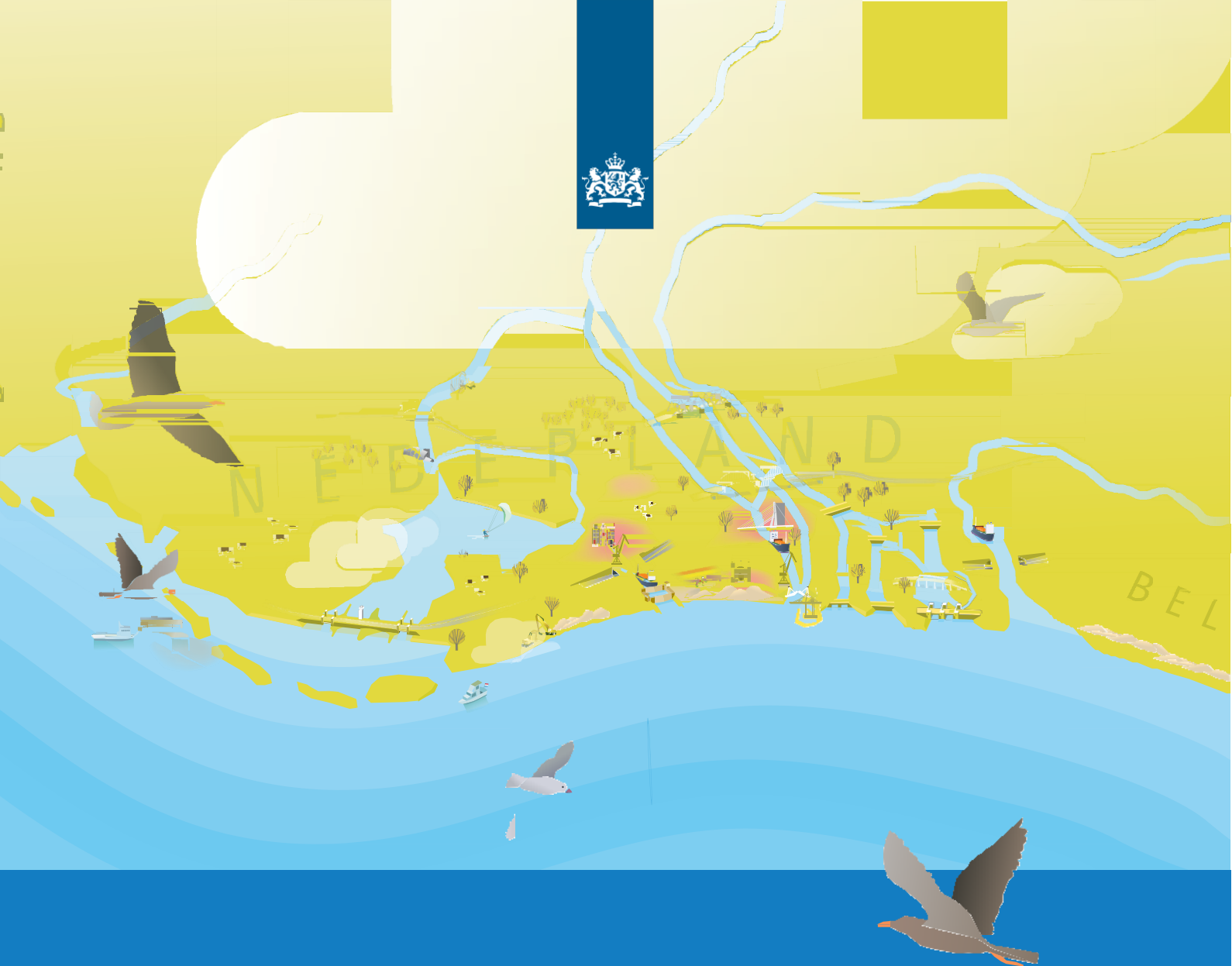




Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium Spoor 2 Systeemverkenningen Zoetwater





Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium Spoor 2 Systeemverkenningen Zoetwater

Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Systeemverkenningen Zoetwater



Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Systeemverkenningen Zoetwater

Auteur(s)

Arno Nolte

Sophie Vergouwen

Audrey Legat

David Geurts

Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Systeemverkenningen Zoetwater

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	dr. Meinte Blaas (RWS WVL)
Referenties	KPP 2020 – Waterverdeling en verzilting KPP 2021 – Systeemverkenningen zeespiegelstijging
Trefwoorden	Zoetwater, zoetwatervoorziening, zeespiegelstijging, modellering, good modelling practice

Documentgegevens

Versie	0.5
Datum	18-03-2021
Projectnummer	11205272-018
Document ID	11205272-018-ZWS-0014
Pagina's	68 (exclusief bijlagen)
Classificatie	
Status	definitief

Auteurs

	Arno Nolte	
	Sophie Vergouwen	
	Audrey Legat	
	David Geurts	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.5	Arno Nolte 	Bennie Minnema 	Hanneke van der Klis 	
	Sophie Vergouwen			
	Audrey Legat			
	David Geurts			

Samenvatting

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP ZSS) ontwikkelt kennis om Nederland voor te bereiden op een eventueel versnelde (tot 5 m) zeespiegelstijging. Het KP ZSS levert die kennis aan ten behoeve van de volgende zes-jaarlijkse herijking van het Deltaprogramma (DP2027). Spoor 2 'Systeemverkenningen' richt zich binnen het KP ZSS op de houdbaarheid en oprekbaarheid van de huidige voorkeursstrategieën voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening (verziltingsproblematiek). Het onderdeel Systeemverkenningen Zoetwater doet dat voor de zoetwatervoorziening in vier sleutelgebieden gelieerd aan de strategische zoetwaterbuffers uit de Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem: 1) Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer), 2) Rijn-Maasmonding, 3) Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal, 4) IJsselmeergebied (IJsselmeer, Markermeer) en daarnaast voor de landelijke rivieraanvoer en bovenregionale waterverdeling.

In de aanloop naar het KP ZSS zijn kennisvragen over de effecten van (extreme) zeespiegelstijging verzameld. Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd om:

1. De kennisvragen die door het KP ZSS beantwoord gaan worden (en welke niet), te concretiseren en prioriteren.
2. Een aanzet te doen voor het modelinstrumentarium dat geschikt is voor de beantwoording van deze kennisvragen.

Voor ieder van de vier gebieden zijn twee gebiedssessies met regionale partners georganiseerd om de kennisvragen aan te vullen en aan te scherpen, om consistentie met regionale of anderszins relevante kennisagenda's aan te brengen en om kennisvragen te prioriteren. Op basis van de fysische werking van het watersysteem en de eisen of wensen die die de voorkeursstrategie Zoetwater en gebruiksfuncties aan het watersysteem stellen, zijn doelvariabelen voorgesteld. Doelvariabelen zijn de waterstand en de chlorideconcentratie op kritische (inname- en afvoer)locaties en andere maatgevende punten en op een relevante tijdschaal. Vervolgens zijn de kennisvragen om de doelvariabelen met voldoende nauwkeurigheid te berekenen, ingedeeld in vijf categorieën, te weten kennisvragen over (de ontwikkeling van):

- Waterstand, chlorideconcentratie en zoetwaterbeschikbaarheid in de strategische zoetwaterbuffers
- Watervraag van de omliggende gebieden incl. doorspoelbehoefte door zoute kwel
- Debiet en zoutvracht door de kunstwerken
- Zoute kwel naar het Hoofdwatersysteem
- Randvoorwaarden in het rivierengebied (aanvoer internationale stroomgebieden en landelijke waterverdeling) en zeespiegelstijging op de Noordzee

Vrijwel alle kennisvragen zijn gerelateerd aan de fysische grootheid chlorideconcentratie. Het aantal kennisvragen gerelateerd aan de fysische grootheid waterstand is gering. De aanvoer vanuit het riviersysteem is voor alle gebieden van belang evenals zoute kwel naar het Hoofdwatersysteem en/of naar de regionale watersystemen. Geconcludeerd wordt dat er geen fundamentele kennisleemtes naar voren zijn gekomen. Kennisvragen zijn vooral gericht op het omgaan met onzekerheden in de toepassing van het modelinstrumentarium en de duiding van de modelresultaten.

Voor het modelinstrumentarium wordt een modulaire opbouw voorgesteld. Uit een inventarisatie en geschiktheidstoetsing van beschikbare modules blijkt dat een groot deel van de modules beschikbaar is voor toepassing in een gevoeligheidsanalyse, eventueel na een relatief kleine aanpassing en/of modeltesten. Voor de gevoeligheidsanalyse voor verzilting van het Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal moet een nieuw model ontwikkeld worden. Voor alle gebieden wordt aanbevolen om de beschikbare, meer generiek toepasbare 3D modellen te benutten voor vergelijking en duiding van de resultaten uit de gebiedsmodellen die specifiek gericht zijn op de gevoeligheidsanalyses binnen het KP ZSS.

De in dit rapport gepresenteerde resultaten worden – in combinatie en samenhang met andere inzichten, uitgangspunten en randvoorwaarden – begin 2021 door Rijkswaterstaat verwerkt in een onderzoeksagenda en in een programma van eisen voor het modelinstrumentarium.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Positie van dit rapport in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging	8
1.1	Aanleiding en doelstelling van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging	8
1.2	Opzet van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging in vijf sporen	8
1.3	Doelstelling spoor 2 Systeemverkenningen	9
1.4	Uitgangspunten Systeemverkenningen Zoetwater	10
1.5	Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium Systeemverkenningen Zoetwater (dit rapport)	13
1.6	Leeswijzer	14
2	Aanpak en opzet vraagarticulatieproces	15
2.1	Algemeen	15
2.2	Stappen	16
2.3	Stap 1: Afstemmen en complementeren van de kennisvragen met de gebiedsgroepen	17
2.4	Stap 2. Gezamenlijk prioriteren kennisvragen en aanzet modelinstrumentarium	18
2.5	Stap 3: Vastlegging	21
3	Overzicht en prioritering kennisvragen gebieden	22
3.1	Voorkeursstrategie en systeemwerking strategische zoetwaterbuffers	22
	Voorkeursstrategie	22
	Systeemwerking strategische zoetwaterbuffers	24
3.2	Structureren kennisvragen op basis van systeemwerking	25
3.3	Geprioriteerde kennisvragen per gebied	27
	Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer)	27
	Rijn-Maasmonding	28
	Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal	29
	IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer)	30
3.4	Synthese	32
4	Aanzet tot programma van eisen modelinstrumentarium	34
4.1	Algemene overwegingen en uitgangspunten	34
4.2	Gevoeligheidsanalyses: Aanpak en verwachte resultaat	35
	Inzetbaarheid Nationaal Water Model	37
4.3	Modulaire opbouw	38
4.4	Module landelijke waterverdeling en bovenregionale uitwisseling	39
4.5	Module waterstanden (getij) en chlorideconcentratie zee en getijwateren	39
4.6	Module landsbreed model voor zoute kwel en doorspoelbehoefte	41

4.7	Module zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen)	42
4.8	Module gebiedsmodel voor Volkerak-Zoommeer	44
4.9	Module gebiedsmodel voor ARK-NZK	47
4.10	Module gebiedsmodel voor IJsselmeer-Markermeer	51
4.11	Module gebiedsmodel voor Rijn-Maasmonding	55
4.12	Module voor postprocessing en visualisatie	58
5	Samenvattende conclusies en vervolgstappen	59
5.1	Reflectie op het vraagarticulatieproces	59
5.2	Structurering en beoordeling kennisvragen	59
5.3	Aanzet tot programma van eisen modelinstrumentarium	61
6	Referenties	65
A	Memo's vraagarticulatie gebieden	69
A.1	Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer)	69
A.2	Rijn-Maasmonding	70
A.3	Amsterdam-Rijnkanaal Noordzeekanaal (ARK-NZK)	71
A.4	IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer)	72

1 Positie van dit rapport in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

1.1 Aanleiding en doelstelling van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging

Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging (KP ZSS) komt voort uit de periode vlak voor de 1^e herijking van het Deltaprogramma (2018-2019). In 2017 is door de Signaalgroep bestaande uit inhoudelijke experts van KNMI, PBL, Deltares, WUR, Rijkswaterstaat en CBS het signaal van mogelijke versnelling van de mondiale zeespiegelstijging afgegeven. Vanwege de constatering dat er kennisleemtes zijn voor het omgaan met (extreme) zeespiegelstijging, is in 2019 het Kennisprogramma Zeespiegelstijging gestart. De opdracht aan het KP ZSS is om de komende jaren kennis en inzichten te ontwikkelen als input voor beslisinformatie voor de volgende zes-jaarlijkse herijking van het Deltaprogramma, die wordt opgenomen in het Deltaprogramma 2027. Het kennisprogramma loopt tot en met 2025. Over de voortgang wordt ieder jaar gerapporteerd in het Deltaprogramma.

Wat is het kennisprogramma zeespiegelstijging?

- <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/vraag-en-antwoord/wat-is-het-kennisprogramma-zeespiegelstijging>

Het kennisprogramma zeespiegelstijging richt zich primair op de effecten van zeespiegelstijging op de waterveiligheid (kustfundament, waterkeringen) en de zoetwatervoorziening (verziltingsproblematiek). Maar ook de effecten op onze economie (met name havens/scheepvaart), het ruimtegebruik (onder andere wonen, recreatie), landbouw en natuur/ecologie worden in het onderzoek meegenomen. Het kennisprogramma zeespiegelstijging heeft de volgende doelen:

- De onzekerheden over de ontwikkelingen op Antarctica en de daarmee samenhangende zeespiegelstijging voor Nederland zo veel mogelijk verkleinen.
- In beeld krijgen in hoeverre de huidige deltabeslissingen en voorkeursstrategieën houdbaar en oprekbaar zijn om ook bij meer extreme zeespiegelstijging het kustfundament, de waterkeringen en de zoetwatervoorziening op orde te houden.
- Verkennen wat de verschillende handelingsperspectieven kunnen zijn na 2100.

Link voor meer informatie:

- <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/kennisontwikkeling/zeespiegelstijging>

1.2 Opzet van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging in vijf sporen

Overgenomen uit (met kleine aanpassing voor Spoor 2):

- <https://www.deltaprogramma.nl/deltaprogramma/documenten/publicaties/2019/09/17/brochure-kennisprogramma-zeespiegelstijging> (Brochure)

Het Kennisprogramma ordent de belangrijkste kennisvragen langs vijf sporen:

Spoor 1. Onderzoek en kennis zeespiegelstijging: Wat kunnen we verwachten?

Nederland volgt het internationale (fundamentele) onderzoek naar de zeespiegelstijging op de voet. Vooral de invloed die Antarctica heeft op de zeespiegelstijging krijgt hierbij aandacht. Er wordt voortdurend nagedacht over de wijze waarop we vanuit onze expertise (bijvoorbeeld modellering van ijskappen) het beste bij kunnen dragen aan het onderzoek en het belang voor onze delta. Centrale vragen hierbij zijn: welke mechanismen spelen op Antarctica, wat zijn de effecten daarvan op de snelheid van de wereldwijde zeespiegelstijging en wat zal de regionale impact zijn langs onze Noordzeekust? De verwachting is dat de onzekerheid de

komende jaren niet volledig wordt weggenomen. Het doel is om op elk moment aangesloten te zijn op de best beschikbare kennis en deze te kunnen vertalen naar de Nederlandse situatie.

