda** zijn de effecten van met name scenario W+ erg groot. Voor een extreem droog jaar (1976, herhalingstijd verzilting 25 jaar) is het aantal dagen met overschrijding van de normconcentratie voor inlaat ruim verdubbeld. Gedurende de helft van de zomer is het chloridegehalte hoger dan 250 mg/l. In een gemiddeld jaar (1967) is het aantal dagen overschrijding met aaneengesloten 24 uur te hoge concentraties al opgelopen tot bijna tien dagen. Zoals verwacht wijkt het G- scenario nauwelijks af van de huidige situatie.

Voor **Bernisse** laten de klimaatscenario's geen grote verandering zien ten opzichte van de huidige situatie. In de meest kritische periode voor Bernisse, de maanden november en december, zijn de hydrologische en hydraulische randvoorwaarden voor inlaat slechts marginaal verschillend van die in de huidige situatie. De beperkte zeespiegelstijging (respectievelijk 0,15 m in scenario G en 0,35 m in scenario W+) zijn nog onvoldoende om de verziltingssituatie sterk te verergeren. In de zomer zouden er wat meer dagen met overschrijding van de inlaatnorm kunnen voorkomen, maar dat zal zeer beperkt zijn, omdat het in die periode zelden stormt.

Uit *Tabel C.5* blijkt ook dat de aanpassingen voornamelijk in het W+ scenario effect hebben. In het huidig scenario zie je dat er een verschuiving van 0 dagen naar 1-20 dagen, terwijl in het W+ scenario er ook een verschuiving naar meer dagen is. Dit betekent dat er meer dagen een overschrijding is.

Tabel C.5 De frequentie van overschrijding van bepaalde chloridenormen (in dagen inlaatbeperking) in procenten van het aantal doorgerekende jaren van de 34 jarige reeks.

aantal dagen boven de norm		0	1-20	21-40	41-60	61-80	>80
Gouda (Cl>250 mg/l gedurende 24 uur of langer)							
zomerperiode	huidig	88%	3%	6%	3%	0%	0%
zomerperiode	W+ 2050	35%	32%	15%	12%	0%	6%
winterperiode	huidig	73%	21%	6%	0%	0%	0%
winterperiode	W+ 2050	23%	38%	15%	21%	3%	0%
Bernisse (Cl>150 mg/l gedurende 24 uur of langer)							
zomerperiode	huidig	94%	6%	0%	0%	0%	0%
zomerperiode	W+ 2050	82%	18%	0%	0%	0%	0%
winterperiode	huidig	62%	29%	3%	6%	0%	0%
winterperiode	W+ 2050	29%	32%	6%	27%	6%	0%

Tabel C.6 Overschrijding zoutinlaatcriterium bij Bernisse en Gouda gedurende respectievelijk het hele jaar en het zomerhalfjaar voor drie droogtejaren in huidig klimaat en in scenario's G en W+ in 2050 en 2100

Locatie	G (Rust en Druk)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
Bernisse (150 mg/l, hele jaar)						
huidig	0	0	15	0	0	15
2050	0	0	13	0	0	37
2100	0	0	11	15	64	110
Gouda (250 mg/l, zomer)						
huidig	0	0	46	0	0	46
2050	0	0	50	16	31	90
2100	0	0	50	72	95	131

Net als in voorgaande tabellen hebben de aanpassingen het meeste effect bij het W+ scenario. Voor 2100 geven de berekeningen voor scenario W+ een sterke toename van de verzilting te zien, zowel in Gouda als in Bernisse. Zelfs voor een gemiddeld jaar wordt voor inlaatpunt Gouda een overschrijding van 59 dagen in het zomerhalfjaar berekend waarop een chlorideconcentratie van 250 mg/l gedurende 24 uur of langer overschreden wordt.

Noch voor Bernisse, noch voor Gouda blijkt de zeespiegelstijging er veel toe te doen, althans niet in scenario G. In W+ is de zeespiegelstijging veel groter (85 cm in plaats van 35) en tevens de rivierafvoer soms lager.

Tabel C.7 Aantal overschrijdingen (dagen/jaar) van de 150 mg/l norm voor chloride op drinkwaterinnamepunten langs de Lek, de Noord, de Oude Maas, het Haringvliet en de Maas bij verschillende klimaatscenario's en karakteristieke jaren.

Locatie	Huidig klimaat			G 2050			W+ 2050		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976	1967	1989	1976
Lekkanaal/ Nieuwegein	0	0	0	0	0	0	0	38	114
Lexmond	0	0	0	0	0	0	0	52	137
Schoonhoven	0	0	3	0	0	13	0	80	151
Bergambacht (Rh)	0	0	5	0	0	16	3	81	152
Nieuw- Lekkerland	0	5	25	0	4	28	10	72	140
Lekkerkerk	1	5	25	0	5	28	9	72	139
Ridderkerk (Rw)	0	4	15	0	3	24	7	65	126
Beerenplaat (Spui)	5	1	12	6	3	12	11	12	37
Scheelhoek	0	0	16	0	0	14	0	0	23
Gat v/d Kerksloot	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Afgdamde Maas	0	0	0	0	0	0	0	9	67

De uitkomsten uit Tabel C.7 wijken op een aantal punten sterk af van de eerdere berekeningen en van de die in de eerste knelpuntenanalyse (Klijn et al., 2011). De meeste verschillen zijn te verklaren door de aanpassingen die aan de afvoeren en zoutconcentraties zijn gedaan. Deze verschillen zijn in het hele systeem te zien. Daarnaast zullen verschillen bij Bernisse, Beerenplaat en Gat v/d Kerksloot ook zijn ontstaan door de aanpassing van de onttrekking van het Volkerak-Zoommeer.

In het scenario W+ worden nu ook in een droog jaar een groot aantal overschrijdingsdagen gevonden op de Lek en de Noord. Dit kan als volgt worden verklaard: in de vorige knelpuntenanalyse is een minimumafvoer van 25 m³/s over de Lek verondersteld (debiet over de stuw Hagestein). Dat levert op de Lek geen zoutnormoverschrijdingsdagen van betekenis op. In de onderhavige knelpuntenanalyse is het debiet over de stuw Hagestein opnieuw berekend met het landelijk SOBEK- model, maar nu gebruik makend van de vastgestelde beheer- en waterverdeelregels. Volgens die regels – en volgens waarnemingen – wordt ook in een droog jaar (zoals '1989') in perioden met lage rivierafvoeren soms langdurig nauwelijks of geen water meer via de stuw Hagestein afgevoerd.

De meeste van de in Tabel C.7 opgenomen locaties zijn plekken waar oeverinfiltratie plaatsvindt. Voor zulke locaties is het langjarig gemiddelde van het chloridegehalte relevanter dan de duur van overschrijdingen van een normconcentratie. Daarom zijn voor een aantal locaties waar oeverwinning plaatsvindt ook de gemiddelde jaarconcentraties berekend (Tabel C.8). Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat met name de locaties bij de mond van de Lek en de locaties langs de Noord onder druk kunnen komen te staan in scenario W+, maar ook dan alleen in droge en extreem droge jaren.

Tabel C.8 Gemiddelde jaarconcentraties mg/l Cl-) op locaties met oeverwinning, in verschillende klimaatscenario's en voor verschillende karakteristieke jaren.

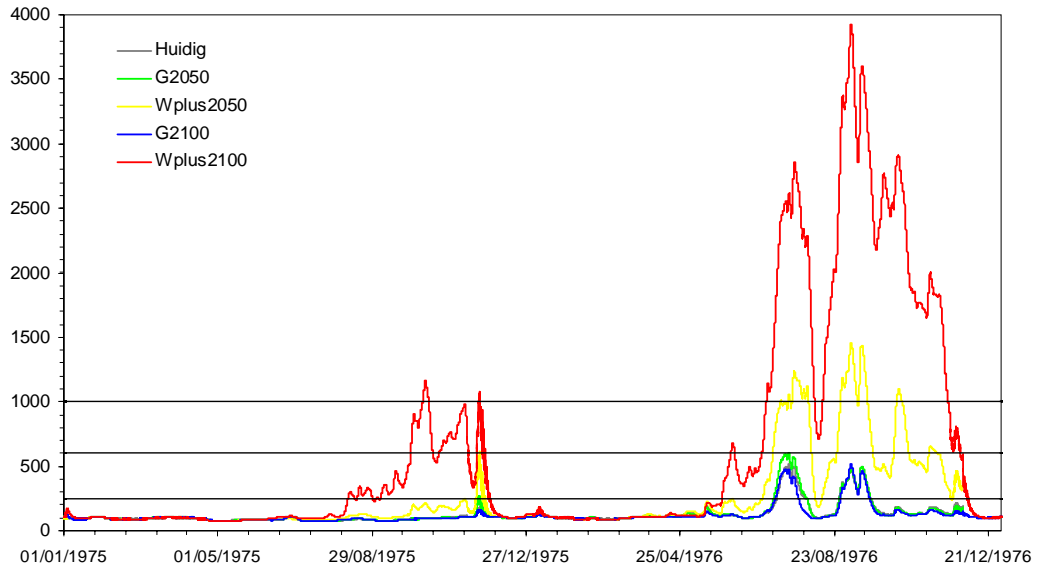
Locatie	Huidig klimaat			G 2050			W+ 2050		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1988	1976	1967	1989	1976
Lekkanaal/ Nieuwegein	80	94	109	79	93	106	88	106	124
Lexmond	79	92	106	79	92	106	88	110	136
Schoonhoven	80	93	109	79	91	107	89	122	159
Bergambacht (Rh)	80	93	110	79	92	108	90	124	162
Lekkerkerk	82	98	132	81	97	130	107	177	248
Ridderkerk	84	107	160	83	106	161	127	235	343

In onderstaande tabel is te zien dat bij een 'soepelere' norm (600 mg/l, zomer) het aantal overschrijdingsdagen voor Gouda in het huidige klimaat naar 0 gaat. Bij W+ in 2050 neemt dit toe tot ongeveer 60 dagen en dit verdubbeld ruim in W+2100.

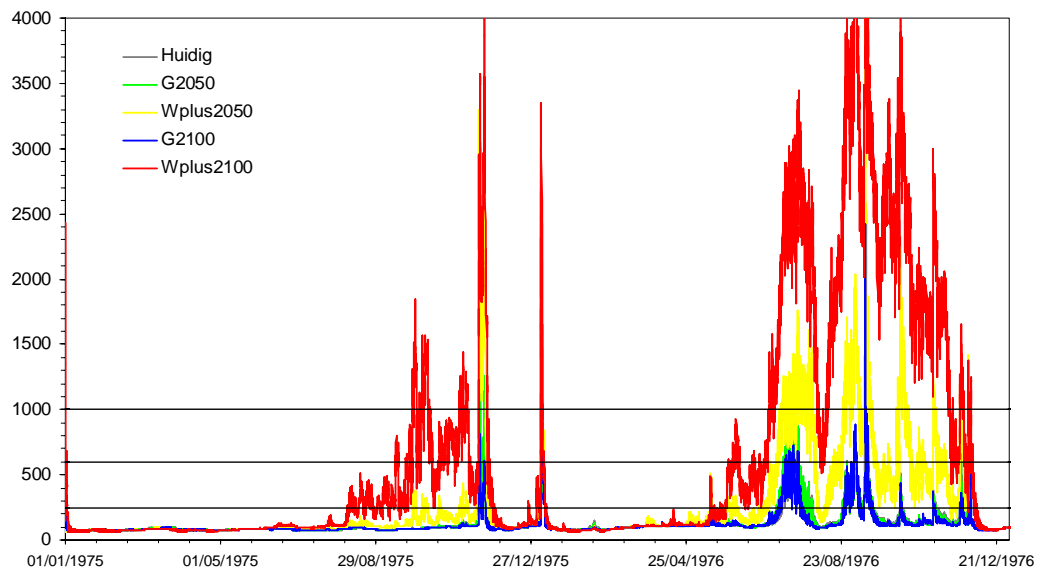
Tabel C.9 Overschrijding van verschillende normconcentraties in een extreem droog jaar (1976 voor externe verzilting eens per 25 jaar) op 3 locaties gedurende 7,24 en 48 uur.

Norm	150 mg/l hele jaar			150 mg/l zomer			250 mg/l zomer			600 mg/l zomer		
	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur	7 uur	24 uur	48 uur
Bernisse												
huidig	17	15	15	1	0	0	1	0	0	1	0	0
W+ 2050	48	37	32	6	5	5	1	1	0	1	0	0
W+ 2100	108	99	99	66	58	58	56	54	54	5	2	0
Krimpen a/d IJssel												
huidig	90	78	71	62	55	54	40	31	29	2	1	0
W+ 2050	200	184	183	131	117	116	93	88	87	56	50	50
W+ 2100	207	205	205	171	171	171	160	159	159	131	126	124
Gouda												
huidig	93	93	93	70	70	70	47	47	47	0	0	0
W+ 2050	195	195	194	135	135	134	90	90	90	58	58	58
W+ 2100	208	208	208	171	171	171	157	157	157	129	129	129

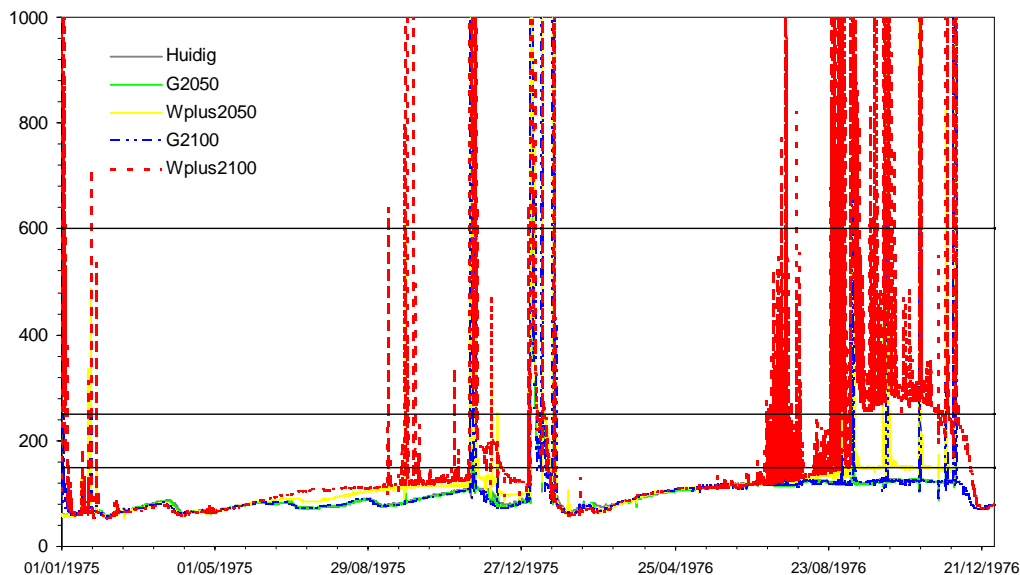
Onderstaande figuren laten de resultaten zien voor Gouda, Krimpen a/d IJssel en Bernisse voor een extreem droog jaar (periode 1975-1976).



Figuur C.1 Zoutconcentratie voor verschillende scenario's in een een extreem droog droog jaar locatie Gouda.



Figuur C.2 Zoutconcentratie voor verschillende scenario's in een een extreem droog droog jaar locatie Krimpen a/d IJssel.



Figuur C.3 Zoutconcentratie voor verschillende scenario's in een een extreem droog droog jaar locatie Bernisse.

Referentie

Klijn, F., E. van Velzen, J. ter Maat, J. Hunink, 2012. *Zoetwatervoorziening in Nederland, aangescherpte landelijke knelpuntenanalyse 21^e eeuw*. Deltares-rapport 1205970-000, Delft, 2012.

C.5 Uitkomsten en analyse berekeningen effecten van maatregelen

In deze paragraaf zijn de uitkomsten van de berekeningen in tabellen gepresenteerd. Voor analyse en duiding van de uitkomsten verwijzen wij naar paragraaf 7.2 en 7.8 van het hoofdrapport.

Tabel C.10 Aantal overschrijdingen (dagen/zomerhalfjaar) van de 250 mg/l norm voor chloride bij locatie Gouda bij verschillende klimaatscenario's (35 jarige reeks) met en zonder bellenpluim

Scenario	huidig	G 2050	G 2050	G 2050	W+ 2050	W+ 2050	W+ 2050	G 2100	G 2100	G 2100	W+ 2100	W+ 2100	W+ 2100
Bellen- pluim			50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s
1961	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	15	4
1962	0	0	0	0	53	51	27	0	0	0	56	55	53
1963	0	0	0	0	16	15	3	0	0	0	48	42	26
1964	40	39	29	9	93	92	88	51	41	9	101	101	93
1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1967	0	0	0	0	16	15	6	0	0	0	72	71	32
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	12	0
1969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10

Scenario	huidig	G 2050	G 2050	G 2050	W+ 2050	W+ 2050	W+ 2050	G 2100	G 2100	G 2100	W+ 2100	W+ 2100	W+ 2100
Bellen- pluim			50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971	0	0	0	0	50	49	12	0	0	0	56	55	50
1972	0	3	3	0	14	13	3	0	0	0	59	55	17
1973	0	0	0	0	34	32	16	0	0	0	60	58	38
1974	0	0	0	0	24	6	0	0	0	0	79	68	48
1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	37	9
1976	46	50	45	23	90	88	74	50	46	23	131	129	111
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	29	11
1978	0	0	0	0	4	5	5	0	0	0	25	23	7
1979	0	0	0	0	15	13	8	0	0	0	52	42	31
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	18	3
1981	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	27	18	14
1982	0	0	0	0	8	7	4	0	0	0	39	37	29
1983	0	0	0	0	6	6	5	0	0	0	37	21	6
1984	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	17	6	0
1985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	24	14
1986	0	0	0	0	8	6	2	0	0	0	56	56	25
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	0	0	11	9	5	0	0	0	43	34	9
1989	0	0	0	0	31	27	15	0	0	0	95	90	59
1990	2	1	2	4	46	39	23	4	4	4	56	56	55
1991	20	21	19	11	43	45	23	22	21	11	67	66	53
1992	0	0	0	0	25	16	3	0	0	0	68	56	39
1993	0	0	0	0	12	9	0	0	0	0	86	77	30
1994	0	0	0	0	22	16	2	0	0	0	35	33	26

Tabel C.11 Aantal overschrijdingen (dagen/zomerhalfjaar) van de 200 mg/l norm voor chloride bij locatie Krimpen aan de IJssel bij verschillende klimaatscenario's (35 jarige reeks) met en zonder bellenpluim

Scenario	huidig	G 2050	G 2050	G 2050	W+ 2050	W+ 2050	W+ 2050	G 2100	G 2100	G 2100	W+ 2100	W+ 2100	W+ 2100
Bellen- pluim			50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s
1961	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	25	20	8
1962	0	0	0	0	42	33	13	0	0	0	61	59	54
1963	2	2	2	2	14	12	5	2	2	2	60	52	34
1964	26	32	26	12	94	92	79	40	29	12	103	103	99
1965	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	2
1967	0	0	0	0	9	9	3	0	0	0	66	63	31
1968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	14	4
1969	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	11	10	8
1970	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
1971	0	0	0	0	42	37	13	0	0	0	58	56	41
1972	0	0	0	0	9	7	2	0	0	0	55	49	17
1973	3	3	3	3	29	25	10	3	3	3	55	46	36
1974	0	0	0	0	21	17	7	0	0	0	69	62	45
1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	16	9
1976	29	33	27	6	86	83	55	37	30	6	129	125	100
1977	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	26	17	7
1978	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	25	20	5
1979	0	0	0	0	15	12	5	0	0	0	45	41	28
1980	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	17	15	4
1981	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	20	17	11
1982	0	0	0	0	5	4	1	0	0	0	35	34	23
1983	0	0	0	1	9	9	5	1	1	1	34	22	10
1984	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	14	11	2
1985	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	28	26	12
1986	0	0	0	0	3	4	3	0	0	0	54	47	17
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0
1988	0	0	0	0	12	11	4	0	0	0	43	39	18
1989	0	0	0	0	24	22	9	0	0	0	83	75	49
1990	8	8	7	6	30	30	14	8	7	6	58	58	33
1991	17	19	17	6	43	38	23	20	17	6	70	68	54
1992	0	0	0	0	23	18	2	0	0	0	73	67	55
1993	0	0	0	0	6	5	2	0	0	0	96	80	34
1994	0	0	0	0	20	16	3	0	0	0	44	38	21

Tabel C.12 Aantal overschrijdingen (dagen/gehele jaar) van de 150 mg/l norm voor chloride bij locatie Bernisse bij verschillende klimaatscenario's (35 jarige reeks) met en zonder bellenpluim

Scenario	huidig	G 2050	G 2050	G 2050	W+ 2050	W+ 2050	W+ 2050	G 2100	G 2100	G 2100	W+ 2100	W+ 2100	W+ 2100
Bellen- pluim			50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s		50 m ³ /s	200 m ³ /s
1961	2	2	2	1	4	3	2	2	2	1	39	34	12
1962	3	7	7	4	46	44	41	8	6	4	60	60	59
1963	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	55	54	37
1964	3	3	3	2	76	64	54	2	2	2	97	94	84
1965	0	1	1	2	4	5	5	2	2	2	11	9	7
1966	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	5	5	5
1967	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	9	3
1968	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1969	2	3	3	2	28	24	9	3	2	2	47	39	33
1970	3	3	3	3	16	16	16	3	3	3	51	49	47
1971	43	39	39	22	57	48	45	30	26	22	74	74	66
1972	10	6	6	0	59	48	31	0	0	0	85	74	59
1973	1	1	1	2	9	10	10	2	2	2	35	31	29
1974	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	11	6
1975	0	0	0	0	5	3	2	0	0	0	21	20	18
1976	15	13	13	11	33	44	18	11	11	11	111	109	106
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	6	1
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1979	0	0	0	0	3	2	2	0	0	0	14	13	10
1980	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1981	0	0	0	0	56	56	12	0	0	0	56	56	56
1982	0	0	0	0	56	56	12	0	0	0	56	56	56
1983	0	1	1	0	64	61	14	0	0	0	105	100	74
1984	0	0	0	0	56	56	12	0	0	0	56	56	56
1985	41	38	38	34	57	56	55	37	36	34	59	58	57
1986	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	19	16	6
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	3	3	1
1989	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	51	49
1990	15	12	12	8	56	19	12	8	8	8	69	69	67
1991	31	30	30	18	49	49	43	15	17	18	88	86	66
1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	26	21
1993	1	1	1	0	3	2	2	0	0	0	2	2	2
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Tabel C.13 Aantal overschrijdingen (dagen/jaar) van de 150 mg/l norm voor chloride op oppervlaktewater drink- en industriewaterinnamepunten bij verschillende klimaatscenario's en karakteristieke jaren

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
Nieuw-Lekkerland (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	5	25	0	5	25
2050 Zonder maatregelen	0	4	28	10	72	140
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	5	23	9	68	134
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	7	6	40	99
2050 KWA 24 m ³ /s	1	5	31	10	73	144
2050 KWA + MAWAn	1	5	31	10	73	144
2050 VZM Zout	0	3	16	8	67	133
2100 Zonder maatregelen	0	3	29	88	152	194
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	2	24	75	141	186
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	7	45	116	161
2100 KWA 24 m ³ /s	0	3	32	92	158	197
2100 KWA + MAWAn	0	3	32	92	158	197
2100 VZM Zout	0	2	24	75	139	186
Beerenplaat (Spui) (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	5	1	12	5	1	12
2050 Zonder maatregelen	6	3	12	11	12	37
2050 KWA 24 m ³ /s	5	3	12	11	12	49
2050 KWA + MAWAn	5	3	12	11	12	48
2050 VZM Zout	5	3	22	14	51	127
2100 Zonder maatregelen	7	2	11	34	87	136
2100 KWA 24 m ³ /s	7	2	12	37	93	146
2100 KWA + MAWAn	7	2	12	37	93	146
2100 VZM Zout	7	2	21	60	118	173
Scheelhoek (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	0	16	0	0	16
2050 Zonder maatregelen	0	0	14	0	0	23
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	14	0	0	67
2050 KWA + MAWAn	0	0	14	0	0	62
2050 VZM Zout	0	56	236	70	143	239

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
2100 Zonder maatregelen	0	0	13	39	50	108
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	13	38	51	108
2100 KWA + MAWakan	0	0	13	38	51	108
2100 VZM Zout	0	43	229	83	116	198
Gat v/d Kersloot (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	0	0	0	0	0
2050 Zonder maatregelen	0	0	0	0	0	0
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	0	0	0	0
2050 KWA + MAWakan	0	0	0	0	0	0
2050 VZM Zout	0	0	0	0	0	0
2100 Zonder maatregelen	0	0	0	0	0	3
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	0	0	0	3
2100 KWA + MAWakan	0	0	0	0	0	0
2100 VZM Zout	0	0	0	0	0	69
Lekkanaal/Nieuwegein (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	0	0	0	0	0
2050 Zonder maatregelen	0	0	0	0	38	114
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	0	0	32	110
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	0	0	8	74
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	0	0	39	120
2050 KWA + MAWakan	0	0	0	0	39	121
2050 VZM Zout	0	0	0	0	32	101
2100 Zonder maatregelen	0	0	0	35	119	159
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	0	20	118	156
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	0	6	103	146
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	0	43	123	160
2100 KWA + MAWakan	0	0	0	45	123	160
2100 VZM Zout	0	0	0	20	118	158
Hollands Diep (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	0	5	0	0	5
2050 Zonder maatregelen	0	0	5	0	0	27
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	5	0	0	27
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	4	0	0	30
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	5	0	0	28

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemid- deld	Droog	Extreem droog	Gemid- deld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
2050 KWA + MAWAn	0	0	5	0	0	28
2050 VZM zout	0	0	6	0	53	150
2100 Zonder maatregelen	0	0	4	6	66	140
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	4	2	64	136
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	4	0	65	134
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	4	6	67	145
2100 KWA + MAWAn	0	0	4	6	67	145
2100 VZM zout	0	0	8	58	123	171
Bergambacht (norm 150 mg/l)						
Huidig klimaat	0	0	5	0	0	5
2050 Zonder maatregelen	0	0	16	3	81	152
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	4	3	77	151
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	0	1	37	109
2050 KWA 24 m ³ /s	0	0	27	3	81	153
2050 KWA + MAWAn	0	0	27	3	81	153
2050 VZM zout	0	0	0	2	76	150
2100 Zonder maatregelen	0	0	32	99	143	188
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	0	0	15	92	140	183
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	0	0	0	59	123	157
2100 KWA 24 m ³ /s	0	0	38	102	151	190
2100 KWA + MAWAn	0	0	38	102	151	190
2100 VZM zout	0	0	15	91	140	184

Tabel C.14 Gemiddelde jaarconcentraties (mg/l Cf) op locaties met oeverwinning, in verschillende klimaatscenario's en voor verschillende karakteristieke jaren

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemiddeld	Droog	Extreem droog	Gemiddeld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
Lexmond						
Huidig klimaat	80	93	108	80	93	108
2050 Zonder maatregelen	79	92	106	88	110	136
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	79	93	106	88	108	136
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	91	104	88	104	124
2050 KWA 24 m ³ /s	79	93	108	88	110	139
2050 KWA + MAWakan	79	93	108	88	111	139
2050 VZM Zout	79	92	106	88	108	131
2100 Zonder maatregelen	78	91	105	107	166	228
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	78	91	104	104	153	204
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	91	104	98	129	158
2100 KWA 24 m ³ /s	78	91	105	109	171	242
2100 KWA + MAWakan	78	91	105	110	171	243
2100 VZM Zout	78	91	104	104	155	208
Schoonhoven						
Huidig klimaat	80	92	109	80	92	109
2050 Zonder maatregelen	79	91	107	89	122	159
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	79	92	107	90	116	161
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	90	104	89	106	131
2050 KWA 24 m ³ /s	79	93	111	90	124	168
2050 KWA + MAWakan	79	93	111	90	124	168
2050 VZM Zout	79	91	106	89	116	147
2100 Zonder maatregelen	78	90	108	127	242	367
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	78	90	106	119	210	308
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	90	104	104	150	197
2100 KWA 24 m ³ /s	78	90	109	133	254	399
2100 KWA + MAWakan	78	90	109	133	254	402
2100 VZM Zout	78	90	106	119	214	318
Bergambacht (Rh)						
Huidig klimaat	80	93	110	80	93	110
2050 Zonder maatregelen	79	92	108	90	124	163
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	79	92	108	90	117	164

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemid-deld	Droog	Extreem droog	Gemid-deld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	90	104	89	107	132
2050 KWA 24 m ³ /s	79	93	111	91	126	172
2050 KWA + MAWAn	79	93	111	91	126	172
2050 VZM Zout	79	92	107	89	118	150
2100 Zonder maatregelen	78	91	109	130	254	386
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	78	90	107	121	219	322
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	78	90	104	105	154	202
2100 KWA 24 m ³ /s	78	90	110	136	267	420
2100 KWA + MAWAn	78	90	110	136	267	423
2100 VZM Zout	78	90	106	121	224	333
Lekkerkerk						
Huidig klimaat	82	98	132	82	98	132
2050 Zonder maatregelen	81	98	130	107	176	249
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	81	98	128	107	156	250
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	80	94	118	103	124	170
2050 KWA 24 m ³ /s	82	98	135	109	180	268
2050 KWA + MAWAn	82	98	135	109	180	270
2050 VZM Zout	80	96	124	103	157	218
2100 Zonder maatregelen	80	96	132	200	439	653
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	80	95	126	179	367	539
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	80	94	118	137	226	311
2100 KWA 24 m ³ /s	79	95	136	213	463	710
2100 KWA + MAWAn	79	95	136	213	463	714
2100 VZM Zout	80	95	124	178	377	558
Ridderkerk						
Huidig klimaat	84	108	160	84	108	160
2050 Zonder maatregelen	83	107	160	127	235	344
2050 Bellenpluim 50 m ³ /s	83	108	155	126	208	341
2050 Bellenpluim 200 m ³ /s	82	101	137	120	157	225
2050 KWA 24 m ³ /s	86	109	169	130	241	368
2050 KWA + MAWAn	86	109	169	130	241	370
2050 VZM Zout	82	104	146	120	207	300
2100 Zonder maatregelen	82	105	164	262	550	796
2100 Bellenpluim 50 m ³ /s	82	104	154	234	470	677

Locatie	G (Druk en Rust)			W+ (Warm en Stoom)		
	Gemid- deld	Droog	Extreem droog	Gemid- deld	Droog	Extreem droog
	1967	1989	1976	1967	1989	1976
2100 Bellenpluim 200 m ³ /s	82	101	137	174	301	419
2100 KWA 24 m ³ /s	81	105	171	278	578	854
2100 KWA + MAWakan	81	105	171	278	578	858
2100 VZM Zout	81	102	149	232	480	695



Figuur C.4 Locaties van de oppervlakte drinkwater- en industriewaterinnemepunten, oeverinfiltraties en regionale inflaten waarvan de zoutconcentraties in het SOBEK-RE Noordelijk Deltabekken model zijn gesimuleerd

D Implementatie van de hoofdwatersysteemmaatregelen in het Deltamodel

De HWS maatregelen zijn in een aantal maatregelenpakketten doorgerekend met het Deltamodel (zie Bijlage O). De pakketten zijn zo samengesteld dat de maatregelen (genoemd in hoofdstuk 3) ieder een eigen doel-/invloedsgebied hebben en dus onafhankelijk van elkaar geanalyseerd kunnen worden.

Pakket 31 = Aanpassen inlaat- en doorvoercapaciteiten districten en belangrijke bovenregionale inlaten en doorvoeren, passend bij een droog jaar situatie (maatregel 1 uit hoofdstuk 3)

De regionale doorvoercapaciteiten zijn in alle maatregelenpakketten vergroot, omdat anders de HWS maatregelen maar beperkt doorwerken in de regio's doordat het water in de modellen niet verder de regio in kan.

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij de modelaanpassingen:

- 1 De capaciteit van de inlaten van de districten (voor zover nu aanwezig als verbinding tussen de modellen DistributieModel en Mozart) mogen niet beperkend zijn en deze capaciteit is dus op oneindig groot gezet (mits in de huidige situatie de capaciteit niet 0 was). In de praktijk gaat dit vooral om inlaat van water uit de boezem naar de polder.
- 2 In scenario Warm neemt de watervraag in de regio aanzienlijk toe. Er is voor gekozen de capaciteiten zo aan te passen, dat de doorvoer voldoende is om in een droog jaar (1989) onder het betreffende scenario aan de gestelde watervraag te voldoen. Capaciteiten kunnen dus verschillend zijn voor Warm 2050 en Warm 2100. Deze capaciteiten zijn ook gebruikt bij het doorrekenen van de effecten van maatregelen met het Druk scenario.
- 3 De nieuwe capaciteiten zijn gebaseerd op de *huidige* aanvoerroutes naar de regio en *huidige* verdeelsleutels. Als een gebied bijvoorbeeld in de huidige situatie voor 75% haar watervraag aan de rivier stelt en voor 25% watervraag aan het kanaal stelt, is deze verhouding ook in warm 2100 het geval. Het is niet zo dat 100% watervraag aan de rivier wordt gesteld als er uit het kanaal geen water meer ingelaten zou mogen worden door bijvoorbeeld te laag peil; in dat geval zou er sprake kunnen zijn van een (extra) capaciteitsverhoging van de waterinlaat uit de rivier.

Onderstaande tabel presenteert de resultaten m.b.t. tot punt 2 en vergelijkt de huidige capaciteit met die zoals berekend voor een droog jaar in Warm 2050 en Warm 2100. Onder opmerkingen staat of en zo ja, hoe de modelinvoer hiervoor aangepast is.

Takcapaciteit wordt alleen aangepast (vergroot) bij substantiële overschrijding van takcapaciteit in huidige situatie. N.B. De testruns voor het bepalen van de vereiste capaciteit zijn niet gedraaid met het NHI, maar met een standalone versie het Distributie Model met als randvoorwaarde de Mozart watervragen voor Warm 2050 en Warm 2100. De resultaten van deze berekeningen kunnen daardoor afwijken van die van de uiteindelijke berekeningen in het Deltamodel en zijn dus indicatief!

Locaties gerelateerd aan KWA, inlaat Panheel en Maas-Waalkanaal blijven hier buiten beschouwing, omdat deze al als aparte maatregel zijn geïdentificeerd.

Tak nr.	Omschrijving	Huidige capaciteit	2050 cap.	2100 cap.	Opmerking
4034	Kromme Rijn	10 (peilafh, bij peil 2.7 cap 7)	8.5	9.7	Peilafhankelijkheid opheffen
6068	Schermer inlaat	53.5 (bij peil -0.40 cap 43.)	<22	<23	Ongewijzigd
6066	Stontel inlaat	24.5 (bij peil -0.40 cap 17)	<2	<2	Ongewijzigd
6050	Friesland inlaat (Lemmer, Hoogland)	120 (bij peil -0.40 cap. 33.6, Peil -0.30 cap. 90	60	69	Ongewijzigd, ook omdat zomerpeil omhoog gaat (en daarmee ook de inlaatcapaciteit).
1001	Eefde aanvoer	15.7	<9	<11	Ongewijzigd
1002	Delden aanvoer	4.7	<3	<3	Ongewijzigd
1003	Hengelo aanvoer	7.7	<1.5	<1.5	Ongewijzigd
3008	Kuijkgemaal inlaat	4.6	5	<4.5	Ongewijzigd gelaten
50141	Inlaat Aa Helmond	0.01	0.3	0.4	Capaciteit op 0.5 gezet, is verder vooral detail van schematisatie.
1047	Gaarkeuken	24	<24	27	Alleen in 2100 wijzigen Geconstateerd is dat de uitbreiding van de capaciteit naar 27 m ³ /s in DM niet is uitgevoerd. Impact: iets te grote tekorten in Groningen; op peil IJsselmeer: 3 m ³ /s half jaar lang is 4 cm verschil, dus gering.
1057	Dorkwerd	20	<20	<20	Ongewijzigd
1200	Driewegsluis booster	1.2	<1	1	Ongewijzigd
1026	Gemaal Veendam	7.5	8	10	Wijzigen in 2050 en in 2100
1049	Gemaal Vennix	4.2	<3	<4	Ongewijzigd
1037	Terapelkanaal	2	<2	2.2	Alleen in 2100 wijzigen
1204	Terapelsluis Musselkanaal RuitenAa	1.5	<1	<1	Ongewijzigd
5011	Noordervaart sluis Hulsen	3.5	< 3.5	<3.5	Ongewijzigd
5012	ZuidWillemsvaart Someren	11.2	11.2	11.2	Ongewijzigd

Tak nr.	Omschrijving	Huidige capaciteit	2050 cap.	2100 cap.	Opmerking
5036	Peelkanaal	4.5	<2.5	<2.5	Ongewijzigd
50361	Peelkanaal	4.5	<1	1	Ongewijzigd
1025	Drentsche Hoofdvaart Paradijssluis	6.74	<4	<4.5	Ongewijzigd
1073	Drentsche Hoofdvaart Haveltersluis	6.56	<4	<4.5	Ongewijzigd
1074	Drentsche Hoofdvaart Uffeltersluis	6.28	<4	<4.5	Ongewijzigd
1075	Drentsche Hoofdvaart Dieversluis	6.28	<4	<4.5	Ongewijzigd
1076	Drentsche Hoofdvaart Haarsluis	5.83	<4	<4.5	Ongewijzigd
1077	Drentsche Hoofdvaart Veensluis	5.87	<4	<4.5	Ongewijzigd
1072	Hoogeveense Vaart, Rogatsluis	8.19	<4	<5.5	Ongewijzigd
1071	Hoogeveense Vaart, Osseluis	7.47	<3.5	<5	Ongewijzigd
1070	Hoogeveense Vaart, Nieuwebrugsluis	7.1	<3	<4.5	Ongewijzigd
1068	Hoogeveense Vaart, Nrdscheschutsluis	6.86	<3	<4.5	Ongewijzigd
1069	Verlengde Hoogeveense Vaart, Ericasluis	5.8	<3.5	<4.5	Ongewijzigd
1035, 1083, 1084	Oranjekanaal aanvoer (3 sluizen)	1.34	<0.5	<1	Ongewijzigd

Uit bovenstaande tabel blijkt dat slechts op de volgende vier locaties de bovenregionale inlaat- en doorvoercapaciteit aangepast is:

- Kromme Rijn
- Inlaat Aa Helmond
- Gemaal Veendam
- Terapelkanaal

Intermezzo: de vergelijking 'hoe groot is de huidige zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied in de praktijk en hoe wordt er gekort' versus 'hoe zit het nu in de modellen?'

Remmerswaal (2013) heeft in zijn memo de omvang van de huidige zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied omschreven. Het antwoord is niet eenduidig:

- Minimum is **10 cm**, (tussen -20 en -30 cm), er wordt dan geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid tot tijdelijk 15 cm opzet en er wordt beneden de -0.30 m NAP niet meer uitgezakt, terwijl er nog wel inlaatcapaciteit is.
- **30 cm** is ook verdedigbaar, nl. tot 15 cm boven zomerstreefpeil en 15 cm beneden zomerstreefpeil
- RWS Geel noemde als waarde voor de buffer **35 cm**, nl 20 cm (-20 tot -40) plus 15 cm opzet boven zomerstreefpeil. Dat is erg ruim gerekend.

In het distributiemodel zit nu als buffer voor de huidige situatie **20 cm** (tussen -20 en -40 cm), met een peilafhankelijke inlaatcapaciteit die bij peilen onder de -30 cm wel voor tekorten zal zorgen

De LCW factsheet Regio Noord-Holland (LCW, 2103) geeft een definitie van hoe er in de huidige situatie gekort wordt. Deze **korting** wijkt iets af van wat nu in het Distributiemodel zit:

- In het model zit nu korten van de visintrek ($10 \text{ m}^3/\text{s}$) zodra het peil onder streefpeil (-0.20 m NAP) komt. Volgens de factsheet wordt pas gekort vanaf een peil van -0.25 m NAP.
- In het model heeft doorspoeling NZK (max. $20 \text{ m}^3/\text{s}$) prioriteit 8, en streefpeil prioriteit 9, dus doorspoeling NZK vanuit Markermeer wordt niet gekort als het peil onder streefpeil komt, terwijl volgens de factsheet onder een peil van -0.25 m NAP gekort wordt.
- Gebruikers van verdringingsreeks cat. 4 worden volgens de factsheet bij peil onder -0.25 m NAP gekort, deels door inlaatcapaciteitsbeperkingen bij een laag peil
- Bij een peil van -0.30 m NAP wordt volgens de factsheet categorie 4 watervraag geheel gekort.
- Bij peilen lager dan -0.30 m NAP nemen de inlaatcapaciteit verder af, zullen ook categorie 2 en 3 gekort worden.

