



RWS INFORMATIE

**Bijlage Q: Programma van eisen t.a.v.
modelinstrumentarium en modeltoepassing KP ZSS
Spoor II Zoetwater**

Modelstudie naar de effecten van extreme zeespiegelstijging op de
Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem

Datum	14 juli 2021
Versie	1.0
Status	definitief

Colofon

Uitgegeven door	Kennisprogramma Zeespiegelstijging – Spoor 2
Auteurs	Yann Friocourt Meinte Blaas Neeltje Kielen Sharon Muurling
Informatie	dr. ir. Y.F. (Yann) Friocourt Technisch management modelinstrumentarium KP ZSS
Telefoon	
Mobiel	0622357321
E-mail	yann.friocourt@rws.nl
Datum	14 juli 2021
Versie	1.0
Status	Definitief

Versiebeheer

1.0	Y. Friocourt	Definitief

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging	6
2.1	Beschrijving programma	6
2.2	Doelstelling Spoor II	7
2.3	Centrale uitgangspunten Spoor II	8
2.3.1	Beleidsmatige uitgangspunten	8
2.3.2	Uitgangspunten t.a.v. aansluiting op Deltaprogramma	8
2.3.3	Inhoudelijke uitgangspunten	9
2.3.4	Inhoudelijke uitgangspunten (Zoetwater)	10
3	Achtergrond van het thema Zoetwater	11
3.1	Inleiding	11
3.2	Beschrijving van de problematiek volgens het DPSIR cyclus	12
3.3	Geografische afbakening	13
4	Onderzoeksmethode Zoetwater	14
4.1	Exploratieve 'wat-als' aanpak	14
4.2	Iteratieve aanpak	15
4.3	Informatiebehoefte thema Zoetwater Spoor II	15
4.4	Informatiebehoefte voor de systeemanalyses	16
5	Generieke en overkoepelende uitgangspunten	18
5.1	Inleiding	18
5.2	Vraagarticulatie en prioritering van de kennisvragen	18
5.3	Exploratieve en iteratieve 'wat-als' aanpak	18
5.4	Algemene eisen ten aanzien van het modelinstrumentarium	19
5.4.1	Modellenlandschap: hergebruik waar mogelijk	20
5.4.2	Modules 1 Gebiedsmodellen	21
5.4.3	Modules 2 Kunstwerken	23
5.4.4	Modules 3 Pre- en postprocessing	23
5.4.5	Module 4 Randvoorwaarden rivier- en zeezijde	24
5.4.6	Module 5: Grondwatermodel	25
5.5	Borging in het reguliere modelinstrumentarium van RWS/IenW: Open-source en licentievrije pakketten	25
5.6	Good modelling practice leidend	26
6	Specifieke eisen t.a.v. de regionale systeemverkenningen	28
6.1	Gebied VZM	28
6.1.1	Geografische afbakening	28
6.1.2	Doelvariabelen	28
6.1.3	Te variëren parameters	28
6.1.4	Beschikbaar instrumentarium	28
6.2	Gebied RMM	29
6.2.1	Geografische afbakening	29
6.2.2	Doelvariabelen	29
6.2.3	Te variëren parameters	30
6.2.4	Beschikbaar instrumentarium	30
6.3	Gebied ARK	31
6.3.1	Geografische afbakening	31
6.3.2	Doelvariabelen	31
6.3.3	Te variëren parameters	31

6.3.4	Beschikbaar instrumentarium	32	
6.4	Gebied IJM	32	
6.4.1	Geografische afbakening	32	
6.4.2	Doelvariabelen	32	
6.4.3	Te variëren parameters	33	
6.4.4	Beschikbaar instrumentarium	34	
6.5	Bovenregionaal waterverdeelstelsel	34	
6.5.1	Geografische afbakening	34	
6.5.2	Doelvariabelen	34	
6.5.3	Te variëren parameters	35	
6.5.4	Beschikbaar instrumentarium	35	

1 Inleiding

Het voorliggende document gaat in op een aantal uitgangspunten en eisen die worden gesteld aan de modelmatige systeemanalyses die binnen het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor II (Thema Zoetwater) binnenkort worden uitgevoerd.

In hoofdstuk 2 worden het Kennisprogramma Zeespiegelstijging en het Spoor II geïntroduceerd en toegelicht, samen met uitgangspunten die over de breedte van het Kennisprogramma gelden..

In hoofdstuk 3 volgt een verdere specificering van de vraagstelling ten aanzien van het Thema Zoetwater.

Hoofdstuk 4 gaat in op de onderzoeksmethode zoals voorzien binnen het Thema Zoetwater voor Spoor II.

Hoofdstuk 5 beschrijft een aantal eisen en uitgangspunten gesteld aan de manier waarop de systeemanalyses binnen het Thema Zoetwater moeten worden uitgevoerd.

Hoofdstuk 6 zoomt in op specifieke eisen t.a.v. de regionale systeemanalyses.

2 Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

2.1 Beschrijving programma

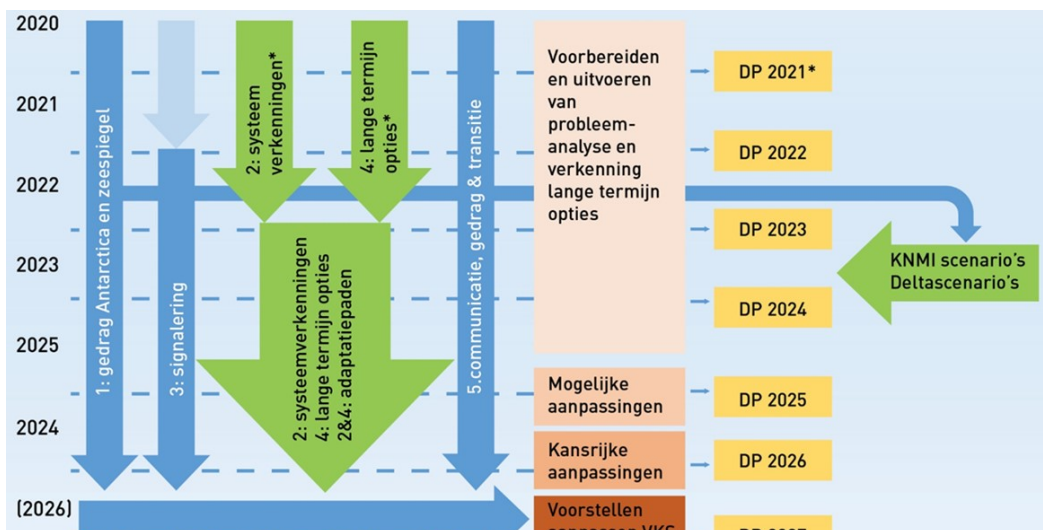
Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP ZSS) loopt van 2019 tot 2025 en dient de kennisleemten ten aanzien van de gevolgen van extreme zeespiegelstijging op het huidige waterbeleid te verkleinen, voorbij de waarden waar het huidige Deltaprogramma op ingericht is (ca. 1 m), zodat deze inzichten kunnen worden meegenomen in de 6-jaarlijkse herijking van het Deltaprogramma in 2026 (DP 2026).

Het KP ZSS is een programma waarin kennis wordt ontwikkeld ten behoeve van toekomstige beleidsontwikkeling en bestaat uit 5 sporen:

- Spoor I Zeespiegelstijging en Antarctica - *Wat kunnen we verwachten en wat zijn de gevolgen hiervan voor de zeespiegelstijging in Nederland?*
- Spoor II: Systeemverkenningen - *Tot hoeveel stijging volstaan de voorkeursstrategieën uit het Deltaprogramma en zijn aanpassingen mogelijk om deze strategieën langer vol te houden?*
- Spoor III: Signaleringsmethodiek - *Hoe optimaliseren we de methodiek Meten-Weten-Handelen om signalen op te pikken en tijdig de nodige maatregelen te kunnen nemen?*
- Spoor IV: Lange termijn opties - *Wat is het handelingsperspectief: welke lange termijn oplossingsrichtingen zijn er mogelijk als de huidige strategie niet meer houdbaar is? En hoe kunnen we daar nu al rekening mee houden?*
- Spoor V: Implementatievraagstukken - *Wat is er nodig om alle relevante partijen te betrekken bij het kennisprogramma en hoe kun je een eventuele verandering naar een andere aanpak voor elkaar krijgen?*

Deze sporen hebben een samenhang en tijdspad geschetst in Figuur 1.

Daarbij is te zien dat de aanlevering van nieuwe KNMI'23 scenario's waaronder kwantificering van zeespiegelcurves met bijbehorende onzekerheidsmarges op de lange termijn pas voorzien is ongeveer halverwege het gehele traject van KP ZSS. Dit heeft implicaties voor de gevolgde werkwijze t.a.v. met name spoor II.



Figuur 1. Globale planning van de vier sporen van KP ZSS. De asterisken hebben geen relevante betekenis voor deze offerteaanvraag.

Zie voor programmastructuur en positie van deze opdracht daarbinnen naast dit document ook de bijlagen en volgende referenties:

[Kennisprogramma Zeespiegelstijging | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

[Kennisprogramma Zeespiegelstijging | Rijkswaterstaat](#)

[Kennisprogramma Zeespiegelstijging | Deltaprogramma | Deltaprogramma](#)

2.2 Doelstelling Spoor II

Spoor II Systeemverkenningen van KP ZSS is een opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (IenW) aan Rijkswaterstaat (RWS) om:

1. De waterstaatkundige **effecten** van zeespiegelstijging op de huidige watersystemen te bepalen
2. De mate van **houdbaarheid** van de voorkeursstrategieën (VKS) te duiden door waterstaatkundige effecten en andere effecten op gebiedsfuncties in beeld te brengen
3. Te verkennen en in beeld brengen:
 - o wat de mogelijkheden voor het **oprekken** van de huidige VKS zijn
 - o wat de kansrijkheid van lange-termijn oplossingsrichtingen is; de lange-termijn oplossingsrichtingen worden veelal vanuit Spoor IV geagendeerd.

Zoals de rest van het KP ZSS, zijn de uitkomsten van Spoor II bedoeld om te kunnen gebruiken voor herijking van het Deltaprogramma in 2026.

Binnen Spoor II zijn drie thema's geïdentificeerd: Waterveiligheid (keringen en kunstwerken), Zandige Kust (lange-termijn kustontwikkeling), en Zoetwater (verzilting en direct daaraan gekoppeld peilbeheer).

Spoor II van KP ZSS werk in drie fases (Tabel 1). Deze fasering staat hieronder in de tijd weergegeven voor de drie thema's. Het voorliggende programma van eisen heeft betrekking op de analyses voor thema Zoetwater voor Fase 1.

Tabel 1. fasering van Spoor II KP ZSS voor de thema's Waterveiligheid, Zoetwater en Zandige Kust. Alleen het deel van het programma Zandige Kust dat onderdeel is van KP ZSS is getoond.

Fase	Jaar	Waterveiligheid & Zoetwater	Zandige Kust (onderdeel KP ZSS)
Fase 1	2021	- Modellen ontwikkelen of aanpassen - Tests eerste waterstaatkundige analyses	Bepalen sedimentbehoefte en aanvullende kennis voor zeespiegelstijging
	2022	- Waterstaatkundige analyses per regio, voor waterveiligheid en zoetwater 1 e landelijk beeld: waterstaatkundig overkoepelend - Voorbereiden doorwerking op andere functies	- Vertalen sedimentbehoefte voor zichtwaardes naar suppletie strategieën. - Voorbereiden doorwerking op andere functies
Fase 2	2023	Samen met regio oprekmogelijkheden bepalen op basis van resultaat fase 1	Samen met regio oprekmogelijkheden bepalen op basis van resultaat fase 1

		• Op basis daarvan modellen aanpassen en toepassen voor oprekken (loopt door in 2024) • Modellen zijn beschikbaar voor doorrekenen lange termijn oplossingsrichtingen Spoor IV • Bepalen doorwerking op andere functies, gevolgen voor houdbaarheid (afrondding)	• Koppelen ecologisch onderzoek (incl. natuurlijk veilig etc.) en resultaten Amelanders Zeegat • Bepalen doorwerking op andere functies, gevolgen voor houdbaarheid (afrondding)
	2024	• Duiding houdbaarheid inclusief oprekbaarheid per regio • Landelijk beeld houdbaarheid inclusief oprekbaarheid overkoepelend over de regio's	
Fase 3	2025 e.v.	• Kansrijkheid lange-termijn oplossingsrichtingen • Synthese met andere sporen en aanreiking naar regionale Deltaprogramma's ten behoeve van herijking voorkeursstrategieën	

2.3 Centrale uitgangspunten Spoor II

In overleg tussen het ministerie van IenW en Rijkswaterstaat zijn uitgangspunten opgesteld ter afbakening van wat wel en wat niet gedaan wordt en kan worden binnen spoor II. Daarmee wordt een praktische en realistische verwachting gecreëerd. Hieronder worden de uitgangspunten relevant voor Zoetwater weergegeven.

2.3.1 Beleidsmatige uitgangspunten

1. We gaan uit van de uitgangspunten zoals vermeld in DP2021: Nederland is in 2050 weerbaar tegen zoetwatertekort. Dit is het overkoepelende doel bij de vijf nationale doelen waaronder voldoende zoetwater voor cruciale functies in een gezond en evenwichtig watersysteem.
2. Er wordt aangesloten op relevante beleidsdocumenten/uitgangspunten zoals de Waterwet, NWP2022-2027, Beleidslijn Grote Rivieren, Beleidslijn Kust, etc.

