



Memo

Datum
30 juli 2019

Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

Aantal pagina's
33

Contactpersoon
Joachim Hunink
+31(0)88 335 7848
Joachim.Hunink@deltares.nl

Onderwerp

Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater: Effecten van Parijsmaatregelen en doorkijk naar zichtjaar 2100 .

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	Juli 2019	Joachim Hunink Janneke Pouwels Marjolein Mens		Frans Klijn		Harm Duel	

Samenvatting

Om de doelstellingen in het Parijs-akkoord te halen zijn maatregelen nodig om de emissie van broeikasgassen te reduceren. Een aantal maatregelen kan invloed hebben op knelpunten in de watervoorziening tijdens droogte in Nederland. Met het Nationaal Water Model is berekend wat het effect is van het vernatten van het veenweidegebied door middel van onderwaterdrainage en het aanplanten van 100.000 ha bos. Op basis van de analyses kan het volgende worden geconcludeerd:

- Als het klimaat tot 2050 niet of nauwelijks verandert, dan zorgen de Parijs-maatregelen voor een toename van de watervraag voor peilbeheer met circa 12-36% in veenweidegebieden. Deze extra watervraag kan in de meeste omstandigheden geleverd worden.
- Als het klimaat tot 2050 sterk verandert (KNMI'14 scenario W_H) dan neemt de watervraag voor peilbeheer in veenweidegebieden met circa 37-68% toe. Deze extra watervraag kan in droge tot zeer droge jaren niet volledig geleverd worden. Tekorten voor beregening, doorspoeling en peilbeheer nemen onder deze omstandigheden flink toe. De IJsselmeerbuffer zal vaker worden aangesproken en de capaciteit van de KWA zal vaker tekort schieten.
- Op locaties waar bomen worden aangeplant neemt de verdamping toe. Dit zorgt lokaal voor een daling van de grondwaterstanden, bij zowel matige als sterke klimaatverandering.
- In gebieden waar onderwaterdrainage wordt toegepast zal de gemiddelde laagste grondwaterstand toenemen zowel onder gematigde als onder sterke klimaatverandering. Tekorten voor peilbeheer leiden over het algemeen niet tot uitzakken van de GLG in de gebieden waar onderwaterdrainage is toegepast..

Met het Nationaal Water Model is tevens berekend hoe de zoetwaterknelpunten mogelijk gaan veranderen tussen zichtjaar 2050 en 2100 als gevolg van verdergaande klimaatverandering. Bij matige klimaatverandering verandert het beeld tussen 2050 en 2100 nauwelijks. Bij sterke klimaatverandering worden zoetwaterknelpunten verder versterkt, maar de toename is minder groot dan tussen huidig klimaat en zichtjaar 2050:

- Inzet van de IJsselmeerbuffer van 20 cm neemt toe van eens in de 20 jaar (Stoom2050) naar circa eens in de 15 jaar (Stoom2100). In het huidige klimaat is dit eens in de 100 jaar.
- Inzet van de Klimaatbestendige Wateraanvoer is nodig van eens in de ruim twee jaar in Stoom2050 naar bijna jaarlijks in Stoom2100. Eens in de 5 jaar is de capaciteit van 15 m³/s niet toereikend, dit is drie keer zo vaak als bij Stoom2050.

1 Inleiding

In het najaar van 2018 zijn voor het Deltaprogramma Zoetwater de Basisprognose-berekeningen uitgevoerd waarbij de Deltascenario's zijn doorgerekend voor het zichtjaar 2050. In het voorjaar van 2019 zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in twee aanvullende vragen:

- 1 Wat is het effect van de beleidsmaatregelen van het Parijs-akkoord op de watervraag en het watertekort?
- 2 Wat is de ontwikkeling van de watervraag en tekorten voor het zichtjaar 2100?

Het Parijs-akkoord bevat het doel om de opwarming van de aarde binnen de 1,5°C tot 2°C te houden. Om deze doelstelling te behalen zijn maatregelen nodig om de emissie van broeikasgassen te reduceren. Een aantal mogelijke maatregelen heeft invloed op de grondwaterstandsdynamiek en watertekorten tijdens droogte in Nederland. Deze zijn:

- Het vernatten van het veenweidegebied;
- Invoering van landbouwpraktijken die zijn gericht op het verhogen van het koolstofgehalte van de bodem;
- De aanplant van 100.000 ha bos om meer koolstof vast te leggen en ten behoeve van de productie van duurzame bouwmaterialen.

Om meer inzicht te krijgen in het effect van het Parijs-akkoord op het waterbeheer in Nederland zijn twee varianten van het scenario Druk ontwikkeld: Parijs_G_L en Parijs_W_H. De variant Parijs_G_L toont het effect van maatregelen uit het Parijs-akkoord bij matige klimaatverandering en gaat uit van het KNMI'14 klimaatscenario G_L. De variant Parijs_W_H toont het effect van maatregelen uit het Parijs-akkoord bij sterke klimaatverandering en gaat uit van het KNMI'14 klimaatscenario W_H. Het landgebruik en socio-economische ontwikkelingen (bv. onttrekkingen en doorspoelvraag) zijn niet aangepast en komen overeen met die in scenario Druk 2050.

Om inzicht te krijgen in de ontwikkelingen voor het zichtjaar 2100 zijn de vier Deltascenario's doorgetrokken naar zichtjaar 2100.

Elk van deze scenario's gaat uit van klimaatverandering in zichtjaar 2100 volgens de KNMI'14 scenario's. De socio-economische uitgangspunten zijn overgenomen van die in zichtjaar 2050 (geen verdere verandering na 2050).

Tabel 1.1 toont een overzicht van alle Deltascenario's, inclusief de Parijs-varianten en 2100-scenario's. De uitgangspunten van de aanvullende berekeningen voor de varianten Parijs en zichtjaar 2100 zijn beschreven in een eerdere memo (Hunink, 2019).

Tabel 1.1 Overzicht van de Deltascenario's, inclusief Parijs-varianten en 2100-scenario's..

Deltascenario	Zichtjaar	KNMI'14 klimaatscenario	Socio-economische groei
Parijs_GL	2050	GL 2050	Matig 2050 + beleid Parijs
Parijs_WH	2050	WH 2050	Matig 2050 + beleid Parijs
Rust	2050	GL 2050	Matig, 2050
Druk	2050	GL 2050	Sterk, 2050
Warm	2050	WH 2050	Matig, 2050
Stoom	2050	WH 2050	Sterk, 2050
Rust	2100	GL 2085	Matig, 2050
Druk	2100	GL 2085	Sterk, 2050
Warm	2100	WH 2085	Matig, 2050
Stoom	2100	WH 2085	Sterk, 2050

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1974 – 2003 met een inspeelperiode van 2 jaar (1972 en 1973). Daarnaast is gebruik gemaakt van een 'warme start'. Dat wil zeggen dat de modelvariabelen een startconditie hebben meegekregen uit de al beschikbare berekeningen van 1971 voor de 2050 scenario's. Hierdoor is het grondwatersysteem voor een groot deel ingespeeld.

2 Variant Parijs

2.1 Modelimplementatie

De varianten Parijs-GL en Parijs-WH zijn aanpassingen op het al bestaande scenario Druk, waarin maatregelen als gevolg van klimaatafspraken zijn doorgevoerd. Deze varianten zijn daarom in tegenstelling tot andere Deltascenario's beleidsrijk. Voor de Parijs-varianten is een landgebruikskaart ontwikkeld met behulp van de Ruimtescanner (Claassens et al., 2017) op verschillende locaties aangenomen dat bos wordt aangeplant vanwege de koolstofvastlegging en de productie van duurzame bouwmaterialen. Bos heeft in vergelijking met akkerbouw een sterkere gewasverdamping en daarmee een geringere grondwateraanvulling. Figuur 2.1 toont waar is aangenomen dat bos is aangeplant en Tabel 2.1 laat de veranderingen zien in de arealen van verschillende typen bos. Deze veranderingen komen grotendeels door de aanplant van bos, maar kunnen ook lokaal veroorzaakt worden door het kappen van bossen. Een deel van het aangeplante bos is donker naaldbos op voorheen agrarisch grasland. Dit type bos heeft een hogere gewasverdamping en daarom een lagere grondwateraanvulling dan loofbos. Vanuit het oogpunt van zoetwatervoorziening is de aanplant van donker naaldbos geen voor de hand liggende keuze.



Figuur 2.1 Locaties waar bos is aangeplant in de Parijs-varianten.

Tabel 2.1 De arealen van verschillende type bos in Druk2050 en in de Parijs-varianten.

	Areaal in Druk2050 [ha]	Areaal in Parijs [ha]	Verskil [ha]
Loofbos	154863	208550	53688
Licht naaldbos	107794	107569	-225
Donker naaldbos	11300	51281	39981
Totaal areaal bos	273956	367400	93444

Daarnaast wordt in de Parijs-varianten onderwaterdrainage toegepast in agrarische gebieden met veen en een maximale drooglegging van 60 cm. Hierdoor zullen de zomergrondwaterstanden in deze gebieden stijgen¹.

Verder wordt in landelijke veengebieden het peil van het regionale oppervlaktewater gelijk gehouden met het referentiescenario, ondanks de bodemdaling in de Parijs-varianten. Dit wordt ook wel passieve peilverhoging genoemd. Figuur 2.2 toont de locaties waarop onderwaterdrainage en passieve peilverhoging is toegepast in de Parijs-GL en Parijs-WH varianten. Ten slotte is een aantal peilwijzigingen in Friesland meegenomen binnen de Parijs-varianten. Tabel 2.2 toont per regio hoeveel hectare onderwaterdrainage is toegepast, hoeveel bos is aangeplant en het areaal aan passieve peilverhoging in de Parijs-varianten. De schematisatie van de twee Parijs-varianten wordt in meer detail beschreven in Hunink (2019).

¹ Vanwege de stijging van de zomergrondwaterstanden wordt onderwaterdrainage gezien als één van de mogelijkheden om veenoxidatie in het Nederlandse veenweidegebied te verminderen. Het is echter nog onzeker hoe en in welke vorm onderwaterdrainage effectief is in het verminderen van veenoxidatie en daarmee het terugdringen van uitstoot van broeikasgassen (Zak *et al.*, 2017).

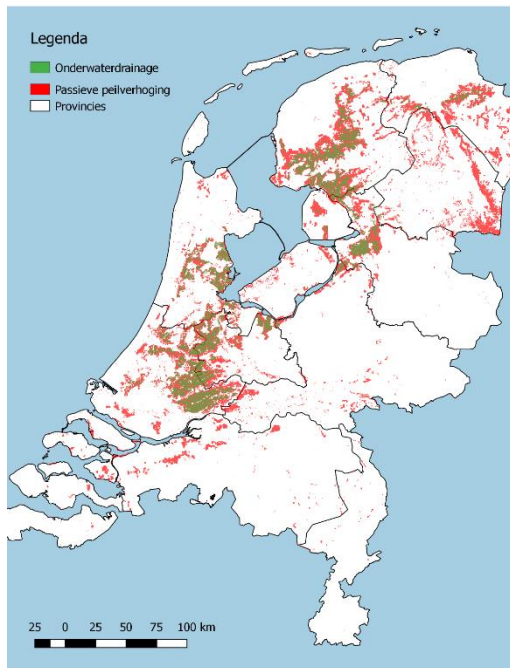


Datum
30 juli 2019

Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

Pagina
5 van 33

Door Parijs-G_L te vergelijken met Druk2050 wordt het effect van de Parijs-maatregelen zichtbaar. Voor de variant Parijs-W_H was echter geen scenario beschikbaar waarin alles gelijk is gehouden behalve de Parijs-maatregelen. Het was niet mogelijk om het effect van de Parijs-maatregelen te isoleren van het effect van klimaatverandering. De variant Parijs-W_H laat dus het gecombineerde effect zien van de Parijs-maatregelen en sterke klimaatverandering ten opzichte van Druk2050.



Figuur 2.2 Locaties waar binnen de Parijs-varianten onderwaterdrainage is toegevoegd en waar passieve peilverhoging is toegepast.

Tabel 2.2 De arealen waar in de Parijs-varianten onderwaterdrainage is toegepast, waar bos is aangeplant en waar passieve peilverhoging is toegepast per regio en voor Nederland totaal.

	Onderwater- drainage [ha]	Bos aangeplant [ha]	Passieve peilverhoging [ha]
Zuidelijk zandgebied - MLNBK	0	9481	1738
Zuidelijk zandgebied - overige	0	13406	3344
Centrale hoge zandgebieden	4894	5013	14300
Oostelijk zandgebied	0	14994	2438
Rivierengebied - noord	15550	175	32294
Rivierengebied - zuid	6	944	5544
Fries Gronings kustgebied	52363	18075	154813
Noord Holland	15619	819	27844
Midden West Nederland - extern verzilt	11913	294	34988
Midden West Nederland - niet extern verzilt	32100	819	61850
Zuid Westelijk estuariumgebied - met aanvoer	0	1163	15769
Zuid Westelijk estuariumgebied - zonder aanvoer	0	2856	2738
Zuid-Limburg	0	388	19
IJsselmeerpolders	788	4581	14856
IJssel-Vecht	1163	8938	7006
Drents plateau	388	20231	34238
Nederland totaal	134781	102175	413775

2.2 Effect op watervraag en watertekort

Eén van de maatregelen om emissies te reduceren is het vernatten van het veenweidegebied. Er zijn meerdere mogelijkheden om het veenweidegebied te vernatten. Eén van die mogelijkheden is het toepassen van onderwaterdrainage, dat ook in de Parijs-G_L en Parijs-W_H varianten is toegepast. In deze varianten is onderwaterdrainage lokaal toegepast in het Fries Gronings kustgebied, Noord-Holland en het Benedenrivierengebied. Door de grotere infiltratie van oppervlaktewater zal er meer water moeten worden aangevoerd voor peilbeheer.

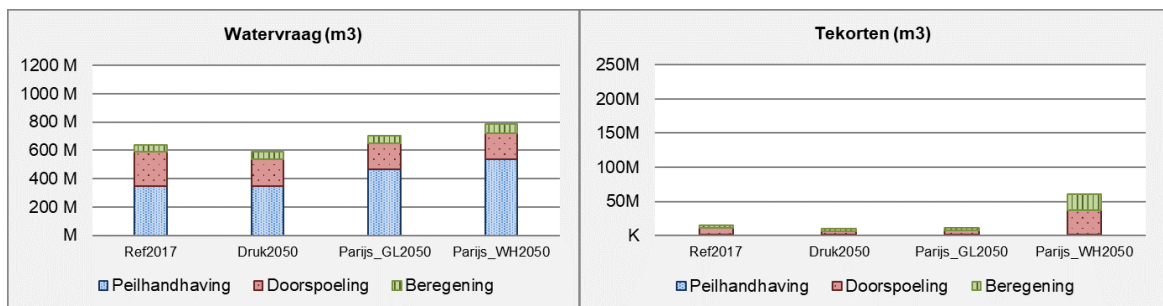
Ook passieve peilverhoging, voornamelijk toegepast in het Fries-Gronings kustgebied en het benedenrivierengebied, zal zorgen voor een grotere watervraag voor peilbeheer. Ten slotte heeft de aanplant van bossen in de Parijs-G_L en Parijs-W_H varianten invloed op de watervragen en watertekorten.

Figuur 2.3 t/m Figuur 2.8 tonen de watervraag en watertekorten in het Fries Gronings kustgebied, Noord Holland en het benedenrivierengebied. De watervraag en watertekorten zijn weergegeven voor een droog jaar (2003) en een zeer droog jaar (1976). Als gevolg van de maatregelen (Parijs_G_L in vergelijking met Druk2050) neemt in het Fries Gronings kustgebied bij matige klimaatverandering de watervraag voor peilbeheer toe met ongeveer 36%. De tekorten nemen in een droog jaar nauwelijks toe, in een zeer droog jaar nemen de tekorten voor doorspoeling en beregening wel significant toe met een factor 2,5.