We zouden dit in een nieuwe versie van het distributiemodel (DM) kunnen benaderen door -0.25 m NAP en -0.30 m NAP als kritieke peilen te definiëren voor de huidige situatie met prioriteit 7 (-0.25 m NAP) en prioriteit 4 of 5 (-0.30 m NAP), opdat het model beter aansluit bij de praktijk van opereren en gebruik voor LCW. Het zal echter de conclusies van Deelprogramma Zoetwater nu verder niet veranderen.

Pakket 1 = IJM/MM 20 cm buffer, bellenpluim 50 m³/s, Zoet VZM (incl. Roode Vaart)
(maatregel 1 en 5 uit hoofdstuk 3)

1. Ga uit van de basiscases / scenario's zoals aangeleverd aan Deltamodel 105/106 (dus inclusief laatste 35 jaar zoutfiles, DM_Sobek.txt Gouda aan HOIJ029_17800.00 gekoppeld, NDS.txt file Gouda norm 200 ipv 250)
2. Districtinlaatcapaciteit onbeperkt (DwKeys.txt file van testrun maatregel 3; te gebruiken bij alle scenarios)
3. Takcapaciteiten zijn in overeenstemming met pakket 31 (maatregel 1).
4. Peilbeheer IJsselmeer/Markermeer 20 cm buffer (-0.30 – 0.10 zomer) op basis van testrun maatregel 6
 - o Winterpeil -0.40
 - o Zomerpeil tussen -0.30 (kritiek peil1) en -0.10 (streefpeil)
5. Bellenpluim 50 m³/s: aansluiten nieuwe HIS file met Sobek chloridegehalten, geen wijziging van normen of lokaties.
6. VZM zoet
 - o Beheer Oosterhout 7 m³/s (is al in basiscase opgenomen)
 - o Minimum 10 m³/s via Merwede naar Amer/Holl. Diep beschikbaar voor Oosterhout zoals in test maatregel 17 optie 3. (Aanpassing NDS.txt file)
 - o Extra tak Roode Vaart in DM niet nodig; Roode Vaart speelt vooral bij VZM Zout)
 - o Doorspoeling VZM op tak 6094 (Hollands Diep-Volkerak) ipv op tak 6096 (benedenstrooms van lozing Dintel/Vliet). Wel max. doorspoelvraag 20 m³/s (i.p.v. 22.5 huidig). Verplaatsing naar tak 6094 geeft iets hogere debieten van HD naar VZM. (Aanpassing LNKS.txt file).
 - o Geen aanpassing aanvoer districten Dinteloord, Zevenbergen en Heerjansland (D119,120, 130): DM knoop 5082 vraagt uit VZM.

Pakket 2 = IJM/MM 40 cm buffer, KWA 24 m³/s
(Maatregel 2 en 7 uit hoofdstuk 3)

1. Ga uit van de cases van pakket 1;
(VZM zoet blijft zo; idem districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit).
2. Gebruik weer de originele zoutfiles i.p.v. de bellenpluim zoutfiles
3. Aanpassing peilbeheer IJsselmeer:
Peilbeheer IJsselmeer/Markermeer 40 cm buffer (-0.30 +0.10 zomer) op basis van testrun maatregel 7
 - o Winterpeil -0.40
 - o Zomerpeil tussen -0.30 (kritiek peil1) en +0.10 (streefpeil)
 - o (is nog voor alle cases identiek)
4. KWA 24 m³/s volgens testrun maatregel 15
 - o NDS: verdeelsleutels (identiek voor alle cases)
 - o LNKS: takcapaciteiten KWA
 - o 3 m³/s Krimpenerwaard doorvoer niet gebruiken bij Gouda, maar in Holl. IJssel laten: is geïmplementeerd als gewenst debiet op de Lek benedenstrooms van inlaat Krimpenerwaard, 3 m³/s met prioriteit 1.

Pakket 3 = IJM/MM volledig uitzakken, bellenpluim 200 m³/s
(Maatregel 3 en 6 uit hoofdstuk 3)

1. Ga uit van de cases van pakket 1;
(VZM zoet blijft zo; idem districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit).

2. Gebruik nu de bellenpluim 200 m³/s files ipv de bellenpluim 50m³/s zoutfiles
3. Aanpassing peilbeheer IJsselmeer:
Op basis van testrun maatregel 9, alleen met opzet tot -0.10 (in die testrun abusievelijk tot +0.10)
 - o Winterpeil -0.40 m NAP
 - o Zomerpeil opzet tot -0.10 m NAP
 - o Minimumpeil -2.5 m NAP
 - o Uitzakken mag de inlaten niet beperken, dus zorg voor inlaatcapaciteiten onafhankelijk van IJsselmeerpeil
 - o NB NDS files zijn identiek, LNKS files ivm andere koelwatervragen en capaciteiten zijn verschillend)

Pakket 4 = IJM/MM 40 cm buffer, cat 1-2 prioriteit, Maas-Waalkanaal cap. 15 m³/s
(Maatregel 4 en 8 uit hoofdstuk 3)

1. Ga uit van de cases van pakket 1:
(VZM zoet blijft zo; idem districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit).
2. Gebruik de originele zoutfiles, niet de bellenpluim zoutfiles
3. Aanpassing peilbeheer IJsselmeer:
Peilbeheer IJsselmeer/Markermeer 40 cm buffer (-0.30 +0.10 zomer) op basis van testrun maatregel 11
 - o Minimumpeil -0.40 m NAP
 - o Winterpeil -0.40 m NAP
 - o Zomerpeil tussen -0.30 en +0.10 m NAP
 - o Grenspeil zomer -0.20 m NAP, daaronder cat. 3 en 4 verdringingsreeks korten.
4. Cat. 1, 2 prioriteit, cat. 3 en 4 korten bij laag peil (onder -0.20 in de zomer)
5. Maas-Waalkanaal pomp 15 m³/s, conform testrun maatregel 17 (zowel in 2050 als 2100 15 m³/s capaciteit)

Pakket 5 = IJsselmeer 90cm, Markermeer 50 cm, KWA 15 m³/s

1. Ga uit van de cases van pakket 1;
(VZM zoet blijft zo; idem districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit).
2. Gebruik weer de originele zoutfiles ipv de bellenpluim zoutfiles
3. Aanpassing peilbeheer IJsselmeer/Markermeer
Peilbeheer IJsselmeer/Markermeer 90 resp. 50 cm buffer (-0.40 tot +0.50 IJsselmeer, en -0.40 tot +0.10 Markermeer) op basis van testrun maatregel 8
 - o Winterpeil -0.40
 - o Zomerpeil tussen -0.30 (kritiek peil1) en +0.10 of +0.50 m (streefpeil voor Markermeer resp. IJsselmeer)
 - o Ivm peilverschil IJsselmeer-Markermeer de lozingscapaciteit afhankelijk gemaakt van peilverschil
 - o (is nog voor alle cases identiek)
4. KWA 15 m³/s volgens testrun maatregel 14
 - o NDS: verdeelsleutels (identiek voor alle cases)
 - o LNKS: takcapaciteiten KWA

Pakket 6 = IJM/MM 20 cm buffer, Panheel

1. Ga uit van de cases van pakket 1;
(VZM zoet blijft zo; idem districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit).

2. Gebruik de originele zoutfiles, niet de bellenpluim zoutfiles
3. Geen aanpassing peilbeheer IJsselmeer
4. Panheel capaciteit 6m³/s extra (totaal 12), testrun maatregel 18.
De beschikbaarheid vanuit Maas (verdeelsuettel 6005) niet volgens de testrun implementatie, maar dichterbij oorspronkelijke formulering. Alleen nu bij lage Maasafvoeren tot 12 m³/s (ipv 6) beschikbaar, indien niet nodig voor hoge prioriteit watervragen op de Maas en Lateraalkanaal.

Pakket 7 = IJM/MM 20 cm buffer, VZM zout

1. Ga uit van de cases van pakket 1; (districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit ongewijzigd).
2. Gebruik de originele zoutfiles, niet de bellenpluim zoutfiles
3. Geen aanpassing peilbeheer IJsselmeer
4. VZM zout (testrun maatregel 19, vgl. SPAWVD 2012 som4 VZM Zout)
 - o Doorspoeling tak 6094 25 m³/s jaarrond met prioriteit 2 (in SPAWVD 22.5 ipv 25 genomen)
 - o Inlaat Oosterhout en Donge geen aanpassing in vgl. met VZM zoet, max. 10.7 inlaat via Markduiker/Marksluis
 - o Doorspoeling Dintel en Vliet met hoge prioriteit ivm zoutbestrijding ieder 4.5 m³/s met hoge prioriteit (prio 3), gewenst 5 m³/s elk met prio 8.
 - o Inlaat Rode Vaart max. 12.5 m³/s, uit Hollands Diep (6015)
 - o Knoop 6088 vraagt 55% via Roode Vaart, 45% via Oosterhout.
 - o Geen compensatie gewenst debiet enkele m³/s op de Lek zoals in SPAWVD
 - o Geen aanvoer (NDS) meer uit VZM
 - o DWKEYS: geen onttrekkingen uit 6017, 6018, 6019, verplaats naar 6016 Haringvliet/HollandsDiep (D761 Oostflakkee) of West Brabant 5084 (D136 Philipsland, D952 en D953 Tholen, D271 Reigersbergsche polder)
 - o Aanvulling na testen: omdat in principe geen beschikbaarheidbeperkingen bij Oosterhout en Roode Vaart, dit realiseren door afvoer van takje Waal naar Maas/Amer (tak 60911 van knoop 6023 naar 6014) verhogen van de capaciteit van 20 naar 25, gewenst debiet van 10 naar 15. Indien dit niet gedaan wordt, zakt in droge perioden de afvoer bij Dintel en Vliet naar bijna nul, en dat is niet de bedoeling.

Pakket 8 = IJM/MM 40 cm buffer, Extra afvoer naar IJssel (100 m³/s)

2. Ga uit van de cases van pakket 1; (VZM zoet, districtinlaatcapaciteit, takcapaciteit ongewijzigd).
3. Gebruik de originele zoutfiles, niet de bellenpluim zoutfiles
4. Aanpassing peilbeheer IJsselmeer volgens pakket 2 (testrun maatregel 7)
5. Extra afvoer over IJssel (100 m³/s) als peil IJsselmeer wegzakt (testrun maatregel 11); als peil onder de -0.10 zakt in de zomer wordt tot max. 100 m³/s extra water vanuit de Waal naar de IJssel gestuurd. Merk op dat in extreme gevallen (2100 WP, 1976) eind oktober/begin november extra water naar de IJssel gestuurd kan worden om het minimum peil van -0.40 te handhaven.

E Uitgangspunten voor implementatie van de Kleinschalige Water Aanvoerroute in het Deltamodel

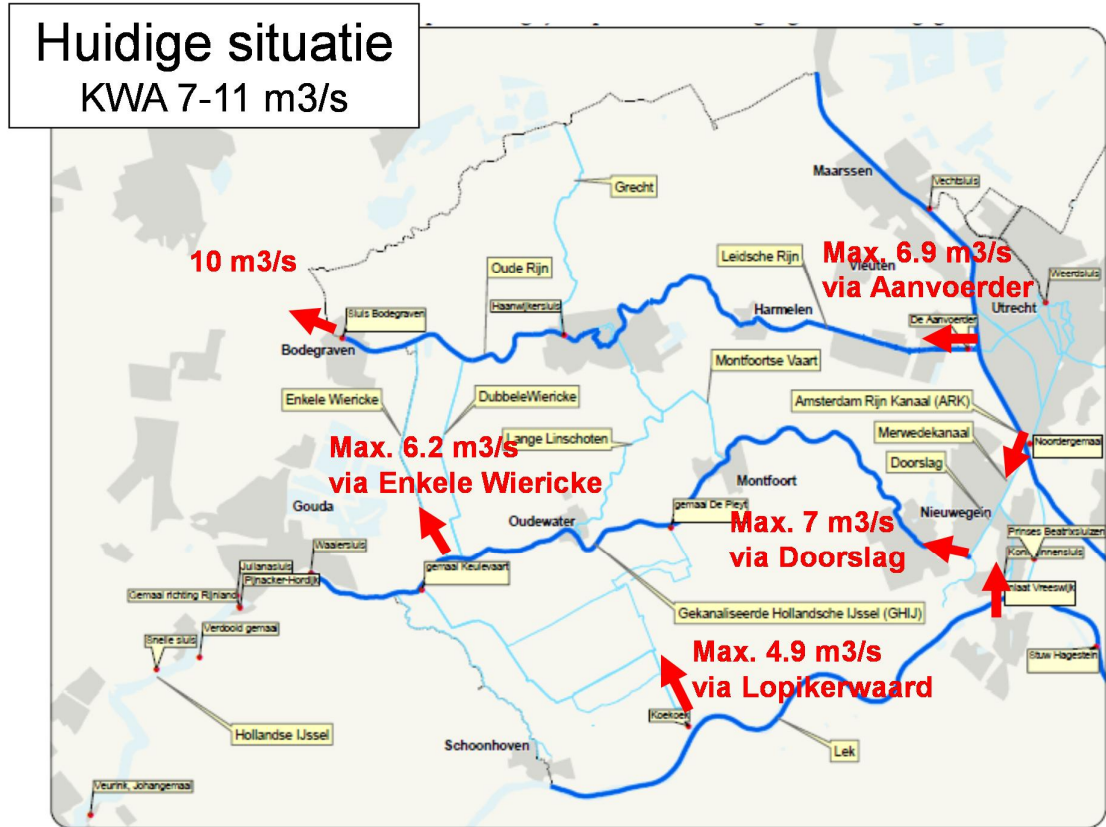
Onderstaande figuren geven de maximale capaciteiten op cruciale plekken voor de verschillende varianten van KWA maatregelen weer.

Voor de huidige situatie is de afspraak in het waterakkoord dat er 7 m³/s bij Bodegraven, binnen komt, waarvan 3 m³/s wordt doorgevoerd naar Delfland/Schieland (1 m³/s voor Schieland). De capaciteit is echter veel groter. In mei/juni 2011 is bijvoorbeeld tot 11 m³/s bij Bodegraven doorgevoerd. Bij Bodegraven kan tot 25 m³/s passeren (in natte wintersituaties bijvoorbeeld), maar hier zijn de aanvoercapaciteiten van de bovenstroomse inlaatpunten beperkend, waardoor er voor de KWA dus minder beschikbaar is. De actuele aanvoer bij Bodegraven hangt sterk af van het lokale gebruik binnen HDSR, die nog van de maximale aanvoer afgehaald kan worden.

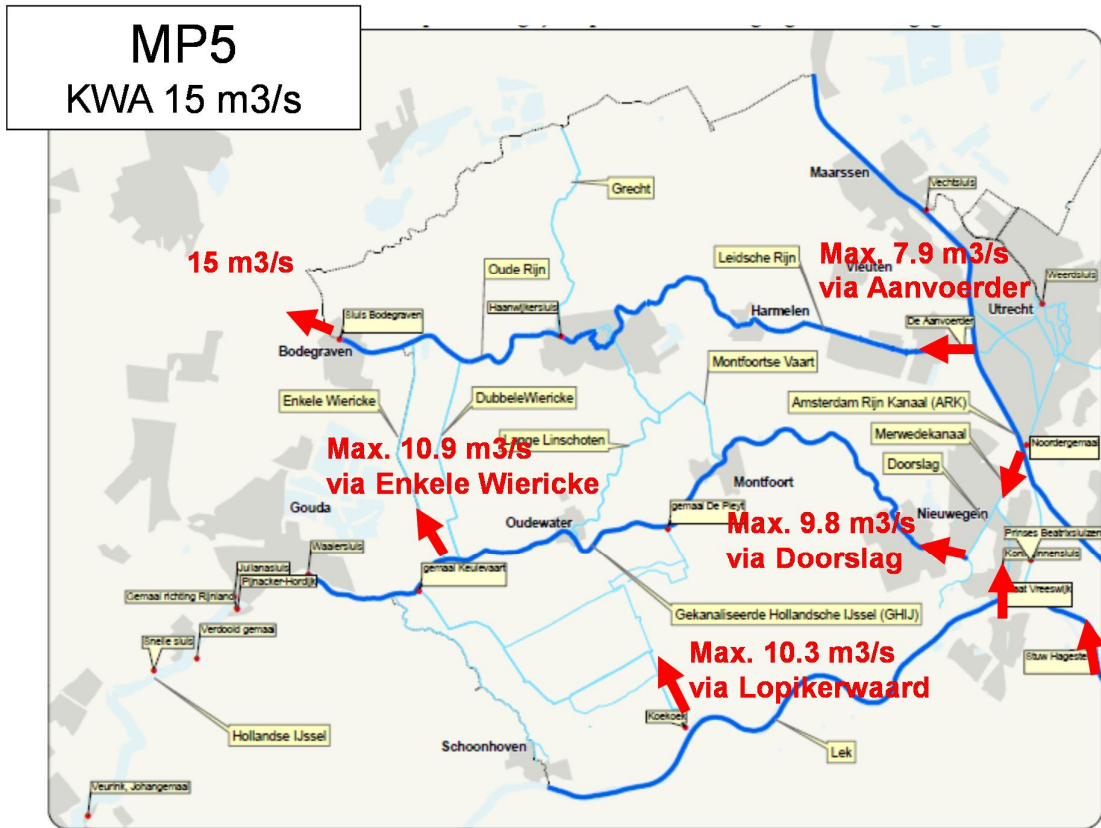
Voor de maatregel waarbij de KWA capaciteit wordt uitgebreid naar 15 m³/s variant wordt nog steeds alles via Bodegraven aangevoerd. Deze maatregel zou ook zo ingesteld kunnen worden dat er maximaal 12 m³/s via Bodegraven en 3 m³/s via Gouda wordt aangevoerd. Dit is een nadere detaillering van de maatregel.

In de maatregel met een aanvoercapaciteit van 24 m³/s via de KWA wordt 50% aangevoerd via Bodegraven en 50% via Gouda.

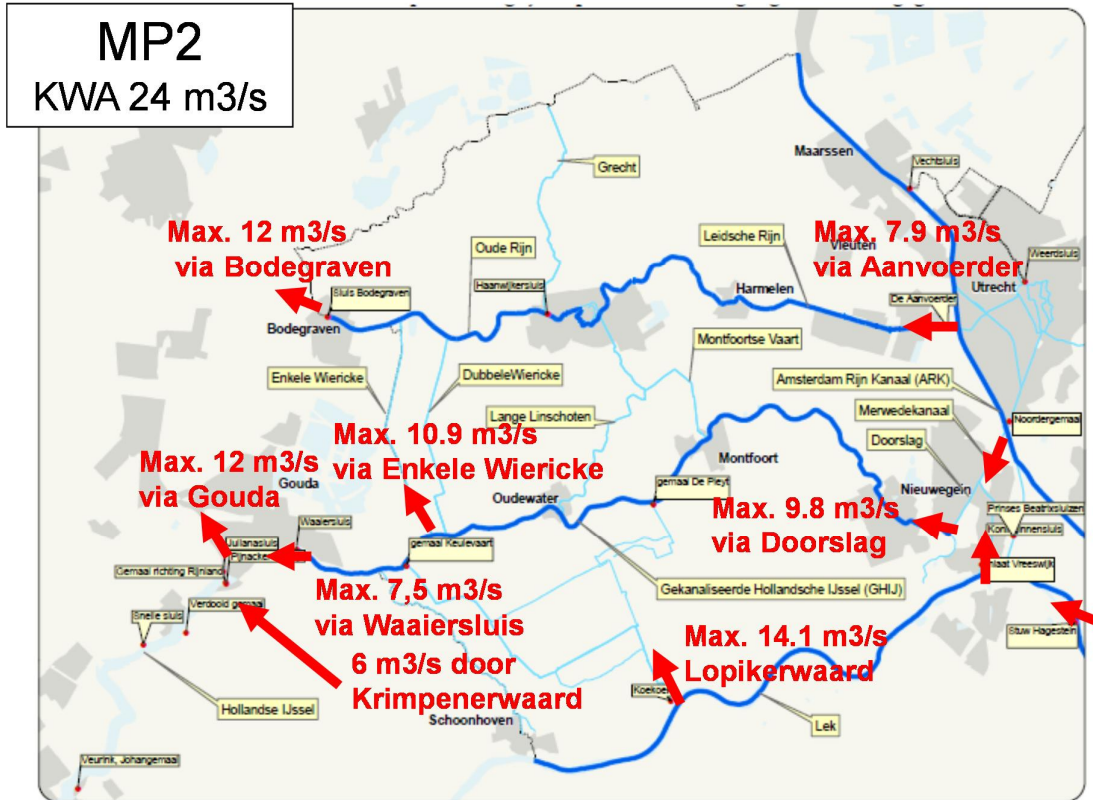
De aanvoer bij Doorslag komt in de huidige situatie vooral via het Noordergemaal. Bij de maatregelen wordt ook water aangevoerd via o.a. Vreeswijk.



Figuur E.1 Huidige aanvoer capaciteit via KWA

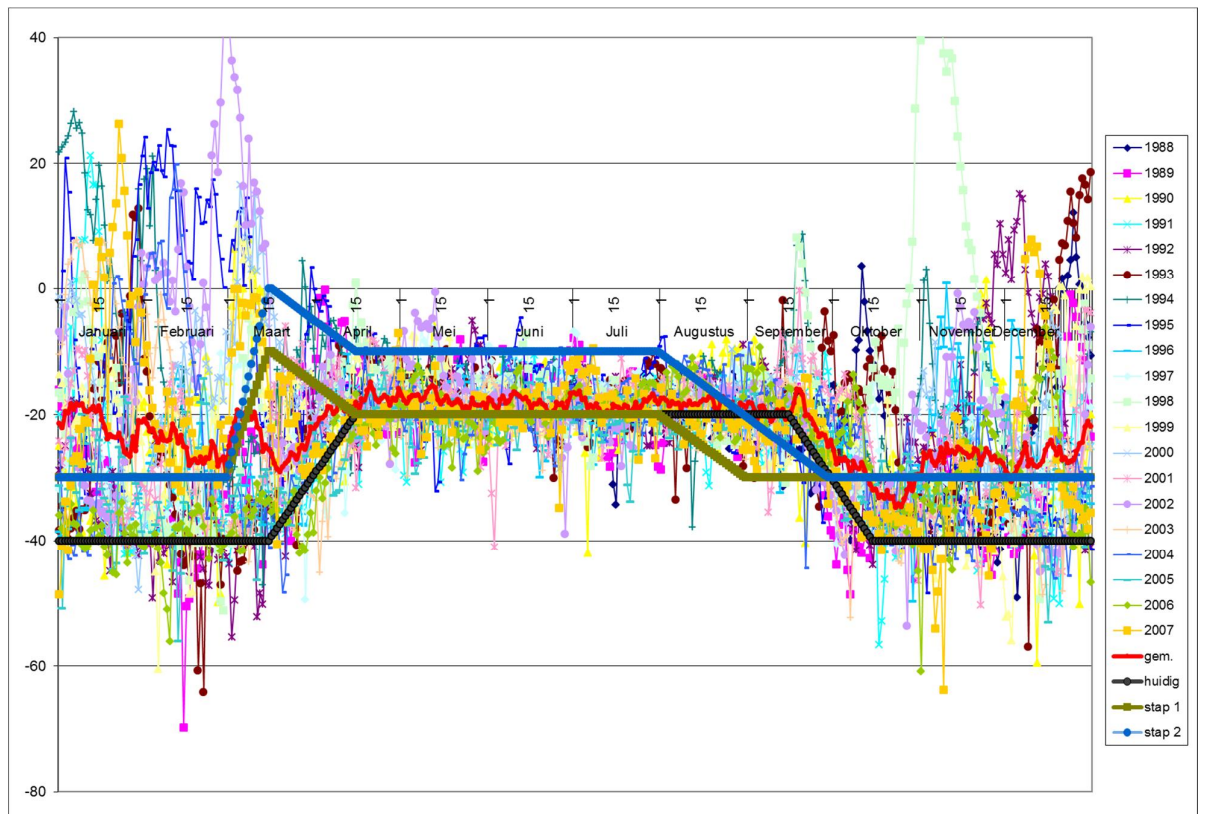


Figuur E.2 Implementatie van een uitbreiding van de huidige KWA naar 15 m³/s.



Figuur E.3 Implementatie van een uitbreiding van de huidige KWA naar 24 m³/s

F Peilverloop IJsselmeer in de huidige situatie en bij de flexibiliseringsmaatregelen volgens Deelprogramma IJsselmeergebied



Figuur F.1 Weergave van de meetreeksen van het peil op het IJsselmeer bij Den Oever 1988-2007. Met de rode lijn is het gemiddelde peil (NAP) over de afgelopen jaren weergegeven. De zwarte lijn is het huidige streefpeil, de groene lijn het streefpeil na flexibiliseringsstap 1 en de blauwe lijn het streefpeil na flexibiliseringsstap 2 volgens Deelprogramma IJsselmeergebied. (Maarse en Noordhuis, 2013)

G Uitgangspunten en aanpak effectbepaling voor terrestrische natuur

Voor terrestrische natuur zijn de effecten bepaald met de modellen DEMNAT (Van Ek et al., 2000) en PROBE-Waternood (Witte et al., 2010, Van Ek et al., 2014 in prep.). Het NHI levert de hydrologische invoer voor de effect modellen. Voor DEMNAT is NHI invoer beschikbaar afgeleid van karakteristieke weerjaren waarbij alleen uitvoer voor gemiddelde condities relevant is. Dergelijke NHI uitvoer is gebruikt om effecten van het hoofwatersysteem op terrestrische natuur door te rekenen. Daarnaast is NHI uitvoer geleverd gebaseerd op 30 jarige reeksen. Deze NHI uitvoer is gebruikt voor het doorrekenen van de scenario's aangegeven in Tabel G.1. Deze NHI uitvoer is gebruikt voor effectbepaling met zowel DEMNAT als PW. De modelconcepten van DEMNAT en PW verschillen. DEMNAT leidt zijn uitgangssituatie af uit waargenomen plantensoorten (kaarten van ecotoopgroepen op basis van FLORBASE-2N). Dit is het vertrekpunt voor de effectberekening. PW geeft het potentieel voorkomen van ecotoopgroepen aan op basis van de milieucondities. De modelrelaties in PW zijn meer klimaatrobust. Het PW model is erg gevoelig voor de betrouwbaarheid van de NHI uitkomsten. Uit een eerdere analyse is gebleken dat het NHI de natuurgebieden te lage grondwaterstanden simuleert (Witte et al., 2011). Daardoor wordt het potentieel voorkomen van relevante natte ecotoopgroepen onderschat.

Voor DEMNAT is NHI invoer beschikbaar waarbij maatregelenpakketten zijn doorgerekend voor het hoofwatersysteem. Deze maatregelenpakketten bleken echter nauwelijks van invloed op de grondwaterstand. Hierdoor zijn ook nauwelijks effecten te verwachten voor binnendijkse natuur en hierover zal dan ook niet worden gerapporteerd. Wel relevant zijn de effecten van klimaatscenario's en de effecten van regionaal maatregelenpakket 1 (mp9).

Tabel G.1 Situaties doorgerend voor terrestrische natuur

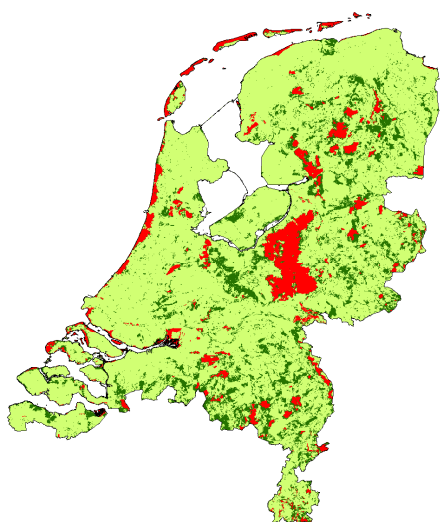
Situaties zonder maatregelen	Situaties met maatregelen
Huidig	
Druk 2050	Druk 2050 met regionaal maatregelenpakket 1
Druk 2100	
Warm 2050	Warm 2050 met regionaal maatregelenpakket 1
Warm 2100	Warm 2100 met regionaal maatregelenpakket 1

De uitkomsten van beide modellen zijn vertaald naar de beleidsindicatoren areaal, kwaliteit en natuurwaarde, conform Polman et al., 2013. PW levert specifiek uitkomsten voor natuurgebieden. DEMNAT levert landsdekkende resultaten, zodat ook een uitspraak kan worden gedaan over natuur buiten natuurgebieden. De beleidsindicatoren zijn uitgesplitst naar arealen met habitatrichtlijn (HR), nationaal beschermde natuur (EHS) en – in het geval van DEMNAT – buitengebied. In Tabel G.2 zijn de landelijke arealen per type gebied en scenario aangegeven.

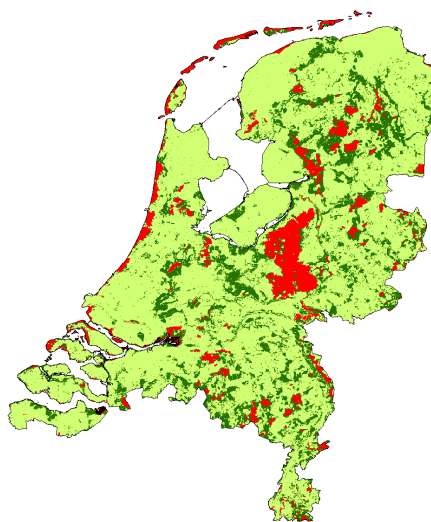
Tabel G.2 Landelijke arealen per type gebied en scenario

Scenario	Habitatrichtlijn [km2]	EHS [km2]	Buitengeb [km2]	HR+EHS [km2]
Huidig	2835.19	3824.63	28345.69	6659.81
Druk2050	2835.19	5153.75	27016.56	7988.94
Druk2100	2835.19	6639.88	25530.44	9475.06
Warm2050	2835.19	4252.88	27917.44	7088.06
Warm2100	2835.19	4744.44	27425.88	7579.63

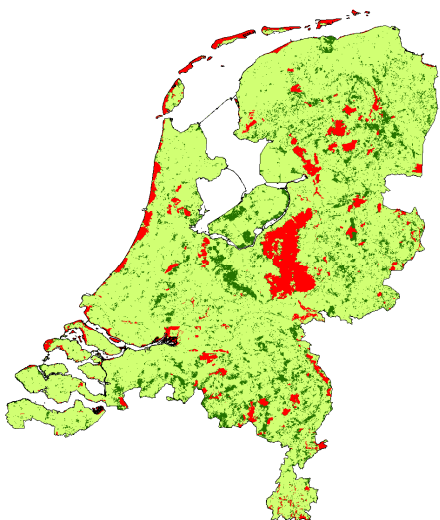
De ligging van de arealen is aangegeven in de onderstaande kaarten en vormen invoer voor de ecologische effectberekeningen.



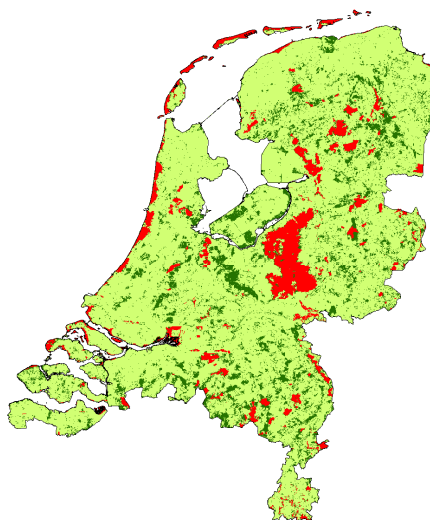
Druk2050



Druk2100



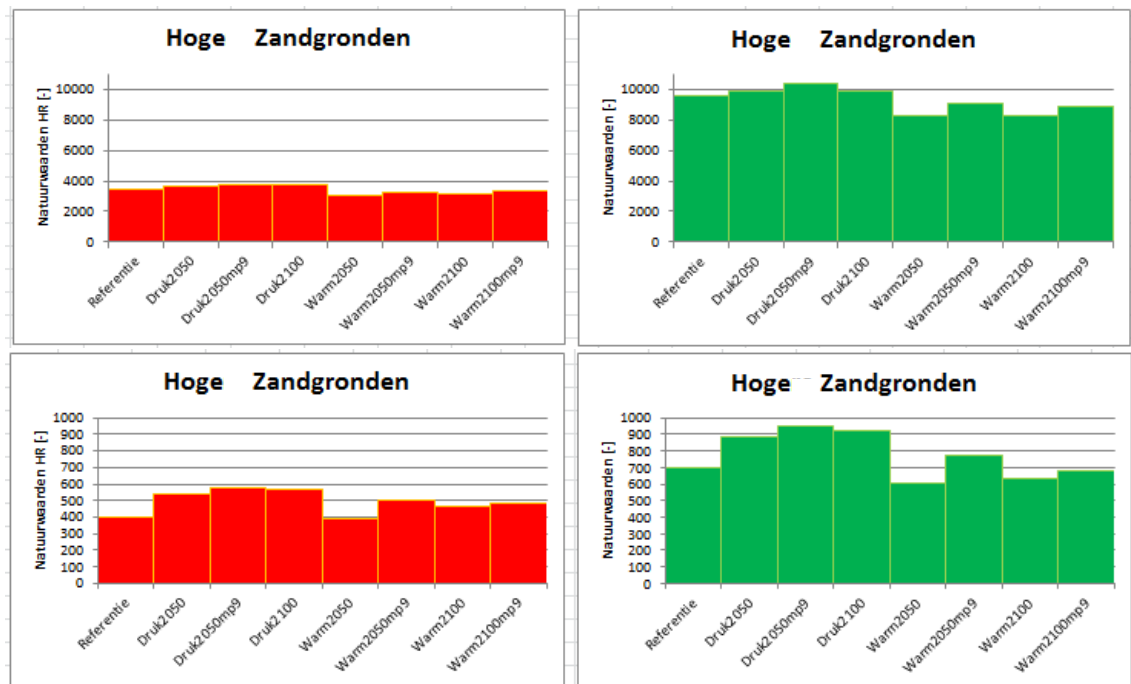
Warm2050



Warm2100

Rood = Habitatrichtlijngebied, **Donkergroen** = EHS, **Lichtgroen** = Buitengebied

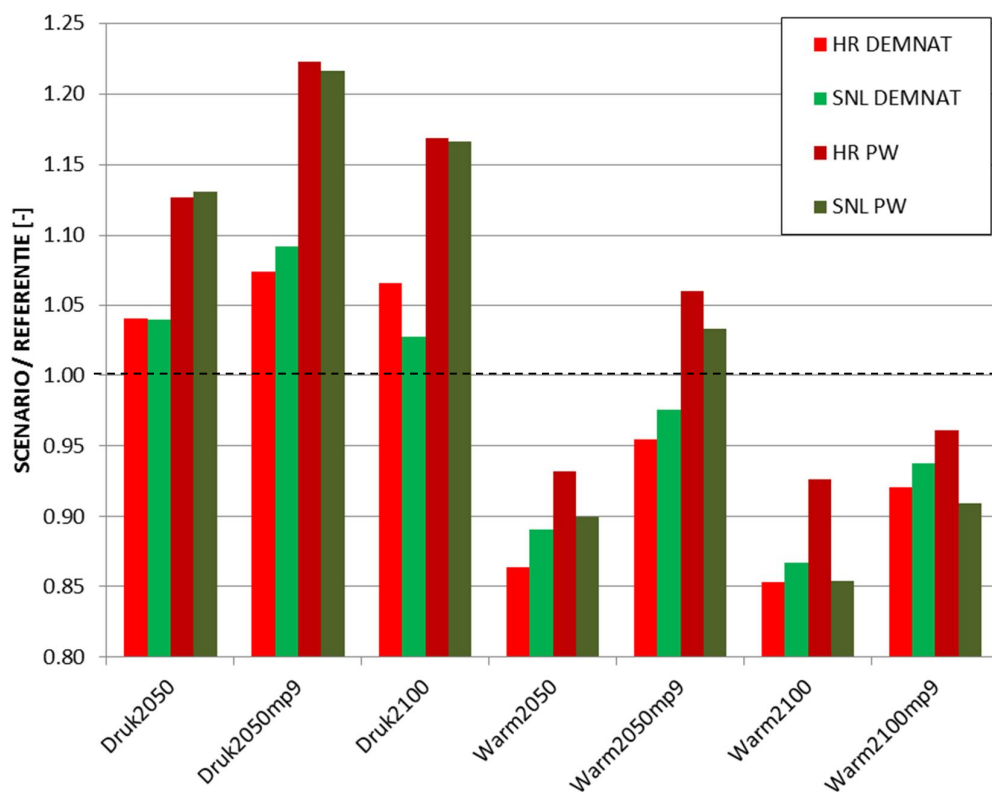
Het kleinste areaal natuur is aangegeven voor de huidige situatie en het grootste areaal voor scenario Druk2100. Bij de interpretatie van de effecten dient rekening te worden gehouden dat de deze een functie zijn van veranderingen in de hydrologie (de klimaatscenario's) en landgebruik (de verschillende arealen natuur cf. de WLO scenario's). Gecontroleerd is of de modellen DEMNAT en PW vergelijkbare resultaten geven bij vergelijkbare scenario's. Dit is gedaan voor scenario's waarbij het landgebruik (areaal natuur) gelijk is gehouden, en voor scenario's waarbij naast klimaat ook het landgebruik varieert (de deltasenario's). De resultaten staan weergegeven in Figuur G.1 en Figuur G.3.



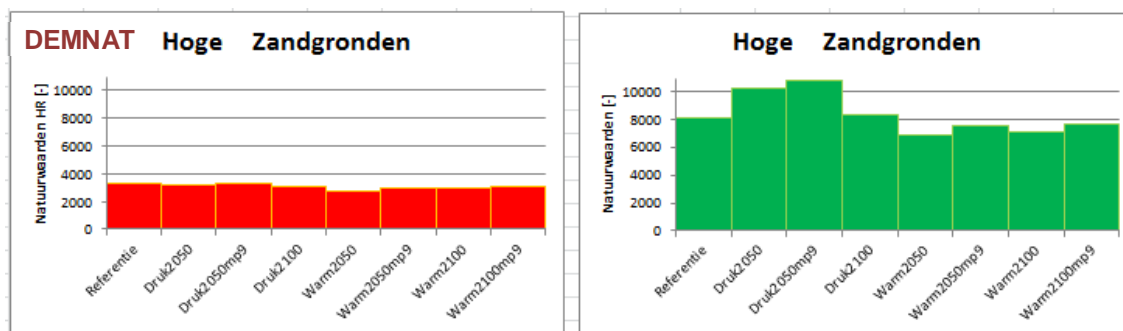
Figuur G.1 Natuurwaardesom van de natte en vochtige ecosysteemtypen in het knelpuntgebied Hoge Zandgronden berekend met DEMNAT en PW per scenario waarbij landgebruik constant is gehouden. Bovenste grafieken hebben betrekking op DEMNAT en de onderste op PW. De rode staafdiagram geeft de natuurwaardesom binnen habitatrichtlijngebieden, en donkergroen de natuurwaardesom voor de EHS.