Dit betekent het volgende:

3. De nationale zoetwaterstrategie is in 2020 aangescherpt met de strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem. Deze strategie krijgt verdere uitwerking door lerend implementeren en getrapte besluitvorming in de komende planperiode. Voor Spoor II geldt deze als voorkeursstrategie en referentie. De essentie van de strategie is de kans op watertekorten te verkleinen door flexibel te sturen op instandhouding van strategische zoetwaterbuffers op basis van landelijk overzicht en real-time data. (DP2021: <https://dp2021.deltaprogramma.nl/>).

2.3.2 Uitgangspunten t.a.v. aansluiting op Deltaprogramma

4. Het kennisprogramma levert geen op risico's gebaseerde kosten-baten analyse ten aanzien van beslissingen/maatregelen. De beleids(wijzigings)voorbereiding en het maken van politiek-bestuurlijke afwegingen is aan het Deltaprogramma en de betreffende bestuurlijke gremia.
5. Spoor II sluit aan bij de Deel-Deltaprogramma's conform de herijkingen, en stemt daarmee af m.b.t. het detailniveau en reikwijdte van te beantwoorden

kennisvragen. Dit geeft duidelijkheid aan de deel-deltaprogramma's wat wel en niet verwacht kan worden van het KP ZSS.

2.3.3 *Inhoudelijke uitgangspunten*

Onderstaande uitgangspunten geven een beeld van wat te verwachten is van de uitkomsten.

6. 'Houdbaarheid' wordt in Spoor II onderzocht in termen van waterstaatkundige effecten en de kwalitatieve duiding van de directe gevolgen daarvan op de functies die van het watersysteem afhangen. Het kennisprogramma geeft zo goed mogelijk duiding aan de houdbaarheid en oprekbaarheid van de voorkeurstrategie in waterstaatkundige zin maar zal geen harde "knikpunten" geven. Politiek-bestuurlijke afwegingen kunnen tot stand komen na het overdragen van de inzichten uit het kennisprogramma aan het (herijkings)proces van het Deltaprogramma.
7. Bij 'oprekbaarheid' van de huidige strategie gaan we er vanuit dat het fundamentele karakter van de Voorkeurstrategie niet wijzigt (bijvoorbeeld afsluitbaar open van de Maasmond; dat wil zeggen geen sluiscomplex in de Nieuwe Waterweg).
8. De bepaling van effecten van de waterstaatkundige gevolgen van de zeespiegelstijging op natuur, waterkwaliteit, scheepvaart etc. is meer kwalitatief dan kwantitatief. De beperkte beschikbaarheid van bestaand instrumentarium, tijd en middelen zijn hierin bepalend, maar ook wordt goed gekeken naar de mate waarin kwantitatieve bepaling nodig is.
9. Binnen Spoor II worden de waterstaatkundige effecten gekwantificeerd in fysische grootheden primair relevant voor hoogwaterveiligheid, morfologie kust, en zoetwater. Niet in alle gevallen zullen uitkomsten middels berekeningen geleverd worden. Bij meer extreme scenario's (3 en 5 m) wordt waar mogelijk kwantitatief berekend, maar waar modellen niet meer toereikend zijn, wordt met expert judgment gewerkt.
10. Over de impact van andere factoren op de Voorkeurstrategie zoals ruimtelijke ordening, landbouw, economie, demografie, natuurontwikkeling, innovatie etc. doet Spoor II in brede zin geen uitspraak. (Verandering in deze factoren kan – indien zij een substantieel waterstaatkundig effect hebben op Zoetwater – in gevoeligheidsanalyse ('wat als?') meegenomen worden: "Wat is het effect op de houdbaarheid van de voorkeurstrategie als factor x met y% verandert?").
11. De aannames in de gevoeligheidsanalyses en effectbepalingen zijn zoveel mogelijk beleidsarm, de beschouwde trendmatige ontwikkelingen (bijv. bodemdaling, watervraag) zijn autonoom.
12. Waarden zeespiegelstijging ten behoeve van waterstaatkundige analyses: 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m en 5 m.
 - Toelichting: dit zijn zichtwaarden. Spoor II maakt in eerste instantie geen koppeling met het verwachte moment van optreden. Die koppeling wordt naderhand gemaakt op basis van (o.a.) de bevindingen van KNMI in Spoor 1. Wel wordt de stijgsnelheidscomponent meegenomen voor de

ontwikkeling van natuurlijk-dynamische systemen (bijvoorbeeld Waddenzee, grondwaterkwel) en mogelijke handelingsperspectieven/alternatieven.

- Expliciet wordt de keuze gemaakt om 5 m mee te nemen. Enerzijds kan het in beeld brengen van de gevolgen van 5 m zeespiegelstijging veel media-aandacht veroorzaken waar een alarmerende werking vanuit kan gaan, anderzijds wordt hiermee de situatie waar Nederland in de (verre) toekomst voor komt te staan wel duidelijk en worden lange-termijn oplossingsrichtingen in beeld gebracht.
13. Er wordt gewerkt met aannames over de toekomstige (combinatie van) waarden van een beperkte selectie van klimaatvariabelen. Als referentie wordt hierbij uitgegaan van de beschikbare KNMI'14 scenario's ([KNMI, 2014¹](#)).
 14. Vanwege bovenstaande aannames en het ontbreken van consistente klimaatscenario's over alle dreigingen heen op een tijdshorizon tot circa 2200-2300, hebben de analyses in Spoor II het karakter van gevoeligheidsanalyses in plaats van scenario-analyses. Er kunnen met de uitkomsten van Spoor II dus geen sluitende uitspraken worden gedaan over de toekomstige kansen van voorkomen van combinaties van klimaatvariabelen onder bepaalde Shared Socioeconomic Pathways (SSP) / Representative Concentration Pathways (RCP) scenario's. Er kunnen dus ook geen sluitende uitspraken gedaan worden over risico's in termen van 'kans maal gevolg'.
 15. Spoor II rekent niet de regionale doorvertalingen en/of wisselwerkingen voor zoetwater door. Het reikt wel de inzichten, randvoorwaarden en bouwstenen aan waarmee regionale partijen een doorvertaling kunnen maken.

2.3.4

Inhoudelijke uitgangspunten (Zoetwater)

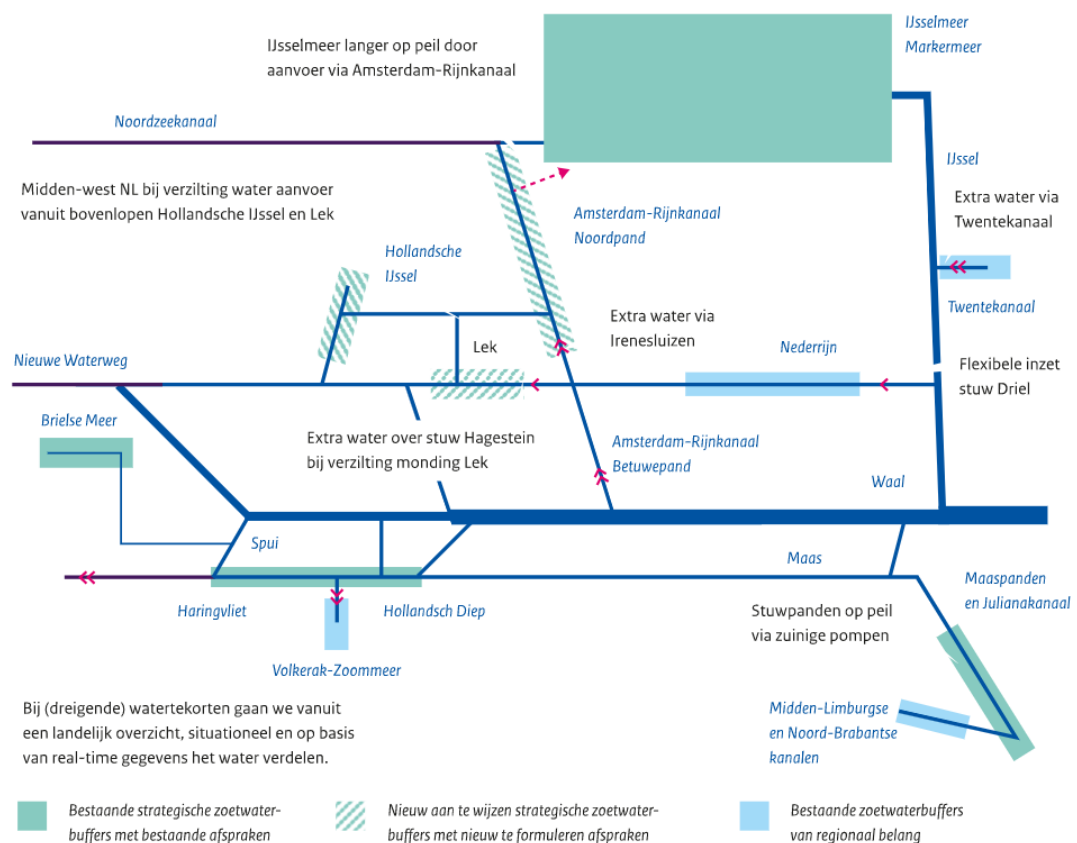
16. Uitgangspunt is dat (wat betreft zeespiegelstijging) de houdbaarheid van de strategische zoetwaterbuffers randvoorwaardelijk en maatgevend is voor de houdbaarheid van de regionale zoetwaterstrategieën in combinatie met de toename van zoute kwel op het regionaal watersysteem.
 - De zoetwateraanpak is geografisch primair gericht op die delen in het hoofdwatersysteem waar de dreiging van zeespiegelstijging zich het meest direct zal manifesteren.
 - Ruimtelijk grootschalige effecten van toename in zoute kwel op het regionaal waterbeheer worden daarnaast landsbreed beschouwd.
17. De onderzoeksmethode is exploratief en iteratief ingericht om tot geschikte modellen en inzichten te komen voor verzilting onder extreme zeespiegelstijging. Er wordt op doelbereik gestuurd door participatie van regionale partners in de vorm van een of meer begeleidingsgroepen.

¹ KNMI (2014): KNMI'14: Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective; by Bart van den Hurk, Peter Siegmund, Albert Klein Tank (Eds), Jisk Attema, Alexander Bakker, Jules Beersma, Janette Bessembinder, Reinout Boers, Theo Brandsma, Henk van den Brink, Sybren Drijfhout, Henk Eskes, Rein Haarsma, Wilco Hazeleger, Rudmer Jilderda, Caroline Katsman, Geert Lenderink, Jessica Loriaux, Erik van Meijgaard, Twan van Noije, Geert Jan van Oldenborgh, Frank Selten, Pier Siebesma, Andreas Sterl, Hylke de Vries, Michiel van Weele, Renske de Winter and Gerd-Jan van Zadelhoff. Scientific Report WR2014-01, KNMI, De Bilt, The Netherlands. <http://www.climatecenarios.nl>

3 Achtergrond van het thema Zoetwater

3.1 Inleiding

Het KP ZSS Spoor II Zoetwater neemt de Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem (KZH), onderdeel van de herijkte nationale zoetwaterstrategie ([Deltaprogramma 2021](#)) als uitgangspunt, zie Figuur 2.



Figuur 2. Strategie Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem (KZH) (BRON [Deltaprogramma 2021](#)).

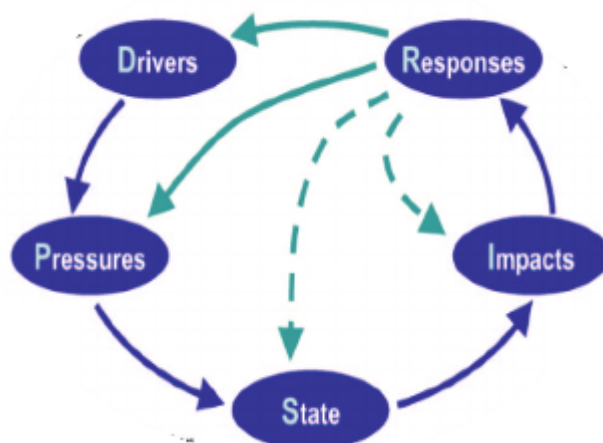
Het einde van de houdbaarheid en oprekbaarheid van voorkeursstrategie (VKS) Zoetwater voor het hoofdwatersysteem wordt bepaald door het falen van een of meerdere strategische zoetwaterbuffers of -zones. De water- en/of zoutbalans in een strategische zoetwaterbuffer of -zone is dan niet meer te beïnvloeden via de beschikbare knoppen van het waterbeheer. In dat geval zijn de systeemtoestanden zodanig (frequent of gemiddeld) ongunstig dat aan de behoefte van bepaalde zoetwater gerelateerde functies (landbouw, natuur, drinkwater, bevaarbaarheid, peilbeheer etc.) niet meer kan worden voldaan. In de praktijk is dat eindpunt van de strategie geen harde grens, maar zal er voor bepaalde functies onder bepaalde (seizoen- en/of weer) condities eerder sprake zijn van falen dan voor andere functies of andere seizoenen. Het afnemen van de houdbaarheid van de VKS onder zeespiegelstijging zal in de praktijk dus een kwestie zijn van stapsgewijze afname van de klimaatrobustheid ten aanzien van bepaalde functies.

De regionale zoetwatervoorziening is tijdens droogte voor een belangrijk deel of zelfs volledig afhankelijk van wat zij uit de (strategische) zoetwaterzones en -buffers uit het hoofdwatersysteem (HWS) kunnen betrekken. Uitgangspunt is dan ook dat, wat betreft zeespiegelstijging, de houdbaarheid van de zoetwaterbuffers van het HWS randvoorwaardelijk en maatgevend zijn voor de houdbaarheid van de regionale zoetwaterstrategieën.

3.2 Beschrijving van de problematiek volgens het DPSIR cyclus

De werking van het systeem en de impact van zeespiegelstijging op het systeem beschrijven we door middel van het DPSIR cyclus (zie Figuur 3).