Spoor 2. Systeemverkenningen: wat is de houdbaarheid van de voorkeursstrategieën?

Het functioneren van de huidige voorkeursstrategieën van het Deltaprogramma voor kust, hoogwaterveiligheid en zoetwater hangt af van de werking van het beheerde watersysteem en hoe die systeemwerking reageert op extreme condities vanuit zee en rivieren. Het kennisprogramma Spoor 2 zal daarom beter in kaart brengen wat verschillende zeespiegelscenario's betekenen voor de werking van het zandige systeem van kust en rivieren, voor de waterkeringen en stormvloedkeringen, voor de zoetwaterbeschikbaarheid en hoe dit doorwerkt op gebruiksfuncties en ruimtegebruik (zoals de landbouw, natuur en scheepvaart). Vervolgens brengt Spoor 2 beter in kaart welke maatregelen denkbaar en effectief zijn om de houdbaarheid van de voorkeursstrategieën te versterken.

Spoor 3. Signaleringsmethodiek: hoe weten we wanneer we moeten handelen?

De methodiek Meten-Weten-Handelen van het Deltaprogramma wordt verder uitgewerkt. Het tijdig oppikken van signalen is van belang, omdat het realiseren van maatregelen veel tijd kost. Daarbij is het nodig om niet alleen lokale fysische metingen (bijvoorbeeld langs de Nederlandse kust) en modellen te benutten, maar ook andere relevante signalen zoals effecten en maatregelen in de rest van de wereld.

Spoor 4. Alternatieven en adaptatiepaden: handelingsperspectief voor de verre toekomst?

Het kennisprogramma heeft ook aandacht voor onzekerheden en scenario's voor de verre toekomst. De zeespiegel stijgt immers ook na 2100 nog. Dit spoor start met een analyse van plannen en initiatieven die er al liggen: wat valt hieruit te leren over mogelijke alternatieve strategieën voor de verre toekomst? Een keuze voor één bepaalde oplossingsrichting ligt de komende jaren niet voor de hand. Het onderzoek beoogt in beeld te krijgen welke "no regret" keuzes en maatregelen nu nodig zijn om kansrijke opties voor de verre toekomst open te houden.

Spoor 5. Implementatiestrategie

De zeespiegelstijging stelt ons naast technische ook voor sociale opgaven. Dit spoor onderzoekt kennisvragen rond governance, communicatie en transitie management. Wat betekent de onzekerheid rond het thema zeespiegelstijging voor de wijze van besluitvorming? Hoe ontstaat voldoende bewustzijn bij overheden, maatschappelijke organisaties en het publiek? Is er draagvlak voor maatregelen die de komende decennia mogelijk nodig zijn? Hoe kunnen we de kennis en creativiteit in de samenleving oproepen, is gedragsverandering nodig? Wat kunnen we leren van andere maatschappelijke opgaven en transities?

1.3 Doelstelling spoor 2 Systeemverkenningen

Spoor 2 van het KP ZSS gaat waterstaatkundige analyses uitvoeren ten aanzien van de houdbaarheid van de huidige en een aantal mogelijke alternatieve strategieën. Om deze analyses te kunnen uitvoeren zijn uitgangspunten nodig op de inhoudelijke gebieden van:

- Waterveiligheid: keringen en kunstwerken, dijken en duinen
- Zoetwater: zoetwater/verzilting en peilbeheer
- Morfologie van de Kust, Wadden en Westerschelde

Voor spoor 2 is aan Rijkswaterstaat gevraagd om een programma vorm te geven om met regionale partijen de effecten in beeld te brengen van een extreme belasting van het watersysteem. Om de waterstaatkundige effecten te bepalen zijn modelberekeningen voorzien. Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn:

Doel

Vergroten van waterstaatkundig inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeursstrategieën van het Deltaprogramma onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en inzicht in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel oprekbaar is.

Daarnaast heeft spoor 2 tot doel om waterstaatkundig inzicht te bieden in de houdbaarheid van een beperkt aantal mogelijke alternatieven (die worden opgesteld in Spoor 4) voor de huidige voorkeursstrategieën. Deze inzichten zullen worden meegegeven aan de herijking van Deltaprogramma 2026 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie na 2026.

Centrale vragen

- Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
- Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
- Hoe houdbaar zijn de geselecteerde alternatieve strategieën?

1.4 Uitgangspunten Systeemverkenningen Zoetwater

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. Hieronder worden de uitgangspunten relevant voor Zoetwater weergegeven.

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 (95% versie), 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 2 geldt deze als voorkeursstrategie en referentie. De essentie van de strategie is de kans op watertekorten te verkleinen door flexibel te sturen op strategische zoetwaterbuffers op basis van landelijk overzicht en real-time data. (DP2021: <https://dp2021.deltaprogramma.nl/>)

Procesmatige uitgangspunten

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 2 sluit aan bij de Deel-Deltaprogramma's conform de herijkingen, en stemt daarmee af voor wat betreft detailniveau van te beantwoorden kennisvragen. Dit geeft duidelijkheid aan de deel-deltaprogramma's wat wel en niet verwacht kan worden van het KP ZSS.

Inhoudelijke uitgangspunten

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

6. 'Houdbaarheid' wordt in spoor 2 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 2 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 judgement gewerkt.
10. Over de impact van andere factoren op de Voorkeurstrategie zoals ruimtelijke ordening, landbouw, economie, demografie, natuurontwikkeling, innovatie etc. doet Spoor 2 geen uitspraak¹.
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 2 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.

¹ Verandering in deze factoren kan – indien zij een substantieel effect heeft op Zoetwater – als gevoeligheidsanalyse (wat als?) meegenomen worden: "Wat is het effect op de houdbaarheid van de voorkeurstrategie als factor x met y% verandert?"

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, 2015).
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 2 het karakter van gevoeligheidsanalyses in plaats van scenario-analyses. Er kunnen met de uitkomsten van Spoor 2 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 worden gedaan over risico's in termen van 'kans maal gevolg'.
15. Spoor 2 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.

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 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 ook 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.

Aanvullend uitgangspunt: Wateroverlast door extreme neerslag buiten scope

Extreme neerslag is geïdentificeerd als een van de effecten van klimaatverandering. Extremere piekbuien op lokale of regionale schaal kunnen resulteren in wateroverlast als het regenwater niet opgevangen of snel genoeg afgevoerd wordt. Afvoer naar het hoofdwatersysteem kan door zeespiegelstijging beperkt worden als door een hoger peil in het hoofdwatersysteem de afvoercapaciteit van onder vrij verval afstromende wateren of onder vrij verval opererende kunstwerken afneemt.

Bij het begin van het vraagarticulatieproces was nog onduidelijk of wateroverlast door extreme neerslag in relatie tot afvoer van het regionale watersysteem naar het hoofdwatersysteem in scope is van het KP ZSS. Tijdens het vraagarticulatieproces is door Rijkswaterstaat besloten dat wateroverlast door extreme neerslag in regionale gebieden niet als onderdeel van het KP ZSS wordt opgenomen. De twee voornaamste overwegingen bij dit besluit zijn (1) dat neerslagscenario's consistent met de zeespiegelverandering op de tijdshorizon van het KP ZSS (voorbij 2100) niet voorhanden zijn en ook niet voorhanden zullen zijn de komende jaren en (2) dat een systematische landsbrede gevoeligheidsanalyse voor neerslag een complexe en uitvoerige exercitie vergt die de middelen van het KP ZSS ver zou overtreffen, terwijl er regionaal al aanknopingspunten in kennisontwikkeling zijn. (Zie volgende paragraaf.)

In de gebiedsmemo's die onder dit rapport liggen en die tijdens het vraagarticulatieproces zijn geschreven (Bijlage A), wordt de afvoerbehoefte voor extreme neerslag nog wel meegenomen, omdat het besluit toen nog niet genomen was. In dit rapport is echter afvoerbehoefte van regionale gebieden voor situaties van extreme neerslag niet meer opgenomen. De invloed van stijgende buitenwaterstanden op de houdbaarheid van de huidige regionale afvoerbehoefte is nog wel in scope, in die zin dat KP ZSS de informatie omtrent ontwikkeling van de buitenwaterstanden kan aanreiken aan regionaal waterbeheerders. Dat stelt hen in staat om, desgewenst, die inzichten te combineren met inzichten uit reeds bestaande regionale analyses zoals Toekomstbestendig ARK-NZK en de DPRA-stresstesten wateroverlast.

1.5 Vraagarticulatie en aanzet modelinstrumentarium Systeemverkenningen Zoetwater (dit rapport)

Uit voorgaande paragrafen blijkt dat de kaders en inbedding van het KP ZSS al ver gevorderd zijn. Rijkswaterstaat heeft Deltares gevraagd om een volgende stap te faciliteren bestaande uit 1) het concretiseren en prioriteren van kennisvragen die door het KP ZSS beantwoord gaan worden (en welke niet), en 2) het doen van een aanzet voor het modelinstrumentarium dat geschikt is voor de beantwoording van deze kennisvragen.

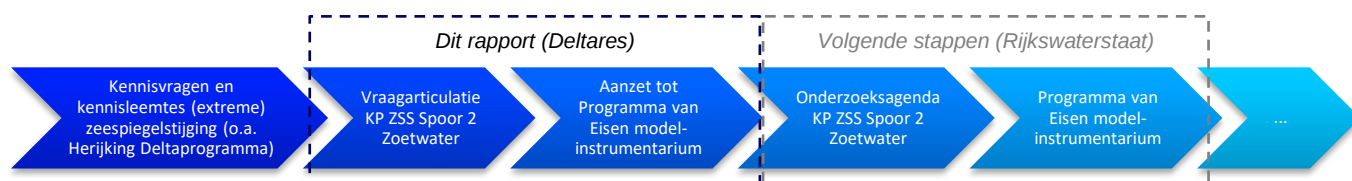
Betrokkenheid van regionale partners is een vereiste om een gedeeld en gedragen beeld te verkrijgen en als basis voor samenwerking gedurende de looptijd van het KP ZSS tot en met 2025. De regionale partners zijn ingedeeld in vier gebieden gelieerd aan de strategische zoetwaterbuffers:

- Zuidwestelijke Delta (strategische buffer Volkerak-Zoommeer)
- Rijn-Maasmonding (Lek, Hollandse IJssel, Haringvliet/Hollandsch Diep, Brielse Meer)
- Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal (Amsterdam-Rijnkanaal)
- IJsselmeergebied (IJsselmeer, Markermeer)

Dit rapport legt de resultaten van de in 2020 en begin 2021 gezette stappen vast. De resultaten bestaan uit:

- Update van de kennisagenda met onderbouwd overzicht van prioritering, aanscherping en bundeling van kennisvragen.
- Aanzet voor een "Programma van Eisen" voor te ontwikkelen model of modellen

De resultaten worden – in combinatie en samenhang met andere inzichten, uitgangspunten en randvoorwaarden – begin 2021 door Rijkswaterstaat verwerkt in een onderzoeksagenda en in een programma van eisen voor het modelinstrumentarium (Figuur 1.1). In de onderzoeksagenda worden geprioriteerde kennisvragen verder uitgewerkt tot een concrete onderzoeksaanpak. Het programma van eisen voor het modelinstrumentarium bevat alle informatie die nodig is om marktpartijen en kennisinstituten in te zetten voor de ontwikkeling en toepassing van het modelinstrumentarium.



Figuur 1.1 Positie van dit rapport in de stappen naar onderzoeksagenda en programma van eisen

1.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de opzet en aanpak van het vraagarticulatieproces. In Hoofdstuk 3 worden de geprioriteerde kennisvragen per gebied samengevat en geanalyseerd op overeenkomsten en verschillen. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van het beoogde modelinstrumentarium en wat daarvoor beschikbaar is en/of wat er (als eerste stap) ontwikkeld moet worden. Hoofdstuk 5 sluit af met een concluderende samenvatting. In bijlage A tenslotte zijn alle onderliggende memo's opgenomen die input en resultaat zijn van de gebiedssessies met de regionale partners.

Notie voor de lezer

Dit rapport is het resultaat en onderdeel van een doorlopend proces waarin zowel het KP ZSS als andere trajecten zoals de regionale Deltaprogramma's zich aan het (her)oriënteren, focussen en afbakenen zijn. Omdat het proces continu doorgaat, is dit rapport een tussentijdse vastlegging van de stand van zaken, inzichten en overwegingen van begin 2021. Wanneer u dit leest, kunnen dingen veranderd dan wel verder gevorderd zijn. Zelfs bij het afronden van dit rapport zijn er al voortschrijdende ontwikkelingen die niet in dit rapport zijn vastgelegd. Voor de actuele stand van zaken wordt verwezen naar de projectsite en de projectmanager van het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater:

www.rijkswaterstaat.nl/kennisprogramma-zeespiegelstijging

2 Aanpak en opzet vraagarticulatieproces

2.1 Algemeen

Het vraagarticulatieproces volgt de algemene principes van Good Modelling Practice (GMP). Het handboek GMP van STOWA/RIZA (1999) en een daarop voortbouwende werkwijze van Deltares (2013) vormen de basis. Uitgangspunt van GMP is dat een rekenmodel een middel is en geen doel op zich.

Vraagarticulatie is de eerste fase van een onderzoek waarin een modelinstrumentarium wordt ingezet. Essentieel voor GMP is dat de vragende partij(en) en de modelleur(s), dat wil zeggen degene die antwoord gaat geven met inzet van een modelinstrumentarium, gezamenlijk bepalen wat de vragen zijn en welk modelinstrumentarium ingezet gaat worden. Dit in het besef dat een vragende partij geen modelexpert is en de modelleur geen beleids- of beheerexpert is. Een doel van de vraagarticulatiefase is dat een vragende partij zich bewust is van de mogelijkheden en onmogelijkheden van de modellering en dat de modelleur zich bewust is van de context waarin de (model)antwoorden een rol spelen.

Om de werelden en expertises van vragende partij en modelleur bij elkaar te brengen en te expliciteren wordt gebruik gemaakt van een conceptueel model. Een conceptueel model is geen technisch (reken)model, maar een denkmodel dat wordt opgesteld voordat er een technische stap gezet wordt. Een conceptueel model bevat oorzaak en gevolg of meestal een keten van oorzaken en gevolgen opgedeeld in tussenstapjes. Het maakt de verwachte oorzaak-gevolgrelatie(s) in het onderzoek inzichtelijk en laat zien welke verbanden verwacht worden tussen variabelen en hoe deze tot elkaar in relatie staan².