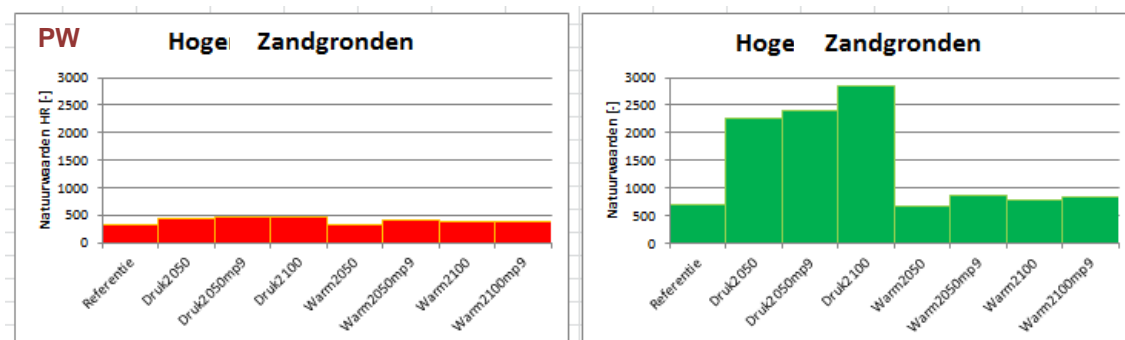
Figuur G.1 laat zien dat ondanks dat er heel verschillende modellen zijn gebruikt voor het doorrekenen van de scenario's de verdeling van natuurwaarden per scenario tocht vergelijkbaar is. Het scenario Druk 2050 met mp9 laat de hoogste natuurwaardesom zien en Warm 2100 de laagste som. Dit is ook wat je zou verwachten op basis van de hydrologische effecten. Wel valt op dat de effecten relatief wat sterker zijn bij het PW model. Dit komt ook tot uiting als we de natuurwaardesom per model en per scenario delen door de natuurwaardesom in de referentiesituatie. Dit staat weergegeven in Figuur G.2. PW blijkt relatief sterkere ecologische effecten te geven dan het model DEMNAT voor vergelijkbare scenario's.

Dit komt waarschijnlijk doordat het model PW niet uitgaat van enige demping op herstel na een vernattingsscenario. PW geeft vooral een potentiële kans op natuurwaarden. Het DEMNAT model laat relatieve kleinere verschillen zien tussen de scenario's en gaat wel uit van enige demping als gevolg van onomkeerbare veranderingen in de bodem. Beide modellen laten een forse respons zien op het regionale maatregelenpakket. Bij beide modellen is sprake van een flinke toename in natuurwaarden.



Figuur G.2 Natuurwaardesom van de natte en vochtige ecosysteemtypen per model (DEMNAT of PW), type gebied (HR of SNL) en scenario met constant landgebruik. **Het meer klimaat robuuste model PW laat relatief sterkere effecten zien dan DEMNAT.**





Figuur G.3 Natuurwaardesom van de natte en vochtige ecosysteemtypen in het knelpuntgebied Hoge Zandgronden berekend met DEMNAT en PW per scenario waarbij landgebruik varieert per deltasenario. Bovenste grafieken hebben betrekking op DEMNAT en de onderste op PW. De rode staafdiagram geeft de natuurwaardesom binnen habitatrichtlijngebieden, en donkergroen de natuurwaardesom voor de EHS.

Figuur G.3 laat de natuurwaardesom per scenario zien voor DEMNAT (boven) en PW (onder) in het geval dat het areaal natuur wel kan variëren. Door de verschillen bij DEMNAT in areaal per scenario verschillen ook de natuurwaardesommen per scenario sterker. Bij PW treedt dit evenwel nog veel sterker op. Dus hoewel DEMNAT en PW bij gelijke arealen qua modeluitkomsten redelijk overeenkomen, blijkt het modelconcept van PW toch sterk te reageren op de veranderingen in arealen. In Van Ek et al., 2014 in prep zijn de PW uitkomsten voor de referentiesituatie vergeleken met vegetatiemeetgegevens. Daaruit bleek dat de overeenkomst tussen modelresultaat en meting van PW voor wat betreft de ecotoopgroepkaarten nog weinig met elkaar overeen te komen. Daar is er voor gekozen om in de hoofdttekst hoofdzakelijk de DEMNAT resultaten weer te geven, en dan alleen voor natuurwaarden. Natuurwaarden van DEMNAT zijn gebaseerd op de som van de botanische volledigheid per scenario. Het is een integratie van de kwaliteit en kwantiteit van aanwezige ecosysteemtypen (in termen van ecotoopgroepen ofwel homogene combinaties van vegetatiestructuur en standplaatstype). Door de volledighedsom te vermenigvuldigen met de natuurwaarde kan een totale natuurwaarde per scenario worden verkregen. Dit geeft het beste een samenvatting van de effecten van een scenario.

In dit rapport zijn niet de resultaten per beleidsindicator areaal en kwaliteit opgenomen omdat ze nog veel vragen opwerpen (areaal, hoe bepaald) en de lezer om begrijpelijke redenen op een verkeerd been kunnen zetten (gemiddelde kwaliteit). Ook staat de wijze waarop DEMNAT resultaten het beste met PW resultaten kunnen worden vergeleken nog open voor discussie. De PW resultaten zijn relatief nieuw en geanalyseerd, maar vanwege de gevoeligheid voor NHI uitvoer niet opgenomen in de rapportage. Vandaar dat vooral de resultaten in termen van natuurwaarden voor DEMNAT-3 zijn opgenomen.

Tabel G.3 geeft een omschrijving van de ecotoopgroepen die door DEMNAT-3.0 zijn onderscheiden.

Tabel G.3 De 18 ecotoopgroepen die in DEMNAT-3.0 worden onderscheiden

code	omschrijving (<i>landschapstype</i>)
A12	Verlandings- en zoetwatervegetaties van voedselarme, zwak zure wateren (<i>vennen, duinmeren</i>)
A17	Verlandings- en zoetwatervegetaties van matig voedselrijke wateren (<i>sloten en plassen in laagveengebieden en nattere zandstreken</i>)
A18	Verlandings- en zoetwatervegetaties van zeer voedselrijke wateren (<i>sloten en plassen in laagveen- en kleigebieden</i>)
bA10	Verlandings- en zoetwatervegetaties van brakke wateren (<i>sloten en plassen in brakke polders, inlagen</i>)
K21	Pionier- en graslandvegetaties op natte, voedselarme zure bodems (<i>natte heiden en hoogvenen</i>)
K22	Pionier- en graslandvegetaties op natte, voedselarme zwak zure bodems (<i>veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden, kalkarme duinvalleien</i>)
K27	Pionier- en graslandvegetaties op natte, matig voedselrijke bodems (<i>hooilanden in het laagveen en in de middenloop van beekdalen</i>)
K28	Pionier- en graslandvegetaties op natte, zeer voedselrijke bodems (<i>ruigtes langs rivieren en sloten, nat cultuurgrasland</i>)
bK20	Pionier- en graslandvegetaties op natte, brakke bodems (<i>natte graslanden in brakke polders</i>)
bK40	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, brakke bodems (<i>vochtige graslanden in brakke polders</i>)
K41	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, voedselarme zure bodems (<i>vochtige heiden</i>)
K42	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, voedselarme zwak zure bodems (<i>heischrale graslanden, kalkarme duinvalleien</i>)
H22	Bossen en struwelen op natte, voedselarme zwak zure bodems (<i>bronbossen</i>)
H27	Bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (<i>elzenbroekbos, nat hellingbos</i>)
H28	Bossen en struwelen op natte, zeer voedselrijke bodems (<i>rivierbossen, grienden</i>)
H42	Bossen en struwelen op vochtige, voedselarme zwak zure bodems (<i>loofbossen op zandgronden</i>)
H47	Bossen en struwelen op vochtige, matige voedselrijke bodems (<i>parkachtige bossen, loofbossen</i>)

Effect van maatregelen in het hoofdwatersysteem

Met DEMNAT zijn ook een groot aantal maatregelenpakketten doorgerekend die betrekking hebben op het hoofdwatersysteem. De effecten vertalen zich daarbij vooral in en verandering in de inlaat van systeemvreemd water. Het DEMNAT model interpreteert deze effecten veelal als negatief onder de aanname dat meer inlaat van systeemvreemd water leidt tot een toename in interne eutrofiering, met name voor kleine wateren op veengronden. Meer inlaat leidt dan tot een afname in de semi-aquatische ecotoopgroepen A12, A17 en A18. Meer inlaat van rivierwater kan ook leiden tot een verzoeting van regionale watersystemen die onder invloed staan van verzilting. Binnen DEMNAT leidt dit tot een afname van de brakke ecotoopgroep bA10. De dosis 'percentage inlaat systeemvreemd water' is echter niet

eenduidig omdat meer inlaat zowel tot positieve als negatieve effecten kan leiden. Positieve effecten zijn bijvoorbeeld mogelijk wanneer het oppervlaktewater sterk onder invloed staat van meststoffen vanuit de veeteelt (bijvoorbeeld Friese boezem).

Over het algemeen waren de effecten berekend met DEMNAT voor de aquatische ecotoopgroepen van de maatregelen in het hoofdwatersysteem dermate klein dat de resultaten niet zijn opgenomen in deze rapportage.

Definitie natuurwaarden

Zowel het model DEMNAT als PROBE kan de ecologische effecten vertalen naar natuurwaarden. Effecten in zeldzame typen worden vaak vanuit natuurbehoudswaarde belangrijker gevonden dan veranderingen in algemene ecosysteemtypen. Om effecten te kunnen wegen naar hun belang voor natuurbehoud of te kunnen sommeren per gebied of per scenario is het gewenst om ecologische modellen te voorzien van een natuurwaarderingmodule. Door de effecten in termen van verandering in soortenrijkdom en verspreiding te vertalen naar natuurwaarden kunnen de ecologische effecten per scenario worden geaggregeerd en verschillende scenario's onderling worden vergeleken.

De natuurwaardering van DEMNAT gaat uit van twee principes:

1. *Hoe zeldzamer, hoe waardevoller*: Het ecosysteemtype met de laagste aanwezigheid A krijgt de hoogste waarde W.
2. *Hoe meer, hoe beter*: Als een ecosysteemtype zich uitbreidt dan wordt dat positief beoordeeld, ongeacht of dit een algemeen of zeldzaam type is.

Een natuurwaarde is daarmee een getal met relatieve betekenis die een weging geeft aan een ecosysteem. De formule voor DEMNAT voor de natuurwaardering is:

$$W = (A_{\max} / A)^{0.64} \quad (\text{Witte, 1996})$$

Met

W = natuurwaarde

A_{max} = maximale aanwezigheid c.q. algemeenheid (W is dan 1).

A = aanwezigheid c.q. algemeenheid

De afleiding van deze formule staat beschreven in Witte (1998). De validiteit van deze natuurwaardering is uitgebreid getest aan de hand van van het oordeel van externe experts op het vlak van botanische natuur (Witte, 1996; Witte & Strasser, 2010).

PROBE hanteert een natuurwaardering gebaseerd op de Gelderlandmethode. Deze methode vertoont een hoge mate van correlatie met de DEMNAT natuurwaarderingmethode (Witte & Strasser, 2010).

H Uitgangspunten en aanpak effectbepaling droogteschade

De droogteschade wordt in deze studie berekend met NHI-Agricom (Mulder et al, 2013). Er wordt alleen gekeken naar de droogteschade aangezien de natschade en zoutschade berekend met NHI-Agricom geen representatief beeld geeft van de werkelijkheid.

Er is een aanpassing uitgevoerd op de gewaswaarde zoals gebruikt in Agricom. De gewaswaarde in Agricom is landelijk uniform. Dit is komt echter niet overeen met de werkelijkheid waar bijvoorbeeld binnen de categorie "aardappels" een verschil in de gewaswaarde optreedt door verschillende teelten (zoals bijvoorbeeld pootaardappelen en consumptieaardappelen). De grootste verschillen in gewaswaarde treden op in het NHI landgebruik categorie "overig".

Het LEI (contactpersoon Nico Polman) heeft regionale factoren bepaald op de langjarig gemiddelde gewasopbrengsten per hectare. De afgeleide regionale gewasopbrengsten per regio en de gebruikte correctiefactoren ten opzichte van de Agricom getallen zijn beschreven in onderstaande tabellen.

Tabel H.1 Langjarige gemiddelde gewasopbrengst (in €/ha).

Gebied	Regio	Gras	Mais	Aard-appelen	(suiker)-bieten	Granen	Overig	Boomteelt	Boom-gaard	Bollen
Zuidelijk zandgebied – MLNBK	2	716	2000	4999	2983	1139	12622	42626	38103	32073
Zuidelijk zandgebied – overige	3	739	2000	5090	2977	1136	14303	43382	27793	26163
Centrale Hoge Zandgebieden	4	1255	2000	3722	2933	986	10736	33653	19840	26496
Oostelijk zandgebied	5	1187	2000	3352	2986	1059	4000	58443	19990	28937
Rivierengebied – noord	6	1242	2000	5636	2988	1229	7504	25621	21181	21200
Rivierengebied – zuid	7	996	2000	5321	2985	1222	5448	41476	19213	21200
Fries Gronings kustgebied	8	1218	2000	5222	2988	1193	1341	42982	20684	27745
Noord Holland	9	1072	2000	7669	2988	1218	8331	18950	19783	21512
MW/N - extern verzilt	10	1256	2000	5704	2989	1244	24257	66270	12233	22955
MW/N - niet extern verzilt	11	1275	2000	5145	2990	1183	22325	44914	21569	20938
ZWD - met aanvoer	12	921	2000	5621	2989	1246	3118	40936	18797	18762
ZWD - zonder aanvoer	13	876	2000	5918	2988	1245	812	31935	16980	22667
Limburg	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IJsselmeerpolders	15	673	2000	6659	2988	1229	1118	25055	19093	22074
IJssel-Vecht	16	1219	2000	2638	2986	1062	7671	81685	21352	35369
Drents plateau	17	1067	2000	2471	2989	983	8801	54320	34037	33284
Agricom		1355	2000	4995	2986	1103	3697	56000	20009	26122

Tabel H.2 Gebruikte regionale correctiefactoren tov van Agricom langjarig gemiddelde gewasopbrengsten.

Gebied	Regio	Gras	Mais	Aard-appelen	(suiker)-bieten	Granen	Overig	Boomteelt	Boom-gaard	Bollen
Zuidelijk zandgebied – MLNBK	2	0.53	1.00	1.00	1.00	1.03	3.41	0.76	1.90	1.23
Zuidelijk zandgebied – overige	3	0.55	1.00	1.02	1.00	1.03	3.87	0.77	1.39	1.00
Centrale Hoge Zandgebieden	4	0.93	1.00	0.75	0.98	0.89	2.90	0.60	0.99	1.01
Oostelijk zandgebied	5	0.88	1.00	0.67	1.00	0.96	1.08	1.04	1.00	1.11
Rivierengebied – noord	6	0.92	1.00	1.13	1.00	1.11	2.03	0.46	1.06	0.81
Rivierengebied – zuid	7	0.74	1.00	1.07	1.00	1.11	1.47	0.74	0.96	0.81
Fries Gronings kustgebied	8	0.90	1.00	1.05	1.00	1.08	0.36	0.77	1.03	1.06
Noord Holland	9	0.79	1.00	1.54	1.00	1.10	2.25	0.34	0.99	0.82
MWN - extern verzilt	10	0.93	1.00	1.14	1.00	1.13	6.56	1.18	0.61	0.88
MWN - niet extern verzilt	11	0.94	1.00	1.03	1.00	1.07	6.04	0.80	1.08	0.80
ZWD - met aanvoer	12	0.68	1.00	1.13	1.00	1.13	0.84	0.73	0.94	0.72
ZWD - zonder aanvoer	13	0.65	1.00	1.18	1.00	1.13	0.22	0.57	0.85	0.87
Limburg	14	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
IJsselmeerpolders	15	0.50	1.00	1.33	1.00	1.11	0.30	0.45	0.95	0.85
IJssel-Vecht	16	0.90	1.00	0.53	1.00	0.96	2.07	1.46	1.07	1.35
Drents plateau	17	0.79	1.00	0.49	1.00	0.89	2.38	0.97	1.70	1.27

In bepaling van de droogteschade's met Agricom zitten de volgende concepten niet verwerkt:

- 1 Prijselasticiteit
- 2 Effecten van de een verandering van de CO2 concentratie op de gewasontwikkeling
- 3 Effecten van een hogere temperatuur op de gewasontwikkeling
- 4 Effecten verlengen van het groeiseizoen waardoor het mogelijk is om eventueel meerdere oogsten per jaar te realiseren.
- 5 Verandering van potentiële opbrengsten per hectare als gevolg van intensivering/extensivering.
- 6 Natschade en zoutschade

I Aanpak effectbepaling scheepvaart

Scheepvaart en het Deltamodel

Het Deltamodel versie 1.1 (Ruijgh, 2013) biedt de mogelijkheid scheepvaartschade als gevolg van beperkingen van de vaardiepte op de belangrijkste scheepvaarttrajecten te berekenen met het model BIVAS. In het Deltamodel gebruikt BIVAS de waterdiepten zoals die berekend worden door LSM Light.

De schade voor de scheepvaart zoals berekend in de scheepvaartmodule van het Deltamodel blijkt echter niet plausibel. De resultaten zoals vorig jaar berekend met SOBEK en BIVAS (Klijn et al., 2012) gaven een geloofwaardig beeld van de schade bij droge en extreem droge jaren (zij het wat aan de lage kant). De scheepvaart-trein binnen het Deltamodel (LSM Light-FEWS-BIVAS) werkt nu onvoldoende om in te zetten voor het Deltaprogramma Zoetwater. BIVAS is niet veranderd sinds eind 2012 en er zijn ook geen aanwijzingen, dat er iets mis is met BIVAS. Er zijn diverse extra controles gedaan inclusief de koppeling met FEWS, maar dit heeft geen afwijkingen opgeleverd. Vanaf de zomer 2013 zijn er verbeteringen uitgevoerd aan de trein wat heeft geleid tot een goede trend (droge jaren brengen grotere kosten met zich mee), maar de orde waarin de schade tot uitdrukking komt is zo laag dat de resultaten van BIVAS-berekeningen in het huidige Deltamodel niet realistisch geacht worden.

Voor de toekomst blijft het van belang dat de scheepvaart-trein in het Deltamodel wordt verbeterd. De ervaringen van dit jaar wijzen des te meer op het belang van een benchmark die als toets fungeert bij de acceptatie na enige aanpassing in het Deltamodel. Dit kan het best uitgevoerd worden door vergelijking van de schades bij een droog jaar. Het jaar 2003 lijkt hiervoor het meest geschikt, omdat er voor dit jaar economische analyses beschikbaar zijn.

Het Deltamodel geeft echter wel inzicht in de te verwachten ontwikkeling van afvoeren en vaardieptes. In dit rapport worden deze gepresenteerd en worden met een simpele methode schadebedragen afgeleid, die inzicht geven in de orde grootte van verschillen tussen verschillende scenario's en maatregelen.

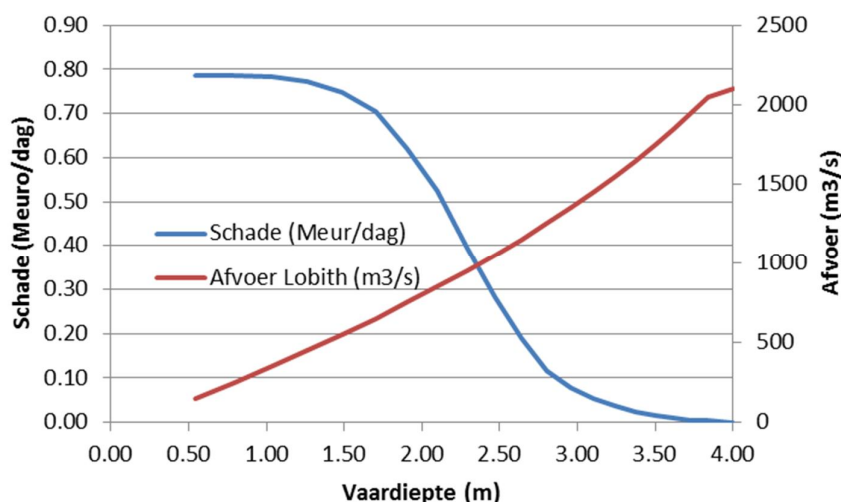
Voor het inschatten van het effect van maatregelen op de vaardiepte en voor het inschatten van de scheepvaartschade is gebruik gemaakt informatie uit de Rekentool, die in fase 3 van DPZW ontwikkeld en toegepast is (Ter Maat et al., 2013). Bij deze sterk vereenvoudigde schadeberekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Alleen de schade die ontstaat door de verhoogde kostprijs voor het vervoer van lading is meegenomen.
- Bij de berekening van de scheepvaartschade is alleen de scheepvaartschade op het traject Nederland- Ruhrgebied beschouwd.
- Het scheepvaartknelpunt, in de vorm van een waterstand – afvoer relatie, is gelijk aan dat van de Droogtestudie (RIZA, 1998) voor de Waal.
- De situatie in Duitsland is als niet beperkend verondersteld.
- Als de beladingsgraad van schepen lager is dan 40% wordt de vaart uitgesteld.
- Uitgestelde vaarten hebben uiteindelijk een kostprijs voor vervoer van de lading die 2* zo hoog is als de normale kostprijs.
- De kostprijs voor vervoer is omgekeerd evenredig met de beladingsgraad.

- Er is gerekend met een gemiddelde kostprijs van 6 euro per ton.

Hoewel met bovenstaande uitgangspunten een belangrijk deel van de scheepvaartschade wordt meegenomen is het zeker niet compleet. Hier geldt dus dat de resultaten indicatief zijn. In de aanpak is de scheepvaartschade gekoppeld aan de afvoer via relaties tussen de afvoer en de vaardiepte en tussen de vaardiepte en de schade.

De relatie tussen afvoer en vaardiepte voor het belangrijkste knelpunt in Nederland bij Nijmegen (Havinga, 2011) is ontleend aan de droogtestudie (1998). De vaardiepte-schaderelatie is afgeleid uit het BIVAS vaarb Bestand (Ter Maat et al., 2013). Beide relaties zijn weergegeven in .

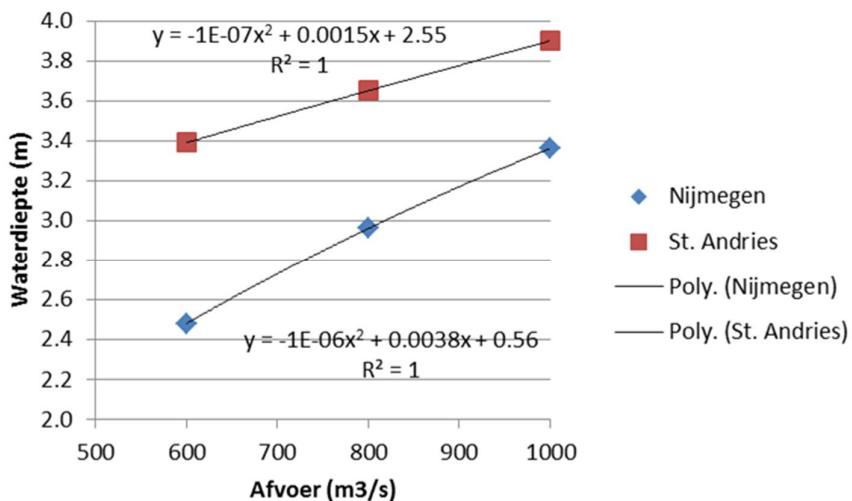


Figuur I.1 Relatie tussen de afvoer bij Lobith en de vaardiepte op de Waal bij Nijmegen (naar Droogtestudie, 1998) en de relatie voor de Waal tussen vaardiepte en scheepvaartschade (naar Ter Maat, 2013).

Uitgangspunt voor de analyse vormen de dagelijkse afvoeren van de Bovenrijn bij Lobith uit de Deltascenario's (Bruggeman et al., 2013). Het debiet van de Waal is hieruit afgeleid conform de debietverdeling uit het Distributiemodel (DM, onderdeel van het NHI en daarmee van het Deltamodel).

Bepaling effect maatregelen bovenstrooms van St. Andries

Waterdiepte – afvoer relaties zijn afgeleid voor Nijmegen en St. Andries van WAQUA resultaten voor afvoeren van 600, 800 en 1000 m³/s (zie Figuur I.1).



Figuur I.2 Relaties tussen de afvoer van de Waal en de vaardiepte bij St. Andries en Nijmegen op basis van WAQUA berekeningen

Vervolgens is de maximale toename van de schade als gevolg van de reductie van de afvoer met $39 \text{ m}^3/\text{s}$ bepaald door te veronderstellen, dat zonder maatregel de vaardiepte bij St. Andries altijd gelijk is aan die bij Nijmegen. Op basis van deze veronderstelling is de toename van de schade eenvoudig af te leiden uit de vaardiepte-afvoer relatie voor St. Andries en de vaardiepte-schade relatie. Het resultaat is weergegeven in Tabel I.1.

Tabel I.1 Vershil in waterdiepte en maximaal verschil in schade per dag bij St. Andries als gevolg van vermindering van de afvoer met 39 m³/s

Afvoer Waal (m ³ /s)	Vershil waterdiepte (m)	Vershil schade (Meuro/dag)
1400	0.04	0.00
1300	0.05	0.00
1200	0.05	0.01
1100	0.05	0.01
1000	0.05	0.02
900	0.05	0.03
800	0.05	0.03
700	0.05	0.03
600	0.05	0.02
500	0.05	0.01
400	0.05	0.01
300	0.05	0.00

Notitie Schade vaardieptebeperking
Ivo ten Broeke, Rijnvaartcommissaris Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Januari 2014

Achtergrond:

Voor het inschatten van de effecten van maatregelen voor het deelprogramma zoetwater is voor de scheepvaart gekeken naar de schade die wordt veroorzaakt door vaardieptebeperking. Hiervoor is met verschillende modellen een verband gelegd tussen de beschikbare waterstanden in een maatgevend jaar bij een bepaald scenario en de consequenties daarvan voor de vrachtprijzen en daarmee de schade voor de scheepvaart. Het inschatten van de schade voor de scheepvaart sector zelf doet geen recht aan de schade veroorzaakt door diepgangsbepering. Die relatie ligt ingewikkelder en effecten zijn op heel andere gebieden merkbaar.

Kwalitatieve beschouwing effecten scheepvaart:

Referentie is de door Nederland met de CCR afgesproken beschikbare aflaaddiepte van 2,80 m. Deze diepte mag gemeten over een gemiddeld jaar uit een 100 jarige reeks niet meer dan 20 dagen per jaar worden onderschreden. Deze waarde is van groot belang voor de scheepvaart, want op basis van deze diepte wordt het rendement bepaald en worden de afmetingen van nieuw te bouwen schepen bepaald. Deze schepen blijven lang (langer dan 60 jaar) in de vaart. De afspraak van 2,80 m wordt gemaakt in het kader van de Akte van Mannheim die bepaalt dat lidstaten continu dienen te werken aan verbetering van de vaarcondities. Beperkingen dienen te worden voorgelegd aan de CCR en kunnen dus niet zelfstandig worden doorgevoerd daar deze strijdig zijn met het internationale verdrag. Feitelijk is het zo dat 2,80 m dus een randvoorwaarde is en geen streefwaarde waarvan naar beneden kan worden afgeweken. Klimaatverandering is natuurlijk een extern effect en kan een lidstaat van de CCR niet worden aangerekend, maar alles dient in het werk worden gesteld om deze 2,80 m te handhaven. Het hanteren van 2,80 m als randvoorwaarde komt nu niet terug in de uitwerking van het deelprogramma zoetwater en dat zou eigenlijk wel moeten.

Het belang van de scheepvaart op de Rijn is vooral verbonden met de economische centra in Nederland en Duitsland. De havens van Rotterdam en Amsterdam worden ernstig belemmerd in hun functioneren als er diepgangsbeperingen optreden. Het vervoer is van groot belang voor het functioneren van grote industriële gebieden in het Ruhrgebied en in de omgeving van Mannheim-Ludwigshafen. Grof gesteld gaat het om de aanvoer van grondstoffen naar deze gebieden en de afvoer van producten van deze gebieden. De omvang van het vervoer op de Rijn is ongeveer de helft van het totale internationale goederenvervoer door Nederland gemeten in gewicht. Bij het bepalen van de schade door vaardieptebeperking moet daarom de schade geleden bij de zeehavens en de schade geleden door de industrie worden verdisconteerd. De inschatting is dat deze schade een orde hoger ligt dan de berekende schade in de scheepvaartmodellen. Bij ernstige beperking van de vaardiepte (= minder dan 2,00 m aflaaddiepte) zullen er bovendien modal shift effecten optreden. De omvang is dusdanig (huidige verdeling water spoor en weg is respectievelijk 50%, 10% en 40%) dat duidelijk zal zijn dat spoor een modal shift van het water zeker niet kan opvangen en de weg in eerste instantie zal leiden tot meer onderhoud, maar al heel snel

zal leiden tot verbreding van autosnelwegen en de aanleg van nieuwe wegen. Hiervoor geldt dat de kosten ook fors kunnen oplopen.

Als je vervolgens nog de aflaaddiepte verder onder de loupe neemt kun je de volgende effecten verwachten, waardoor er zeker geen lineair of verlopend verband is tussen aflaaddiepte en kosten. Er lijkt sprake van 2 punten waar een trendbreuk zal optreden in de effecten. Zoals gezegd is 2,80 m de huidige randvoorwaarde. Indien dit gaat zakken zal tot aan 2,20 m een kostenverhoging optreden, zakt het verder dan treden er modal shift effecten op en komt het in de buurt van 1,50 m dan zal de scheepvaart compleet geblokkeerd worden. Niet moet worden vergeten dat schepen ook een leeg diepgang hebben en bij 1,50 m is die ongeveer bereikt met de huidige vloot. Van deze 1,50 m geldt dat die natuurlijk niet het hele jaar zo laag zal zijn, maar als dat enkele weken wordt zal dat voor veel verladers reden worden om andere vervoersmodaliteiten te gaan gebruiken, want de betrouwbaarheid van het vervoer komt teveel in het geding. Zoals al eerder aangegeven is te verwachten dat de levensduur van de vloot zeker 50 jaar of meer is, wat betekent dat in de periode waarover gekeken wordt niet verwacht mag worden dat er zich een hele nieuwe vloot zal ontwikkelen.

Ervaring met de effecten van 2,00 m en 1,50 m is er op dit moment al. Niet in Nederland, maar wel in Duitsland en Polen. Op de Elbe bijvoorbeeld en op de Donau op het stuk tussen Straubing en Vilshofen komen deze waterstanden regelmatig voor en daar komt de binnenvaart, ondanks het feit dat er ook regelmatig meer diepte ter beschikking is niet voldoende tot ontwikkeling. In Duitsland is daarom ook het zogenaamde Elbe-Seitenkanal gebouwd.

Resumerend zijn de effecten van vaardieptebeperking niet gelimiteerd tot de kosten voor de scheepvaart, maar zullen er daardoor vooral in eerste instantie modal shift effecten optreden (2,00 m) en in tweede instantie (1,50 m) de scheepvaart doen verdwijnen. Dit heeft gevolgen voor de economische centra langs de Rijn, gevolgen voor het vestigingsbeleid en waarschijnlijk grote gevolgen voor de economieën in de Rijnsoeverstaten.

J Implementatie van regionale maatregelen in het Deltamodel en analyse van de uitkomsten van de modelberekeningen

Zie Deltares memo 1207773-000-VEB-0025.

Memo

Aan
DP Zoetwater

Datum 15 november 2013	Kenmerk 1207773-000-VEB-0025	Aantal pagina's 48
Van Joachim Hunink Martijn Visser	Doorkiesnummer +088 335 784 8	E-mail joachim.hunink@deltares.nl

Onderwerp
Resultaten Regiomaatregelen (versie concept)

1 Inleiding

Deze memo beschrijft de eerste resultaten van de regionale maatregelen DPZW. Bij de regionale maatregelen gaan we uit van twee 'pakketten' (aangeduid met: mp 9 en 10¹) en 'maatregelclusters' (mp 11 t/m 22).

De twee maatregelpakketten zijn:

- Pakket 9 (mp9): robuust, geen verhoging van de watervraag
- Pakket 10 (mp10): extra maatregelen als uitbreiding op pakket 9 die mogelijk wel een hogere watervraag kunnen opleveren.

Pakket 9 bevat de volgende maatregelen:

- RH1/RH2 bodem of peilverhoging waterlopen
- RH5a flexibel peilbeheer
- RH6 peilgestuurde drainage
- RH10 aanpassen moment van peilopzet
- N1/N2 peilopzet/vernating in en buiten natuurgebieden
- N3 Verandering landgebruik
- N4 verwijderen ontwatering natuurgebieden
- N5 minder beregenen
- SR1 beperken irrigatieverliezen
- SR3 verandering grondwater/oppervlaktewater onttrekkingen
- ST1 hergebruik RWZI afvoer
- RZ1 efficiëntere doorspoeling

Pakket 10 bevat dezelfde maatregelen als pakket 9, maar verder nog:

- RH1/ RH2 verminderen bodem of peilverhoging waterlopen d.m.v. een minimale ontwatering
- RH3b meer beregenen
- RH7 onderwaterdrainage

¹ In het rekenplan voor DPZW hebben alle maatregelpakketten die met het deltamodel worden doorgerekend een nummer gekregen. De regionale maatregelpakketten hebben de nummers 9 en 10 gekregen, de maatregelclusters 11 t/m 22. Voor de eenduidigheid worden deze nummers ook in dit memo gebruikt.

Om de effectiviteit van de verschillende regionale maatregelen te testen zijn er vervolgens 'maatregelclusters' gedefinieerd. Deze maatregelclusters zijn alle gebaseerd op pakket 9 waarbij er telkens 1 of meerdere losse maatregelen minder of meer worden genomen. De maatregelen van pakket 9 worden uit pakket 9 gehaald en de maatregelen van pakket 10 worden bij pakket 9 opgeteld. In Tabel 1.1 is aangegeven hoe de verschillende maatregelclusters zijn opgebouwd.

Er is voor gekozen om de effecten van de maatregelclusters straks af te wegen ten opzichte van de effecten van pakket 9. Dit is gedaan om overschatting van de losse effecten te voorkomen.

De maatregelen worden vergeleken met de Deltascenario's (basiscases) Warm2050, Druk2050 en Warm2100. De maatregelen zijn voor alle scenario's op dezelfde manier geschematiseerd, waarbij de schematisatie van de Deltascenario's als uitgangspunt is genomen. Er is geen verschillend ambitieniveau voor de verschillende scenario's gedefinieerd.

Tabel 1.1 Opbouw maatregelpakketten 11 t/m 22.

Uitgaande van pakket 9	minus
MP 11	RH1, RH2, N1, N4 (pakket 9)
MP 12	RH5a, RH10
MP 13	RH6
MP 14	ST1, RZ1
MP 15	SR1
MP 16	N2
MP 17	N3, N5
MP 18	SR3

Uitgaande van pakket 9	extra
MP 19	RH1, RH2 (pakket 10)
MP 20	RH3b
MP 21	RH7
MP 22	RH11

Maatregelpakket 9 en 10 omvatten ook nog een aantal maatregelen die niet zijn doorgerekend met het model maar in een nabewerking worden ingeschat. Hierbij wordt een schatting gemaakt van de maatregel om de knelpunten in het gebied (zoals bijvoorbeeld een resterend tekort) op te kunnen lossen.

Om een indruk te krijgen van effectiviteit maatregelen is wegens beperkte reken capaciteit gekozen om alleen een extreem droog jaar door te rekenen. Dit ondanks de wetenschap dat bepaalde maatregelen juist in meer gemiddelde jaren effectief zijn. Het is bedoeld om een indicatie van de effectiviteit te krijgen.

Voor maatregelpakket 9 gaat het om de volgende maatregelen:

- RH5a flexibel peilbeheer (regionaal system)
- RH8 collectieve reservoirs voor peilbeheer
- S4 Grondwaterinfiltratie (artificiele recharge)
- SR2 Opslag op bedrijfsniveau
- RH9 Collectieve reservoirs voor landbouw

Voor maartegelpakket 10 gaat het om de volgende maatregelen:

- RH11 Wateraanvoergebieden wijzigen
- RH7 onderwaterdrainage regio Zuid en Oost

2 Schematisatie

2.1 Maatregelen in pakket 9

- 2.1.1 RH1/2: Bodemverhoging en/of peilverhoging waterlopen
Deze maatregel is alleen toegepast in de gebieden Zuid, Oost en Noord. In de andere gebieden zijn in het kader van deze maatregel geen aanpassingen doorgevoerd.

Zuid, Oost en Noord:

Verhogen drainagebodem door verhogen bodemhoogtes en verhogen stuwen in de vrij afwaterende gebieden. In pakket 9 gaat het om: 50 cm in beekdalen, 20 cm overig gebied. Minimale drooglegging 0 cm (maaiveld hoogte).

Overige uitgangspunten:

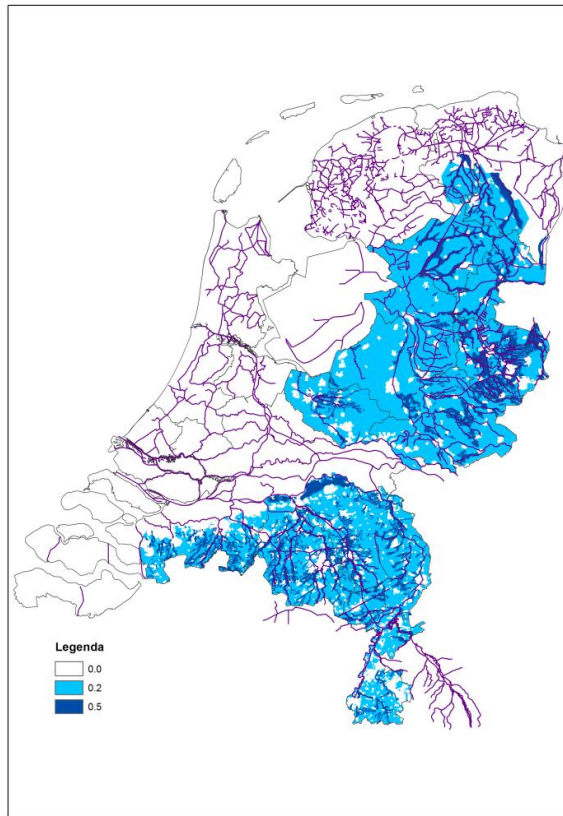
Geen aanpassing stedelijk gebied

In Figuur 2.1 is aangegeven in welke gebieden de verhoging is doorgevoerd. De begrenzing is gebaseerd op aangeleverde shapes met de ligging van de beekdalen en stedelijk gebied.

Modelaanpassing:

- Modflow: verhogen peilen in Modflow (gridbestanden)
- Mozart: aanpassen peilen en stuwhoogtes. Aangepaste bestanden lswattr.csv (peilen) en waattr.csv (stuwhoogtes)

De bodemverhoging in de vrij afwaterende lsw's wordt niet goed meegenomen in de Rekenfaciliteit waardoor het effect van deze maatregel in deze gebieden niet wordt berekend. Dit heeft vooral effect in de gebieden Twente, Achterhoek en delen van Noord-Brabant.



Figuur 2.1 Verhoging drainagebasis maatregel RH1/2 pakket 9.

2.1.2 SR1: Beperken irrigatieverliezen

In deze maatregel wordt het irrigatieverlies van de berekening 10% verlaagd. In het initiële model (NHI 3.0) is het irrigatieverlies 20%. In deze maatregel is deze verlaagd naar 10%. De aanpassing is doorgevoerd voor alle beregende gewassen voor heel Nederland.

Modelaanpassing:

Modelaanpassing in de Metaswap file luse_svat.inp. In kolom 13 van deze file staat het irrigatieverlies opgegeven. Deze aanpassing is niet afhankelijk van een scenario.

2.1.3 RH5a/b: Flexibel peilbeheer

In alle regio's zal op basis van nabewerking op de modeluitkomsten een resterende wateropgave bepaald worden die opgelost zou kunnen worden door flexibel peilbeheer in het gebied. Flexibel peilbeheer in het regionaal oppervlaktewatersysteem zal niet als maatregel worden doorgerekend.

In regio Noord-Holland wordt een flexibel peilbeheer toegepast in de boezem.