De zoetwaterbuffers en -zones worden benut ten behoeve van een aantal gebruiksfuncties: drinkwater, landbouw, peilbeheer, etc. De watervraag voor deze functies werkt als belasting, *pressure*, op de buffers. Deze worden deels bepaald door menselijk ingrijpen (*response*) op verandering. Daarnaast zijn zeespiegelstijging en lage riverafvoeren, en verdamping voorname klimaat-gedreven *pressures* die ook autonoom veranderen. De *pressures* zijn dus afhankelijk van een aantal *drivers*: klimaat, weer, landgebruik, etc. en van trends in de gebruiksfuncties die hiervoor relevant zijn. De *drivers* beïnvloeden ook de mate en snelheid waarmee zoetwaterbuffers worden benut en aangevuld, dat wil zeggen het kunnen herstellen van de buffers. De toestand van de zoetwaterbuffers kan op elk moment worden beschreven door een aantal indicatoren (*state*): peil, chlorideconcentraties, etc. De mate waarmee het water bruikbaar is voor de verschillende gebruiksfuncties en de gevolgen ervan bepalen de *impacts*. De *response* is de mate waarin er aan de verschillende termen kan worden gedraaid (adaptatie) om de *impacts* te verkleinen.



Figuur 3. Schematische weergave van de relatie tussen drivers, pressures, state, impacts en response volgens het DPSIR cyclus.

Het begrip 'houdbaarheid' binnen KP ZSS omvat zowel de *state* als *impact*. Daarbinnen valt 'waterstaatkundige houdbaarheid' samen met de *state* en 'maatschappelijke/socio-economische houdbaarheid' verwijst naar de *impacts*. De begrippen 'verlengen' en 'oprekken' van de VKS verwijzen naar de *responses*.

Binnen spoor II wordt vooral de donkerblauwe route expliciet doorgerekend en doorgeredeneerd: de 1^e orde doorwerking van verandering in klimaat (zeespiegelstijging voorop) tot en met impacts. Kwantitatief wordt er gerekend tot

en met de *state*, richting *impacts* kwantitatief waar mogelijk en zinvol, kwalitatief waar nodig. De lichtblauwe feedbacks (Figuur 3) worden in de vorm van gevoeligheids-analyses meegenomen om de complexiteit te beheersen en recht te doen aan intrinsieke onzekerheden op de grote tijdhorizon waar het programma op projecteert en om oorzaken en gevolgen in de VKS te kunnen blijven scheiden.

3.3 Geografische afbakening

Het KP ZSS Spoor II Zoetwater richt zich alleen op de verziltingsgevoelige zoetwaterbuffers en -zones, omdat deze onder invloed van zeespiegelstijging staan:

- Het Volkerak-Zoommeer;
- De Rijn-Maasmonding:
 - Het Haringvliet en Hollandsch Diep
 - Het Brielse Meer;
 - De Lek en Nederrijn;
 - De Hollandsche IJssel;
- Het noordpand van het Amsterdam-Rijnkanaal;
- Het Markermeer en IJsselmeer.

Deze buffers en zones zijn verbonden door de grote rivieren en kanalen waarvan de afvoerverdeling deels stuurbaar is, aangeduid als bovenregionaal verdeelsysteem. De overige zoetwaterbuffers worden beschouwd als niet direct verziltingsgevoelig en worden daarom buiten scope van het KP ZSS gehouden. Eventuele doorwerking op deze buffers als gevolg van adaptatie van de VKS ten behoeve van de verziltingsgevoelige buffers wordt middels duiding achteraf op het niveau van de gehele VKS beschouwd.

Deze afbakening leidt tot het oormerken van 4 regionale systemen en één bovenregionale waterverdeelstelsel als gebieden van interesse binnen Spoor II en binnen deze opdracht:

- Het Volkerak-Zoommeer (VZM);
- De Rijn-Maasmonding (RMM);
- Het Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal (ARK-NZK);
- Het Markermeer en IJsselmeer (IJM);
- Bovenregionaal waterverdeelstelsel.

4 Onderzoeksmethode Zoetwater

Omdat de tijdshorizon van de zeespiegelstijgingswaarden waarnaar wordt gekeken zo ver in de toekomst ligt, zijn de onzekerheden in hoe Nederland op dat moment eruit zal zien aanzienlijk. Het aantal vrijheidsgraden is zo groot dat het heden letterlijk een oneindig aantal mogelijke toekomsten kent.

Volgens de wetenschap van besluitvorming met grote onzekerheden (oftewel *deep uncertainty*), is de oplossing in een dergelijke situatie om te exploreren in welke omstandigheden een beleid wel of niet faalt en te begrijpen waardoor dit gebeurt ([Walker, 2018²](#)). Dit kan door middel van zogenaamde exploratieve modellering.

Het doel van Spoor II is daarom niet om een voorspelling te maken van hoe de toekomst eruit zou kunnen zien, maar om te begrijpen in welke combinaties van omstandigheden de VKS wel/niet falen, wat dit betekent in termen van effecten, en op welke manieren de VKS klimaatrobuuster ('oprekken van houdbaarheid') kan worden gemaakt.

4.1 Exploratieve 'wat-als' aanpak

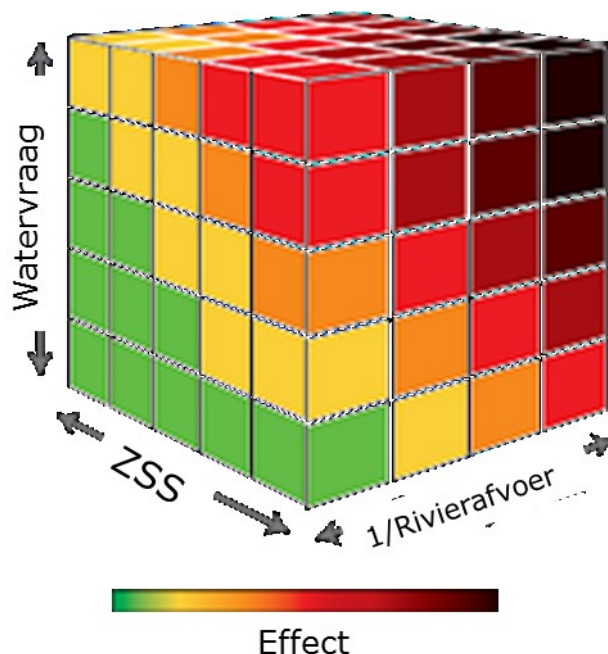
De voorgestelde aanpak voor het thema Zoetwater wordt 'exploratief' genoemd. De werking van de (strategische) zoetwaterbuffers is afhankelijk van de trend en coïncidenties in drie dominante klimaatvariabelen: lage afvoeren van de grote rivieren; neerslag en verdamping (zoetwatervraag); en zeespiegel. Met de huidige stand van de wetenschap is het niet mogelijk om deze drie termen in consistente klimaatscenario's te vatten op een tijdschaal van meerdere eeuwen. Daarbij komt dat de trend in watervraag en rivierafvoer niet alleen afhankelijk is van klimaatverandering, maar ook van socio-economische, technologische ontwikkelingen en (internationaal) waterbeheer. Die ontwikkelingen zijn op de tijdschaal waarover in het KP ZSS gesproken wordt niet redelijkerwijs te voorspellen.

Om deze beperkingen het hoofd te bieden, kiest Spoor II Zoetwater voor gevoeligheidsanalyses waarin deze factoren onafhankelijk van elkaar gevarieerd worden om de kwetsbaarheid onder verschillende combinaties van omstandigheden in beeld te brengen ('wat-als aanpak'). Naarmate het aantal variaties toeneemt, neemt het aantal berekeningen snel toe. Honderden tot duizenden berekeningen zijn waarschijnlijk. Het modelinstrumentarium moet daarom snel rekenen, zodat vele berekeningen in de orde van een dag gedaan kunnen worden.

Het KP ZSS kiest ervoor om de effecten door te rekenen voor bepaalde vaste zichtwaarden van zeespiegel boven het huidige niveau (0.5, 1, 2, 3 en (waar mogelijk) 5 m) en niet om het tijdspad daar naartoe expliciet te modelleren. Zodra in de nabije toekomst informatie (KNMI, Deltascenario's, andere bronnen) beschikbaar komt over wanneer in de tijd bepaalde omstandigheden zich met een bepaalde waarschijnlijkheid voordoen, gegeven bepaalde emissie of socio-economische scenario's, kunnen de wat-als inzichten bij de diverse zichtwaarden in de tijd geplaatst worden.

² Walker, Warren E. (2018). Decision Making Under Deep Uncertainty: Theoretical Background. NMDC workshop. 3 december 2018.

In Figuur 4 wordt geschetst hoe 'wat-als' vragen in de vorm van een gevoeligheidsanalyse eruit kan zien voor variatie van de 3 hoofdfactoren zeespiegel, watervraag aan de buffers en wateraanbod via de rivieren. Een zoekruimte van hogere dimensie is voorstelbaar waarbij ook de gevoeligheid voor systeemparementers (bijv. representatief voor inzet van kunstwerken of maatregelen) of bepaalde uitsplitsing in randcondities mogelijk is.



Figuur 4. Schets van de voorgestelde gevoeligheidsanalyse in matrixstructuur waarin de hoofdfactoren de te onderzoeken factoren (randvoorwaarden, systeemparementers, ...) weergegeven en de kleuren de waterstaatkundige effecten en in termen van nader te definiëren indicatoren.

4.2 Iteratieve aanpak

De gekozen exploratieve aanpak is bij uitstek geschikt om met onzekerheden om te gaan, omdat meerdere aannames getest en doorgerekend kunnen worden. Daarnaast is er gekozen voor een iteratieve aanpak in fases. Uit de analyse van de resultaten van de eerste fase (2021-2022) kan afgeleid worden of een onzekerheid belangrijk is en verder uitgezocht moet worden. Dit kan dan geprioriteerd worden in de tweede fase (na 2022).

4.3 Informatiebehoefte thema Zoetwater Spoor II

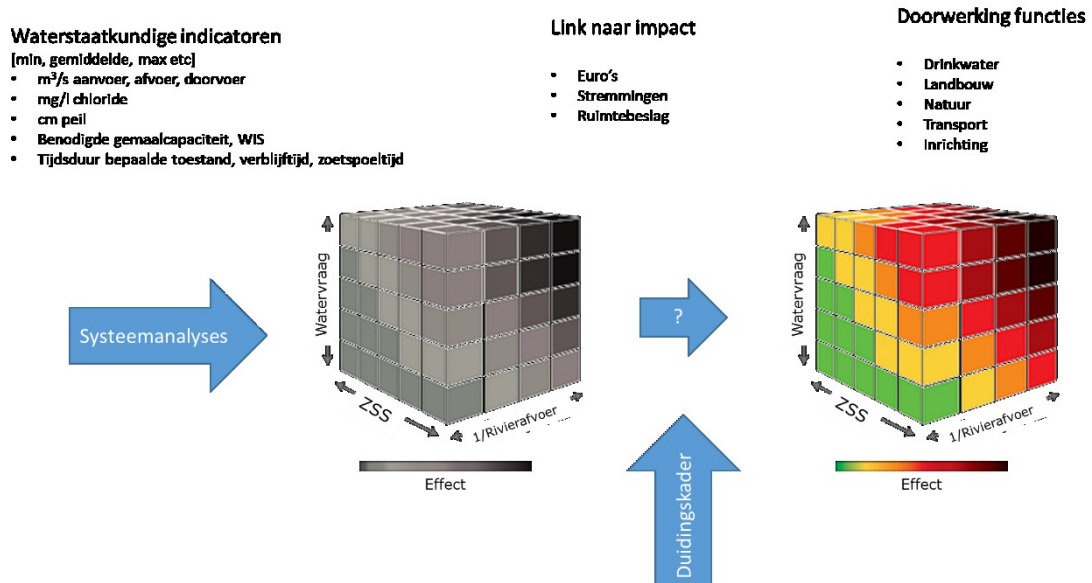
Gelet op de combinatie van de doelstellingen van Spoor II, de complexiteit en onzekerheden van de mogelijke toekomst, en de uit de vraagarticulatie geprioriteerde kennisvragen, is een analyse gemaakt van de informatiebehoefte, dat wil zeggen de informatie waarover het thema Zoetwater moet beschikken om de vragen van KP ZSS Spoor II te kunnen beantwoorden.

Deze informatiebehoefte gaat langs twee lijnen:

1. Informatie over de relaties tussen *drivers*, *pressures*, en *states*, om inzichten te genereren over de effecten van extreme zeespiegelstijging in combinatie met andere druktermen (*pressures*) op het waterstaatkundige functioneren (*state*) van de KZH;
2. Informatie over de relaties tussen *states*, *impacts* en *responses*, om uitspraken te kunnen doen over de houdbaarheid en opekbareheid van de VKS zoetwater.

Dit resulteert in een scheiding in de uitvoering van de werkzaamheden:

1. Aan de éne kant een aantal systeemanalyses, d.w.z. het modelmatig beschrijven van de relaties tussen *drivers*, *pressures*, en *states*. De systeemanalyses dienen om te exploreren naar welke *states* de te onderzoeken systemen neigen onder verschillende combinaties van *drivers* en *pressures*. Hiermee ontstaat getalsmatig de matrixstructuur van Figuur 4, in eerste instantie zonder waardeoordeel (grijze matrixstructuur in Figuur 5). De vraagspecificatie (Bijlage K) horend bij dit programma van eisen beperkt zich uitsluitend tot onderdeel 1, d.w.z. de systeemanalyses.
2. Aan de andere kant het beoordelen van de *impacts* en mogelijke *responses* gegeven de verschillende *states*, door middel van gesprekken met belanghebbenden aan de hand van een (nog op te stellen) duidingskader. Hiermee kan de grijze matrixstructuur worden gekleurd naar het waardeoordeel.