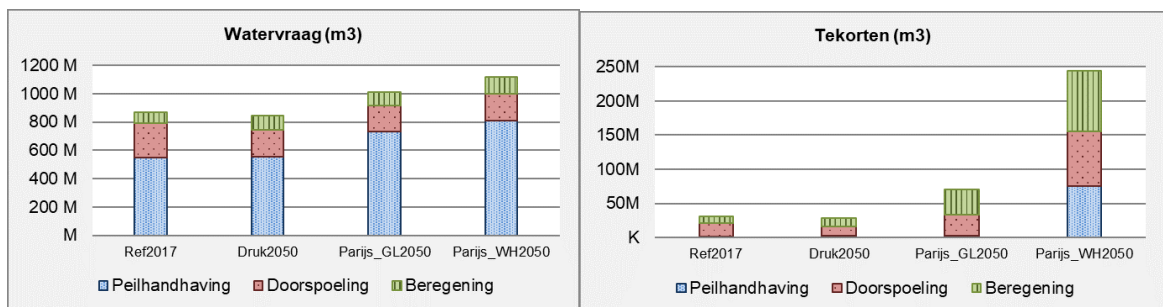
Bij sterke klimaatverandering neemt de watervraag voor peilbeheer verder toe (Parijs_W_H in vergelijking met Parijs_G_L) en stijgen de tekorten voor doorspoeling en beregening in zowel een droog jaar als een zeer droog jaar met een factor 3 tot 5. Peilbeheer heeft een hogere prioriteit dan doorspoeling en beregening, waardoor tekorten deels afgewenteld worden naar de laatste twee categorieën. In een zeer droog jaar met sterke klimaatverandering (Parijs_W_H) nemen peilbeheertekorten toe. Dit is het gecombineerde effect van een grotere vraag (door onderwaterdrainage en grotere verdamping) en afname in de waterbeschikbaarheid.

Noord-Holland laat een vergelijkbaar beeld zien als het Fries-Gronings kustgebied. Ook hier neemt de watervraag voor peilbeheer bij matige klimaatverandering toe als gevolg van de maatregelen, met ongeveer 15%. Deze watervraag neemt verder toe bij sterke klimaatverandering. De watertekorten nemen in een droog jaar door toepassing van de maatregelen nauwelijks toe. In een zeer droog jaar is wel een toename in de tekorten zichtbaar, met een factor 9 (van 1.2 miljoen m³ naar 11.2 miljoen m³). Sterke klimaatverandering zorgt voor een grotere toename in de watertekorten voor met name beregening en doorspoeling. De totale watertekorten zijn dan 18.6 miljoen m³ (11 mm waterschijf). In een zeer droog jaar treden bij sterke klimaatverandering ook tekorten op in peilbeheer.

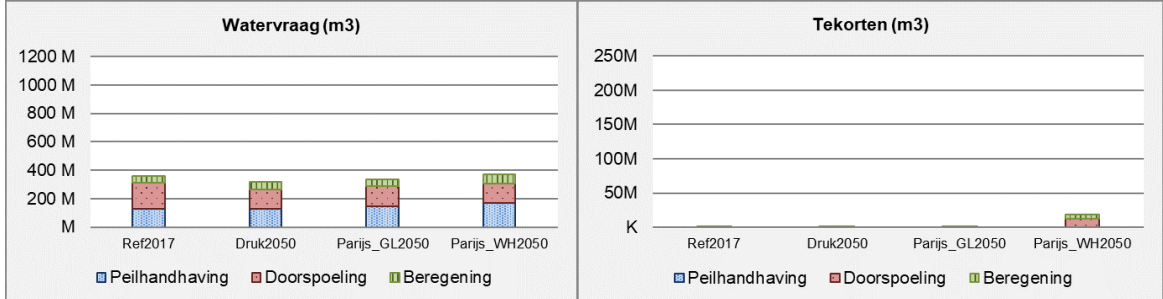
In het benedenrivierengebied zorgen de maatregelen bij matige klimaatverandering voor een geringe toename in de watervraag. De toename in de watertekorten is in een droog jaar ook gering; de tekorten nemen met 9% toe. In een zeer droog jaar zijn de tekorten groter en ontstaan ook tekorten voor peilbeheer. In combinatie met sterke klimaatverandering zorgen de Parijs-maatregelen in dit gebied voor grotere watervraag. De tekorten voor doorspoeling en beregening worden wel bijna twee keer zo groot als gevolg van sterke klimaatverandering. In een zeer droog jaar treden bij sterke klimaatverandering ook significante tekorten op voor peilbeheer.



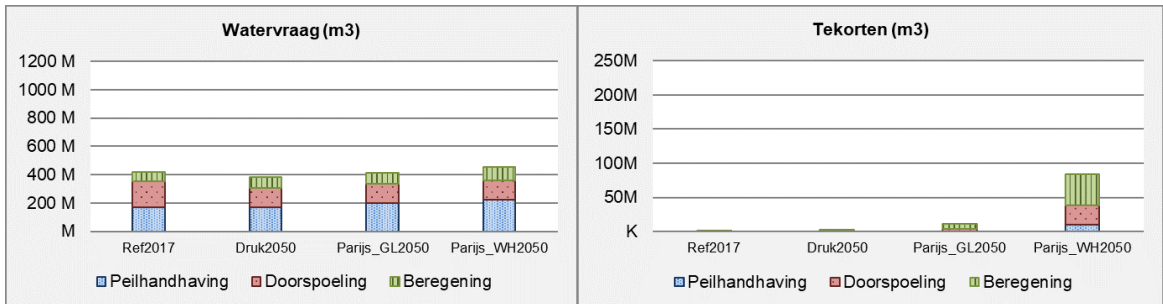
Figuur 2.3 De watervraag en watertekorten in het Fries Gronings kustgebied voor een droog jaar.



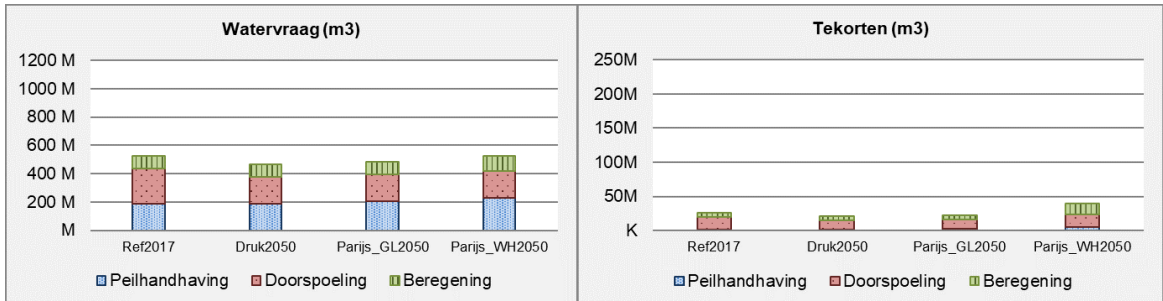
Figuur 2.4 De watervraag en watertekorten in het Fries Gronings kustgebied voor een zeer droog jaar.



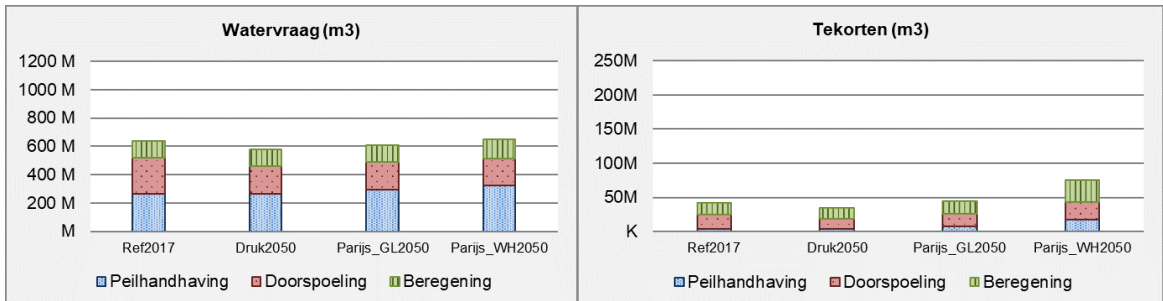
Figuur 2.5 De watervraag en watertekorten in Noord Holland voor een droog jaar.



Figuur 2.6 De watervraag en watertekorten in Noord Holland voor een zeer droog jaar.



Figuur 2.7 De watervraag en watertekorten in het Benedenrivierengebied voor een droog jaar.



Figuur 2.8 De watervraag en watertekorten in het Benedenrivierengebied voor een zeer droog jaar.

2.3 Inzet Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA)

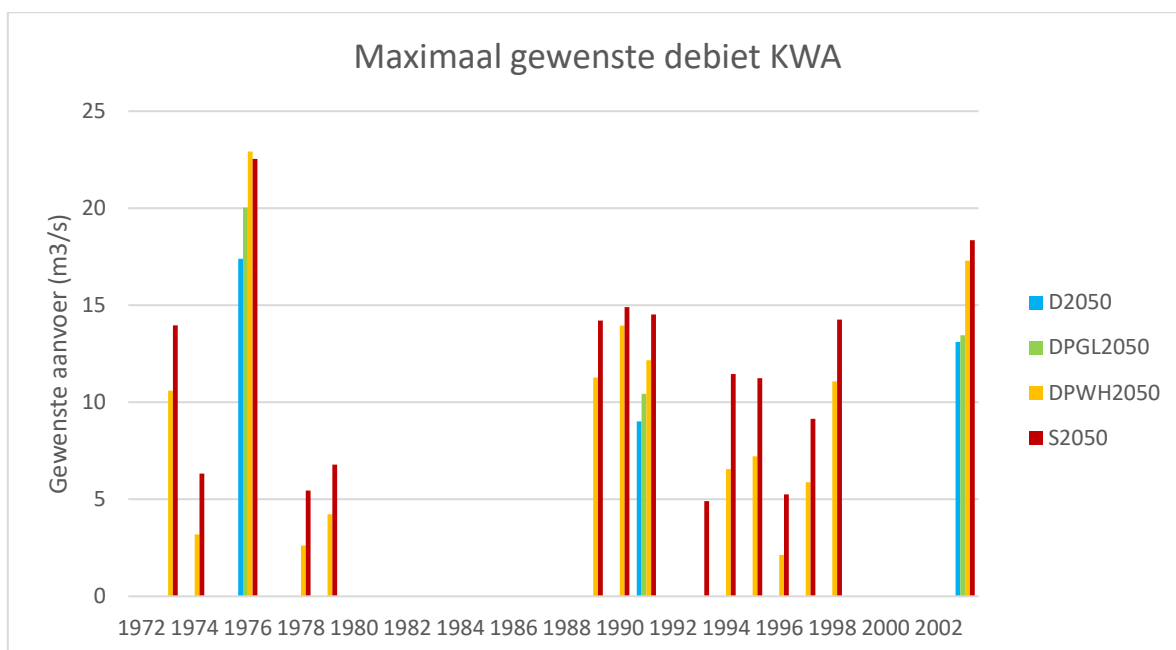
Een groot deel van West-Nederland wordt van water uit de Hollandse IJssel voorzien via de inlaat bij Gouda. Bij externe verzilting als gevolg van langdurig lage rivierafvoeren wordt er water aangevoerd via de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA). De rivierafvoeren in de Parijs-variant met geringe klimaatverandering zijn nagenoeg identiek met die in scenario Druk en dus ook de frequentie en duur van inzet van de KWA. De regionale watervraag neemt als gevolg van onderwaterdrainage en passieve peilverhoging wel toe. Dit betekent dat voor de momenten dat de KWA actief is het gewenste debiet over de KWA toe kan nemen.

In Figuur 2.9 is het maximale gewenste debiet over de KWA-route weergegeven op het moment dat de KWA actief is, berekend over het zomerhalfjaar. De maximale vraag over de KWA route neemt als gevolg van de onderwaterdrainage toe bij geringe klimaatverandering met 0.5 tot 2.5 m³/s.

In combinatie met sterke klimaatverandering kan de maximaal gewenste aanvoer als gevolg van de maatregelen en sterke klimaatverandering nog extra toenemen met 4 m³/s.

In combinatie met sterke klimaatverandering wordt de KWA vaker ingezet; dit wordt veroorzaakt door frequentere hoge zoutconcentraties bij Krimpen aan de IJssel als gevolg van extra zeespiegelstijging en frequentere lage rivierafvoeren.

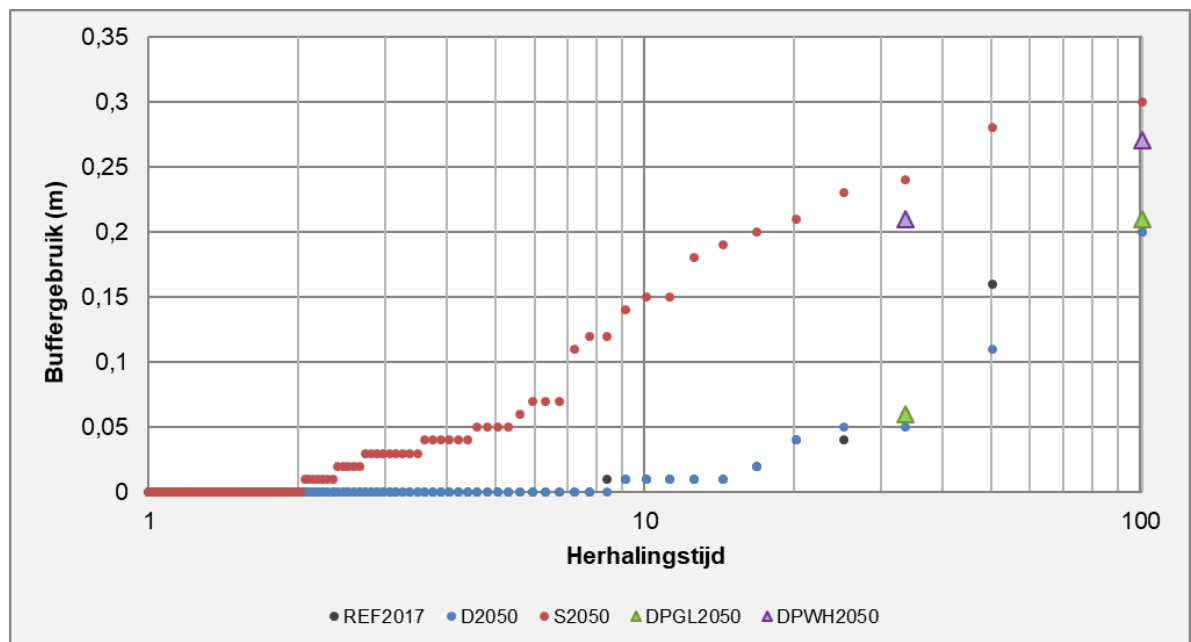
Ter vergelijking zijn ook de resultaten van het Stoom scenario in de figuur opgenomen. Het scenario Stoom heeft door het grotere aandeel beregend areaal en de grotere doorspoelingsvraag een veel grotere gewenste aanvoer dan Parijs_W_H. Indien de socio-economische ontwikkelingen onder Stoom worden gecombineerd met de Parijs-maatregelen kan de maximale gewenste KWA aanvoer nog hoger uitvallen. De verwachting is dat de capaciteit van 15 m³/s dan vaker niet toereikend is.



Figuur 2.9 Maximaal gewenst debiet over de KWA route wanneer de KWA actief is.

2.4 Buffergebruik IJsselmeer

Figuur 2.10 toont de herhalingstijden van het gebruik van de IJsselmeerbuffer, berekend als het maximale verschil tussen actueel peil en streefpeil over het zomerhalfjaar. De maatregelen onderwaterdrainage, passieve peilverhoging en landgebruiksverandering zorgen bij matige klimaatverandering niet voor een frequenter gebruik van de volledige buffer; zowel Druk als Parijs_GL benutten de volledige bufferschijf van 20 cm circa eens in de 100 jaar. Bij sterke klimaatverandering zorgen de Parijs-maatregelen er wel voor dat de volledige bufferschijf vaker wordt benut. Ter vergelijking: in scenario Stoom2050, sterke klimaatverandering in combinatie met sterke socio-economische veranderingen maar zonder de Parijs-maatregelen, wordt meer dan 20 cm bufferschijf circa eens in de 20 jaar benut. Als hier de Parijs-maatregelen bij opgeteld worden kan deze frequentie nog hoger uitvallen.