Flexibel peilbeheer is gedefinieerd in DM voor de knopen:

- DM knoop 2123 "VRNK boezem"
- DM knoop 2124 "Amstelmeerboezem"
- DM knoop 2125 "Schermerboezem"

- DM knoop 21255 "Schermerboezem-Den Helder"
- DM knoop 21251 "Schermerboezem-Zaan"

Voor bovenstaande knopen is een flexibel peilbeheer van 10 cm t.o.v. het streefpeil mogelijk. Hierdoor is het mogelijk dat het peil 10 cm uitzakt t.o.v. het streefpeil.

Modelaanpassing:
Modelaanpassing in DM. Aangepaste files nds.txt en Restartin.txt.

- 2.1.4 RH6: Peilgestuurde drainage
De maatregel is gebiedsdekkend doorgevoerd.

In de gebieden waar al buisdrainage aanwezig is, is de ontwateringsbasis in de winter verhoogd met +0.30m tot een maximum van -0.70m t.o.v. maaiveld. De ontwateringsbasis in de zomer is verhoogd met +0.60m tot een maximum van -0.40m t.o.v. maaiveld. De drainageweerstand is verlaagd naar 10 dagen. De drainage package is tijdsafhankelijk gemaakt met de overgangsmomenten winter/zomer op 1 april en 1 oktober. De drainage in het stedelijk gebied wordt niet aangepast.

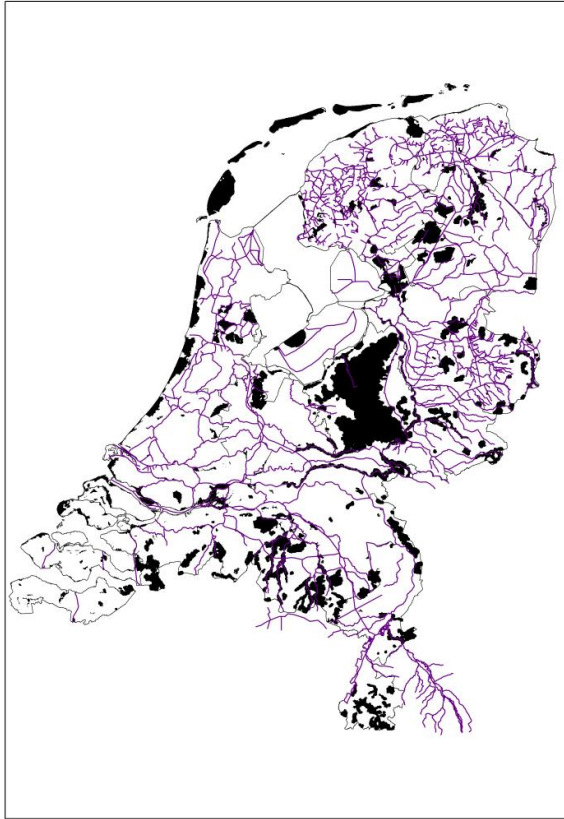
Modelaanpassing:
Voor deze maatregel is de drainage package (Modflow) aangepast. De maatregel werkt in op dezelfde bestanden als RH7.

- 2.1.5 RH10: aanpassen moment van peilopzet
In de gebieden Zuid en Oost (incl. Vallei en Veluwe) is de overgang van winter- naar zomerpeil omgezet van 1 maart i.p.v. 1 april.

Modelinpassing:
Aanpassing in Mozart invoer uslswdem.dik.

- 2.1.6 SR3: Veranderen grondwater of oppervlaktewateronttrekkingen.
Verwijderen van grondwateronttrekkingen in de bufferzone rond de natuurgebieden. Hierbij is alleen gekeken naar de niet-drinkwateronttrekkingen

Voor de natuurgebieden zijn de Natura2000 en de TOPIjst gebieden gebruikt. In vrij afwaterend Nederland is een buffer gebruikt van 250m, in peilgestuurd Nederland is er geen buffer. De gebieden weergegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Gebruikte gebieden maatregel SR3.

Modelaanpassing:

Nieuwe ipf-files voor met de onttrekkingen voor Modflow.

2.1.7 N1: Peilopzet/vernatting in natuurgebieden

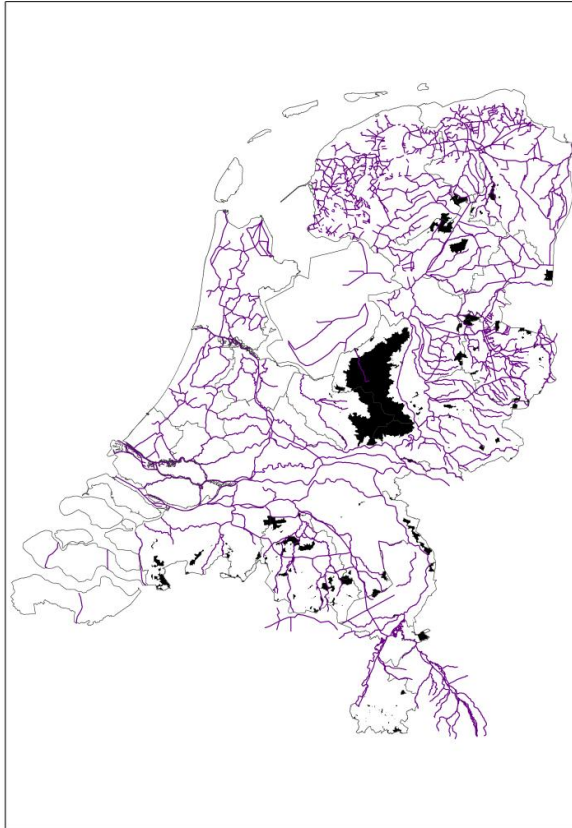
Deze maatregel is voor alle regio's op dezelfde manier uitgevoerd en is aanvullend op de maatregel RH1/RH2 en N2. Wanneer er sprake is van een overlap in de gebieden is gekozen voor de hoogste waarde van peilopzet.

In veengebieden geldt een peilopzet (en stuw) van het winterpeil +0.30 m ipv +0.20 en het zomerpeil van 0m ipv +0.20m.

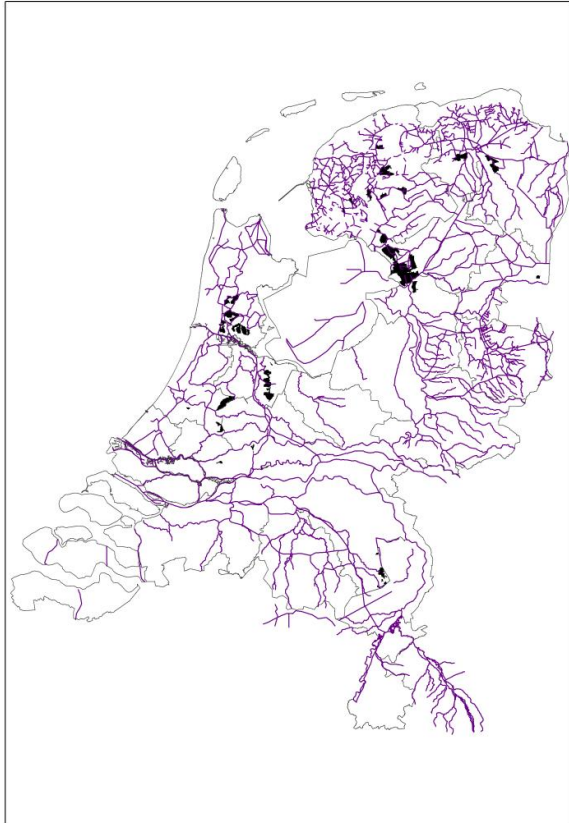
In Topgebieden+Natura2000 gebieden op zandgronden zonder wateraanvoer geldt een bodemverhoging van +0.50m ip 0.20m.

Acties:

Bepalen veengebieden en begrenzing Topgebieden+Natura2000 gebieden zonder wateraanvoer.



Figuur 2.3 TOP gebieden en Natura2000 gebieden in vrij-afwaterend gebied maatregel N1.



Figuur 2.4 Gedefinieerde veen op zand gebieden maatregel N1

Modelaanpassing:

Modflow: verhogen peilen in Modflow (gridbestanden)

Mozart: aanpassen peilen en stuwhoogtes. Aangepaste bestanden lswattr.csv (peilen) en waattr.csv (stuwhoogtes)

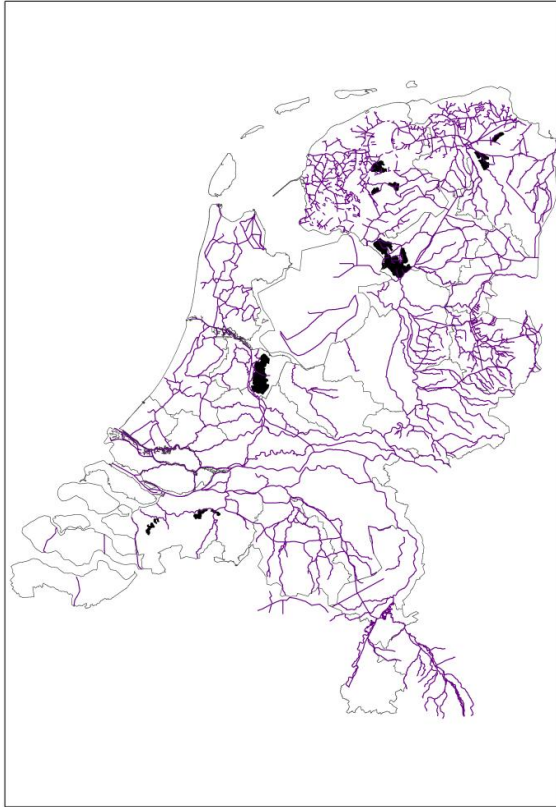
2.1.8 N2: Peilopzet/vernatting buiten natuurgebieden

Deze maatregel is voor alle regio's op dezelfde manier uitgevoerd en is aanvullend op de maatregel RH1/RH2 en N1.

Binnen een buffer van 500 m een peilopzet van 50 cm voor de gebieden

- rond natte en vochtige natuur op zand,
- natuurgebieden bij overgang van zand naar veen of klei.

Hiervoor is een selectie gemaakt van Natura2000 en TOP-lijst gebieden. De gebruikte gebieden met een buffer van 500 m zijn weergegeven in Figuur 3.19.



Figuur 2.5 Gedefinieerde natuurgebieden voor peilopzet/vernatting buiten natuurgebieden.

Modelaanpassing:

- Modflow: verhogen peilen in Modflow (gridbestanden)
- Mozart: aanpassen peilen en stuwhoogtes. Aangepaste bestanden lswattr.csv (peilen) en waattr.csv (stuwhoogtes)

2.1.9 N3: Landgebruik

Alle regio's.

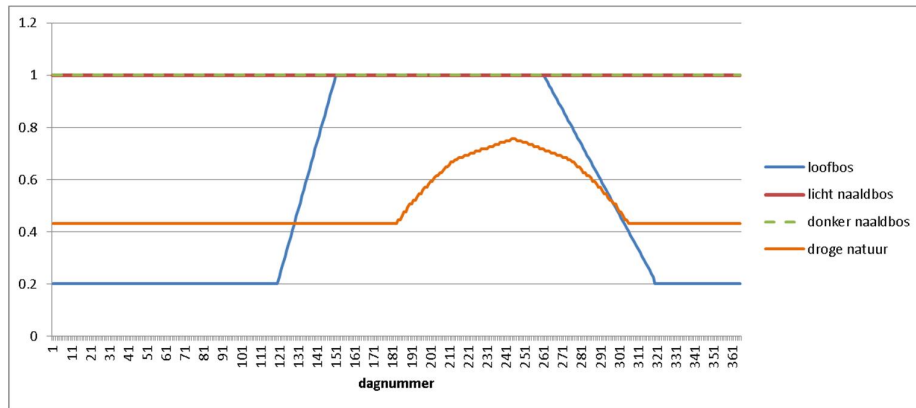
Voorstel van de maatregel was om voor alle regio's 50% van donker naaldbos om te zetten naar loofbos (alleen droge zandgronden) en 50% van het duinbos om te zetten naar lage vegetatie (gras/heide).

In onderstaande figuren zijn de verschillende gewaskarakteristieken van loofbos, licht naaldbos, donker naaldbos en droge natuur weergegeven. Het landgebruik duinbos is niet apart geschematiseerd in het NHI. De duinen bestaan voornamelijk uit droge natuur, loofbos en licht naaldbos. Zowel de duinvegetatie als de lage vegetatie vallen onder de categorie droge natuur. Dit deel van de maatregel vervalt dus.

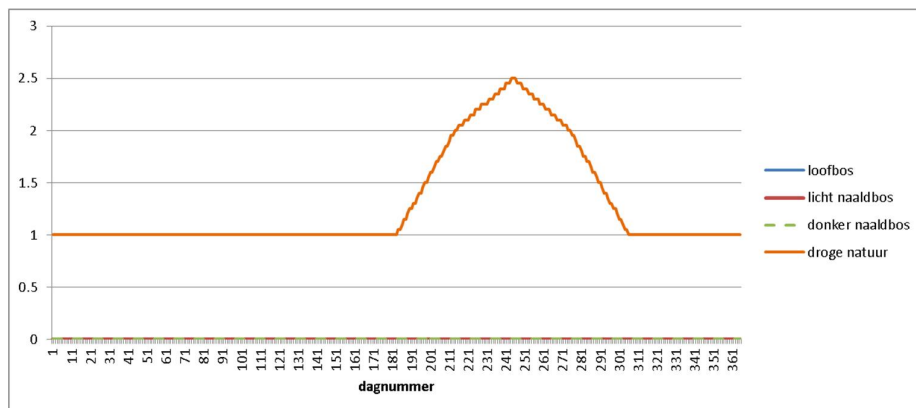
De maatregel is doorgevoerd als een aanpassing van het areaal donker naaldbos. Door middel van een random selectie is per provincie 50% van het areaal donker naaldbos veranderd naar licht naaldbos.

Modelaanpassing:

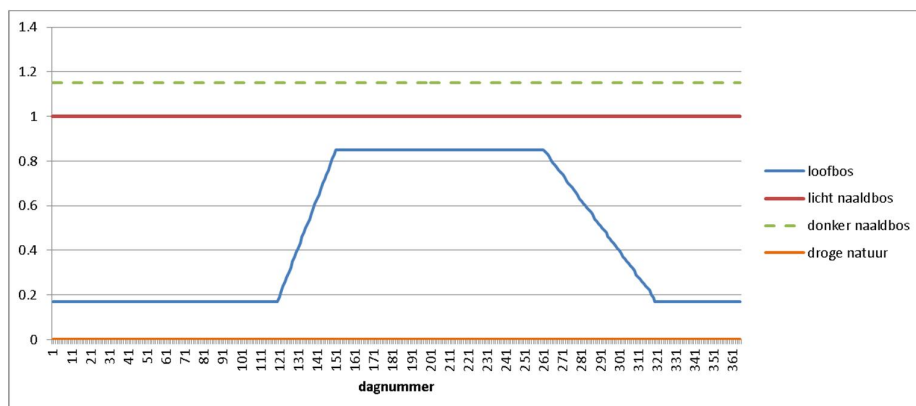
Modelaanpassing landgebruik (Ign.asc) in Metaswap.



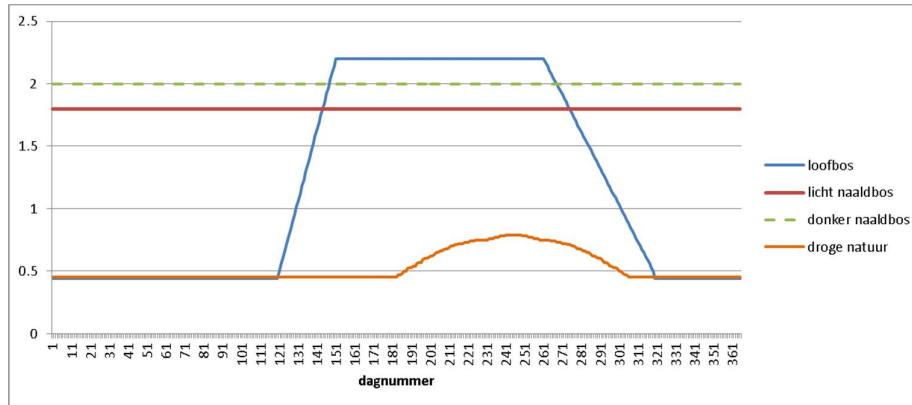
Figuur 2.6 Soil cover



Figuur 2.7 Leaf area index



Figuur 2.8 Interception capacity



Figuur 2.9 Vegetation factor

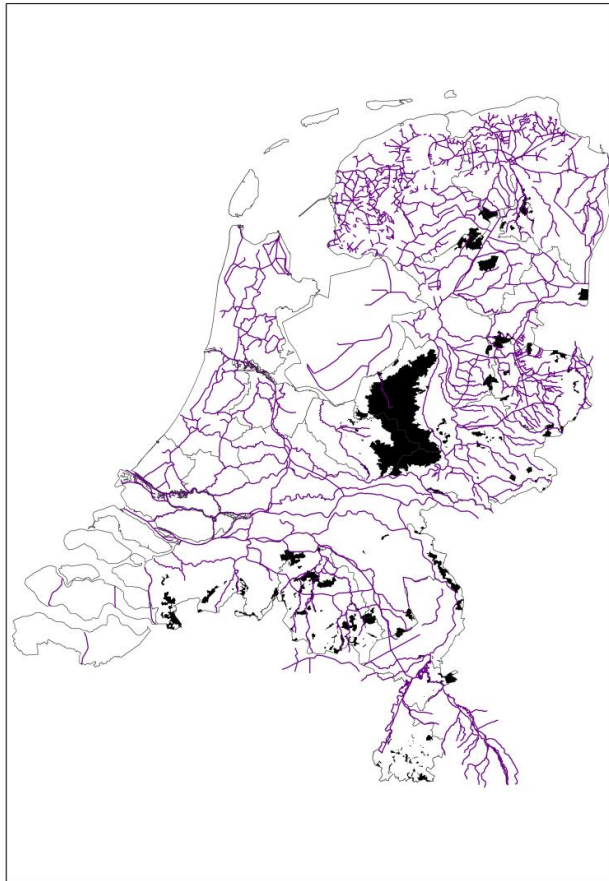
Tabel 2.1 Verdeling landgebruik per regio voor referentiesituatie

	Zuidelijk zandgebied - MLNBK	Zuidelijk zandgebied - overige	Centrale Hoge Zandgebieden	Oostelijk zandgebied	Rivierengebied - noord	Rivierengebied - zuid	Fries Gronings kustgebied	Noord Holland	Midden West Nederland - extern verzilt	Midden West Nederland - niet extern verzilt	Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	Zuid Limburg	Ijsselmeerpolders	Ijssel-Vecht	Drentsplateau
loofbos	4.6%	6.6%	9.9%	4.3%	1.5%	3.1%	2.1%	1.5%	2.8%	1.6%	2.0%	1.7%	1.2%	9.7%	5.0%	5.2%
licht naaldbos	6.1%	9.4%	20.6%	3.3%	0.0%	2.4%	0.7%	0.2%	0.1%	1.0%	0.2%	1.2%	0.2%	0.3%	2.7%	2.9%
droge natuur	2%	4%	11%	4%	1%	2%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	3%	2%	3%	4%
donker naaldbos	0.3%	0.4%	1.7%	0.4%	0.0%	0.1%	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.2%	2.0%

2.1.10 N4: Verwijderen ontwatering natuur

In natuurgebieden vrij afwaterend Nederland verwijderen van alle waterlopen. Dit is toegepast door binnen het geselecteerde gebied 'de conductance' (infiltratie/drainage capaciteit) van de 'rivers' op 0 te zetten. Hierdoor wordt in dit gebied de waterloop inactief. In Mozart wordt voor deze maatregel geen aanpassing gedaan waardoor binnen het lsw het water vrij kan stromen. Hierdoor zal er dus geen opstopping van een waterloop plaatsvinden en gaat deze maatregel er vanuit dat het gebied zo wordt ingericht dat er geen opstuwing binnen een waterloop kan plaatsvinden.

De gebruikte natuurgebieden zijn weergegeven in Figuur 2.10

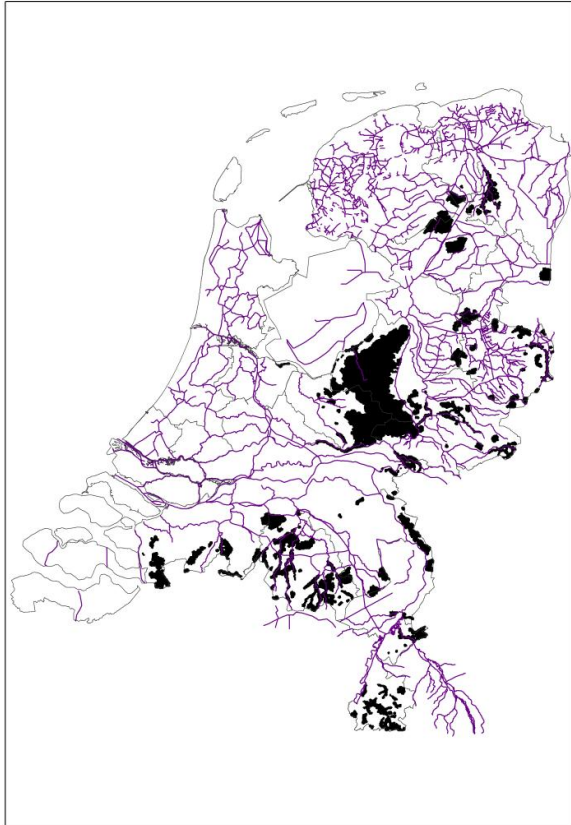


Figuur 2.10 Natura2000 gebieden in vrij afwaterend gebied t.b.v maatregel N4.

Modelaanpassing:
Modflow: aangepaste conductance files Modflow.

2.1.11 N5: minder beregenen

Alle regio's: verwijderen van berekening in buffergebieden natuur in vrij afwaterend gebied. Hiervoor is er selectie gemaakt van de Natura 2000 gebieden in het vrij afwaterend gebied. Vervolgens is een buffer gebruikt van 250m. De gebruikte pointer is weergegeven in Figuur 3.21. Deze gebieden zijn uit de beregeningskaart met het potentieel beregend areaal verwijderd.



Figuur 2.11 Natura 2000 gebieden met buffer t.b.v. beperken berekening (maatregel N5).

Modelaanpassing:
Nieuwe grid bestand met de locaties van potentieel beregend areaal, MetaSwap.

- 2.1.12 ST1: Hergebruik RWZI's
RWZI's zijn (op een enkele uitzondering) niet geschematiseerd in het NHI. Neerslagoverschot van het stedelijk gebied komt via afstroming in een lsw terecht. Een maatregel als hergebruik van RWZI afvoer is hierom in dit model een maatregel die niet goed doorgerekend kan worden. Een uitzondering hierop is de RWZI van Batth. Deze RWZI loost momenteel op de Westerschelde maar kan in de toekomst lozen op het regionale oppervlaktewater. Het gaat hier om een DWA afvoer van circa 0.75 m³/s. Dit debiet is verdeeld over de lsw's van district 950.

Modelaanpassing:
Nieuwe aanvoer verwerkt in Mozart uslswdem.dik.

- 2.1.13 RZ1: Efficiëntere doorspoeling
Op basis van de aangeleverde gegevens zijn de onderstaande aanpassingen doorgevoerd

Boezem Rijnland: vermindering doorspoeling met 1 m³/s,
DM knoop 4028: 1.1 m³/s aangepast naar 0.76 m³/s.
DM knoop 40251: 3.1 m³/s aangepast naar 2.43 m³/s

Haarlemmermeer: vermindering doorspoeling met 30%.
Mozart lsw's binnen district 954 doorspoeling verminderd met 30%

AGV: Amsterdamse grachten: vermindering doorspoeling: 0.25 m³/s.
DM 4041 doorspoeling winter 0.9 m³/s en zomer 1.8 m³/s aangepast naar winter 0.9 m³/s resp. zomer 1.55 m³/s.

Delfland Parksluizen: vermindering doorspoeling 0.5 m³/s,
DM 40561 Parksluizen doorspoeling winter 0.26 m³/s en zomer 2.0 m³/s aangepast naar winter 0.26 m³/s resp. zomer 1.5 m³/s

Schieland/Krimpenerwaard: 0.2 m³/s.
Deze aanpassing is niet doorgevoerd in het model. In het DM is geen minimaal debiet gedefinieerd en in Mozart geen doorspoeling.

Eemskanaal en kustgebied: vermindering doorspoeling met 50%.
Mozart lsw's in het Noordelijk kustgebied doorspoeldebiet verminderd met 50%. DM Sluizen Delfzijl doorspoeling zomer 1.7 m³/s, aangepast naar 0.85 m³/s.

Den Helder, boezem (zouttong Den Helder): vermindering doorspoeling 0.75 m³/s.
DM knoop 20041, zomer 4.1 m³/s, aangepast naar 3.35 m³/s

Modelaanpassing:
Modelaanpassingen in Mozart file uslswdem.dik en DM file Inks.txt

2.2 Maatregelen in pakket 10

- 2.2.1 RH1/RH2: : Bodemverhoging en/of peilverhoging waterlopen
Deze maatregel is op dezelfde manier geschematiseerd als de de RH1/2 maatregel in pakket 9. Alleen is er een extra conditie toegevoegd, de drooglegging moet minimaal 50 cm bedragen (maaiveld hoogte). Hierdoor liggen de peilen ten opzichte van RH1/2 uit pakket 9 tot maximaal 50 cm lager.

Buisdrainage is in dit pakket niet verwijderd. Wel wordt de hoogte van de buisdrainage aangepast aan het peil zodat de buisdrainage niet lager kan komen dan het peil van een waterloop. Dit betekent dat de buisdrainage niet de verhoging van de peilen kan afvangen.

2.2.2 RH3b: Meer beregenen (vergroten areaal)

Alle regio's: uitbreiding van het landelijk areaal met 10%. Hierbij is het de bedoeling dat de uitbreiding van het beregend areaal toegekend wordt aan de hoger renderende gewassen. Dit is in het NHI de landgebruik klasse "overig".

De allocatie van het beregeningsareaal gebeurt in het NHI op gemeenteniveau. Het allocatiealgoritme zoals gebruikt in het NHI is ook hier toegepast. Hierbij is het potentieel beregend areaal met 10% verhoogd voor de gemeentes waarin de klasse overig aanwezig is. Dit is uitgevoerd door de gemeentes waarin de klasse "overig" aanwezig is. De toekenning van beregening uit het grondwater of oppervlaktewater gebeurt volgens NHI-routines. Differentiatie over de gewassen en gebieden moet nog worden bepaald in samenwerking met Alterra. Toekenningprocedures naar landgebruik en toekenning beregening uit grondwater of oppervlaktewater niet wijzigen.

Uitzonderingen:

Noord: uitbreiding beregend areaal in de Veenkoloniën gebeurt alleen uit het grondwater, in het over gebied van noord voornamelijk uit het oppervlaktewater. De begrenzing van de veenkoloniën is aangeleverd door Noord.

Modelaanpassing:

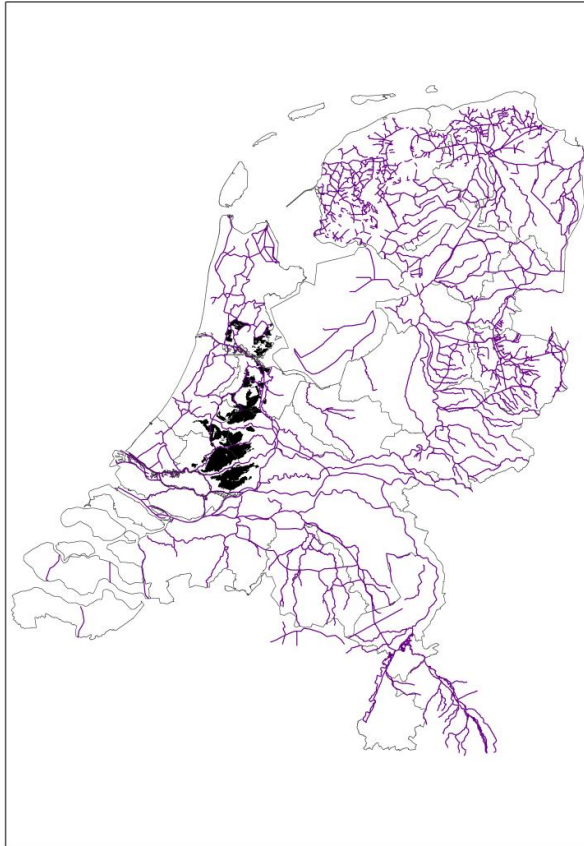
Update van de Metaswap invoer beregenen.asc (ligging potentiële beregeningslokaties uit grond en oppervlaktewater).

2.2.3 RH7: Onderwaterdrainage

Onderwaterdrainage wordt geschematiseerd in het Modflow deel van het NHI. Dit is geschematiseerd in de 'riverpackage'. De 'drain package' is verplaatst naar de 'river package' en bestanden voor bodemhoogte en conductance zijn aangepast en er zijn nieuwe bestanden gemaakt voor peil en infiltratiefactor.

De peilen van de onderwaterdrainage is afgeleid door het potentiële drainagevlak te bepalen op basis van de streefpeilen in de waterlopen. De gekozen 'bodemhoogte' van de drains ligt 10cm onder het peil. Voor de drainageweerstand is gekeken naar onderzoek van Alterra. Er wordt gebruik gemaakt van een drainageweerstand van 26 dagen en een infiltratieweerstand van 30 dagen (Hendriks, Akker 2012).

De ligging van de onderwaterdrainage is gebaseerd op de dikte veenkaart (referentie). Op basis hiervan is zijn de mogelijke gebieden geselecteerd. De gebruikte locaties zijn weergegeven in Figuur 2.12.



Figuur 2.12 Ligging onderwaterdrains maatregel RH7.

Er is geen onderwaterdrainage doorgevoerd in de Regio oost en Zuid. In Regio Zuid en Oost (incl. Vallei en Veluwe) geldt een buffer rond 2 km van de wateraanvoersloten.

Modelaanpassingen:

Aangepaste bestanden buisdrainage bodemhoogtes, peilen, conductance en infiltratiefactor.

2.3 Overige maatregelen

- 2.3.1 RH3a: Meer beregenen (verhogen intensiteit)
Pakket 9 & 10: geen aanpassingen in het model. Model zorgt wel voor verhoogde vraag als gevolg van groter tekorten in het bodemvocht.
- 2.3.2 RH11: wateraanvoer gebieden wijzigen
Deze maatregel wordt door technische problemen niet meegenomen in het maatregelpakket.

2.4 Gevoeligheidsberekeningen

2.4.1 Beregeningsareaal

De toename van het potentieel beregend areaal (maatregel RH3b) van 10% wordt door enkele experts als een te lage waarde gezien. Het potentieel beregend areaal bepaald sterk de uitkomsten voor de beregeningsvraag en de droogteschades van de landbouw. Hierom is gekozen om voor deze parameter een gevoeligheisscenario te definiëren om een maximale vraag voor berekening te herleiden. Dit scenario wordt ook wel het bmax scenario genoemd. De uitgangspunten voor dit scenario zijn bepaald in overleg tussen Jan van Bakel, Deltares en WVWL.

Uitgangspunten b-max som:

1. Gebied 2 (Wateraanvoergebied Brabant) alleen berekening uit het grondwater.
2. De Gronings-Drentse veenkolonien alleen berekening uit het grondwater
3. Periode voor nieuwe beregeningsgift verkorten van 7 naar 5 dagen.
4. Toename van het potentieel beregend areaal met circa een factor 2.
5. Verder worden dezelfde allocatieregels gebruikt als in het NHI.
6. Berekeningen voor Warm 2050. In eerste instantie worden de effecten bepaald voor de karakteristieke jaren, daarna 35 jaar.

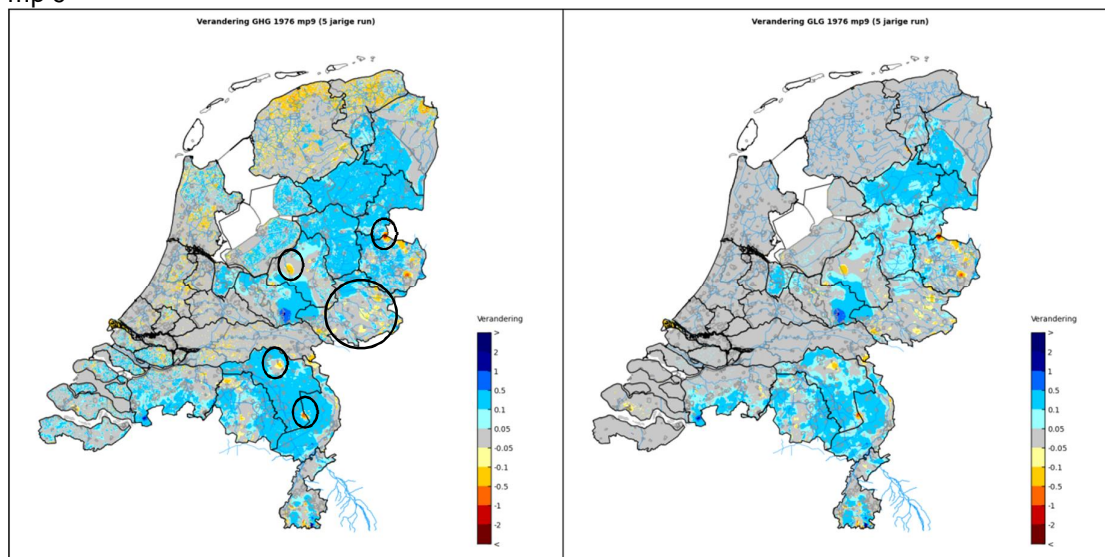
3 Resultaten

Om een indruk te krijgen van effectiviteit maatregelen is wegens beperkte rekencapaciteit gekozen om alleen een extreem droog jaar door te rekenen. Dit ondanks de wetenschap dat bepaalde maatregelen juist in meer gemiddelde jaren effectief zijn. Het is bedoeld om een indicatie van de effectiviteit te krijgen.

3.1 Maatregelpakketen (mp9 en mp10)

De regionale maatregelpakketen 1 en 2 zijn ook gedraaid voor Warm 2050 en Druk 2050 voor de periode 1966-1995 (30 jaar). Hiervoor is nog een inspeelperiode gedraaid van 5 jaar. Om de resultaten in deze memo consistent te houden zijn in deze memo alleen de resultaten van een extreem droog jaar (1976) in Warm 2050 weergegeven

3.1.1 mp 9



Figuur 3.1 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel pakket 9 voor 1976 in Warm 2050.

In bovenstaand figuur is het effect van maatregelpakket 9 weergegeven op de grondwaterstanden van 1976.

Hierbij zijn enkele aandachtspunten aan te wijzen:

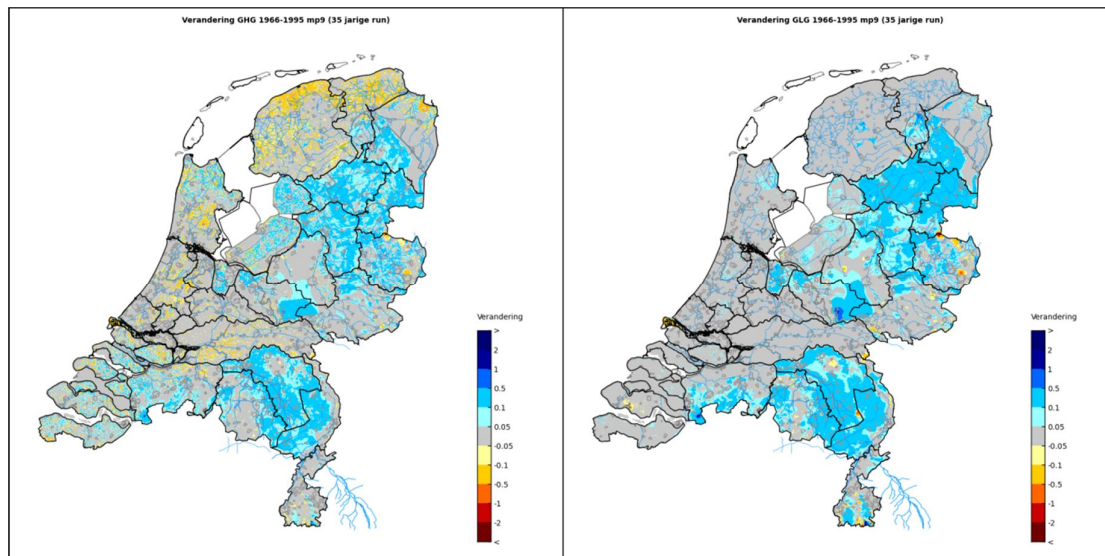
- 1 Hierdense beek
- 2 Verlaging HG3/LG3 in Noord-Brabant
- 3 Verlaging HG3/LG3 Noord-Twente
- 4 Weinig effect tot verlaging in Achterhoek

Bovenstaande aandachtspunten en worden in de beschrijving van de maatregelclusters besproken.

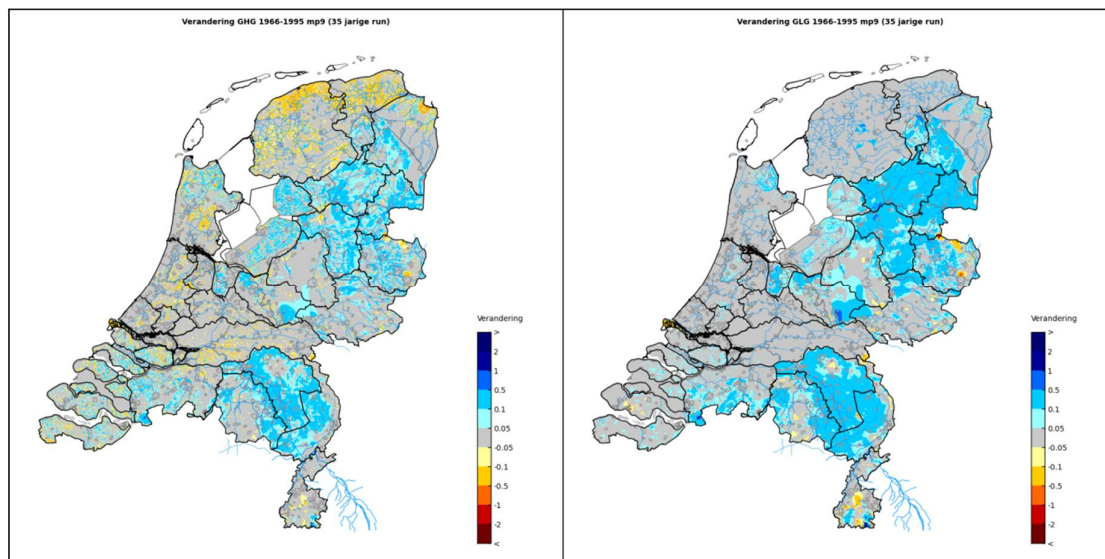
In onderstaande figuren is het effect van de maatregelpakket 9 op de GHG en GLG over de periode 1966-1995 in de scenario Wam2050 en Druk2050 weergegeven. Hierbij is goed zichtbaar dat de effecten van het maatregelpakket niet veel verschilt tussen de twee scenario's. De grondwaterstanden in Oost en Zuid Nederland stijgen in het Warm scenario iets meer dan in het Druk scenario.

In Tabel 3.1, Figuur 3.4 en Figuur 3.5 zijn de waterbalans termen van het oppervlaktewater voor het jaar Warm2050 1976 weergegeven voor de basiscase en het maatregelpakket. Over het algemeen is er een kleine afname van de vraag zichtbaar als gevolg van het maatregelpakket. De tekorten nemen ook iets af. Het totaal tekort percentage veranderd echter niet.

De resultaten van Agricom laten een kleine afname van de derving zien. Deze is landelijk maar 21 M€ Gebieden 3 (Zuidelijke Zandgronden) en 14 (Zuid Limburg) laten echter een toename zien van de landbouwderving.



Figuur 3.2 Verandering GHG (links) en GLG (rechts) agv maatregel pakket 9 voor Warm2050 (periode 1966-1995).



Figuur 3.3 Verandering GHG (links) en GLG (rechts) agv maatregel pakket 9 voor Druk2050 (periode 1966-1995).