Figuur 5. Schets van de voorgestelde tweetraps aanpak waarbij de matrixstructuur zonder waardeoordeel uit de systeemanalyses ontstaat, en waarbij de waardeoordeel over impacts wordt toegevoegd door middel van een duidingskader en gesprekken met de verschillende belanghebbenden.

4.4 Informatiebehoefte voor de systeemanalyses (deze opdracht)

Het doel van de modelmatige systeemanalyses is om inzicht te verschaffen in de respons van de te onderzoeken gebieden in verschillende combinaties van relevante omstandigheden, zonder beschouwing van hun (on)waarschijnlijkheid. De systeemanalyses moeten helpen begrijpen en verklaren hoe de systemen reageren, zodat daarmee eenduidig wordt waarom de KZH in bepaalde situaties onvoldoende robuust is en wat eventueel daaraan kan worden gedaan.

De systeemanalyses binnen deze opdracht dienen in ieder geval om het volgende inzichtelijk te maken:

- Naar welke evenwichtssituatie (*states*) de te onderzoeken systemen neigen gegeven de verschillende relevante combinaties van constante *drivers* (ZSS, klimaat, economische ontwikkelingen, etc.) en *pressures* (gebruiksfuncties en bijbehorende waterbehoeften);

- In hoeverre de evenwichtssituatie nog steeds aan de eisen voldoet die vanuit de VKS worden gesteld;
- Met welke tijdschalen de systemen zich verplaatsen naar hun evenwichtssituaties;
- Hoe deze tijdschalen zich verhouden tot de relevante tijdschalen van de verschillende gebruiksfuncties vanuit wetgeving, regels en afspraken (denk bijv. aan jaargemiddelde chlorideconcentratie van maximaal 150 mg/L bij een drinkwaterinnamepunt; een tijdelijke verhoging boven 150 mg/L gedurende 60 dagen moeten drinkwaterbedrijven kunnen overbruggen; maximale chlorideconcentratie van 450 mg/L tijdens het groeiseizoen bij innamepunten voor de landbouw);
- Gegeven verschillende combinaties van *drivers* (ZSS, klimaat, economische ontwikkelingen, etc.) en *pressures*, hoe lang hebben de systemen nodig om zich te herstellen;
- Hoe lang kunnen welke gebruiksfuncties nog steeds worden bediend bij ongunstige omstandigheden voordat een buffer waterstaatkundig 'faalt'.
- Ook de inverse vragen zijn van belang: Bijvoorbeeld hoeveel additioneel doorspoeldebiet of verlichting van een bepaalde *pressure* of het aanpassen van bepaalde systeemp parameters (bellenschermen, peilgrenzen) zou opleveren in termen van prestatie of robuustheid van een buffer.

Gelet op het grote aantal onzekerheden is bewust gekozen om zo min mogelijk te werken met klimaat-, landgebruiks-, of economische scenario's. Het gaat dus niet om het simuleren van de juiste *drivers* (effect van klimaat op neerslag; aanbod scheepvaart bij economische ontwikkelingen; benodigde watervraag voor landsgebruiksscenario's; etc.). In plaats daarvan gaat de voorkeur nadrukkelijk naar het werken met de (mogelijke) doorwerking van de *drivers* op de relevante *pressures*:

- De watervraag wordt gekozen als resultante van klimaateffecten op neerslag, van veranderingen in zoute kwel, in landgebruik, etc.;
- De zoutlek via schutsluizen wordt gehanteerd als resultante van de combinatie van zeespiegelstijging en effecten van socio-economische ontwikkelingen op scheepvaart;
- Etc.

5 Generieke en overkoepelende uitgangspunten en eisen

5.1 Inleiding

Voorafgaand aan deze opdracht zijn in samenspraak met de opdrachtgever en stakeholders van het KP ZSS Spoor II (Min. IenW DGWB, Staf DC, regionale overheden) een modelleerstrategie en uitgangspunten gedefinieerd die eisen stellen aan de manier waarop deze opdracht dient te worden uitgevoerd. De uitgangspunten zijn:

- Kennisagenda met prioritering door RWS is leidend;
- Een exploratieve en iteratieve 'wat-als' aanpak;
- Een modulaire opbouw;
- Hergebruik van bouwstenen waar geschikt, nieuwe ontwikkelingen waar nodig;
- *Good modelling practice* is leidend;
- Open-source en licentievrije pakketten;
- Borging in het reguliere modelinstrumentarium van RWS/IenW;

5.2 Vraagarticulatie en prioritering van de kennisvragen

Voorafgaand aan deze uitvraag heeft een vraagarticulatie plaatsgevonden. Daarin is per deelgebied in een aantal stappen toegewerkt naar de zogenaamde verrijkte effectketen, die onder andere laat zien wat de doelvariabelen voor het desbetreffende gebied zijn. Doelvariabelen zijn de variabelen incl. locaties, statistiek en gewenste nauwkeurigheid die benodigd zijn om de houdbaarheid en oprekbaarheid van de VKS onder zeespiegelstijging in beeld te kunnen brengen. De oogst van deze vraagarticulatie is verwerkt in een advies t.a.v. Zoetwater (Deltares 2021, hier te downloaden http://publications.deltares.nl/11205272_018_0014.pdf)³ waarin is aangegeven wat de aard en het inhoudelijk belang van de opgehaalde vragen is (het Wat), alsmede wat een bijpassende onderzoeksaanpak zou kunnen zijn (het Hoe). Deze publicatie is tevens bijgevoegd in de bijlagen.

In een tweede stap is op basis van het advies een afweging gemaakt welke van de opgehaalde vragen binnen het KP opgepakt kunnen gaan worden; voor welke vragen het KP zich gaat inspannen deze elders te beleggen of inzichten elders op te halen; en welke vragen niet in scope vallen. Daarmee wordt bewerkstelligd dat er maximaal bruikbare informatie voor de gestelde tijd en budget wordt gegenereerd. De notitie waarin de afweging en vastlegging van de scope voor de huidige fase zijn vastgelegd is bijgevoegd in de bijlagen.

De door RWS gemaakte afweging is leidend: alle zaken die als *Must-have* zijn geormerkt moeten als onderdeel van de systemenanalyses binnen de randvoorwaarden van de 1^e fase worden opgepakt. Alle andere zaken kunnen als bijvangst worden opgepakt mits de voorgestelde modelaanpak het mogelijk maakt.

5.3 Exploratieve en iteratieve 'wat-als' aanpak

De onderzoeksmethode in KP ZSS Spoor II Zoetwater is exploratief en iteratief ingericht om tot geschikte modellen en inzichten te komen. Het gaat niet om het genereren van voorspellingen van hoe de toekomst eruit zou kunnen zien, maar om het beschrijven en verklaren van hoe de te zoetwater buffers reageren onder relevante combinaties van omstandigheden (zonder beschouwing van hun

³ Nolte A. et al., Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor II Systeemverkenningen Zoetwater (Deltares, 2021)

(on)waarschijnlijkheid). Hiermee kan worden geduid in welke omstandigheden en welke mate de KZH onder druk staat, en wat eventueel daaraan kan worden gedaan.

In een vervolgfase (buiten deze opdracht) kan ervoor worden gekozen om sommige situaties in meer details uit te werken, maar dit staat op voorhand niet vast.

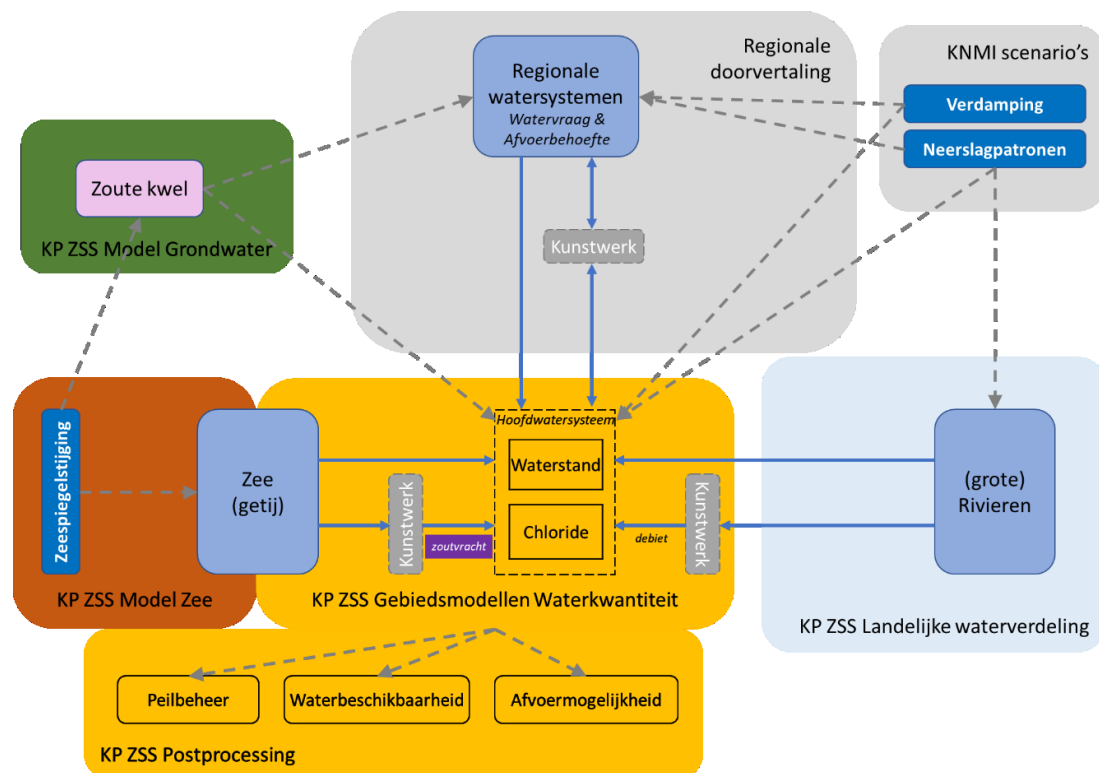
5.4

Algemene eisen ten aanzien van het modelinstrumentarium

In overleg tussen het ministerie van IenW en Rijkswaterstaat zijn uitgangspunten opgesteld ter afbakening van wat wel en wat niet gedaan wordt en kan worden. Daarmee wordt een praktische en realistische verwachting gecreëerd. Op basis daarvan worden de volgende eisen gesteld aan het modelinstrumentarium dat binnen deze opdracht moet worden ingezet:

- Het modelinstrumentarium richt zich op het hoofdwatersysteem. Het modelinstrumentarium reikt inzichten, randvoorwaarden en bouwstenen aan waarmee regionale partijen een regionale doorvertaling voor zoetwater kunnen maken.
- Het modelinstrumentarium voor het hoofdwatersysteem richt zich op de berekening van de primaire fysische grootheden waterstand en chlorideconcentratie, waaruit waterbeschikbaarheid en doorwerking op functies kunnen worden afgeleid.
- Het modelinstrumentarium is in staat om de zichtwaarden van 0 (huidige situatie), 0.5, 1, 2, 3 en 5 m zeespiegelstijging door te rekenen. Bij meer extreme zichtwaarden (5 m) wordt waar mogelijk kwantitatief gerekend, maar waar een zeespiegel van 5 meter de systeemwerking zodanig aantast dat de gebiedsmodellen niet meer toepasbaar zijn, wordt met expert judgement gewerkt.
- Het modelinstrumentarium wordt ingezet voor gevoeligheidsanalyses (exploratief en iteratief).
- Het modelinstrumentarium hoeft geen herhalingstijd/kans van voorkomen of risico (kans maal gevolg) gebaseerd op klimaat en socio-economische scenario's te berekenen.
- Het modelinstrumentarium levert informatie ten behoeve van doorvertaling naar de effecten van zeespiegelstijging op waterveiligheid, natuur, waterkwaliteit, scheepvaart etc. De exacte termen waarin de informatie t.b.v. effecten opgesteld wordt, worden o.a. in wisselwerking met het technisch team van KP-ZSS Zoetwater, het Duidingskader, en de regionale stakeholders nader vastgelegd.
- Het modelinstrumentarium wordt modulair opgebouwd (Figuur 6), waarbij de volgende modules zijn geïdentificeerd:
 1. **Gebiedsmodellen** Zoetwater voor berekening waterstand en chlorideconcentratie in Volkerak-Zoommeer, RMM, ARK-NZK en IJsselmeer/Markermeer;
 2. Modules voor (debiet en) zoutvracht door **kunstwerken** (schut- en spuisluizen);
 3. Modules voor **pre- en postprocessing** voor opzet van de gevoeligheidsanalyses en diagnose in termen van indicatoren voor peilbeheer, waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid en koppeling met doorvertaling naar andere functies;
 4. Module voor genereren van **randvoorwaarden** voor waterstand en getij op de Noordzee, Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee en rivierafvoeren vanuit internationale stroomgebieden;
 5. Module voor **landelijke waterverdeling** en rivierafvoer naar RMM, ARK-NZK, Volkerak en IJsselmeer;
 6. Module voor **zoute kwel** naar Hoofdwatersysteem en naar regionale watersystemen ten behoeve van doorspoelbehoefte.

Sommige modules maken onderdeel uit van deze opdracht, anderen zijn of worden elders ontwikkeld en worden ten behoeve van dit opdracht beschikbaar gesteld. In de paragrafen hieronder wordt dit gespecificeerd.



Figuur 6. Modulaire opbouw van het modelinstrumentarium voor KP ZSS Spoor II Zoetwater. Gekleurde blokken maken onderdeel uit van het KP ZSS modelinstrumentarium. Grijs blokken vallen er buiten.

