

Klimaatbestendige zoetwatervoorziening hoofdwatersysteem

Beantwoording vragen 2020

Rijkswaterstaat WVL



HydroLogic BV
Postbus 2177
3800 CD Amersfoort
033 4753535
hydrologic.nl

P1159
november 2020

*Hydro*Logic

Inhoud

Lijst van afkortingen	1
1 Inleiding.....	2
2 Te beantwoorden vragen	4
2.1 Peilbesluit IJsselmeer	4
2.2 Extra aanvoerroute via Amsterdam-Rijnkanaal naar Markermeer	5
2.2.1 Noodzaak extra doorvoerroute ARK	5
2.2.2 Duur en frequentie inzet ARK-route	7
2.2.3 Capaciteit Pr. Irenesluis, gevolgen netwerk Betuwepand en Pr. Bernharsluizen	8
2.3 Impact ‘vrijspelen’ rivierafvoer op West NL / RMM	11
2.3.1 Doorspoeltoename Parksluizen en afname inlaatvenster Boerengat	12
2.3.2 Inlaatsurplus zoetwaterbuffers Hollandsche IJssel en Lek	16
2.3.3 Effect op watervoorziening Brielse Meer (Bernisse)	19
2.3.4 Cumulatieve effect extra watervraag op verzilting	22
3 Synthese.....	24
3.1 Algemeen	24
3.2 Te beantwoorden vragen	27
3.3 Vervolg vragen	28
4 Referenties	31
Bijlage A Parksluizen.....	32
Bijlage B Surplusanalyse zoetwaterbuffer HIJ	36
Bijlage C Inzetfrequentie ARK-doorvoerroute	41

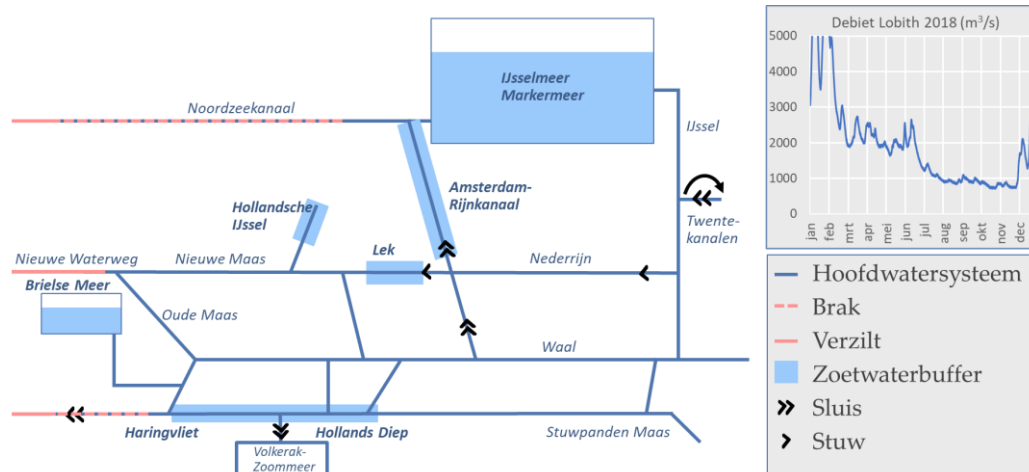
Lijst van afkortingen

BM	Brielse Meer
DKW	Doorvoer Krimpenerwaard
DPZW	Deltaprogramma Zoetwater
HDSR	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
HHDL	Hoogheemraadschap van Delfland
HHRL	Hoogheemraadschap van Rijnland
HHSK	Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard
HIJ	Hollandsche IJssel
HV	Haringvliet
HVS	Haringvlietsluizen
KZH	Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem
KWA	Klimaatbestendige Water Aanvoer (West-Nederland)
LHM	Landelijk Hydrologisch Model
NM	Nieuwe Maas
Noordrand	De noordrand van de Rijn-Maasmonding beslaat het deel rondom de Nieuwe Maas, Hollandsche IJssel en Lek waar vanuit waterschappen en drinkwaterbedrijven zoet water onttrekken.
NWW	Nieuwe Waterweg
OM	Oude Maas
POA	Permanente Oostelijke Aanvoer
RMM	Rijn-Maasmonding
SBN	Stuurbaar Buffernetwerk
VZM	Volkerak-Zoommeer
WSHD	Waterschap Hollandse Delta
WSRL	Waterschap Rivierenland
Zuidrand	De zuidrand van de Rijn-Maasmonding is het gebied van de Oude Maas, Spui, Haringvliet en Hollands Diep.
ZWB	Zoetwaterbuffer

1 Inleiding

In het najaar van 2020 wordt een besluit genomen over de nieuwe strategie voor het hoofdwatersysteem; de Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem (KZH). De verwachting is dat deze strategie wordt vastgesteld als stip op de horizon waar in de periode 2022-2027 verdere invulling aan gegeven wordt. In aanloop naar dit besluit heeft Rijkswaterstaat HydroLogic gevraagd enkele vragen te beantwoorden rondom het KZH, waarvan voorliggend document de vastlegging is.

In **Figuur 1** is het KZH gevisualiseerd (HydroLogic, 2019) voor beschrijving KZH), bestaande uit een netwerk van strategische zoetwaterbuffers van waaruit een belangrijk deel van wateraanvoerend Nederland van water kan worden voorzien. De strategie richt zich op het vaststellen, optimaal beheren en het op de korte en lange termijn in stand houden van deze buffers. Voorts het daar waar mogelijk versterken van deze buffers, wat zowel betrekking kan hebben op het vergroten van de buffercapaciteit als de aanvoercapaciteit naar de buffers. Via deze strategie wordt ook bij lage Rijnafvoeren veel water ‘vrijgespeeld’ dat benut kan worden voor verschillende doeleinden zoals extra aanvoer naar het IJsselmeer, vergrote watervraag voor vermindering bodemdaling Veenweidegebieden, het verbeteren van de waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer, het benutten van kansen voor de Kier Haringvliet, het vergroten van de aanvoer naar en via de Twentekanalen, extra wateraanvoer naar de zandgronden en/of extra onttrekkingen in het rivierengebied voor nachtvorstbestrijding fruitteelt.



Figuur 1: Schematische weergave van het Klimaatbestendig Zoetwater Hoofdwatersysteem.

Bij het in Rijk en regio bespreken van de KZH als kansrijke strategie zijn een aantal vragen naar voren gekomen die in deze notitie worden beantwoord:

- **Peilbesluit IJsselmeer (2.1)**
 - Frequentie opzetten peil IJsselmeer (IJM) / Markermeer (MM)
- **Extra aanvoerroute via Amsterdam-Rijnkanaal (ARK) naar Markermeer/IJsselmeer (2.2)**
 - Noodzaak in relatie tot uitzakken IJM/MM (2.2.1).
 - Duur en frequentie inzet ARK route (2.2.2 + Bijlage C)).
 - Beperkingen kunstwerken in doorvoercapaciteit via het ARK-netwerk Irene- en Bernhardsluizen(2.2.3)
- **Impact 'vrijspelen' rivierafoer op West-Nederland / Rijn-Maasmonding (RMM) (2.3)**
 - Doorspoelbehoefte sluisen Delfland en inlaatvenster Boerengat (2.3.1 + 4).
 - Inlaatsurplus zoetwaterbuffers Hollandsche IJssel (HIJ) en Lek (2.3.2 + Bijlage B).
 - Effect op watervoorziening Bernisse-Brielsemeer (BBM) (2.3.3).
 - Cumulatieve effect extra watervraag op verzilting RMM en inzet Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) / Oostelijke aanvoer (2.3.4).

Voor het beantwoorden van deze vraagstukken zijn bestaande analyses beschouwd en voor een deel nieuwe analyses en modelsimulaties uitgevoerd met Qwast¹ (Quick Water Allocation Scan Tool) en het Noordelijk Deltabekken Model (NDB). De (tussen)resultaten zijn besproken met Neeltje Kielen van Rijkswaterstaat WVL. Tevens is een deel van de vraagstukken inhoudelijk in detail besproken met de betrokken waterschappen. Het geheel aan vragen is gepresenteerd en bediscussieerd bij twee werksessie van het Deltaprogramma Zoetwater (DPZW), waarbij feedback is opgehaald en verwerkt.

In voorliggende notitie wordt per paragraaf een vraagstuk behandeld. Voor een aantal vragen is er een achterliggende bijlage beschikbaar, met een nadere, technisch-inhoudelijke uitwerking. Naast de notitie zijn schematische visualisaties van de strategie ontwikkeld, waarvan enkele uitsneden in figuurvorm in deze notitie zijn opgenomen. De visualisaties laten de werking van de nieuwe zoetwaterstrategie zien aan de hand van een typisch droogtejaar als 2018, waarbij de verschillende elementen van de strategie in scènes (in animatievorm) aan bod komen.

¹ Een eerste prototype van QWAST is beschreven in Hendriks & Gijsbers (Deltares, 2016), de doorontwikkelde versie die is toegepast in de maatregelverkenning voor DPZW in 2018 (Deltares, 2019) is beschreven in Gijsbers & Ten Velden (Deltares, 2017). Dit jaar is voor toepassing binnen de maatregelverkenning een aparte validatie uitgevoerd (Deltares, 2019).

2 Te beantwoorden vragen

2.1 Peilbesluit IJsselmeer

De vraag die hier centraal staat is of de KZH-strategie zal leiden tot het frequenter opzetten van het IJsselmeerpeil dan is afgesproken in het peilbesluit: gemiddeld eens per 10 a 12 jaar 6 weken peilopzet. Het directe antwoord hierop is dat de KZH niet noodzakelijkerwijs leidt tot het vaker opzetten van het IJsselmeer- en Markermeerpeil naar -0.1 m NAP. Het opzetten van het peil tot de bovengrens van het peilbesluit blijft een beheerkeuze die (net als in huidige beheer) wordt genomen om te anticiperen op een verwachte watertekort situatie (lage IJsselafoer en hoge verdamping en regionale watervraag). De KZH zet in op het kunnen realiseren van de opzet (A) en het extra aanvoeren van zoetwater in droge jaren (B), waarvan de grootste meerwaarde in B zit.

- (A) **Het kunnen realiseren van de tussentijdse opzet (of voorjaarsopzet) binnen de opzetsfrequentie waar al rekening mee wordt gehouden in het peilbesluit.** De verwachting is dat het anticiperend opzetten van het IJsselmeer- en Markermeerpeil met het huidige beheer niet altijd (in voldoende mate) realiseerbaar is. Binnen de reële termijn waarin zo een keuze op basis van verwachtingen wordt gemaakt (+/- 2 weken vooruit) kan het namelijk voorkomen dat er nog maar een klein overschot is in de IJsselafoer ten opzichte van de vraag. De strategie zet in op het vergroten van de aanvoercapaciteit naar de IJsselmeerbuffer via de ARK-route en/of eerdere inzet van stuw Driel, waardoor in dezelfde tijd meer opzet kan worden gerealiseerd. Hiermee wordt het *handelingsperspectief* voor het tijdig -indien gewenst- opzetten van het IJsselmeerpeil vergroot, niet de *frequentie* van de opzet.
- (B) **Extra aanvoer naar de IJsselmeerbuffer in de extreme jaren waarin de buffer van 20 cm onvoldoende is.** In die periodes zorgt de aanvoer via het ARK niet voor extra opzet, maar afname van het tempo waarmee de waterstand op het IJsselmeer uitzakt. De verwachting is dat in het Deltascenario Stoom2050 in ten minste 6 van de 100 jaar (uitgaande van tijdige opzet) de 20 cm IJsselmeerbuffer onvoldoende is om in de watervraag aan het hoofdwatersysteem te voorzien. In deze periodes, waarin schade door watertekort vanuit het hoofdwatersysteem en inzet van de verdringingsreeks zal ontstaan, zet de strategie in op een continue extra aanvoer die ten goede komt aan de watervraag in de regio. In deze jaren is het tekort dusdanig langdurig dat een continue extra aanvoer vaak meer oplevert dan bijvoorbeeld 10 cm extra bufferschijf: 10 cm extra bufferschijf is ongeveer 185 miljoen m³. In Tabel 1 is weergegeven hoeveel miljoen m³ inzet van de ARK-route in de zes tekort jaren oplevert.

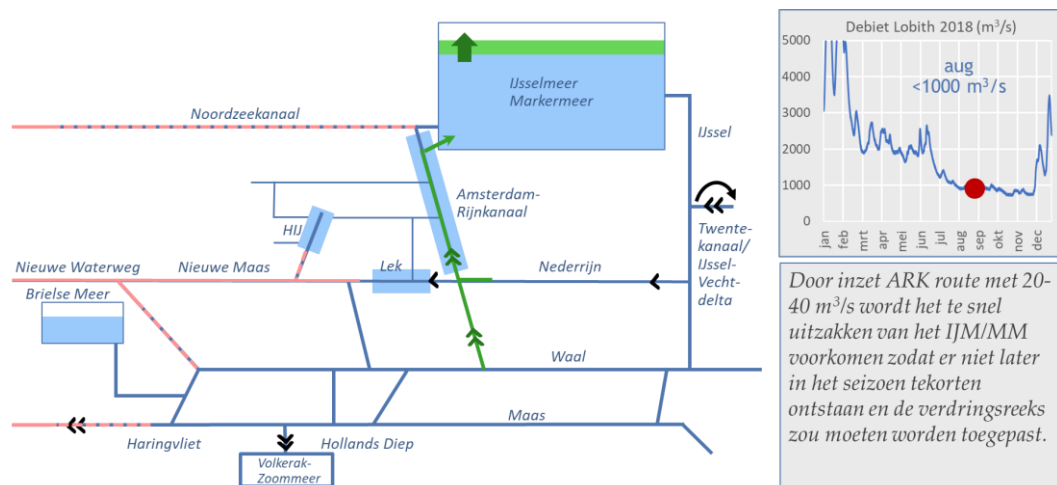
Tabel 1: hoeveelheid extra aangevoerd water via ARK vs bufferschijf IJM.

Jaar	Hoeveelheid water (Mm ³) geleverd door inzet ARK route tot 40 m ³ /s	Vertaald naar waterschijf IJsselmeer en Markermeer (cm)
1921	650 Mm ³	35 cm
1934	300 Mm ³	15 cm
1947	300 Mm ³	15 cm
1949	350 Mm ³	20 cm
1976	350 Mm ³	20 cm
2003	200 Mm ³	10 cm

Het vaker mogen creëren van een opzet tot -0.1 m NAP levert wel meerwaarde op, maar deze is voor de KZH-strategie niet anders (eerder minder relevant) dan voor de huidige beheerstrategie. Andersom geldt: als besloten zou worden om de IJM buffer te vergroten, dan zijn we via het KZH beter in staat deze buffer te benutten en te vullen. Het KZH geeft de ruimte om eerder (op basis van minder zekere verwachtingen) al te besluiten om het IJsselmeer- en Markermeerpeil op te zetten. Het zal dan soms achteraf bezien niet nodig zijn geweest, maar de kans wordt ook groter om goed toegerust te zijn voor een daadwerkelijke watertekort periode. Dit is een tactische afweging die los staat van KZH.

2.2 Extra aanvoerroute via Amsterdam-Rijnkanaal naar Markermeer

In Figuur 2 is de doorvoerroute van het ARK naar het Markermeer als onderdeel van de KZH gevisualiseerd. Deze route kan in droge jaren worden ingezet om watertekorten in de wateraanvoerende delen van het IJsselmeergebied te voorkomen (grote delen van Noord-, Midden- en Oost-Nederland). De nader uitgewerkte vragen hebben betrekking op de noodzaak van de route (in verhouding tot bijvoorbeeld het verder uitzakken van het IJsselmeerpeil (2.2.1), de frequentie en duur van inzet van de ARK-route (2.2.2) en in hoeverre de Bernhard- en Irenesluizen (groene sluizen in Figuur 2) beperkend zijn als deze doorvoer samenvalt met andere grote watervragers tijdens droogte (2.2.3). De analyse is gebaseerd op de DPZW 100-jarige reeks Stoom2050 van watervraag- en aanbod.



Figuur 2: schematische weergave van KZH met de extra aanvoerroute via het ARK naar het Markermeer. Deze route kan bijvoorbeeld in de zomermaanden worden ingezet als de IJsselmeerbuffer afneemt en blijvende droogte en lage IJsselaflvoer wordt verwacht.

2.2.1 Noodzaak extra doorvoerroute ARK

Meestal voorziet het IJsselmeer, hoofdzakelijk gevoed door de IJssel, in de watervraag van de IJsselmeerregio aan het hoofdwatersysteem. In het Deltascenario Stoom2050 zal met het doorzetten van de huidige DPZW-strategie in ten minste 6 van de 100 jaar sprake zijn van een watertekort uit het hoofdwatersysteem (tekort van 5-25% van de totale watervraag). In deze jaren is de zoetwaterbuffer van het IJsselmeer en Markermeer van 20 cm én de aanvoer via de IJssel onvoldoende om te voorzien in de watervraag aan het hoofdwatersysteem (verdamping, verziltingsbestrijding IJsselmeer, en regionale watervraag). In de

praktijk zal mogelijk vaker een tekort optreden. Vanwege de onzekerheid in de verwachtingen van de Bovenrijnafvoer en de watervraag (vaak niet meer dan twee weken vooruit) zal het mogelijk niet altijd lukken om de potentiële zoetwaterbuffer van 20 cm tijdig te vullen, omdat de IJsselaafvoer dan mogelijk al te laag is.