GMP is geen lineair proces. Binnen een onderzoek is sprake van interactie, terugkoppeling en go/no-go beslissingen. Na de vraagarticulatiefase volgen de fase van modelopzet, -kalibratie en -validatie en de fase van modeltoepassing bijvoorbeeld voor scenarioanalyses. In ieder geval bij overgang naar de volgende fase, maar bij voorkeur ook tijdens iedere fase stemmen vragende partij en modelleur de verwachtingen af.

Een onderzoek begint vrijwel nooit vanaf nul. Er zijn al eerdere of deels vergelijkbare onderzoeken gedaan, er is kennis beschikbaar bij zowel vragende partij als modelleur en/of er is al een modelinstrumentarium beschikbaar. GMP zorgt ervoor dat een onderzoek optimaal aansluit op wat er al is. Met betrekking tot beschikbaar modelinstrumentarium zijn er twee typische afwegingen:

- Er is een model beschikbaar. Is dat voldoende geschikt voor de nieuwe vraag?
- Er zijn meerdere modellen beschikbaar die in principe hetzelfde berekenen, bijvoorbeeld berekening van waterstand met een 0D, 1D, 2D of een 3D model. Welk model is voldoende geschikt voor de nieuwe vraag?

De genoemde elementen komen terug in de volgende paragrafen waarin de concrete aanpak voor het vraagarticulatieproces KP ZSS Spoor 2 Zoetwater wordt beschreven. Aan bod komen onder andere a) interactie met vragende partijen, b) inventarisatie van vragen, c) beschikbare modellen en d) conceptuele modellen per gebied.

² <https://www.scribbr.nl/scriptie-structuur/conceptueel-model/#:-:text=Het%20conceptueel%20model%20is%20de,aan%20het%20daadwerkelijke%20onderzoek%20begint.>

2.2 Stappen

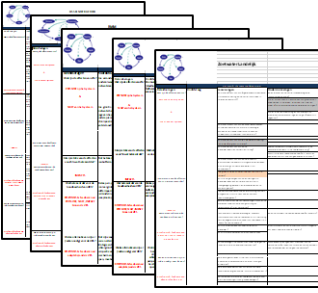
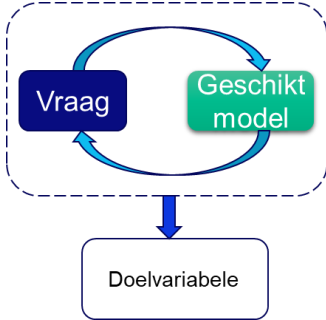
In de aanloop naar het kennisprogramma zeespiegelstijging zijn tijdens en als resultante van de herijking van het Deltaprogramma (2018-2019) kennisvragen over het effect van (extreme) zeespiegelstijging verzameld en gestructureerd. Hiervoor is input geleverd door zowel overheden als markt- en kennispartijen. Door het Rijkswaterstaat WVL projectteam is eind 2019/begin 2020 een volgende stap gezet voor het onderdeel Zoetwater met indeling in vier gebieden en als vijfde het bovenregionale, landelijke “gebied”.

De uitgangspunten Systeemverkenningen Zoetwater (paragraaf 1.4) en dit overzicht van kennisvragen vormen het startpunt voor het vraagarticulatieproces (gestart juni 2020). Om de betrokkenheid van de regionale partners te realiseren zijn door Rijkswaterstaat vier gebiedsgroepen ingericht veelal aansluitend bij bestaande structuren.

1. Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer)
→ Afstemoverleg zoetwater ZW Delta
2. Rijn-Maasmonding
→ Zoetwaterregio West en Slim Watermanagement regio RMM
3. Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaal (ARK-NZK)
→ Toekomstbestendig ARK-NZK en Slim Watermanagement regio ARK-NZK
4. IJsselmeergebied
→ IJsselmeergroep

Bovenregionaal/Landelijk is nog niet systematisch uitgewerkt. De vragen die vanuit de vier gebieden bovenregionaal of aan de landelijke waterverdeling worden gesteld, zijn wel geïnventariseerd, onder andere in een landelijke werksessie van DPZW. De doorvertaling naar samenhangende bovenregionale, landelijke vragen en bijbehorende aanzet tot het programma van eisen voor het modelinstrumentarium is nog niet uitgevoerd en zal in een later stadium (na oplevering van dit rapport) door KP ZSS onderdeel Zoetwater worden gedaan.

De gevolgde aanpak bestaat uit drie stappen zoals weergegeven in Figuur 2.1. Voor de eerste en tweede stap heeft Deltares online gebiedssessies georganiseerd; de meeste na de zomervakantie in september en oktober 2020. Voor iedere sessie is een memo voorbereid die vooraf aan de deelnemers is gestuurd. Tijdens de gebiedssessie is (de inhoud van) de memo toegelicht en was er ruimte voor vragen, opmerkingen, aanscherpingen en aanvullingen. De reacties zijn verwerkt in een definitieve versie. De acht definitieve versies, die zijn opgenomen in Bijlage A, vormen de basis voor de prioritering van de kennisvragen in Hoofdstuk 3. De aanzet tot het programma van eisen voor het modelinstrumentarium in Hoofdstuk 4 is aangestipt in de gebiedssessies, maar niet in detail besproken. Dat wordt voorzien na afronding van dit rapport als onderdeel van de volgende stap(pen) door Rijkswaterstaat.

Startpunt	1. Afstemmen en complementeren vragen met de gebieden (juli-oktober 2020)	2. Gezamenlijk prioriteren kennisvragen en aanzet modelinstrumentarium (oktober-december 2020)	3. Vastlegging (januari-februari 2021)
 + <u>Uitgangspunten KP</u>	Bijvoorbeeld: - Regionale en thematische kennisagenda's - Andere relevante informatie		A. Update van de kennisagenda met onderbouwd overzicht van prioritering, aanscherping en bundeling van kennisvragen B. Aanzet Programma van Eisen voor te ontwikkelen model of modellen

Figuur 2.1 Drie stappen van het vraagarticulatieproces voor KP ZSS Spoor 2 Zoetwater

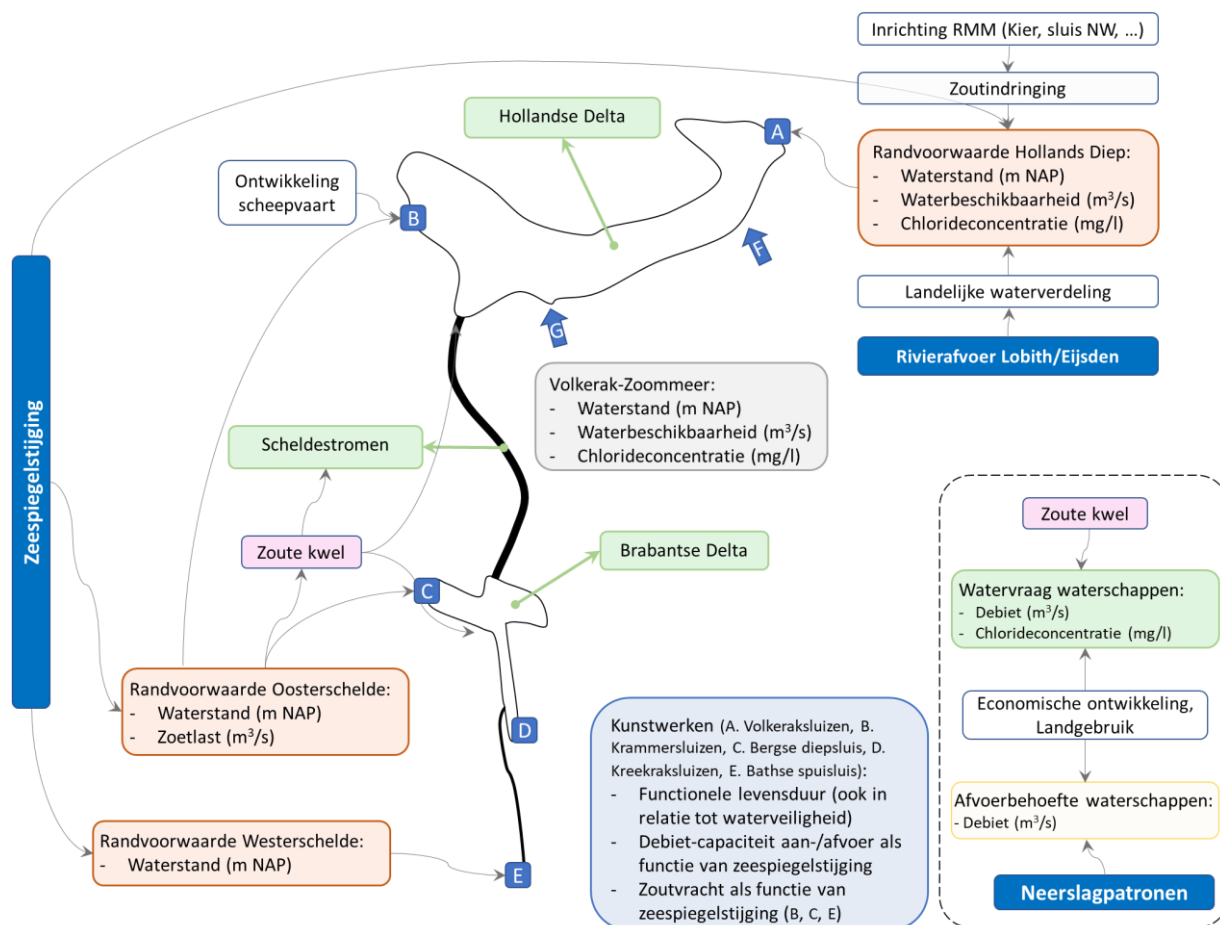
2.3 Stap 1: Afstemmen en complementeren van de kennisvragen met de gebiedsgroepen

Als eerste stap zijn de deelnemers van de gebiedsgroepen uitgenodigd om tijdens de eerste gebiedssessie:

- Kennisvragen aan te vullen en aan te scherpen
- Consistentie met regionale of anderszins relevante kennisagenda's aan te brengen

Om de kennisvragen op het gebied van zeespiegelstijging op een systematische wijze te structureren wordt een koppeling gemaakt met de werking en gebruiksfuncties van het watersysteem in relatie tot waterstand, (zoet)watervoorziening/waterbeschikbaarheid, waterafvoer en chlorideconcentratie. Dit zijn de kerngrootheden voor het spoor Zoetwater. De systeemwerking is gevisualiseerd in een conceptueel model in de vorm van een diagram. In deze eerste stap is het conceptueel model de vastlegging van het gezamenlijk beeld van de systeemwerking op het abstractieniveau en de vraagstelling passend bij het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater. Het conceptueel model omvat de geografische afbakening, de voornaamste stuurknoppen voor het waterbeheer en de belangrijkste randvoorwaarden.

Aan het eind van deze stap is per gebied een volledige lijst van kennisvragen beschikbaar, waarmee de volgende stap gestart wordt. Daarnaast is de voor het KP ZSS relevante systeemwerking vastgelegd en bevestigd in een conceptueel model. Figuur 2.2 toont als voorbeeld het resulterende conceptueel model voor het Volkerak-Zoommeer; alle conceptuele modellen staan in Bijlage A.



Figuur 2.2 Conceptueel model van de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer in relatie tot zeespiegelstijging en Zoetwater (zie Bijlage A.1 voor toelichting)

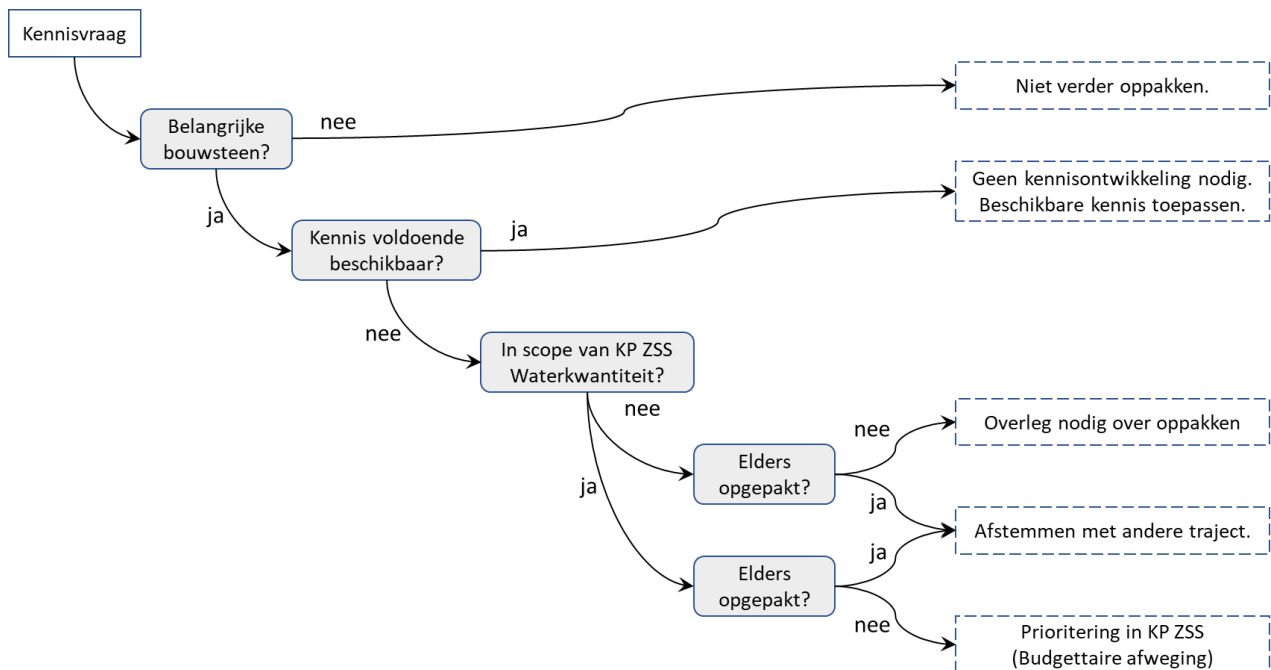
2.4 Stap 2. Gezamenlijk prioriteren kennisvragen en aanzet modelinstrumentarium

In de tweede stap worden de geprioriteerde kennisvragen afgeleid en geselecteerd uit de volledige lijst kennisvragen. Prioritering gebeurt door een kennisvraag in te delen in een van vijf categorieën (Figuur 2.3):

1. Het antwoord op de kennisvraag is niet of nauwelijks relevant. → De kennisvraag wordt niet verder opgepakt.
2. Het antwoord op de kennisvraag is relevant én is (voldoende goed) beschikbaar. → De beschikbare kennis wordt toegepast in de beantwoording.

Indien antwoord relevant en niet (voldoende goed) beschikbaar:

3. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS en wordt elders opgepakt. → Er wordt afstemming gezocht en afgesproken met het andere traject.
4. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS, maar wordt niet elders opgepakt. → Overleg nodig om te kijken of de kennisvraag ergens geplaatst kan worden.
5. De kennisvraag is in scope van het KP ZSS. → Het KP ZSS beoordeelt op het totaalpakket van kennisvragen (ook uit andere regio's) en beschikbare middelen.