Figuur 2.10 Herhalingstijden van het buffergebruik van het IJsselmeer voor Referentie, Druk, Stoom, Parijs_GL en Parijs_WH. NB. Vanwege de kortere reeks (30 jaar) is het niet mogelijk om een frequentieverdeling te maken die matcht met de frequentieverdeling van Ref2017, D2050 en S2050 (gebaseerd op een 100-jarige reeks)

2.5 Grondwaterstanden

Tabel 2.3 toont de gemiddelde verandering in de GLG en GHG in het Fries-Gronings kustgebied, Noord-Holland, West Nederland en in gebieden waar onderwaterdrainage, bosaanplant of peilverhoging is doorgevoerd. Van de drie regio's heeft het Fries-Gronings kustgebied de grootste stijgingen in de GLG en GHG, omdat in deze regio op een relatief groot areaal onderwaterdrainage en passieve peilverhoging is toegepast. Tabel 2.3 laat daarnaast zien dat de GLG ongeveer 40 cm hoger wordt in locaties waar onderwaterdrainage wordt toegepast. Bijna alle locaties waar onderwaterdrainage is toegepast kennen ook passieve peilstijging, waardoor deze 40 cm het gecombineerde effect is van onderwaterdrainage en passieve peilstijging. Onderwaterdrainage zorgt voor een lagere GHG, terwijl passieve peilverhoging een hogere GHG teweeg brengt. Dit gecombineerde effect is een 7 cm hogere GHG.

Wanneer alle locaties met peilverhoging in beschouwing worden genomen, inclusief locaties zonder onderwaterdrainage, wordt de GLG 22 cm hoger en de GHG 9 cm.

Tabel 2.3 De gemiddelde verandering in de GLG en GHG door het toepassen van de Parijs-maatregelen (Parijs-GL in vergelijking met Druk2050) en door het toepassen van de maatregelen in combinatie met sterke klimaatverandering (Parijs-WH in vergelijking met Druk2050). De veranderingen zijn weergegeven voor drie regio's en voor locaties met onderwaterdrainage, waar bos is aangeplant en locaties met passieve peilverhoging. Positieve waarden geven vernattingen aan, negatieve waarden duiden op verdrogingen.

	Toepassen Parijs-maatregelen		Toepassen Parijs-maatregelen in combinatie met sterke klimaatverandering	
	Verandering GLG [m]	Verandering GHG [m]	Verandering GLG [m]	Verandering GHG [m]
Fries-Gronings kustgebied	0.07	0.03	0.01	0.04
Noord-Holland	0.05	0.01	0.01	0.03
West Nederland	0.03	0.02	-0.01	0.04
Locaties met onderwaterdrainage	0.42	0.07	0.40	0.07
Locaties waar bos is aangeplant	-0.14	-0.16	-0.19	-0.12
Locaties met passieve peilverhoging	0.22	0.09	0.18	0.10

Bos heeft een grotere verdamping dan akkerbouw, waardoor de aanplant van bos op akkerbouwgebied zorgt voor een verminderde grondwateraanvulling. Dit is terug te zien in Tabel 2.3; op locaties waar bos is aangeplant is de GLG gemiddeld 14 cm lager en de GHG gemiddeld 16 cm. Er is aangenomen dat een deel van de aangeplante bossen donker naaldbos is. Dat ook de GHG lager wordt komt omdat dit type bos zijn naalden in de winter behoudt, waardoor ook in de winter de verdamping groter is en de grondwateraanvulling kleiner.

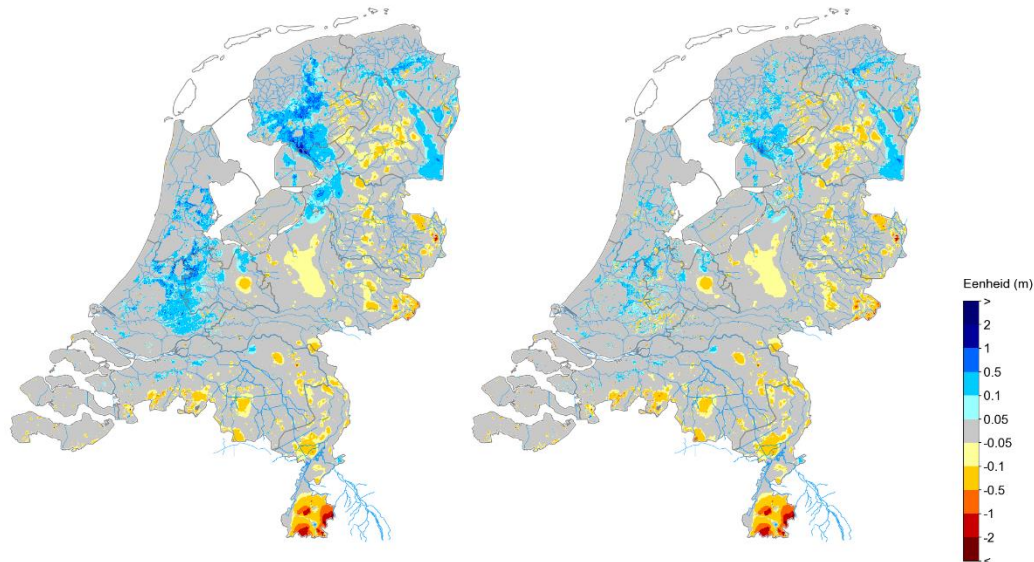
Figuur 2.11 toont de verandering in GLG en GHG tussen scenario Druk en variant Parijs_GL. De gebieden waar onderwaterdrainage is toegepast springen eruit door de hogere GLG. Op de Hondsrug is dit een direct gevolg van de doorgevoerde passieve peilverhoging omdat hier geen onderwaterdrainage is toegepast, zie Figuur 2.2. De locaties waar de berekende GLG en GHG lager uitvallen komen overeen met de locaties waar bomen zijn geplant in de Parijs-varianten, zie Figuur 2.1.



Datum
30 juli 2019

Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

Pagina
12 van 33



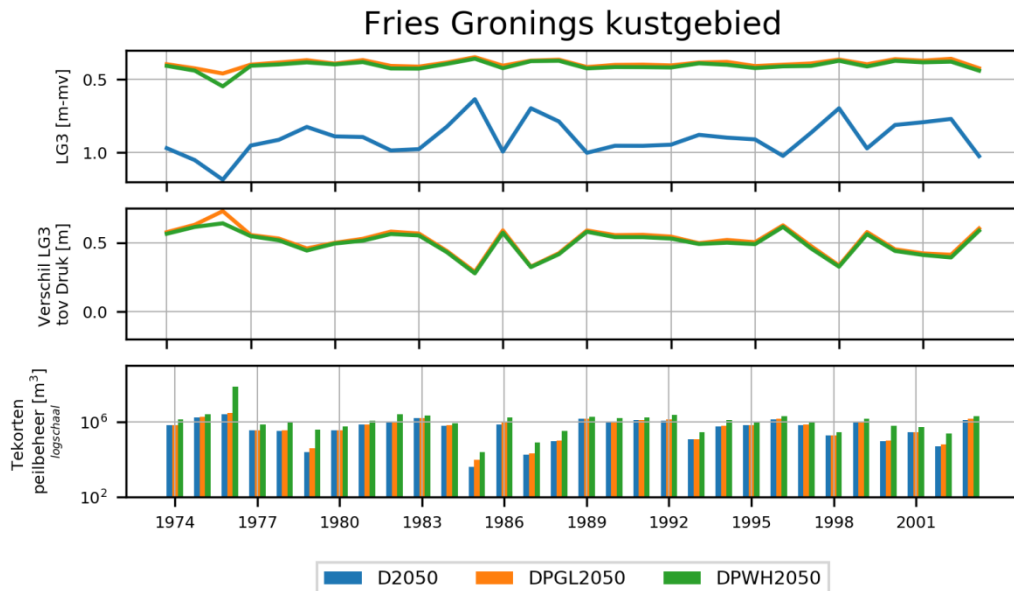
Figuur 2.11 Het verschil in de GLG (links) en GHG (rechts) tussen Parijs_GL en scenario Druk in zichtjaar 2050.

In Figuur 2.12 is de verandering van de grondwaterstand in de variant Parijs_W_H weergegeven. Als gevolg van de sterke klimaatverandering daalt de GLG in grote delen van Nederland. Dit komt overeen met de uitkomsten van de Deltascenario's Warm en Stoom waar ook gerekend wordt met de sterke klimaatverandering. Bij het toepassen van de Parijs-maatregelen in combinatie met sterke klimaatverandering zorgt deze daling in de GLG ervoor dat in het Fries-Gronings kustgebied, Noord-Holland en West-Nederland de hogere GLG door de Parijs-maatregelen nauwelijks meer zichtbaar is (zie ook Tabel 2.3). De hogere GHG als gevolg van de maatregelen wordt als gevolg van de sterke klimaatverandering nog hoger, doordat de winterneerslag toe neemt. Specifiek op locaties waar bos is aangeplant zorgt sterke klimaatverandering voor een extra verlaagde GLG, maar de GHG wordt hier juist minder beïnvloed. Op locaties met passieve peilverhoging zorgt sterke klimaatverandering juist voor een verminderde beïnvloeding van de GLG en een extra verhoging van de GHG. Op locaties waar onderwaterdrainage is toegepast zijn deze klimaateffecten nauwelijks zichtbaar. Onderwaterdrainage zorgt namelijk voor een gemakkelijker uitwisseling tussen het grondwater en oppervlaktewater, waardoor de effecten van klimaatverandering op de grondwaterstand afgevlakt worden.

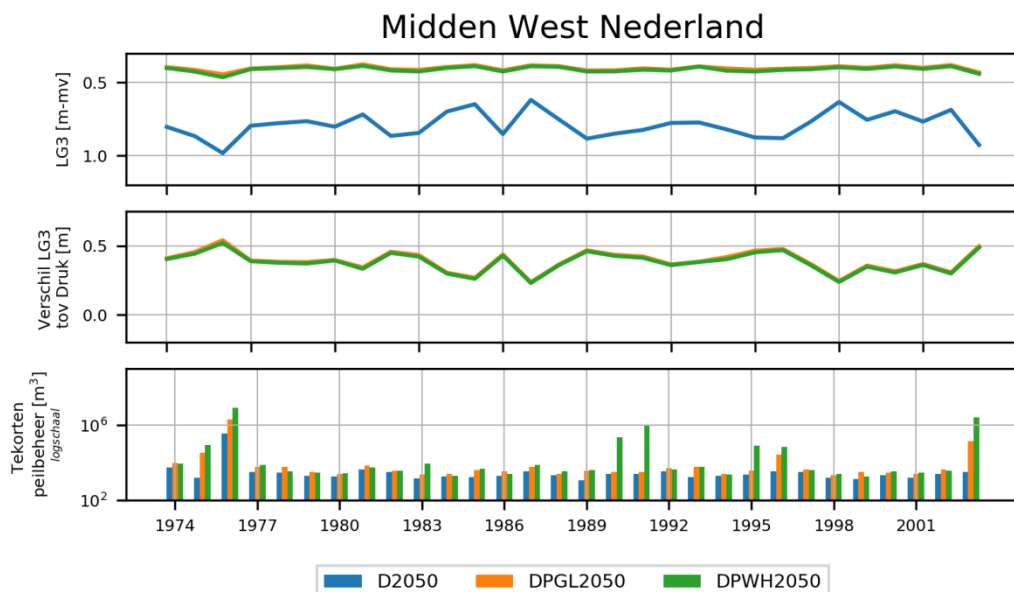
In Figuur 2.3, Figuur 2.4 en Figuur 2.5 is per jaar het gemiddelde van de drie laagste grondwaterstanden in een jaar (LG3) weergegeven op locaties waar onderwaterdrainage is geïmplementeerd in het model. Een lage LG3 zorgt voor een risico op veenoxidatie, waardoor bodemdaling plaats kan vinden. In alle jaren zorgt onderwaterdrainage bij matige klimaatverandering voor een verhoging van de LG3 (Parijs_GL ten opzichte van Druk). In het Rivierengebied Noord is deze verhoging ongeveer 2 cm, in Midden West Nederland en het Fries Gronings kustgebied neemt de LG3 gemiddeld met 4 tot 5 cm toe. Ook in de droge jaren 1976 en 2003, waarin de watervraag voor peilbeheer niet overal volledig geleverd kan worden, neemt de LG3 als gevolg van onderwaterdrainage toe.

De toepassing van onderwaterdrainage gecombineerd met het effect van forse klimaatverandering zorgt nog steeds voor een verhoging van de LG3. In de droge jaren 1976 en 2003 vindt alleen in het Rivierengebied Noord een verlaging plaats van de LG3. Dit heeft waarschijnlijk te maken met tekorten als gevolg van verzilting van een van de inlaatpunten.

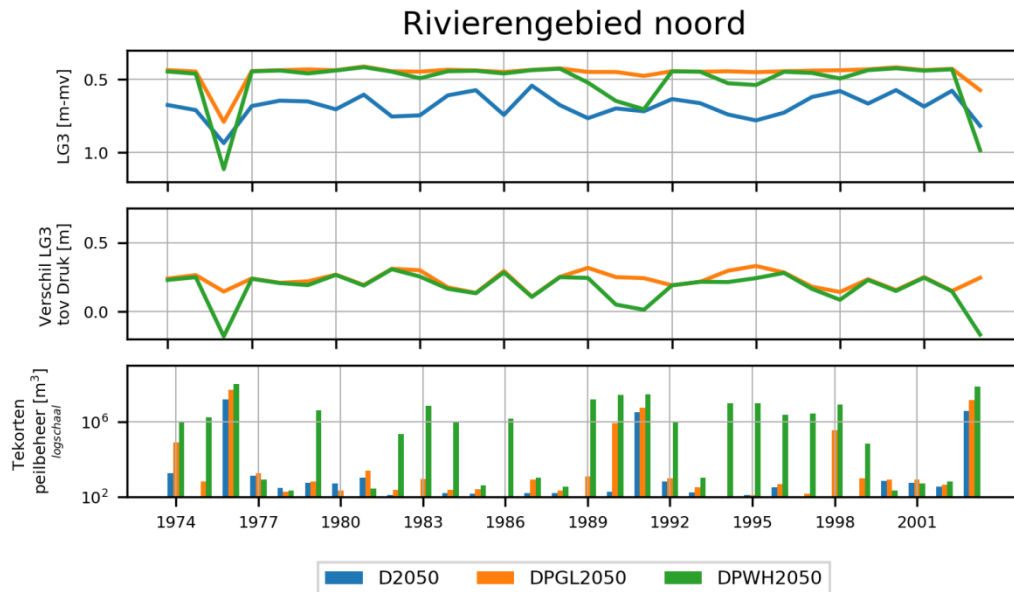
In het Fries Gronings kustgebied en in Midden West Nederland neemt de LG3 in deze jaren ook nog toe.



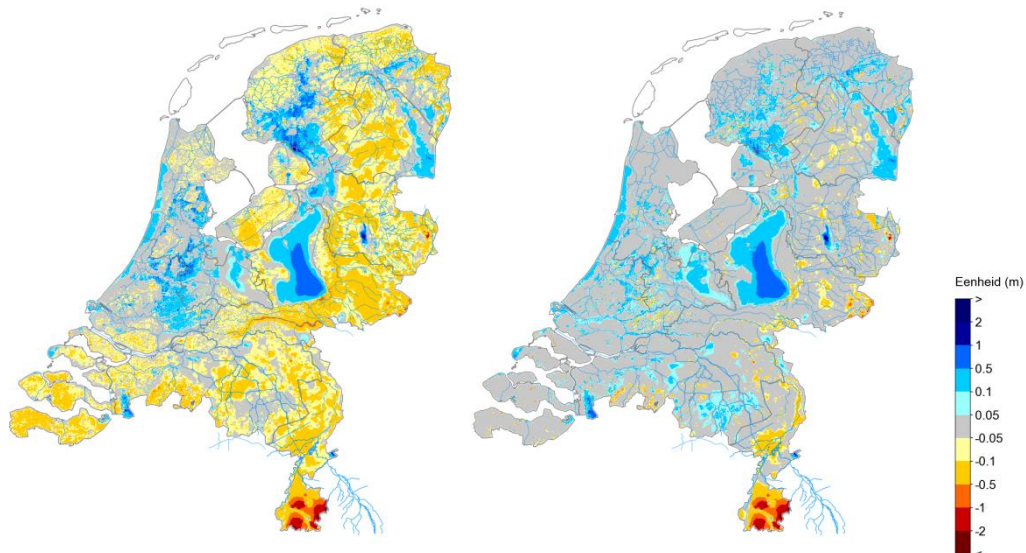
Figuur 2.3 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage kan toegepast worden in het Fries Gronings kustgebied, voor de varianten Druk, Parijs_GL en Parijs_WH (boven). Ook is het verschil in deze LG3 tussen Druk en de Parijs-varianten weergegeven (midden). Verder zijn tekorten voor peilbeheer in het gehele Fries Gronings kustgebied weergegeven (onder). De onderste grafiek is op een log-schaal geplot.