Om de waterbeschikbaarheid vanuit de zoetwaterbuffer IJsselmeer en Markermeer te vergroten zijn er verschillende opties, die los of in combinatie kunnen worden ingezet:

- **Het vergroten van de aanvoercapaciteit naar de zoetwaterbuffer.**
 - Binnen de huidige infrastructuur is het bij lage rivierafvoeren niet mogelijk om extra water via de IJssel af te voeren. Stuw Driel -de stuurknop voor de afvoer naar de IJssel- staat in die periodes al dicht waardoor zoveel mogelijk water naar de IJssel wordt gestuwd.
 - Het ARK inzetbaar maken als aanvoerroute naar het IJM/MM. Dit draagt bij aan het verbeteren van de aanvoercapaciteit naar de zoetwaterbuffer Markermeer en IJsselmeer voor situaties waarin de aanvoerroute IJssel onvoldoende soelaas biedt in het voorzien van de watervraag voor de IJsselmeerregio.
 - o Daarmee helpt de route bij het kunnen realiseren (vullen) van de potentiële zoetwaterbuffer (de voorjaarsopzet of tussentijdse opzet), om ook goed toegerust te zijn voor watertekort periodes die niet tijdig uit de verwachtingen naar voren kwamen.
 - o In extreme watertekort periodes (ten minste 6 van de 100 jaar in Stoom2050) zorgt de route voor het oplossen dan wel beperken van het watertekort vanuit het hoofdwatersysteem.
- **Het vergroten van de zoetwaterbuffer door verder uitzakken** van de waterstanden op IJsselmeer en Markermeer toe te staan.
 - Door 10 cm extra uitzakken op het IJsselmeer het Markermeer toe te staan (-0.3 m tot -0.4 m NAP), wordt een volume van 185 miljoen m³ beschikbaar gesteld. Om dit volume te kunnen benutten vraagt om inzet van noodpompen bij Muiden en bij Steenen Beer en bij enkele inlaatlocaties van WDOD.
 - Dit volume staat ongeveer gelijk aan een inzet van de ARK-route (met 40 m³/s) van anderhalve maand (of 2 maanden 30 m³/s). In de zes extreme jaren zoals beschreven in par. 2 (Tabel 1), leverde de ARK-route meer op dan 10 cm extra uitzakken. De route levert een hoeveelheid water die bijvoorbeeld voor 1976 gelijk staat aan een extra bufferschijf van ongeveer 20 cm (Tabel 1).
 - Op voorhand is het niet nodig een principiële keuze te maken tussen beide opties als middel om het watertekort in de IJsselmeerregio te verminderen dan wel op te lossen. Aanbevolen wordt om dit als operationele afweging in te vullen waarbij bijvoorbeeld het ene jaar de ARK-route maximaal wordt benut terwijl in een ander jaar (mede afhankelijk van de aard, omvang en moment in het seizoen) het uitzakken van het IJsselmeer verkozen wordt. Ook een combinatie van maatregelen kan in bepaalde jaren het meest optimaal zijn.

Daarmee ontstaat een dynamische inzet van de ARK-route, die in de tijd kan variëren qua inzet en capaciteit, mede afhankelijk van het seizoen en de mate waarin het ARK 'bevroegd' wordt. Een operationele gedachte kan bijvoorbeeld zijn:

1. Inzet ARK-route voor MM/IJM alleen bij 'dreigend' watertekort IJsselmeerregio;

2. Indien criterium 1 geldt, wordt allereerst de beschikbare 'overcapaciteit' van het ARK ingezet, deze kan bijvoorbeeld 30 m³/s zijn en gaat dan niet ten koste van andere belangen als de drinkwaterwinning, scheepvaart, regionale watervragers, zoutbestrijding in de monding van het NZK.
3. Indien de beschikbare 'overcapaciteit' onvoldoende is, ligt de keuze voor om:
 - het (op termijn) verder uit laten zakken van het IJM/MM;
 - de doorvoercapaciteit van het ARK vergroten met het accepteren van extra scheepvaartstremming;
 - het accepteren van (enig) watertekort in de IJsselmeerregio, via het in werking treden van de verdringingreeks.

2.2.2 Duur en frequentie inzet ARK-route

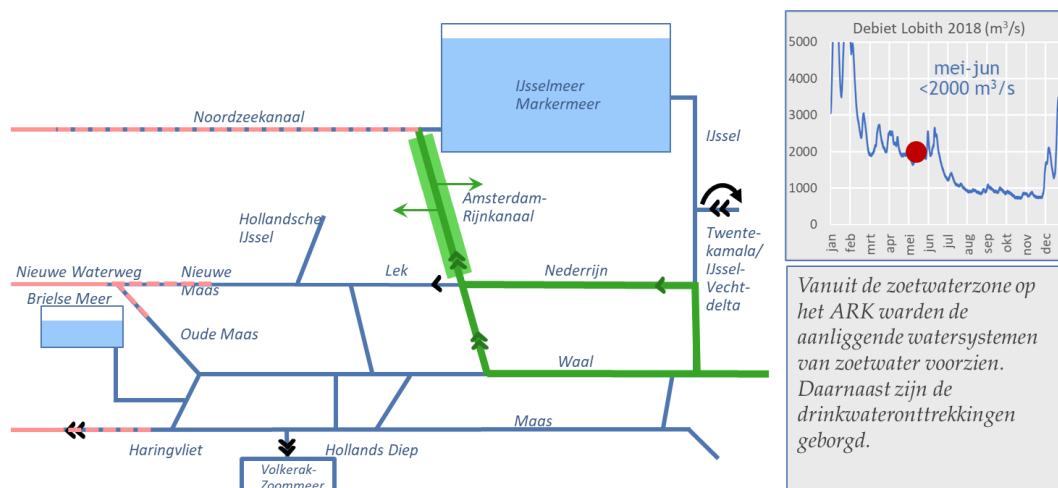
In de vorige paragraaf is toegelicht wat de meerwaarde is van het inzetten van de ARK-doorvoerroute voor de waterbeschikbaarheid in de IJsselmeerregio:

- A. extra handelingsperspectief voor het opzetten van het IJM naar -0.1 m NAP op momenten dat het wenselijk is, en dit met alleen de IJsselafvoer niet lukt;
- B. het aanvullen van buffer op het IJM/MM (of beter gezegd; het vertragen van het uitzakken van het IJM/MM peil) in jaren dat er (mogelijk) in de loop van het groeiseizoen een watertekort in de IJsselmeerregio ontstaat.

In optie B wordt er via het ARK extra water aangevoerd naar het Markermeer/IJsselmeer systeem opdat het IJsselmeer in de loop van bijvoorbeeld augustus niet onder de -0.3 m NAP zakt. Het doel is om het uitzakken van de buffer dusdanig af te remmen dat dit later in het seizoen niet gebeurt, en inzet van de verdringingsreeks niet nodig is, dan wel wordt uitgesteld. Vanwege de relatief beperkte doorvoercapaciteit in verhouding tot de totale watervraag aan het IJM/MM tijdens maatgevende droogtes, dient deze aanvulling eerder te worden ingezet dan pas op het moment dat de -0.3 m NAP dreigt te worden overschreden (Figuur 3). Zo kan bijvoorbeeld inzet van de ARK-doorvoerroute in de maanden juni en juli voorkomen dat eind augustus/begin september een tekort ontstaat.

Eerder is berekend (HydroLogic, 2019) dat inzet van de ARK-route in 6 / 100 jaar (Stoom2050) bijdraagt aan vermindering van het watertekort. Dit betekent dat de inzetfrequentie van de ARK-route 6 keer per 100 jaar zou zijn, uitgaande van 'perfecte' voor kennis. In tegenstelling tot het Qwast model -dat precies weet hoe het groeiseizoen gaat verlopen, wat de IJssel aanvoert, wat er verdampt, wat er naar Friesland wordt ingelaten, etc.- is de werkelijkheid onzekerder en de voorspellingshorizon beperkt.

De route wordt in de eerder uitgevoerde Qwast-analyse niet ingezet in jaren dat de situatie op 1 juli vergelijkbaar is met bijvoorbeeld 2003 en 2018 (hoge watervraag, relatief lage IJsselafvoer, droog vooruitzicht) als later in augustus de IJsselafvoer stijgt en/of de watervraag afneemt als gevolg van neerslag. In werkelijkheid is in het betreffende jaar op 1 juli niet bekend of de beschikbare IJsselmeerbuffer voldoende is voor de rest van het groeiseizoen, en zou op dat moment inzet van de ARK-route kunnen worden overwogen. Met als doel om de buffer in juli minder te laten uitzakken, zodat deze ook voor een 2003-achtige augustus maand voldoende water beschikbaar houdt.



Figuur 3: schematische weergave van het KZH met het instellen van de zoetwaterzone op het ARK veelal in het late voorjaar. Er is Rijnwater nodig om de zoetwaterzone in stand te houden en de verschillende gebruikers zoals waterschappen en drinkwaterbedrijven van zoetwater te voorzien. De resterende overcapaciteit kan in sommige jaren worden ingezet om extra water naar het Markermeer door te voeren.

Op basis van dezelfde 100-jarige reeks is een analyse uitgevoerd hoe veel vaker de ARK-route zou zijn ingezet (bovenop de 6/100 jaar dat deze sowieso nodig is²) zonder 'voorkennis'. Dit is gebeurd door de 100-jarige reeks voor elke week in de periode juni-augustus met een waterbalansmodel te analyseren (Bijlage C). Op basis van een aantal criteria is een beslisregel³ voor inzet van de ARK-route geformuleerd. Grofweg komt deze erop neer dat de ARK-route vanaf juni wordt ingezet als aanvulling op de IJsselafvoer wanneer het watertekort/IJsselafvoer vergelijkbaar is met de 10% droogste jaren. De route wordt dan ingezet tot aan het moment dat de droogte en/of IJsselafvoer situatie zodanig verbetert dat er op dat moment geen sprake meer is van een 10% droog jaar. Dit leidt er bijvoorbeeld toe dat in het jaar 1943 de ARK-route een maand wordt ingezet, terwijl dit achteraf niet nodig zou zijn geweest.

Uit deze verkennende analyse volgt dat de ARK-route (afhankelijk van de operationele beslisregel) circa anderhalf keer vaker wordt ingezet ten opzichte van de analyse met de perfecte voorkennis: daarmee in totaal circa 10 van de 100 jaar. Globaal komt dit neer op een gemiddelde inzetfrequentie van de ARK-route van eens per 10 jaar in Stoom2050. De duur van de extra inzetmomenten is gemiddeld circa 1 maand.

2.2.3 Capaciteit Pr. Irenesluis, gevolgen netwerk Betuwepand en Pr. Bernharsluizen

In de eerdere analyses voor het KZH is de doorvoercapaciteit van 40 m³/s als rekenwaarde gehanteerd voor het verkrijgen van een eerste inzicht in de potentiële meerwaarde van de ARK-doorvoerroute voor het verminderen van het watertekort in de IJsselmeerregio. Deze

² vanwege recente inzichten omtrent het benodigde doorspoeldebiet voor verziltingsbestrijding van de sluisen in de Afsluitdijk zijn er naar verwachting meer jaren met op te lossen watertekort

³ zoals in par. 3.1 is toegelicht, vindt in de praktijk een afweging plaats of bij een (dreigend) watertekort de ARK-route wordt ingezet dan wel verder op het IJM/MM wordt uitgezakt (later in het seizoen). In voorliggende analyse is telkens de ARK-route ingezet als maatregel tegen (dreigend) watertekort in de IJsselmeerregio.

gehanteerde 40 m³/s hoeft hierbij niet als minimaal benodigde waarde te worden beschouwd om een gunstig effect te sorteren op de waterbeschikbaarheid van het IJsselmeergebied. Uitgaande van een dynamische inzet van de ARK-route kan het bijvoorbeeld zijn dat een deel van de tijd 30 m³/s en een deel van de tijd 40 m³/s wordt doorgevoerd.

Voor de dynamische inzet van de ARK-route geldt het principe van het maximaal benutten van de 'overcapaciteit' op het ARK-traject voor doorvoer naar het Markermeer, specifiek voor de jaren dat tekort op het IJsselmeer dreigt (circa een van de 10 jaar, zie par. 3.2). Gedurende deze jaren varieert de beschikbare overcapaciteit al naar gelang de andere watervragers aan het ARK op dat moment, zoals de zoutbestrijding in de monding van het ARK en de KWA+. Via de Irenesluizen kan met het stremmen van de Oude Sluis op dagbasis maximaal 80 m³/s⁴ worden ingelaten.

Op de doorvoerroute zijn twee potentiële kunstwerk-knelpunten geïdentificeerd:

- De Bernhardsluizen verbinden de Waal met het ARK-Betuwapand. Bij lagere Rijnafvoeren (< 1300 m³/s) staan deze sluizen open maar zorgen te hoge debieten (> 100 m³/s) voor stroomsnelheden die risico's opleveren voor manoeuvrerende schepen.
- Een tweede potentieel knelpunt zijn de Irenesluizen waarbij zonder forse scheepvaartstremming niet meer dan 80 m³/s onder vrij verval kan worden ingelaten. Op momenten met maximale watervraag aan het ARK-noordpand kan het extra 40 m³/s aan doorvoerdebit naar het Markermeer niet altijd volledig worden geleverd.

Met het Qwast-model is op basis van de 100-jarige Stoom2050 reeks systematisch onderzocht hoe veel capaciteit via de ARK-route kan worden doorgevoerd naar het Markermeer op momenten dat het gewenst is. Hierbij is gerekend met de waterverdelingsvariant inclusief 20 m³/s inlaatsurplus via Hagestein naar de Lek (voor instandhouding ZWB Lek bovenop de watervraag aan de Lek vanuit Lopiker-, Krimpener en Alblasserwaard). In Tabel 2 is voor de 10 jaar dat de ARK-doorvoerroute wordt ingezet, per decade aangegeven of de beschikbare 'overcapaciteit' groter is dan 10-20-30 m³/s. Uit de analyse volgt dat circa 30-40 m³/s beschikbaar is voor doorvoer; weliswaar niet altijd 40 m³/s maar het gemiddelde ligt in de meeste jaren rond of boven de 35 m³/s. Met deze beschikbare capaciteit kan het wattertekort in het IJsselmeergebied aanzienlijk worden verminderd, zonder extra stremming voor scheepvaart bij de Irene- of Bernhardsluizen.

Aanvullend op/ in relatie tot deze analyse een aantal aandachtspunten:

- A. Voor de langere termijn kan het vergroten van de capaciteit van de ARK-route interessant zijn, in het bijzonder als hierbij meegekoppeld kan worden met wateroverlast/waterveiligheid bestrijding in het kader van het Toekomstbestendig ARK/NZK. Bijvoorbeeld in de vorm van een nieuw gemaal waarmee bijvoorbeeld ordegrootte 50 m³/s vanuit het ARK naar het MM wordt afgevoerd. Als dit op structurele basis tijdens

⁴ Door het sluiten van de andere scheepvaartkolk kan meer dan 80 m³/s via de Irenesluizen op het ARK worden gelaten. Deze keuze kan operationeel worden afgewogen en wellicht op bepaalde momenten voor een beperkte duur als acceptabel worden beschouwd, met name als de economisch-maatschappelijke gevolgen van het niet extra doorvoeren groter zijn. In voorliggende analyse is de dynamische ARK-route enkel beschouwd als de extra, binnen de mogelijkheden van het huidige systeem te leveren doorvoercapaciteit naar het IJM/MM.

droogte dient te gebeuren, zal de gehele ARK-aanvoerroute in ogenschouw moeten worden genomen. Immers is het in sommige droge jaren langdurig 50 m³/s extra doorvoeren naar het MM niet zonder meer mogelijk vanuit de huidige infrastructuur zonder consequenties voor scheepvaart.

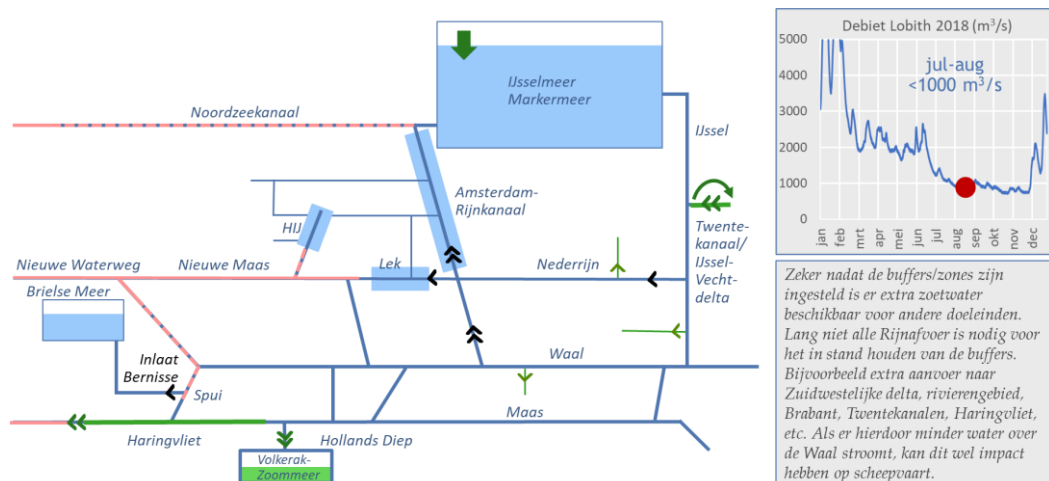
Tabel 2: Beschikbare doorvoercapaciteit op het ARK per decade (periode van tien dagen) in de tien jaren dat de ARK-route een deel van het zomerseizoen wordt ingezet.

Jaar	Duur inzet ARK route	Debiet ARK-route, aantal decades meer dan:		
	Aantal decade	> 10 m3/s	>20 m3/s	>30 m3/s
1911	5	5	5	5
1921	21	21	21	18
1929	7	7	7	7
1934	11	11	11	10
1943	6	6	6	6
1947	12	12	12	9
1949	12	12	12	10
1959	10	10	10	10
1976	14	14	14	12
2003	7	7	7	5

- B. In de analyse is er vanuit gegaan dat de extra doorvoer naar het IJsselmeer bovenop de 25 m³/s zoetwatertegendruk in de monding van het ARK komt. Extra doorvoerruimte zou mogelijk kunnen ontstaan als blijkt dat het doorvoerdebiet naar het Markermeer voor een deel bijdraagt aan zoutbestrijding in de monding van het ARK. Dit vraagt nader onderzoek als onderdeel van de te verkennen varianten qua doorvoermogelijkheden in de monding van het ARK en/of Vecht.
- C. Voor het potentiële knelpunt de Bernhardsluizen is een alternatief denkbaar in de vorm van Stuw Driel. In plaats van alleen een minimale waterhoeveelheid van 25 m³/s door te laten via de cilinderschuif, kan een van de vizierschuiven 'op een kier' worden gezet waardoor bijvoorbeeld 50 m³/s water de Nederrijn-Lek op stroomt. Hierdoor hoeft minder water via de Bernhardsluizen noordwaarts te stromen. Een nadeel van een extra doorvoer via Driel is dat dit ook voor een deel ten koste gaat van de IJsselafvoer (circa 1/3 van het debiet over Driel) en het de waterstand op de IJsselkop verlaagt (ongunstig voor scheepvaart). Voorts geldt dat bij zeer lage Rijnafvoeren geen sprake meer is van een verhang bij Driel en dat de waterdoorvoer en waterstanden via (de benedenstrooms) gelegen stuw Amerongen dienen te worden geregeld. Of het daarmee mogelijk en wenselijk is om meer dan de minimaal benodigde hoeveelheid water door te leveren is een nader te onderzoeken vraag.
- D. Indien een gemaal bij de Kromme Rijn inlaat wordt gerealiseerd, levert dit verlichting op voor de doorvoer via de Irenesluizen. Immers in de praktijk van een maatgevende droogte kan niet of nauwelijks water onder vrij verval vanuit de Lek naar de Kromme Rijn worden ingelaten. Dit betekent dat de watervoorziening van het Kromme Rijngebied verloopt via (nood)gemalen bij Caspargauw. Deze hoeveelheid water (orde-grootte 5-7 m³/s) wordt vanuit het ARK onttrokken en via de Irenesluizen aangeleverd. Het realiseren van een gemaal bij de Kromme Rijninlaat zorgt voor 5-7 m³/s extra ruimte op de doorvoercapaciteit van de Irenesluizen.