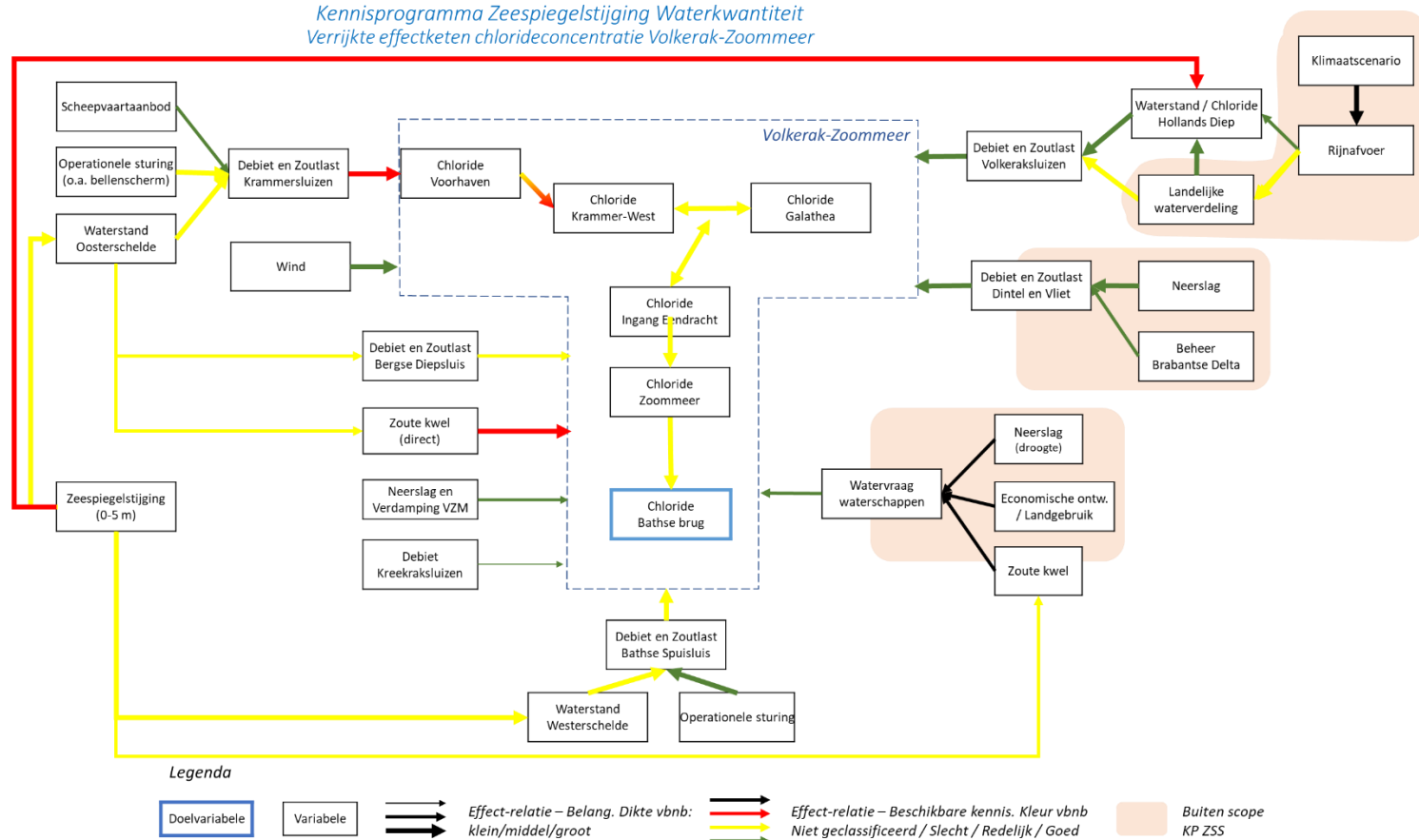


Figuur 2.3 Prioritering van kennisvragen

Om te bepalen of een kennisvraag een belangrijke bouwsteen is en of voldoende kennis beschikbaar is, wordt als hulp- en communicatiemiddel gebruik gemaakt van het conceptueel model van de systeemwerking uit de eerste stap. In de tweede stap wordt dit conceptueel model specifieker uitgewerkt met de essentiële oorzaak-gevolgrelaties, die onderzocht moeten worden om een uitspraak over de houdbaarheid van de voorkeursstrategie te kunnen doen. Het conceptueel model is verrijkt met de kennis van gebiedsexperts, inhoudelijke experts en modelexperts (soms verenigd in dezelfde persoon). Zij weten gezamenlijk immers wat belangrijk is en wat beschikbaar is. Deze “verrijkte effectketen” vormt de blauwdruk voor het model en legt derhalve de basis voor het programma van eisen. Figuur 2.4 toont als voorbeeld de verrijkte effectketen voor chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer; alle verrijkte effectketens staan in Bijlage A.

Aan het eind van deze stap zijn per gebied de kennisvragen geprioriteerd (inclusief afbakening scope KP ZSS) en zijn per gebied verrijkte effectketens vastgelegd en bevestigd. Figuur 2.2 toont als voorbeeld de resulterende verrijkte effectketen voor chlorideconcentratie van het Volkerak-Zoommeer; alle verrijkte effectketens staan in Bijlage A. In Hoofdstuk 3 worden de geprioriteerde kennisvragen per gebied samengevat en geanalyseerd op overeenkomsten en verschillen.

De lijst van geprioriteerde kennisvragen vormt de basis voor een afweging door Rijkswaterstaat, waarbij ook aspecten als beschikbaar budget een rol spelen (zie ook Figuur 1.1). Het feit dat een kennisvraag geprioriteerd is in dit rapport, is dus geen garantie dat het door het KP ZSS ook daadwerkelijk wordt opgepakt.



Figuur 2.4 Verrijkte effectketen voor chlorideconcentratie van het Volkerak-Zoommeer in relatie tot zeespiegelstijging en Zoetwater (zie Bijlage A.1 voor toelichting)

Korte uitleg opbouw van een verrijkte effectketen

Een verrijkte effectketen wordt in drie stappen opgebouwd. In de eerste stap worden de doelvariabelen vastgesteld: Wat moet het model gaan berekenen? Naast parameter en eenheid zijn locatie en statistiek, gewenste schaalniveau en nauwkeurigheid van belang. In de verrijkte effectketen wordt de doelvariabele met een blauw kader aangegeven.

In de tweede stap wordt een conceptueel model opgesteld. Een conceptueel model geeft in de vorm van een stroomschema aan welke factoren en processen van belang zijn voor de doelvariabele. Wat bepaalt de waarde van de doelvariabele of waarvan is het afhankelijk? Wat resulteert is een netwerk van oorzaak-effectrelaties met de doelvariabele als uiteindelijke uitkomst.

In de derde stap wordt het conceptueel model door deskundigen op twee punten verrijkt met kennis:

- Voor iedere oorzaak-effectrelatie wordt de mate van belangrijkheid ingeschat op een driepuntschaal (niet/weinig belangrijk, belangrijk of zeer belangrijk) en vervolgens weergegeven met de dikte van de pijl (dun, gemiddeld of dik).
- Vervolgens wordt van iedere oorzaak-effectrelatie aangegeven of er voldoende kennis over is. De pijl wordt rood gekleurd als ingeschat wordt dat er onvoldoende kennis is, geel als er in redelijke mate kennis is, en groen als er voldoende kennis is.

Doordat de verrijkte effectketen met deskundigen is opgebouwd, is het resultaat een gedeeld beeld van zekerheden, onzekerheden en kennisleemtes voor de specifieke toepassing van het model ofwel de voorspelling van de doelvariabele. Als de verrijkte effectketen volledig groen is, worden geen belemmeringen voor modelontwikkeling en -toepassing voorzien.

Aanzet tot programma van eisen voor het modelinstrumentarium

Nu is afgeleid wat berekend moet worden om de kennisvragen te beantwoorden (de doelvariabelen) en wat onderzocht moet worden, omdat er onvoldoende kennis is. In deze vervolgstap wordt ingegaan op hoe de berekeningen uitgevoerd worden, welke eisen dit stelt aan de modellen en welk model of welke modellen op basis daarvan hiervoor ingezet (kunnen) worden. Hiervoor is een aantal online bijeenkomsten met deskundigen van Rijkswaterstaat en Deltares georganiseerd. Het resultaat, dat is opgenomen in Hoofdstuk 4, bestaat uit een aanzet tot het voorziene modelinstrumentarium en identificatie van de eerstvolgende stap of stappen.

2.5 Stap 3: Vastlegging

De derde stap is de vastlegging van de resultaten van het vraagarticulatieproces, ofwel deze rapportage. Hoofdstuk 3 bevat de geprioriteerde kennisvragen per gebied en een analyse van overeenkomsten en verschillen. Hoofdstuk 4 bevat de aanzet tot het programma van eisen voor het modelinstrumentarium op basis van de uitgangspunten (paragraaf 1.4), beschikbare modellen en geprioriteerde kennisvragen. Hoofdstuk 5 bevat conclusies van dit vraagarticulatieproces en adviezen en aanbevelingen voor volgende stappen. De rapportage is zelf weer een tussenstap in het KP ZSS traject tot en met 2025.

3 Overzicht en prioritering kennisvragen gebieden

In dit hoofdstuk wordt stap 3A “Update van kennisagenda” vastgelegd (Figuur 2.1). Ter inleiding worden de voorkeursstrategie zoetwater en het concept van strategische zoetwaterbuffers beschreven, omdat deze leidende context zijn voor de formulering van de kennisvragen. Het overzicht en de prioritering van de kennisvragen per gebied is gevoed door de sessies met de gebiedsgroepen (Figuur 2.1). Deze voorgaande stappen 1 en 2 zijn beschreven in paragrafen 2.3 en 2.4 en in de onderliggende memo's die zijn opgenomen in Bijlage A.

3.1 Voorkeursstrategie en systeemwerking strategische zoetwaterbuffers

Voorkeursstrategie

Het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater neemt het principe van strategische zoetwaterbuffers als uitgangspunt voor het toetsen van de houdbaarheid van de voorkeursstrategie. Strategische zoetwaterbuffers zijn een kernbegrip voor de Klimaatbestendige Zoetwatervoorziening Hoofdwatersysteem in het Deltaprogramma 2021. Na vaststelling door het Bestuurlijk Platform Zoetwater (eind 2020) zijn strategische zoetwaterbuffers onderwerp van nader onderzoek tot 2027. Het ligt in de lijn der verwachting dat zij bij een succesvol onderzoek onderdeel worden van de voorkeursstrategie Zoetwater van het Deltaprogramma.

Het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater richt zich alleen op de verziltingsgevoelige strategische zoetwaterbuffers, omdat deze onder invloed van zeespiegelstijging staan. Dit zijn IJsselmeer/Markermeer, Haringvliet/Hollandsch Diep, Brielse Meer, Hollandse IJssel, bovenloop Lek, Amsterdam-Rijnkanaal en Volkerak-Zoommeer (zie ook Figuur 3.1).

Onderstaande beschrijving is overgenomen uit DP2021.

→ https://dp2021.deltaprogramma.nl/4-zoetwater.html#h4_1

Strategie Klimaatbestendige zoetwatervoorziening hoofdwatersysteem

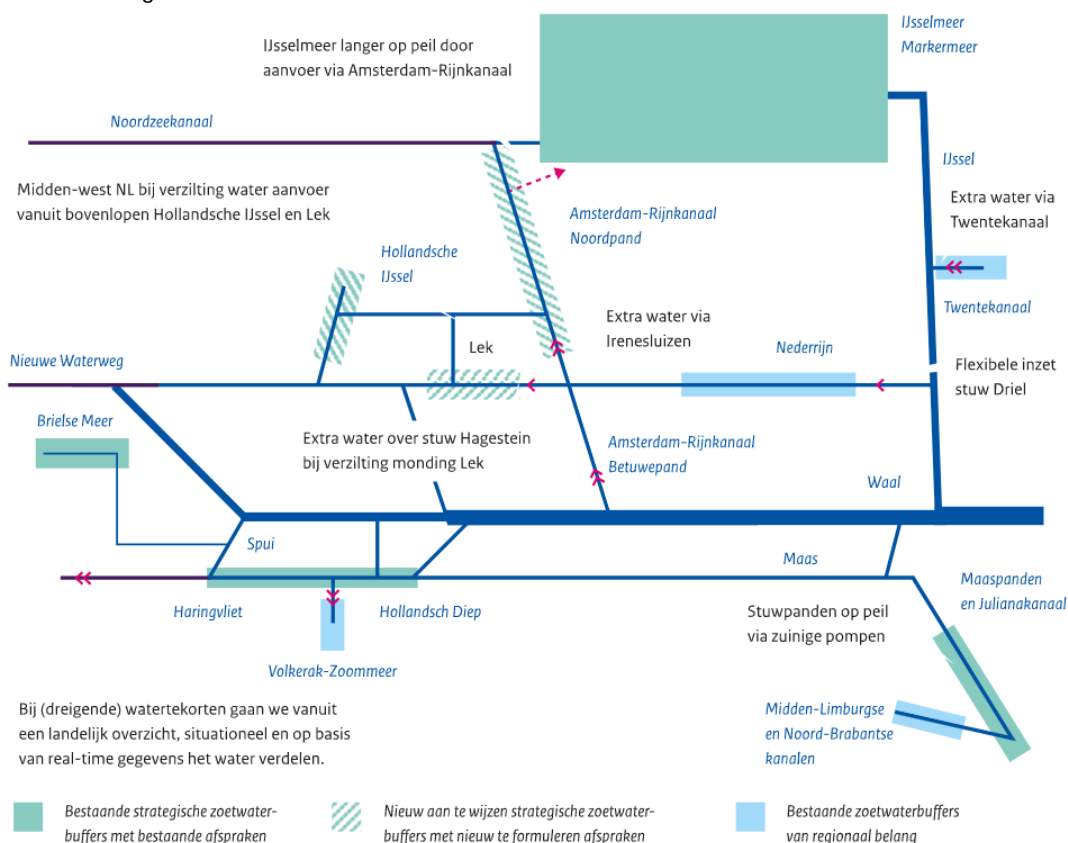
In de droge zomer van 2018 hebben Rijkswaterstaat en de waterschappen door slimmer watermanagement het beschikbare water efficiënter kunnen vasthouden en verdelen. Dit is in 2019 vertaald in de strategie Klimaatbestendige zoetwatervoorziening hoofdwatersysteem. Met die strategie kan de toenemende kans op watertekorten als gevolg van verzilting in het benedenrivierengebied en uitputting van de IJsselmeerbuffer grotendeels worden opgelost zonder grote ingrepen in het hoofdwatersysteem.