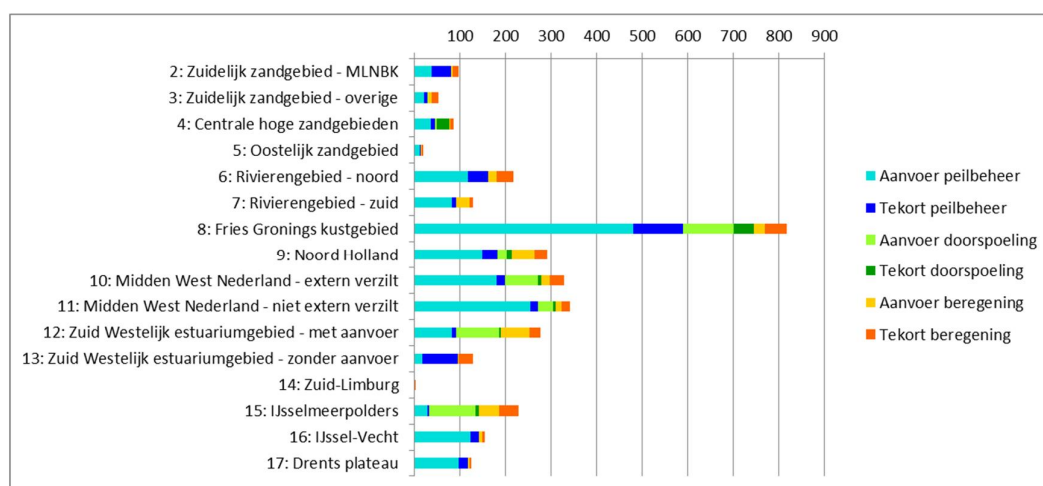
Regio	Totaal waterbalans basiscase warm2050			
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %
2	98	42	56	57%
3	57	33	24	42%
4	86	42	44	52%
5	28	22	7	24%
6	217	133	83	38%

Regio	Totaal waterbalans mp 9 warm2050			
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %
2	102	40	62	61%
3	51	31	20	39%
4	87	42	45	52%
5	28	22	6	21%
6	214	133	81	38%

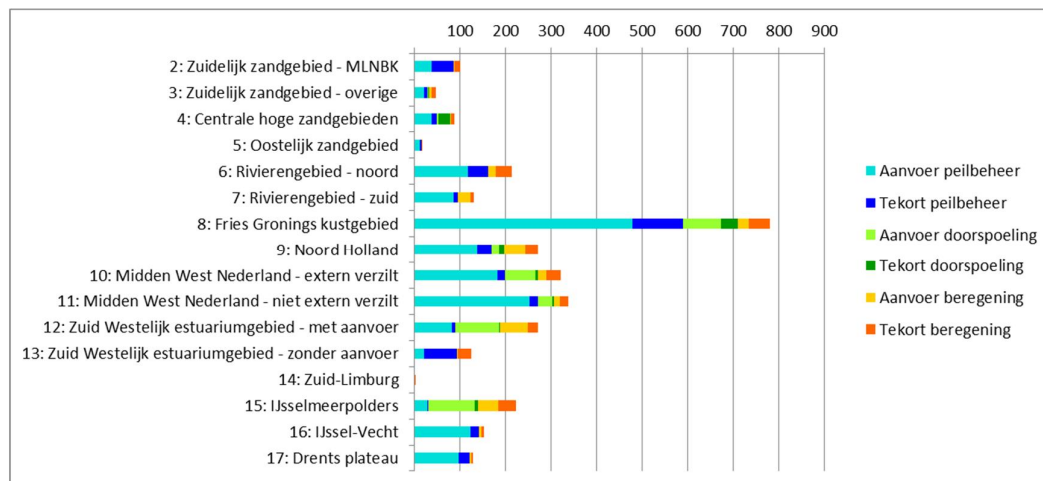
7	128	112	16	12%
8	834	630	204	24%
9	305	226	79	26%
10	329	271	58	18%
11	436	366	70	16%
12	307	271	36	12%
13	127	18	109	86%
14	0	0	0	33%
15	228	177	51	22%
16	156	132	24	15%
17	135	110	26	19%
18	2671	2389	283	11%
Totaal	6143	4974	1169	19%

131	114	17	13%
797	599	198	25%
284	210	74	26%
320	266	54	17%
433	365	68	16%
303	267	35	12%
125	23	102	81%
0	0	0	33%
223	174	49	22%
155	131	24	15%
137	109	29	21%
2671	2396	275	10%
6060	4922	1138	19%

Tabel 3.1 Totale watervraag, aanbod en tekort basiscase en mp9 Warm2050 1976 in Mm3/zomerhalfjaar.



Figuur 3.4 Wateraanvoer en tekort basiscase Warm2050 1976.

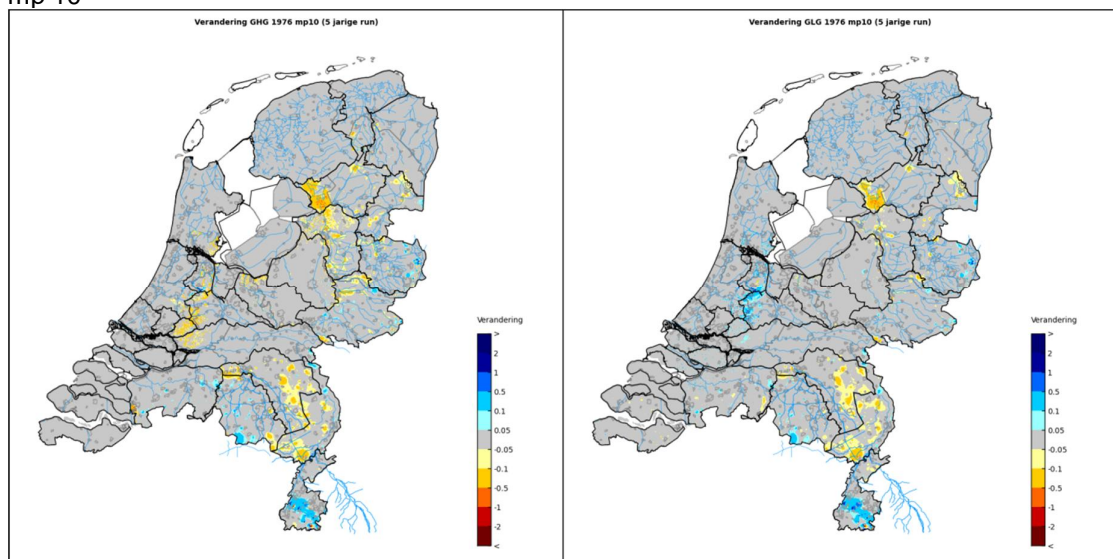


Figuur 3.5 Wateraanvoer en tekort maatregelpakket 9 Warm2050 1976.

Regio	Basiscase Warm2050				Mp9 Warm2050			
	Potentieel	Actueel	Derving	Derving %	Potentieel	Actueel	Derving	Derving %
0	20	11	9	45%	20	11	9	45%
2	661	524	137	21%	658	536	121	18%
3	1 127	971	157	14%	1 115	930	186	17%
4	288	225	63	22%	285	215	70	25%
5	416	293	123	29%	415	293	121	29%
6	358	268	90	25%	359	271	88	25%
7	215	155	60	28%	215	159	56	26%
8	1 159	808	351	30%	1 159	816	342	30%
9	741	663	77	10%	741	668	73	10%
10	422	356	65	16%	422	359	63	15%
11	198	143	55	28%	198	144	55	28%
12	553	450	103	19%	552	454	98	18%
13	498	306	193	39%	498	305	193	39%
14	132	100	31	24%	128	89	40	31%
15	478	419	59	12%	477	425	52	11%
16	328	242	86	26%	328	252	76	23%
17	431	318	113	26%	430	323	107	25%
Totaal	8,025	6,255	1,770	22%	8,000	6,250	1,749	22%

Tabel 3.2 Resultaten landbouwschade Agricom in M€ voor de basiscase en mp9 voor in 1976 Warm2050.

3.1.2 mp 10



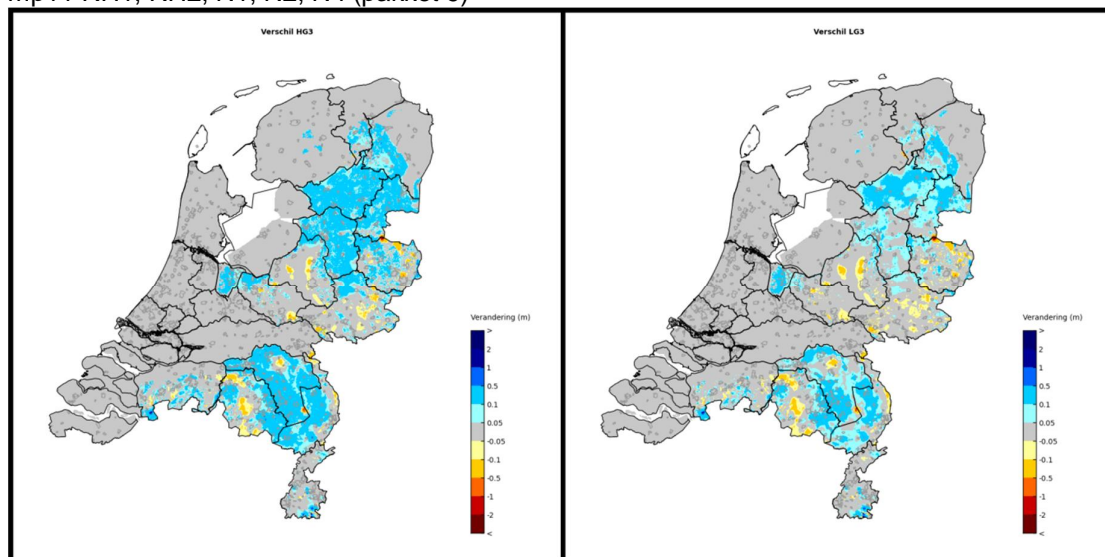
Figuur 3.6 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregelpakket 10 (1976).

In bovenstaand figuur zijn de effecten van maatregelpakket 10 weergegeven op de HG3 en LG3 weergegeven. De beschrijving van de effecten wordt gedaan in de paragrafen van de losse clusters (paragraaf 3.2.9, 3.2.10 en 3.2.11)

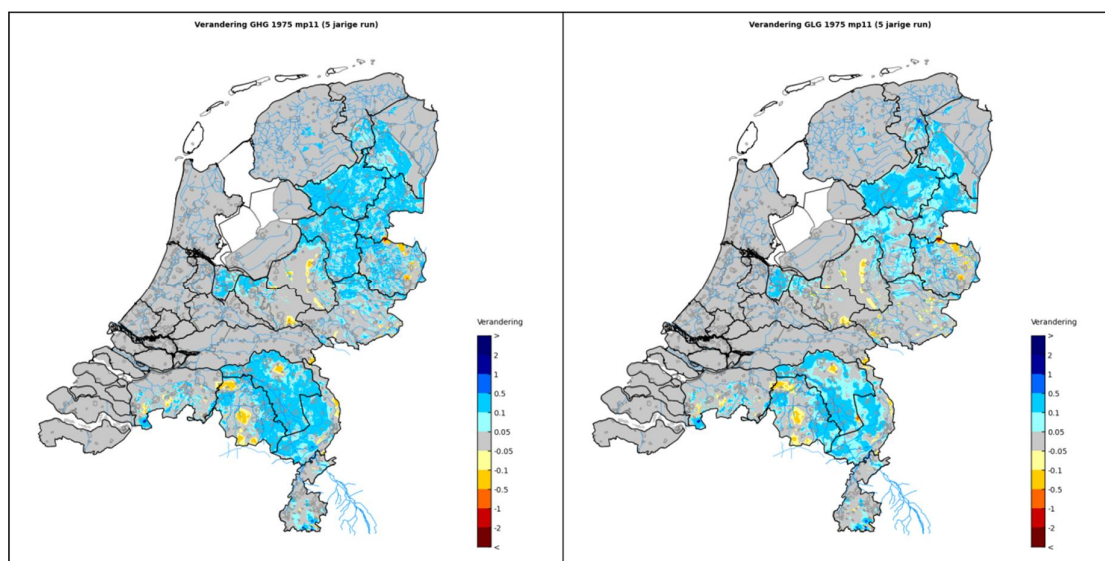
3.2 Maatregelclusters (mp11 t/m mp21)

De maatregel clusters zijn gedraaid voor Warm 2050 jaar 1976 met een inspeel periode van 4 jaar. De modellen starten met een koude start op 1-1-1972.

3.2.1 mp11 RH1, RH2, N1, N2, N4 (pakket 9)



Figuur 3.7 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 11 (1976).

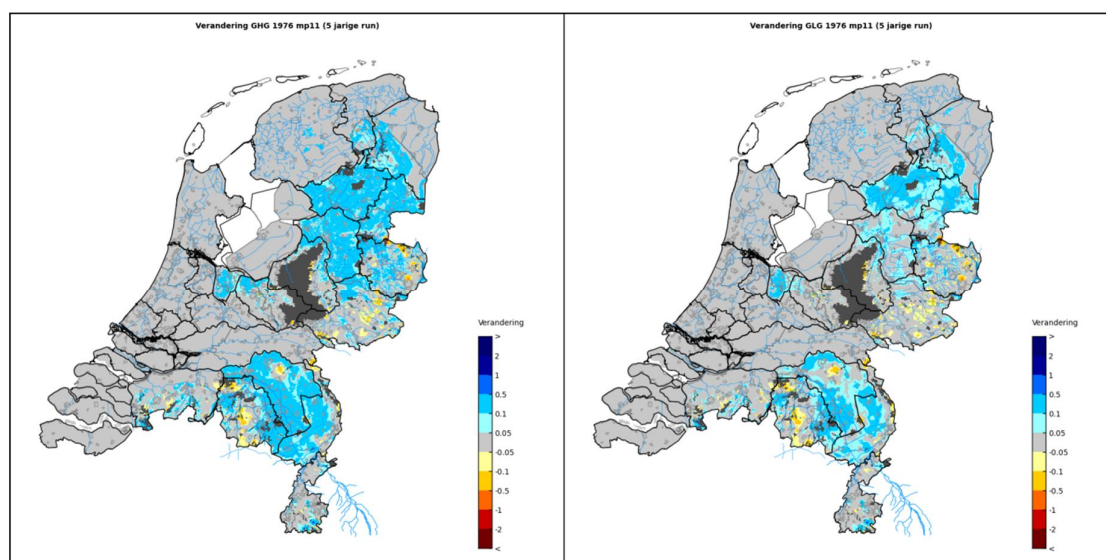


Figuur 3.8 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 11 (1975).

In bovenstaand figuur is het effect van cluster 11 op de HG3 en LG3 weer gegeven. Zoals eerder besproken is het opvallend dat er weinig effect zichtbaar is in delen van Twente, Achterhoek en Noord-Brabant. Dit wordt veroorzaakt doordat de bodemverhoging in de vrij afwaterende lsw's wordt niet goed meegenomen in de Rekenfaciliteit waardoor het effect van deze maatregel in deze gebieden niet wordt berekend. Verwacht kan worden dat de effecten van een bodemverhoging in deze gebieden een vergelijkbaar effect heeft als de peilverhoging in de gebieden met aanvoer.

Daling wordt voor een deel veroorzaakt door maatregel N4 (verwijderen drainage middelen). Dit betekent dat het model hier meer infiltreert dan draineert. Het verwijderen van de drainage zorgt dan voor een lagere infiltratie en drainageflux. Aangezien in de referentiesituatie meer infiltratie dan drainage optreedt, heeft dit een verlaging van de grondwaterstanden tot gevolg. Het effect van verlaging is in veel gebieden zonder wateraanvoer sterker dan de bodemverhoging van de waterlopen. Dit is goed te zien in onderstaand figuur waar de locaties van maatregel N4 is weergegeven. De gebieden waar een daling zichtbaar is komen grotendeels allemaal overeen met de gebieden waar de maatregel N4 wordt toegepast. Op enkele locaties is deze directe relatie minder goed zichtbaar maar dit kan verklaard worden door het uitstralings-effect wat mogelijk is in de hogere zandgronden met weinig tot geen wateraanvoer. Maatregel N4 was bedoeld als vernattingsmaatregel en voldoet daarom niet aan de verwachtingen. Dit kan worden veroorzaakt omdat de keuze van de gebieden waar de maatregel wordt toegepast niet goed genoeg is gedaan en dat alle infiltratiegebieden niet aangepast hadden moeten worden. Een andere mogelijkheid is dat het NHI in deze gebieden lokaal een niet juist beeld geeft over de kwel en infiltratiesituatie waardoor de maatregel anders uitvalt dan bedoeld. Om een goed beeld te krijgen van de effectiviteit had de maatregel anders in het model verwerkt moeten worden.

Bovenstaand effect is belangrijk bij de interpretatie van het maatregelpakket omdat hierdoor in enkele gebieden een verslechtering kan optreden ten opzichte van de huidige situatie.

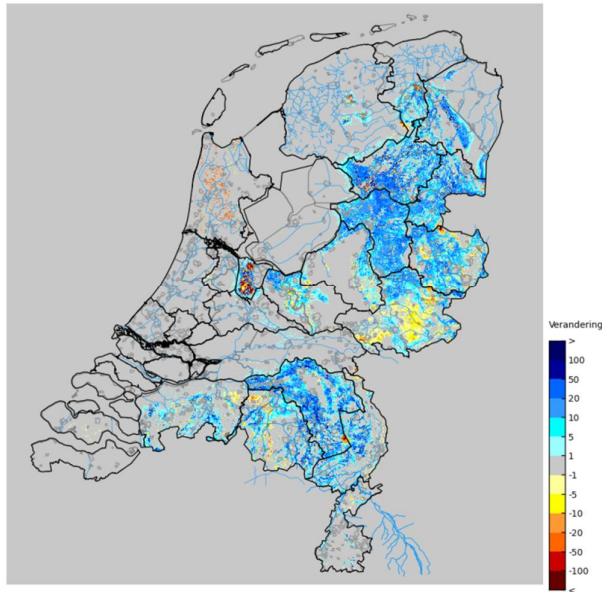


Figuur 3.9 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 11 (1976) met overlay pointer maatregelpakket N4.

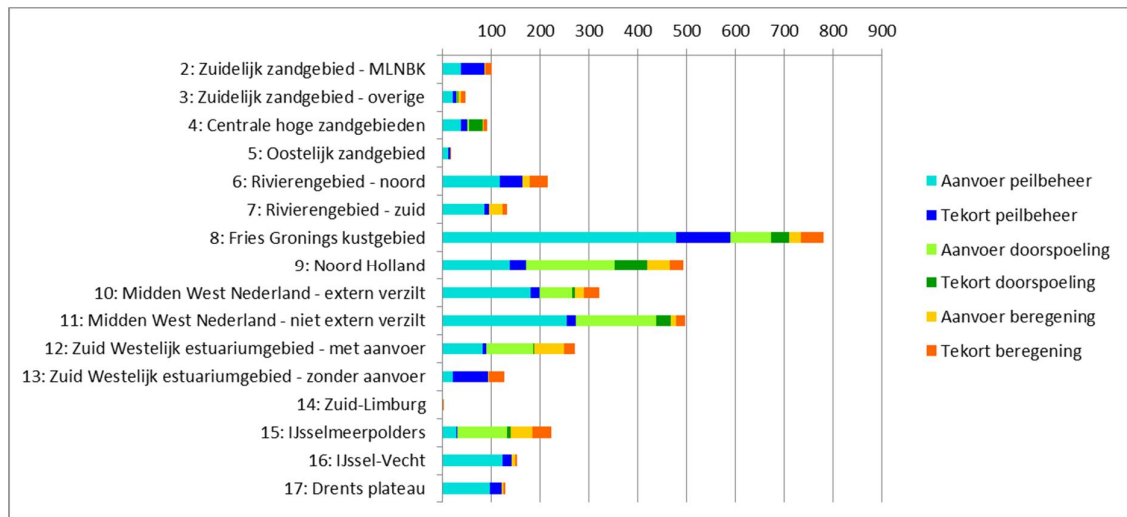
De maatregel zorgt voor circa 30 Mm euro extra opbrengst. Dit wordt veroorzaakt door een toename in de vochtgehalten (Figuur 3.10). De extra opbrengst is klein waardoor het

dervingspercentage niet veranderd. De maatregel heeft voornamelijk effect in de gebieden waar de grondwaterstanden diep zitten. De stijging van de grondwaterstanden heeft hierom weinig effect op de wortelzone.

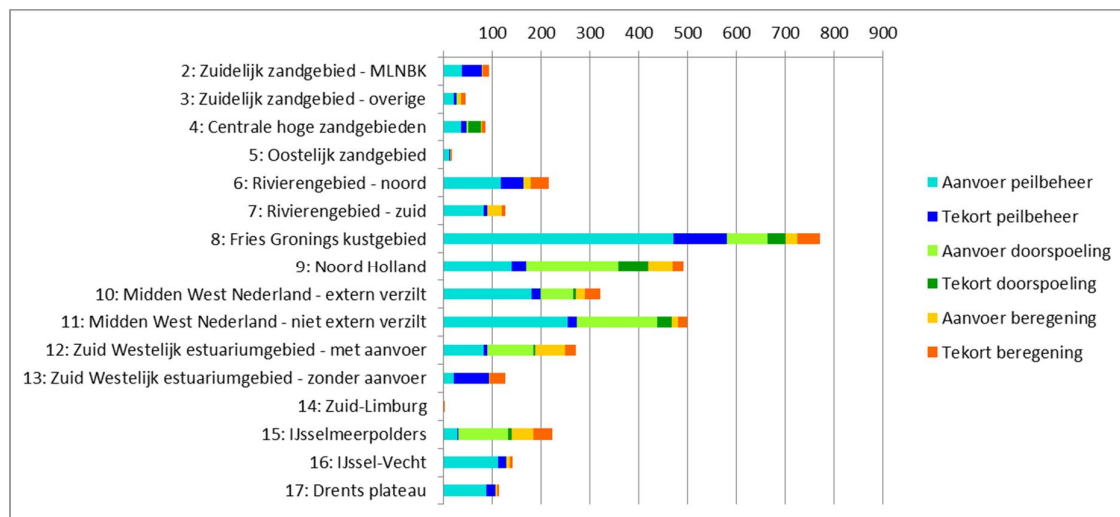
Verandering bodemvochttkort 1976 mp11 (5 jarige run)



Figuur 3.10 Verandering bodemvochttkort zomerhalfjaar maatregelpakket 11 (blauw = afname van het bodemvochttkort als gevolg van de maatregel).



Figuur 3.11 Wateraanvoer en tekort maatregelpakket 9.



Figuur 3.12 Wateraanvoer en tekort maatregelpakket 11

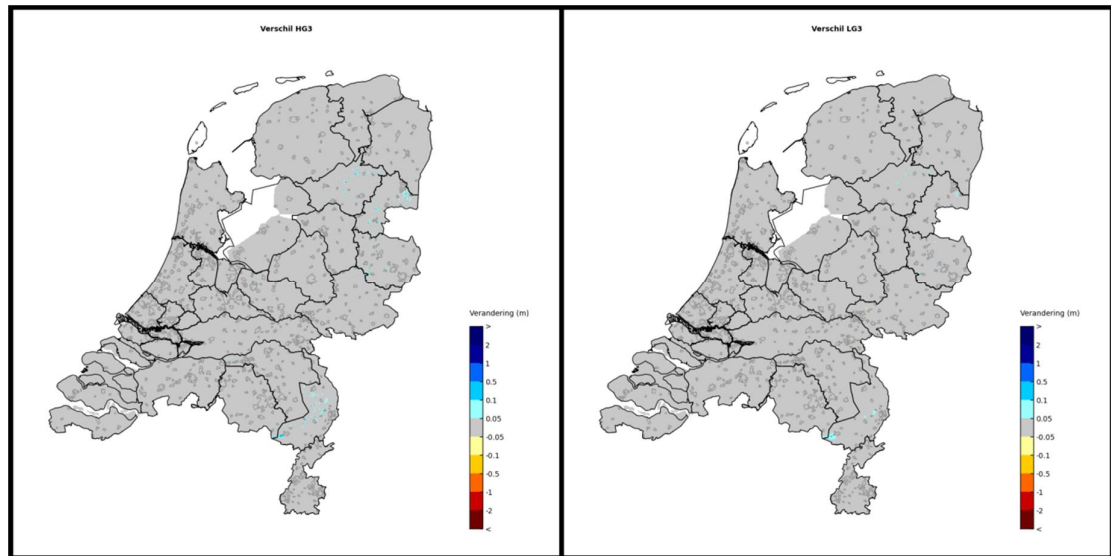
Regio	Vraag, aanbod en tekort, mp 9				Vraag, aanbod en tekort, mp 11			
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %
2	102	40	62	61%	94	41	53	56%
3	51	31	20	39%	50	32	18	37%
4	90	43	47	52%	85	42	44	51%
5	28	22	6	21%	27	21	6	22%
6	215	133	82	38%	215	133	82	38%
7	131	114	17	13%	126	111	15	12%
8	797	599	198	25%	787	593	194	25%
9	507	375	132	26%	506	384	121	24%
10	321	265	55	17%	320	265	55	17%
11	593	497	96	16%	594	498	96	16%
12	303	267	35	12%	302	267	36	12%
13	125	23	102	81%	125	24	102	81%
14	0	0	0	33%	0	0	0	33%
15	223	174	49	22%	223	174	49	22%
16	155	131	24	15%	143	120	23	16%
17	137	108	29	21%	123	98	24	20%
18	2291	2096	194	8%	2291	2101	189	8%
Totaal	6068	4921	1147	19%	6011	4904	1107	18%

Tabel 3.3 Totale watervraag, aanbod en tekort mp 9 en 11 in Mm3/zomerhalfjaar.

In Tabel 3.3 is de waterbalans weergegeven van mp9 en mp11. In mp11 is de maatregel dus niet geïmplementeerd. De waterbalans voor het regionale oppervlaktewater voor het zomerhalfjaar laat geen significante wijziging zien als gevolg van de maatregel.

3.2.2 mp12 RH5a, RH10

In Figuur 3.13 is het effect van cluster 12 op de grondwaterstanden weergegeven. Zoals te zien zijn er geen significante effecten op de HG3 en de LG3 zichtbaar. Dit komt



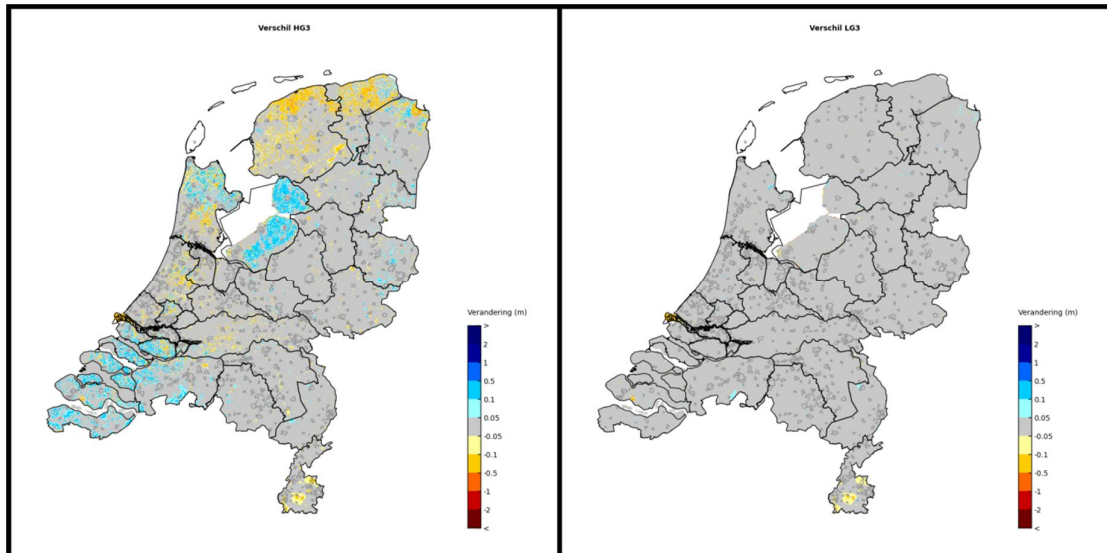
Figuur 3.13 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 12.

De watervraag neemt als gevolg van maatregel RH5a met 10 Mm³/zomerhalfjaar af. In tijden van droogte is dit niet voldoende om de tekorten op te heffen. Het percentage tekort wijzigt hierom niet.

Ook het vervroegen van de peilopzet zorgt voor een lagere watervraag. Dit geeft echter geen significant effect op het tekort omdat dit tekort op een ander moment van het jaar optreedt. Invoeegen:

3.2.3 mp13 RH6

In Figuur 3.14 is het effect van cluster 12 (peilgestuurde drainage) op de grondwaterstanden weergegeven. De effecten treden voornamelijk op bij de hoge grondwaterstanden. De grondwaterstanden in de gebieden Flevoland en Zeeland treden een verhoging van de grondwaterstand op. In de gebieden van Zuid-Holland, Noord Holland en Noord-Nederland is een daling van de hoge grondwaterstanden mogelijk. De peilgestuurde drainage heeft geen significant effect op de lage grondwaterstanden.

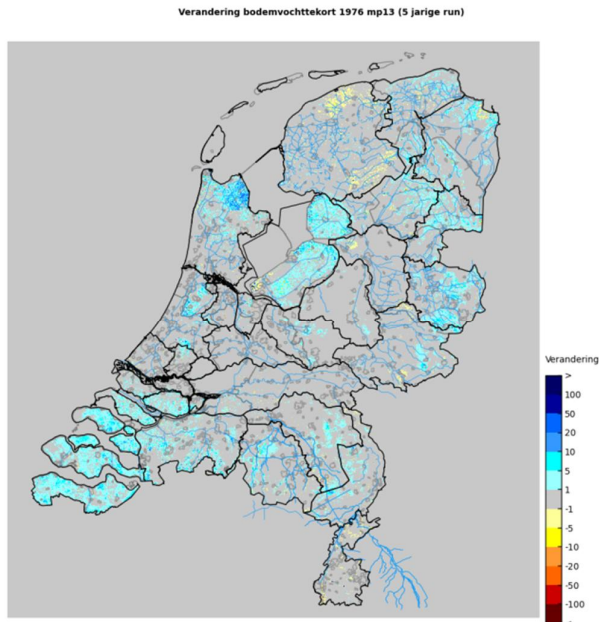


Figuur 3.14 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) a.g.v. maatregel cluster 13.

De resultaten van Flevoland en Zuid Westelijke Delta (ZWD) worden veroorzaakt door de ondieper liggende drainagebuizen in de winter. Ondiepere draingebuizen hebben hogere grondwaterstanden als gevolg. De maatregel is landelijk op dezelfde manier toegepast maar de grondwaterstanden in Noord-Nederland en West-Nederland dalen echter. Dit wordt veroorzaakt door de lagere drainageweerstand. Er is gewerkt met een uniforme draingeweerstand van 10 dagen. Deze lagere weerstand zorgt voor een kleinere opbolling.

De peilgestuurde drainage heeft geen effect op de lage grondwaterstanden. Dit komt overeen met een veldstudie uitgevoerd in Oost-Nederland (Rozemeijer et al, 2012). Het effect van peilgestuurde drainage op de lage grondwaterstanden en de beschikbare watervoorraad is afhankelijk het moment van peilopzet in het voorjaar. Het is mogelijk om grondwater vast te houden wanneer de peilopzet vroeg genoeg in het voorjaar plaatsvindt zodat een deel van het neerslagoverschot nog geborgen kan worden. In deze regionale maatregel wordt de peilopzet gedaan op 1 april. Wanneer er gekozen wordt voor 1 maart zal het effect op de lage grondwaterstanden groter zijn. Het juiste moment van peilopzet is afhankelijk van het neerslagpatroon en jaarafhankelijk.

Er is een lichte stijging van het gemiddelde bodemvocht zichtbaar als gevolg van de maatregel. Deze heeft echter geen significant effect op de resultaten van Agricom.



Figuur 3.15 Verandering bodemvochtttekort zomerhalfjaar maatregelpakket 13 (blauw = afname van het bodemvochtttekort als gevolg van de maatregel).

3.2.4 mp14 ST1, RZ1

Maatregel cluster 14 (hergebruik RWZI's en efficiëntere doorspoeling) heeft geen effect significant op de grondwaterstanden.

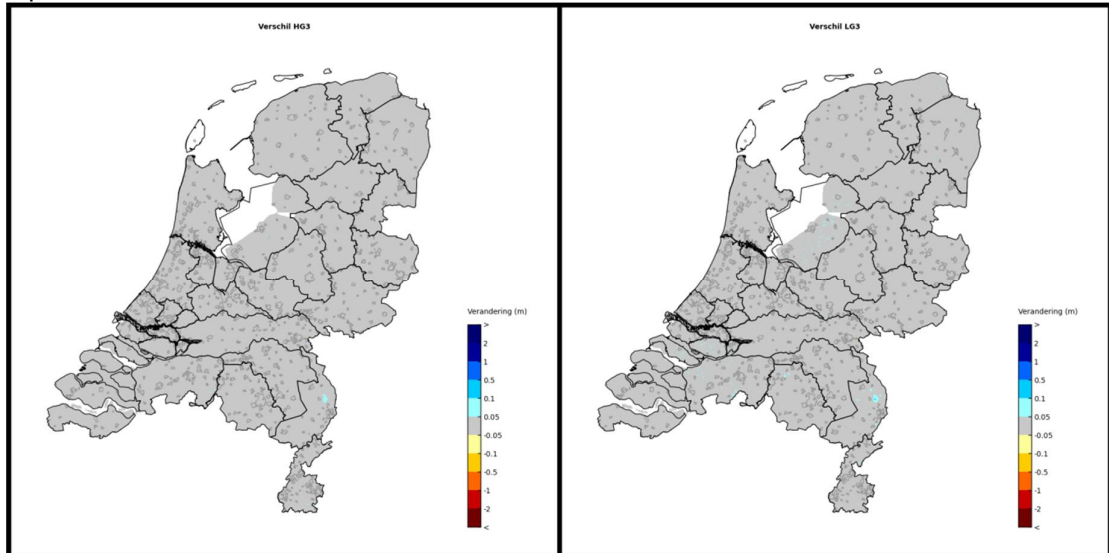
ST1:

De maatregel zorgt voor een extra aanbod van 4.3 Mm³/zomerhalfjaar voor regio 13 (ZWD zonder aanvoer). Dit extra aanbod zorgt voor een kleiner tekort voor peilbeheer en doorspoeling. De totale extra DWA afvoer in de maatregel bedraagt 0.75 m³/s. Dit is gelijk aan 11.8 Mm³/zomerhalfjaar (23.6 Mm³/jr). Het verschil wordt verklaard omdat er niet het gehele zomerhalfjaar een tekort optreedt maar slechts in enkele decaden. Op het moment dat er een tekort optreedt kan dit worden verminderd met maximaal 0.75 m³/s.

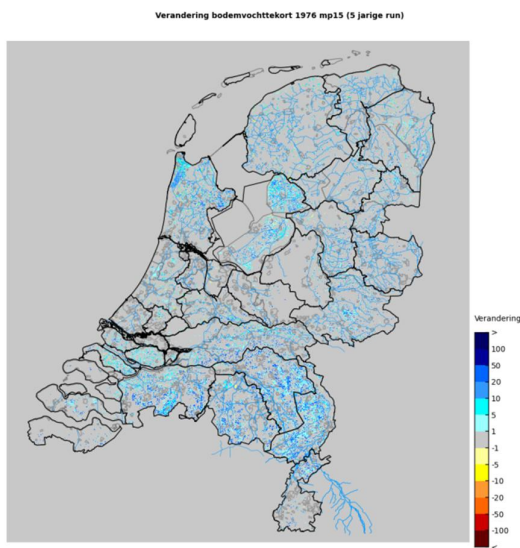
RZ1:

Totale watervraag doorspoeling gebied gebieden 9, 10, 11 en 12 nemen af met 10 Mm³/zomerhalfjaar. Het tekort neemt met 7 Mm³/zomerhalfjaar af. Deze twee getallen zijn niet aan elkaar gelijk omdat niet voor alle decaden tekorten optreden.

3.2.5 mp15 SR1



Figuur 3.16 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 15.



Figuur 3.17 Verandering bodemvochttekort zomerhalfjaar maatregelpakket 15 (blauw = afname van het bodemvochttekort als gevolg van de maatregel).

Als gevolg van de maatregel is een verhoging van het bodemvochtgehalte berekend tot maximaal 20 mm/zomerhalfjaar. Hierdoor worden de schades van Agricom verlaagd met circa 50 M€.

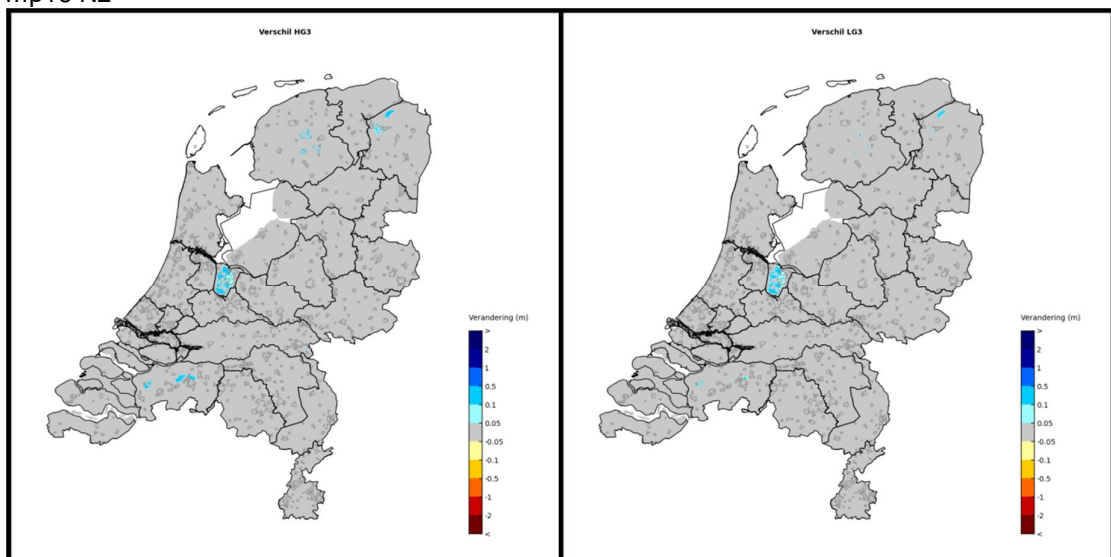
De maatregel heeft ook als gevolg dat er minder aanvoer voor beregening nodig waardoor er kleinere tekorten optreden. Dit effect is echter niet groot.