2.3 Impact ‘vrijspelen’ rivierafvoer op West NL / RMM

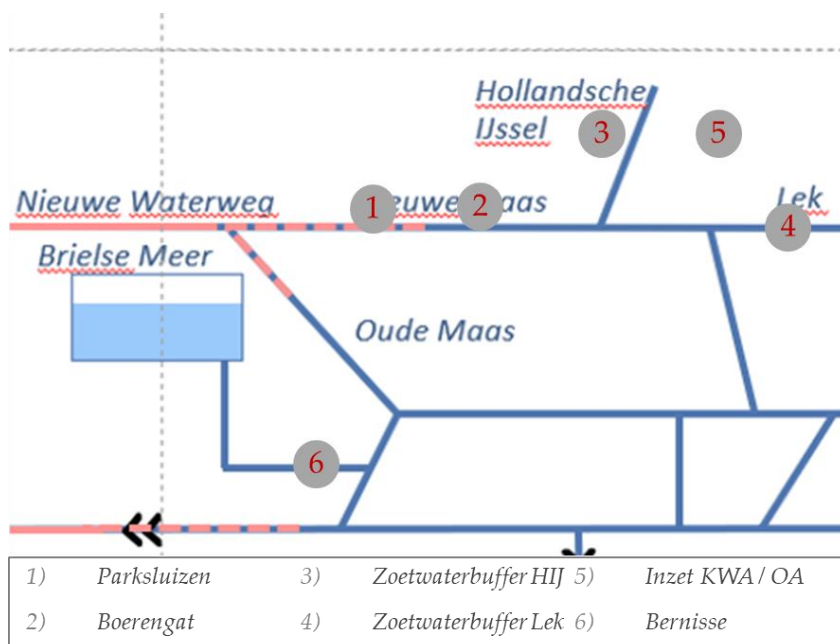
De KZH stuurt op een hogere zoetwaterefficiëntie en op meer flexibiliteit in de waterverdeling. Daarmee is een belangrijke meerwaarde het ‘vrijspelen’ van water voor andere doeleinden. Een deel van het rivierwater kan anders besteed worden dan nu het geval is, bijvoorbeeld ter aanvulling van het IJsselmeer, afremming van de bodemdaling, verbetering van de waterkwaliteit in de Zuidwestelijke Delta, vergroten van de aanvoer naar de droge zandgronden, Kier Haringvliet (Figuur 4). Dit heeft tot gevolg dat er een minder groot deel van het rivierwater in de RMM (meer specifiek in de Nieuwe Waterweg (NWW)) terecht komt en daardoor de chloridegehalten in de verziltingsgevoelige delen van het hoofdwatersysteem bij lage afvoeren toenemen. Dit hoeft niet automatisch een probleem te zijn voor de zoetwatervoorziening als deze delen van West Nederland / RMM volledig vanuit de strategische buffers (Hollandsche IJssel, Lek, Brielse Meer, Haringvliet) van water kunnen worden voorzien en deze buffers in stand worden gehouden.



Figuur 4: Illustratie van een aantal mogelijke kansen om het met KZH vrijgespeelde water te benutten.

In deze paragraaf zijn de effecten uitgewerkt van een verminderde afvoer door de Nieuwe Waterweg van 50-100-150-200 m³/s. Anders gezegd: wat zijn de effecten op de zoetwatervoorziening West Nederland/RMM als tot 200 m³/s van de rivierafvoer voor andere doelen wordt gebruikt en dus niet via de Nieuwe Waterweg naar zee stroomt. Hierbij is steeds gerekend met een permanent, jaarrond verlaagd debiet terwijl deze in werkelijkheid sterk zal variëren (situationeel sturen op basis van SWM) In Figuur 5 zijn de locaties afgebeeld waarvoor de impact in beeld is gebracht:

- Parksluizen en Boerengat (2.3.1);
- Inlaatsurplus Hollandsche IJssel en Lek (2.3.2);
- Effect op zoetwatervoorziening Brielse Meer/Bernisse (2.3.3);
- Cumulatief (keten)effect op oa inzetfrequentie KWA/oostelijke aanvoer (2.3.4).

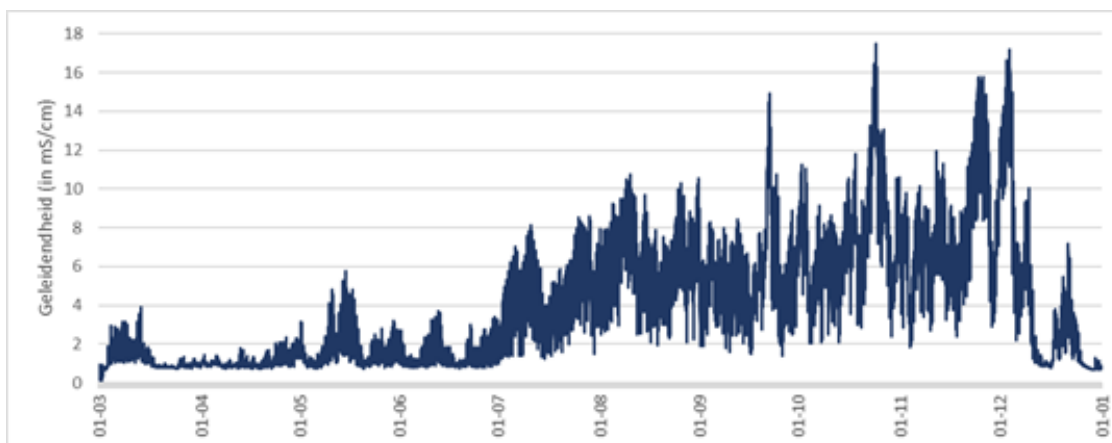


Figuur 5: Locaties in de RMM/West NL waarvoor de impact van minder zoetwater-tegendruk op de Nieuwe Waterweg in beeld is gebracht.

2.3.1 Doorspoeltoename Parksluizen en afname inlaatvenster Boerengat

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft een viertal scheepvaartsluizen die een verbinding vormen tussen Delflands boezem en de Nieuwe Maas, een verziltingsgevoelig deel van het hoofdwatersysteem. Via deze scheepvaartsluizen stroomt zout water Delflands boezem op bij het schutten van schepen op momenten dat het buitenwater verzilt is. Veruit de grootste zoutflux vindt plaats bij Parksluizen als gevolg van de grootte van de sluis in combinatie met de scheepvaartintensiteit. De zoutindringing is in zichzelf geen probleem, zolang deze weggespoeld kan worden via het aanzetten van het boezemgemaal ter plekke van Parksluizen. In periodes met neerslag gebeurt dit automatisch bij het afvoeren van uitgemalen polderwater, maar in droge tijden is de aanvoer van zoetwater nodig om deze noodzakelijke doorspoeling te realiseren. Onvoldoende doorspoelen leidt er toe dat het brakke water langzaam verder de boezem opdringt en de waterkwaliteit verslechtert. Voorts speelt specifiek bij Parksluizen het belang om de doorvoerroute naar Schieland ter hoogte van Bergsluis zoet te houden, ook buiten KWA omstandigheden (conform waterakkoord HHSK en HHD).

In 2018 zien we dat chlorideconcentraties van het buitenwater bij Parksluizen vanaf juli het gehele getijde verhoogd zijn (Figuur 6). Dit betekent dat bij elke schutbeweging zout water Delflands boezem op stroomt. Dit zorgt ervoor dat het gemaal Parksluizen regelmatig moet worden aangezet om te verre zoutindringing te voorkomen. Volgens gegevens van het waterschap is de hiermee samenhangende doorspoelvraag gemiddeld 1-1.5 m³/s in de periode half juli - begin augustus 2018.



Figuur 6. Geleidendheid (in mS/cm) ibj Parkhaven over de periode 1 maart 2018 t/m 31 december 2018.

Bij de strategie KZH zal nog steeds een belangrijk deel van de Rijnafvoer via de Nieuwe Waterweg naar zee stromen. Evenwel biedt deze strategie de mogelijkheid om een deel van het beschikbare zoete water efficiënter te benutten, zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van de zoetwatervoorziening in West Nederland, o.a. door het tijdig instellen van de zoetwaterbuffers HIJ, Lek en Brielse Meer.

In Bijlage A is de berekeningswijze voor de extra doorspoelvraag toegelicht bij respectievelijk 50-150 m³/s minder door de Nieuwe Waterweg. Uit de analyse volgt dat de chlorideconcentraties gemiddeld circa 10-30% toenemen in de Parkhaven. Met het Zoutintrusiemodel Parksluizen is berekend dat de doorspoeldebieten bij Parksluizen toenemen wanneer de afvoer door de NWW afneemt. De toename van de doorspoeldebieten die zijn berekend variëren tussen de 0.05 en 0.15 m³/s voor afvoerverlagingen tussen de 50 en 150 m³/s, waarbij van belang is deze waarde als indicatie te beschouwen. Qua ordegrrootte sluit deze analyse aan bij hetgeen is berekend in de MER Verdieping Nieuwe Waterweg (Havenbedrijf Rotterdam, 2015). Op basis van deze analyse, de eerdere VNWW-analyse, de aanwezigheid van drie andere sluizen plus verdiscontering van modelonzekerheid mag als indicatie voor de extra doorspoelvraag een hoeveelheid van 0.5 m³/s worden aangehouden.

Uit de resultaten volgt dat een forse verschuiving van de waterverdeling leidt tot een beperkte verhoging van de watervraag van Delfland als gevolg van grotere zoutlast, met name bij Parksluizen. Daarnaast is er (een in voorliggend project niet berekend) effect van een afvoerverschuiving op de op inlaatpotentie van het Schiegemal⁵. Hoewel deze toename van de doorspoelbehoefte relatief beperkt is, is deze extra hoeveelheid zoetwater tijdens maatgevende droogte situaties niet zonder meer beschikbaar. Zoals in 2018 waar Delfland het aangevoerde Brielse Meer en KWA water volledig nodig had om in de eigen watervraag, doorvoervraag naar Schieland en doorspoelvraag bij Parksluizen te voorzien. Bij de regionale aanvoercapaciteit vanuit de strategische buffers (voor Delfland zijn Brielse Meer en Hollandsche IJssel relevant) dient met deze extra wateraanvoercapaciteit rekening

⁵ Het Schiegemal is een inlaat die benedenstrooms Parksluizen ligt en sinds recent weer door Delfland wordt gebruikt voor het inlaten van zoet water uit de Nieuwe Maas bij gemiddelde Rijnafvoeren. Bij lage Rijnafvoeren is deze inlaat permanent verzilt, in de maatgevende droge/lage afvoer situatie heeft deze geen functie in de zoetwatervoorziening van Delfland.

te worden gehouden, opdat de waterbeschikbaarheid voor Delfland (en Schieland) op peil blijft. Als het in de toekomst mogelijk zou zijn om geen water meer door te hoeven voeren naar Schieland (doordat bijvoorbeeld Schielands Rotteboezem wordt gekoppeld met de Ringvaartboezem en daarmee volledig vanuit de ZWB HIJ kan worden voorzien⁶), kan dit de benodigde ruimte aan extra doorspoelvraag bieden. Mocht dit niet haalbaar zijn, dan kunnen alternatieve mitigerende maatregelen worden onderzocht.

Verder stroomopwaarts op de Nieuwe Maas ligt de inlaat Schilthuis waarmee Schieland vanuit het Boerengat de Rotteboezem van zoetwater voorziet. Schilthuis ligt in het verziltingsgevoelige deel van de RMM waardoor nu al bij Rijnafoeren van grofweg beneden de 1300 m³/s nauwelijks zoetwater kan worden ingelaten. In deze omstandigheden wordt de Rotteboezem vanuit Delfland, via de Bergsluis, van KWA/Brielse Meer water voorzien. Het voorgaande betekent dat een afvoerverlaging van 50-150 m³/s op de Nieuwe Maas geen impact heeft op de waterbeschikbaarheid vanuit het Boerengat bij lage afvoeren, aangezien er dan toch al geen inlaatvenster beschikbaar is. Bij hogere afvoeren is er wel sprake van een verkleining van het inlaatvenster als gevolg van een afvoerverlaging van 150 m³/s.

In Tabel 3 en

Tabel 4 is de achteruitgang van het inlaatvenster voor Schilthuis gekwantificeerd voor een afvoerverschuiving van 150 m³/s, respectievelijk gemiddeld en voor de 10% droogste jaren. Als gevolg van de afname in het inlaatvenster neemt de daggemiddelde inlaatcapaciteit van de inlaat bij Schilthuis bij Lobithafvoeren < 1500 m³/s af met ca. 0.1 m³/s (+/- 0.05 m³/s). De watervraag van het Rottesysteem is maximaal ca. 1.6 m³/s. In de 10 droogste jaren kan dit ook in de referentie niet geleverd worden (maximaal ca. 1.2 m³/s daggemiddeld in april). Als gevolg van de afname in inlaatvensters neemt in de 10 droogste jaren de daggemiddelde inlaatcapaciteit af met ca. 0.1 m³/s (+/- 0.05 m³/s).

Tabel 3. Maandgemiddeld inlaatvenster voor Boerengat-Schilthuis in de referentie situatie en bij een afvoerverschuiving van 150 m³/s over de Haringvlietluizen op basis van analyse van een 100-jarige reeks (Stoom2050).

100-jarige reeks (Stoom2050)	april	mei	juni	juli	augustus	september	oktober
Referentie	58%	55%	55%	48%	33%	24%	25%
Bij 150 m ³ /s over HVS	57%	53%	53%	45%	30%	20%	22%
Vershil	1%	2%	2%	3%	3%	4%	3%
Relatieve afname t.o.v. referentie	2%	4%	4%	6%	9%	17%	12%
Afname daggemiddelde inlaatcapaciteit (m ³ /s)	0.04	0.05	0.06	0.10	0.13	0.13	0.10

⁶ Een doorvoer van 1.6 m³/sec is een theoretische mogelijkheid, die verder moet worden onderzocht op haalbaarheid. Naar verwachting zijn er grote ingrepen nodig om deze hoeveelheid water door te voeren van de Ringvaart naar de Rotte, waar met de huidige infrastructuur circa 0.5 m³/s kan worden doorgevoerd. De boezems liggen tussen veenkades in sterk verstedelijkt gebied, doorsnijdt de A20 en vanuit waterveiligheid zijn de peilmarges beperkt.

Tabel 4. Maandgemiddeld inlaatvenster voor Boerengat-Schilthuis in de referentie situatie en bij een afvoerverschuiving van 150 m³/s over de Haringvlietssluisen op basis van het gemiddelde van de 10 droogste jaren (1921, 1947, 1949, 1964, 1971, 1976, 1990, 1991, 2003, 2011) uit de 100-jarige reeks voor het klimaatscenario Stoom2050.

10 droogste jaren (Stoom2050)	april	mei	juni	juli	augustus	september	oktober
Referentie	35%	31%	31%	15%	5%	2%	2%
Bij 150 m ³ /s over HVS	31%	27%	27%	12%	3%	1%	1%
Verskil	4%	4%	4%	3%	2%	1%	1%
Relatieve afname t.o.v. referentie	11%	13%	13%	20%	40%	50%	50%
Afname daggemiddelde inlaatcapaciteit (m ³ /s)	0.13	0.13	0.13	0.09	0.06	0.02	0.03

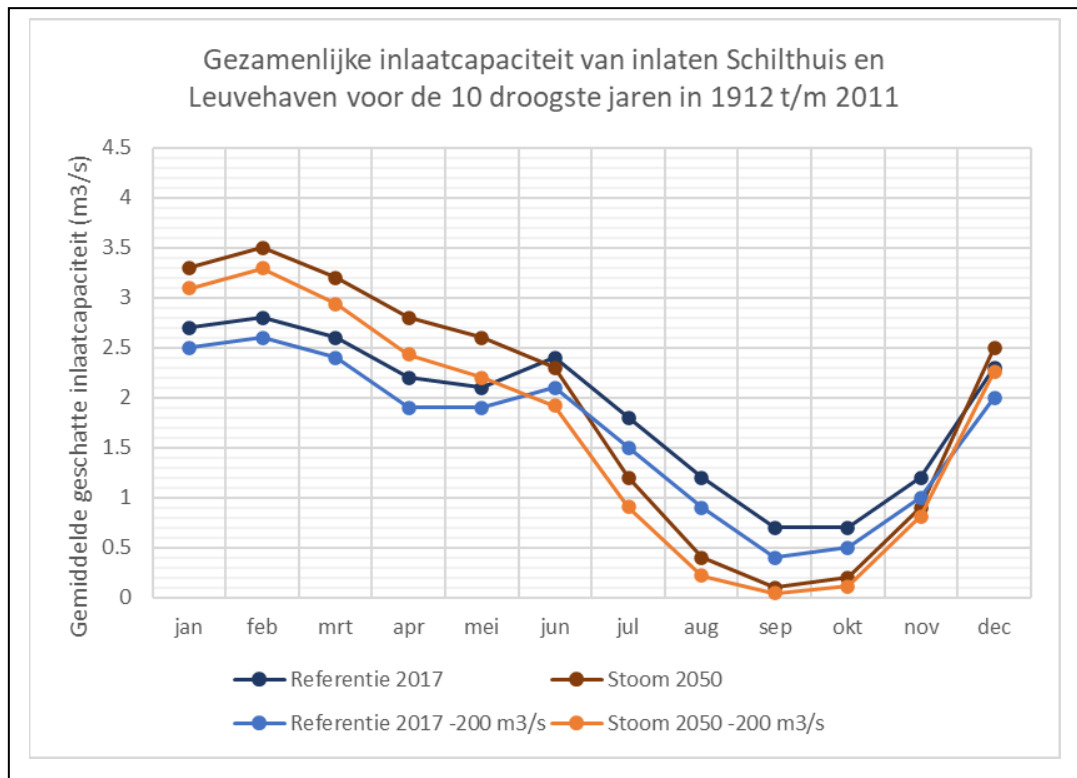
Onlangs is de inlaat Leuvehaven gerealiseerd ter compensatie van de effecten van de verdieping van de Nieuwe Waterweg. Deze inlaat laat ook water in vanuit de Nieuwe Maas, nabij Schilthuis. Voordeel van de inlaat Leuvehaven is dat deze ook bij relatief kleine verhangen kan inlaten. In onderstaand kader is de gezamenlijke inlaatcapaciteit van Leuvehaven/Schilthuis uitgewerkt voor huidig en toekomstig klimaat (Stoom2050) inclusief effect van een afvoerverschuiving van ordegrrootte 150-200 m³/s.