De strategie kent beproefde onderdelen en onderdelen waar nog onzekerheid over is. De strategie incorporeert bestaande beleidsmatig vastgelegde zoetwaterbuffers (zoals het IJsselmeer en het Haringvliet/Hollandsch Diep) en vigerende afspraken (zoals het peilbesluit IJsselmeer) en doet voorstellen voor nieuwe zoetwaterbuffers waarover nog geen afspraken bestaan. De strategie beschrijft een stip op de horizon, die kan worden bereikt door middel van lerend implementeren en een getrapte besluitvorming. Deze getrapte besluitvorming wordt in 2020 verder uitgewerkt. De principes van de strategische zoetwaterbuffers met bijbehorende aanvoerroutes worden in 2020 uitgewerkt (met uitzondering van de route via het Amsterdam-Rijnkanaal, vanwege nader onderzoek naar de wenselijkheid en haalbaarheid), waarna besluitvorming in 2021 plaatsvindt. De verdere uitwerking van deze principes vindt plaats tussen 2022 en 2027; de definitieve besluitvorming is eind 2027. De strategie zoals die nu voorzien is, luidt als volgt: bij (dreigende) watertekorten richt de aandacht zich op het zoet houden van de delen van het benedenrivierengebied die efficiënt zoet te houden zijn en waaruit de zoetwatervoorziening gefaciliteerd kan worden. Het gaat om de bovenlopen van de Lek, de Hollandse IJssel en het Amsterdam-Rijnkanaal. Sturing gebeurt op basis van actuele informatie over de verziltingssituatie en de watervraag. De stuw bij Hagestein

wordt ingezet om de bovenloop van de Lek zoet te houden en via de Irenesluizen wordt het Amsterdam-Rijnkanaal zoet gehouden. De bovenloop van de Hollandsche IJssel blijft zoet via de gekanaliseerde Hollandsche IJssel en de Waaiersluis, mogelijk in combinatie met de Krimpenerwaardroute. Hiermee blijft de zoetwatervoorziening naar de regio en voor drinkwater zo goed mogelijk geborgd. In de nu al verziltingsgevoelige delen van de Rijn-Maasmonding is het zo lang mogelijk zoet houden geen uitgangspunt meer. Dit 'bespaart' water dat nu nog gebruikt wordt om de zoutindringing via de Nieuwe Waterweg zoveel mogelijk tegen te gaan. Gevolg is wel dat de verziltingsdruk in deze regio toeneemt. Consequenties voor de waterbeschikbaarheid worden in 2020 verder onderzocht ten behoeve van de getrapte besluitvorming.

Het IJsselmeer, Brielse Meer en het Haringvliet/Hollandsch Diep zijn bestaande zoetwatervoorraden. Het Hollandsch Diep/Haringvliet blijft voldoende zoet door inzet van de Haringvlietssluisen. Rijkswaterstaat voert het Kierbesluit voor de Haringvlietssluisen staps-gewijs in; dit besluit valt buiten de zoetwaterstrategie. Voor het IJsselmeer gelden de bestaande afspraken van flexibel peilbeheer. De huidige buffer in het IJsselmeer zal als gevolg van klimaatverandering steeds vaker ontoereikend zijn. Onderzocht wordt in hoeverre in droge jaren een deel van het tekort kan worden voorkomen door water uit de Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal naar het IJsselmeer aan te voeren. Mogelijk kan een flexibelere inzet van de stuw Driel ook een bijdrage leveren. De mogelijkheden en wenselijkheid van deze aanvoerroutes worden in de komende fase van het Deltaprogramma verder uitgewerkt.

De Maas is een grotendeels gestuwde rivier. Wellicht is het mogelijk om in droge perioden meer water vast te houden door zuiniger te schutten. Er is dan meer water beschikbaar voor gebruik. De stuwpanden van de Neder-Rijn en Lek, de Twentekanal, de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen en het Volkerak-Zoommeer spelen eveneens een belangrijke rol in de regionale watervoorziening.



Figuur 3.1 Strategie klimaatbestendige zoetwatervoorziening hoofdwatersysteem (Figuur 7 in DP2021)

Systeemwerking strategische zoetwaterbuffers

De essentie van de voorkeursstrategie is het beïnvloeden van twee dynamische balansen per strategische zoetwaterbuffer. Voor iedere strategische zoetwaterbuffer is er een waterbalans en een zoutbalans, die bovendien onderling gekoppeld zijn en die beide door de zeespiegel beïnvloed worden.

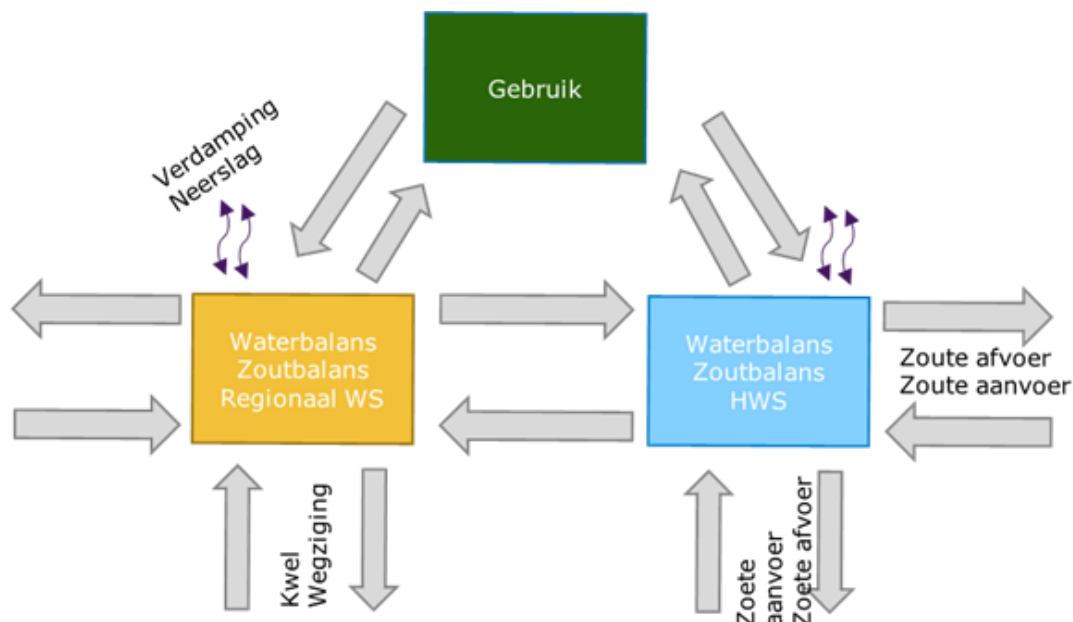
De waterbalans in de afgesloten watersystemen wordt beïnvloed door zeespiegelstijging vooral doordat de capaciteit voor zeewaartse afvoer beperkt wordt door afname van spuicapaciteit onder vrij verval, toename van de opvoerhoogte bij gemalen en/of verkorting van spuivensters. In de open Rijn-Maasmonding werkt zeespiegelstijging direct door in de waterstand.

De zoutbalans in de afgesloten systemen wordt beïnvloed door zeespiegelstijging doordat de zoutlast door kunstwerken (met name schut- en spuisluizen) en door zoute kwel toeneemt. Tegelijk neemt ook de afvoer van zout/brak water af door de afnemende spuicapaciteit. Het in balans houden van deze zoutlast door middel van doorspoelen en zeewaarts afvoeren vergt dus een toenemende hoeveelheid zoetwater. Dit toenemende doorspoelen vergt steeds meer zoetwater en vergroot de druk op de buffers, namelijk een tekort aan watervolume (waterschijf voor een droge periode) of debiet in droge tijden.

In de open Rijn-Maasmonding gaan de dieper doordringende waterstanden uit zee (getij, windopzet, stormvloed) gepaard met dieper en/of vaker landinwaarts doordringende zouttongen. Hoe verder en vaker deze zouttongen indringen in de strategische bufferzones, hoe meer rivierwater uit de bovenstroomse aanvoer nodig is om door middel van tegendruk en doorspoeling de dynamische balans in evenwicht te houden.

De voorkeursstrategie Zoetwater komt voor een bufferzone of bekken ten einde ('faalt'), als de balans in een strategische zoetwaterbuffer waterstaatkundig niet meer te beïnvloeden is 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 discontinuïteit, maar zal 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 houdbaarheid van de Zoetwaterstrategie onder zeespiegelstijging zal in de praktijk dus een kwestie zijn van stapsgewijze afname van de klimaatrobuustheid ten aanzien van bepaalde functies.

De strategische zoetwaterbuffers zijn waterstaatkundig niet onafhankelijk van elkaar. Er is interactie tussen de buffers die primair loopt via de toenemende zoetwatervraag (debiet) aan de Rijntakken en Maas. Het landsbrede einde van de voorkeursstrategie Zoetwater komt in zicht als aan de dynamische optelsom van de strategische zoetwaterbuffers niet meer voldaan kan worden: Waar of wanneer gaat het knellen? Daarnaast verloopt op enkele koppelpunten de koppeling tussen de buffers ook via de zoutbalans, zeker in geval van sterk voortgeschreden verzilting. Een (semi)permanent verzilt Hollandsch Diep beïnvloedt bijvoorbeeld het Volkerak-Zoommeer. Een (semi)permanent verzilte Hollandse IJssel en Lek beïnvloeden het Amsterdam-Rijnkanaal. Een sterker verzilt Noordzeekanaal beïnvloedt het Markermeer.



Figuur 3.2 Water- en zoutbalans van het hoofwatersysteem in relatie tot water- en zoutbalans van het regionaal systeem en in relatie tot zoetwater gerelateerde gebruiksfuncties. Bepaalde functies koppelen direct aan het Hoofwatersysteem, andere aan de regionale systemen en sommige functies koppelen aan beide. (Beeld Rijkswaterstaat, KP ZSS, Spoor 2)

Figuur 3.2 geeft de dynamische balansen schematisch weer en laat de samenhang zien tussen de buffers in het hoofwatersysteem, het regionale systeem en het grondwatersysteem. Deze samenhang ligt onder alle regionale strategieën met uitzondering van die gebieden waar geen water uit het hoofwatersysteem direct naartoe wordt gebracht. Het diagram kan benut worden om in te zien dat falen van de Voorkeursstrategie Zoetwater in het hoofwatersysteem maatgevend is voor de houdbaarheid van de regionale strategieën. De regionale strategieën zijn tijdens droogte voor een belangrijk deel of zelfs voor al hun zoetwater afhankelijk van wat zij uit de strategische buffers kunnen betrekken. Los van enkele regionale waterlopen voor wateraanvoer is grondwater een bron van zoetwater en ook daarvan staat het zoutgehalte, c.q. het zoetwatervolume, in laaggelegen Nederland onder druk van zeespiegelstijging.

3.2 Structurering kennisvragen op basis van systeemwerking

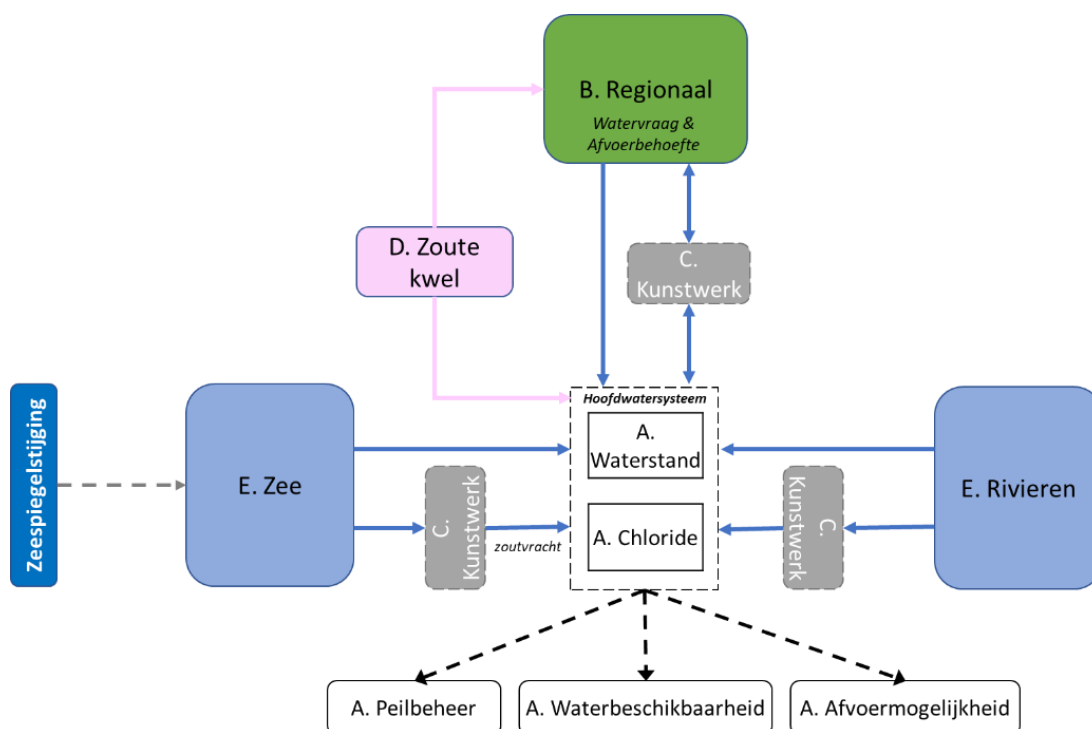
De fysische grootheden primair relevant voor Zoetwater zijn waterstand en chlorideconcentratie in het hoofwatersysteem (zie ook uitgangspunten in §1.4). Dit zijn de primaire systeemkenmerken die door het modelinstrumentarium berekend moeten worden, en die nodig zijn om een antwoord te geven op de kennisvragen en uiteindelijk de centrale vragen (§1.3).

Voor het hoofwatersysteem zijn waterbeschikbaarheid omwille van verziltingsbestrijding en afvoerbehoefte omwille van peilbeheer directe afgeleiden van waterstand en chloride. Het betreft immers een duiding: De waterbeschikbaarheid gedurende een tijdsperiode is voldoende als de waterstand voldoet en de chlorideconcentratie voldoet. De afvoerbehoefte gedurende een tijdsperiode is voldoende als de waterstand voldoet:

Voor regionale watersystemen kunnen waterbeschikbaarheid en (gemiddelde) afvoerbehoefte³ afgeleid worden uit (het verloop van) waterstand en chlorideconcentratie in het hoofdwatersysteem en de karakteristieken van de regionale kunstwerken. Er kan voldoende water ingenomen worden door regionale waterbeheerders of andere gebruikers als de waterstand en de chlorideconcentratie in het hoofdwatersysteem voldoende zijn. Er kan voldoende water afgevoerd worden door regionale waterbeheerders als de waterstand in het hoofdwatersysteem voldoende is.

Uit de principewerking van strategische zoetwaterbuffers en uit de analyse van de kennisvragen, in combinatie met het opstellen van een conceptueel model van de systeemwerking, blijkt dat de kennisvragen ingedeeld kunnen worden in vijf categorieën. In ieder watersysteem kunnen vijf componenten onderscheiden kunnen worden. Figuur 3.3 laat de samenhang tussen de categorieën zien.