Figuur 2.4 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage kan toegepast worden in Midden West Nederland, voor de varianten Druk, Parijs_GL en Parijs_WH (boven). Ook is het verschil in deze LG3 tussen Druk en de Parijs-varianten weergegeven (midden). Verder zijn tekorten voor peilbeheer in de gehele regio Midden West Nederland weergegeven (onder). De onderste grafiek is op een log-schaal geplot.



Figuur 2.5 De gemiddelde LG3 op locaties waar onderwaterdrainage kan toegepast worden in het Rivierengebied Noord, voor de varianten Druk, Parijs_GL en Parijs_WH (boven). Ook is het verschil in deze LG3 tussen Druk en de Parijs-varianten weergegeven (midden). Verder zijn tekorten voor peilbeheer in het gehele Rivierengebied Noord weergegeven (onder). De onderste grafiek is op een log-schaal geplot.



Figuur 2.12 Het verschil tussen de GLG (links) en GHG (rechts) van scenario Druk en variant Parijs_WH

2.6 Conclusies

De watervraag voor peilbeheer neemt door de Parijs-maatregelen bij matige klimaatverandering toe met circa 12-36% in gebieden met onderwaterdrainage en passieve peilverhoging. In de meeste jaren kan deze grotere watervraag geleverd worden.

In het benedenrivierengebied ontstaan in een zeer droog jaar bij geringe klimaatverandering ook al peilbeheertekorten. De combinatie van de Parijs-maatregelen en sterke klimaatverandering zorgt voor een toename van de watervraag voor peilbeheer met 37%-68%. Hierdoor treden er in zeer droge jaren ook in het IJsselmeergebied en in Noord-Holland peilbeheertekorten op. Dit is nog zonder de toename in doorspoelvraag en de extra berekening in reactie op de klimaatverandering.

Ondanks de peilbeheertekorten in droge jaren zorgt onderwaterdrainage in Fries-Gronings kustgebied en Midden-West-Nederland voor een structurele verhoging van de laagste grondwaterstanden. Gemiddeld over alle gebieden met onderwaterdrainage bedraagt deze verhoging 40 cm.

In het model is aangenomen dat de frequentie van de inzet van de Klimaatbestendige Wateraanvoer niet verandert door Parijs-maatregelen. Wel neemt de watervraag over de KWA-route toe.

De Parijs-maatregelen hebben bij een matige klimaatverandering nauwelijks effect op de beschikbaarheid van de IJsselmeerbuffer. De toename in de watervraag als gevolg van de maatregelen zorgt niet voor een frequenter gebruik van de volledige IJsselmeerbuffer. Bij sterke klimaatverandering neemt de watervraag echter wel sterker toe en zal de volledige IJsselmeerbuffer vaker nodig zijn dan in Druk2050.

Op locaties waar bos wordt aangeplant neemt de verdamping toe. Dit zorgt lokaal voor lagere grondwaterstanden, bij zowel matige als sterke klimaatverandering. Passieve peilstijging zorgt juist voor hogere grondwaterstanden en onderwaterdrainage zorgt voor een hogere GLG en een lagere GHG. De drie maatregelen samen zorgen voor een hogere GLG en GHG. Sterke klimaatverandering zorgt voor een lagere GLG en een hogere GHG. In gebieden waar onderwaterdrainage wordt toegepast wordt dit klimaateffect teniet gedaan door de onderwaterdrainage.

3 Zichtjaar 2100

3.1 Inleiding

Er zijn met het Nationaal Water Model ook berekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de zoetwaterknelpunten voor het zichtjaar 2100. Voor deze berekeningen is gebruik gemaakt van de KNMI'14 klimaatscenario's waarbij de klimaatscenario's voor het zichtjaar 2085 inzicht geven in de klimaatverandering aan het eind van de eeuw. Aangezien er geen socio-economische scenario's beschikbaar zijn, is de socio-economische invoer van de Deltascenario's voor het zichtjaar 2050 gebruikt. Dit betekent dat de socio-economische ontwikkelingen voor bijvoorbeeld het scenario Stoom2100 (bv. potentieel beregend areaal en doorspoelvraag) gelijk zijn aan die in scenario Stoom2050. De berekeningen voor het zichtjaar 2100 geven hiermee een doorkijk van de effecten van voortschrijdende klimaatverandering, maar niet van voortgaande socio-economische ontwikkeling. Voor de volgende parameters zijn aanpassingen doorgevoerd (Hunink, 2019):

- Neerslag, verdamping, temperatuur;
- Rivieraanvoer vanuit het buitenland (zoals aanvoer bij Lobith en Monsin);
- Zeespiegelstijging.

In Tabel 3.1 zijn de kerngetallen van de KNMI'14 klimaatscenario's beschreven. In Tabel 3.1 is de verandering weergegeven ten opzichte van het referentieklimaat. Hier is zichtbaar dat er slechts beperkte verschillen zijn tussen de twee zichtjaren voor het klimaatscenario G_L. De temperatuur en neerslag nemen beperkt toe, waarbij de toename van de verdamping in de zomer voor het zichtjaar 2100 minder is dan die voor het jaar 2050 t.o.v. van de referentie. Dit betekent dat in klimaatscenario G_L in het zichtjaar 2100 wel meer verdamping optreedt ten opzichte van de referentie, maar minder dan in het zichtjaar 2050.

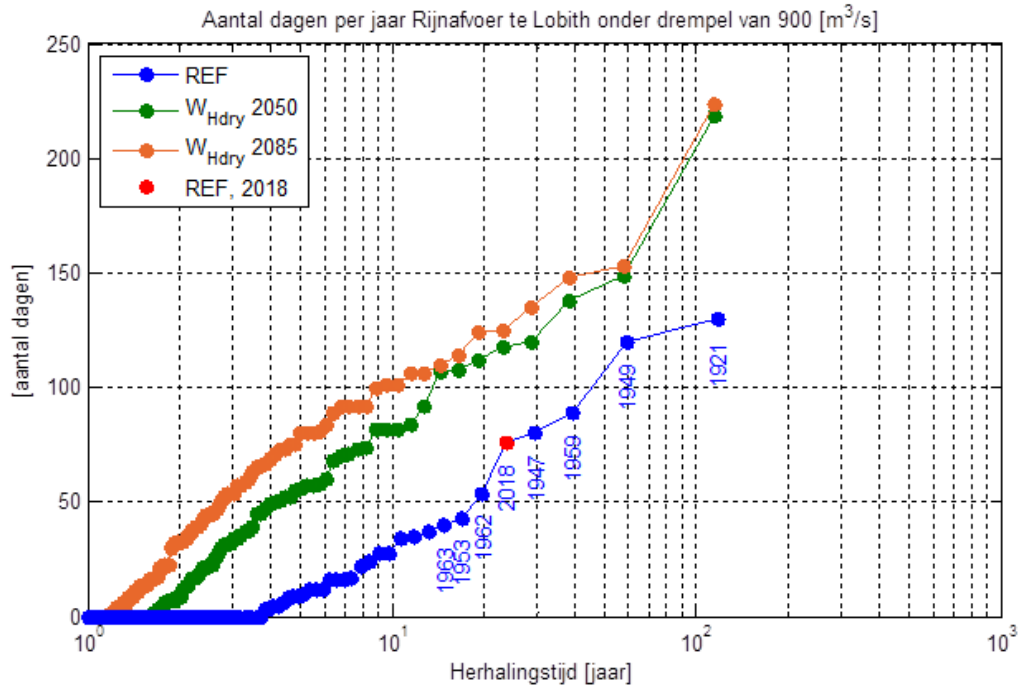
Voor het klimaatscenario W_H valt op dat de verandering tussen referentie, zichtjaar 2050 en zichtjaar 2100 niet lineair is. De gemiddelde temperatuur, de potentiële verdamping en de gemiddelde zomerneerslag lijken tussen 2050 en 2100 minder hard te stijgen dan tussen de referentie en het zichtjaar 2050. Er is echter een verschil in de lengte van de periode van referentie naar zichtjaar 2050 en van zichtjaar 2050 naar zichtjaar 2100. De periode van referentie (jaren 1981-2010) naar zichtjaar 2050 (jaren 2036-2065) heeft een lengte van 55 jaar. De periode van zichtjaar 2050 (jaren 2036-2065) naar zichtjaar 2100 (2071-2100) heeft een lengte van 35 jaar. Op basis van de lengtes van de periodes blijkt dat de verandering tussen 2050 en 2100 niet afvlakt maar juist toeneemt in het scenario W_H ten opzichte van de periode referentie en 2050.

Tabel 3.1 Kerngetallen KNMI'14 klimaatscenario's voor de zichtjaren 2050 en 2100².

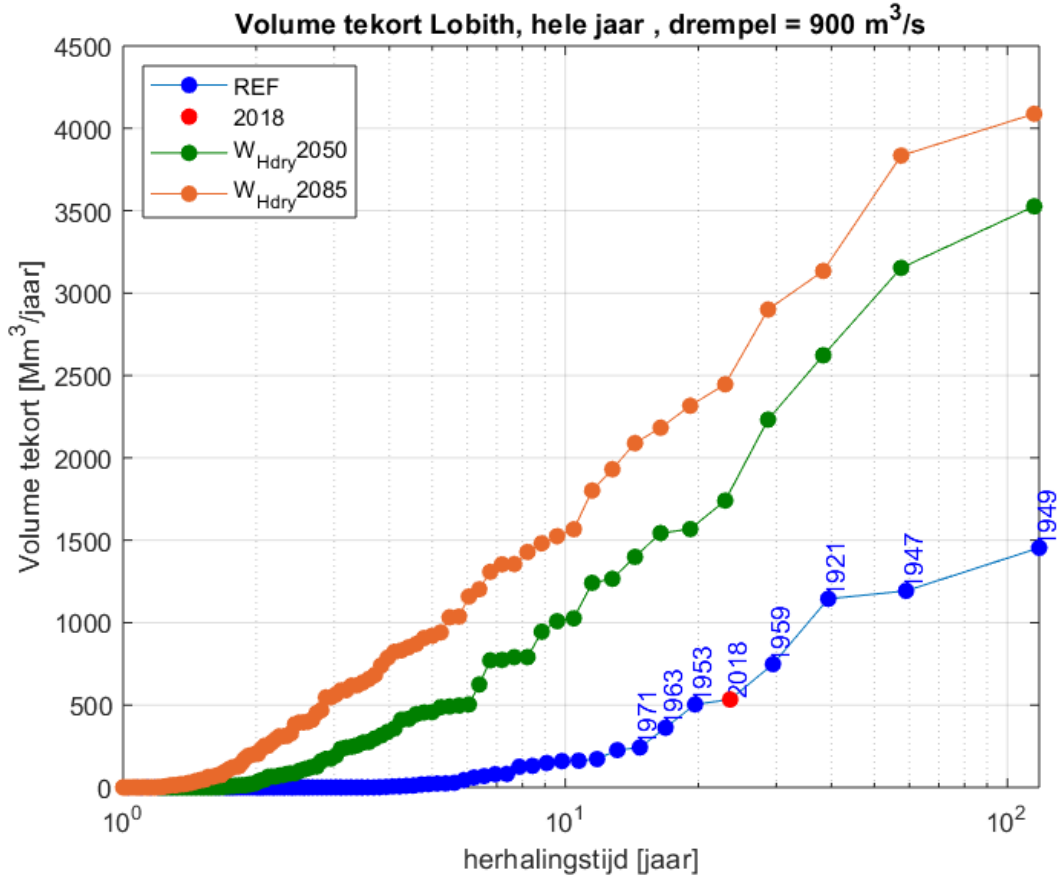
KNMI14 Klimaatscenario	G _L		W _H	
	2050	2100	2050	2100
Zichtjaar	2050	2100	2050	2100
Temperatuur	+1,0 °C	+1,3 °C	+2,3 °C	+3,7 °C
Gemiddelde jaarneerslag	+ 4%	+ 5%	+ 5%	+ 7%
Gemiddelde zomerneerslag	+1,2%	+1,0%	-13%	-23%
Gemiddelde zomer potentiële verdamping	+ 4%	+3,5%	+ 11%	+ 15%

De afvoer bij Lobith en Monsin verandert nauwelijks als gevolg van het G_L KNMI'14 klimaatscenario tussen 2050 en 2100. Als gevolg van het klimaatscenario W_H dalen de zomerafvoeren van zowel de Rijn als de Maas wel sterk. De daling van de afvoeren tussen het zichtjaar 2050 en 2100 is minder sterk dan tussen de referentie en het zichtjaar 2050. De afname van de zomerafvoeren vlakt dus af. De duur van Rijnafoeren lager dan 900 m³/s bij Lobith neemt in het meest extreme scenario toe van 1 maand naar bijna 3 maanden in 2050 naar 4,5 maand in 2100 (Figuur 3.1, herhalingsijd 10 jaar). Ter vergelijking: in 2018 waren de Rijnafoeren gedurende 75 dagen onder deze drempelwaarde. Ook de afvoertekorten op de Rijn bij Lobith nemen sterk toe voor het zichtjaar 2100 ten opzichte van het jaar 2050 (Figuur 3.2).

² De KNMI'14 scenario's gebruiken bij de beschrijving van de klimaatscenario's het zichtjaar 2085 voor de klimaatperiode 2071-2100.



Figuur 3.1 Herhalingstijd van het jaarlijks aantal dagen lage afvoer op de Rijn bij Lobith voor huidig en klimaatscenario $W_H/W_{H,dry}$ voor de zichtjaren 2050 en 2100 (drempelwaarde = 900 m³/s). Ter vergelijking is het jaar 2018 toegevoegd.



Figuur 3.2 Herhalingstijd van het jaarlijks afvoertekort op de Rijn bij Lobith voor huidig en klimaatscenario $W_H/W_{H,dry}$ voor de zichtjaren 2050 en 2100 (drempelwaarde = $900 \text{ m}^3/\text{s}$). Ter vergelijking is het jaar 2018 toegevoegd.

3.2 Landelijk beeld

3.2.1 Grondwaterstanden

In de Figuur 3.3 t/m Figuur 3.6 is de verandering van de grondwaterstand weergegeven voor de scenario's Rust en Stoom voor de zichtjaren 2050 en 2100. De grondwaterstanden in het scenario Rust liggen voor het zichtjaar 2100 iets hoger dan voor 2050. Dit wordt veroorzaakt door een lagere potentiële verdamping in het zichtjaar 2100 t.o.v. 2050 en een extra toename van de jaarlijkse neerslag. Deze verhoging treedt op zowel voor de Gemiddeld Laagste Grondwaterstanden (GLG) als de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstanden (GHG).

De trend in de veranderingen van de grondwaterstanden in het zichtjaar 2050 in scenario Stoom wordt doorgezet naar het zichtjaar 2100, waarbij de effecten groter worden. De gebieden met dalende grondwaterstanden zullen te maken krijgen met nog lagere grondwaterstanden. Daarnaast treedt er ook een extra stijging op in de gebieden waar al een hogere grondwaterstand werd berekend door extra grondwateraanvulling als gevolg van het grotere jaarlijks neerslagoverschot. De dynamiek van de grondwaterstanden wordt nog groter in het zichtjaar 2100.