Effect klimaatverandering inlaat Schilthuis

In de Quickscan toekomstbestendigheid maatregel 'Beter Benutten Bergsluis' - uitgevoerd voor het HH Delfland en HH Schieland en de Krimpenerwaard - is onderzocht wat het effect is van klimaatverandering en veranderende beleidskeuzes op de inlaatmogelijkheden van Schilthuis en Leuvehaven en in het verlengde daarvan op de maatregel 'Beter Benutten Bergsluis'.

Voor Deltascenario's Referentie 2017 en Stoom 2050 zijn op uurbasis de inlaatmogelijkheden voor beide inlaten berekend, met behulp van 100-jarige model waterstand- en chloridereeksen. Door middel van een afvoerverschuiving zijn de effecten van beleidskeuzes die leiden tot een debietvermindering van 200 m³/s op de Nieuwe Maas onderzocht. De berekende inlaatmogelijkheden op uurbasis zijn verwerkt tot daggemiddelde inlaatcapaciteiten, uitgaande van een maximale gecombineerde inlaatcapaciteit van beide inlaten van 4.5 m³/s.

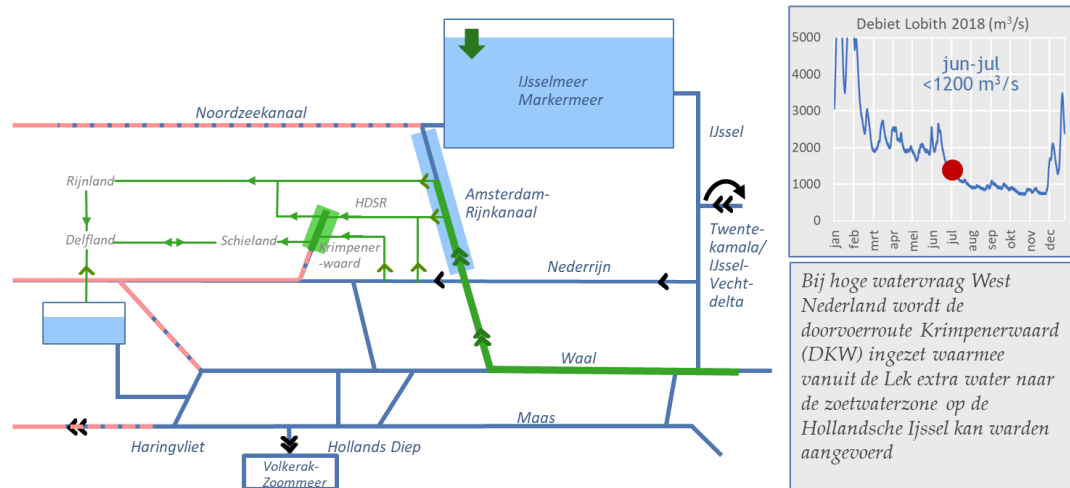
In onderstaande figuur wordt het gemiddelde van de tien droogste jaren van de periode 1912 t/m 2011 weergegeven. Vanwege de 40 cm zeespiegelstijging in scenario Stoom 2050 gaan de inlaatmogelijkheden er in de maanden januari tot en met mei op vooruit ten opzichte van Referentie 2017, omdat een te lage waterstand de inlaatmogelijkheden minder vaak beperkt. In de maanden juli tot en met november gaan de inlaatmogelijkheden er onder invloed van klimaatverandering op achteruit, omdat er door lagere rivierafvoeren minder tegendruk is tegen het zoute water vanuit zee en er dus vaker niet ingelaten kan worden door te hoge chlorideconcentraties. De afvoerremming door de Nieuwe Maas van 200 m³/s heeft in beide klimaatscenario's een negatief effect op de inlaatmogelijkheden.



2.3.2 Inlaatsurplus zoetwaterbuffers Hollandsche IJssel en Lek

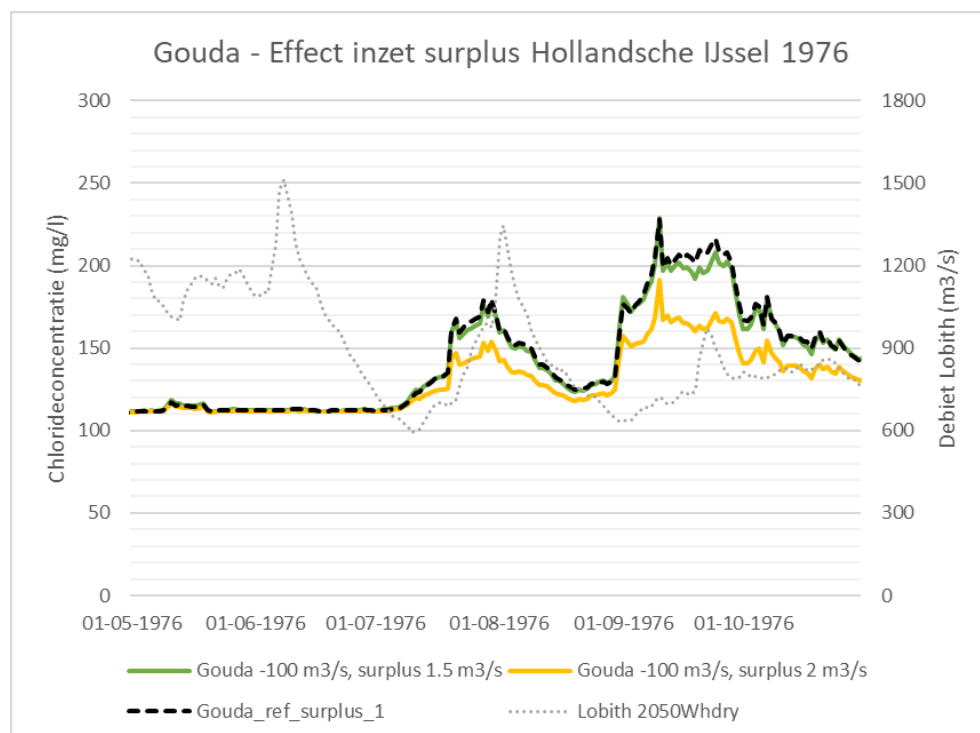
Een mogelijk gevolg van de KZH strategie is dat er soms minder zoetwatertegendruk op de Nieuwe Waterweg is waardoor de chlorideconcentraties in het verziltingsgevoelige deel van de RMM toenemen. De mate waarin dit optreedt, hangt af van de omvang en duur van de afvoerverschuiving. Zo leidt de inzet van alleen de ARK-doorvoerroute van 40 m³/s richting het IJsselmeer nauwelijks tot een toename van de frequentie en omvang van de verzilting in de monding van de HIJ. Het aanvullend hierop permanent anders inzetten van een 150 m³/s rivierwater, leidt tot een frequentere en langere inzet van KWA/OA (2.3.4).

Hogere chlorideconcentraties in de monding van de Hollandse IJssel en de Lek bedreigen niet zo zeer de zoetwaterbuffers als geheel maar kunnen wel een hoger inlaatsurplus vereisen om de zoetwaterbuffer voor langere periodes stabiel te houden. In Bijlage B is de analyse uitgewerkt waarmee het aanvullend benodigde inlaatsurplus voor de zoetwaterbuffer Hollandsche IJssel (Figuur 7) is berekend bij een permanente afvoerverschuiving van 100-150 m³/s. Uit deze analyse volgt een aanvullend inlaatsurplus van ordegrootte 0.5-1 m³/s voldoende is om de zoetwaterbuffer stabiel te houden, ook bij hogere chlorideconcentraties in de monding. Overigens geldt voor het meest extreme jaar 1976 onder Stoom2050 - waar de Lobithafvoer terugloopt naar 600 m³/s- dat er los van de afvoerverschuiving een hoger inlaatsurplus nodig is om de inlaat Snelle Sluis gedurende de gehele periode beneden de 400 mg/l te houden.



Figuur 7: schematische weergave van zoetwaterzone op de HIJ inclusief regionale doorvoerroutes.

Voor de zoetwaterbuffer op de Lek geldt min of meer hetzelfde als bij de ZWB HIJ. Voor het bij een verzilte monding in stand houden van de Lek buffer wordt circa 20 m³/s surplus bij Hagestein doorgelaten (bovenop de watervraag aan de Lek vanuit de Lopikerwaard, Krimpenerwaard, Alblasserwaard). Dit surplus is voor het merendeel van de omstandigheden voldoende om het dispersieve deel van de Lek zoet te houden, ook bij een afvoerverschuiving van 50-150 m³/s. Nader onderzoek wordt aanbevolen om de precieze effecten op de randen van de zoetwaterzone (bijvoorbeeld de belangrijke inlaat Krimpenerwaard) beter in beeld te krijgen, inclusief de gevoeligheid voor zeespiegelstijging en de mate waarin dit te mitigeren is via extra Hagestein-debiet.



Figuur 8: analyse van het extra benodigde surplus om de ZWB HIJ zoet te houden bij een afvoerverschuiving van 100 m³/s. (voor Snelle Sluis, Bijlage B)

Drinkwaterinname locaties

Voor de drinkwaterinname locaties langs de Lek voor de drinkwaterbedrijven Dunea en Oasen zijn met name de jaargemiddelde chlorideconcentraties van het inlaatwater (< 150 mg/l) van belang voor de drinkwaterproductie. Als gevolg van de afvoerverschuiving bij Lobithafvoeren < 1500 m³/s wordt bij Bergambacht een toename van ca. 30% in de jaargemiddelde chlorideconcentratie verwacht (

Tabel 5). Bij Krimpen a/d Lek lijkt dit effect sterker, als gevolg van de ligging in de monding van de Lek. Een beperkt deel van deze stijging in de chlorideconcentratie kan worden verklaard door verandering in de achtergrondconcentratie bij lage rivierafvoeren. Vanwege de ligging aan de benedenstroomse rand van de ZWB zijn de precieze effecten nog onduidelijk (samenhang van effecten in stijging achtergrondconcentratie en indringing zout in monding) en zullen deze effecten nader onderzocht moeten worden. In deze vergelijking is het effect van de inzet van een surplus over stuw Hagestein voor mitigatie en het beperken van de chlorideconcentraties niet meegenomen.

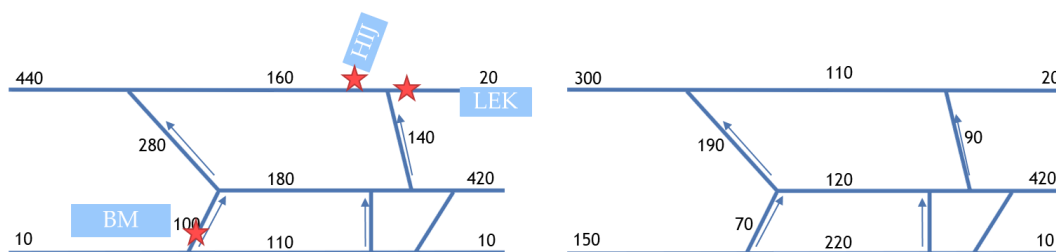
Tabel 5. Vergelijking van indicatoren voor gebruiksfunctie drinkwater bij een afvoerverschuiving van 150 m³/s over de Haringvlietsluizen op basis van analyse van een 100-jarige reeks (Stoom2050), zonder surplus bij stuw Hagestein.

	Langjarig gemiddelde chlorideconcentratie			Aantal jaren > 150 mg/l		
	Bergambacht	Streefkerk	Krimpen a/d Lek	Bergambacht	Streefkerk	Krimpen a/d Lek
Referentie	103 mg/l	108 mg/l	138 mg/l	9 jaren	10 jaren	25 jaren
Bij 150 m ³ /s over HVS	135 mg/l (+30%)	151 mg/l (+40%)	228 mg/l (+65%)	18 jaren	24 jaren	50 jaren

Ondergrensdebiet NWW

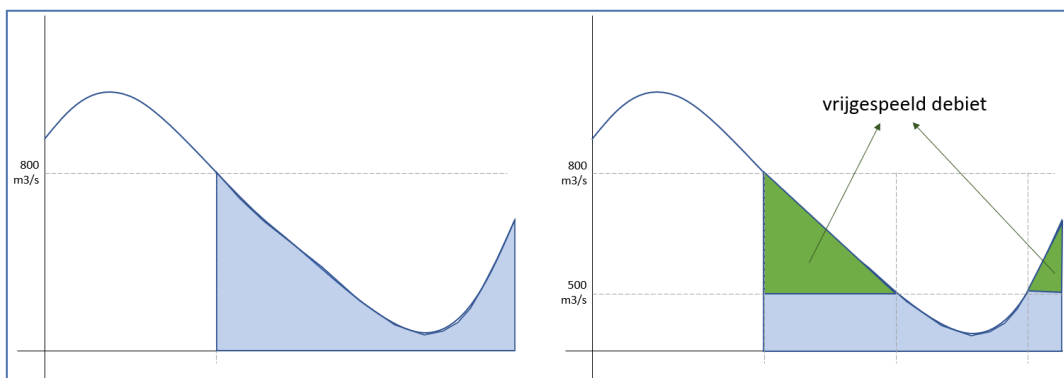
In de strategie van KZH wordt water vrijgespeeld voor andere doeleinden omdat (bij lage afvoeren) minder zoetwatertegendruk op de NWW nodig is om Krimpen a/d IJssel zo lang mogelijk zoet te houden door het tijdig instellen van de zoetwaterbuffer op de HIJ (en Lek, BM en ARK). Uit de analyses in het kader van dit project lijkt er wel een minimale zoetwatertegendruk nodig te zijn om de strategische zoetwaterbuffers/-zones op de HIJ, Lek en BM effectief in stand te kunnen houden. Dit minimaal benodigde debiet ('ondergrensdebiet') op de NWW vraagt een verdere uitwerking, waaronder een beschouwing naar de omvang van het minimaal gewenste debiet door de NWW alsmede de consequenties voor de verschillende strategische buffers. Tevens ligt er een relatie met het kennisprogramma versnelde zeespiegelstijging, waar het vraagstuk van de langere termijn robuustheid van de zoetwaterbuffers op de agenda staat.

Ter illustratie zijn de debieten door de verschillende takken van de RMM in Figuur 9 gegeven, bij een extreem lage afvoer van 600 m³/s Lobith (1976, Stoom2050). In de linkerfiguur zijn de debieten getoond waarbij het water nagenoeg volledig via de NWW naar zee stroomt, terwijl in de rechterfiguur 150 m³/s water via het Haringvliet de RMM verlaat. Deze figuur laat de lage debieten over de noordrand van 110 - 160 m³/s door de Nieuwe Maas zien, wat relatief hoge zoutgehaltes in de Nieuwe Maas, Noord, en monding van de Lek en HIJ tot gevolg heeft.



Figuur 9: Indicatieve debieten door RMM bij een zeer lage Lobithafvoer van 600 m³/s. In de linkerfiguur stroomt al het water via de NWW naar zee, terwijl in de rechterfiguur 1/3 van het water via de Haringvlietsluizen wordt afgevoerd. Het debiet c.q. de zoetwatertegendruk in de Nieuwe Maas is laag.

Tenslotte een gedachte experiment: stel dat uit nader onderzoek een ondergrensdebiet van 500 m³/s voor de NWW volgt, dan wordt de NWW afvoer tussen 500-800 m³/s met KZH 'vrijgespeeld' (anders gesteld: er wordt in droge zomers een debiet van 300 m³/s vrijgespeeld). Immers voorheen werd gestuurd op het zo lang mogelijk zoet houden van Krimpen ad IJssel wat overeenkomt met een Nieuwe Waterwegdebiet van 800-900 m³/s. Dit 'vrijgespeelde', flexibel in te zetten volume water (tussen NWW afvoer 500-800 m³/s, Figuur 10) komt in een droog jaar als 2003 neer op ruim meer dan een miljard m³ zoetwater- vergelijkbaar met 4 keer 20 cm IJsselmeerbuffer.



Figuur 10: 'Vrijgespeeld debiet tussen 500 (indicatief) 'ondergrensdebiet' Nieuwe Waterweg en 800 m³/s (benodigd NWW debiet om verzilting Krimpen ad IJssel te voorkomen).

2.3.3 Effect op watervoorziening Brielse Meer (Bernisse)

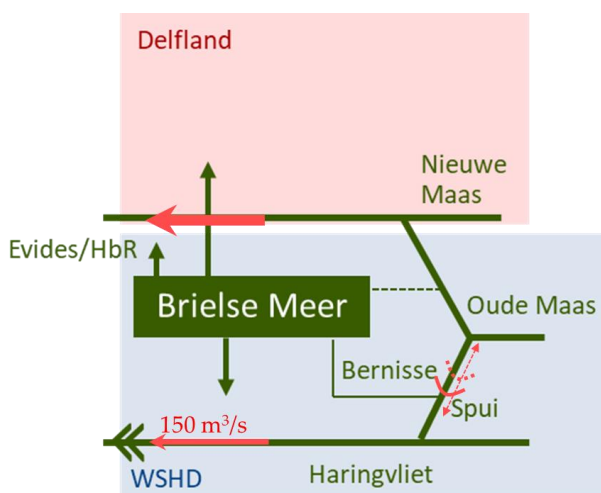
Indien de ARK-route naar het Markermeer/IJsselmeer in Stoom2050 (als onderdeel van de strategie *Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem*) wordt ingezet, neemt de afvoer naar de Rijn-Maasmonding af. De invloed hiervan op de potentiële inlaatcapaciteit bij Bernisse is beperkt (daggemiddeld -2 m³/s) in bijvoorbeeld de maanden juli-augustus van 2003, waarmee in zo een periode daggemiddeld circa 20 m³/s kan worden ingelaten. Ter vergelijking: de maatgevende watervraag aan het Brielse Meer is ordegrootte 10 m³/s (HydroLogic, 2020), grofweg de helft van de in het waterakkoord afgesproken maximale onttrekkingscapaciteit van 21 m³/s. De inlaatcapaciteit van de Bernisse inlaat is vrijwel altijd voldoende om te voorzien in de watervraag van het Brielse Meer. Dit geldt voor alle verziltingsmechanismen, met uitzondering van het specifieke fenomeen van achterwaartse

verzilting. Het fenomeen achterwaartse verzilting wordt niet (negatief) beïnvloed door de strategie KZH en heeft daarmee geen effect op de waterbeschikbaarheid.

In de KZH strategie is het - naast de eventueel in te zetten ARK-route- mogelijk om een deel van de Rijnafvoer voor andere doeleinden te benutten, wat zorgt voor een verdere zoutindringing in de RMM. Voor Bernisse-Brielse Meer zijn de consequenties in beeld gebracht wanneer (aanvullend op ARK-route) 150 m³/s minder door de NWW naar zee stroomt. Bijvoorbeeld in de vorm van een permanente zoetwaterstroom over het Haringvliet voor het bevorderen van de vismigratie. Daarnaast zijn er andere opties denkbaar die tot een vergelijkbaar lager debiet door de NWW leiden.