A.	Toestand van het Hoofdwatersysteem	Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, chlorideconcentratie, waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid
B.	Regionale watersystemen	Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en waterafvoer van de omliggende gebieden
C.	Kunstwerken	Kennisvragen over (de ontwikkeling/capaciteit van) debiet en zoutvracht door de kunstwerken
D.	Zoute kwel	Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het Hoofdwatersysteem
E.	Randvoorwaarden zee en rivier	Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (aanvoer internationale stroomgebieden en landelijke waterverdeling) en zeespiegelstijging op de Noordzee



Figuur 3.3 Visualisatie van categorieën voor kennisvragen voor KP ZSS Spoor 2 Zoetwateren hun onderlinge samenhang

³ De afvoerbehoefte gerelateerd aan extreme neerslag (kortdurende wateroverlast) valt buiten de scope van het KP ZSS (zie aanvullend uitgangspunt in §1.4).

3.3 Geprioriteerde kennisvragen per gebied

Zoals beschreven in Hoofdstuk 2 zijn de kennisvragen per gebied geïnventariseerd en vervolgens geprioriteerd in twee stappen. De onderliggende memo's zijn opgenomen in Bijlage A. In deze paragraaf zijn per gebied de geïdentificeerde doelvariabelen en de geprioriteerde kennisvragen overgenomen. In de volgende paragraaf 3.4 volgt de synthese. Hoofdstuk 5 gaat in op de relatie tussen centrale vragen, kennisvragen en de aanzet tot het modelinstrumentarium.

Nauwkeurigheid

Per doelvariabele is de gewenste nauwkeurigheid opgenomen. Met nauwkeurigheid wordt in dit rapport bedoeld:

- de mate waarin het model de gemeten waarde voor de huidige situatie reproduceert als onderbouwing en bewijsvoering voor het correct representeren van de systeemwerking (modelkalibratie en -validatie)
- de mate waarin het model voor een onderlinge vergelijking tussen scenario's onderscheidend is. Een scenario is een niet bestaande situatie zoals toekomstige zeespiegelstijging of een (combinatie van) maatregel(en). Een onderlinge vergelijking met de huidige situatie is natuurlijk ook mogelijk.

Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer)

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

1. Gewogen daggemiddelde waterstand met een gewenste nauwkeurigheid van enkele cm
2. Daggemiddelde chlorideconcentratie bij Bathse brug tijdens het groeiseizoen (15 maart-15 september) met een gewenste nauwkeurigheid van 25-50 mg/l

Voor beide doelvariabelen is een verrijkte effectketen opgesteld (zie Bijlage A.1). De verrijkte effectketen voor "gewogen gemiddelde waterstand" laat qua kennisbeschikbaarheid het volgende zien:

- a) Het effect van zeespiegelstijging op waterstanden in Westerschelde, Oosterschelde en Hollandsch Diep is deels, maar nog niet volledig bekend. Met name voor grote zeespiegelstijging is nog niet voldoende bekend in hoeverre de waterstanden (en getijslag, hoog- en laagwaters) evenredig meestijgen. Ook eventueel aangepast beheer van Oosterscheldekering en Rijn-Maasmonding kan effect hebben. Er zijn wel geschikte modellen waarmee dit effect berekend kan worden, dus modelontwikkeling is niet nodig.
- b) Voor debieten door de drie belangrijkste kunstwerken (Volkeraksluizen, Krammersluizen en Bathse spuisluis) is – wederom bij grote zeespiegelstijging – niet volledig bekend hoe de afvoercharacteristieken veranderen bij een verhang dat substantieel afwijkt van de huidige situatie. Anders gezegd, het is niet bekend of de huidige modelformulering nog geldig is (ver) buiten de huidige waterstandsverschillen tussen Volkerak-Zoommeer en respectievelijk Hollandsch Diep, Oosterschelde en Westerschelde.
- c) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit het Hollands Diep is afhankelijk van klimaatscenario's voor de Rijnafvoer en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit valt buiten en/of overstijgt de directe scope van het gebied Volkerak-Zoommeer (ZW Delta).

De concept verrijkte effectketen voor “chlorideconcentratie bij Bathse brug” laat qua kennisbeschikbaarheid (aanvullend) het volgende zien:

- d) Het effect van zeespiegelstijging op de chlorideconcentratie op het Hollandsch Diep is onvoldoende bekend, met name bij extreme zeespiegelstijging. Verzilting kan optreden door het vaker optreden van achterwaartse verzilting en bij extreme zeespiegelstijging vermoedelijke meer structurele verzilting.
- e) Het effect van zeespiegelstijging op de zoutlast door met name de Krammersluizen en in mindere mate door de Bathse spuisluis onvoldoende bekend is.
- f) Het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel direct naar het Volkerak-Zoommeer is onvoldoende bekend. Dat geldt ook voor de zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte).
- g) In het Volkerak-Zoommeer verspreidt chloride zich door transport (stroming) en menging (o.a. wind). Dichtheidsstroming is van belang bij zoutlek door met name Krammersluizen en in mindere mate bij Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Parameterisering in een eenvoudig model zal enige kennisontwikkeling vragen.

Rijn-Maasmonding

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

- 1. Uurgemiddelde waterstand bij voor de voorkeursstrategie kritische inname- en afvoerlocaties en koppelpunten met naburige delen van het hoofdwatersysteem met een gewenste nauwkeurigheid van 10-20 cm
- 2. Chlorideconcentratie bij voor de VKS kritische innamelocaties en maatgevende splitsingspunten en koppelpunten; Dag- tot weekgemiddeld bij referentielocaties in de strategische bufferzones; Nader te bepalen bij belangrijke innamelocaties elders
 - a. Gewenste nauwkeurigheid in de strategische bufferzones 25-50 mg/l
 - b. Gewenste nauwkeurigheid elders op basis van inlaatvenster, nog nader te definiëren
- 3. Aanvoerdebielen richting de buffers van Hollandsche IJssel en Lek

De belangrijkste locaties voor het systeemgedrag zijn:

- a. Monding Lek (Kinderdijk)
- b. Irenesluizen (inname ARK)
- c. Monding Hollandse IJssel (Krimpen)
- d. Innamepunt Gouda
- e. Innamepunt Bernisse
- f. Innamepunt Spijkenisse
- g. Volkeraksluizen

De geografische systeemgrens van de RMM bij extreme zeespiegelstijging is niet duidelijk. Als systeemgrens wordt gedefinieerd het gebied tot waar de zeespiegelstijging significant invloed uitoefent ofwel op waterstand ofwel op verzilting. Omdat waarschijnlijk is dat innamelocaties voor de Klimaatbestendige Wateraanvoer (KWA) ten westen van stuw Hagestein binnen het invloedsgebied gaan vallen, wordt de KWA een interne aanlevering binnen het RMM systeem in plaats van een externe, voor zeespiegelstijging gevoelige randvoorwaarde. De aanvoerdebielen richting de buffers van Hollandsche IJssel en bovenloop van de Lek zijn daarom toegevoegd als doelvariabele.

Voor de doelvariabelen is een gecombineerde verrijkte effectketen opgesteld ter bespreking (zie Bijlage A.2). De verrijkte effectketen laat qua kennisbeschikbaarheid zien dat er voor het berekenen van waterstanden in de RMM voldoende kennis beschikbaar is. De (berekening van) chlorideconcentratie en met name de ligging van de zouttong is van veel factoren

afhankelijk. De factoren worden individueel goed begrepen. De complexiteit is de combinatie van factoren in relatie tot een voldoende nauwkeurige kwantitatieve voorspelling. Hoewel daar veel kennis en ervaring voor beschikbaar is, wordt ook continu kennis doorontwikkeld (bijvoorbeeld in het in 2020 gestarte NWO-project SALTIsolutions). Naar mate de zeespiegelstijging toeneemt, verandert de systeemwerking ten opzichte van de huidige situatie (bijvoorbeeld frequentie optreden achterwaartse verzilting) en zal de kennisbeschikbaarheid afnemen.

Uit de verrijkte effectketen en het overzicht van kennisvragen zijn de volgende geprioriteerde kennisvragen af te leiden:

- a) In het RMM wordt chloride bepaald door de interactie van getij en rivierafvoer en een complexe geometrische omgeving (riviertakken, havenbekkens, splitsingspunten, rivierbederosie). Fysisch zijn de verspreidingsprocessen goed bekend. Met parameterisering in een 1D model (SOBEK) is veel ervaring, maar deze ervaring is met name van toepassing op de huidige situatie. De dispersieve verspreiding is (empirisch) afgeregeld op de huidige situatie en niet zondermeer toe te passen bij grote zeespiegelstijging, als het systeem substantieel verandert.
- b) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit Rijn en Maas is afhankelijk van klimaatscenario's en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit overstijgt de directe scope van het gebied RMM en valt onder de bovenregionale aanpak in afstemming met Deltaprogramma('s) en KP ZSS Spoor 4.
- c) Het effect van zeespiegelstijging op het getij in de Noordzee en mogelijk op de stromingspatronen (uitstroming Rijnpluim en resulterend zoutgehalte en stratificatie bij Hoek van Holland) is mogelijk niet voldoende bekend. Waarschijnlijk is de doorwerking van een grote verhoging van de gemiddelde zeespiegel (> 2 m) een dominantere factor op de zoutindringing in de RMM dan een eventueel gewijzigd getij en/of stromingspatroon op open zee. Een toetsing van deze veronderstelling is wenselijk.
- d) Er zijn kennisleemtes voor de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen. Deze kennisvragen vallen deels buiten de scope van het KP ZSS, omdat het KP ZSS niet in detail naar de regionale watersystemen en de watervraag daarbinnen kijkt (uitgezonderd doorspoelbehoefte zoute kwel). Het KP ZSS denkt wel de maximale waterbeschikbaarheid en maximaal mogelijke waterafvoer aan te kunnen leveren.
 - o Over het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is onvoldoende bekend. Zoute kwel is een belangrijke component in de watervraag in laag Nederland die direct door de zeespiegel wordt beïnvloed. Het KP ZSS heeft daarom de intentie om met toepassing van het landelijk grondwatermodel (LHM-Zoet-Zout) deze informatie te genereren.

Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal

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

1. Waterstand, daggemiddelde en gewogen-gemiddeld over locaties Noordzeekanaal, met gewenste nauwkeurigheid van orde 1-2 cm
2. Week- of daggemiddelde chlorideconcentratie bij Diemen en Oranjesluizen/monding ARK met gewenste nauwkeurigheid van 25-50 mg/l

Voor beide doelvariabelen is een verrijkte effectketen opgesteld (zie Bijlage A.3). De verrijkte effectketen voor “gewogen gemiddelde waterstand” laat qua kennisbeschikbaarheid zien:

- a) Nog niet geïdentificeerd zijn mogelijke kennisleemtes voor de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen. Mogelijk is hier vanuit de faalkansenanalyse al kennis beschikbaar.
- b) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit de Lek en eventueel het Markermeer is afhankelijk van klimaatscenario's voor de Rijnafvoer en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit valt buiten en/of overstijgt de directe scope van het gebied ARK-NZK.

De verrijkte effectketen voor “chlorideconcentratie bij Diemen” laat qua kennisbeschikbaarheid (aanvullend) zien:

- c) Het effect van zeespiegelstijging op de chlorideconcentratie op de Lek is onvoldoende bekend, met name bij toenemende zeespiegelstijging. Deze vraag wordt als onderdeel van gebied RMM meegenomen.
- d) Het effect van zeespiegelstijging op de bruto en netto zoutlast door het IJmuiden-complex inclusief selectieve onttrekking is vrij goed bekend. Bij grote zeespiegelstijging wordt de onzekerheid over de zout- en waterbalans groter.
- e) Van het effect van (extreme) zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is onvoldoende bekend.
- f) In het NZK verspreidt chloride zich door transport (stroming) en menging (o.a. wind, stroming, scheepvaart en interne golven). Dichtheidsstroming en gelaagdheid zijn van belang bij zoutlek door het IJmuidencomplex en de selectieve onttrekking. Over hoeveel zout de selectieve onttrekking onttrekt is een redelijke hoeveelheid kennis beschikbaar. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Parameterisering in een eenvoudig model zal kennisontwikkeling vragen, met name over de verticale gelaagdheid en menging in het NZK.

IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer)

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. Meerpeil Markermeer en IJsselmeer (gewogen daggemiddelde; m NAP) met gewenste nauwkeurigheid van orde 1-2 cm.
2. Daggemiddelde of meerdaagsgemiddelde waterstand bij inname- en afvoerlocaties (m NAP) met gewenste nauwkeurigheid van orde 5-10 cm.
3. Weekgemiddelde chlorideconcentraties voor IJsselmeer en Markermeer afzonderlijk beide maatgevend voor de condities bij kritische innamelocaties (mg/l) – gewenste nauwkeurigheid 25-50 mg/l.

Uit de verrijkte effectketen (zie Bijlage A.4) en het overzicht van kennisvragen zijn de volgende geprioriteerde kennisvragen af te leiden.

- a) In het IJsselmeer en het Markermeer wordt de chlorideconcentratie bepaald door de interactie van zoutbronnen, de verspreiding door wind gedreven stroming en het transport en de afvoer door doorspoeling. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Desalniettemin is een exacte voorspelling met een 3D model, waarin alle relevante fysische processen zijn opgenomen, niet mogelijk, met name omdat de inkomende chloridebronnen niet precies bekend zijn. In een model met minder dimensies (1D/2D) moet een deel van de fysische processen met parameterisering ondervangen worden. Hier is veel ervaring mee, maar dit blijft complex en een bron van onzekerheid. De dispersieve verspreiding is (empirisch) afgeregeld op de huidige situatie en niet zondermeer toe te passen bij grote veranderingen.