Regio	Totaal berekening mp9 (met maatregel)			
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %
2	15	3	12	82%
3	16	6	10	63%
4	9	2	7	80%
5	3	1	2	65%
6	52	16	36	69%
7	36	28	8	22%
8	70	24	47	66%
9	75	47	28	38%
10	49	17	32	65%
11	31	12	19	61%
12	83	60	23	28%
13	32	2	30	94%
14	0	0	0	33%
15	84	44	40	47%
16	12	7	5	44%
17	6	3	4	55%
18				
Totaal	574	272	303	53%

Regio	Totaal berekening mp15 (zonder maatregel)			
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %
15	3	13	81%	
16	6	10	62%	
9	1	7	83%	
4	1	2	63%	
53	17	36	68%	
37	29	8	22%	
72	25	47	66%	
76	48	29	38%	
50	18	32	64%	
32	13	19	60%	
86	63	24	27%	
32	2	30	94%	
0	0	0	33%	
87	45	42	48%	
12	6	6	46%	
7	3	4	51%	
Totaal	587	280	307	52%

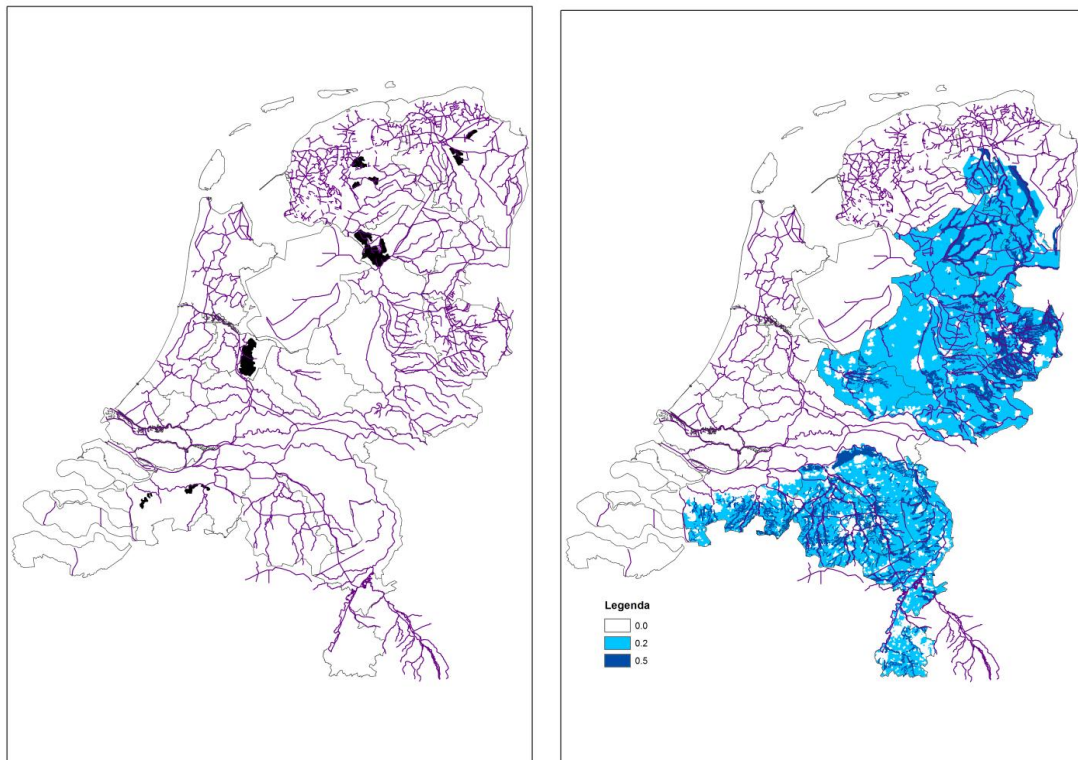
Tabel 3.4 Totale watervraag, aanbod en tekort ten behoeve van berekening uit het oppervlaktewater voor mp 9 en 15 in Mm3/zomerhalfjaar.

3.2.6 mp16 N2



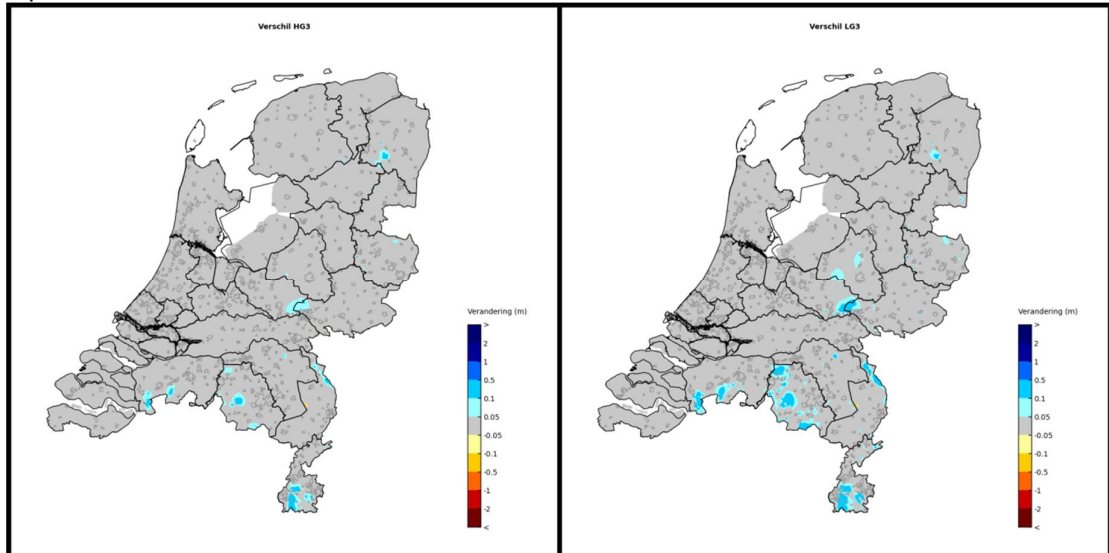
Figuur 3.18 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 16.

In bovenstaand figuur is de verandering van de grondwaterstand als gevolg van maatregel N2 weergegeven. De effecten komen niet goed overeen met het aanpassingsgebied (Figuur 3.19). Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste is er een overlap aanwezig van het aanpassingsgebied van maatregel N2 en maatregel RH1. Dit zorgt ervoor dat er geen effect in het gebied rond de Weerribben zichtbaar is. Ten tweede hebben de maatregelen een kleiner effect dan 5 cm waardoor de effecten niet zichtbaar zijn in het figuur. Dit gebeurt bij de gebieden in Noord-Nederland en Noord-Brabant.



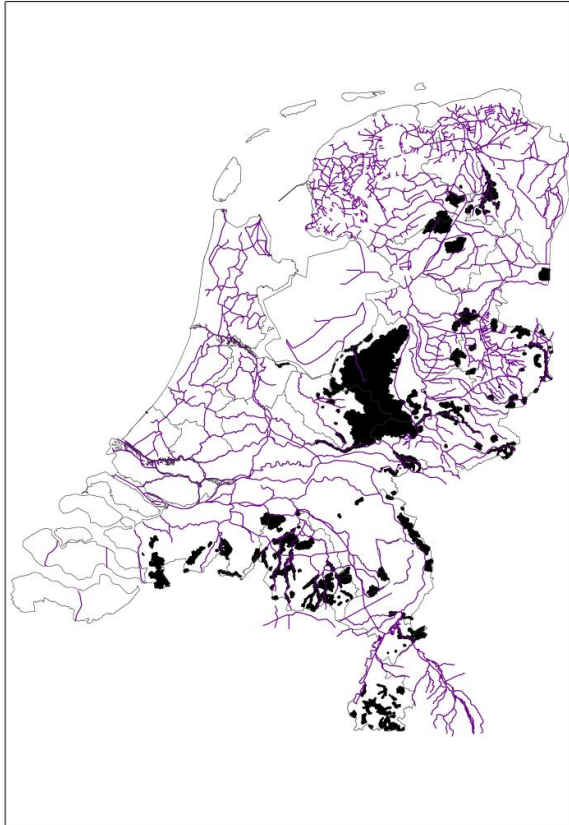
Figuur 3.19 Gedefinieerde natuurgebieden voor peilopzet/vernatting buiten natuurgebieden (links) en aanpassingsgebied maatregelcluster mp11 (maatregel RH1/2).

3.2.7 mp17 N3, N5



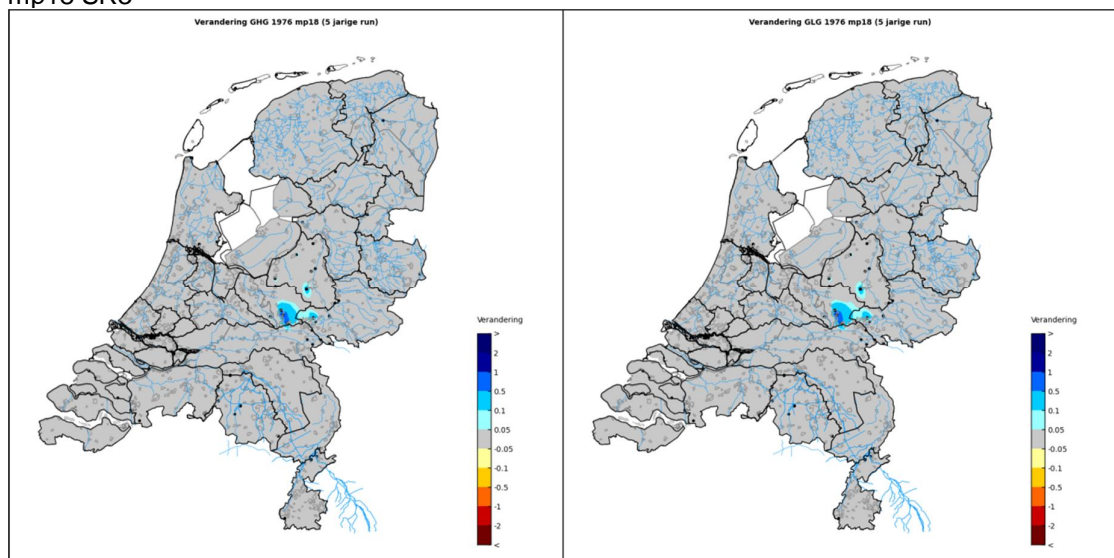
Figuur 3.20 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 17.

In deze maatregel zijn twee landelijke maatregelen toegepast. De verloofing (N3) en het verwijderen van beregening rond natuurgebieden (N5). Als gevolg van deze twee maatregelen is er een kleine stijging van de grondwaterstanden mogelijk. Deze stijging treedt vooral op bij de lage grondwaterstanden.



Figuur 3.21 Natura 2000 gebieden met buffer t.b.v. beperken beregning (maatregel N5).

3.2.8 mp18 SR3

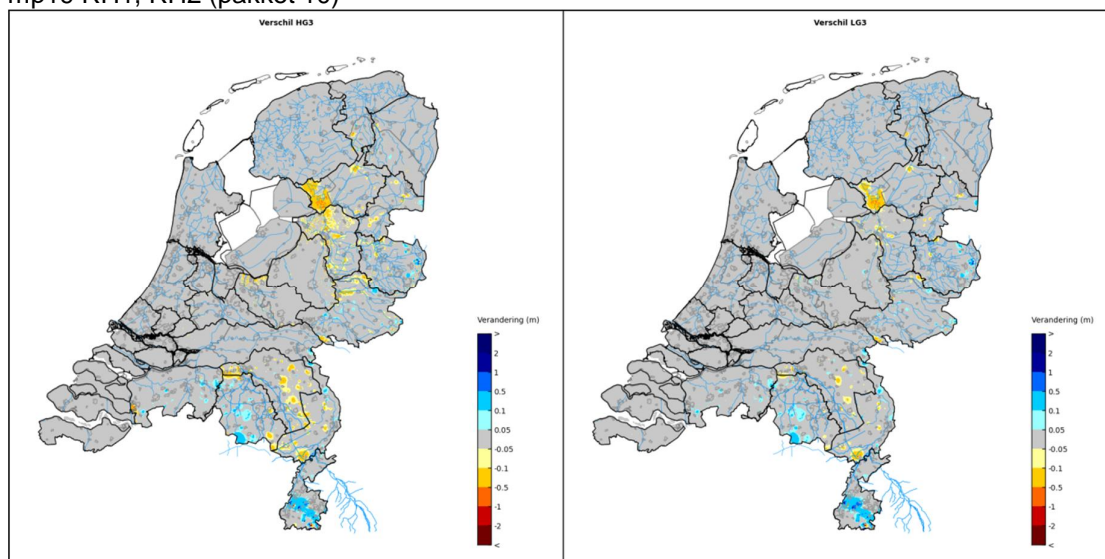


Figuur 3.22 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 18.

In bovenstaand figuur is het effect van het verwijderen van de grondwateronttrekkingen in natuurgebieden weergegeven. De punten geven de verwijderde onttrekkingslocaties weer. Niet op alle locaties waar een onttrekking is verwijderd is een effect zichtbaar. Dit heeft twee oorzaken. Ten eerste gaat het op enkele locaties om een zeer kleine onttrekking, het verwijderen hiervan zal dan weinig tot geen effect hebben. Ten tweede kan een dikke scheidende laag er voor zorgen dat er geen effect op de freatische grondwaterstanden zichtbaar zijn.

In het totaal wordt er in het scenario Warm2050 circa 16 Mm³/jr minder onttrokken. Dit is een vermindering van industriële grondwaterwinningen.

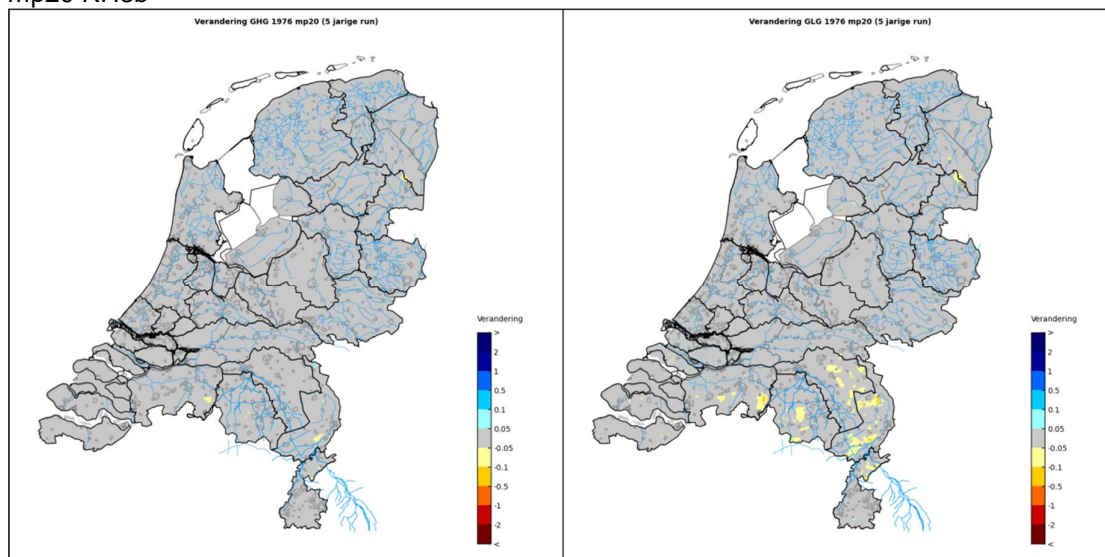
3.2.9 mp19 RH1, RH2 (pakket 10)



Figuur 3.23 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 19.

Ten opzichte van maatregelpakket 9 wordt hier nog een extra conditie gesteld aan RH1 en RH2. Een minimale drooglegging van 50 cm wordt gehandhaafd in 'overig gebied' (dit geldt niet voor beekdalen). Deze minimale drooglegging heeft het grootste effect in gebieden waar de drooglegging voorheen minimaal was. Daarom komen bijvoorbeeld de Weerribben-Wieden sterk terug in de resultaten.

3.2.10 mp20 RH3b

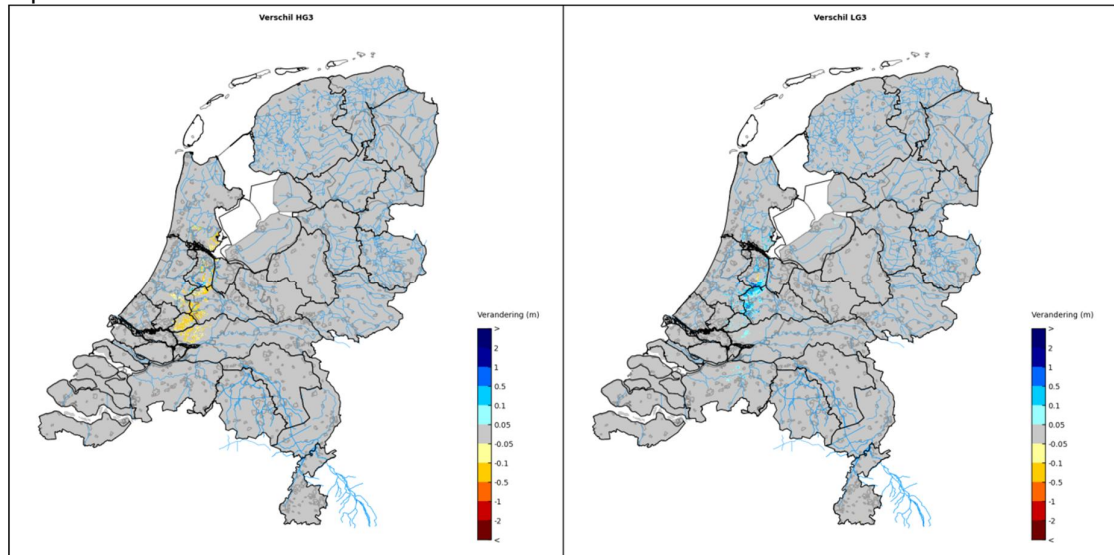


Figuur 3.24 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 20.

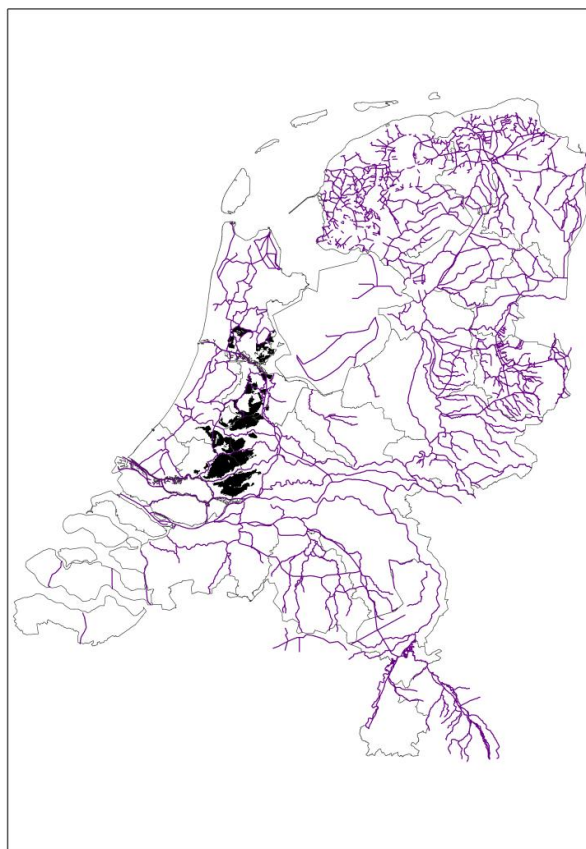
In bovenstaand figuur is het effect van 10% extra beregening op de grondwaterstanden van 1976 in Warm2050 weergegeven. Er is lokaal een kleine daling van de GHG zichtbaar en de GLG kan sterker dalen in enkele gebieden. Daling van de grondwaterstanden wordt veroorzaakt door extra onttrekking ten behoeve van beregening. Deze daling treedt alleen op in de gebieden waar de beregening voornamelijk uit het grondwater plaatsvindt.

Als gevolg van deze maatregel wordt de droogteschade verminderd met circa 20 M€. Deze afname is beperkt. De oorzaak van deze beperkte afname is dat in het peilgestuurd gebied in dit jaar al tekorten optreden waardoor een extra beregeningsvraag niet geleverd kan worden. De verminderde droogteschade treedt voor dit jaar dan alleen op in de gebieden waar uit het grondwater wordt beregend omdat in het model deze onttrekking niet beperkt wordt.

3.2.11 mp21 RH7



Figuur 3.25 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) agv maatregel cluster 21.



Figuur 3.26 Ligging onderwaterdrains maatregel RH7.

In maatregelpakket 21 is het effect van de onderwaterdrainage te zien, zowel in de HG3 en LG3. De ligging van de onderwaterdrainage komt hierin terug. In delen van dit gebied zakken de grondwaterstanden in de zomer over minder ver uit. Daarnaast is te zien dat de pieken in de grondwaterstand beter gedraineerd worden door de onderwaterdrainage. Deels kan dit worden verklaard doordat er binnen het gebied ook onderwaterdrainage is geplaatst in de gebieden die voorheen geen drainage hadden. Een andere reden is dat de weerstand van de onderwaterdrainage gemiddeld lager is dan de conventionele drainage, en overtollig water dus sneller afgevoerd kan worden.

Regio	Vraag, aanbod en tekort, mp 9				Verandering Vraag, aanbod en tekort, mp 21		
	Vraag	Aanbod	Tekort	Tekort %	Vraag	Aanbod	Tekort
2	85	36	49	57%	0%	1%	-1%
3	28	20	8	27%	0%	0%	0%
4	50	38	13	25%	0%	1%	-4%
5	14	12	2	14%	0%	0%	0%
6	162	117	46	28%	10%	1%	33%
7	95	86	9	9%	0%	0%	-1%
8	590	478	112	19%	0%	0%	-1%
9	170	137	32	19%	3%	4%	-1%
10	198	180	18	9%	4%	2%	18%
11	272	253	18	7%	10%	9%	22%
12	90	81	9	10%	0%	2%	-19%
13	92	21	71	77%	0%	0%	0%
14					0%	0%	0%
15	30	28	2	8%	0%	0%	0%
16	141	123	18	13%	0%	0%	-1%
17	121	97	24	20%	0%	0%	0%
18	1494	1494		0%	0%	0%	0%
Totaal	3632	3202	430	12%	2%	1%	4%

Tabel 3.3 watervraag, aanbod en tekort voor peilbeheer voor mp 9 in een extreem droog jaar in Warm2050 en de verandering van de watervraag, aanbod en tekort voor peilbeheer als gevolg van maatregelpakket mp21.

In bovenstaande tabel is de vraag voor peilbeheer weergegeven en de verandering als gevolg van maatregelcluster 21. Hier is zichtbaar dat de vraag in de gebieden waar onderwaterdrainage is geschematiseerd toeneemt tot 10%. De grootste toename is zichtbaar in de gebieden Riverengebied Noord en MWNL. Aangezien de extra watervraag niet altijd geleverd kan worden kan het leveringspercentage verder dalen.

In een verkennend onderzoek (Akker, 2011) is geconcludeerd dat in veengebieden de watervraag in een gemiddeld jaar circa 10-15% toeneemt wanneer onderwaterdrainage zonder flexibel peil wordt toegepast. De toename in een droger jaar kan groter zijn. Wanneer deze maatregel wordt gecombineerd met een flexibel peilbeheer kan de extra watervraag grotendeels gecompenseerd worden (Akker, 2011). De resultaten van dit maatregelcluster komen in de buurt van het eerder onderzoek. De grofheid van schematisatie (locatie van de onderwaterdrains) en de grofheid van het model zullen de resultaten beïnvloeden. De huidige resultaten geven wel een goed beeld wat verwacht kan worden.

3.3 Aanvullende maatregelen

3.3.1 Berekening

Voor de aanvullende maatregelen van pakket 9 is gekeken hoe de maatregel gedimensioneerd moet worden om het resterende tekort bij een specifiek jaar op te heffen. Hiervoor is gekeken naar de resterende tekorten die optreden bij de modelberekeningen van maatregelpakket 9.

- RH5a flexibel peilbeheer (regionaal systeem)
 - Hier is het tekort voor peilbeheer en berekening gedeeld door het oppervlak open water in het gebied. Hieruit volgt een waterschijf die nodig is om het tekort van peilbeheer en berekening op te heffen. In de praktijk kan deze waterschijf in meerdere droogte-events worden opgebouwd, hierom is deze berekende waarde een worse-case. Deze waarde geeft de waterschijf weer in een zomer waarbij sprake is van 1 aaneengesloten droge periode.
- RH8 collectieve reservoirs voor peilbeheer
 - Voor deze maatregel wordt het areaal berekend wat nodig is voor wanneer reservoirs met een waterhoogte van 1m gebouwd zouden worden. Hierbij wordt het tekort voor peilbeheer en berekening gebruikt. Ook wordt het percentage van het totaal oppervlak gegeven.
- S4 Grondwaterinfiltratie (artificiële recharge)
 - In de tabel wordt de resterende watervraag voor berekening weergegeven die uit het grondwater onttrokken kan worden. Om dit duurzaam te onttrekken zal de grondwaterinfiltratie hoger moeten zijn. Deze factor is sterk afhankelijk van het type gebied.
- SR2 & RH9 Opslag op bedrijfsniveau en Collectieve reservoirs voor landbouw
 - Voor deze maatregel wordt het areaal berekend wat nodig is voor wanneer reservoirs met een waterhoogte van 1m gebouwd zouden worden. Hierbij wordt het alleen het tekort voor berekening gebruikt. Ook wordt het percentage van potentieel berekend oppervlak uit het oppervlaktewater en het benodigd areaal wanneer alleen de hoogrenderende gewassen worden bediend berekend (benodigd areaal = % x areaal hoog renderende gewassen).
- RH11 Wateraanvoergebieden wijzigen
 - Voor deze maatregel wordt gekeken naar de gemiddelde watervraag in het gebied. Op basis van deze watervraag kan een inschatting gemaakt worden hoeveel extra water er nodig is om nieuwe gebieden aan te sluiten aan het wateraanvoergebied.
- RH7 onderwaterdrainage regio Zuid en Oost
 - Deze maatregel zal verder niet worden gekwantificeerd. Op basis van de modelresultaten is het niet mogelijk om voor deze maatregel kentallen te leveren.

3.3.2 Resultaten

In onderstaande tabellen zijn de resultaten van de aanvullende maatregelen beschreven. In de eerste tabel zijn de berekeningen per regio weergegeven voor een extreem droog jaar voor Warm 2050 met maatregelpakket 9. In de tweede tabel zijn de landelijke berekeningen weergegeven voor de periode 1965-1995 voor het scenario Warm 2050 met maatregelpakket 9.

Regio	Tekort PB (Mm3)	Tekort beregen (Mm3)	Tekort PB + bereg (Mm3)	Waterschijf (m)	Areaal (ha)	% oppervlakt	Extra te winnen (Mm3)	Totaal areaal (ha)	% van pot beregend	Areaal hoogwaardig (ha)	RH5a	RH8	S4	SR2 & RH9
											Flexibel peilbeheer	Reservoirs peilbeheer	Grondwater infiltratie	Reservoirs beregening
2	48.7	12.3	61.0	2.45	4870	2.3%	12.3	1230	23.2%	393				
3	7.8	9.8	17.6	0.73	780	0.3%	9.8	980	14.2%	215				
4	11.2	6.5	17.7	0.72	1120	0.4%	6.5	650	21.7%	107				
5	1.9	2.2	4.1	0.21	190	0.1%	2.2	220	12.5%	13				
6	45.7	35.7	81.4	1.42	4570	4.4%	35.7	3570	24.8%	1716				
7	8.9	7.7	16.6	0.50	890	0.8%	7.7	770	5.7%	215				
8	111.4	46.5	157.9	0.63	11140	1.7%	46.5	4650	19.4%	994				
9	32.2	27.6	59.8	0.58	3220	1.9%	27.6	2760	8.7%	1615				
10	16.6	31.8	48.4	0.41	1660	1.1%	31.8	3180	14.4%	2501				
11	17.6	18.5	36.1	0.30	1760	1.3%	18.5	1850	18.6%	606				
12	8.5	23.5	32.0	0.58	850	0.5%	23.5	2350	7.7%	1162				
13	70.8	30.1	100.9	2.08	7080	4.3%	30.1	3010	40.3%	2599				
14	0.0	0.1	0.1	0.06	0	0.0%	0.1	10	1.5%	0				
15	2.3	39.7	42.0	0.61	230	0.2%	39.7	3970	15.3%	3958				
16	18.4	5.1	23.5	0.62	1840	1.0%	5.1	510	8.8%	61				
17	23.9	3.3	27.2	0.78	2390	1.1%	3.3	330	10.2%	50				
Landelijk	425.9	300.4	726.3	0.71	42590	1.3%	300.4	30040	14.6%	16203				

Tabel 3.5 Berekende dimensies aanvullende regionale maatregelen voor Warm 2050 in een extreem droog jaar (1976) met maatregelpakket 9.

Jaar	RH5a Flexibel peilbeheer	RH8 Reservoirs peilbeheer		S4 Grondwater infiltratie	SR2 & RH9 Reservoirs berekening		
	Waterschijf (m)	Areaal (ha)	% oppervlak	Extra te winnen (Mm3)	Totaal areaal (ha)	% van pot beregend	Benodigd areaal hoogwaardig (ha)
1966	0.01	860	0.0%	3.2	320	0.2%	226
1967	0.07	4310	0.1%	28.9	2890	1.4%	1704
1968	0.01	740	0.0%	3.1	310	0.2%	215
1969	0.04	3060	0.1%	13.5	1350	0.7%	691
1970	0.06	4320	0.1%	20.1	2010	1.0%	1415
1971	0.10	6890	0.2%	35.1	3510	1.7%	2023
1972	0.03	2600	0.1%	6.4	640	0.3%	500
1973	0.14	8360	0.3%	57.1	5710	2.8%	3088
1974	0.06	3860	0.1%	19.1	1910	0.9%	1220
1975	0.07	4110	0.1%	33.8	3380	1.6%	2048
1976	0.71	42590	1.3%	300.4	30040	14.6%	16203
1977	0.07	4310	0.1%	24.5	2450	1.2%	1453
1978	0.06	4000	0.1%	18.3	1830	0.9%	1260
1979	0.05	3620	0.1%	16.1	1610	0.8%	1203
1980	0.02	1970	0.1%	5.7	570	0.3%	406
1981	0.04	2910	0.1%	11.1	1110	0.5%	788
1982	0.10	6190	0.2%	38.8	3880	1.9%	2314
1983	0.07	4340	0.1%	28.5	2850	1.4%	1783
1984	0.03	2450	0.1%	11	1100	0.5%	790
1985	0.02	1710	0.1%	5.2	520	0.3%	424
1986	0.08	5180	0.2%	34.6	3460	1.7%	2042
1987	0.01	580	0.0%	1.2	120	0.1%	82
1988	0.03	2180	0.1%	10.3	1030	0.5%	808
1989	0.13	7150	0.2%	58.2	5820	2.8%	3318
1990	0.12	7560	0.2%	51.9	5190	2.5%	3051
1991	0.11	7000	0.2%	44.7	4470	2.2%	2412
1992	0.06	3060	0.1%	29.4	2940	1.4%	1398
1993	0.05	3240	0.1%	14.3	1430	0.7%	813
1994	0.08	4270	0.1%	39.1	3910	1.9%	2367
1995	0.09	5210	0.2%	39.3	3930	1.9%	2331

Tabel 3.6 Berekende landelijke gemiddelde dimensies aanvullende regionale maatregelen voor Warm 2050 maatregelpakket 9.

- RH5a flexibel peilbeheer (regionaal systeem)
 - In bovenstaande tabel is de landelijk gemiddelde benodigde waterschijf weergegeven die nodig is om het resterende tekort voor berekening en peilbeheer op te heffen. In een gemiddeld jaar is de benodigde waterschijf flexibel peilbeheer enkele centimeters wat in veel gebieden mogelijk is. Echter om de tekorten van een droog of extreem droog jaar op te heffen is een gemiddelde waterschijf van meer dan 10 cm nodig. Voor deze jaren is deze maatregel dus alleen lokaal inzetbaar omdat een regionale grote verhoging van het peil niet plausibel is.
- RH8 collectieve reservoirs voor peilbeheer
 - In bovenstaande tabel is de landelijk oppervlak weergegeven wat nodig is om de tekorten voor berekening en peilbeheer op te heffen met de aanname van waterreservoirs van 1m.
- S4 Grondwaterinfiltratie (artificiële recharge)
- SR2 & RH9 Opslag op bedrijfsniveau en Collectieve reservoirs voor landbouw
 - In de Knelpunten analyse fase 3 is verondersteld dat de hoogwaardige open teelten een opslagcapaciteit op het perceel kunnen creëren van 500 m³/ha (voor de glastuinbouw ligt dit tussen de 500 en 1000 m³/ha). Dit komt overeen met een vlakdekkend reservoir van 5 cm. In de huidige berekening gaan we uit van een waterreservoir van 1m. Dit betekent dat wanneer 5% van het oppervlak wordt bedekt met een waterreservoir van 1 meter dit gelijk is aan een vlakdekkend reservoir van 5 cm. Wanneer gekeken wordt naar de tijdsperiode 1966-1995 voor Wam 2050 wordt dit criterium alleen voor het extreme droge jaar 1976 niet gehaald.
- RH11 Wateraanvoergebieden wijzigen
 - In de gebieden Riverengebied, Zuid en Oost wordt gedacht aan extra wateraanvoer gebieden. Het gaat hier om extra wateraanvoer in de gebieden 2, 5 en 7. Deze gebieden hebben in een extreem droog jaar voor Warm 2050 allemaal al een tekort, waardoor een extra watervraag grotendeels zal dan worden doorvertaald naar een extra tekort.

Gebied	Oppervlak (ha)	Areaal extra wateraanvoer (m ²)	Watervraag peilbeheer Warm 2050 (mp9) (Mm ³)	Tekort peilbeheer Warm 2050 (mp9) (Mm ³)	Watervraag nieuw aanvoergebied (m/ha ³)
2	207569	-	85	49	236
5	260423	-	162	46	176
7	106903	-	95	9	84

3.4 Gevoeligheidsberekeningen

3.4.1 mp29

Onderstaande resultaten zijn gebaseerd op de berekeningen voor de karakteristieke jaren omdat de langjarige reeksen momenteel nog niet beschikbaar zijn. Als referentie voor de berekening wordt hier de basiscase Warm 2050 met aangepaste capaciteiten en doorvoeren gebruikt.

In onderstaande drie figuren zijn de effecten van het bmax scenario op de hoge en lage grondwaterstanden weergegeven in een gemiddeld, droog en een extreem droog jaar.

Als gevolg van het toegenomen potentieel beregend areaal zullen de grondwaterstanden dalen in de gebieden die beregend worden uit het grondwater. Deze daling kan oplopen tot groter dan 50 cm. In de gebieden die worden beregend uit het oppervlaktewater is een kleine stijging

mogelijk van de grondwaterstanden omdat de extra berekening niet allemaal door de plant wordt gebruikt maar een deel naar het grondwater doorstroomt. De effecten op de GHG is onderschat omdat hier de resultaten van de karakteristieke jaren zonder inspeeljaar worden gepresenteerd.

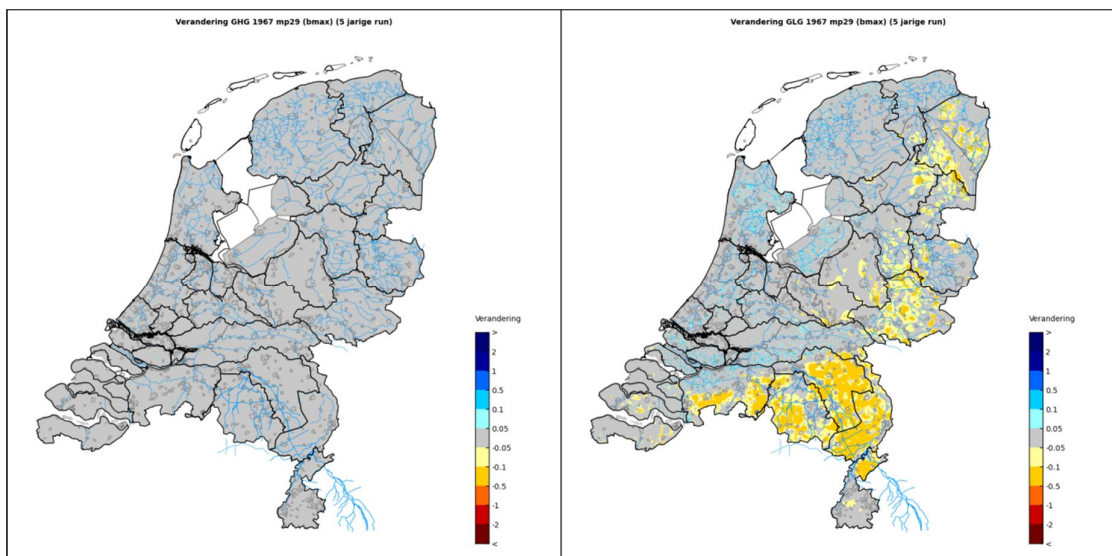
De vraag aan het oppervlaktewater zal sterk toenemen. Of deze extra vraag ook geleverd kan worden hangt af van de tekorten die in de initiële situatie al bestaan. De totale watervraag voor de referentie en de bmax som is weergegeven in Tabel 3.7.

De watervraag neemt met ongeveer een factor 2 toe. De toename van het aanbod is kleiner omdat de extra vraag niet altijd geleverd kan worden.

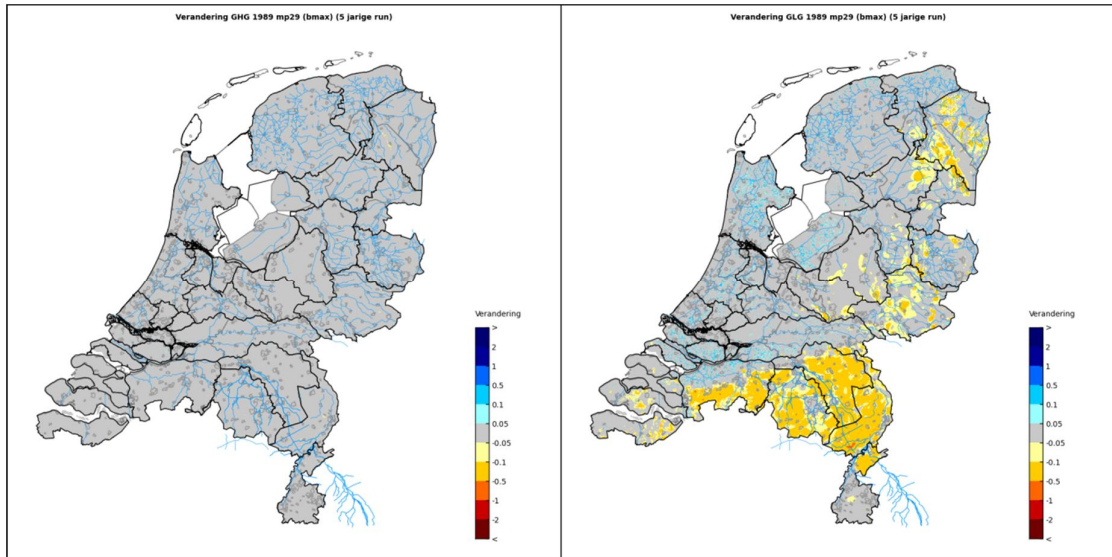
De toegenomen vraag en levering van beregeningswater heeft een effect op het verloop van het IJsselmeerpeil. Als gevolg van deze ontwikkeling zal een buffer van het IJsselmeer eerder, vaker en meer worden aangesproken. In Figuur 3.32 en Figuur 3.33 is het peilverloop van het IJsselmeer weergegeven voor de referentie case en het bmax scenario. In een gemiddeld jaar zal in het bmax scenario de buffer worden aangeproven. Voor een droog jaar is een extra buffer van het IJsselmeer nodig van 5 cm. Het peilverloop van een extreem droog jaar verandert in de berekeningen nauwelijks omdat hier al in de referentiesituatie gekort wordt op de inlaat naar de regio.

De droogteschade voor de landbouw neemt als gevolg van het extra areaal duidelijk af. De afname van de droogteschade in het gebied waar uit het oppervlaktewater wordt berekend is afhankelijk van het aanbod. De uit grondwater berekende gebieden zijn niet afhankelijk van het aanbod omdat er geen korting op de grondwateronttrekkingen plaatsvindt in het model. Hierdoor treedt de grootste percentuele verandering op in een gemiddeld jaar. Wanneer er een beregeningsverbod uit het grondwater afgekondigd zal worden zal de afname van de droogteschade minder worden.