In het spectrum van lage Rijnafvoeren (600-800 m³/s) zorgt de verschuiving van 150 m³/s van NWW naar Haringvliet voor een verkleining van het inlaatvenster bij de Bernisse met 30% naar ordegrootte 12u per dag. De reden hiervoor zijn de in *Figuur 11* afgebeelde veranderende N/Z stroming op het Spui. Bij vloed stroomt er net wat meer (soms zout) water vanuit Oude Maas het Spui op en bij eb stroomt er minder zoet rivierwater vanuit het Haringvliet via het Spui naar de Oude Maas (omdat een deel via de HVS naar zee stroomt). Dit leidt er netto toe dat de dynamische zoet/zout grens wat verder zuidwaarts het Spui op beweegt en zodoende het inlaatvenster bij de Bernisse verkleint. Dit bevestigt de hypothese dat ook voor het instandhouden van de strategische zoetwaterbuffer Brielse Meer bij zeer lage afvoeren een minimaal benodigd ondergrensdebiet door de NWW nodig lijkt te zijn om voldoende inlaatvenster bij de inlaat Bernisse te borgen.

Overigens is in het kader verderop toegelicht dat deze lage afvoeren -ook in Stoom2050- zich een klein deel van de tijd voor doen (1-3%). Verder blijkt dat - in tegenstelling tot de effecten voor het de inlaatvenster aan de noordrand van de RMM- het voor het inlaatvenster bij de Bernisse uitmaakt hoe de vrijgespeelde afvoer (de bovenstaande 150 m³/s) wordt ingezet: een zoetwaterstroom via het Haringvliet zorgt voor een grotere verkleining van het inlaatvenster bij de Bernisse (door de verschuiving van het zoet-zout evenwicht op het Spui) dan een bovenstroomse onttrekking van vergelijkbare omvang.

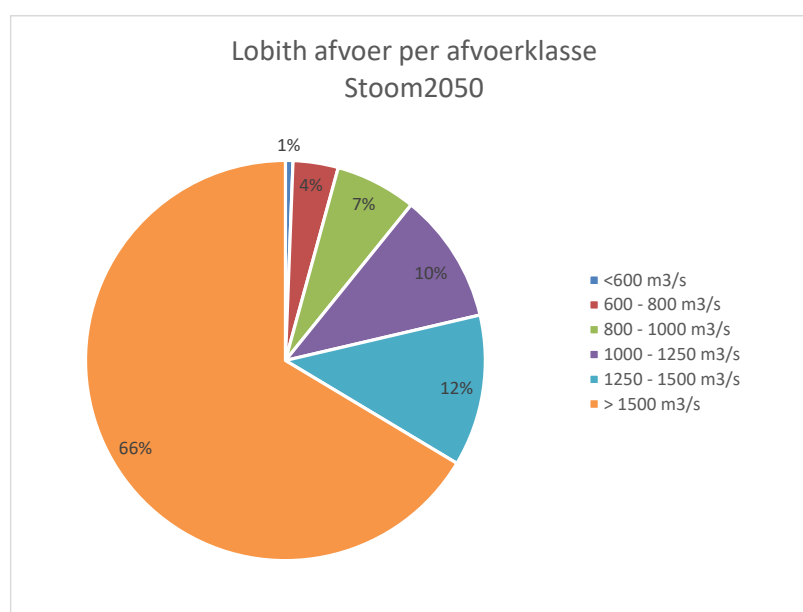


Figuur 11: Deel van de RMM rondom Bernisse-Brielse Meer.

Tenslotte hebben de klimaatverandering en zeespiegelstijging mogelijk een gunstig effect op de inlaatcapaciteit van de Bernisse inlaat. Ondanks de toename in de chlorideconcentraties als gevolg van de verder stroomopwaarts dringende verzilting en een afnemend inlaatvenster (o.b.v. chlorideconcentraties), neemt de inlaatcapaciteit bij de Bernisse inlaat onder vrij verval toe door de hogere waterstanden (ca. +40 cm in 2050 in Stoom2050).

Rijnafvoer in Stoom2050

Ter illustratie toont onderstaande grafiek de Lobithafvoer per afvoerklasse op basis van de 100-jarige debietreeks in Stoom2050. In 66% van de tijd komen afvoeren > 1500 m³/s voor, in 34% van de tijd zijn de afvoeren < 1500 m³/s. In slechts 5% van de tijd dalen de afvoeren tot < 800 m³/s.



Onderstaande tabel toont de Lobithafvoeren per afvoerklasse in de periode april - oktober - de periode met de hoogste watervraag in de Rijn-Maasmonding. Rijnafvoeren < 1500 m³/s komen in de gehele periode voor, in de periode april - juni in ca. 15 - 22% van de tijd, vanaf juli loopt dit sterk op van 38 - 73% van de tijd. De zeer lage afvoeren (< 800 m³/s) komen met voornamelijk aan het einde van de zomer voor (vanaf juli, 2 - 12% van de tijd) en de afvoeren < 600 m³/s vanaf september (2 - 4% van de tijd), wanneer de watervraag in de regio afneemt.

Lobithafvoer afvoerklasse	April	Mei	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
< 600 m ³ /s	0%	0%	0%	0%	0%	2%	4%
600 - 800 m ³ /s	0%	0%	0%	2%	6%	12%	12%
800 - 1000 m ³ /s	1%	1%	1%	4%	10%	16%	21%
1000 - 1250 m ³ /s	5%	5%	6%	10%	23%	23%	21%
1250 - 1500 m ³ /s	9%	13%	13%	20%	20%	19%	10%
> 1500 m ³ /s	85%	80%	78%	62%	38%	27%	30%

2.3.4 Cumulatieve effect extra watervraag op verzilting

In de eerdere QuickScan analyse (HydroLogic, 2019) is de impact op de waterbeschikbaarheid van de RMM onderzocht uitgaande van 40 m³/s ARK-doorvoerroute. Hieruit volgt dat de impact van enkele weken 40 m³/s minder water door de RMM/NWW beperkt is. Evenwel is een belangrijke meerwaarde van KZH dat water voor andere zoetwaterdoeleinden beschikbaar komt. Vervolgens ligt de vraag voor wat de consequenties voor de waterbeschikbaarheid in de RMM zijn als ordegrootte 150 m³/s minder water door de NWW stroomt. Qua extra watervraag kan gedacht worden aan vergroting van onttrekkingen in het rivierengebied, wateraanvoer naar de zandgronden, extra doorvoer naar het IJsselmeer, extra aanvoer voor de bestrijding van bodemdaling in het Veenweidegebied, extra doorvoer via de Twentekanal, extra drinkwateronttrekkingen, extra zoetspoeldebiet voor het Haringvliet of Volkerak-Zoommeer, extra aanvoer in de Zuidwestelijke Delta.

In de vorige paragrafen van dit hoofdstuk zijn de effecten van een afvoerverschuiving van ordegrootte 150 m³/s minder via de NWW (bovenop het inzetten van de ARK route) op belangrijke inlaatlocaties inzichtelijk gemaakt. Uit de analyse volgt dat er sprake is van een substantiële impact op de waterbeschikbaarheid aan de noordrand van de RMM:

- Toename doorspoeldebiet sluizen Delfland met circa 0.5 m³/s.
- Achteruitgang inlaatvenster Boerengat met circa 0.1 m³/s (voor Rijnafvoeren boven de 1300 m³/s, bij lagere afvoeren is er nauwelijks nog sprake van inlaatmogelijkheden).
- Toename benodigd inlaatsurplus ZWB HIJ bij zeer lage afvoeren met circa 0.5-1.0 m³/s.
- Achteruitgang inlaatvenster Brielse Meer (30% bij 800 m³/s) in variant met continue zoetwaterstroom Haringvliet van 150 m³/s.
- (nog niet gekwantificeerd) Toename inlaatsurplus Hagestein om toegenomen verzilting drinkwaterinnamepunten Bergambacht (en Streefkerk) te mitigeren en zoetwaterinlaatlocatie Krimpenerwaard zeker te stellen.

Bovenstaande potentiële impact is (exclusief effecten drinkwaterinnamepunten Lek) grotendeels te mitigeren met een frequentere inzet van de oostelijke aanvoerroutes en een uitbreiding van de aanvoercapaciteit van deze routes met 1-2 m³/s. Deze ogenschijnlijk beperkte uitbreiding van de capaciteit is evenwel naar verwachting kostbaar en mogelijk niet doelmatig te realiseren, mede gezien het reeds behoorlijk 'uitgeput' hebben van de regionale doorvoerroutes in het kader van de eerste en tweede fase van het DPZW. Zonder adequate mitigerende maatregelen neemt de waterbeschikbaarheid van de noordrand RMM af bij een lagere zoetwatertegendruk van 150-200 m³/s op de Nieuwe Waterweg.

Gegeven de verwachte klimaatverandering conform Stoom2050 zullen de waterschappen aan de noordrand van de RMM vaker en langer van zoetwater via de oostelijke aanvoerroutes worden voorzien: de OA zal elke 2-4 jaar gemiddeld zes weken worden ingezet vanwege verzilting van het verziltingsgevoelige deel van de RMM. Daarmee verandert de oostelijke aanvoerroute van een 1/10 calamiteiten KWA naar een regulier onderdeel van de zoetwaterinfrastructuur van West Nederland. Los van een eventuele afvoerverschuiving zal hiermee de zoetwatervoorziening van West Nederland in toenemende mate vanuit de strategische zoetwaterbuffers HIJ, Lek en BM gaan gebeuren. Vervolgens ligt de vraag voor in hoeverre de oostelijke aanvoerroutes aan de gezamenlijke (toekomstige) watervraag van de waterschappen Rijnland, Stichtse Rijnlanden (west), Schieland &

Krimpenerwaard en Delfland (aanvullend op Brielse Meerleiding) kan voldoen. Via het realiseren van de KWA+ (fase 1 DPZW), Aanvoergemaal Kromme Rijn (fase 2 DPZW; waarmee Oost-HDSR onafhankelijk wordt van West-HDSR), mogelijke Krimpenerwaardroute (fase 2 DPZW) en de optimalisatiemaatregelen Brielse Meer worden hier belangrijke stappen ingezet. Tevens is de aanvoerinfrastructuur vanuit de verziltingsgevoelige Nieuwe Maas (relevant voor beneden-maatgevende omstandigheden van rivierafvoeren $>1300 \text{ m}^3/\text{s}$) flink verbeterd via het in gebruik nemen van het Schiegemaal als inlaat (Delfland), de realisatie van inlaat Leuvehaven (Schieland) en de fase 2 DPZW-maatregel Beter Benutten Bergsluis (doorvoer Schieland naar Delfland). Het volledig mitigeren van de eerder genoemde afvoerverschuiving onder maatgevend droge omstandigheden zou een uitbreiding van de aanvoer- doorvoercapaciteit via een of meer van de oostelijke aanvoerroutes van in totaal 1-2 m^3/s vragen.

3 Synthese

3.1 Algemeen

De vraag: *kunnen we de zoetwatervoorziening op langere termijn op peil houden zonder grootschalig infrastructureel ingrijpen?* staat centraal bij het komen tot een nieuwe zoetwaterstrategie voor het hoofdwatersysteem. Het (korte) antwoord hierop is dat **met de strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem we -ook in 2050- weerbaar zijn tegen zoetwatertekorten, we de waterbeschikbaarheid op peil houden en het watertekort in de IJsselmeerregio grotendeels oplossen.**

De droge zomers van de afgelopen jaren hebben laten zien dat een goede zoetwatervoorziening in Nederland niet eenvoudig is. Zonder ingrijpen neemt de waterbeschikbaarheid vanuit het hoofdwatersysteem in de toekomst af door een dalende Rijnafvoer en toenemende verzilting. Met het idee van een Stuurbaar Buffernetwerk in het hoofdwatersysteem heeft HydroLogic de basis gelegd voor de nieuwe landelijke zoetwaterstrategie (de 'Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem'). Deze strategie is als deltabeluist in het Deltaprogramma Zoetwater (2021) opgenomen, waarmee onder andere de vaste waterverdeling conform tweede nota waterhuishouding uit 1984 wordt losgelaten. De KZH zal in de komende periode fase van het DPZW (2022-2027) volgens de principes van het 'lerend implementeren' verder worden uitgewerkt.

De uitdaging

De zoetwatervoorziening in Nederland heeft grofweg gezien twee unieke sterktes: (1) een jaarlijks gemiddeld neerslagoverschot van circa 300 mm en (2) een ligging in de delta van een groot stroomgebied met ook in droge jaren substantiële rivierafvoer. De uitdaging is enerzijds het kunnen vasthouden van het neerslagoverschot en anderzijds het optimaal kunnen benutten van de rivierafvoer. Voor de waterbeschikbaarheid vanuit het hoofdwatersysteem is de uitdaging om met het beschikbare water zo goed mogelijk de verschillende belangen te kunnen blijven bedienen, ook als in de toekomst het wateraanbod afneemt. De KZH gaat over het inzetbaar maken en beheren van een robuust en flexibel netwerk van zoetwaterbuffers in het HWS waaruit vrijwel geheel wateraanvoerend Nederland van zoetwater kan worden voorzien, tijdens droogte en bij (versnelde) klimaatverandering.

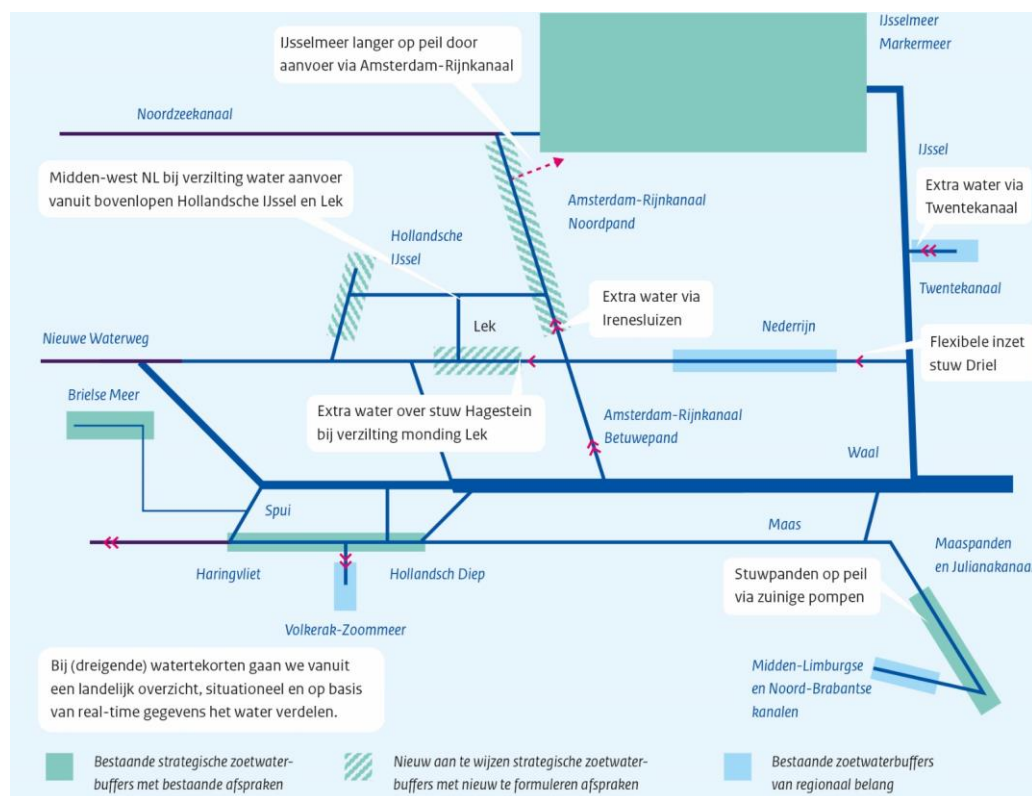
Slim sturen op een hoge zoetwaterefficiëntie

De strategie is gebaseerd op het streven naar een hoge zoetwaterefficiëntie, om zo ook in periodes van waterschaarste meerdere gebruikers naast elkaar te kunnen bedienen. Dit vraagt om meer flexibiliteit in de waterverdeling waarbij gebruik wordt gemaakt van de kennis die is opgedaan binnen het Deltaprogramma Zoetwater, bijvoorbeeld met Slim Watermanagement. Kennis van zoet-zout dynamiek en van de waterverdeling in het hoofdwatersysteem liggen ten grondslag aan deze strategie. Voor het instellen van zoetwaterbuffers wordt gebruik gemaakt van de natuurlijke zoet-zout dynamiek, wat betekent dat primair wordt onttrokken uit de dispersieve delen van de Lek en HIJ, die direct aan het

‘zoetwater-infuus’ liggen (aanvoer vanuit de zoete delen van het hoofdwatersysteem). De strategie is voor een deel succesvol beproefd in de droge zomer van 2018, waarin de zoetwaterzones in de dispersieve delen van de HIJ en Lek als verwacht functioneerden. Zo is een zoetwaterzone gecreëerd op de bovenloop van de Hollandsche IJssel -belangrijk voor de zoetwatervoorziening in West-Nederland- terwijl de monding van de Hollandsche IJssel steeds verder verzilt raakte. Een mooi voorbeeld hoe op basis van gedegen systeemkennis is voorzien in de zoetwaterbehoefte in een droge periode.

Grensoverschrijdende samenwerking

Inzet op een efficiënte zoetwatervoorziening vanuit de buffers betekent dat de noodzaak om zoveel mogelijk tegendruk op de Nieuwe Waterweg te creëren afneemt. De flexibiliteit in de waterverdeling op de Rijntakken neemt daardoor toe. Belangrijk hierbij is dat waterbeheerders nauw samenwerken en maatregelen met een beheergrensoverschrijdende blik worden genomen. Er zal vaker en meer water via Hagestein over de Lek stromen ten tijde van de lage afvoeren. Hetzelfde geldt voor de waterstroom over het ARK naar het NZK (en soms het IJsselmeer). Of zoveel mogelijk water via de Waal voor maximale scheepvaartdiepte. Ook kan het in sommige jaren zinvol zijn om de afvoer bij stuw Driel al eerder te knijpen, als dat voor het tijdig opzetten van het IJsselmeer wenselijk is. Voor het IJsselmeer is daarnaast het investeren in een soms enkele weken inzetbare extra aanvoerroute een interessante maatregel. Het advies is te onderzoeken hoe de overcapaciteit van het ARK kan worden benut als aanvoerroute..



Figuur 12: Infographic Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem (bron, RWS).

Strategische zoetwaterbuffers

Strategische zoetwaterbuffers zijn delen van het hoofdwatersysteem van waaruit efficiënt zoetwater kan worden geleverd in droge en/of lage afvoerperiodes en:

- op efficiënte wijze vanuit het hoofdwatersysteem te voeden en zoet te houden is wanneer deze in periodes van waterschaarste wordt bedreigd;
- klimaatrobuust is en haar functionaliteit behoudt ook als de zeespiegel flink stijgt en de Rijnafvoer fors afneemt;
- een substantieel gebied en verschillende gebruiksfuncties op efficiënte wijze van zoetwater voorziet.