- b) De hoeveelheid zout (chloride) die door de Stevinsluizen en Lorentzsluizen komt bij schutten, door lekverliezen of door visvriendelijk spuibeheer is niet precies bekend. Hoe deze hoeveelheid toeneemt bij zeespiegelstijging is een kennisleemte⁴.
- c) In het Markermeer geldt de zoutvracht door de Oranjesluizen, al dan niet in combinatie met varianten voor extra wateruitwisseling tussen Markermeer en Amsterdam-Rijnkanaal, als kennisleemte. Als er water vanuit het ARK/NZK wordt afgevoerd naar het Markermeer brengt dat potentieel ook een zoutvracht met zich mee. Afhankelijk van de strategie die voor deze kanalen ontwikkeld wordt zou dat in de toekomst vaker kunnen gebeuren (in hoogwatersituaties). Het is niet bekend wat dit betekent voor de zoutbelasting van het Markermeer.
- d) De directe zoute kwel (onder)door de Afsluitdijk naar het IJsselmeer is niet goed genoeg bekend, zeker niet bij grote zeespiegelstijging. De huidige zoutlast wordt op 1 kg/s geschat en is daarmee een kleine bron. Bij 8 m zeespiegelstijging neemt de geschatte zoutlast toe tot 54 kg/s, vergelijkbaar aan de huidige geschatte zoutlast door de sluizen. Echter, mogelijk is de zoute kwel ook bij grote zeespiegelstijging nog steeds een kleine post ten opzichte van andere posten. Daarnaast is het niet bekend of door zeespiegelstijging de zoutbelasting door zoutspray en golfoverslag over de Afsluitdijk tot een aanmerkelijke post zal toenemen.
- e) In het Markermeer is de zoute kwel in (diepe) putten onvoldoende bekend. Het is niet duidelijk of dit een substantiële bijdrage levert aan de zoutbalans van het Markermeer. Ook is het onbekend wat de nalevering van chloride vanuit de voormalige Zuiderzeebodem is, en welke rol dit heeft.
- f) Nog onbekend is of er mogelijke kennisleemtes zijn over de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen (inclusief de mogelijke ontwikkeling van nieuwe watervragers zoals bijvoorbeeld nieuwe drinkwaterinnamepunten). Deze kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS. Het KP ZSS denkt wel de maximaal beschikbare watervraag en maximaal mogelijke waterafvoer aan te kunnen leveren.
 - Van het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is onvoldoende kennis beschikbaar.
- g) De aanvoer vanuit de IJssel en de bijbehorende zoutvracht is afhankelijk van klimaatscenario's (stroomgebied Rijn) en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit overstijgt de directe scope van het IJsselmeergebied en valt onder de bovenregionale aanpak in afstemming met Deltaprogramma('s) en KP ZSS Spoor 4.
 - Het belang van de toename van rivierbederosie is benoemd als een proces dat zich in toenemende mate afspeelt en invloed heeft op de rivierafvoer. Hoewel het proces zelf buiten de scope van het kennisprogramma ligt, kan het meegenomen worden als deze kennis in de aanlevering van de afvoeren is opgenomen (als-dan aanpak).
 - Veranderingen in de watervraag en waterbeheer bovenstrooms in het Rijnstroomgebied kunnen de afvoer beïnvloeden, maar dit valt buiten de scope van dit kennisprogramma.

⁴ De zoutlast door de vismigratierivier is niet opgenomen als kennisleemte. De vismigratierivier is zo ontworpen dat er geen zoutlast naar het IJsselmeer is. Aangenomen wordt dat de operationele bediening zo wordt uitgevoerd dat ook bij stijgende zeespiegelstijging geen zoutlast naar het IJsselmeer optreedt.

- h) Bij zeespiegelstijging hoeven de waterstanden die optreden bij de Afsluitdijk, niet evenredig mee te stijgen. Het gedrag van getij en de opwaaiing bij storm zijn mede afhankelijk van de morfologie van de Waddenzee. Onbekend is hoe de morfologie van de Waddenzee zich ontwikkelt bij grote zeespiegelstijging. Dit is bovendien afhankelijk van de snelheid van zeespiegelstijging. Nog onbekend is hoe dit het verloop van het getij (en extremen) in de Waddenzee beïnvloedt. Dit is met waterbewegingsmodellen goed te onderzoeken.

3.4 Synthese

In Tabel 3.1 zijn de kennisvragen van de vier gebieden ingedeeld in de categorieën van de systeemwerking. Uit de tabel blijkt consistentie tussen de verschillende gebieden. Dat biedt perspectief voor een consistente en samenhangende aanpak voor het modelinstrumentarium.

In ieder gebied zijn kennisvragen geformuleerd over de ontwikkeling van de watervraag en de afvoerbehoefte van de regionale watersystemen. Omdat deze kennisvragen buiten de scope van het KP ZSS vallen, zijn ze niet in Tabel 3.1 opgenomen. Alleen de doorspoelbehoefte als gevolg van een toename van de zoute kwel is in scope van het KP ZSS en is wel opgenomen.

Tabel 3.1 Indeling van kennisvragen per categorie per gebied (+ geprioriteerd; 0 geprioriteerd maar onder ander traject; - geen kennisvraag)

Geprioriteerde kennisvraag KP ZSS (categorie)	Volkerak-Zoommeer	Rijn-Maasmonding	ARK-NZK	IJsselmeer-gebied
Rivieraanvoer incl. landelijke waterverdeling (E.)	0 (via RMM)	+	0 (via RMM)	+
Getij Noordzee en doorwerking (E.)	+	+	+	+
Zoute kwel naar Hoofdwatersysteem (D.)	+	-	-	+
Functionele levensduur kunstwerken inclusief afvoercharacteristieken (C.)	+	+	+	+
Zoutvracht door kunstwerken (C.)	+	+	+	+
Doorspoelbehoefte regionale watersystemen in relatie tot toename zoute kwel (B.)	+	+	+	+
Parameterisering zoutverspreiding in een vereenvoudigd model (A.)	+	+	+	+

Het aantal kennisvragen gerelateerd aan de fysische grootheid waterstand is gering, oftewel, er is voldoende kennis om de waterstand in het hoofdwatersysteem te kunnen berekenen. Uitzondering is de toename van de waterstand op de Noordzee en de doorwerking op Westerschelde, Oosterschelde en Hollandsch Diep voor Volkerak-Zoommeer en de doorwerking op de Waddenzee voor het IJsselmeer.

De aanvoer vanuit het riviersysteem is voor alle gebieden van belang, maar verloopt voor Volkerak-Zoommeer via de RMM en voor ARK-NZK vooral via de RMM en deels via het IJsselmeergebied (Markermeer). Voor RMM en IJsselmeer zelf zijn deze weer afhankelijk van de landelijke waterverdeling op de splitsingspunten.

Vrijwel alle kennisvragen zijn gerelateerd aan de fysische grootheid chlorideconcentratie. Zoute kwel direct naar het Hoofdwatersysteem is van belang voor het Volkerak-Zoommeer via de Philipsdam en de Oesterdam en voor het IJsselmeer via de Afsluitdijk. Zoute kwel naar de regionale watersystemen en de benodigde watervraag voor doorspoeling speelt voor alle vier gebieden.

De functionele levensduur van kunstwerken van zowel de landelijke waterbeheerder als de regionale waterbeheerders speelt ook in alle vier gebieden. Met functionele levensduur wordt bedoeld hoe lang het betreffende kunstwerk nog in staat is om voldoende water aan te voeren of af te voeren. Voor schut- en spuisluizen is er de aanvullende kennisvraag hoeveel de zoutvracht toeneemt bij zeespiegelstijging en hoe met ander operationeel beheer of met maatregelen de zoutvracht beperkt kan worden. In het hoofdwatersysteem gaat het over de Krammersluizen voor het Volkerak-Zoommeer en de Stevinsluizen en Lorentzsluizen voor het IJsselmeer, de Haringvlietschutsluizen en de zeesluizen bij IJmuiden. Voor de RMM speelt mogelijk de zoutvracht door de Haringvlietspuisluizen, maar daar is een aanname mogelijk dat de Kier steeds vaker gesloten wordt zodat de zoutvracht niet toeneemt (dat wil zeggen dat zoutindringing nooit voorbij de lijn Spui-Middelharnis komt).

4 Aanzet tot programma van eisen modelinstrumentarium

In dit hoofdstuk wordt stap 3B vastgelegd (Figuur 2.1). De conceptuele modellen (verrijkte effectketens) zijn de blauwdruk voor wat het modelinstrumentarium moet berekenen en wat daarvoor de belangrijke factoren zijn die in het modelinstrumentarium meegenomen moeten worden. In dit hoofdstuk worden eerst algemene overwegingen en uitgangspunten, de voorziene methode van gevoeligheidsanalyses en de modules van het modelinstrumentarium geïntroduceerd. Vervolgens worden per module overwegingen en afwegingen geschetst en wordt een beknopt overzicht gegeven van beschikbare modellen. In Hoofdstuk 5 worden geprioriteerde kennisvragen (Hoofdstuk 3) en de aanzet tot het programma van eisen in dit hoofdstuk gecombineerd tot aanbevelingen voor vervolgstappen.

4.1 Algemene overwegingen en uitgangspunten

Uit de uitgangspunten (paragraaf 1.4) komen de volgende elementen naar voren:

- 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 grondwatersysteem maakt ook deel uit van het modelinstrumentarium voor zover het relevant is voor de watervraag (doorspoelbehoefte) aan het hoofdwatersysteem en de zoutvracht op het hoofdwatersysteem betreft.
- Het modelinstrumentarium voor het hoofdwatersysteem richt zich op de berekening van de primaire fysische grootheden waterstand en chlorideconcentratie, waaruit waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid kunnen worden afgeleid.
- Het modelinstrumentarium is in staat om de zichtwaarden van 0 m (huidige situatie), 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m en (optioneel) 5 m zeespiegelstijging door te rekenen. Bij meer extreme zichtwaarden (5 m) wordt waar mogelijk kwantitatief berekend, maar waar niet meer mogelijk wordt met expert judgement gewerkt.
- Het modelinstrumentarium wordt ingezet voor gevoeligheidsanalyses (zie §4.2).
- Het modelinstrumentarium berekent geen kans van voorkomen of risico (kans maal gevolg).
- Het modelinstrumentarium levert waar mogelijk informatie voor de waterstaatkundige gevolgen van de zeespiegelstijging op natuur, waterkwaliteit, scheepvaart etc. Deze informatie zal meer kwalitatief dan kwantitatief zijn.

Met de op systeemkennis gebaseerde verrijkte effectketens zijn de uitgangspunten voor de vier gebieden en voor het bovenregionale, landelijke gebied geconcretiseerd:

- Per gebied zijn doelvariabelen gedefinieerd als waterstand en chlorideconcentratie op locaties in de vier gebieden. Deze moeten voldoende nauwkeurig door het modelinstrumentarium berekend kunnen worden (zie begin §3.3 voor definitie nauwkeurigheid).
- Per gebied zijn factoren geïdentificeerd waarvoor de waterstand en/of de chlorideconcentratie gevoelig zijn. Een factor is “gevoelig” als 1) een relatief kleine verandering van die factor resulteert in een relatief grote verandering van de waarde van de doelvariabele, of als 2) de waarde van de doelvariabele relatief veel verandert onder de verwachte spreiding van de factor. Gevoelige factoren moeten voldoende nauwkeurig in het modelinstrumentarium worden meegenomen.
- Per gebied is geïdentificeerd wat het nodig heeft van een bovenregionaal, landelijk model van het hoofdwatersysteem.

Gevoeligheidsanalyses beschouwen voor iedere gevoelige factor meerdere variaties. Als alle factoren onafhankelijk van elkaar gevarieerd worden, is het aantal berekeningen gelijk aan een vermenigvuldiging van alle combinaties van factor-varianties. Bijvoorbeeld: Voor zeespiegelstijging zijn er 6 zichtwaarden. Als er 5 varianten zijn voor rivierafvoer zijn er $(6 \times 5 =)$ 30 berekeningen nodig. Als er vervolgens 3 varianten zijn voor zoutvracht door een sluis stijgt het aantal berekeningen tot $(30 \times 3 =)$ 90. Naarmate het aantal factoren en bijbehorende varianten toeneemt, neemt het aantal berekeningen snel toe. Honderden tot duizenden berekeningen zijn waarschijnlijk. Het is dus gewenst dat het modelinstrumentarium snel rekent, zodat duizenden berekeningen in de orde van grootte van een dag gedaan kunnen worden.

4.2 Gevoeligheidsanalyses: Aanpak en verwachte resultaat

Deze paragraaf is aangeleverd door Rijkswaterstaat. De voorziene aanpak door middel van “gevoeligheidsanalyses” is in een vroeg stadium (begin 2020) besloten op basis van een eerste analyse van centrale vragen, toen bekende kennisvragen en mogelijkheden voor kwantificering. Vanwege de relevantie van de voorziene aanpak voor het modelinstrumentarium en voor de volledigheid van dit rapport is de uitleg en onderbouwing in onderstaande intermezzo opgenomen.

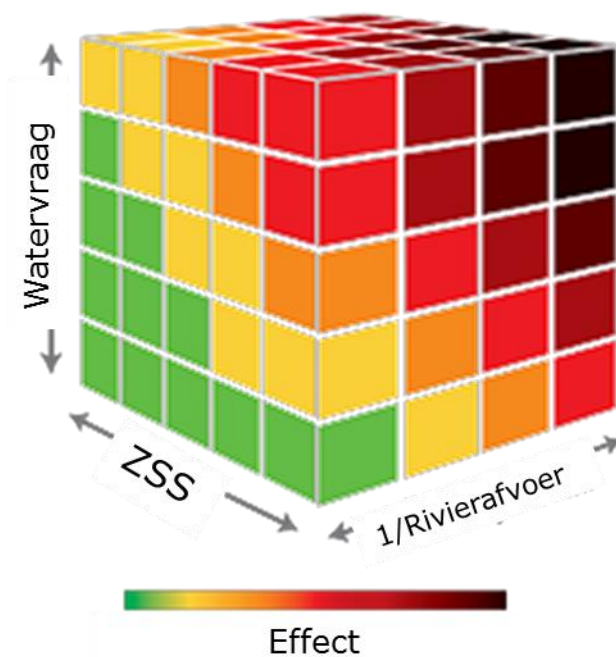
Intermezzo: Toelichting exploratieve ‘wat-als’ aanpak van het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater

De voorgestelde aanpak voor zoetwater in het Kennisprogramma Spoor 2 is vanaf begin van het KP ZSS ‘exploratief’ en ‘iteratief’ genoemd. De reden hiervoor is dat het in beeld brengen van de gevolgen van extreme zeespiegelstijging op de houdbaarheid van de voorkeursstrategie Zoetwater op de termijn waarover het KP ZSS spreekt (een halve tot meerdere eeuwen na nu) een complexe zaak is. De aanpak is erop gericht om bruikbare inzichten te verwerven in de maatgevende kwetsbaarheden die een mogelijk einde van de houdbaarheid van de voorkeursstrategie kunnen inluiden, en om inzichten aan te kunnen reiken voor eventuele landelijke of regionale strategieën om die kwetsbaarheden te verminderen oftewel om de robuustheid te verbeteren.

Zoals in §3.1 beschreven is het functioneren van het buffernetwerk in de voorkeursstrategie Zoetwater een zaak van balans tussen verschillende factoren. Per buffer staat het dynamisch evenwicht centraal tussen vraag en aanbod van zoetwater met een bepaalde kwaliteit (uitgedrukt in chlorideconcentratie) gedurende een periode van een of meer seizoenen. Dit evenwicht kan tijdelijk overhellen naar meer vraag dan aanbod (uitputting van de voorraden, verkleining van de buffers, verkleining van de debieten) maar de buffer zal in daaropvolgende perioden moeten kunnen herstellen om over de jaren heen te blijven functioneren.