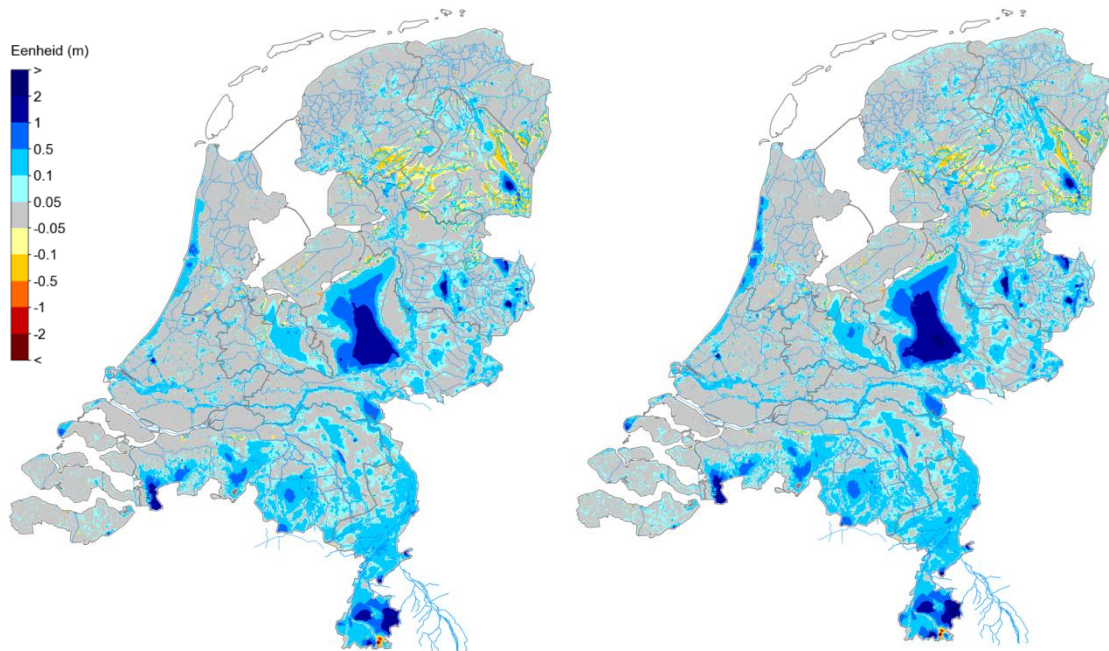


Datum
30 juli 2019

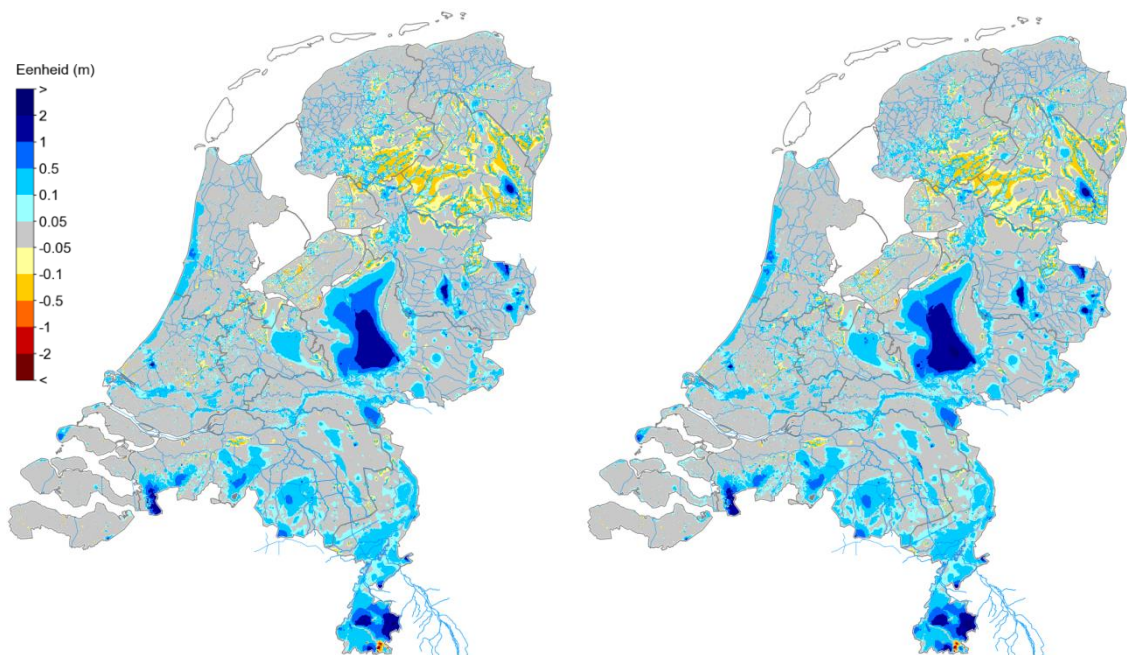
Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

Pagina
19 van 33

De extra daling van de grondwaterstanden in de Hoge Zandgronden zal ook een extra verminderde afvoer van beken tot gevolg hebben, waarbij het risico op droogval nog hoger is dan in het zichtjaar 2050.



Figuur 3.3 Het verschil in de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) tussen het scenario Rust2050 en het referentiescenario (links) en tussen Rust2100 en het referentiescenario (rechts).



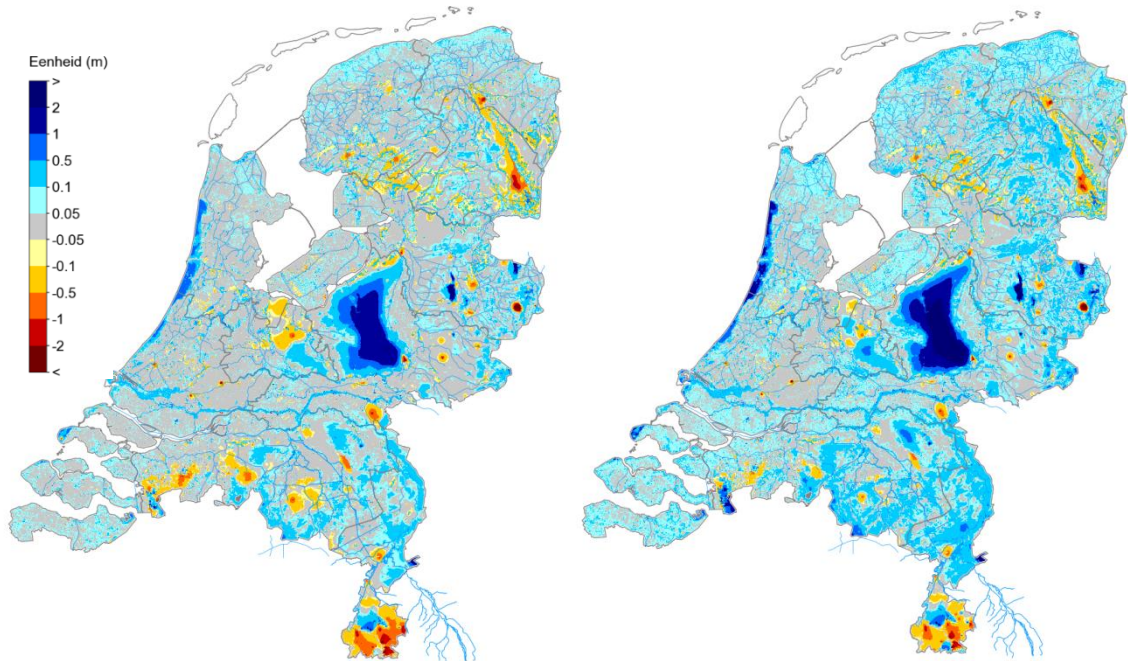
Figuur 3.4 Het verschil in de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) tussen het scenario Rust2050 en het referentiescenario (links) en tussen Rust2100 en het referentiescenario (rechts).



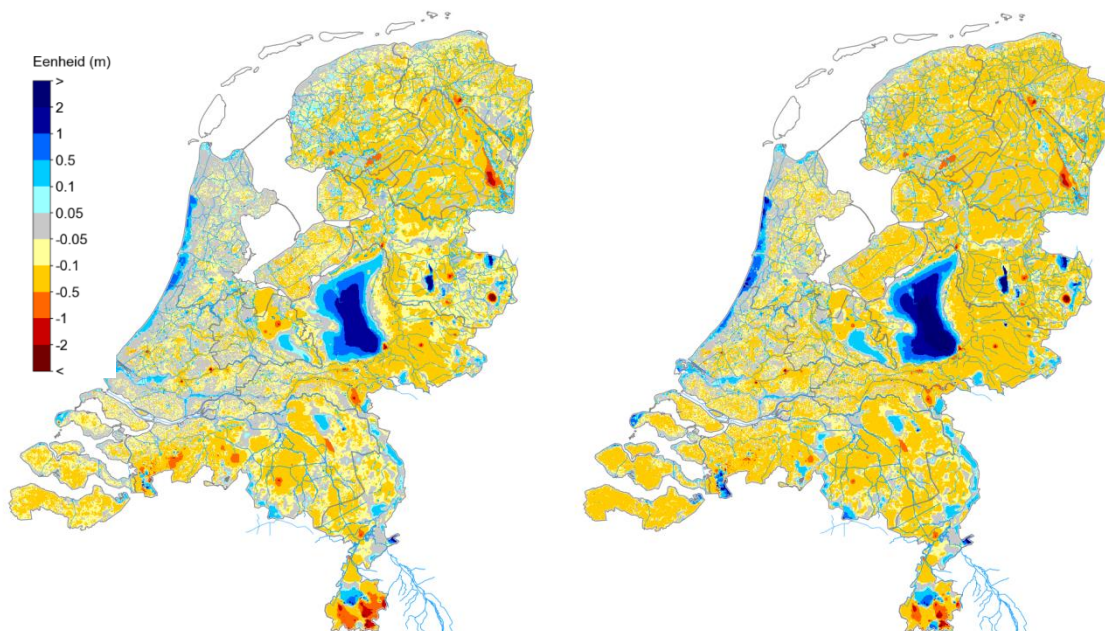
Datum
30 juli 2019

Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

Pagina
20 van 33



Figuur 3.5 Het verschil in de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) tussen het scenario Stoom2050 en het referentiescenario (links) en tussen Stoom2100 en het referentiescenario (rechts).



Figuur 3.6 Het verschil in de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) tussen het scenario Stoom2050 en het referentiescenario (links) en tussen Stoom2100 en het referentiescenario (rechts).

3.2.2 Wortelzone

In Figuur 3.7 en Figuur 3.8 is de verandering van het gemiddelde verdampingstekort voor de scenario's Rust en Stoom weergegeven voor de zichtjaren 2050 en 2085.



Datum
30 juli 2019

Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

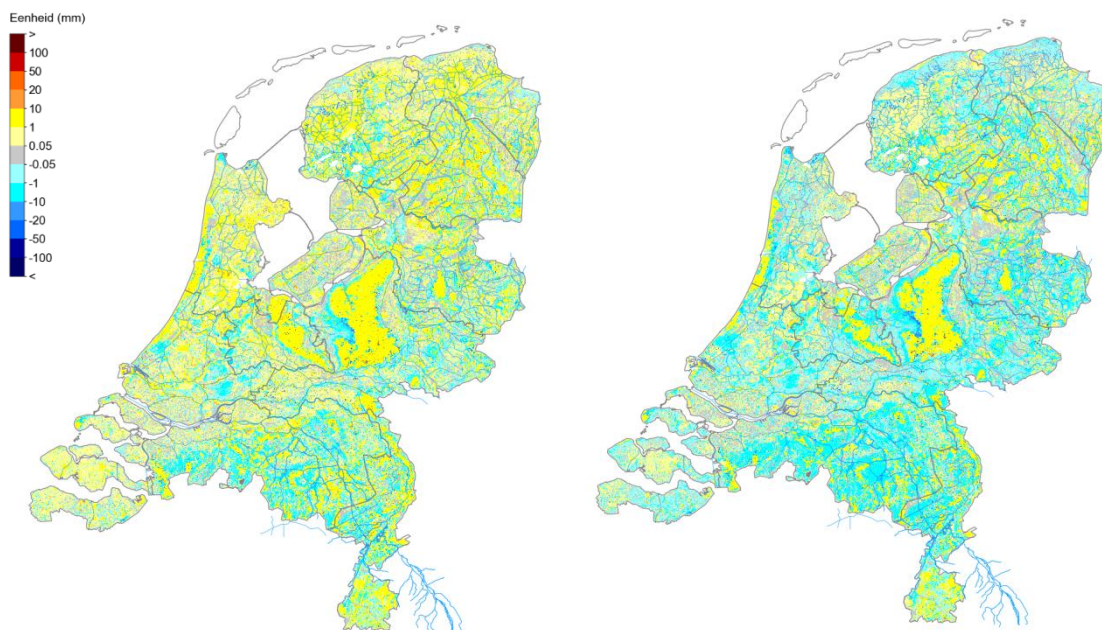
Pagina
21 van 33

Hierin is zichtbaar dat het gemiddelde verdampingstekort in het scenario Rust voor het zichtjaar 2100 kleiner is dan in 2050. Dit wordt veroorzaakt door de geringere potentiële verdamping in de zomerperiode in het zichtjaar 2100 ten opzichte van 2050.

Voor het scenario Stoom is het verdampingstekort voor het zichtjaar 2100 groter dan in het jaar 2050. Dit wordt veroorzaakt door de grotere potentiële verdamping en de veel geringere neerslag in de zomerperiode. De toename van het verdampingstekort zal leiden tot een extra toename van de landbouwschade ten opzichte van 2050.

Gemiddelde verandering verdampingstekort (Tpot-Tact) R2050BP18

Gemiddelde verandering verdampingstekort (Tpot-Tact) R2085BP18



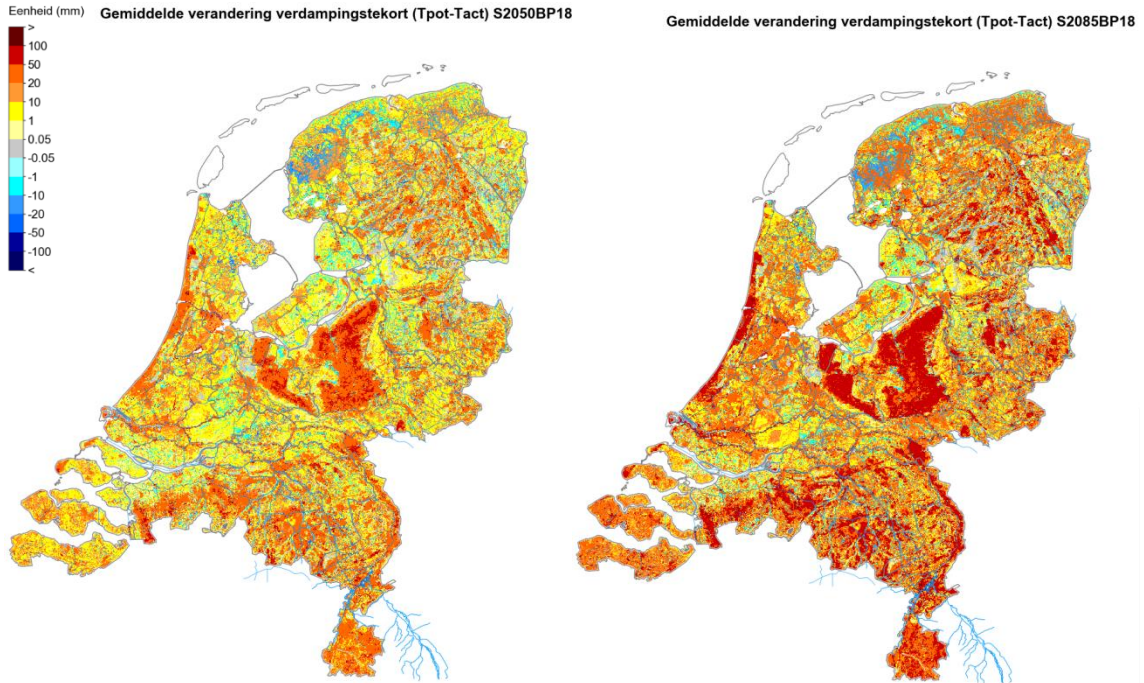
Figuur 3.7 Verandering van de gemiddelde verdampingstekorten (Tpot-Tact) in mm voor het scenario Rust voor de zichtjaren 2050 (links) en 2100 (rechts) voor de periode 1974-2003.