In KZH wordt de zoetwatervoorziening tijdens droge omstandigheden geregeld vanuit de strategische zoetwaterbuffers (IJsselmeer, dispersieve delen Hollandsche IJssel en Lek, Brielse Meer, ARK en Haringvliet-Oost/Hollandsch Diep). Het spreekt voor zich dat ook het Rijntakken-systeem (Waal, IJssel, Nederrijn en ARK-Betuwegand en Twentekanalen) een belangrijk onderdeel van het netwerk is, enerzijds vanwege de transportfunctie anderzijds als zoetwaterleverancier voor de aanliggende gebruikers.

Elk droog jaar verloopt anders, wat betekent dat de volgorde en wijze van inzet van de maatregelen (als onderdeel van de overkoepelende strategie) die nodig zijn voor het instellen en beheren van de buffers van jaar tot jaar zal variëren. Zo kunnen in een extreem droog jaar de vraag om extra aanvoer naar het IJsselmeer en het instellen van de zoetwaterbuffers Hollandsche IJssel en Lek samenvallen, terwijl in andere jaren het IJsselmeer voorafgaand aan de droge periode al van voldoende zoetwater is voorzien om de droge periode te overbruggen.

Voor de waterbeheerders betekent dit vaak waterbeheer 'op het scherpst van de snede' en roept de strategie nieuwe vragen op: aan welke beheerafspraken is behoefte? Hoe kunnen de aanvoermogelijkheden naar de buffer verbeterd worden? Het is dan ook een interessante overweging om de strategische zoetwaterbuffers in het hoofdwatersysteem op termijn als zodanig aan te wijzen. Dit geeft duidelijkheid voor de gebruikers en zo kunnen beleid, vergunningverlening en toekomstige ingrepen hierbij aansluiten.

Daarnaast is het van belang om beheerkaders op te stellen voor de strategische zoetwaterbuffers, omdat in de praktijk veel afhangt van adequaat en effectief beheer. Investerings in het kader van de strategie zullen enerzijds gericht zijn om het buffernetwerk waar mogelijk te versterken (bijvoorbeeld vergroten aanvoermogelijkheden buffer), anderzijds om het zo slim en efficiënt mogelijk te beheren (monitoring, informatieschermen, BOS).

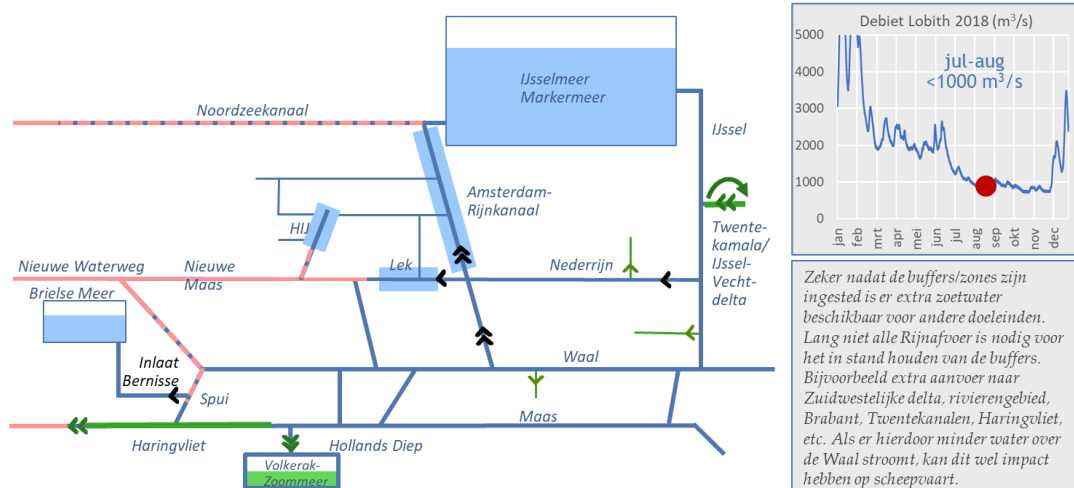
Binnen KZH zijn in de basis geen grootschalige infrastructurele ingrepen voorzien. Wel is het van belang om nieuwe investeringen (bijvoorbeeld nieuwe (drinkwater)onttrekkingen) te toetsen aan de uitgangspunten van KZH. Om de werking van het buffernetwerk te versterken is het van belang om eventuele ingrepen en meekoppelkansen te benutten, zoals de ontwikkelingen rondom het toekomstbestendig ARK/NZK: het vinden van maatregelen die zowel bijdragen aan wateroverlastvermindering als verbetering van de zoetwatervoorziening.

3.2 Te beantwoorden vragen

In 2020 zijn de in de inleiding gestelde vragen als volgt beantwoord:

- KZH past binnen het recente peilbesluit van het IJsselmeer en leidt niet tot een frequentere opzet van het IJsselmeer/Markermeer dan in het peilbesluit is afgesproken.
- Het realiseren van een extra aanvoerroute via het ARK naar het MM/IJM heeft aantoonbare meerwaarde bij het verminderen van het watertekort in droge jaren. Via deze route kan in sommige droge jaren meer water worden aangevoerd dan dat nu (bovenop op de huidige 20 cm peilmarge) verder zou kunnen worden uitgezakt (10 cm verder uitzakken naar -0.4 m NAP). Aanbevolen wordt om beide maatregelen, al dan niet in combinatie, in te zetten als onderdeel van de KZH.
- De beoogde inzetfrequentie van de ARK-doorvoerroute is gemiddeld circa eens per 10 jaar waarbij in 6 van de 100 jaar daadwerkelijk het watertekort in de IJsselmeerregio wordt opgelost of aanzienlijk wordt verminderd.
- Niet in alle droge jaren kan 40 m³/s via de ARK-doorvoerroute naar het MM/IJM worden doorgevoerd door limitaties bij de kunstwerken Irenesluizen (max 80 m³/s, met scheepvaartstremming door spuien bij de Oude Sluis) en/of Bernhardsluizen (max 100 m³/s) als gevolg van het samenvallen van diverse watervragers. Uitgaande van de maximale capaciteiten van deze kunstwerken is er in de 6 droogste jaren ruimte om gemiddeld 30-35 m³/s via het ARK naar het Markermeer door te voeren.
- De impact van KZH op de waterbeschikbaarheid van West Nederland hangt af van de mate waarin 'vrijgespeelde' rivierafvoer voor andere doeleinden wordt benut en dus niet via de NWW naar zee stroomt. Zonder mitigerende maatregelen is er sprake van substantiële impact op de waterbeschikbaarheid aan de Noordrand van de RMM bij een verminderde zoetwatertegendruk op de NWW van 150 - 200 m³/s:
 - extra doorspoelbehoefte voor zoutbestrijding Parksluizen;
 - verkleining inlaatvenster Boerengat;
 - extra benodigd inlaatsurplus zoetwaterbuffer HIJ;
 - verkleining inlaatvenster Bernisse-Brielse Meer bij zeer lage afvoeren;
 - nader te bepalen extra debiet Hagestein voor zoet houden Bergambacht en inlaatpunt Krimpenerwaard bij zeer lage afvoeren.

Uit deze antwoorden volgt het beeld dat er geen belemmeringen zijn om de KZH in de komende planperiode 'lerend te implementeren'. Zo is het niet op voorhand nodig om het peilbesluit van het IJsselmeer te herzien, is er voldoende reden om de doorvoerroute via het ARK naar het IJsselmeer verder uit te werken en hangt de impact van minder water door de NWW op de waterbeschikbaarheid van West Nederland af van de omvang van deze afvoervermindering. De komende jaren zal verder worden uitgewerkt in hoeverre er behoefte is om 'vrijgespeeld' zoetwater voor andere doeleinden te benutten (Figuur 13), wat vervolgens de precieze impact op de waterbeschikbaarheid van West Nederland zal zijn en of deze te mitigeren is met reeds geplande en/of nieuwe zoetwatermaatregelen in de regio (zie volgende paragraaf). Voorts zal de ARK-doorvoerroute nadere concretisering behoeven onder andere via welke kunstwerken deze - rekening houdend met waterkwaliteit- het beste kan worden ingevuld.



Figuur 13: Als onderdeel van de KZH wordt in een droog jaar als 2003 circa 1 miljard m³ zoetwater ‘vrij-gespeeld’. Of en hoe deze doelmatig besteed kan worden aan de zoetwatervoorziening van NL dient nog te worden bepaald. In deze figuur zijn een aantal mogelijkheden hiertoe gevisualiseerd.

3.3 Vervolg vragen

In deze paragraaf worden een aantal aanbevelingen voor vervolg uitwerking van de KZH gedaan. Deze aanbevelingen zijn onderverdeeld in drie categorieën: beleidsmatig/strategisch, inhoudelijk en overig.

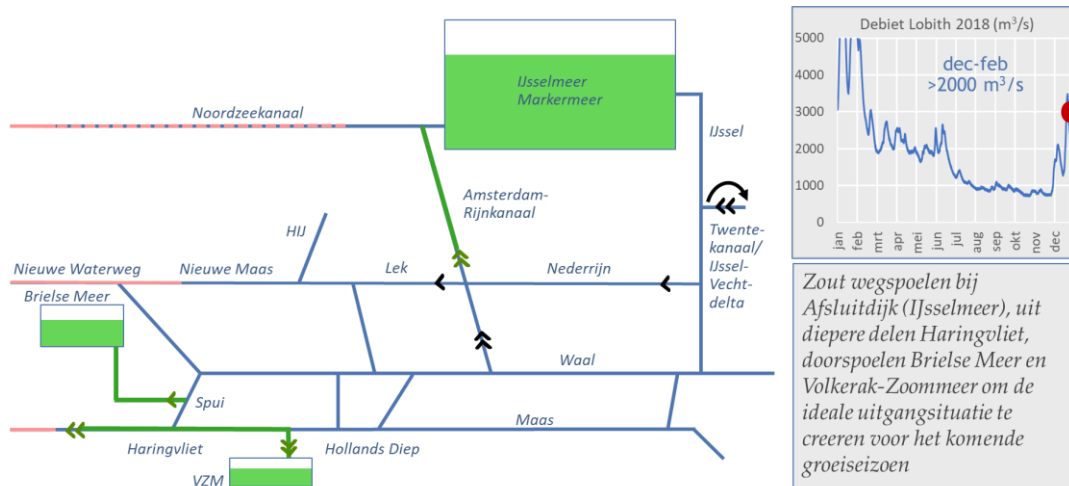
Strategisch

- Het op hoofdlijnen vaststellen van de KZH als nieuwe zoetwaterstrategie voor het hoofdwatersysteem inclusief de hiervoor geldende kaders/uitgangspunten (waaraan vervolgens getoetst kan worden of een maatregel/besluit wel/niet/misschien binnen de KZH-strategie past).
 - Na vaststellen kader/uitgangspunten ook actief zorg dragen / borgen dat die in relevante trajecten worden meegenomen (onder andere meekoppelkansen).
- Het via ‘Lerend implementeren’ verder uitwerken van de KZH de komende planfase. Hiertoe allereerst een implementatieplan en onderzoekskader opstellen, welke vervolgens de basis vormen voor onderzoeksplannen waarin bepaalde onderdelen van de KZH strategie (zoals bijvoorbeeld ARK-doorvoerroute, Kieren/Haringvliet) verder worden onderzocht (via meten, modelleren, analyseren, praktijkproef).
- Het beleidsmatig uitwerken, vastleggen en aanwijzen van zoetwaterbuffers/-zones. Het hierbij zorg dragen voor eventuele wijzigingen/aanscherpingen die dit vraagt in waterakkoorden en andere afspraken.
- Het in de toekomst ‘getrap’t besluiten over de nu nog openstaande elementen van de KZH zoals ARK-route, vastleggen buffers, Haringvliet/kieren, omgang met ‘vrijgespeelde’ zoetwater, etc. Het uitwerken van een routekaart waarin ook meekoppelkansen met aanverwante trajecten een plek krijgen, kan hiertoe een bruikbaar handvat zijn.
- De KZH strategie voor de Maas uitwerken, opdat deze ook kan worden meegenomen in implementatieplan en onderzoekskader voor lerend implementeren van de KZH, de

beleidsmatige uitwerking, en de routekaart voor het oppakken van meekoppelkansen en openstaande vragen.

Inhoudelijk

- Nadere verkenning naar de (on)mogelijkheden voor de doorvoer vanuit het ARK naar het Markermeer. Rekening houdend met de huidige mogelijke doorvoerobjecten en waterkwaliteitsaspecten.
- Het opstellen van een beheerstrategie per zoetwaterbuffer, -zone, waar mogelijk aansluitend bij vigerende redeneerlijnen en waterakkoorden.
- Onderzoeken hoe het 'vrijgespeelde' zoete rivierwater optimaal te benutten is voor de zoetwatervoorziening van Nederland inclusief het opstellen van een afwegingskader om aanvragen te wegen/beoordelen. Waarbij qua kansen gedacht kan worden aan (Ruimer) Kieren Haringvliet, Volkerak-Zoommeer / Zuidwestelijke Delta, IJsselmeer-regio, Twentekanal, Rivierengebied, Brabant
- Nader onderzoek naar het extra benodigd Hagestein debiet om bij een afvoerverschuiving van 150-200 m³/s drinkwaterinname locatie Bergambacht en regionale inlaat Krimpenerwaard zoet te houden.
- Onderzoek naar het 'ondergrensdebiet' op de Nieuwe Waterweg dat minimaal nodig is om de zoetwaterbuffers op de HIJ, Lek en BM effectief in stand te houden, onder andere rekening houdend met (versnelde) zeespiegelstijging.
- Het systematisch verkennen van de mogelijkheden om het stuurbare buffernetwerk (als kern van de KZH) op termijn te versterken. Bijvoorbeeld via het verbeteren van de aanvoer naar een buffer, het vergroten van de onttrekkingen vanuit een buffer en/of het vergroten van de capaciteit van de buffer zelf.
- Het opstellen van een integrale, situationele operationele sturingsstrategie (bijvoorbeeld in de vorm van een redeneerlijn) van de KZH met onderscheid naar verschillende fases (bijvoorbeeld de fase winterdoorspoeling (Figuur 14) die er primair op gericht is om een zo goed mogelijke uitgangssituatie voor het nieuwe groeiseizoen te realiseren) en criteria: *wanneer stap je over van de ene naar de andere strategie? en tot wanneer is een strategie inzetbaar?*
- Regionale doorvertaling van het Stuurbaar Buffernetwerk concept (kan per regio).
- Verkennen wisselwerking KZH strategie met grondwater.



Figuur 14: ‘wintersdoorspoeling’ in de fase van het jaar met relatief hoge Rijnaflowen en beperkte watervraag. Om ervoor te zorgen dat de uitgangssituatie aan het begin van het nieuwe groeiseizoen zo gunstig mogelijk is onder andere door de diepere delen van het IJsselmeer, Haringvliet, Volkerak-Zoommeer en Brielse Meer volledig zoet te spoelen.

4 Referenties

- Deltares. (2016). *LCW Quick Scan Tool - Documentatie Prototype*.
- Deltares. (2017). *Validatie QWAST-Nederland: Quick Water Allocation Scanning Tool voor inzet in Knelpuntenanalyse 2.0*.
- Deltares. (2019). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*.
- Deltares. (2019). *Validatie QWAST versie 2019*.
- Havenbedrijf Rotterdam. (2015). *MER Verdieping Nieuwe Waterweg en Botlek, Deelonderzoek Verzilting*.
- HydroLogic. (2018). *Verkenkende analyse zoetwaterbuffer Hollandsche IJssel*.
- HydroLogic. (2019). *Nadere verkenning stuurbaar buffernetwerk*.
- HydroLogic. (2020). *Waterbeschikbaarheid Hollandse Delta*.

Bijlage A Parksluizen

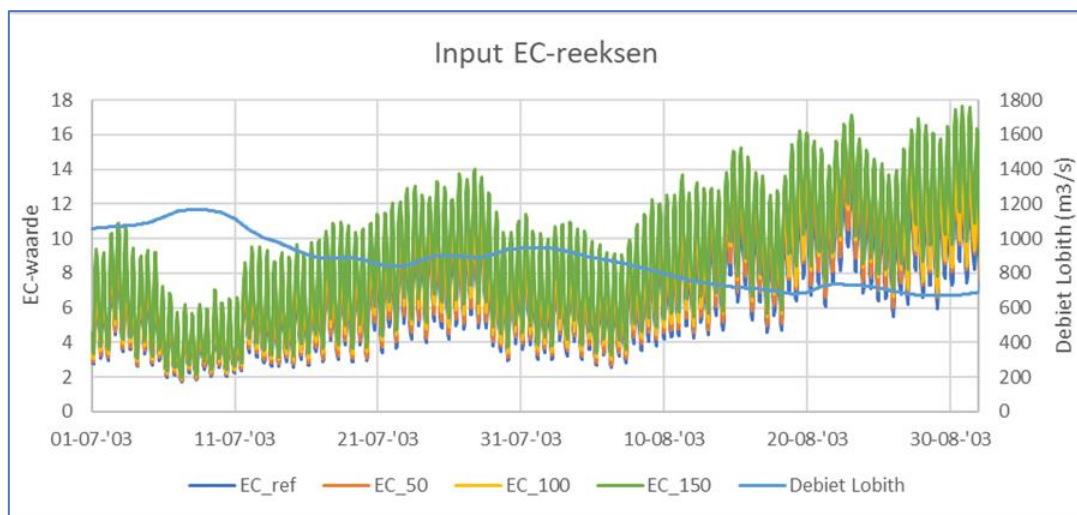
Introductie

In het kader van het onderzoek naar het KZH is geanalyseerd wat het effect is van verhoogde chlorideconcentraties op de Nieuwe Maas (als gevolg van verlaagde debieten door de Nieuwe Waterweg) op het benodigde doorspoeldebiet bij Parksluizen. Deze analyse is uitgevoerd voor de maanden juli en augustus van de maatgevend droge zomer van 2003, voor Deltascenario Stoom2050.