5.4.1 Modellenlandschap: hergebruik waar mogelijk

Ten aanzien van het modelinstrumentarium wordt ervoor gekozen om zoveel mogelijk bestaande modellen te hergebruiken mits ze voor deze vraagstelling geschikt zijn. Alleen op het moment dat de bestaande onderdelen zonder aanpassing niet geschikt zijn kunnen nieuwe modellen worden ontwikkeld, of bestaande modellen worden aangepast. Gelet op beheersing van risico's is het streven om bewezen benaderingen zoveel mogelijk te hergebruiken.

Zoutindringing is een uiterst moeilijk te beschrijven fysisch proces. Een juiste weergave van zoutindringing is vele malen moeilijker dan een juiste weergave van waterstanden. Daarom heeft parallel aan de vraagarticulatie een grondige analyse plaatsgevonden van het modellenlandschap.

Alle modellen die in dit hoofdstuk genoemd worden en waarvan het eigendom bij Rijkswaterstaat of bij Deltares ligt kunnen ter beschikking worden gesteld ten behoeve van deze opdracht. Voor de modellen waarvan het eigenaarschap elders ligt kunnen kennisdocumenten ter beschikking worden gesteld ten behoeve van deze opdracht.

De te onderzoeken deelgebieden zijn in drie types te onderscheiden:

- De open (of semi-open) estuaria, namelijk de RMM;

- De gesloten bekkens, namelijk het VZM, ARK-NZK, en IJM;
- De riviersystemen van het HWS die een rol spelen bij de waterverdeling en -toelevering aan de regionale buffers, in het bijzonder het bovenstroomse rivierstelsel.

5.4.2 *Modules 1: Gebiedsmodellen*

5.4.2.1 Het modelleren van de zoutverspreiding Het modelinstrumentarium van RWS/IenW voor het modelleren van de zoutverspreiding bevat zowel 1D SOBEK als 3D D-HYDRO modellen.

De 3D modellen ondergaan op dit moment een grote vernieuwing met de transitie naar de zogenaamde 6^e generatie modelschematisaties in combinatie met de D-HYDRO software. Op dit moment bestaan er 3D modellen van het ARK-NZK, het IJsselmeer, het Markermeer, en de RMM. In 2021 wordt er nog gewerkt aan de afronding van het RMM model. In alle gevallen geldt dat de voorlopige resultaten, waar transport en/of zoutindringing betreft, al erg goed te noemen zijn en aanmerkelijk beter dan resultaten van voorlopers (Deltares, 2020⁴). Ook wordt er gewerkt aan de ontwikkeling van de 3D D-HYDRO software. Eind 2021 komt de eerste stabiele release van de 3D D-HYDRO software. Tot die tijd kan gewerkt worden met de bèta-versie.

3D modellen zijn uitermate geschikt voor het modelleren van de zoutverspreiding, maar toch blijft het complex om de menging van zout goed weer te geven, zeker in zwak-dynamische systemen. De aanwezigheid van scheepvaart, de dynamica die op treedt door het spui-/maalregime bij laagwater, zorgen voor kleinschalige processen waarvan de invloed op de menging van zout nog slecht bekend is. De aanwezigheid van maatregelen voor zoutbeheer (bellenschermen, selectieve onttrekking in het NZK), zorgen voor meer kleinschalige processen die in hydrostatische modellen alleen door middel van een parametrisatie kunnen worden gesimuleerd. Daarnaast bevatten 3D modellen veel details: het 3D model van het ARK-NZK bijvoorbeeld, bevat meer dan 200 punten waarop uitwisselingsgegevens met de regionale watersystemen moet worden gedefinieerd. Bij verkenningen zoals in het KP ZSS is het definiëren van consistente randvoorwaarden voor al die verschillende punten te complex en daarom te risicovol. Daarnaast vormt de rekentijd in praktijk een groot knelpunt: 3D modellen zijn te zwaar om voor een groot aantal berekeningen te worden ingezet zoals in het KP ZSS beoogd.

Eerdere onderzoeken en ervaringen met een 1-dimensionale benaderingen hebben laten zien dat de zoutverspreiding zeer afhankelijk is voor de dispersieformulering en de bijbehorende dispersiecoëfficiënten. De dispersieformulering die geïmplementeerd is in SOBEK3 is alleen geschikt (met beperkingen) in getij-ge domineerde systemen. In zwak-dynamische systemen is de dispersieformulering niet in staat om prognostisch te bepalen hoe de dispersiecoëfficiënten worden beïnvloed door de omstandigheden. Onderzoeken in de Rijn-Maasmonding hebben laten zien dat de voorspelkracht van 1D modellen ten aanzien van het effect van zeespiegelstijging op zoutindringing in de RMM beperkt is.

De RMM kan op dit moment met twee bestaande 1D modellen worden gesimuleerd: SOBEK3 RMM, en SOBEK3 LSM (Landelijk SOBEK Model). De SOBEK3 RMM schematisatie is één-op-één in SOBEK3 LSM overgenomen. Beide modellen zijn

⁴ Deltares(2020). D-HYDRO RijnMaasMonding 3D; Zoutindringing in de Nieuwe Waterweg. Werkzaamheden 2020. Deltaresrapport 11205258-016-ZWS-0003.

gekalibreerd en gevalideerd voor de huidige situatie en reproduceren de waterstanden goed. Chloride is daarbij meegenomen in de berekeningen voor het dichtheidseffect op waterstanden. Wat betreft zoutverspreiding is het volgende bekend uit eerdere studies⁵:

- SOBEK3 RMM kan gebruikt worden om voor de huidige situatie een globaal beeld van zoutverspreiding te verkrijgen. Het model is niet of beperkt geschikt voor uitspraken op basis van (lage) exacte chlorideconcentraties en overschrijdingsduren, omdat dit een zeer hoge modelnauwkeurigheid (combinatie van betere procesbeschrijvingen, resolutie, etc.) vereist (Deltares, 2018⁶).
- Het model is in de huidige situatie in staat om verziltingsgebeurtenissen aan de noordrand te reproduceren, maar geeft gemiddeld genomen een onderschatting van de mate van zoutindringing bij Krimpen en Kinderdijk (uit de validatie van de waterbeweging blijkt dat deze onderschatting mogelijk (deels) veroorzaakt wordt door afwijkingen in de afvoerverdeling) (Deltares, 2019⁷).
- Op basis van een vergelijking van modelresultaten voor een verziltingsgebeurtenis uit 2003 van het SOBEK-RE model (voorloper van SOBEK3 RMM met oude dispersieformulering) en het 3D Operationeel Stromingsmodel Rotterdam is het aannemelijk dat SOBEK-RE het effect van een grotere waterdiepte (deels te vergelijken met het effect van zeespiegelstijging) op de zoutindringing onderschat. Het kon in deze studie echter niet worden vastgesteld of SOBEK 3 RMM een betere schatting geeft voor het effect van zeespiegelstijging, omdat SOBEK 3 RMM een sterke onderschatting geeft van de mate van verzilting in de referentiesituatie van 2003 (Deltares, 2019).

Alle relevante 3D D-HYDRO modellen en SOBEK3 modellen van het HVS kunnen op aanvraag ter beschikking worden gesteld ten behoeve van deze opdracht.

5.4.2.2 Vereenvoudigde balansmodellen

Een inventarisatie van verkenningsstudies naar de toekomstige respons van gesloten bekkens heeft drie relevante voorbeelden aan het licht gebracht, waarbij gebruik is gemaakt van zogenaamde bakjesmodellen:

- De bakjesmodellen DEZY/DEVO die gebruikt zijn voor onderzoek naar waterstandstatistiek van het Volkerak-Zoommeer en het IJsselmeer (HKV, 2015⁸; Geerse et al., 2019⁹);
- Het bakjesmodel van het Volkerak-Zoommeer dat gebruikt is om te verkennen hoe het waterbeheer van het meer kan reageren op klimaatverandering (Deltares, 2020¹⁰);

⁵ Deze studies hebben betrekking op het SOBEK3 model van de Rijn-Maasmonding. In LSM3 zit dezelfde software en dispersieformulering, zodat de uitkomsten van deze studies ook voor LSM3 gelden.

⁶ Deltares (2018). Aanpassing, herkalibratie en verificatie SOBEK 3 model van de Rijn-Maasmonding. Deltaresrapport 11202220-006-ZWS-0012.

⁷ Deltares (2019). Verzilting Rijn-Maasmonding ten gevolge van 1 m zeespiegelstijging. Deltaresrapport 11203734-008-ZS-0005.

⁸ HKV (2015). Probabilistisch model frequentielijnen IJsselmeergebied. Hoofdrapport van model DEZY. HKV rapport PR3013.10.

⁹ Geerse C., Kuijper B., Van Haren D., Berger H., Kors A., Van Twuiver H., 2019, Probabilistisch model voor het bepalen van meerpeilstatistiek Volkerak-Zoommeer. Stromingen (25) nr. 2.

¹⁰ Deltares (2020). Klimaatrobustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Deltaresrapport 11203741-001-ZKS-0005.

- Bakjesmodellen van het IJsselmeer, Markermeer en Gooi- en Eemmeer die gebruikt zijn voor onderzoek naar verzilting van het IJsselmeer en Markermeer onder klimaatverandering (KWR, 2009¹¹).

Specifiek in de laatste twee gevallen is gekeken naar chlorideconcentraties. Hiervoor is gebruik gemaakt van een dispersieformulering met bijbehorende dispersiecoëfficiënten. De conclusie in beide gevallen was dat de modelresultaten gevoelig zijn voor de keuze van de dispersiecoëfficiënten, maar dat een kalibratie van de dispersiecoëfficiënten wel mogelijk is, bijvoorbeeld op basis van langjarige metingen.

Het bestaande bakjesmodel voor VZM wordt ter beschikking gesteld voor deze opdracht.

5.4.3 *Modules 2: Kunstwerken*

- 5.4.3.1 Het modelleren van de zoutindringing door schutsluizen
Vooral in de gesloten bekkens speelt zoutindringing door schutsluizen een belangrijke rol. Het zout dringt naar binnen bij het schutten, maar de specifieke wijze waarop dat gebeurt is sterk afhankelijk van de details van de schutoperatie, maar ook van de grootte van de schepen die geschut worden. Specifiek voor het simuleren van de processen bij schutsluizen is de afgelopen jaren de zogenaamde zeeluisformulering ontwikkeld, die berekent hoe de zoutindringing plaats vindt voor een specifieke schutoperatie of schutfrequentie, gegeven randvoorwaarden van waterstanden en chlorideconcentraties aan weerszijden van de schutsluis, eventueel in combinatie met zoutlek-beperkende maatregelen zoals bellenschermen.

Informatie over en resultaten van de module Zeeluisformulering (of de module zelf) zullen door opdrachtgever via Deltares worden aangereikt voor de gebiedsberekeningen.

- 5.4.3.2 Het modelleren van de invloed van overige kunstwerken
Andere kunstwerken zijn ook van belang in de zouthuishouding van de systemen: er kan zoutindringing plaats vinden door lekopeningen bij spuisluiscomplexen, en er wordt verzilt water afgevoerd uit de systemen door het malen of spuien. In combinatie met benutten van bestaande of bewust aangepaste systeemgeometrie zijn zouthevens en selectieve onttrekking belangrijke beheermaatregelen. In de afgelopen jaren zijn veel nieuwe inzichten gekomen in de wijze waarop zout binnen dringt of weer wordt afgevoerd via objecten. Een standaard Spuisluisformulering is nog in ontwikkeling bij Deltares en nog niet beschikbaar, maar er zijn wel kennisregels die gebruikt kunnen worden.

De beschikbare kennisdocumenten en kennisregels zullen door opdrachtgever worden aangeleverd voor de gebiedsberekeningen.

- 5.4.4 *Modules 3: Pre- en postprocessing*
Deze modules zijn specifiek voor de opzet van en interpretatie van de berekeningen en hangen van de voorgestelde analysemethode af. Onder de preprocessing ten behoeve van de systeemanalyses zelf valt ook het standaardiseren van de *pressures* zoals watervraag en verdamping en van de *responses* inclusief inzet van

¹¹ KWR (2009). Drinkwaterfunctie Markermeer en verzilting IJsselmeergebied. KWR rapport BTO 2009.041(s).

kunstwerken in de watersystemen of andere beheermaatregelen. Hier kan er momenteel geen specifieke standaarden worden voorgeschreven.

Opdrachtgever nodigt opdrachtnemer uit om slimme en passende methoden voor te stellen eventueel met hergebruik van eerder succesvol toegepaste methoden.

5.4.5 *Module 4: Randvoorwaarden rivier- en zeezijde*

Ook voor deze module is geen standaard aanwezig. KP ZSS Spoor II heeft voor zowel de thema's zoetwater als waterveiligheid vastgesteld om de veranderingen aan rivierzijde (bovenstroms van Lobith en Eijsden) en zeezijde in de 1^e fase van spoor II niet met deterministische modellen door te rekenen (met bijvoorbeeld een Noordzeemodel of een model van het internationale stroomgebied).

De benodigde informatie kan worden ontleend aan eerdere studies voor zowel rivier- als zeezijde, inclusief getiislage en windopzet.

5.4.6 *Module 5: Landelijke waterverdeling*

Op dit moment wordt de landelijke waterverdeling op verschillende manieren worden gesimuleerd:, of door

- Door de waterbeweging en onderliggende fysische natuurwetten te simuleren;
- Door de verdeling van het water na te bootsen aan de hand van rekenregels en -relaties.

Bij de eerste benadering (het simuleren van de natuurwetten) bestaan er op dit moment 1-dimensionale en 2-dimensionale modellen. Alle (actuele) 1D modellen zijn gebaseerd op SOBEK3. Naast modellen van een aantal individuele riviertakken (Nederrijn en IJssel, of Maas), is het LSM3 model dat reeds beschreven is in paragraaf 5.4.2 het enige (actueel) model waarin het hele stelsel van riviertakken uit het hoofdwatersysteem aan elkaar is gekoppeld. De 2D modellen zijn gebaseerd op D-HYDRO en bevatten alleen individuele riviertakken (Maas, Boven- en Nederrijn).