Datum
30 juli 2019

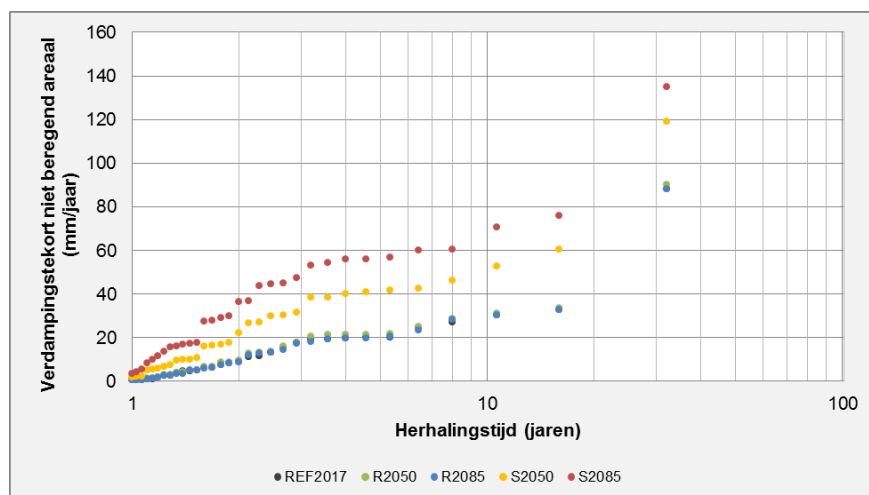
Ons kenmerk
11203734-003-ZWS-0003

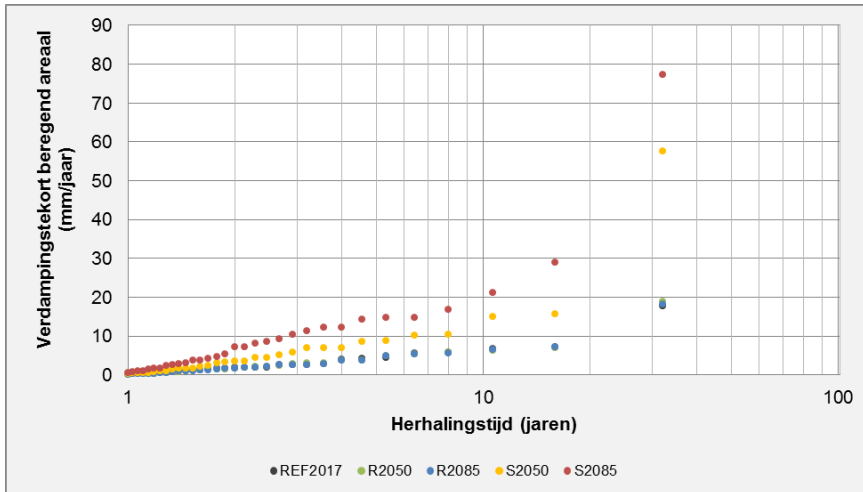
Pagina
22 van 33



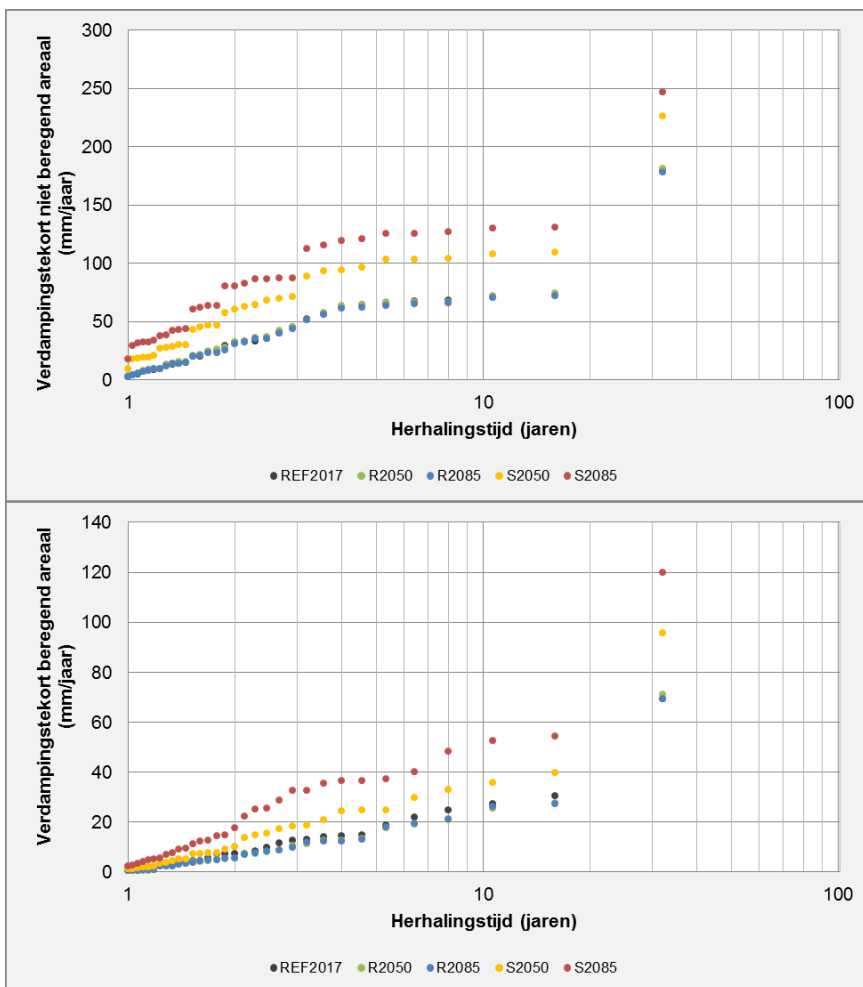
Figuur 3.8 Verandering van de gemiddelde verdampingstekorten (Tpot-Tact) in mm voor het scenario Stoom voor de zichtjaren 2050 (links) en 2100 (rechts) voor de periode 1974-2003.

Figuur 3.9 en Figuur 3.10 laten de herhalingsjiden van het verdampingstekort zien voor het IJsselmeergebied en Hoge Zandgronden Zuid, uitgesplitst in niet-beregend areaal en beregend areaal. In beide gebieden is de daling van het verdampingstekort in scenario Rust tussen zichtjaar 2050 en zichtjaar 2100 slechts één of enkele mm/jaar. De stijging in het verdampingstekort in scenario Stoom tussen zichtjaar 2050 en 2100 is veel groter, deze stijging is bij droge jaren wel 15-20 mm.





Figuur 3.9 Herhalingstijd voor het verdampingstekort voor het niet beregend areaal (boven) en voor het wel beregend areaal (onder) voor de scenario's Rust en Stoom de zichtjaren 2050 en 2100 o.b.v. de periode 1974-2003 voor het voorzieningsgebied van het IJsselmeer



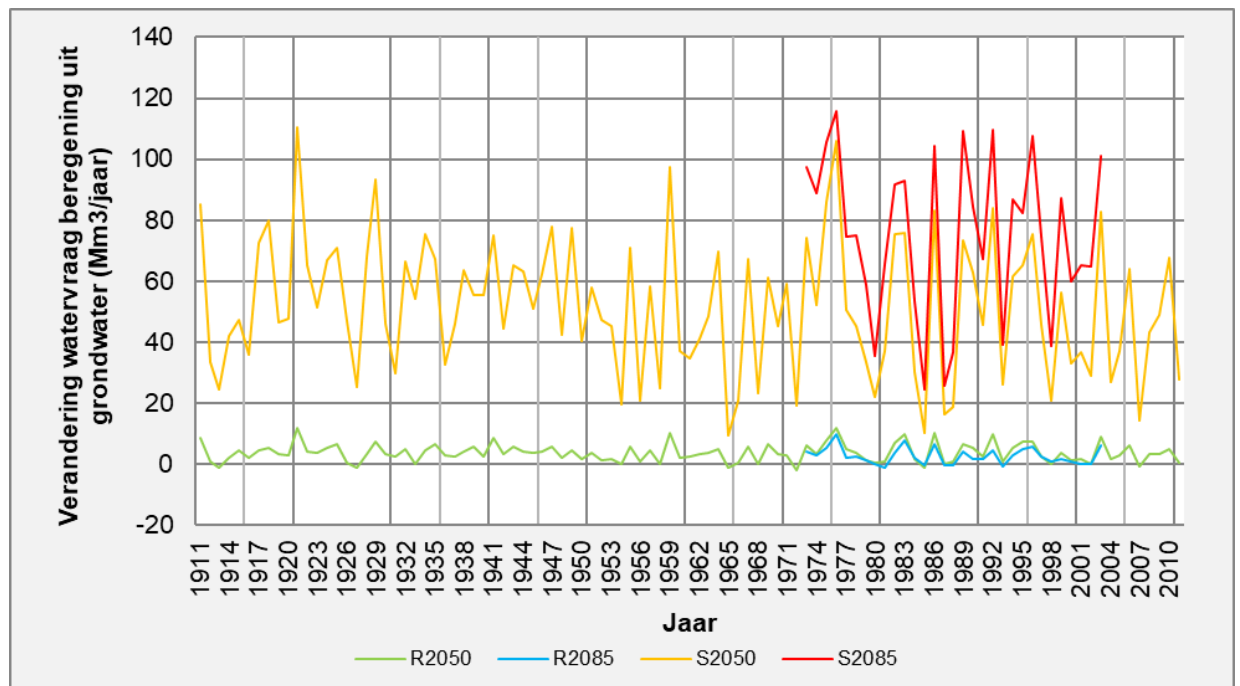
Figuur 3.10 Herhalingstijd voor het verdampingstekort voor het niet beregend areaal (boven) en voor het wel beregend areaal (onder) voor de scenario's Rust en Stoom de zichtjaren 2050 en 2100 o.b.v. de periode 1974-2003 voor de Hoge Zandgronden Zuid.

3.3 Watervraag en watertekorten

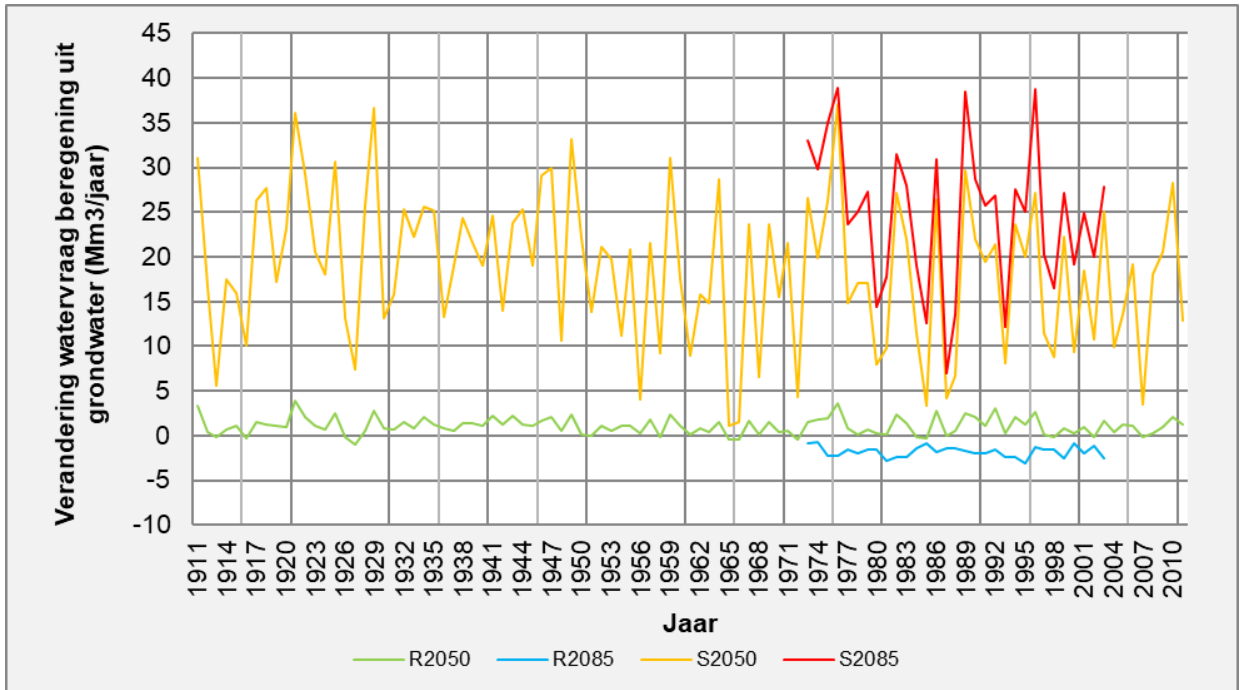
Als gevolg van de extra klimaatverandering stijgt de vraag naar water voor peilbeheer en beregening. De watervraag voor doorspoeling wordt niet door het modelinstrument bepaald, hierdoor is voor elk scenario de watervraag voor doorspoeling in de zichtjaren 2050 en 2100 gelijk.

De watervraag voor peilbeheer en beregening uit oppervlaktewater en grondwater verandert bij matige klimaatverandering (scenario's Rust en Druk) nauwelijks tussen zichtjaar 2050 en 2100. De watervraag neemt bij sterke klimaatverandering (scenario's Warm en Stoom) wel toe tussen zichtjaren 2050 en 2100.

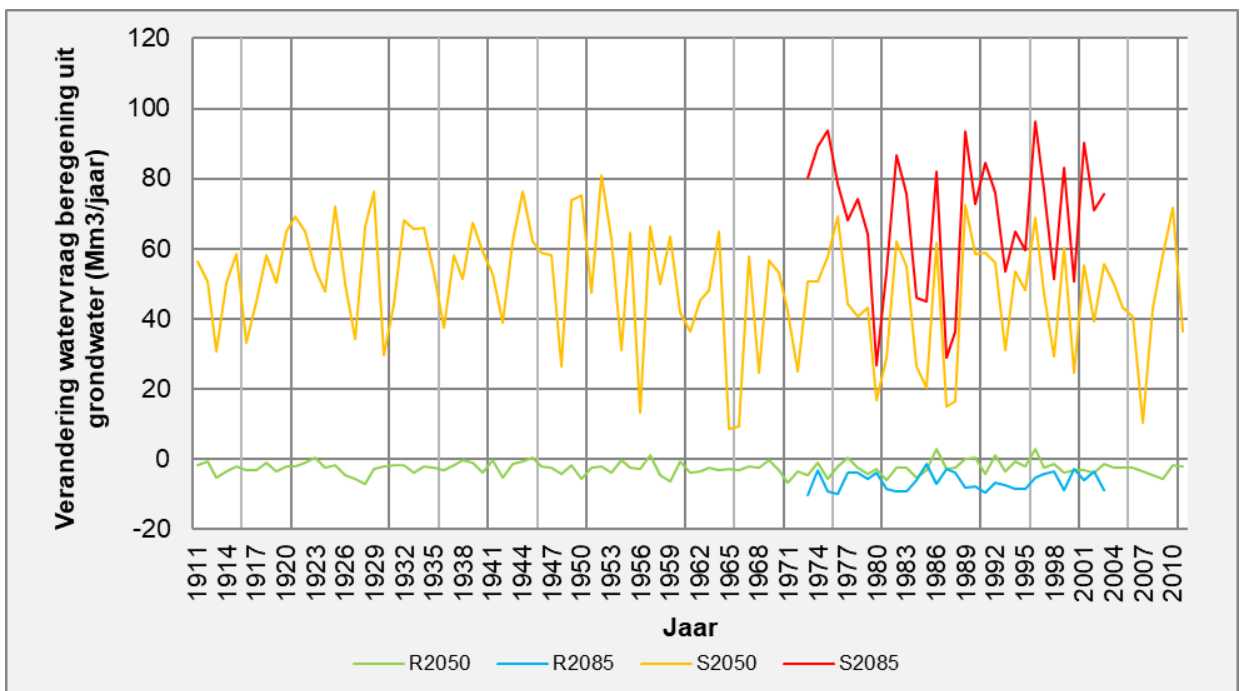
Figuur 3.11, Figuur 3.12 en Figuur 3.13 tonen voor drie regio's de verandering van de watervraag voor beregening uit grondwater ten opzichte van huidig klimaat. De watervraag voor beregening uit grondwater in scenario Rust is in zichtjaar 2100 iets groter dan de watervraag in zichtjaar 2050, omdat de potentiële verdamping in 2100 iets lager is. De watervraag in scenario Stoom is in 2100 groter dan in 2050. De grootste toename in de watervraag is zichtbaar in de periode tot 2050, daarna neemt de watervraag minder toe naar het zichtjaar 2100. De toename van de watervraag voor beregening in het scenario Stoom wordt veroorzaakt door de toename van de potentiële verdamping in dit scenario.