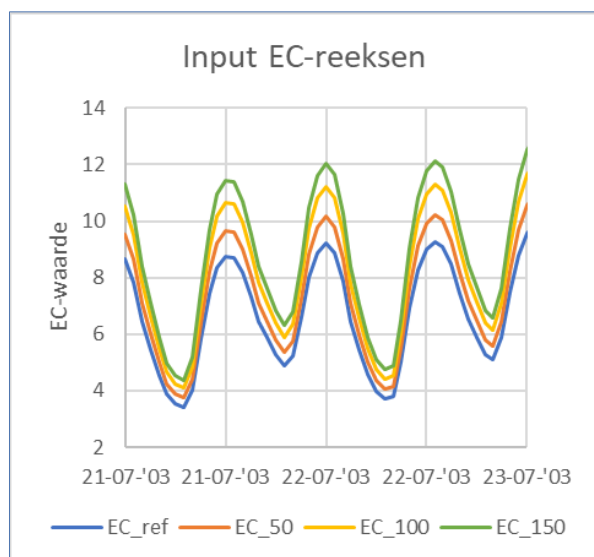
Methode

De analyse is uitgevoerd met het Zoutintrusiemodel Parksluizen, een model dat in 2015 door HydroLogic is ontwikkeld in opdracht van het Hoogheemraadschap van Delfland. Dit model bestaat uit twee componenten: een component om te berekenen hoe het zoutgehalte bij Parkhaven het zoutgehalte in de Coolhaven beïnvloedt, en een component om te berekenen hoe het zout zich verspreidt over de Delfshavense Schie tot Beukelsbrug. Beukelsbrug is de verbinding met Schieland die 'zoet' moet blijven. Als het chloridegehalte hier oploopt, wordt gemaal Parksluizen aangezet om het brakke water van de Delfshavense Schie naar buiten te malen. Het model stuurt op een EC-waarde van 1.6 mS/cm bij Beukelsbrug, en hanteert een dispersiecoëfficiënt van 3. Het Zoutintrusiemodel is gekalibreerd voor 2015, dit betreffen aanmerkelijk lagere chlorideconcentraties op de Nieuwe Maas dan die gelden bij de beschouwde periode 2003, Stoom2050. Hiermee bevindt de analyse zich buiten het domein waarop het model is gekalibreerd, wat impliceert dat de resultaten slechts als indicatie mogen worden beschouwd.

De verhoogde chlorideconcentraties zijn berekend voor drie situaties: een debietafname van 50, 100 en 150 m³/s op de Nieuwe Waterweg, wat hogere chloridegehalten in de Parkhaven tot gevolg heeft. Voor deze studie is de verlaging van het debiet verdisconteerd met de Lobithafvoer. Voor juli en augustus 2003 is er gedurende de referentiesituatie een gemiddelde EC-waarde van 6.8 mS/cm. Bij een verlaagde afvoer van 50, 100 en 150 m³/s zijn de EC-waarden gemiddeld 7.4, 8.1 en 8.8 mS/cm (Figuur 15, Figuur 16). Dit zijn procentuele toenames van respectievelijk 10, 20 en 30%.



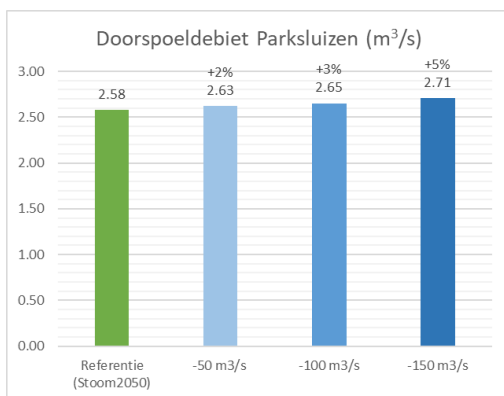
Figuur 15. Input EC-reeksen juli en augustus Parkhaven voor de referentiesituatie en drie situaties met een verlaagde afvoer (-50 m³/s, -100 m³/s en -150 m³/s respectievelijk), en het debiet bij Lobith.



Figuur 16. Input EC-reeksen 21 juli 2003 tot 23 juli 2003 Parkhaven voor de referentiesituatie en drie situaties met een verlaagde afvoer (-50 m³/s, -100 m³/s en -150 m³/s respectievelijk).

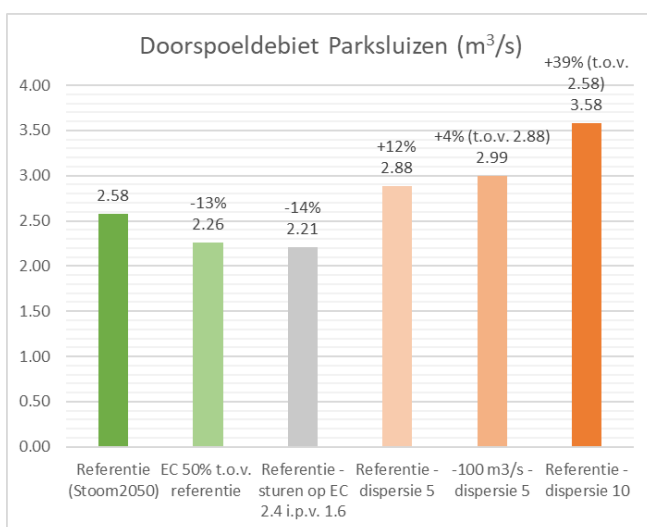
Resultaten

Wanneer deze inputreeksen worden opgelegd aan het Zoutintrusiemodel wordt er in de referentiesituatie een doorspoeldebiet bij Parksluizen van 2.58 m³/s berekend. Dit neemt met 5% toe wanneer de afvoer wordt verlaagd tot 150 m³/s (Figuur 17).



Figuur 17. Gemiddeld doorspoeldebiet Parksluizen voor juli en augustus 2003 voor de referentiesituatie en drie situaties met een verlaagde afvoer (-50 m³/s, -100 m³/s en -150 m³/s respectievelijk).

Het Zoutintrusiemodel is gekalibreerd voor 2015, maar in de zomer van 2003 zijn er aanzienlijk hogere chlorideconcentraties opgetreden. Om deze reden is ook berekend wat de doorspoelbehoefte is wanneer een EC-reeks met 50% van de waarden van de referentiesituatie aan het model wordt opgelegd. Deze waarden zijn ordegrrootte vergelijkbaar met de situatie in 2015 (Figuur 18). De doorspoelbehoefte neemt hiermee 13% af; en halvering van de EC-waarden leidt dus niet tot een halvering van de doorspoelbehoefte.



Figuur 18. Gemiddeld doorspoeldebiet Parksluizen voor juli en augustus 2003 voor de referentiesituatie, een situatie met verlaagde EC-waarden, aangepaste sturing en aangepaste dispersiecoëfficiënten.

In de zomer van 2003 is er ook een periode gestuurd op een EC-waarde van 2.4 mS/cm bij Beukelsbrug, omdat een EC-waarde van 1.6 mS/cm niet meer haalbaar was. Met de streefwaarde van 2.4 mS/cm is ook een modelrun uitgevoerd. Ten opzichte van de referentiesituatie leidt dit tot een afname van de doorspoelbehoefte van 14%.

Tot slot is er gevarieerd met de dispersiecoëfficiënt, waaruit blijkt dat een hogere coëfficiënt leidt tot een hoger doorspoeldebiet. Bij een dispersiecoëfficiënt van 3 neemt het doorspoeldebiet met 3% (of 0.07 m³/s) toe bij een verlaagde afvoer van 100 m³/s, bij een dispersiecoëfficiënt van 5 is dit 4% (of 0.11 m³/s).

Samengevat

Het model is gekalibreerd voor de zomer van 2015, maar is nu gebruikt voor de maanden juli en augustus 2003 waarin bijna tweemaal zo hoge chlorideconcentraties voor zijn gekomen. Hierdoor moeten de berekende debieten met enige marge geïnterpreteerd worden.

Met het Zoutintrusiemodel Parksluizen is berekend dat de doorspoeldebieten bij Parksluizen toenemen wanneer de afvoer door de NWW afneemt. De toename van de doorspoeldebieten die zijn berekend variëren tussen de 0.05 en 0.13 m³/s voor afvoerverlagingen tussen de 50 en 150 m³/s. Qua ordegrrootte sluit deze analyse aan bij hetgeen berekend in de MER Verdieping Nieuwe Waterweg (Havenbedrijf Rotterdam, 2015), extra doorspoelvraag van 0.07-0.1 bij maatgevende droogte). Overigens is Parksluizen weliswaar de grootste en drukste sluisverbinding tussen Delfland en de Nieuwe Maas maar niet de enige; naast Parksluizen zijn er drie andere sluizen tussen Delfland en de rivier.

De verwachte toename van het doorspoeldebiet is weliswaar beperkt, maar in maatgevende omstandigheden niet zonder meer beschikbaar vanwege de watervraag van het Hoogheemraadschap van Delfland en doorlevering naar het boezemsysteem van Schie-land (in de zomer van 2018 kon er net in de benodigde watervraag worden voorzien). Op basis van deze analyse, de eerdere analyse i.h.k.v. van de VNWW, de aanwezigheid van vier sluizen plus verdiscontering van enige modelonzekerheid kan als indicatie voor de extra doorspoelvraag een hoeveelheid van < 0.5 m³/s worden aangehouden.

Bijlage B Surplusanalyse zoetwaterbuffer HIJ

Introductie

In het kader van het onderzoek naar KZH is geanalyseerd wat het effect is van een lagere afvoer door de Nieuwe Waterweg op de chlorideconcentraties in de monding en het advectieve deel van de Hollandsche IJssel, en ordegrootte hoeveel extra surplus er nodig is om de zoetwaterbuffer op de Hollandsche IJssel in stand te houden, tijdens langdurig (extrem) lage afvoerstandigheden

Methode

De analyses zijn uitgevoerd met het Sobek-RE NDB-model voor de jaren 1976 en 2011 voor Deltascenario Stoom2050 (conform de aanpak in het onderzoek naar de zoetwaterbuffers (HydroLogic, 2018)). Hierbij is gerekend met de volgende varianten:

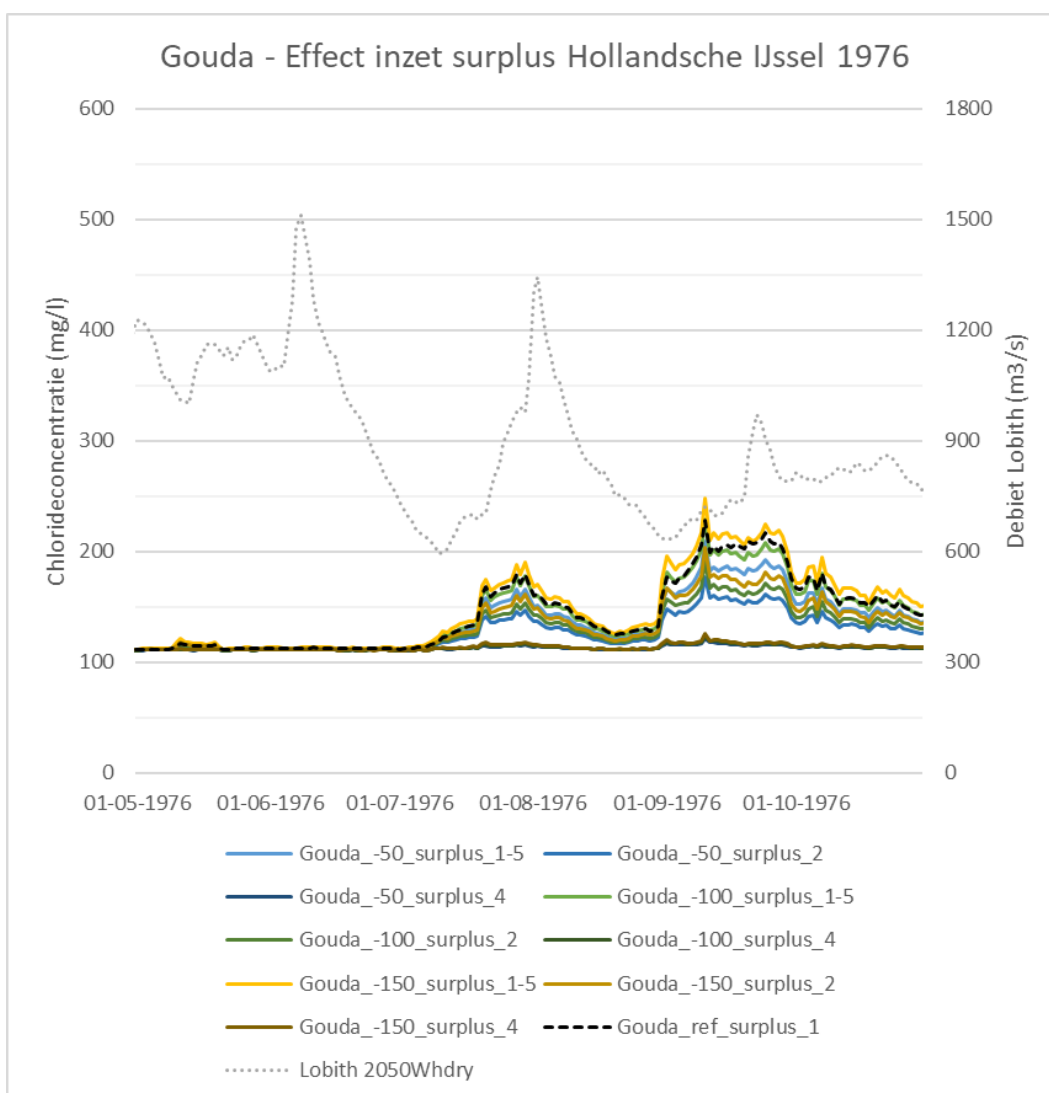
- Referentiesituatie (Stoom2050) met een surplus van 1 m³/s (uitgangspunt gebaseerd op (Deltares, 2019));
- Een afvoerverschuiving van -50 m³/s met een surplus van 1.5 m³/s, 2 m³/s en 4 m³/s;
- Een afvoerverschuiving van -100 m³/s met een surplus van 1.5 m³/s, 2 m³/s en 4 m³/s;
- Een afvoerverschuiving van -150 m³/s met een surplus van 1.5 m³/s, 2 m³/s en 4 m³/s.

Voor de afvoerverschuivingen zijn de afvoeren bij Lobith met 50, 100 en 150 m³/s vermindert bij Lobithafvoeren <1500 m³/s. De afvoerverschuiving is opgelegd aan het NDB-model bij de debietranden Tiel en Hagestein. De onttrekkingen bij Gouda zijn gebaseerd op de watervraag van het achterliggende gebied conform LHM. Het zoetwatersurplus wordt aangeleverd via de Waaiersluis gedurende de zomer van april tot november of wanneer er bij Gouda onttrokken wordt (onttrekking Gouda plus surplus). Onttrekkingen Snelle Sluis zijn meegenomen.

Resultaten

In 1976 blijft in alle varianten de chlorideconcentratie bij Gouda onder de 250 mg/l ⁷(Figuur 19). De 0.5 m³/s extra surplus (van 1 m³/s naar 1.5 m³/s) tussen de referentiesituatie en de variant met een afvoerverschuiving van 100 m³/s compenseert het effect van de afvoerverschuiving op de chlorideconcentraties deze locatie.

⁷ 250 mg/l wordt door Rijnland als harde inlaatgrens gehanteerd, wat niet wil zeggen dat er geen schade optreedt voor hoogwaardige teelten bij lagere concentraties



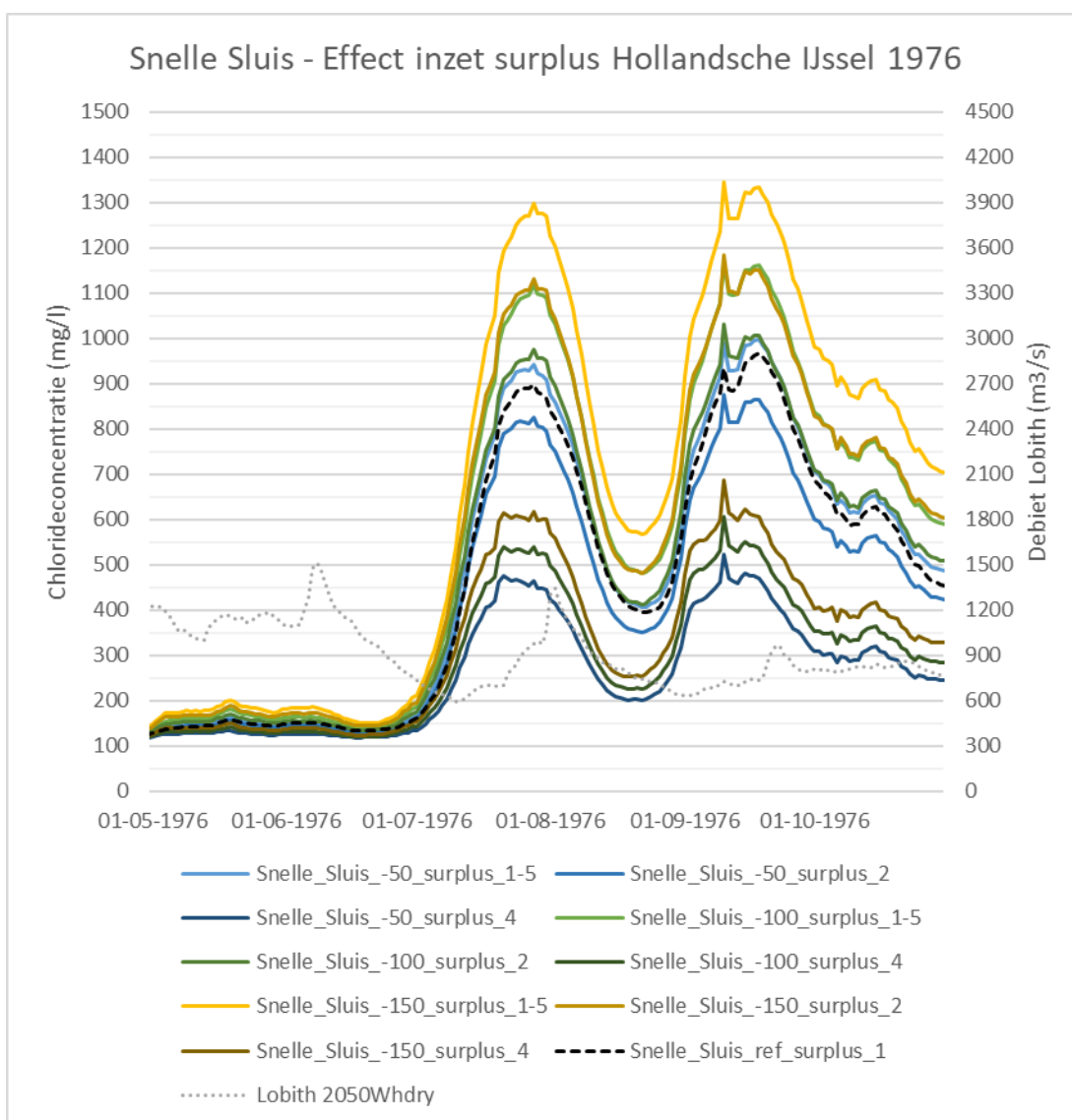
Figuur 19. Chlorideconcentraties bij Gouda in 1976 in de referentiesituatie met een surplus van 1 m³/s en met afvoerverschuivingen van -50, -100 en -150 m³/s en surplus van 1.5, 2 en 4 m³/s.