Bij de twee benadering (het nabootsen van de waterverdeling aan de hand van rekenregels) bestaan er op dit moment 2 modellen die het hoofdwatersysteem bevatten:

- QWAST (Quick Water Allocation Scan Tool) is een waterverdelingsmodel van de grote rivieren, kanalen en meren van Nederland (Deltares, 2020¹²). QWAST importeert reeds berekende watervragen (berekend met het Landelijk Hydrologisch Model) en zoekt iteratief naar een optimale verdeling van het water naar de verschillende gebieden ten behoeve van verschillende gebruiksfuncties. In een recente validatie is geconcludeerd dat QWAST plausibele resultaten levert en daarmee geschikt om het effect van maatregelen door te rekenen die watervraag of -aanbod en verdeling beïnvloeden in het oppervlaktewatersysteem van Nederland (Deltares, 2019¹³).
- Het Distributiemodel (DM) is vergelijkbaar met QWAST, met verschillen in hoe de optimalisatie van de waterverdeling rekenkundig wordt uitgevoerd. Het DM is een waterbalansmodel. In een netwerk van knopen en takken

¹² Deltares(2020). Quick Water Allocation Scan Tool Gebruikersdocumentatie. Deltaresrapport 11205272-019-ZWS-0005.

¹³ Deltares(2019). Validatie QWAST versie 2019. Veranderingsrapportage. Deltaresrapport 11203734-004-ZWS-0002.

wordt de waterverdeling bepaald zodanig dat de watervragen zo goed mogelijk worden voorzien conform het in de invoer opgegeven beheer, en binnen de fysische beperkingen zoals capaciteiten en beschikbaar volume. Het DM is een reservoirmodel, waarbij aangenomen wordt dat het water binnen één tijdstep (één decade) het hele netwerk kan doorlopen, en dat het water volledig gestuurd kan worden volgens de opgegeven verdeelregels en prioriteiten. In werkelijkheid doet het water van Lobith er orde vijf dagen over om de Noordzee te bereiken.

Alle relevante 2D D-HYDRO en SOBEK3 modellen, QWAST, en het DM kunnen op aanvraag ter beschikking worden gesteld ten behoeve van deze opdracht.

5.4.7 *Module 6: Grondwatermodel*

Een stijgende zeespiegel zal een toename in grondwaterkweldruk en daarmee ook toename in zoute kwel teweeg brengen. Belangrijke input voor de regionale analyses van het oppervlaktewater wordt daarom ontleend aan separaat uitgevoerde berekeningen met het LHM Zoet-Zout model. De uitvoer van deze modeloefening levert enerzijds de zoutlast ten gevolge van zoute kwel (direct op het waterlichaam, indirect via afwatering van de regionale watersystemen) en anderzijds de extra watervraag ten behoeve van zoetspoelen van polders die te kampen hebben met zoute of brakke kwel.

Het LHM Zoet-Zout wordt in de periode tot december 2021 door Deltares in opdracht van KP ZSS Spoor II toegepast om deze termen te bepalen voor de zichtwaarden van 0,5, 1 en 3 meter zeespiegelstijging. Voor 2 meter zal een interpolatie gemaakt worden.

De resultaten van deze studie worden ter beschikking gesteld aan opdrachtnemer en Deltares zal door opdrachtgever in de gelegenheid gesteld worden om opdrachtnemer toelichting t.a.v. de toepassing en duiding ervan te voorzien.

5.5 **Borging in het reguliere modelinstrumentarium van RWS/IenW: Open-source en licentievrije pakketten**

Het KP ZSS gaat inzichten aanreiken waarop in verschillende andere projecten of programma's zal worden voortgebouwd: Deltaprogramma, maar ook regionale studies naar toekomstbestendige oplossingsrichtingen. Er is met de opdrachtgevers van het KP ZSS afgesproken dat het modelinstrumentarium dat in het kader van het KP ZSS wordt opgesteld zal worden geborgd als onderdeel van het reguliere modelinstrumentarium van RWS/IenW en aan derden beschikbaar gesteld. Specifiek houdt dit in:

- Daar waar geschikt en mogelijk, is hergebruik van bestaande instrumenten uit het instrumentarium een eis;
- Waar geschikt en mogelijk worden aanpassingen van bestaande instrumenten uit het instrumentarium op prijs gesteld;
- Bestaande instrumenten niet hergebruiken blijft altijd mogelijk mits onderbouwd;
- Op het moment dat er nieuwe instrumenten worden ontwikkeld wordt zoveel mogelijk aangesloten bij het reeds bestaande instrumentarium;
- Nieuw te ontwikkelen modellen zullen worden ontwikkeld in open-source en licentievrije pakketten;
- Nieuw te ontwikkelen modellen worden voor zover mogelijk met behulp van (een combinatie van) reeds bestaande pakketten in het RWS/IenW-modelinstrumentarium gebouwd:

- DEZY/DEVO wordt als suite momenteel in beheer genomen als onderdeel van het RWS/IenW-modelinstrumentarium voor waterveiligheid.
- De D-HYDRO Suite (D-FLOW, Delwaq/D-WaterQuality) vormt de ruggengraat van het waterkwaliteitsinstrumentarium van RWS/IenW. Delwaq/D-WaterQuality in het bijzonder is een modelbenadering voor het numeriek oplossen van advectie-dispersie vergelijkingen tussen compartimenten. Als onderdeel hiervan biedt het de mogelijkheid om de uitwisselingen tussen compartimenten uitgebreid te registreren en documenteren, zoals het berekenen van netto en bruto fluxen tussen rekencellen.
- Het (intellectueel) eigendom van de aangepaste en te ontwikkelen instrumenten (modellen en applicaties) berust bij RWS. De instrumenten zullen aan het eind van deze opdracht worden overgedragen aan RWS. Bij de instrumenten horen ook scripts en tools en eventuele user interfaces om de invoer en uitvoer van het instrument te beheren.

5.6

Good modelling practice leidend

Gelet op de herleidbaarheid van de resultaten van het KP ZSS wordt er gewerkt volgens richtlijnen voor *Good Modelling Practice* zoals bijvoorbeeld beschreven in STOWA (1999)¹⁴. Er kan in afstemming met het technisch team volgens een andere systematiek zolang de essentie van *Good Modelling Practice* wordt bewaard:

- Onderbouwen en vastleggen van de gemaakte aannames en keuzes;
- Onderbouwd valideren dat de modellen de verwachte oorzaak-effect relaties voldoende goed kunnen weergeven om daarmee de gestelde vragen te kunnen beantwoorden;
- Duiden van de verkregen modelresultaten;
- Vastleggen van alle stappen en resultaten met oog op het overdragen van de modellen, het herleiden van de doorgenomen stappen en gemaakte keuzes en aannames, en het reproduceren van de resultaten.

De documentatie van de aangepaste en/of ontwikkelde modellen zal het volgende bevatten:

- Een onderbouwde beschrijving van de gekozen modelbenadering. Hiervoor zal zoveel mogelijk aansluiting worden gezocht met de in de vraagarticulatie opgestelde verrijkte effectketens: welke modelbenadering wordt gekozen? Gelet op de fysische werking van het systeem, welke argumenten rechtvaardigen dat deze benadering van toepassing is?
- Een volledige en onderbouwde beschrijving van de gemaakte aannames en modelkeuzes. Op het moment dat er gebruik wordt gemaakt van bestaande modellen kan er voor dit punt worden verwezen naar de eerdere rapportages t.a.v. de gebruikte modellen;
- Een volledige en onderbouwde beschrijving van de gekozen modelparameters, inclusief een kwantitatieve gevoeligheidsanalyse voor de keuze van deze parameters. Op het moment dat er gebruik wordt gemaakt van bestaande modellen kan er eventueel voor dit punt worden verwezen naar de eerdere rapportages t.a.v. de gebruikte modellen;
- Een kwantitatieve analyse van de mate waarin het gekozen modelconcept in staat is om de verwachte respons van het systeem op veranderingen in de relevante forceringen op de juiste manier weer te geven;

¹⁴ Good Modelling Practice Handbook (1999). R.H. van Waveren, S. Groot, H. Scholten, F.C. van Geer, J.H.M. Wösten, R.D. Koeze, J.J. Noort. STOWA report 99-05. Dutch Dept. of Public Works, Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, report 99.036. ISBN 90-5773-056-1

- Een onderbouwde analyse van het toepassingsbereik en de betrouwbaarheid van het model: binnen welk bereik van forceringen en parameters is het model geschikt? Wat is dan de betrouwbaarheid van het model?

De documentatie en de uitgevoerde testen zullen worden gebruikt om in afstemming tussen opdrachtnemer en opdrachtgever te bepalen in hoeverre de gekozen modelconcepten geschikt zijn voor de systeemanalyses.

5.7

Kwantitatieve analyses, interpretatie en duiding van de resultaten

De doelstellingen van deze opdracht zijn genoemd in paragraaf 2.2, en verder uitgewerkt in paragrafen 4.3 en 4.4. Dit is namelijk de *outcome* die deze opdracht dient te leveren. Het gaat om:

Het modelmatig beschrijven van de relaties tussen *drivers*, *pressures*, en *states*. De systeemanalyses dienen om te exploreren naar welke *states* de te onderzoeken systemen neigen onder verschillende combinaties van *drivers* en *pressures*.

De modelsimulaties leveren data oftewel *output*, maar deze *output* is niet per se voldoende om rechtstreeks aan de doelen van fase 1 van Spoor II te voorzien. De stap van *output* naar *outcome* geschiedt door een combinatie van bewerking en analyse van de (bewerkte) modelresultaten, en interpretatie en duiding van de bevindingen. Deze combinatie van activiteiten kan worden vergeleken met een "opwerking" van de (model)*output* naar een waardevollere *outcome*. De verkregen modelresultaten (oftewel *output*), bewerking daarvan tot relevante indicatoren, en de bevindingen (oftewel *outcome*) worden uiteindelijk vastgelegd in rapporten en presentaties.

Deze "opwerking" en het vastleggen ervan zullen in ieder geval aan de volgende eisen voldoen:

- Het doeltreffend beschrijven en verklaren van de respons van de zoetwaterbuffers- en zones op de verschillende combinaties van omstandigheden;
- Het kunnen beantwoorden van de voor fase 1 als *must have* aangemerkte kennisvragen (Bijlage R) en inzichten ten behoeve van het vervolg van KP ZSS Spoor II, daar waar deze vragen relevant zijn;
- Het beantwoorden van aanvullende kennisvragen als bijvangst mag natuurlijk altijd, maar is geen doel op zich en mag niet afleiden van het hoofddoel;
- Het duidelijk maken van de mate van (on)zekerheid van de bevindingen, waar mogelijk kwantitatief maar in ieder geval kwalitatief;
- Het expliciet maken van de aannames waaronder een bepaalde respons en de bijbehorende verklaring ervoor te verwachten zijn;
- Het expliciet maken van de aannames waarvoor een bepaalde respons en de bijbehorende verklaring ervoor gevoelig zijn;
- Het kunnen plaatsen van de bevindingen in de context van de doelen van KP ZSS Spoor II, d.w.z. of en, zo ja hoe, bevindingen leiden tot noodzakelijke herijking(en) van de zoetwaterstrategie binnen het Deltaprogramma (DP2026).

6 Specifieke eisen t.a.v. de regionale systeemverkenningen

6.1 Gebied VZM

6.1.1 *Geografische afbakening*

Het gebied VZM betreft uitsluitend het Volkerak-Zoommeer als (strategische) zoetwaterbuffer; er bestaat een indirecte relatie met de (strategische) zoetwaterbuffer op het Haringvliet en Hollands Diep via de Volkeraksluizen.

6.1.2 *Doelvariabelen*

Voor het Volkerak-Zoommeer zijn de volgende doelvariabelen voorgesteld conform het huidige waterbeheer (dat overeenkomt met de voorkeursstrategie):

1. Meerdaagsgemiddeld peil met een gewenste nauwkeurigheid van enkele centimeters;
2. Meerdaagsgemiddelde chlorideconcentratie bij locaties representatief voor de verschillende delen van het systeem (bijv. Volkerak, Eendracht, Zoommeer, Bathse brug, etc.) met een gewenste nauwkeurigheid van enkele tientallen mg/l, met onderscheid tussen het groeiseizoen (15 maart-15 september) en de rest van het jaar.

Deze doelvariabelen zijn de minimale uitvoerset i.k.v. de rekenaanpak, maar het model kan meer omvatten. Vooral voor chloride is de koppeling tussen deze grootheden en systeemwerking relevant en is een relatie vereist tussen condities op genoemde locaties en condities bij koppelpunten en kritische punten elders binnen het systeem. Zo is het nodig om, naast chloride bij Bathse Brug, ook te weten wat de chloride nabij uitwisselpunten met Oosterschelde en Volkerak is (t.b.v. inschatting van de zoutuitwisseling tussen VZM en omgeving).

6.1.3 *Te variëren parameters*

Voor het gebied VZM zijn de volgende parameters geïdentificeerd als van invloed voor de houdbaarheid van de voorkeursstrategieën. Ze kunnen worden gezien als stuurknoppen waarmee zal worden gevarieerd in de systeemanalyse. Wellicht zijn er aanvullende relevante parameters te bedenken:

- zeeniveau (vaste zichtwaarden voor zeespiegelstijging 0.5, 1, 2, 3 en 5 m), waarbij het zeeniveau (d.w.z. Oosterschelde en Westerschelde) bepalend is voor het waterafvoer en de zoutlek door het schutcomplex Krammer, en voor de waterafvoer door de Bathse spuisluis;
- zoetwateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep;
- zoetwateraanvoer vanuit de Dintel en de Vliet;
- watervraag aan het VZM van aangrenzende regionale watersystemen;
- wateraanvoer naar het VZM vanuit aangrenzende regionale watersystemen;
- ontwikkeling van scheepvaart en mate van inzet en bediening van het schutcomplex Krammer, waarbij de directe stuurknop in de benadering weer de zoutlek door het schutcomplex is;

6.1.4 *Beschikbaar instrumentarium*

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van recente relevante ontwikkelingen en aandachtspunten ten aanzien van de modellering van het VZM, aanvullend op wat al eerder benoemd is in paragraaf 5.4.