Figuur 3.11 Verandering van de watervraag voor beregening uit het grondwater voor de scenario's Rust en Stoom ten opzichte van het referentiescenario. Weergegeven voor de zichtjaren 2050 en 2100, o.b.v. de periode 1974-2003 voor het voorzieningsgebied van het IJsselmeer.



Figuur 3.12 Verandering van de watervraag voor beregening uit het grondwater voor de scenario's Rust en Stoom ten opzichte van het referentiescenario. Weergegeven voor de zichtjaren 2050 en 2100, o.b.v. de periode 1974-2003 voor de Centraal en Oostelijke Zandgronden.

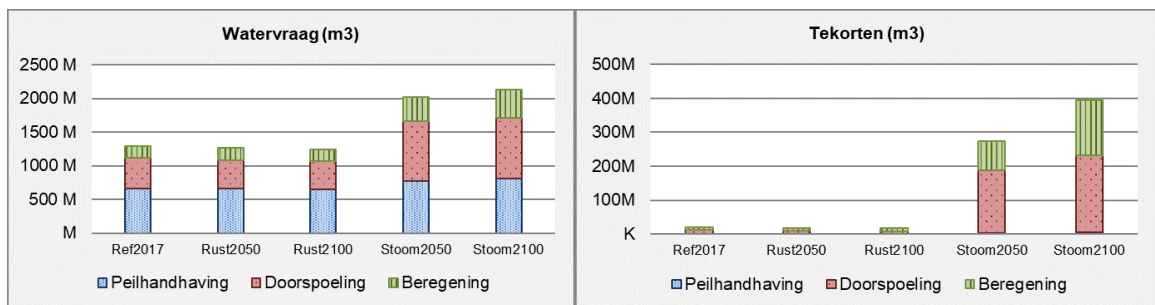


Figuur 3.13 Verandering van de watervraag voor beregening uit het grondwater voor de scenario's Rust en Stoom ten opzichte van het referentiescenario. Weergegeven voor de zichtjaren 2050 en 2100, o.b.v. de periode 1974-2003 voor de Hoge Zandgronden Zuid.

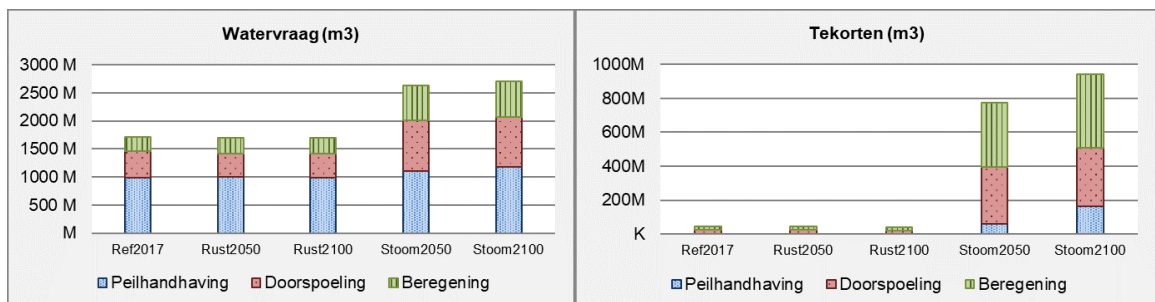
Figuur 3.14 tot en met Figuur 3.21 laten de watervraag en watertekorten zien voor vier regio's, in een droog en een extreem droog jaar. Bij matige klimaatveranderingen veranderen de tekorten nauwelijks. Bij sterke klimaatverandering zorgt de combinatie van een grotere watervraag en een lager aanbod voor een toename van de tekorten aan oppervlaktewater tussen zichtjaar 2050 en 2100. Deze toename is te zien in alle gebieden. Voor alle gebruikers nemen de tekorten toe: beregening uit het oppervlaktewater, doorspoeling en peilbeheer. Voor bijna alle jaren nemen de tekorten toe, maar de grootste toename wordt berekend in de extreme jaren. Dit zijn de jaren waarbij er niet voldoende water beschikbaar is in het hoofdwatersysteem. De toename van de tekorten in de andere jaren worden veroorzaakt door knelpunten in de regionale doorvoercapaciteiten, waardoor binnen het gebied tekorten kunnen ontstaan terwijl in het hoofdwatersysteem wel voldoende water beschikbaar is.

De tekorten worden veroorzaakt door een beperkte beschikbaarheid in het hoofdwatersysteem en door beperkingen in de capaciteit van het aanvoersysteem. In het IJsselmeergebied is in een droog en extreem droog jaar niet voldoende water beschikbaar om te voorzien in de extra watervraag voor het zichtjaar 2100. Hierdoor nemen de tekorten toe. Dit is ook terug te zien in het buffergebruik van het IJsselmeer voor de jaren 1976 en 2003 (zie Figuur 3.22) waar het buffergebruik voor deze jaren groter is dan 20 cm.

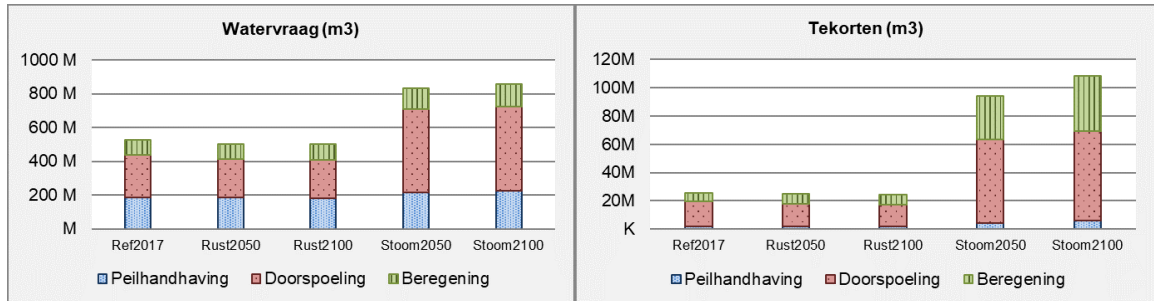
In het benedenrivierengebied nemen de tekorten toe, omdat de capaciteit van de KWA niet toereikend is (Figuur 3.26). De tekorten in het rivierengebied in het zichtjaar 2050 en 2100 treden op als gevolg van beperkte inlaat door hoge zoutconcentraties in de Alblasserwaard en door een beperkte inlaatcapaciteit en beperkte waterbeschikbaarheid in de Maas in het peilgestuurde gebied ten zuiden van de Maas (Mens *et al*, 2019).



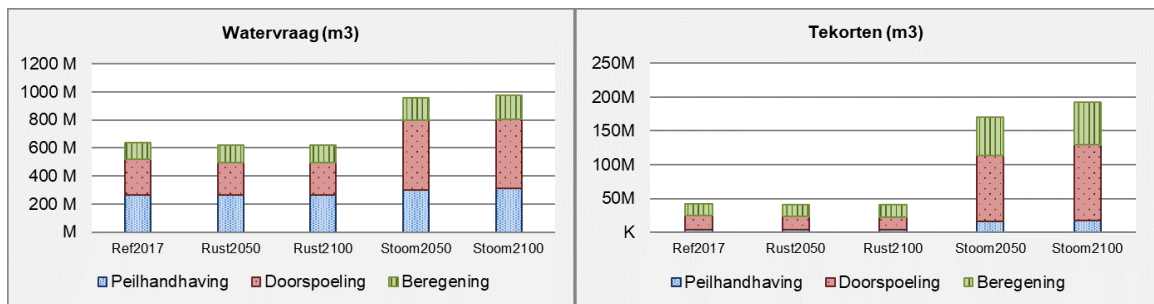
Figuur 3.14 De watervraag en watertekorten in het oppervlaktewater van het voorzieningsgebied van het IJsselmeer voor een droog jaar.



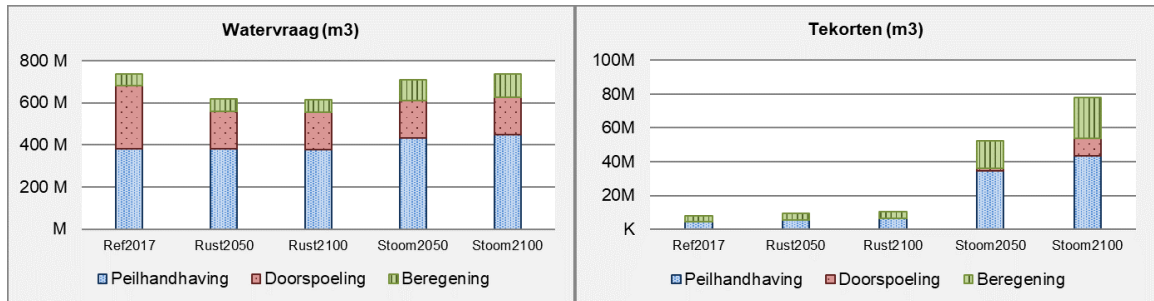
Figuur 3.15 De watervraag en watertekorten in het oppervlaktewater van het voorzieningsgebied van het IJsselmeer voor een extreem droog jaar.



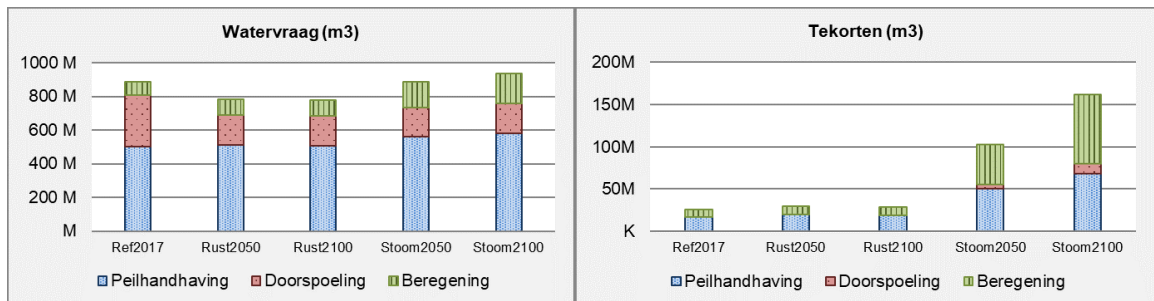
Figuur 3.16 De waternvraag en watertekorten in het oppervlaktewater voor Benedenrivierengebied voor een droog jaar.



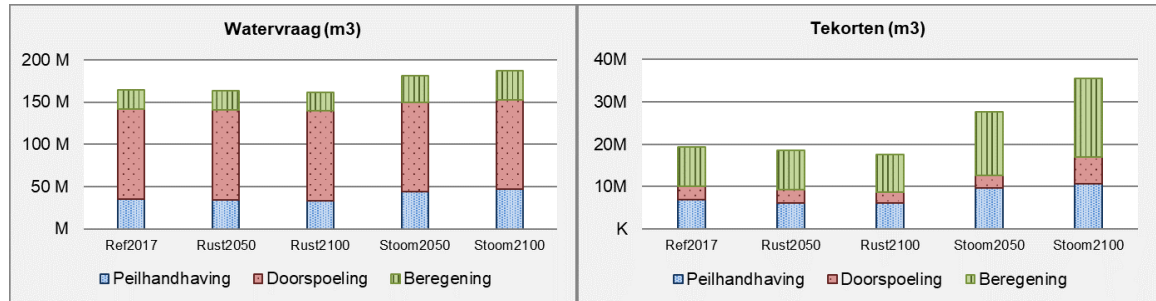
Figuur 3.17 De waternvraag en watertekorten in het oppervlaktewater van het Benedenrivierengebied voor extreem droog jaar.



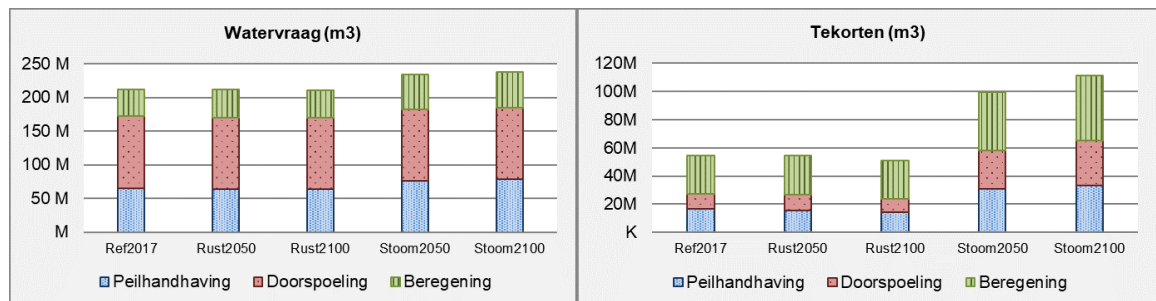
Figuur 3.18 De waternvraag en watertekorten in het oppervlaktewater voor Rivierengebied voor een droog jaar.



Figuur 3.19 De waternvraag en watertekorten in het oppervlaktewater voor Rivierengebied voor een extreem droog jaar.



Figuur 3.20 De watervraag en watertekorten in het oppervlaktewater van het wateraanvoergebied van het aanvoergebied van de Midden Limburg en Brabantse Kanalen voor een droog jaar.

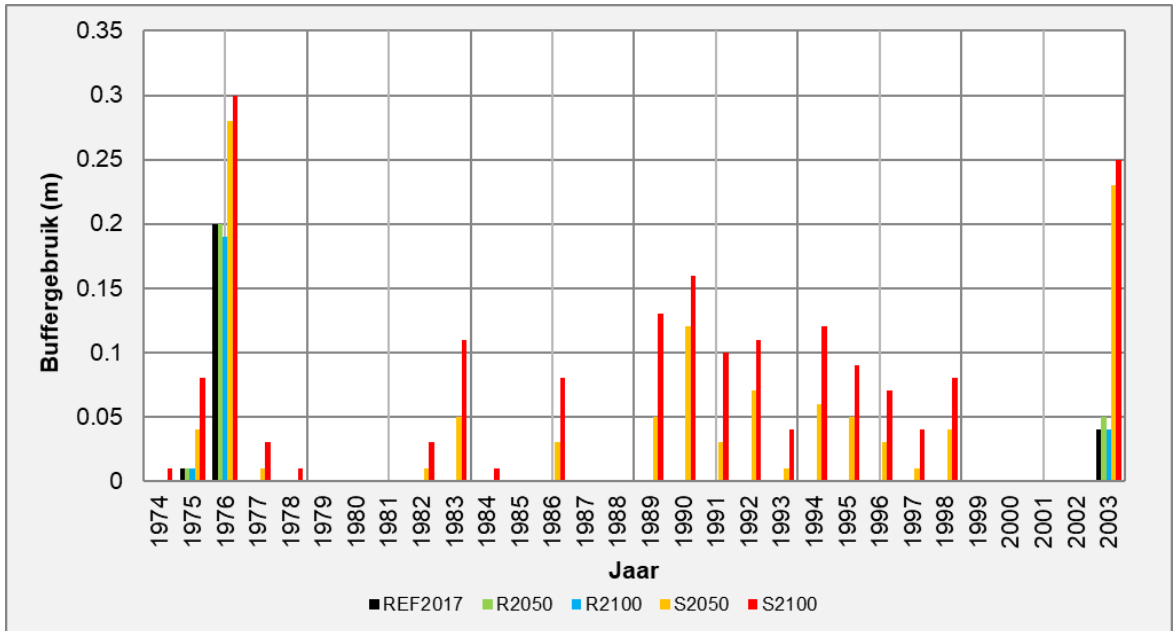


Figuur 3.21 De watervraag en watertekorten in het oppervlaktewater van het wateraanvoergebied van het aanvoergebied van de Midden Limburg en Brabantse Kanalen voor een extreem droog jaar.