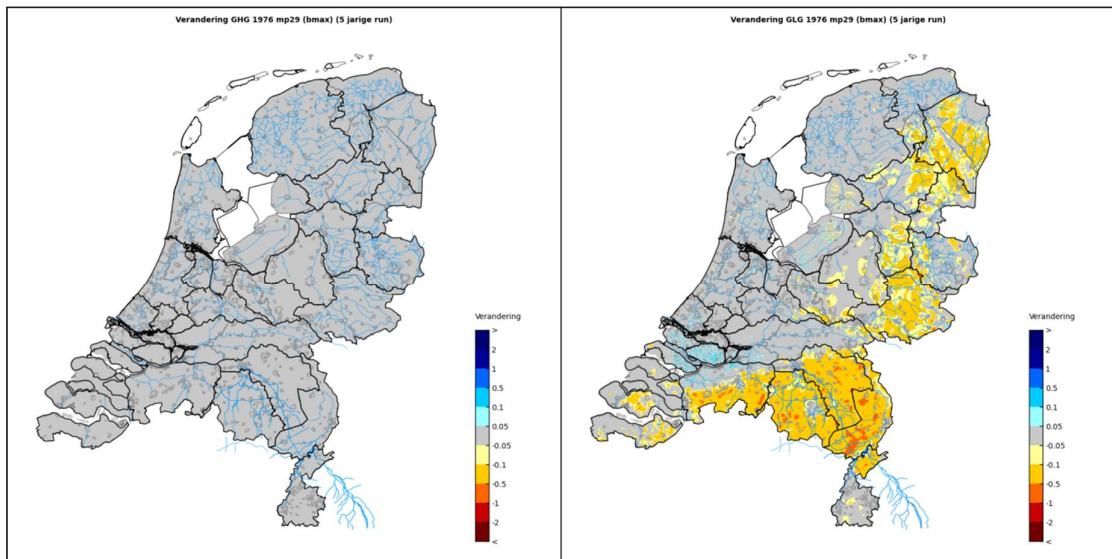
De daling van de grondwaterstanden door de extra onttrekkingen ten behoeve van berekening kunnen grote effecten hebben op de natuurgebieden.



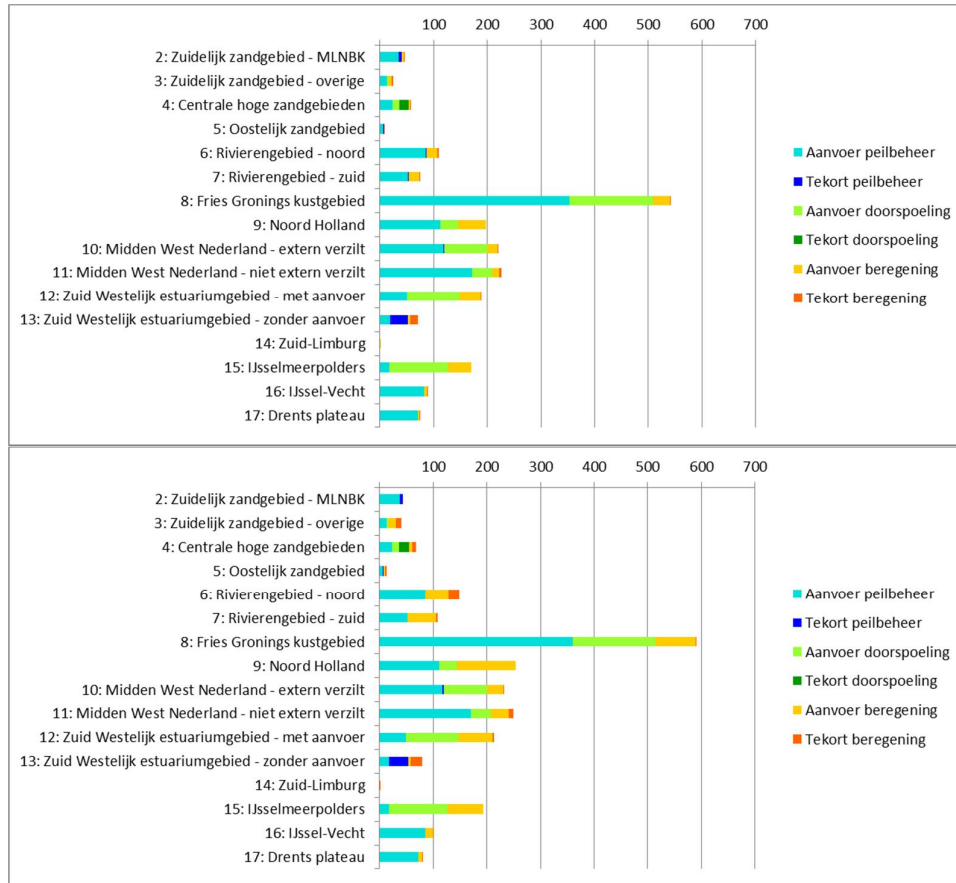
Figuur 3.27 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) in een gemiddeld jaar als gevolg van mp29 (bmax gevoeligheids scenario)



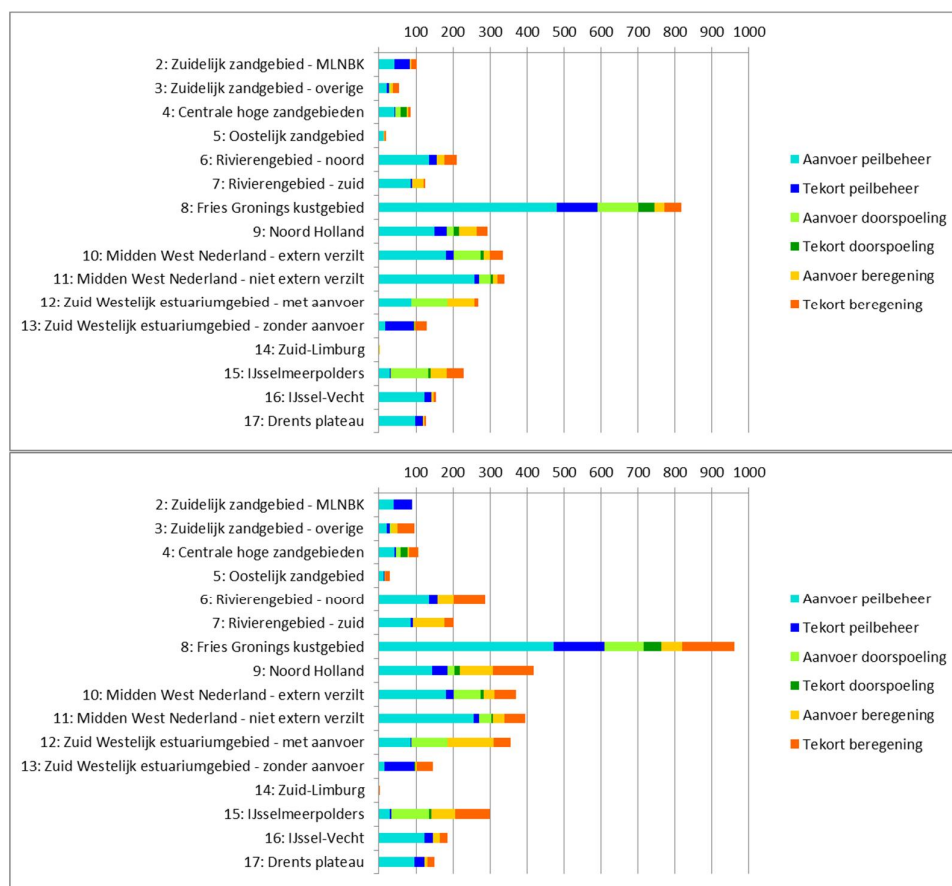
Figuur 3.28 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) in een droog jaar als gevolg van mp29 (bmax gevoeligheids scenario)



Figuur 3.29 Verandering HG3 (links) en LG3 (rechts) in een extreem droog jaar als gevolg van mp29 (bmax gevoeligheids scenario)



Figuur 3.30 Watervraag per gebruiker voor een gemiddeld jaar in Warm2050 voor referentie mp31 (boven) en bmax scenario (mp29)

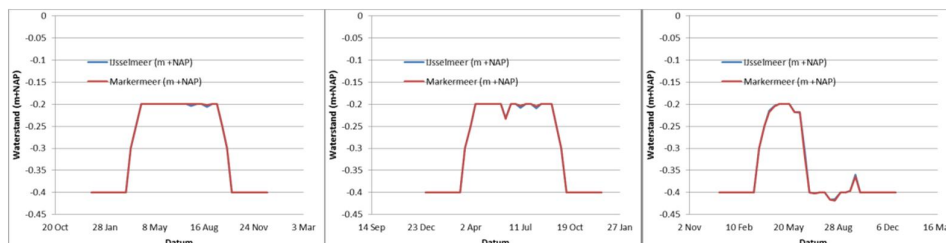


Figuur 3.31 Watervraag per gebruiker voor een extreem jaar in Warm2050 voor referentie mp31 (boven) en bmax scenario (mp29)

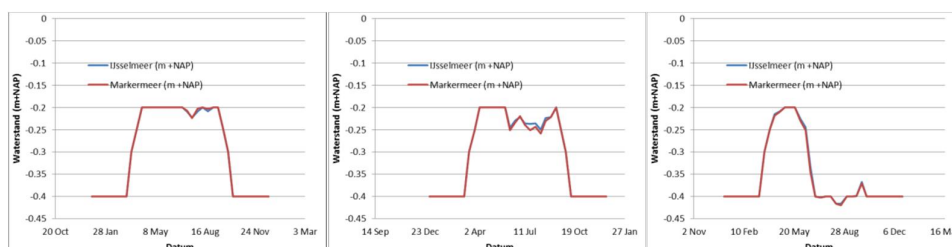
Tabel 3.7 Totale watervraag, aanbod en tekort voor beregening in Mm3/zomerhalfjaar voor de referentie en de bmax som.

	referentie		
	vraag	aanbod	tekort
<i>gemiddeld</i>	297	265	31
<i>droog</i>	388	328	61
<i>extreem droog</i>	604	301	303

	bmax		
	vraag	aanbod	tekort
<i>gemiddeld</i>	607	524	83
<i>droog</i>	788	632	156
<i>extreem droog</i>	1361	579	782



Figuur 3.32 Peilverloop van het IJsselmeer voor een gemiddeld, droog en een extreem droog jaar in Warm2050 voor referentie mp31.



Figuur 3.33 Peilverloop van het IJsselmeer voor een gemiddeld, droog en een extreem droog jaar in Warm2050 voor bmax gevoeligheidsscenario mp29.

Tabel 3.8 Watervraag, aanbod en tekort voor berekening (Mm3/zomerhalfjaar) in een gemiddeld jaar voor de referentie en de bmax som.

Derving gemiddeld jaar				
	Warm2050	bmax	Verschil	
2	67.6	15.6	52.0	77%
3	66.9	22.4	44.5	66%
4	25.5	21.0	4.5	18%
5	47.2	42.1	5.1	11%
6	22.6	15.5	7.1	31%
7	23.3	13.3	10.0	43%
8	120.0	100.9	19.1	16%
9	57.0	33.9	23.1	41%
10	18.1	14.1	4.0	22%
11	21.2	16.1	5.0	24%
12	22.4	11.4	11.0	49%
13	30.4	28.4	1.9	6%
14	17.4	16.2	1.2	7%
15	14.7	11.8	2.8	19%
16	31.9	26.7	5.2	16%
17	40.4	31.6	8.8	22%
Totaal	630.2	424.3	205.9	33%

Tabel 3.9 Watervraag, aanbod en tekort voor berekening (Mm3/zomerhalfjaar) in een droog jaar voor de referentie en de bmax som.

Derving droog jaar				
	Warm2050	bmax	Verschil	
2	97.3	27.4	69.8	72%
3	99.3	38.4	60.9	61%
4	33.5	28.9	4.6	14%
5	57.2	51.8	5.4	9%
6	38.1	26.7	11.4	30%
7	33.7	19.4	14.4	43%
8	167.7	142.4	25.3	15%
9	48.4	28.9	19.5	40%
10	21.7	16.2	5.6	26%
11	32.1	28.4	3.7	12%
12	43.8	22.8	21.1	48%
13	69.8	66.0	3.8	6%
14	15.2	14.1	1.0	7%
15	18.7	14.7	4.1	22%
16	37.8	32.3	5.6	15%
17	64.9	52.2	12.7	20%
Totaal	885.3	615.4	269.9	30%

Tabel 3.10 Watervraag, aanbod en tekort voor berekening (Mm3/zomerhalfjaar) in een extreem droog jaar voor de referentie en de bmax som.

Derving extreem droog jaar				
	Warm2050	bmax		
2	165.4	60.5	104.8	63%
3	175.0	83.2	91.9	52%
4	60.7	54.2	6.5	11%
5	112.6	101.9	10.6	9%
6	86.6	68.8	17.8	21%
7	56.9	35.9	21.0	37%
8	309.5	274.8	34.8	11%
9	78.4	58.0	20.3	26%
10	79.6	70.5	9.1	11%
11	59.7	52.1	7.6	13%
12	85.9	52.9	33.0	38%
13	111.6	103.1	8.5	8%
14	28.7	26.7	2.0	7%
15	45.3	45.4	-0.1	0%
16	81.2	72.1	9.1	11%
17	96.8	82.2	14.5	15%

Totaal	1642.9	1249.2	393.7	24%
--------	--------	--------	-------	-----

4 Referenties

- Rozemeijer, J.C., Broers, H.P., Visser, A., Borren, W., Gerner, L., van IJendoorn, B., Kramer-Hoenderboom, A., 2012, Veldonderzoek naar de effecten van peilgestuurde drainage op grondwaterstanden, drainafvoeren en waterkwaliteit op het Oost-Nederlands Plateau. Deltares rapport 1201979-000-BGS-0001.
- Akker, van den, J.J.H., Jansen, P.C., Querner, E.P., 2011. Huidige en toekomstige watervraag van veengronden in het Groene Hart. Alterra rapport 2142 .
- Hendriks, R.F.A., Akker, van den, J.J.H. (2012). Effecten van onderwaterdrains op de waterkwaliteit in veengebieden. Alterra rapport 2354 .
- Weerts, H.J.T., Makaske, B., Maas, G.J., de Bont, C.H.M., Kruse, G.A.M., Veldkamp, J.G., Vernes, R.W., 2004. Aandachtsgebieden veenkaden. Stowa rapport 2004-36.

K Analyse karakteristieke droogtejaren binnen de 35 jarige tijdreeks van de Deltascenario's

Meteorologische herhalingstijden voor 1967, 1989 en 1976

De effecten van maatregelen zijn in Deelprogramma Zoetwater gerapporteerd voor drie droogtejaren, namelijk een karakteristiek gemiddeld jaar (1967), een droog jaar (1989) en een karakteristiek extreem droog jaar (1976), waaraan een meteorologische herhalingstijd, nationaal gezien, gekoppeld is van ongeveer eens in de 3 jaar, 10 jaar resp. eens in de 100 jaar is. Deze herhalingstijden zijn indicatief, op basis van een gemiddelde over heel Nederland en afgerond. Per gebied kunnen de karakteristieken nogal sterk verschillen.

Meteorologische herhalingstijden - variatie tussen de knelpuntgebieden

In Tabel K.1 zijn de herhalingstijden per knelpuntgebied vermeld zoals die in fase 4 opnieuw zijn afgeleid. Dit is gebeurd op basis van data uit het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, waarbij de relatie tussen neerslagtekort en herhalingstijd van het KNMI (2004) is gebruikt. Het NHI gebruikt een fijner net van meetstations waardoor het neerslagtekort per regio kan afwijken van het eerder berekende neerslagtekort van het KNMI. De uitkomsten wijken daarom enigszins af van de KNMI studie (2004), die we voorheen in de landelijke knelpuntenanalyse (Klijn et al, 2011) altijd hebben aangehaald. De tabel laat zien dat er grote verschillen zijn in de karakteristieken per gebied. De voorzichtige conclusie die getrokken kan worden is dat 1967 meteorologisch gezien meer een eens in de 3 jaar i.p.v. 2 jaar (gebruikte herhalingstijd in de knelpuntenanalyse) is. 1989 is redelijk eenduidig over Nederland: een eens in de 10 jaar. Daarentegen kent 1976 een zeer grote bandbreedte en is landelijk gemiddeld over Nederland meer een eens in de 70 a 80 jaar.

Tabel K.1 Maximaal doorlopend neerslagtekort (mm) en de berekende bijbehorende herhalingsijd per knelpuntgebied voor de tijdreeksperiode 1961 t/m 1995 van de huidige situatie zoals afgeleid met NHI data

knelpuntgebied	Maximaal doorlopend neerslagtekort NHI [mm]					Herhalingsijden getransponeerde neerslagtekorten NHI [jaar]				
	IJsselmeergebied	Benedenrivierengebied	Rivierengebied	Zuidwestelijke Delta - zonder aanvoer	Hoge Zandgronden	IJsselmeergebied	Benedenrivierengebied	Rivierengebied	Zuidwestelijke Delta - zonder aanvoer	Hoge Zandgronden
jaar										
1961	115	138	114	134	74	1.6	1.3	1.0	1.0	1.0
1962	117	133	102	159	101	1.7	1.2	1.0	1.2	1.0
1963	92	84	86	72	80	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1964	131	105	135	174	162	2.1	1.0	1.2	1.6	2.5
1965	56	85	49	95	50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1966	107	106	103	103	93	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0
1967	167	179	192	158	173	4.1	2.8	3.5	1.2	3.1
1968	52	65	49	80	63	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1969	142	160	148	105	130	2.6	1.9	1.6	1.0	1.4
1970	164	193	168	209	160	3.8	3.5	2.2	3.0	2.5
1971	194	164	152	166	165	6.6	2.1	1.7	1.3	2.7
1972	58	47	46	65	43	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1973	173	183	184	225	204	4.5	3.0	3.0	4.1	5.4
1974	151	159	147	177	132	3.0	1.9	1.5	1.7	1.5
1975	216	208	191	186	198	9.7	4.7	3.4	2.0	4.9
1976	318	379	353	414	329	60.9	106.7	66.3	148.3	51.8
1977	142	151	130	149	100	2.6	1.7	1.1	1.0	1.0
1978	150	131	127	170	120	3.0	1.1	1.1	1.4	1.2
1979	86	122	126	157	111	1.0	1.0	1.0	1.1	1.0
1980	140	152	151	146	135	2.5	1.7	1.6	1.0	1.6
1981	153	126	131	137	116	3.2	1.0	1.1	1.0	1.1
1982	198	236	238	240	208	7.0	7.8	8.0	5.4	5.9
1983	228	227	222	203	200	12.2	6.6	6.0	2.7	5.1
1984	124	140	125	171	130	1.9	1.3	1.0	1.5	1.4
1985	60	78	61	101	53	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1986	199	199	205	225	188	7.2	3.9	4.4	4.1	4.1
1987	65	74	64	69	63	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1988	134	160	139	162	134	2.2	2.0	1.3	1.2	1.6
1989	216	254	263	273	249	9.8	10.9	12.7	10.1	12.2
1990	185	237	200	297	196	5.6	7.9	4.0	16.1	4.7
1991	170	152	170	161	178	4.2	1.7	2.3	1.2	3.4
1992	203	156	164	106	165	7.8	1.8	2.1	1.0	2.7
1993	124	133	136	132	132	1.9	1.2	1.2	1.0	1.5
1994	152	202	170	214	189	3.1	4.2	2.3	3.3	4.1
1995	191	266	235	252	212	6.2	13.6	7.6	6.8	6.2

Ranking analyse voor 3 knelpuntgebieden

In Tabel K.2 t/m Tabel K.4 hebben we voor 3 knelpuntgebieden de laatste 30 jaren uit de deltasceario tijdreeks (1965-1995) gerankt voor een 3 of 4 tal belangrijke parameters. (De eerste 5 jaren zijn niet meegenomen in de analyse i.v.m. de inspeeltijd van de modellen). De lengte van de tijdserie is te kort om een goede statistische analyse uit te voeren en daarom hebben wij ons hier beperkt tot een ranking.

De uitkomsten laten zien dat de ranking van de gebruikte karakteristieke jaren 1967, 1989 en 1976 niet eenduidig is. Afhankelijk van welk fenomeen (bijv. landbouwschade als gevolg van sluiten inlaten of als gevolg van te weinig neerslag) en welke locatie wordt bestudeerd is de ranking van het jaar anders.

Om te komen tot een op risico gebaseerde afweging van een maatregel ten behoeve van de zoetwatervoorziening en van het gewenste voorzieningenniveau is een betere droogtestatistiek noodzakelijk, gebaseerd op langjarige, synthetische reeksen van neerslag, verdamping en afvoer van Rijn en Maas en ook op combinatie van kans van voorkomen.

Tabel K.2 Ranking IJsselmeergebied: Rijn afvoerdeficiet bij Lobith, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm) gebruikte bufferschijf IJsselmeer en landbouwdroogteschade (Meuro) voor de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in de situatie met maatregel IJsselmeerbufferschijf 0,4 m (zomerpeil +0,1 m NAP en minimum zomerpeil -0,3 m NAP) in scenario Warm in 2050 geldt

Rank	Jaar	Afvoerdeficiet Rijn bij Lobith (M m3)	Jaar	Cumulatief neerslagtekort (mm)	Jaar	Gebruikte bufferschijf IJM (m)	Jaar	Landbouwdroogteschade (M€)
1	1976	13923	1976	318	1976	0.40	1976	632
2	1991	8798	1983	228	1991	0.14	1992	421
3	1974	8377	1989	216	1971	0.06	1983	412
4	1993	8363	1975	216	1992	0.05	1975	384
5	1971	7899	1986	199	1990	0.04	1986	347
6	1990	7610	1982	198	1986	0.04	1989	338
7	1989	7407	1971	194	1995	0.04	1995	324
8	1992	7032	1990	185	1989	0.03	1982	319
9	1972	6495	1973	173	1974	0.02	1994	278
10	1973	6333	1967	167	1994	0.02	1967	263
11	1994	5044	1970	164	1983	0.02	1973	262
12	1979	5000	1981	153	1975	0.02	1990	240
13	1986	4763	1974	151	1973	0.02	1971	227
14	1988	4687	1978	150	1972	0.01	1991	225
15	1967	4539	1977	142	1993	0.01	1969	214
16	1983	4515	1969	142	1967	0.01	1970	201
17	1985	4055	1980	140	1977	0.00	1974	172
18	1977	3900	1988	134	1966	0.00	1981	142
19	1982	3276	1964	131	1968	0.00	1977	141
20	1981	3275	1984	124	1969	0.00	1978	112
21	1984	2941	1962	117	1970	0.00	1984	104
22	1995	2934	1961	115	1978	0.00	1993	83
23	1975	2635	1966	107	1979	0.00	1979	77
24	1978	2589	1963	92	1980	0.00	1972	61
25	1980	2196	1979	86	1981	0.00	1980	58
26	1968	2139	1987	65	1982	0.00	1966	58
27	1969	2037	1985	60	1984	0.00	1968	53
28	1970	1191	1972	58	1985	0.00	1988	41
29	1987	943	1965	56	1987	0.00	1987	25
30	1966	685	1968	52	1988	0.00	1985	19

Voor de afvoer van de Rijn is gekeken naar het afvoerdeficit (met als drempelwaarde 1800 m³/s) in het zomerhalfjaar. Voor de lage afvoersituatie van de Rijn heeft 1989 een herhalingstijd van ca. 5 jaar. Daarom wordt aanbevolen om in een gevoeligheidsanalyse de afvoeren van droogtejaren met een herhalingstijd van het afvoerdeficit van ongeveer 10 jaar te combineren met het neerslagtekort droogtejaar 1989 (herhalingstijd eens in de 10 jaar) en vervolgens het peilverloop van het IJsselmeer te simuleren. Dit kan met de rekentool Zoetwater uit fase 3 (evt. updaten met fase 4 data). De volgende afvoerjaren komen daarvoor in aanmerking: 1990, 1991, 1971 (herhalingstijden afvoerdeficit resp. 9,5, 14,3 en 9,9 jaar). Op deze manier kan beter inzicht gekregen worden in de droogtekaracteristieken van het gebied (bijv. de gevoeligheid van de bufferschijf IJsselmeer).

Tabel K.3 Ranking Benedenrivierengebied: Rijn afvoerdeficiet bij Lobith, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm), sluiting inlaat bij Gouda (aantal dagen) en landbouwschade (Meuro) voor de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in scenario Warm in 2050 geldt

Rank	Jaar	Afvoerdeficiet Rijn bij Lobith (1000 m3)	Jaar	Cumulatief neerslagtekort (mm)	Jaar	Sluiting inlaat bij Gouda (dagen)	Jaar	Landbouw-droogteschade (M€)
1	1976	13923	1976	379	1976	86	1976	179
2	1991	8798	1989	254	1991	43	1995	86
3	1974	8377	1990	237	1971	42	1994	71
4	1993	8363	1982	236	1990	30	1983	69
5	1971	7899	1983	227	1973	29	1989	66
6	1990	7610	1975	208	1989	24	1986	64
7	1989	7407	1986	199	1992	23	1990	57
8	1992	7032	1970	193	1974	21	1975	52
9	1972	6495	1973	183	1994	20	1982	50
10	1973	6333	1967	179	1979	15	1973	49
11	1994	5044	1971	164	1988	12	1967	41
12	1979	5000	1988	160	1967	9	1969	38
13	1986	4763	1969	160	1983	9	1991	34
14	1988	4687	1974	159	1972	9	1992	33
15	1967	4539	1980	152	1993	6	1970	33
16	1983	4515	1977	151	1982	5	1977	26
17	1985	4055	1984	140	1986	3	1971	25
18	1977	3900	1961	138	1978	3	1984	25
19	1982	3276	1962	133	1981	2	1979	24
20	1981	3275	1978	131	1984	2	1974	17
21	1984	2941	1981	126	1985	2	1981	17
22	1995	2934	1979	122	1977	2	1978	17
23	1975	2635	1966	106	1969	1	1988	14
24	1978	2589	1964	105	1980	1	1993	14
25	1980	2196	1965	85	1966	0	1980	13
26	1968	2139	1963	84	1968	0	1985	10
27	1969	2037	1985	78	1970	0	1966	10
28	1970	1191	1987	74	1975	0	1987	9
29	1987	943	1968	65	1987	0	1972	8
30	1966	685	1972	47			1968	6

Bovenstaande ranking laat zien dat de oorzaak van de landbouwschade niet eenduidig is. Het is niet mogelijk om te concluderen of het sluiten van Gouda dan wel het cumulatief neerslagtekort dominant is voor de omvang van de landbouwdroogteschade. Dit vergt nadere analyse. We bevelen aan dit in een vervolg onderzoek uit te voeren omdat dit meer inzicht geeft in gewenst type maatregelen en verwachte effectiviteit.

Tabel K.4 Ranking Hoge Zandgronden: Rijn afvoerdeficiet bij Lobith, Maas afvoerdeficiet bij Monsin, maximaal cumulatief neerslagtekort (mm), en landbouwdroogteschade (Meuro) voor de tijdreeksperiode 1965 t/m 1995 zoals die in scenario Warm in 2050 geldt

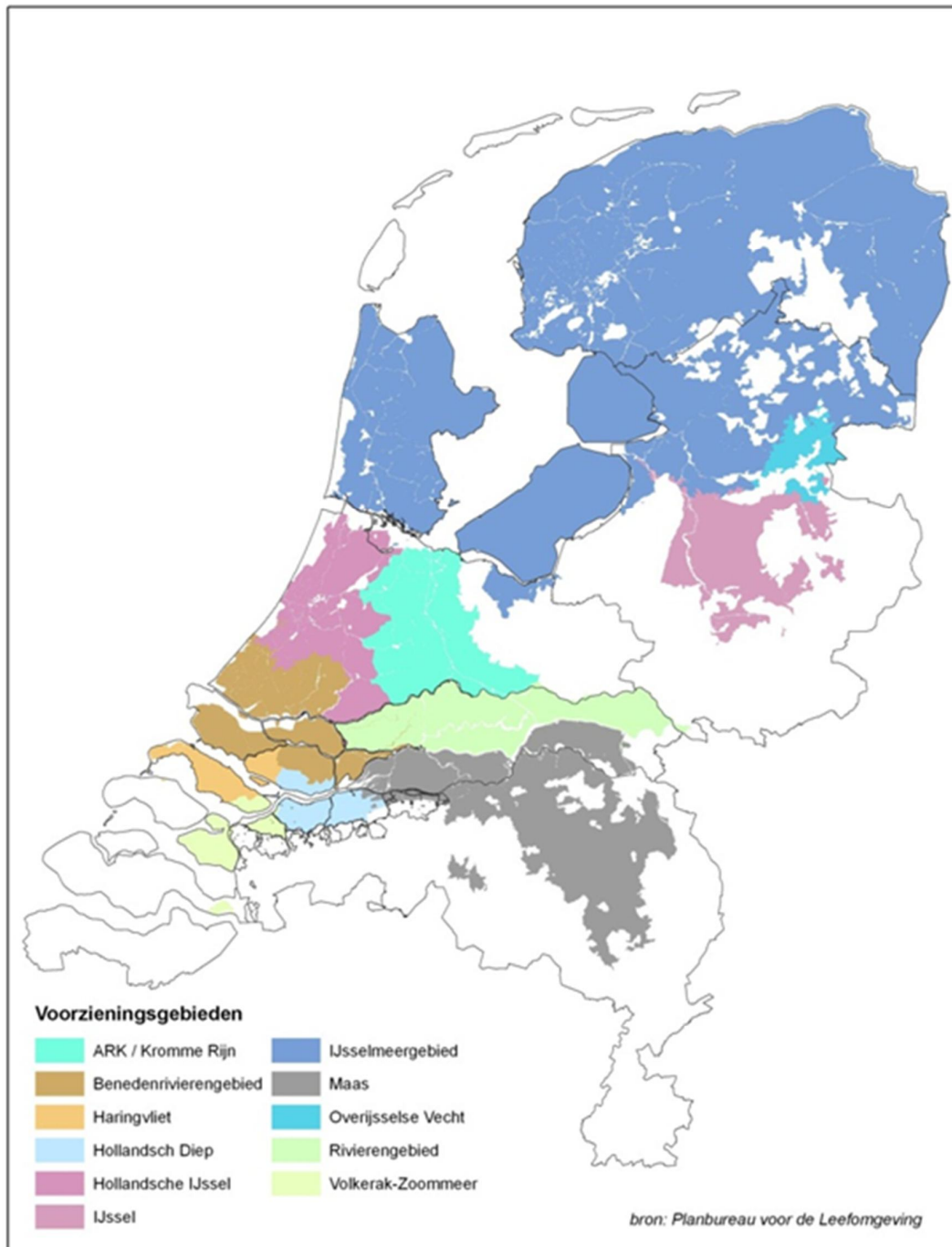
Rank	Jaar	Afvoerdeficiet Rijn bij Lobith (1000 m3)	Jaar	Afvoerdeficiet Maas bij Monsin (m3)	Jaar	Cumulatief neerslagtekort (mm)	Jaar	Landbouwdroogteschade (M€)
1	1976	13923	1976	2829	1976	329	1976	540
2	1991	8798	1973	1050	1989	249	1995	323
3	1974	8377	1974	912	1982	208	1973	321
4	1993	8363	1967	683	1973	204	1989	299
5	1971	7899	1991	677	1983	200	1982	294
6	1990	7610	1971	653	1975	198	1975	276
7	1989	7407	1975	469	1990	196	1994	274
8	1992	7032	1993	341	1986	188	1990	272
9	1972	6495	1982	275	1967	173	1983	271
10	1973	6333	1970	273	1971	165	1991	266
11	1994	5044	1979	264	1964	162	1986	261
12	1979	5000	1989	178	1970	160	1992	227
13	1986	4763	1977	146	1980	135	1967	223
14	1988	4687	1978	140	1988	134	1971	211
15	1967	4539	1990	110	1974	132	1970	176
16	1983	4515	1983	98	1969	130	1969	142
17	1985	4055	1972	90	1984	130	1993	133
18	1977	3900	1994	56	1978	120	1974	132
19	1982	3276	1995	48	1981	116	1979	127
20	1981	3275	1969	38	1979	111	1978	120
21	1984	2941	1992	35	1962	101	1984	117
22	1995	2934	1986	24	1977	100	1977	110
23	1975	2635	1985	18	1966	93	1981	108
24	1978	2589	1981	7	1963	80	1988	67
25	1980	2196	1984	7	1961	74	1972	58
26	1968	2139	1980	4	1987	63	1985	47
27	1969	2037	1968	1	1968	63	1966	45
28	1970	1191	1988	0	1985	53	1980	43
29	1987	943	1966	0	1965	50	1968	41
30	1966	685	1987	0	1972	43	1987	32

Uit bovenstaand tabel volgt dat in het Maasgebied de 1989 afvoer hoger is dan die in het gemiddelde jaar 1967, waardoor het aanbod voor een karakteristiek droog jaar te gunstig geschat wordt. In de verkenning in fase 4 is voor de eenduidigheid uitgaan van deze twee jaren, ook voor de afvoerseries, in aansluiting op de knelpuntenanalyse. (Hiermee wijken we af van fase 3, waarin we voor de analyse de Maasafvoer van het jaar 1973 gebruikten in plaats van de afvoer van 1989, omdat deze beter het afvoerdeficiet reflecteert dat hoort bij een droog jaar).

L Kaarten hoofdwatersysteem

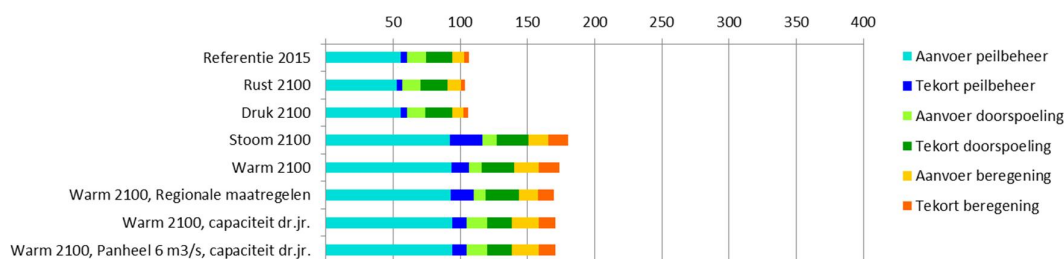


Figuur L.1 De belangrijkste kranen en inlaatpunten voor de zoetwaterverdeling (WVL, 2013)

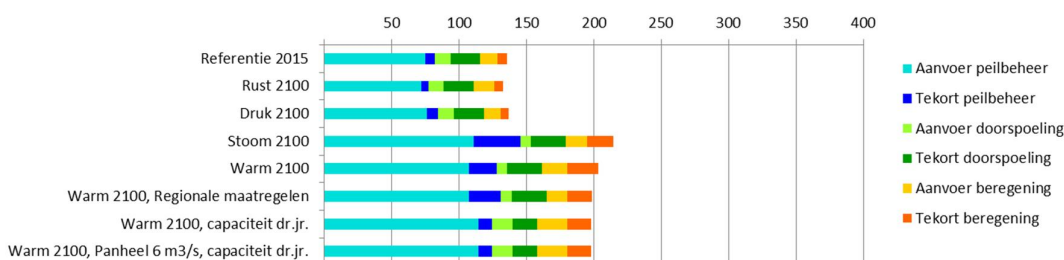


Figuur L.2 Gebieden waar aanvoer van zoetwater uit het hoofdsysteem mogelijk is met een aanduiding van de belangrijkste bron (Bron: PBL.. Gebaseerd op data NHI versie 2.2).