Het bakjesmodel van het Volkerak-Zoommeer dat gebruikt is om te verkennen hoe het waterbeheer van het meer kan reageren op klimaatverandering (Deltares,

2020¹⁵) lijkt in eerste instantie een geschikt instrument te vormen en zal voor deze opdracht worden gebruikt.

Als opdrachtnemer dit instrument ongeschikt acht kan er mits goed onderbouwd ervan afgeweken worden in afstemming met opdrachtgever.

De afgelopen jaren is een 3D D-HYDRO model van het Volkerak-Zoommeer ontwikkeld. Hieruit is geconcludeerd dat het model de zoutdynamiek kwalitatief goed beschrijft, maar dat de onzekerheid in de opgetreden zoutlek door de Krammersluizen gevolgen heeft voor een absolute, kwantitatieve toepassing. In het zuidelijke deel van het meer wordt de zoutdynamiek minder goed weergegeven vanwege het ontbreken van de opgetreden zoutlek via de Bathse Spuisluis (Deltares, 2021¹⁶).

Dit 3D model kan eventueel worden gebruikt ter ondersteuning van het bakiesmodel.

6.2 Gebied RMM

6.2.1 *Geografische afbakening*

Het gebied RMM betreft de (strategische) zoetwaterbuffers op het Haringvliet/Hollandsch Diep, het Brielse Meer, de Hollandsche IJssel, de Lek en (bij grote zeespiegelstijging) de Nederrijn.

6.2.2 *Doelvariabelen*

Voor de RMM zijn de volgende doelvariabelen voorgesteld conform het huidige waterbeheer (dat overeenkomt met de voorkeursstrategie):

1. Uur- of meeruursgemiddelde waterstand bij voor de voorkeursstrategie kritische inname- en afvoerlocaties en koppelpunten met naburige delen van het hoofdwatersysteem met een gewenste nauwkeurigheid van enkele decimeters;
2. Chlorideconcentratie bij voor de VKS kritische innamelocaties en maatgevende splitsingspunten en koppelpunten;
 - a. In termen van inlaatvensters (zonder windinvloed) binnen het getij bij belangrijke locaties in het advectieve deel van de RMM;
 - b. Meerdaagsgemiddeld bij belangrijke locaties in het dispersieve deel van de RMM;
 - c. Gewenste nauwkeurigheid in de strategische bufferzones tot enkele tientallen mg/l;
 - d. Gewenste nauwkeurigheid elders op basis van inlaatvenster, nog nader te definiëren;
3. Aanvoerdebieten richting de buffers van Hollandsche IJssel en Lek.

De RMM wordt gekenmerkt door processen op sterk verschillende schalen die tegelijk spelen en met elkaar wisselwerken (getijschaal t/m week tot maandschaal van de bovenstroomse takken) en door de interactie tussen hydraulica en verzilting. De hier genoemde doelvariabelen zijn uitgebreider dan die van de voorgaande gebieden. Dit heeft te maken met dit complexe karakter van dit gebied en de daarop ingestelde voorkeursstrategie. Het uiteindelijke rekenmodel kan desondanks

¹⁵ Deltares (2020). Klimaatrobustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer. Deltaresrapport 11203741-001-ZKS-0005.

¹⁶ Deltares (2021). Ontwikkeling zesde-generatie modelschematisatie D-HYDRO Volkerak-Zoommeer. Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltaresconceptrapport 11205259-007-ZKS-0008.

ook in dit geval meer rekenlocaties omvatten indien dat nodig is om de processen goed weer te geven die nodig zijn om de uitvoer te genereren.

De aanvoerdebieten via regionaal systeem (KWA) naar de buffers zitten in scope omdat bij hogere zeespiegel de verwachting is dat de waterbeschikbaarheid bovenstrooms uit de Lek en Waal niet meer onafhankelijk is van de zee-invloed. De directe zee-invloed kan bijvoorbeeld voorbij Tiel gaan reiken.

6.2.3 *Te variëren parameters*

Voor het gebied RMM zijn de volgende parameters reeds geïdentificeerd als van invloed voor de houdbaarheid van de voorkeursstrategieën. Wellicht zijn er aanvullende relevante stuurknoppen te bedenken:

- zeeniveau (vaste zichtwaarden voor zeespiegelstijging 0.5, 1, 2, 3 en 5 m), waarbij het zeeniveau (in combinatie met astronomisch getij) bepalend is de zoutindringing;
- bovenstroomse rivieraanvoer (Maas, Waal en Nederrijn);
- watervraag van de aan de RMM grenzende regionale watersystemen en naburige delen van het HWS (ARK-NZK en Volkerak-Zoommeer);
- wateraanvoer naar de RMM vanuit aangrenzende regionale watersystemen en naburige delen van het HWS (ARK-NZK en Volkerak-Zoommeer);

6.2.4 *Beschikbaar instrumentarium*

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van recente relevante ontwikkelingen en aandachtspunten ten aanzien van de zoutmodellering in de RMM, aanvullend op wat al eerder benoemd is in paragraaf 5.4.

In de eerste helft van 2021 is een verkenning uitgevoerd door HKV naar de geschiktheid van SOBEK3-RMM en SOBEK3-LSM wat de positie van de bovenstroomse randen betreft. Bij hoge zeespiegelstijgingen (ongeveer 3 m en hoger) is gevonden dat de zee-invloed de bovenstroomse randen van SOBEK3-RMM bereikt en dat ze daarom verlegd moeten worden. Om de rekentijd niet onnodig en onwenselijk lang maakt zijn twee schematisaties gemaakt:

- Een versie incl. splitsingspunten: RMM, Volkerak-Zoommeer, Grevelingen, Oosterschelde, en de Rijntakken en Maas tot de landsgrens.
- Een versie excl. splitsingspunten: RMM, Volkerak-Zoommeer, Grevelingen, Oosterschelde, en de Rijntakken en Maas tot aan IJsselkop, de Pannerdensche Kop en Mook.

Deze schematisaties worden in de zomer 2021 door HKV opgeleverd. Naar aanleiding ervan komen ook aanbevelingen t.a.v. een eventuele actualisatie van de vigerende LSM3 schematisatie.

Daarnaast heeft de reeds genoemde verkenning geleid tot nieuwe inzichten ten aanzien van de stabiliteit van SOBEK 3 RMM onder (extreme) zeespiegelstijging.

Als opdrachtnemer dit instrument ongeschikt acht kan er mits goed onderbouwd ervan afgeweken worden in afstemming met opdrachtgever.

De afgelopen 2 jaar is gewerkt aan de opzet van het 6^e generatie 3D RMM model. Een definitieve kalibratie is voorzien voor 2021 maar de voorlopige resultaten, waar het zoutindringing betreft, zijn al erg goed te noemen en aanmerkelijk beter dan resultaten van voorlopers van dit model (Zeedelta van RWS; OSR van het Rotterdams Havenbedrijf) (Deltares, 2020¹⁷). Eind 2021 komt er een verder

¹⁷ Deltares(2020). D-HYDRO RijnMaasMonding 3D; Zoutindringing in de Nieuwe Waterweg. Werkzaamheden 2020. Deltaresrapport 11205258-016-ZWS-0003.

gevalideerde en daarom goed bruikbare eerste versie van het D-Hydro RMM model beschikbaar, met bijbehorende D-Hydro software. De ruimtelijke schematisatie van D-HYDRO RMM 3D heeft als bovenstroomse randen Hagestein (Lek), Tiel (Waal) en Lith (Maas).

Dit 3D model kan eventueel worden gebruikt ter ondersteuning van de SOBEK3 (of anders gekozen) benadering.

6.3 Gebied ARK

6.3.1 *Geografische afbakening*

Het gebied ARK bevat de (strategische) zoetwaterbuffer op de Amsterdam-Rijnkanaal Noordpand; er bestaat daarnaast een indirecte relatie met de (strategische) zoetwaterbuffers op de Hollandse IJssel (via de Kleinschalige Wateraanvoer, KWA) en het Markermeer (via een verbinding met het ARK).

6.3.2 *Doelvariabelen*

Voor het ARK-NZK zijn de volgende doelvariabelen voorgesteld conform het huidige waterbeheer (dat overeenkomt met de voorkeursstrategie):

1. Meerdaagsgemiddeld peil, met gewenste nauwkeurigheid van enkele centimeters;
2. Meersdaagsgemiddelde chlorideconcentratie bij locaties representatief voor de verschillende delen van het systeem (bijv. Velserskom, IJ, zone Diemen-Weesp, Nieuwersluis, etc.) met gewenste nauwkeurigheid van enkele tientallen mg/l. De concentraties op het ARK zijn representatief voor de dieptegemiddelde zoutverspreiding op het ARK, concentraties op het NZK representatief voor de uitwisselingsfluxen van chloride met zee, ARK en Markermeer.

Deze doelvariabelen zijn de minimale uitvoerset i.k.v. de rekenaanpak, maar het model zal meer omvatten. Vooral voor chloride is de koppeling tussen deze grootheden en systeemwerking relevant en is een relatie vereist tussen condities op genoemde locaties en condities bij andere koppelpunten en kritische punten binnen het systeem. Zo is het nodig om, naast chloride bij monding ARK en Oranjesluizen, ook te weten wat de chloride (en de verticale verdeling) bij IJmuiden is (t.b.v. inschatting van de zoutuitwisseling tussen Noordzee en NZK via sluizen en Selectieve Onttrekking) en is het van belang te weten of de relatie tussen Diemen en impactlocaties ten zuiden daarvan robuust is voor zeespiegelstijging, bijvoorbeeld voor de situatie dat chloride ook via het Lekkanaal het systeem binnen komt.

6.3.3 *Te variëren parameters*

De voor het gebied ARK te variëren parameters zijn in ieder geval:

- zeeniveau (vaste zichtwaarden voor zeespiegelstijging 0.5, 1, 2, 3 en 5 m), waarbij het zeeniveau bepalend is voor de zoutlek door het schutcomplex IJmuiden;
- zoetwataaraanvoer vanuit de Nederrijn-Lek en Waal;
- watervraag van aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS vanuit het ARK-NZK, inclusief mogelijke uitwisselingen met het Markermeer;
- wateraanvoer vanuit aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS naar het ARK-NZK, inclusief mogelijke uitwisselingen met het Markermeer;

- ontwikkeling van scheepvaart en mate van inzet en bediening van het schutcomplex IJmuiden, waarbij de directe stuurknop in de benadering weer de zoutlek door het schutcomplex IJmuiden is;
- eventuele inzet van (zoutlekbeperkende) maatregelen op het ARK-NZK.

6.3.4 *Beschikbaar instrumentarium*

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van recente relevante ontwikkelingen en aandachtspunten ten aanzien van de modellering van het ARK, aanvullend op wat al eerder benoemd is in paragraaf 5.4.

Er bestaat een 1D SOBEK model en een 3D D-HYDRO model van het ARK-NZK. Wat het 1D SOBEK-model betreft is geconcludeerd dat het model bruikbaar is voor waterstanden, maar niet voor het simuleren van zoutverspreiding noch chlorideconcentraties (Deltares, 2016¹⁸).

Uit de ervaring van bakjesmodellen in andere soortgelijke systemen ligt een bakjesbenadering in het ARK voor de hand, met als aandachtspunt de extra complexiteit van de gelaagdheid in het NZK. Als opdrachtnemer deze benadering ongeschikt acht kan er mits goed onderbouwd ervan afgeweken worden in afstemming met opdrachtgever.

Voor het 3D model is geconcludeerd dat het model geschikt is voor het simuleren van 3D waterbeweging en 3D stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden, en het berekenen van relatieve effecten op zout(indringing) en temperatuur. Over dat laatste is geconstateerd dat de absolute zoutwaardes in het oostelijke gedeelte van het NZK en op het ARK overschat worden. In het algemeen is geconcludeerd dat de kwaliteit van het model sterk afhankelijk is van de kwaliteit van de onderliggende waterbalans. Hiervoor is in de ontwikkeling gebruik gemaakt van berekeningsresultaten van het (1D) Boezemmodel van Waternet (Deltares, 2020¹⁹).

Dit 3D model kan eventueel worden gebruikt ter ondersteuning van de bakjesbenadering.

6.4 **Gebied IJM**

6.4.1 *Geografische afbakening*

Het gebied IJM bevat de (strategische) zoetwaterbuffers op het Markermeer, dat in verbinding staat met het ARK via de Oranjesluizen en gemaal Zeeburg, en op het IJsselmeer dat in verbinding staat met het Markermeer.

6.4.2 *Doelvariabelen*

Voor het IJsselmeergebied zijn voorlopig de volgende doelvariabelen voorgesteld, met een eerste indicatie van gewenste nauwkeurigheid, conform het huidige waterbeheer (dat overeenkomt met de voorkeursstrategie):

1. Meerdaagsgemiddeld peilen Markermeer en IJsselmeer met gewenste nauwkeurigheid van enkele centimeters;

¹⁸ Deltares (2016). Hydrodynamische modellering van het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. Ontwikkeling en validatie SOBEK 3 en Delft3D model. Deltaresrapport 1230071-008-ZWS-0002.

¹⁹ Deltares (2020). Ontwikkeling zesde-generatie 3D Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal model. Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltaresrapport 11205258-011-ZWS-0004.