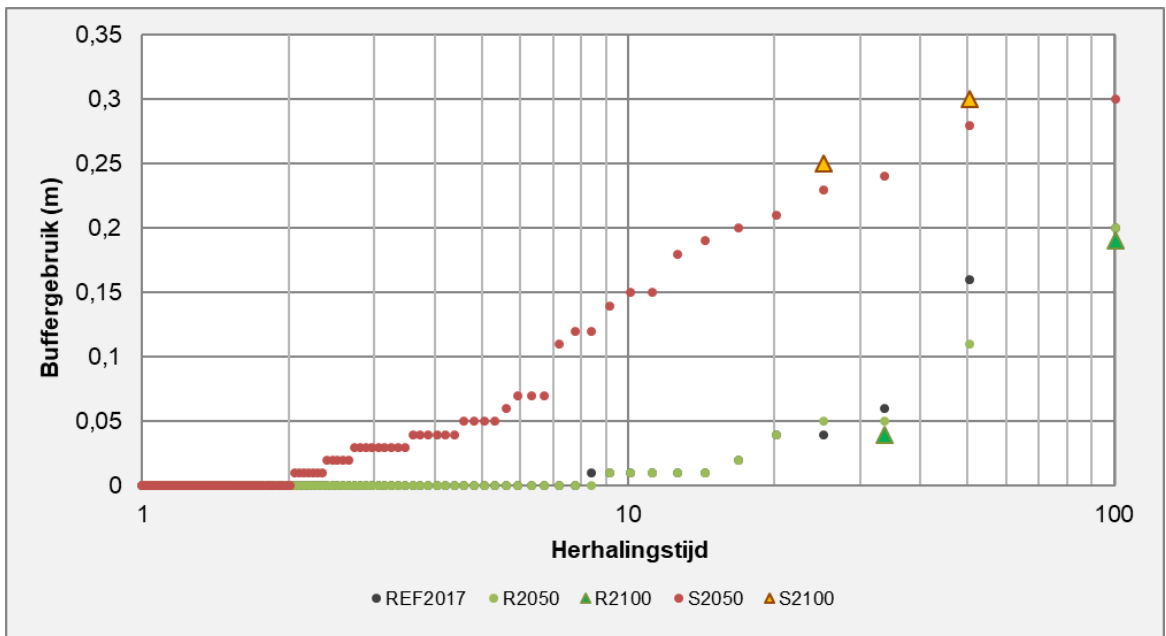
3.4 Buffergebruik IJsselmeer

In Figuur 3.22 is het buffergebruik van het IJsselmeer weergegeven en Figuur 3.23 toont de herhalingsstijd van het buffergebruik voor de referentiesituatie en voor de zichtjaren 2050 en 2100. In de figuren is te zien dat voor het scenario Rust het buffergebruik gelijk blijft of zelfs afneemt naar zichtjaar 2100. Dit komt omdat de watervraag in scenario Rust licht afneemt richting 2100 en de aanvoer van rivierwater vanuit het buitenland gelijk blijft. In het Stoom scenario neemt voor bijna alle jaren het buffergebruik in het zichtjaar 2100 toe ten opzichte van het zichtjaar 2050. Dit wordt veroorzaakt door de lagere waterbeschikbaarheid vanuit de IJssel en een grotere watervraag in het voorzieningsgebied. Naar schatting wordt in scenario Stoom in 2100 eens in de 15 jaar een bufferschijf van meer dan 20 cm aangesproken ten opzichte van eens in de 20 jaar in scenario Stoom2050.

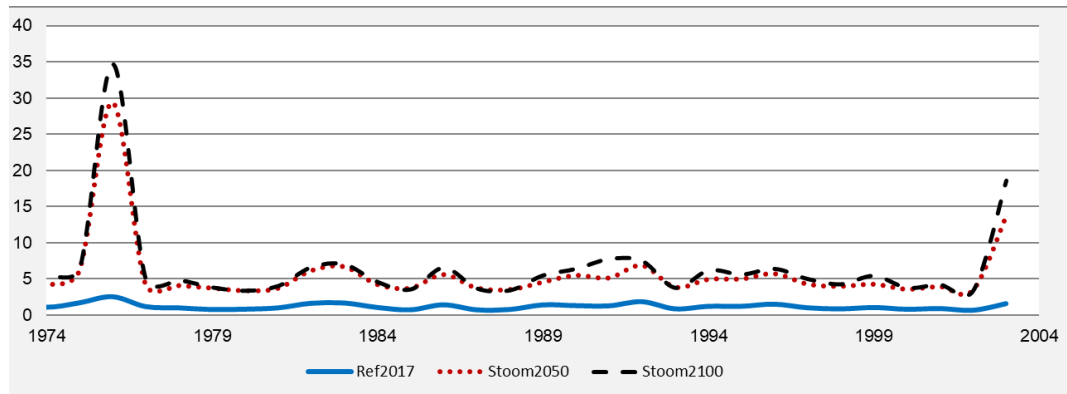
Bij een buffergebruik van minder dan 20 cm nemen de tekorten nauwelijks toe. Voor de jaren waarbij het buffergebruik groter is nemen de tekorten wel toe. In Figuur 3.24 is te zien dat 1 op de 10 jaar het percentage tekort toe neemt voor het zichtjaar 2100 t.o.v. het zichtjaar 2050. Dit betekent dat in de andere jaren er voldoende water beschikbaar is om de extra watervraag te leveren.



Figuur 3.22 Buffergebruik van het IJsselmeer voor de referentie en de Deltascenario's Rust en Stoom voor de zichtjaren 2050 en 2100.



Figuur 3.23 Herhalingstijden van het buffergebruik van het IJsselmeer voor de referentie en de Deltascenario's Rust en Stoom voor het zichtjaar 2050 en het zichtjaar 2100 voor een droog en een extreem droog jaar.



Figuur 3.24 Verhouding watertekort en watervraag in procenten voor het voorzieningsgebied van het IJsselmeer voor de referentie en het Deltascenario Stoom voor de zichtjaren 2050 en 2100 obv 30 jaar modelberekeningen.

3.5 Inzet Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA)

Een groot deel van West-Nederland wordt in het zomerhalfjaar voorzien van water uit de Hollandsche IJssel, via de inlaat bij Gouda. Bij externe verzilting, als de monding van de Hollandsche IJssel verzilt, wordt er water aangevoerd via de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA). In het scenario Druk en Rust verandert de dynamiek in zoutconcentraties in de Rijn-Maasmonding nauwelijks omdat rivierafvoer, zeespiegel en onttrekkingen ook nauwelijks veranderen.

Bij sterke klimaatverandering nemen de afvoeren af, stijgt de zeespiegel en nemen regionale onttrekkingen toe. In zichtjaar 2100 zetten deze veranderingen door ten opzichte van 2050. Als gevolg hiervan neemt de frequentie en duur van overschrijding van kritieke zoutconcentraties in de (mondung van de) Hollandsche IJssel toe.

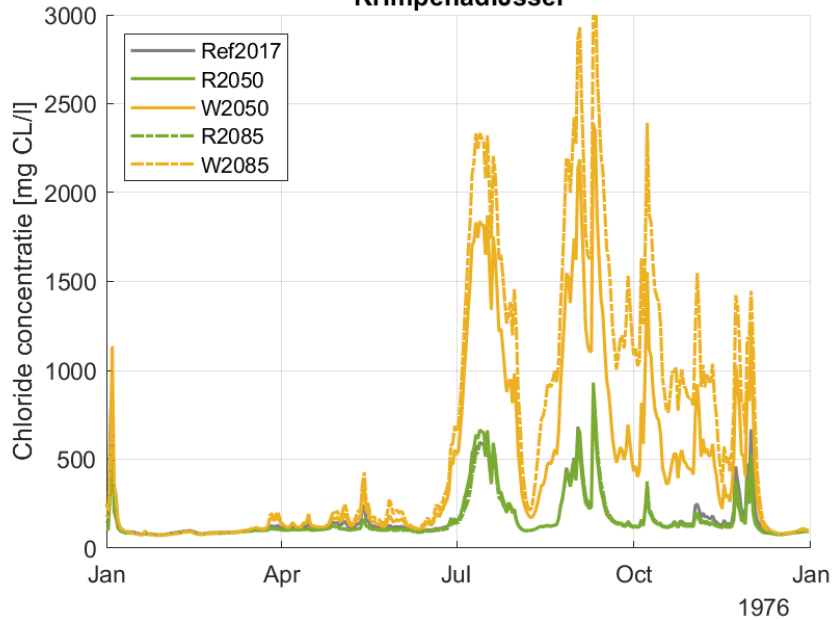
In jaren waar al sprake was van overschrijdingen neemt de duur (licht) toe. In Figuur 3.25 is een voorbeeld weergegeven van het verloop van de berekende zoutconcentraties in het extreem droge jaar 1976 in de referentie en scenario's Rust en Warm. De zoutconcentraties nemen toe, maar de duur van overschrijding van de drempelwaarde van 200 mg Cl/l verandert in dit jaar nauwelijks.

Daarnaast komen er jaren bij die in zichtjaar 2050 nog net onder de kritieke grenswaarde zaten. Dit betekent dat de KWA vaker moet worden ingezet (Figuur 3.26). In zichtjaar 2100 (scenario Stoom) wordt bijna jaarlijks inzet van de KWA berekend, vergeleken met eens in de 2 jaar in zichtjaar 2050 (scenario Stoom). Door de toename in verdamping neemt bovendien de gewenste capaciteit van de KWA toe. De gewenste capaciteit van de KWA is eens in de 3 jaar groter dan 15 m³/s (Figuur 3.26).

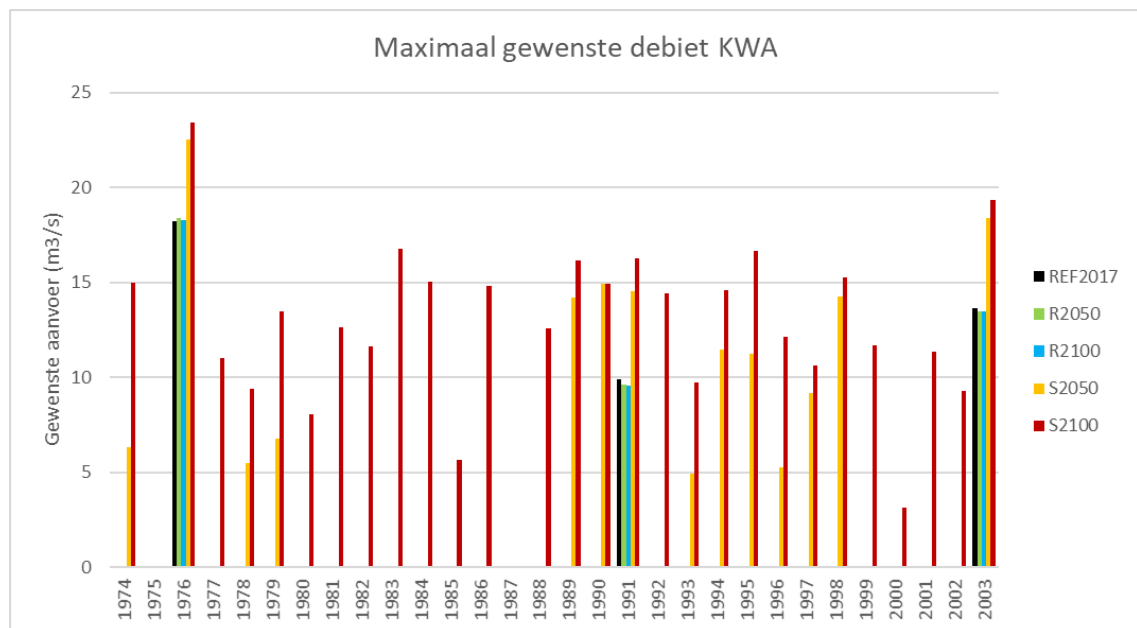
We merken op dat het effect van zeespiegelstijging op zoutindringing in het Nationaal Water Model wordt onderschat (zie Huismans, 2019). Het effect hiervan op de inzet van de KWA is nog niet goed onderzocht, maar het is te verwachten dat vooral de duur van KWA inzet hoger zal zijn dan nu met het Nationaal Water Model is berekend.



Chloride concentratie KrimpenadIJssel



Figuur 3.25 Gemodelleerde chlorideconcentratie bij Krimpen aan de IJssel voor de scenario's Rust en Warm voor de zichtjaren 2050 en 2100. (Het Deltascenario Warm en Stoom gaan uit van hetzelfde KNMI'14 klimaatscenario Wh/Wh,dry met bijbehorende afvoeren bij Lobith en zeespiegelstanden).



Figuur 3.26 Maximaal gewenste debiet over de KWA route wanneer de KWA actief is.

3.6 Conclusies

Als gevolg van de matige klimaatverandering voor het zichtjaar 2100 in de scenario's Rust en Druk kunnen de grondwaterstanden in de Hoge Zandgronden verder stijgen als gevolg van een toename van het neerslagoverschot. De gebieden waar de grondwaterstanden hoger of juist lager komen te liggen zijn voor het zichtjaar 2100 vergelijkbaar als in 2050. De absolute verandering verschilt wel.

Als gevolg van de sterke klimaatverandering neemt de dynamiek van de grondwaterstanden in het zichtjaar 2100 verder toe ten opzichte van 2050, vanwege de over het algemeen lagere GLG's en hogere GHG's. Deze extra dynamiek kan zorgen voor wateroverlast in de winter en extra droogte als gevolg van lage grondwaterstanden en lage afvoeren. Daarnaast kunnen beken droogvallen in de zomer.

De verandering in de watervraag onder matige klimaatverandering (Deltascenario's Rust en Druk) zijn voor het zichtjaar 2100 beperkt ten opzichte van de referentie en het zichtjaar 2050. Als gevolg van sterke klimaatverandering (Deltascenario's Warm en Stoom) neemt in het zichtjaar 2100 de watervraag voor peilbeheer en beregening voor de alle gebieden verder toe t.o.v 2050. Door deze grotere watervraag nemen de tekorten ook verder toe. De sterkste toename van de tekorten treedt op bij de beregening uit het oppervlaktewater. De tekorten nemen toe door een lagere beschikbaarheid in het hoofdwatersysteem en door een grotere vraag in combinatie met beperkte inlaat capaciteiten.

Als gevolg van een grotere watervraag in het voorzieningsgebied van het IJsselmeer en de langere periodes van lage Rijnafvoer in de scenario's Warm en Stoom neemt het buffergebruik van het IJsselmeer naar zichtjaar 2100 verder toe. Dit heeft als gevolg dat de bufferschijf van 20 cm vaker wordt benut: van circa eens in de 20 jaar in 2050 naar circa eens in de 15 jaar in 2100. De toename in de frequentie van dit buffergebruik tussen nu en 2050 is echter vele malen groter: van eens in de 100 jaar naar eens in de 20 jaar.

De inzet van de Klimaatbestendige Wateraanvoer neemt in zichtjaar 2100 toe tot bijna elk jaar bij sterke klimaatverandering (scenario's Warm en Stoom). De KWA-capaciteit van 15 m³/s is in deze scenario's circa eens in de 3 jaar niet toereikend. De duur van KWA-inzet neemt licht toe, maar dit wordt waarschijnlijk door de modellen onderschat.

4 Referenties

Claassens, J., E. Koomen en B. Rijken (2017) Actualisering landgebruiksimulatie Deltascenario's; Achtergronddocument bij Ruimtescanner inzet. VU Amsterdam / PBL

Hunink, J.C., 2019. Uitgangspunten variant Parijs en zichtjaar 2100. Deltares memo 11202240-009-ZWS-0006, 6 maart 2019.

Mens, M.J.P., J. Hunink, J. Delsman, J. Pouwels, F. Schasfoort, 2019. Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II: Voorlopige rapportage. Deltares rapport 11203734-003, Delft.



Datum

30 juli 2019

Ons kenmerk

11203734-003-ZWS-0003

Pagina

33 van 33

Rozemeijer, J. H. Bootsma, A. Veldhuizen, J. Pouwels, J. van den Akker, T. Kroon, 2019. Effecten van onderwaterdrainage op de regionale watervraag. Berekeningen met het Landelijk Hydrologisch Model. Deltares rapport 11202752-002-BGS-0001.

Zak, D., Goldhammer, T., Cabezas, A., Gelbrecht, J., Gurke, R., Wagner, C., Reuter, R., Augustin, J., Klimkowska, A., McInnes, R. (2017). Top soil removal reduces water pollution from phosphorus and dissolved organic matter and lowers methane emissions from rewetted peatlands. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 311–320. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12931>