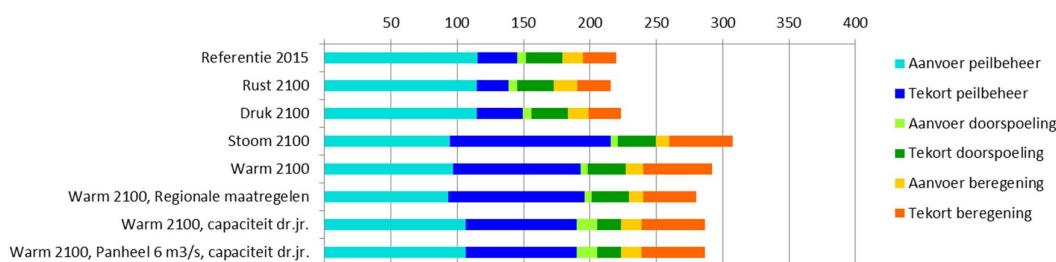
M Histogrammen watervraag, -aanbod en -tekort in 2100



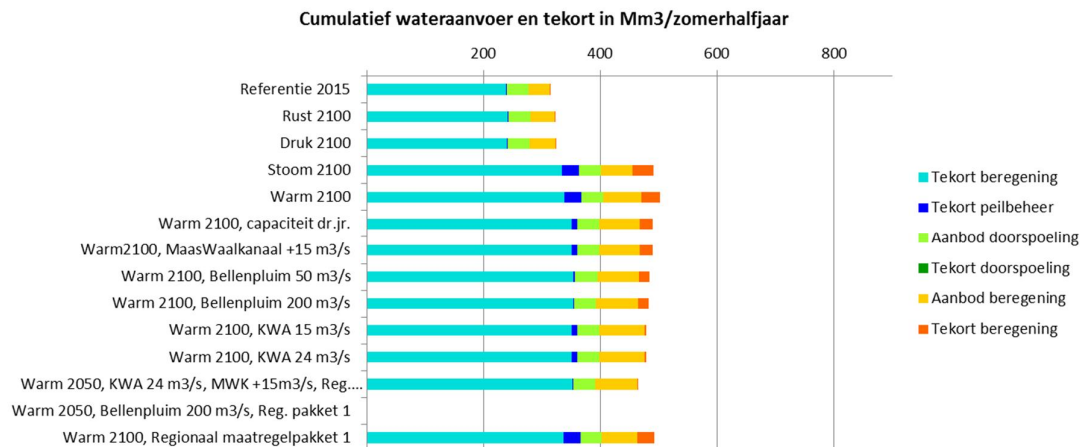
Figuur M.1 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregning (Mm^3) op de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een gemiddeld jaar voor het zichtjaar 2100



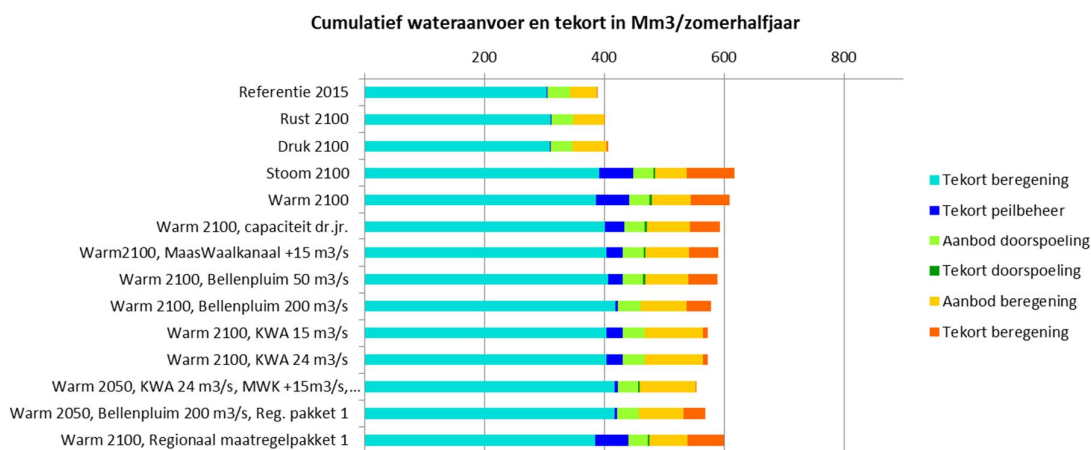
Figuur M.2 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregning (Mm^3) op de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2100



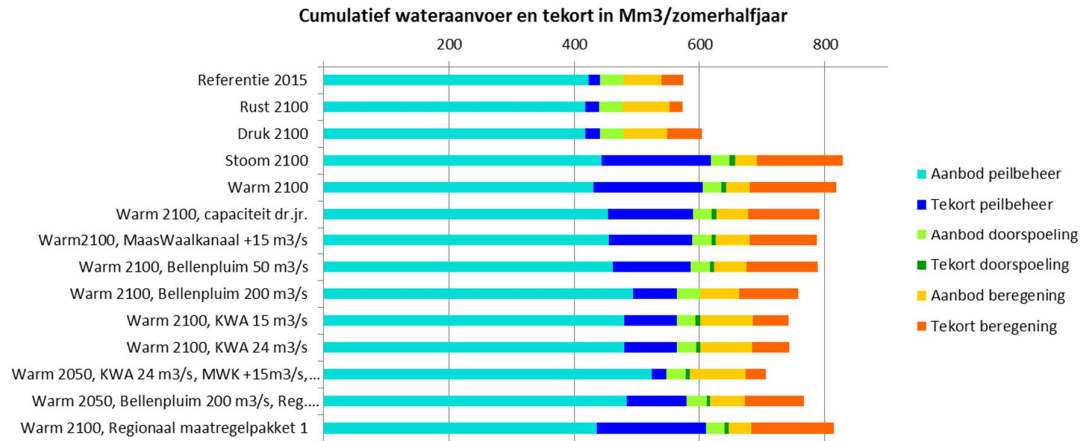
Figuur M.3 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregning (Mm^3) op de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2100



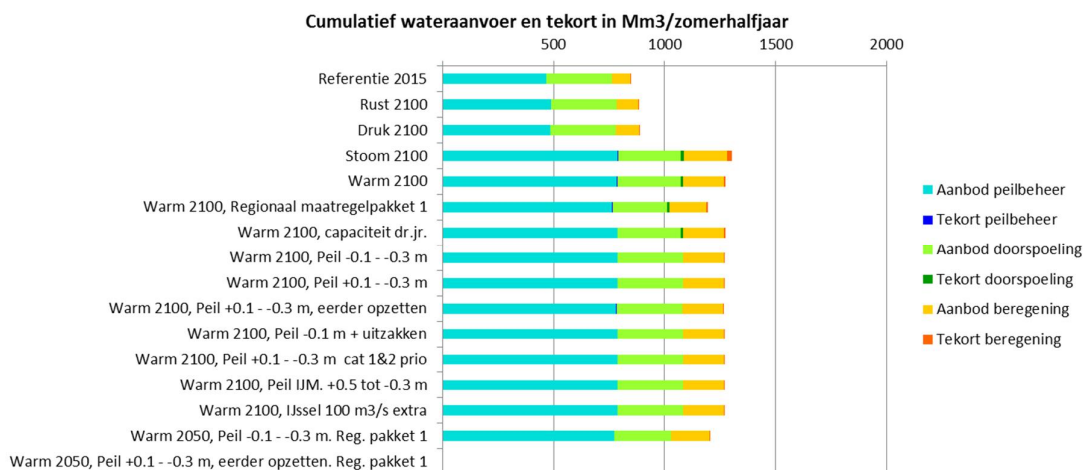
Figuur M.4 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een gemiddeld jaar voor het zichtjaar 2100



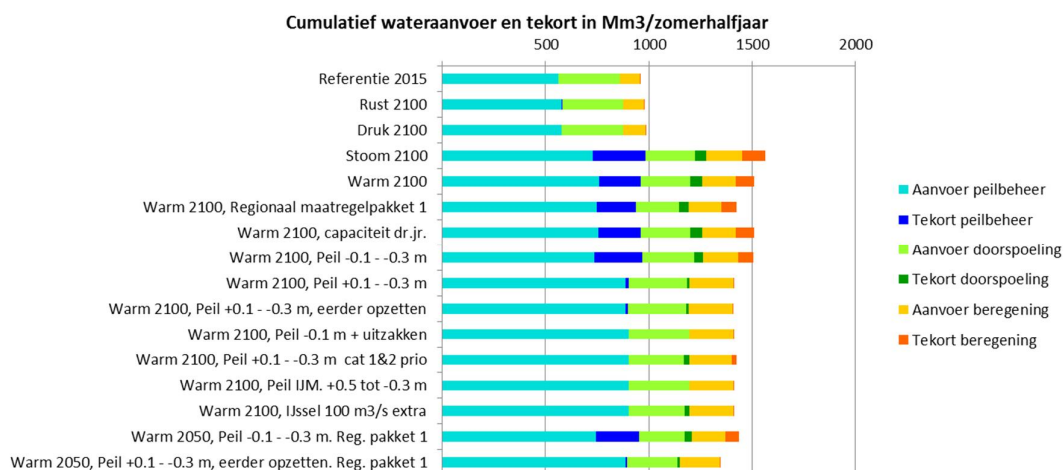
Figuur M.5 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2100



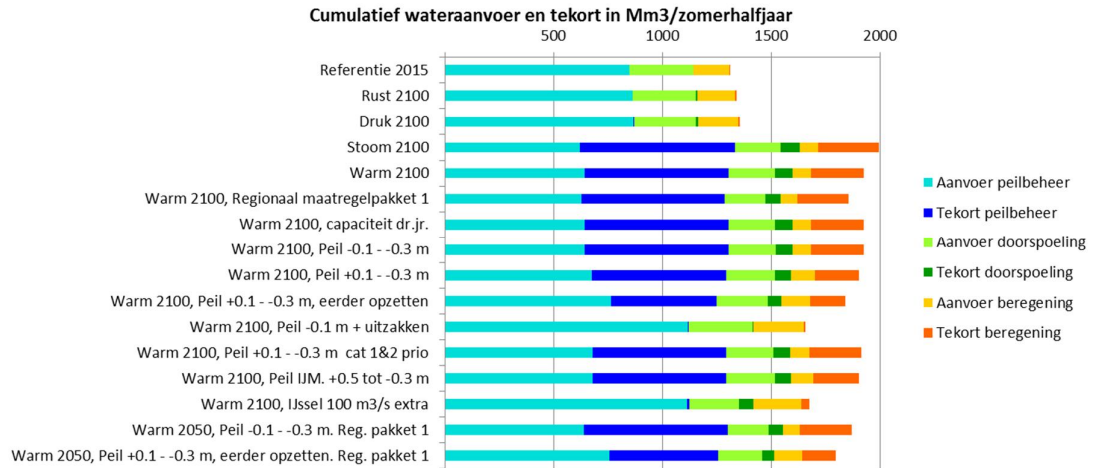
Figuur M.6 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2100



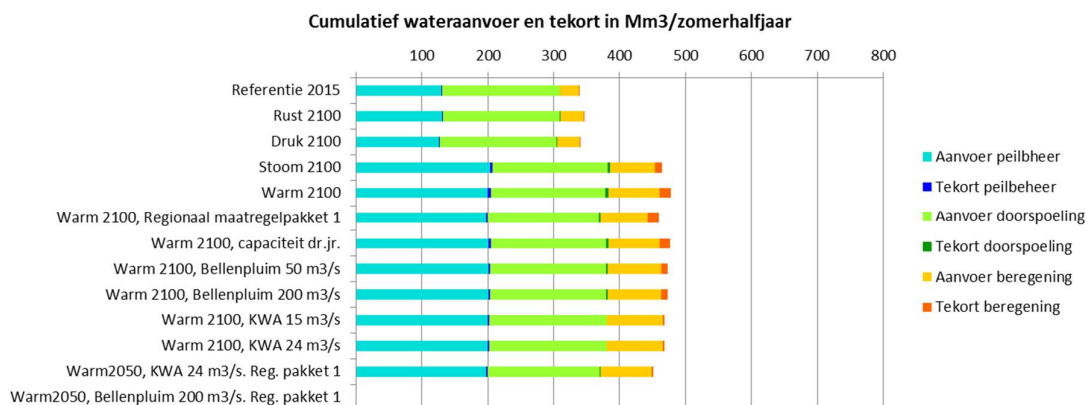
Figuur M.7 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het IJsselmeergebied (deelgebieden 8, 9, 15, 16, 17) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een gemiddeld jaar voor het zichtjaar 2100



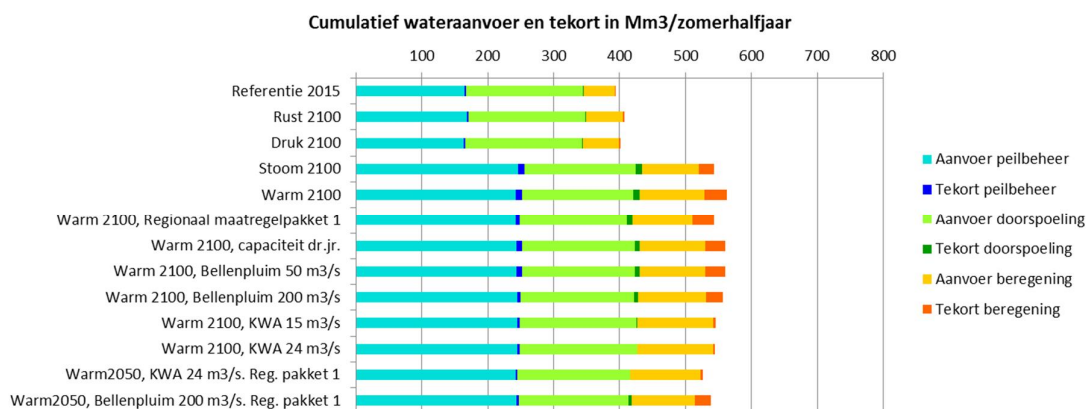
Figuur M.8 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het IJsselmeergebied (deelgebieden 8, 9, 15, 16, 17) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2100



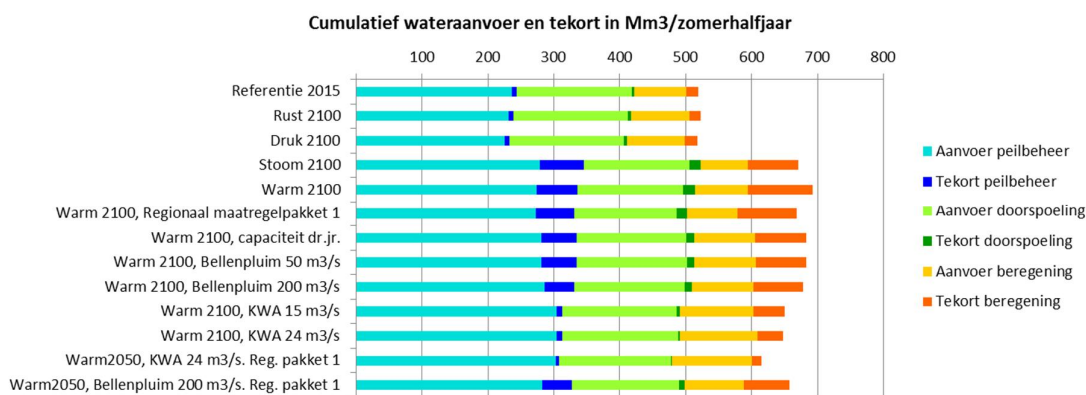
Figuur M.9 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het IJsselmeergebied (deelgebieden 8, 9, 15, 16, 17) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2100



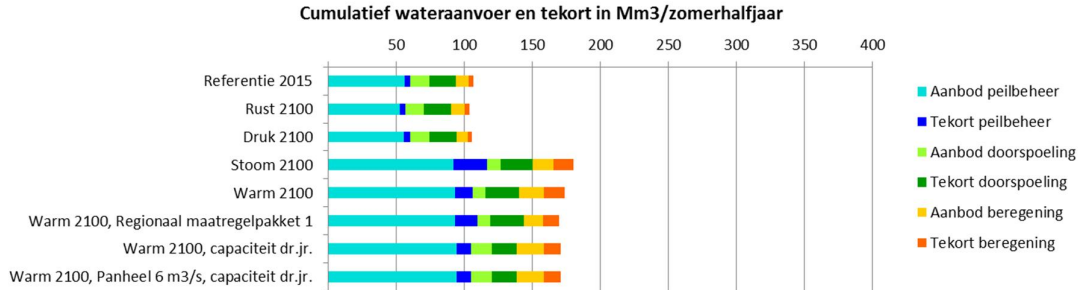
Figuur M.10 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het benedenrivierengebied (deelgebieden 10 en 12) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een gemiddeld jaar voor het zichtjaar 2100



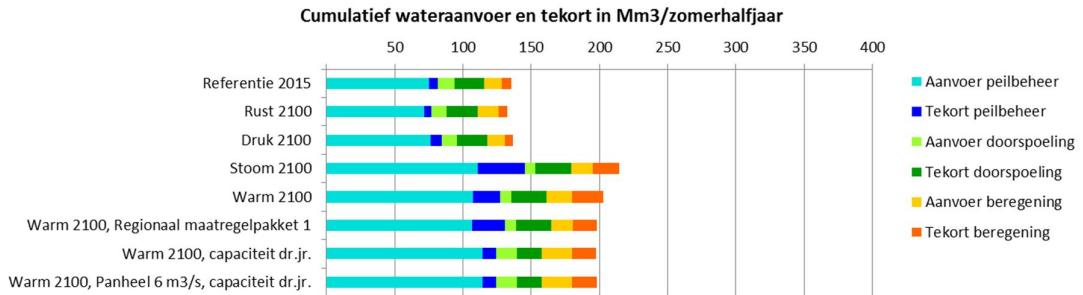
Figuur M.11 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het benedenrivierengebied (deelgebieden 10 en 12) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2100



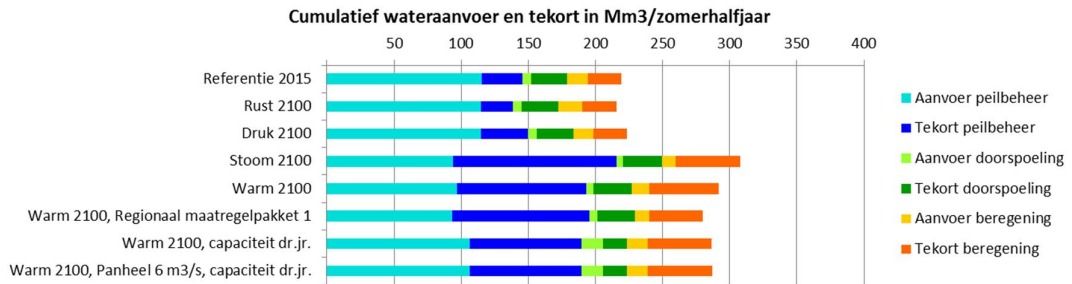
Figuur M.12 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) naar het voorzieningsgebied vanuit het benedenrivierengebied (deelgebieden 10 en 12) voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2100



Figuur M.13 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) in het deelgebied Zuidwestelijk Delta zonder aanvoer voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een gemiddeld jaar voor het zichtjaar 2100

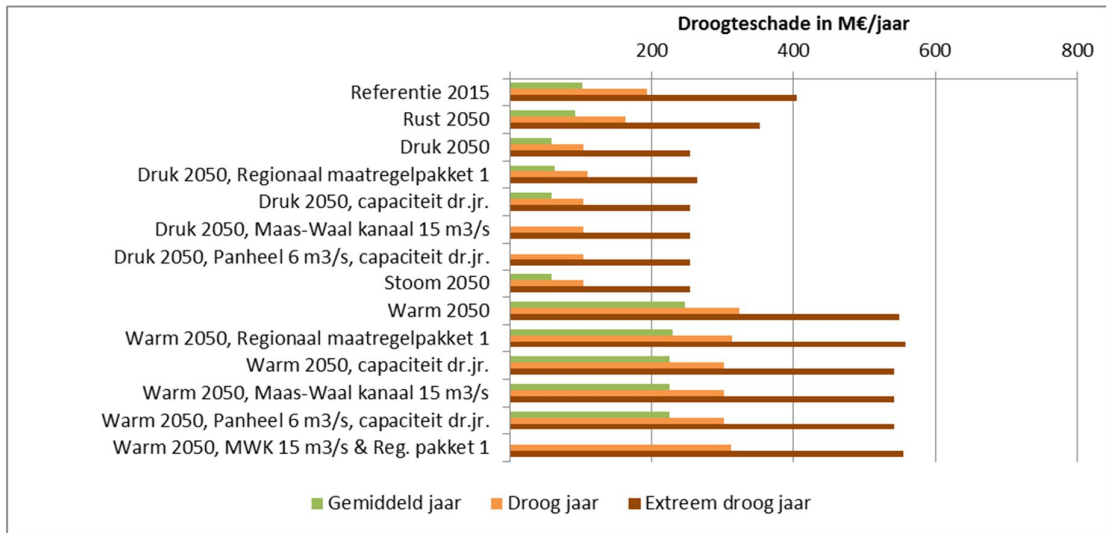


Figuur M.14 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) in het deelgebied Zuidwestelijk Delta zonder aanvoer voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een droog jaar voor het zichtjaar 2100

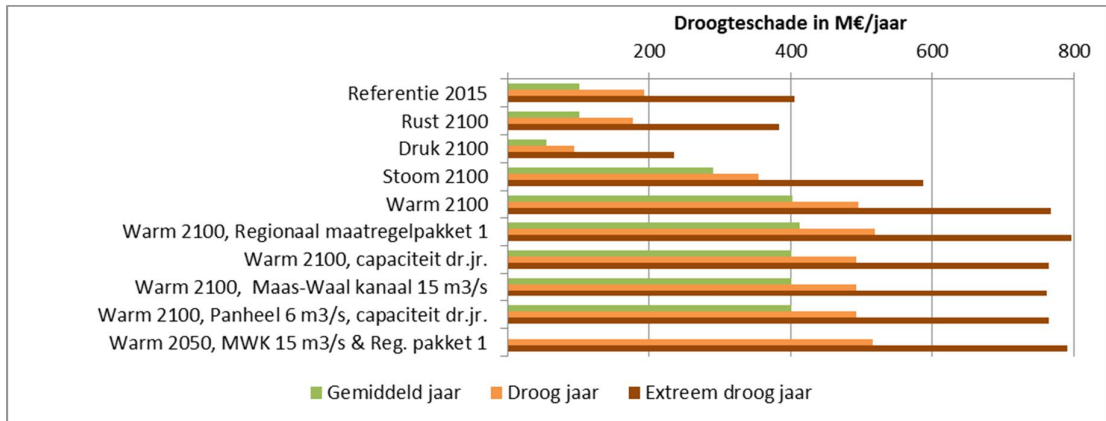


Figuur M.15 Wateraanvoer en -tekort voor peilbeheer, doorspoeling en beregening (Mm³) in het deelgebied Zuidwestelijk Delta zonder aanvoer voor de referentie, en de scenario's met en zonder maatregelen in een extreem droog jaar voor het zichtjaar 2100

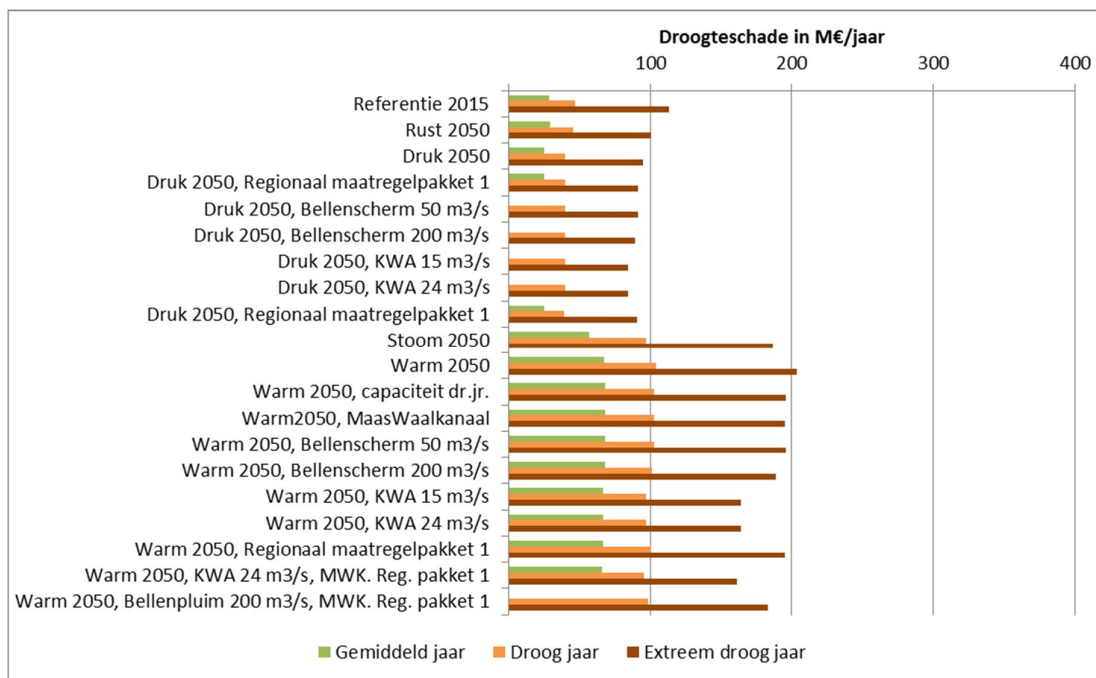
N Histogrammen droogteschade landbouw in 2050 en 2100



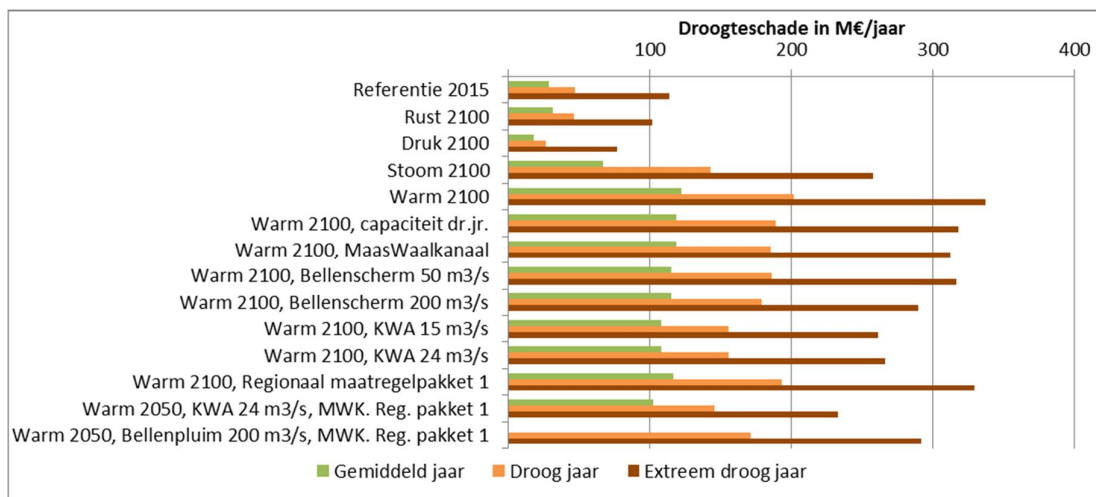
Figuur N.1 Schade voor de landbouw in de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



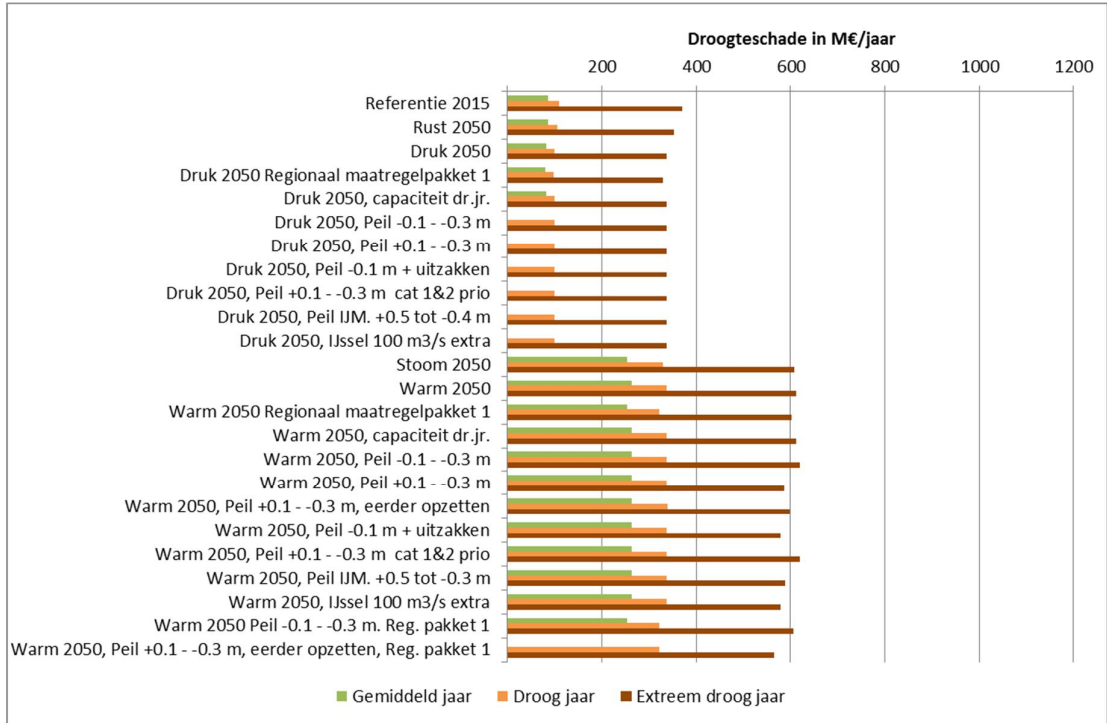
Figuur N.2 Schade voor de landbouw in de hoge zandgronden (deelgebieden 2, 3, 4, 5 en 14) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2100 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



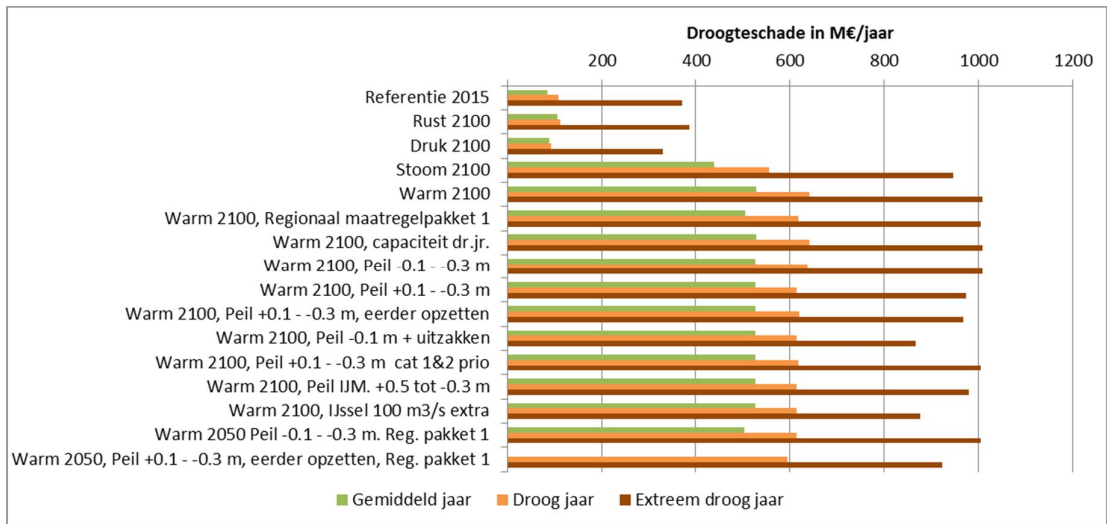
Figuur N.3 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



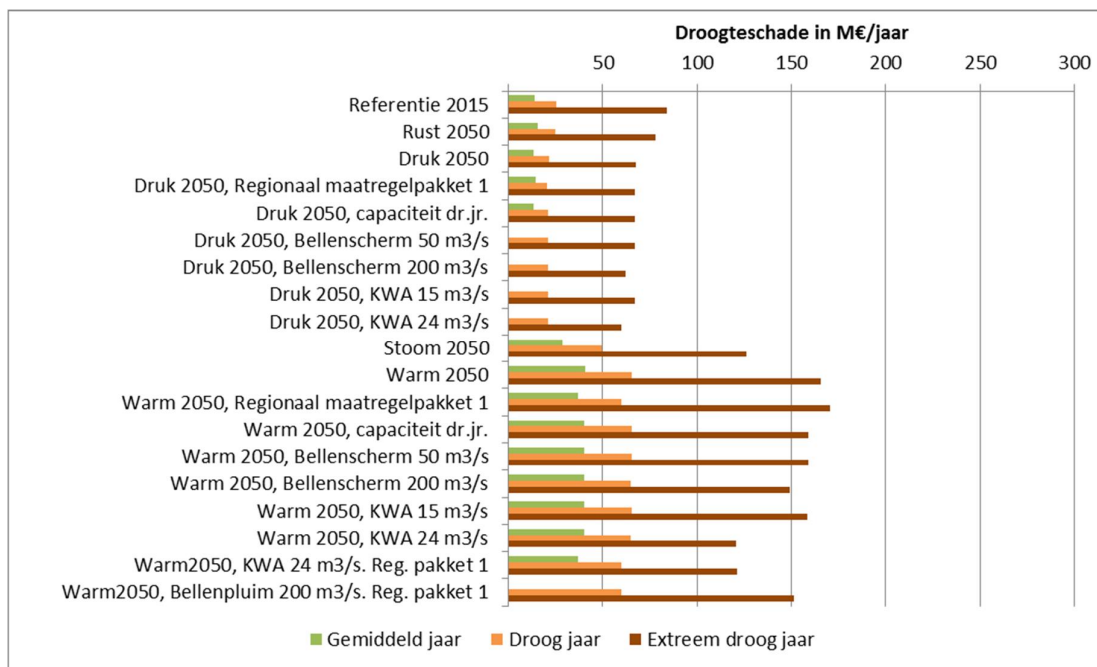
Figuur N.4 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het rivierengebied (deelgebieden 6, 7 en 11) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2100 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



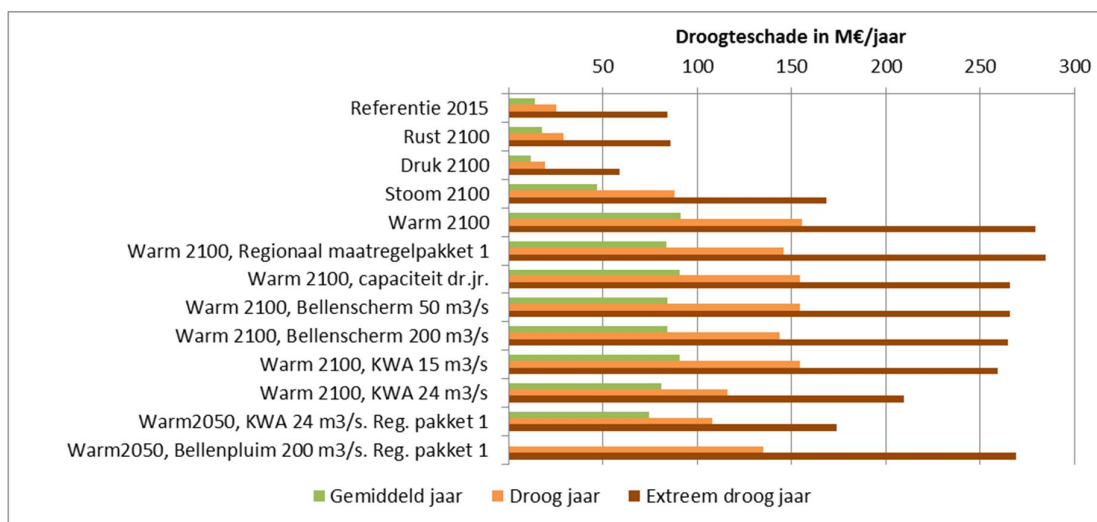
Figuur N.5 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer en Markermeer (regio 8, 9, 15 en 17) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



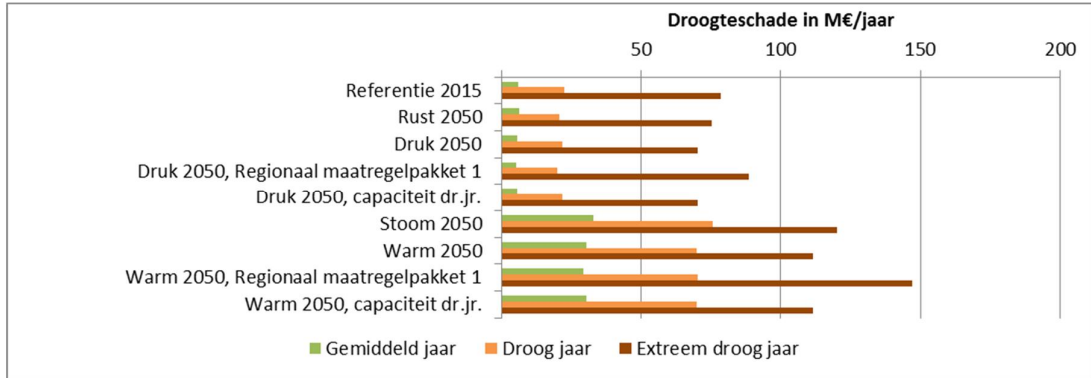
Figuur N.6 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer en Markermeer (regio 8, 9, 15 en 17) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2100 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



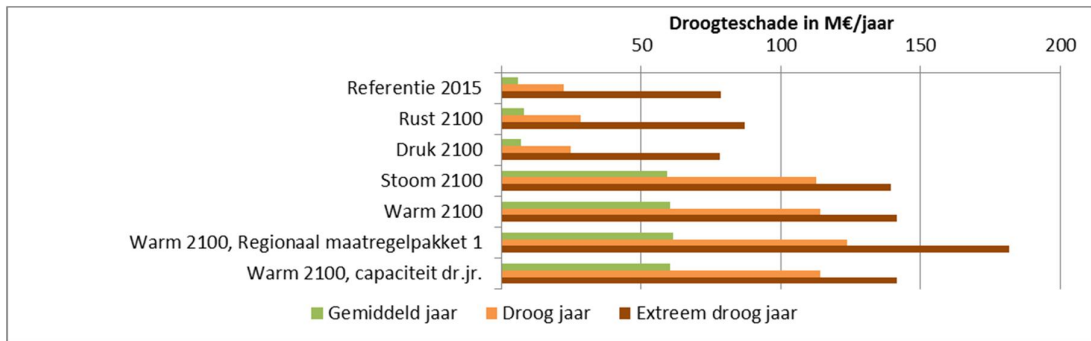
Figuur N.7 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het benedenrivierengebied (regio 10 en 12) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



Figuur N.8 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het benedenrivierengebied (regio 10 en 12) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2100 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



Figuur N.9 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het gebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer (deelgebied 13) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2050 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.



Figuur N.10 Schade voor de landbouw in het voorzieningsgebied van het gebied Zuidwestelijke Delta zonder aanvoer (deelgebied 13) voor de referentie situatie, deltasenario's en de maatregelen voor 2100 in een gemiddeld, droog en extreem droog jaar.

O Somrapporten

Van alle NHI sommen zijn jaarlijkse overzichten beschikbaar als spreadsheet. Uit de naamgeving van de bestanden is het herkennen om welke som het gaat. De bestandsnaam is als volgt opgebouwd:

[scenario]_[zichtjaar]_[weerjaar]_[maatregelenpakket]_[looptijd]_p.xlsx. Voorbeelden hiervan zijn Warm_2050_1976_mp31_2yr_p.xlsx en Refe_2015_1985_bas_35yr_p.xlsx. In het eerste tabblad, report, is de belangrijkste informatie geaggregeerd, zoals:

- Grafieken Distributiemodel
 - Peilverloop IJsselmeer en Markermeer
 - Afvoeren Rijn, Maas, KWA, Maas-Waalkanaal en Panheel
 - Extra afvoer IJssel
- Tabel en staafdiagram vraag, aanbod en tekort oppervlaktewater in Mm3, voor de 17 waterhuishoudkundige deelgebieden
- Waterbalans Nederland zomerhalfjaar
- Grondwater: verschil in voorjaarsgrondwaterstand en bodemvochtttekort, ten opzichte van een gepaste referentie (verschilt per som)
- Landbouw: waarden van de gewassen per waterhuishoudkundige deelgebied; potentieel, actueel en derving (resultaten AGRICOM berekening)
- Natuur: resultaten DEMNAT berekening

In Figuur O.1 is een voorbeeld opgenomen van deze sheet.

In Tabel O.1 staat een overzicht van de sommen. Hierin staat het maatregelnummer en een beknopte omschrijving van de inhoud van de maatregel. Voor een meer gedetailleerde omschrijving van de inhoud van HWS maatregelenpakket 1 t/m 8, zie Bijlage D. De inhoud van de regiomaatregelen staat beschreven in Bijlage J. De maatregelen kunnen voor verschillende jaren en tijdsduren doorgerekend zijn. In de tabel staat kar voor de karakteristieke jaren, 30j staat voor de dertigjarige som van 1966 t/m 1995, en de regionale maatregelen zijn ingezet voor de jaren 1972 t/m 1976. Bij de regionale maatregelen is de ingespeelde state uit de dertigjarige basiscase in 1972 opgepikt. De sommen voor de karakteristieke jaren werken met één inspeeljaar (nog zonder maatregel). En de dertigjarige sommen beginnen mét maatregel in 1961, dus 5 jaar inspeeltijd. Met deze verschillen in inspeeltijd van het model moet rekening worden gehouden wanneer modelresultaten worden vergeleken. In principe kunnen alleen sommen met dezelfde inspeelprocedure worden vergeleken.

Tabel O.1 Overzicht van maatregel(pakket)sommen die gedraaid zijn met het deltamodel

Maatregel	Alternatieve naam	Inhoud maatregelen	Warm2050	Warm2100	Druk2050	Druk2100
bas	basiscase	scenarioberekeningen	kar. + 30j	kar. + 30j	kar. + 30j	kar. + 30j
mp1	HWS pakket 1	IJM/MM zsp -0.1 mzp -0.3 (20 cm buffer), bellenpluim 50, zoet VZM incl. RV	kar.	kar.	kar.	
mp2	HWS pakket 2	IJM/MM zsp +0.1 mzp -0.3 (40 cm buffer), KWA +24	kar.	kar.	kar.	
mp3	HWS pakket 3	IJM/MM zsp -0.1 volledig uitzakken, bellenpluim 200	kar.	kar.	kar.	
mp4	HWS pakket 4	IJM/MM zsp +0.1 mzp -0.3 (40 cm buffer), cat1+2 prio, MWK +15	kar.	kar.	kar.	
mp5	HWS pakket 5	IJM zsp +0.5 mzp -0.4 (90 cm buffer), MM zsp +0.1 mzp -0.4 (50 cm buffer), KWA 15	kar.	kar.	kar.	
mp6	HWS pakket 6	IJM/MM zsp -0.1 mzp -0.3 (20 cm buffer), Panheel +6	kar.	kar.	kar.	
mp7	HWS pakket 7	IJM/MM zsp -0.1 mzp -0.3 (20 cm buffer), VZM zout	kar.	kar.	kar.	
mp8	HWS pakket 8	IJM/MM zsp +0.1 mzp -0.3 (40 cm buffer), IJssel +100	kar.	kar.	kar.	
mp9	Regio pakket 1	Regionaal pakket 1	72-'76 + 30j	30j	30j	
mp10	Regio pakket 2	Regionaal pakket 2	'72-'76			
mp11	Regio cluster 1	Regio pakket 1 minus RH1, RH2, N1, N4 (pakket 1)	'72-'76			
mp12	Regio cluster 2	Regio pakket 1 minus RH5a, RH10	'72-'76			
mp13	Regio cluster 3	Regio pakket 1 minus RH6	'72-'76			
mp14	Regio cluster 4	Regio pakket 1 minus ST1, RZ1	'72-'76			
mp15	Regio cluster 5	Regio pakket 1 minus SR1	'72-'76			
mp16	Regio cluster 6	Regio pakket 1 minus N2	'72-'76			
mp17	Regio cluster 7	Regio pakket 1 minus N3, N5	'72-'76			
mp18	Regio cluster 8	Regio pakket 1 minus SR3	'72-'76			
mp19	Regio cluster 9	Regio pakket 1 plus RH1, RH2 (pakket 2)	'72-'76			
mp20	Regio cluster 10	Regio pakket 1 plus RH3b	'72-'76			
mp21	Regio cluster 11	Regio pakket 1 plus RH7	'72-'76			
mp23	HWS combipakket 1	IJM/MM zsp -0.1 mzp -0.3 (20 cm buffer), KWA +24, MWK +15	kar. + 30j	kar. + 30j		
mp24	HWS combipakket 2	IJM/MM zsp +0.1 mzp -0.3 (40 cm buffer), eerder opzetten; bellenpluim 200	kar. + 30j	kar. + 30j		
mp25	Combi 1	HWS combipakket 1 & regio pakket 1	kar.	kar.		
mp27	Combi 3	HWS combipakket 2 & regio pakket 1	kar.	kar.		
mp29	Gevoeligheid max beregenen mp31	mp31 met extra berekening	kar.			
mp31	Referentiecace	basiscase met aangepaste capaciteiten (tak cap. naar droog jaar)	kar.	kar.	kar.	
mp33	Gevoeligheid max beregenen DIW	basiscase met extra berekening en extra DIW onttrekkingen (uit Stoom)	30j			
mp34	Gevoeligheid max beregenen	basiscase met extra berekening	30j			