2. Meerdaagsgemiddelde chlorideconcentraties in zones representatief voor de verschillende delen van de systemen IJsselmeer en Markermeer – gewenste nauwkeurigheid van enkele tientallen mg/l.

De genoemde peilen zijn relevant voor de bepaling van de impact op aan-/afvoerlocaties naar/van de regionale watersystemen. Aangezien KP ZSS geen kennis over het windklimaat gaat ontwikkelen, worden waterstanden (in de systeemwerking een gecombineerd effect van meerpeil en wind) niet bepaald. Hooguit kan een indicatieve windinvloed op peil worden toegevoegd aan de hand van empirische (statistische) informatie over de nu bekende wind-gedreven variabiliteit.

Naast deze doelvariabelen zal het model meer omvatten, zoals ook uit de verrijkte effectketen blijkt. Vooral voor chloride is de koppeling tussen deze grootheden en systeemwerking relevant en is een relatie vereist tussen condities op genoemde locaties en condities bij koppelpunten en kritische punten elders binnen het systeem. Zo kan het nodig zijn om, naast gemiddelde chloride per bekken, ook te weten wat de chloride nabij de Afsluitdijk is (t.b.v. inschatting van de zoutuitwisseling tussen zee en IJsselmeer via scheepssluisen en spuien/gemalen). Ook is het van belang te weten of de relatie tussen bekkengemiddelde en systeemtoestand bij impactlocaties zoals Andijk robuust is voor zeespiegelstijging: zodra chloride bijv. ook via NZK ('wat als vraag') het Markermeer en daarna het IJsselmeer binnen komt, kan die systeemrelatie veranderen.

6.4.3

Te variëren parameters

De voor het gebied IJM reeds geïdentificeerde parameters waaraan gedraaid zal worden zijn in ieder geval:

- Wat betreft het Markermeer:
 - zoetwateraanvoer vanuit de Vecht;
 - watervraag van aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS vanuit het Markermeer, inclusief mogelijke uitwisselingen met het IJsselmeer en het ARK;
 - wateraanvoer vanuit aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS naar het Markermeer, inclusief mogelijke uitwisselingen met het IJsselmeer en het ARK;
- Wat betreft het IJsselmeer:
 - zeeniveau (vaste zichtwaarden voor zeespiegelstijging 0.5, 1, 2, 3 en 5 m), waarbij het zeeniveau bepalend is voor de zoutlek door de schut- en spuicomplexen van de Afsluitdijk;
 - zoetwateraanvoer vanuit de IJssel;
 - watervraag van aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS vanuit het IJsselmeer, inclusief mogelijke uitwisselingen met het Markermeer;
 - wateraanvoer vanuit aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS naar het IJsselmeer, inclusief mogelijke uitwisselingen met het Markermeer;
 - ontwikkeling van scheepvaart en mate van inzet en bediening van de schutcomplexen Den Oever en Kornwerderzand, waarbij de directe stuurknop in de benadering weer de zoutlek door de schutcomplexen is.
 - eventuele inzet van zoutaanvoer maatregelen bij de Afsluitdijk.

6.4.4 *Beschikbaar instrumentarium*

Hieronder wordt een samenvatting gegeven van recente relevante ontwikkelingen en aandachtspunten ten aanzien van de modellering van het IJsselmeergebied, aanvullend op wat al eerder benoemd is in paragraaf 5.4.

In minstens één eerdere studie ten aanzien van de toekomstbestendigheid van het IJsselmeer en het Markermeer is gebruikt gemaakt van een bakjesmodelbenadering (KWR, 2009²⁰). Het IJsselmeer is toen gemodelleerd met meerdere bakjes, het Markermeer maar met ééntje. Met beide modellen is toen gelukt om de langjarige respons van de systemen goed weer te geven om daarna inzichtelijk te maken hoe de meren zouden kunnen reageren op klimaatverandering. De aanpak en de manier waarop de gebruikte coëfficiënten zijn bepaald is toen goed gedocumenteerd. Gelet op de eerder genoemde uitgangspunten ligt het voor de hand om in deze opdracht gebruik te maken van deze eerdere ervaring en soortgelijke bakjesmodellen opnieuw op te stellen. Wellicht moet voor beide systemen gebruik worden gemaakt van een schematisatie met meer dan één bak. Of de Veluwemeren ook onderdeel moeten maken van de gekozen schematisatie staat open.

Als opdrachtnemer deze bakjesmodelbenadering ongeschikt acht, kan er mits goed onderbouwd ervan afgeweken worden in afstemming met opdrachtgever.

Daarnaast bestaan er 3D D-HYDRO modellen van zowel het IJsselmeer (Deltares, 2020²¹), het Markermeer (Deltares, 2020²²), als de Veluwerandmeren (Deltares, 2021²³). Het 3D model van het IJsselmeer geeft de zoutverspreiding kwalitatief goed weer maar wijkt systematisch af van metingen, zonder dat de oorzaak hiervan tot nu toe is vastgesteld. Het 3D model van het Markermeer geeft de stromingspatronen redelijk goed weer. Er heeft nog geen vergelijking van de verspreiding van zout plaatsgevonden. Het 3D model van de Veluwerandmeren is op dit moment maar een testversie afgeleid uit een 2D model.

Deze 3D modellen kunnen eventueel worden gebruikt ter ondersteuning van het bakjesmodel (KWR, 2009).

6.5 **Bovenregionaal waterverdeelstelsel**

6.5.1 *Geografische afbakening*

Het bovenregionale waterverdeelstelsel bevat het deel van de riviertakken dat zich benedenstrooms van de Nederlandse landgrenzen bevindt, en bovenstrooms van de 4 gebieden van interesse.

6.5.2 *Doelvariabelen*

Voor het bovenregionale waterverdeelstelsel worden de volgende doelvariabelen voorgesteld als vertrekpunt:

1. (zoet)wateraanvoer richting het IJsselmeergebied via de IJssel;

²⁰ KWR (2009). Drinkwaterfunctie Markermeer en verzilting IJsselmeergebied. KWR rapport BTO 2009.041(s).

²¹ Deltares(2020). D-HYDRO deelmodel IJsselmeer. Modelbouw, eerste modelresultaten waterstanden in 2DH en zoutverspreiding in 3D. Deltaresrapport 11205258-008-ZWS-0005.

²² Deltares(2020). D-HYDRO model Markermeer. 3D hydrodynamica: modelopzet en verificatie. Deltares rapport 11205258-015-ZWS-0007.

²³ Deltares(2021). Verbeteringen/wijzigingen zesde-generatie D-Flow FM model Veluwerandmeren. Deltares memo 11205258-010-ZWS-0007.

2. (zoet)wateraanvoer richting de Rijn-Maasmonding en het Volkerak-Zoommeer via Maas, Waal en Nederrijn/Lek;
3. (zoet)wateraanvoer richting het Amsterdam-Rijnkanaal;
4. (Proxy voor) vaardieptes over geaggregeerde trajecten t.b.v. indicatieve doeleinden;
5. Chlorideconcentraties zijn in dit gebied niet relevant.

De tijdschalen en nauwkeurigheid van deze doelvariabelen zijn op dit moment nog niet met meer details vast te stellen maar hebben vermoedelijk te maken met de tijdschalen die vanuit de 4 benedenstroomse zoetwaterbuffers en –zones nodig blijken.

6.5.3 *Te variëren parameters*

De voor het bovenregionale waterverdeelstelsel reeds geïdentificeerde parameters waaraan gedraaid zal worden zijn in ieder geval:

- zoetwateraanvoer vanuit de bovenstroomse landen op Maas en Rijn;
- watervraag van de 4 benedenstroomse zoetwaterbuffers en –zones vanuit het bovenregionale waterverdeelstelsel;
- watervraag van aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS vanuit het bovenregionale waterverdeelstelsel;
- wateraanvoer vanuit aangrenzende regionale watersystemen en aangrenzende delen van het HWS naar het bovenregionale waterverdeelstelsel;
- "virtuele kraan," oftewel de mogelijkheid om de waterverdeling (binnen het bestaande riviernetwerk) aan te passen, in ieder geval binnen maar wellicht ook buiten de mogelijkheden met de bestaande infrastructuur.

6.5.4 *Beschikbaar instrumentarium*

In paragraaf 5.4 is een (niet-uitputtend) overzicht gegeven van een aantal bestaande modellen die wellicht een rol kunnen spelen in de systeemanalyse van het bovenregionale waterverdeelstelsel. Daarnaast weet Opdrachtgever ook van het bestaan van [RIBASIM](#) (RIVER BASin SIMulation), een instrumentarium voor verkenningen op het schaalniveau van een stroomgebied.

Opdrachtgever kan op dit moment niet aangeven in welke mate de verschillende modellen geschikt zijn.

Opdrachtnemer dient een onderbouwd voorstel te doen voor een modelbenadering (binnen of buiten deze lijst) waarmee kan worden voldaan aan de eisen die in dit hoofdstuk en in de rest van dit programma van eisen worden gesteld.

7 Specifieke eisen t.a.v. de modeluitkomsten en het beheer ervan in de regionale systeemverkenningen

In paragraaf 4.4 wordt aangegeven welke inzichten de systeemanalyses en onderliggende modelsimulaties moeten leveren:

- Naar welke evenwichtssituatie (*states*) de te onderzoeken systemen neigen gegeven de verschillende relevante combinaties van constante *drivers* (ZSS, klimaat, economische ontwikkelingen, etc.) en *pressures* (gebruiksfuncties en bijbehorende waterbehoeften);
- In hoeverre de evenwichtssituatie nog steeds aan de eisen voldoet die vanuit de VKS worden gesteld;
- Met welke tijdschalen de systemen zich verplaatsen naar hun evenwichtssituaties;
- Hoe deze tijdschalen zich verhouden tot de relevante tijdschalen van de verschillende gebruiksfuncties vanuit wetgeving, regels en afspraken (denk bijv. aan jaargemiddelde chlorideconcentratie van maximaal 150 mg/L bij een drinkwaterinnamepunt; een tijdelijke verhoging boven 150 mg/L gedurende 60 dagen moeten drinkwaterbedrijven kunnen overbruggen; maximale chlorideconcentratie van 450 mg/L tijdens het groeiseizoen bij innamepunten voor de landbouw);
- Gegeven verschillende combinaties van *drivers* (ZSS, klimaat, economische ontwikkelingen, etc.) en *pressures*, hoe lang hebben de systemen nodig om zich te herstellen;
- Hoe lang kunnen welke gebruiksfuncties nog steeds worden bediend bij ongunstige omstandigheden voordat een buffer waterstaatkundig 'faalt'.
- Ook de inverse vragen zijn van belang: Bijvoorbeeld hoeveel additioneel doorspoeldebiet of verlichting van een bepaalde *pressure* of het aanpassen van bepaalde systeemp parameters (bellenschermen, peilgrenzen) zou opleveren in termen van prestatie of robuustheid van een buffer.

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op een aantal reeds geïdentificeerde doelvariabelen, d.w.z. de grootheden waarover aan de hand van de modelsimulaties uitspraken zullen worden gedaan.

7.1 Modelsimulaties en -uitvoer

De uitgevoerde modelsimulaties zullen in ieder geval aan de volgende eisen voldoen:

- De simulaties zijn voldoende gedocumenteerd dat ze herleidbaar en reproduceerbaar zijn:
 - het is helder en eenduidig welke invoer en parameters gebruikt zijn bij de verschillende simulaties;
 - de aannames waaraan de invoer en parameters ten grondslag liggen staat gedocumenteerd;
- De in hoofdstuk 6 geïdentificeerd doelvariabelen maken onderdeel uit de uitvoervariabelen die de modellen genereren.

7.2 Bewerking van de modeluitvoer

De modeluitvoer zal bewerkt worden zodat het daarmee mogelijk wordt om de informatie genoemd in paragraaf 4.4 af te leiden en de grijze matrix van Figuur 5 op te stellen.

Gelet op het presenteren en rapporteren van de resultaten zal in de bewerking worden gezocht naar manieren om de relevante indicatoren op een eenduidige en begrijpelijke wijze te visualiseren en te duiden. Denk bijvoorbeeld aan:

- Trends en evenwichtssituaties van de systemen onder doorgerekende combinaties van omstandigheden;
- Bijdragen van de verschillende *pressures* hierin;
- Tijdschalen van belang voor het uitputten en het herstellen van de systemen.

De bewerking zal streven om zoveel mogelijk kwantitatieve inzichten te leveren over onzekerheden. Denk bijvoorbeeld aan:

- De gevoeligheid van de verschillende indicatoren voor de meest onzekere modelparameters.

7.3

Opslag en beheer van modelresultaten

Deze opdracht maakt onderdeel uit van de eerste fase van de regionale systeemverkenningen. Er wordt voorzien dat er in het kader van een verdiepingsfase (buiten deze opdracht) behoefte zal zijn aan een aanvullende analyse van de modelsimulaties uit de 1^e fase. Daarom moet er in deze aandacht worden besteed aan de opslag en het beheer van de modelresultaten in een gestructureerd beheersysteem. In de vraagspecificatie (bijlage A) wordt naar het beheersysteem verwezen met het woord 'database.'

Het beheersysteem zal aan de volgende eisen voldoen:

- De mogelijkheid bieden om uitgevoerde simulaties opnieuw uit te voeren, door het opslaan van alle benodigde invoerbestanden en -parameters;
- Het opslaan van de bewerkte modelresultaten en indicatoren afgeleid uit de modelsimulaties;
- Het opslaan van de benodigde scripts en bewerkingstools om de bewerkte modelresultaten en indicatoren opnieuw af te leiden uit modelsimulaties;
- Het documenteren van het beheersysteem op een voldoende manier dat Opdrachtgever of derden in opdracht van Opdrachtgever in de toekomst het beheersysteem kunnen overnemen en gebruiken.