Bij Snelle Sluis in 1976 wordt de chloridegrens van deze locatie van 400 mg/l⁸ wel in alle varianten overschreden (Figuur 20). Bij een afvoerverschuiving van -50 m³/s maakt een surplus van 1.5 of 2 m³/s het verschil tussen een chlorideconcentratie die hoger of lager is dan de chlorideconcentratie in de referentiesituatie. Er zal een surplus van > 4 m³/s nodig zijn om de zoetwaterbuffer bij Snelle Sluis in stand te houden in het meest extreme jaar 1976 (T100, Stoom2050).

Het jaar 1976 (in Stoom2050) is een jaar waarin de Lobithafvoer tot 600 m³/s daalt en zonder afvoerverschuiving grofweg 450 m³/s door de Nieuwe Waterweg stroomt. Een afvoerverschuiving van 150 m³/s leidt ertoe dat er slechts 300 m³/s door de Nieuwe Waterweg (en circa 100 m³/s door de Nieuwe Maas) stroomt, waardoor de chloridegehalten in de Nieuwe Maas en de advectieve delen van de Lek en de Hollandsche IJssel dusdanig fors stijgen dat

⁸ 400 mg/l is een signaalwaarde voor Schieland die niet langdurig moet worden overschreden. Ook voor de gebruiksfuncties van het Rottesysteem geldt dat er al sprake kan zijn van (enige) schade bij lagere chlorideconcentraties.

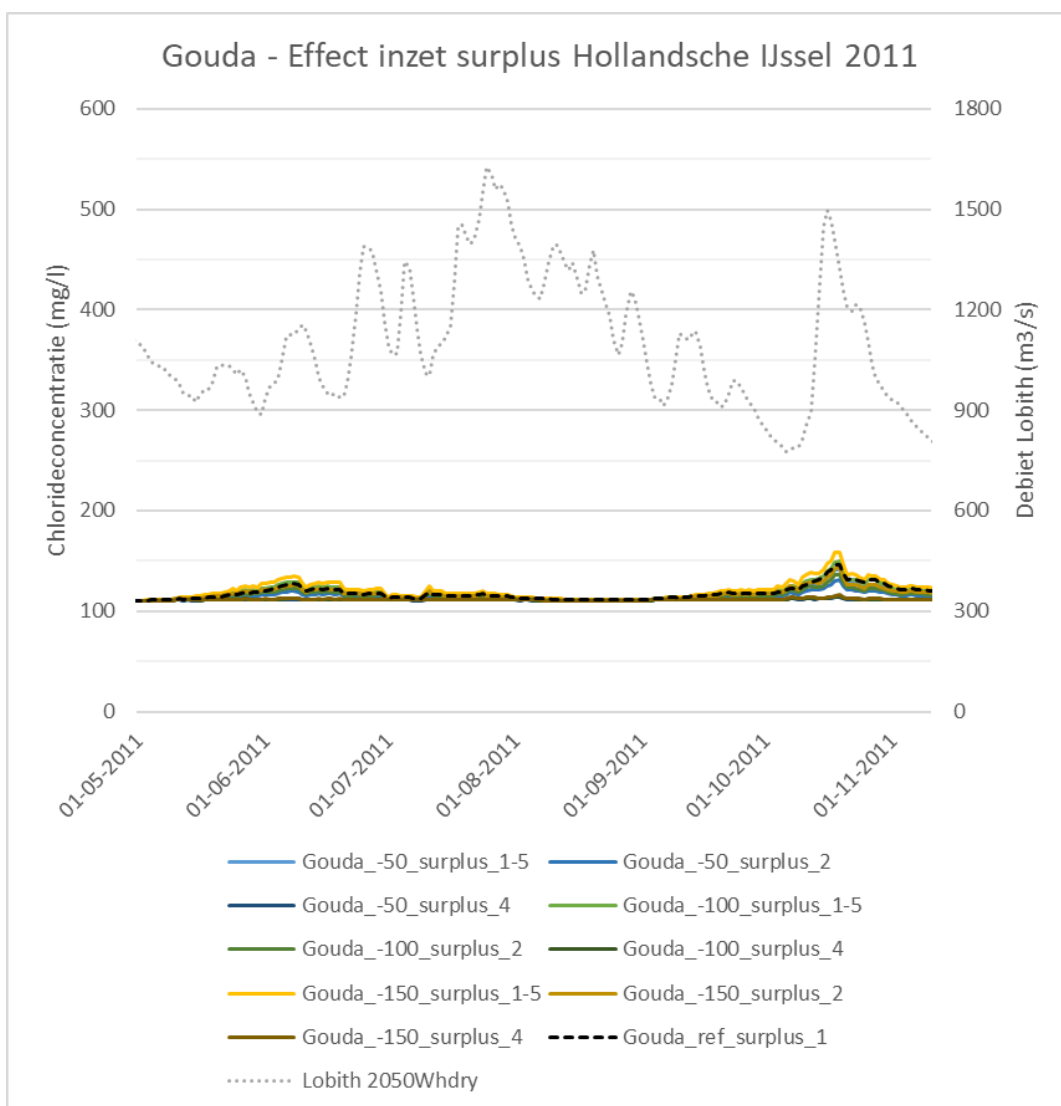
het duurzaam in stand houden van de zoetwaterbuffers op de Lek en HIJ tot aan Snelle Sluis en Bergambacht lastig zal zijn. Hieruit volgt de gedachte dat het weliswaar niet meer nodig is om 800-1000 m³/s door de Nieuwe Waterweg te laten stromen met als doel Krimpen ad IJssel zo lang mogelijk zoet te houden, maar er wel sprake lijkt te zijn van een ondergrensdebiet dat nodig is om de zoetwaterbuffers HIJ, Lek en Brielse Meer in stand te kunnen houden. Nader onderzoek is nodig om dit ondergrensdebiet nu en in de toekomst (zeespiegelstijging) te bepalen, een eerste idee is een NWW-debiet van 400-500 m³/s. Waarmee de KZH strategie er voor zorgt dat het deel tussen de oorspronkelijke ondergrens (800-1000 m³/s NWW- debiet >> Lobith 1050-1250 m³/s) en mogelijke nieuwe ondergrens van 400-500 m³/s >> Lobith 600-750 m³/s) flexibel is gemaakt. Dit 'vrijgespeelde' volume water komt in een droog jaar als 2003 neer op meer dan een miljard m³ - vergelijkbaar met 4 keer 20 cm IJsselmeerbuffer.



Figuur 20. Chlorideconcentraties bij Snelle Sluis in 1976 in de referentiesituatie met een surplus van 1 m³/s en met afvoerverschuivingen van -50, -100 en -150 m³/s en surplus van 1.5, 2 en 4 m³/s.

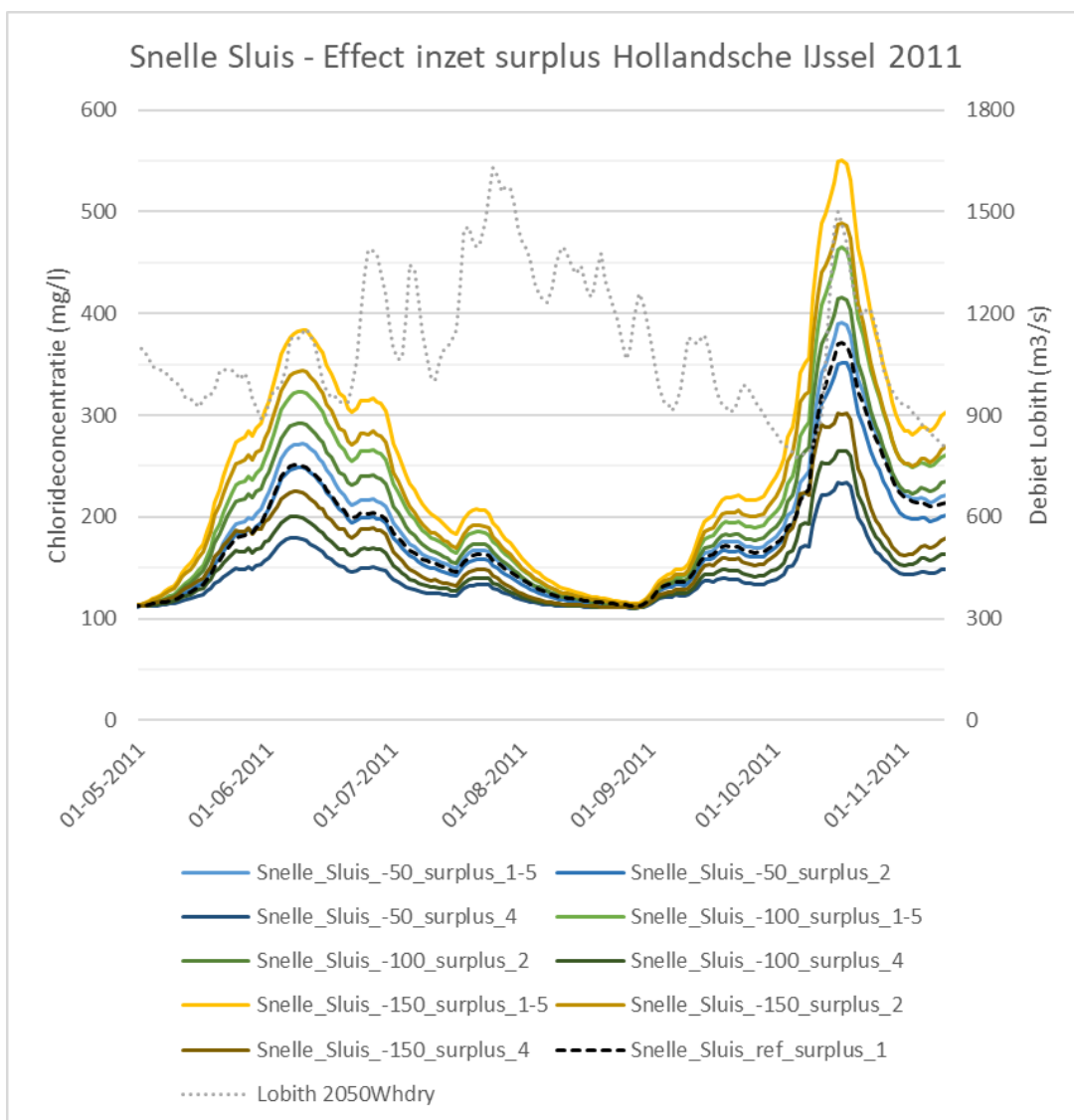
In Gouda blijft in 2011, net als in 1976, in alle situaties de chlorideconcentratie onder de 250 mg/l (Figuur 21). De 0.5 m³/s extra surplus (van 1 m³/s naar 1.5 m³/s) tussen de

referentiesituatie en de variant met een afvoerverschuiving van 50 m³/s compenseert de afvoerverschuiving op deze locatie.



Figuur 21. Chlorideconcentraties bij Gouda in 2011 in de referentiesituatie met een surplus van 1 m³/s en met afvoerverschuivingen van -50, -100 en -150 m³/s en surplus van 1.5, 2 en 4 m³/s.

In 2011 blijven de chlorideconcentraties bij Snelle Sluis in de referentiesituatie onder de 400 mg/l (Figuur 22). Bij een afvoerverschuiving van -50 m³/s is een surplus van 1.5 m³/s voldoende om de chlorideconcentratie onder de 400 mg/l te houden. Bij een afvoerverschuiving van -100 m³/s is een surplus van 2 m³/s op vier dagen na voldoende om de chlorideconcentratie onder de 400 mg/l te houden.



Figuur 22. Chlorideconcentraties bij Snelle Sluis in 2011 in de referentiesituatie met een surplus van 1 m³/s en met afvoerverschuivingen van -50, -100 en -150 m³/s en surplus van 1,5, 2 en 4 m³/s.

Een afvoerverschuiving vraagt om meer surplus om de zoetwaterbuffer op de Hollandsche IJssel in stand te houden. Om Gouda voldoende zoet te houden (<250 mg/l) is een surplus van 1-1.5 m³/s voldoende, ook in 1976. Voor Snelle Sluis is er een groter surplus nodig.

Bijlage C Inzetfrequentie ARK-doorvoerroute

In de voorliggende analyse is voor de periode 1911 tot en met 2010 voor elk zomerhalfjaar (april tot en met augustus) bepaald gedurende hoeveel dagen de ARK-route ingezet zou worden om te voorkomen dat het peil op het IJsselmeer te ver uitzakt. In eerdere QWAST-analyses is berekend dat de ARK-route in Deltascenario Stoom2050 in zes jaren zou moeten worden ingezet in de periode 1911 t/m 2010: in 1921, 1934, 1947, 1949, 1976, 2003. De QWAST-analyses zijn uitgevoerd uitgaande van perfecte voorkennis. In de praktijk is echter slechts een verwachting voor een beperkt aantal dagen mogelijk. In deze analyse is uitgegaan van een voorkennis van maximaal 10 dagen, om zo aan te sluiten bij het handelen in de praktijk. Deze analyse is gebaseerd op Deltascenario Stoom2050.

Per dag is bepaald of de ARK-route moet worden ingezet. Dit gebeurt op basis van de cumulatieve waterbalans van het IJsselmeergebied, de aanwezige bufferschijf op het IJsselmeer, de snelheid waarmee wordt verwacht dat de buffer in de komende 10 dagen afneemt en het moment in het jaar. Hiervoor zijn dagelijkse neerslag- en verdampingsgegevens van het KNMI gebruikt en Lobith- en IJsselafvoeren van Deltares.

Allereerst is er op dagbasis een simpele waterbalans voor het IJsselmeergebied opgesteld:

$$\text{waterbalans} = \text{aanvoer vanaf IJssel} + \text{neerslag} - \text{verdamping} - \text{watervraag}$$

Om te bepalen of er sprake is van een droge periode is er op basis van de dagelijkse waterbalans voor elk jaar een cumulatieve waterbalans bijgehouden. Uit de cumulatieve waterbalansen van de 100 jaren is vervolgens per dag afgeleid wat het 10^e percentiel is. Het 10^e percentiel van de cumulatieve waterbalans houdt in dat er in 10% van de jaren een kleinere cumulatieve waterbalans is (droger) en in 90% van jaren een grotere waterbalans (natter). Wanneer een periode in een jaar een lagere cumulatieve waterbalans heeft dan het 10^e percentiel spreken we in deze analyse van een droge periode.

In deze analyse wordt aangenomen dat aan het begin van de zomer er een buffer van 20 cm op het IJsselmeer aanwezig is. Per dag wordt bijgehouden of de buffer afneemt door watertekort of toeneemt door wateroverschot. Een toename is alleen mogelijk wanneer de afvoer bij Lobith groter is dan 1200 m³/s. De buffer op het IJsselmeer kan nooit meer zijn dan 20 cm, en nooit minder dan 0 cm.

Per dag wordt bekeken of de ARK-route moet worden ingezet. Dit gebeurt wanneer er aan alle volgende eisen wordt voldaan:

- er is sprake van een droge periode;
- de bufferschijf op het IJsselmeer is minder dan 10 cm;
- in de komende tien dagen wordt verwacht dat de bufferschijf met 3 cm afneemt;
- het is juni, juli of augustus.

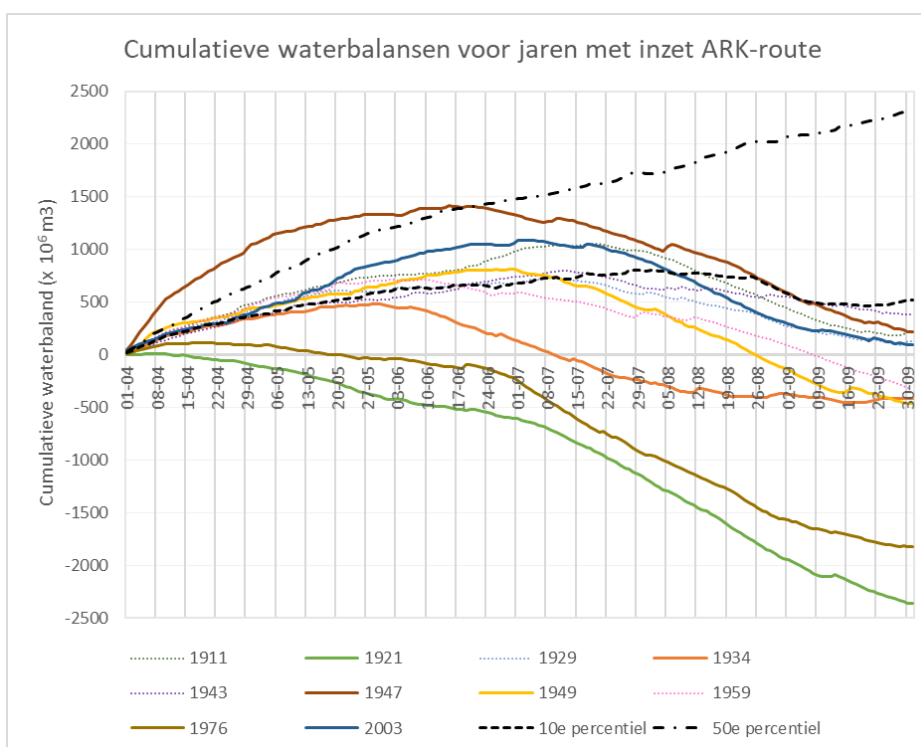
Er is aangenomen dat de inzet van de ARK-route 40 m³/s extra toevoert naar het IJsselmeer. Deze extra aanvoer wordt vervolgens ook meegenomen in de berekening van de beschikbare buffer.

Met deze analyse is berekend dat de ARK-route in Deltascenario Stoom2050 in tien jaar ingezet zou worden wanneer er geen perfecte voorkennis is (Tabel 6). Dit is dus vier jaar meer dan in de QWAST-analyses: de ARK-route zou in de praktijk dus ongeveer 1.5-2 keer vaker worden ingezet dan nodig.

Tabel 6. Aantal dagen waarop de ARK-route zou worden ingezet in de periode 1911 t/m 2010 in de QWAST-analyse en de voorliggende analyse.

Jaar	1911	1921	1929	1934	1943	1947	1949	1959	1976	2003
Voorliggende analyse	21	82	25	47	2	7	41	32	74	30
QWAST-analyse	-	90	-	90	-	70	60	-	80	50

In de QWAST-analyses wordt de ARK-route vaak eerder in de zomer ingezet dan in de voorliggende analyse. Vooral in de jaren waarin het pas laat in de zomer droog wordt, en de ARK-route in deze analyse dus pas laat wordt ingezet, zorgt dit voor een significant verschil in het aantal dagen waarop de ARK-route wordt ingezet tussen beide methodes, zoals in 1947 en 2003 (Figuur 23).



Figuur 23. Cumulatieve waterbalansen voor de jaren in deze analyse waarin de ARK-route wordt ingezet. De jaren waarin deze route in de QWAST-analyses niet zijn ingezet zijn gestippeld.