De drie hoofdtermen in deze balans zijn: 1) De zoetwatervraag ten behoeve van functies, 2) het aanbod van zoetwater vanuit de grote rivieren en 3) de druk die de zeespiegelstijging hier bovenop legt. Die druk bestaat enerzijds uit oplopende zoutdruk en zoutlast en beperking van de afvoer van brak water, anderzijds uit een toenemende behoefte aan aangevoerd rivierwater om toename in chloride tegen te gaan door middel van tegendruk en zoetspoelen. De werking van de buffers betekent dat de toekomstige houdbaarheid van de voorkeursstrategie Zoetwater in werkelijkheid van trends en coïncidenties in meerdere klimaatgrootheden tegelijk afhankelijk is: Veranderingen in rivierafvoer (in het droge seizoen), veranderingen in verdamping (temperatuur, luchtvochtigheid, wind) en neerslag (in verband met regionale aanvulling en watervraag) en verandering in zeespiegel. Met de huidige stand van wetenschap is het niet mogelijk om al deze termen in consistente doorgerekende klimaatscenario's te vatten op een tijdschaal van meerdere eeuwen. De onzekerheidsmarges voor de klimaatscenario's op een tijdschaal van eeuwen is zo groot, dat berekeningsresultaten een te grote en daarom niet bruikbare bandbreedte zouden laten zien.

Om dit het hoofd te bieden kiest Spoor 2 Zoetwater voor gevoeligheidsanalyses waarin deze factoren onafhankelijk van elkaar gevarieerd worden om de kwetsbaarheid onder verschillende combinaties van omstandigheden in beeld te brengen. Figuur 4.1 geeft schematisch weer hoe de kwetsbaarheid verkend wordt afhankelijk van de drie dominanten factoren. Per regio kunnen daarnaast ook andere factoren gevarieerd worden, of kan een term als watervraag worden uitgesplitst naar zijn oorzaak en bijvoorbeeld of de trend autonoom is, van de zeespiegel afhangt, of beleidsmatig te beïnvloeden (bijvoorbeeld doorspoeling tegen zoute kwel in polders vs. watervraag voor landbouwgewassen). De kleuren geven nader te bepalen gradaties van waterstaatkundige effecten in het systeem weer: hoe roder hoe nadeliger het effect.

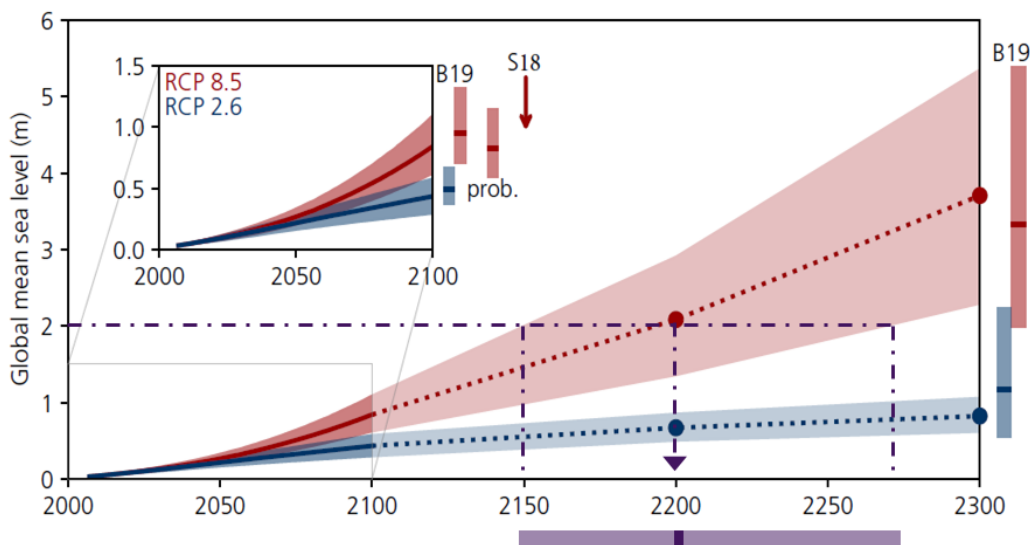


Figuur 4.1 Schematische weergave van een matrix met drie sturende factoren op de assen. De kleuren in de kubus geven aan bij welke combinaties de voorkeursstrategie nog voldoet (groen) en onder druk komt te staan (geel/oranje) tot uiteindelijk faalt (rood/zwart)

Het Spoor 2 Zoetwater stelt dus voortdurend ‘wat-als’ vragen: Wat is het effect van een bepaalde combinatie van watervraag, -aanbod en zeespiegel? Hierbij kan een verandering in watervraag en rivierwateraanbod ook afhankelijk zijn van verandering (evolutie, innovatie, adaptatie) in waterbehoefte en (internationaal) waterbeheer, die naast van natuurlijke (klimaat)factoren ook van veel socio-economische en technologische factoren afhangen. Die trends zijn niet redelijkerwijs te modelleren en in onderbouwde scenario's om te zetten op de tijdschaal waarover we in KP ZSS spreken. We weten immers niet hoe landbouw zich zal ontwikkelen, hoe we tegen ontzilting voor drinkwater aankijken en hoe de natuur in een wereld van een of enkele meters zeespiegelstijging zich ontwikkeld heeft. We weten niet hoe het rivierwater in de internationale stroomgebieden wordt beheerd. Om deze complexiteit en fundamentele onzekerheden het hoofd te bieden worden deze (terug)koppelingen in eerste instantie genegeerd en wordt het eventuele effect van een dergelijke trend onderzocht in een wat-als vraag in termen van knoppen en randvoorwaarden in de modellering.

De wat-als benadering koppelt tot slot direct met de knikpuntbenadering die in Spoor 2 als geheel is gekozen. Vanwege het ontbreken van consistente scenario's, en vanwege de complexiteit kiest het kennisprogramma ervoor om de effecten door te rekenen voor bepaalde vaste zichtwaarden van zeespiegel boven het huidige niveau (0,5, 1, 2, 3 en 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 bepaalde waarschijnlijkheid kunnen voordoen gegeven bepaalde emissie of socio-economische scenario's kunnen de wat-als inzichten bij de diverse zichtwaarden in de tijd geplaatst worden (Figuur 4.2).



Figuur 4.2 Aanpassing van figuur in IPCC SROC (IPCC, 2019) waarin de bandbreedte in de tijd voor een zichtwaarde van 2 m is geïllustreerd

Inzetbaarheid Nationaal Water Model

➔ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water-model/>

Het Nationaal Water Model is een verzameling van aan elkaar gekoppelde watermodellen. Dit instrumentarium biedt inzicht in de gevolgen van klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen voor de waterhuishouding. Het Nationaal Water Model wordt ingezet voor waterveiligheid, zoetwater en waterkwaliteit op landelijke schaal. Voor zoetwater bestaat het Nationaal Water Model uit de volgende deelmodellen:

- Landelijk Hydrologisch Model (LHM) voor het regionale grondwaterstromingspatroon inclusief zoute grondwaterkwel
- SOBEK-model Noordelijk Delta Bekken (SOBEK-NDB) voor de berekening van de zoutindringing via de Noordzee in de Rijn-Maasmonding
- Landelijk SOBEK Model (LSM) Light voor waterstanden en debieten in het oppervlaktewater van het hoofdwatersysteem
- Landelijk Temperatuur Model (LTM) als aparte module gekoppeld aan LSM Light voor de (rivier)watertemperatuur

Chlorideconcentraties worden in het Nationaal Water Model alleen in de Rijn-Maasmonding berekend en zijn dus niet beschikbaar voor alle gebieden. Dat is de voornaamste reden dat het Nationaal Water Model niet inzetbaar is voor gevoeligheidsanalyses in het kader van het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater. Daarnaast duurt het doorrekenen van een 100-jarige tijdreeks met de volledige modellentrein van het NWM ongeveer 65 dagen. De uitgevoerde en thans beschikbare basisprognoses voor zoetwater⁵ kunnen overigens wel een bruikbare informatiebron zijn.

⁵ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water-model/>

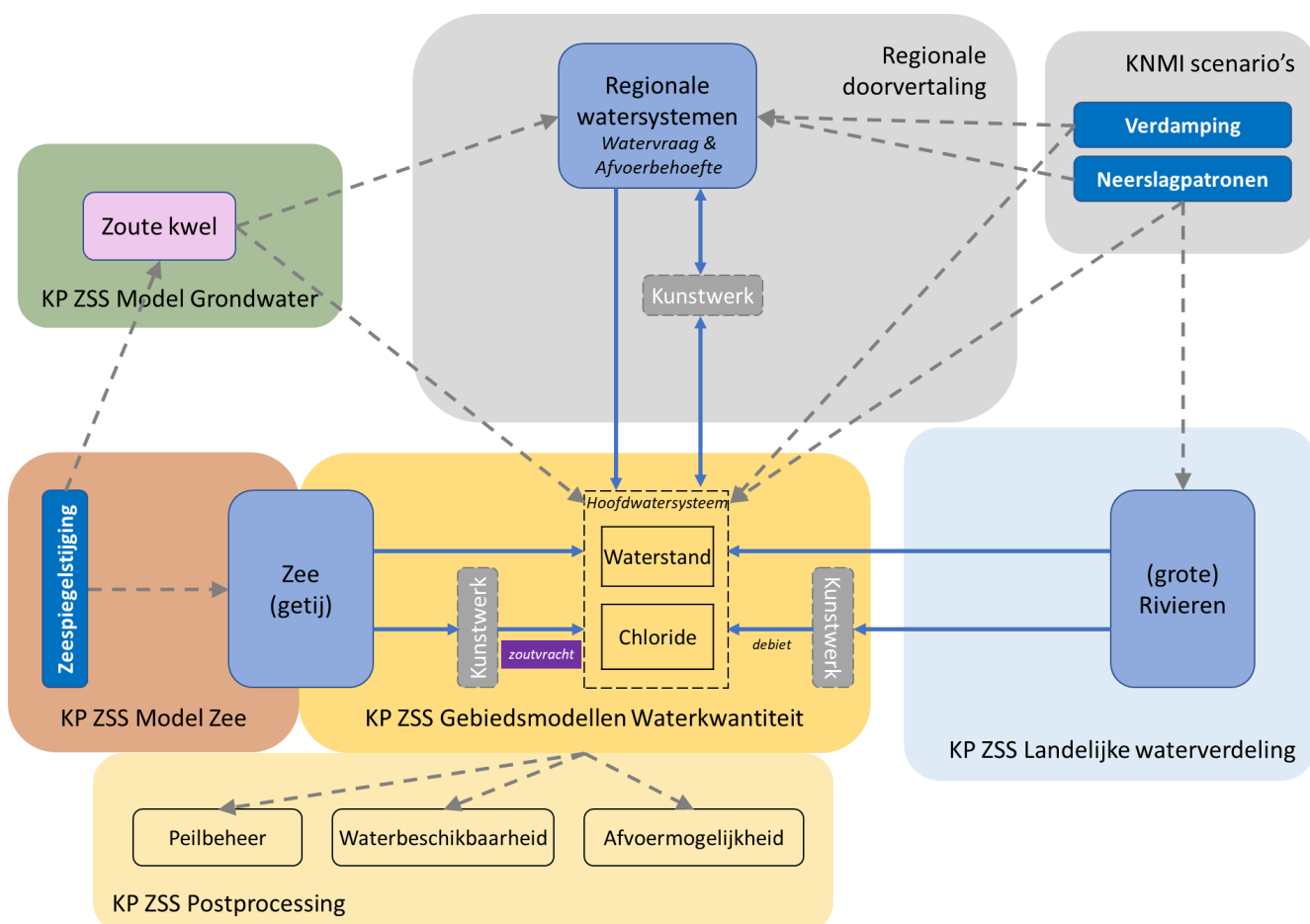
4.3 Modulaire opbouw

Uit de systematische indeling van kennisvragen in categorieën (paragraaf 3.2) en de visualisatie in conceptuele modellen komt een modulaire opbouw van het modelinstrumentarium KP ZSS Spoor 2 Zoetwater naar voren opgebouwd uit de volgende modules (Figuur 4.3):

1. Gebiedsmodellen Zoetwater voor berekening waterstand en chlorideconcentratie in Volkerak-Zoommeer, RMM, ARK-NZK en IJsselmeer/Markermeer
2. Module voor (debiet en) zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen)
3. Module voor postprocessing voor peilbeheer, waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid (en eventueel doorvertaling naar andere functies)
4. Module voor waterstand en getij op de Noordzee afhankelijk van zeespiegelstijging en doorvertaald naar getijwateren zoals Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee
5. Module voor landelijke waterverdeling en rivierafvoer naar RMM en IJsselmeer
6. Module voor zoute kwel naar Hoofdwatersysteem en naar regionale watersystemen ten behoeve van doorspoelbehoefte

Twee modules vallen buiten de scope van het KP ZSS en worden in dit rapport niet verder toegelicht:

7. Module voor regionale watervraag (anders dan doorspoelbehoefte zoute kwel) en afvoerbehoefte
8. Module voor klimaatscenario's (uitgangspunt zijn de KNMI'14 scenario's)



Figuur 4.3 Modulaire opbouw van het modelinstrumentarium voor KP ZSS Spoor 2 Zoetwater. Gekleurde blokken maken onderdeel uit van het KP ZSS modelinstrumentarium. Grijs blokken vallen erbuiten.

4.4 Module landelijke waterverdeling en bovenregionale uitwisseling

Deze module is in dit project nog niet systematisch onderzocht en is daarom niet in dit rapport opgenomen. Het programma van eisen voor deze module wordt door Rijkswaterstaat na afronding van deze rapportage opgesteld.

4.5 Module waterstanden (getij) en chlorideconcentratie zee en getijwateren

Tabel 4.1 geeft een overzicht van opties voor de module waterstanden en chlorideconcentratie op zee en getijwateren⁶.

Tabel 4.1 Opties voor module waterstanden en chlorideconcentratie op zee en getijwateren

Optie	Geschikt voor waterstand?	Geschikt voor chloride-concentratie?	Toelichting
Gemeten tijdseries aanpassen	Deels	Deels	- Waterstanden Noordzee nauwkeurig genoeg. - Chloridepatronen Noordzee bij zeespiegelstijging minder goed bekend. Waarschijnlijk mogelijk. - Voor waterstand en chloride Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee bij zeespiegelstijging onzeker.
2D model (DSCM-FM 100m)	Ja	Nee	- Waterstanden Noordzee en getijwateren al berekend tot 2 m zeespiegelstijging. - Chloride wordt niet berekend.
3D model (DSCM-FM 0.5nm)	Ja	Ja	Waterstanden en chlorideconcentratie nauwkeurig genoeg.

Gemeten tijdseries aanpassen

Op de relevante locaties op de Noordzee (Hoek van Holland, Katwijk, IJmuiden) en de getijwateren (Bathse spuisluis, Krammersluizen, Stevin- en Lorentzsluizen, (Lauwersmeer, Delfzijl)) zijn langjarige, 10-minuten tijdseries van gemeten waterstand en chlorideconcentratie beschikbaar. Deze tijdseries kunnen aangepast (geëxtrapoleerd) worden voor zeespiegelstijging. Voor waterstand is de eenvoudigste aanpassing om de zeespiegelstijging bij de tijdserie op te tellen. Voor de Noordzeelocaties is dit waarschijnlijk een vrij goede benadering. Uit modelberekeningen tot 2 meter zeespiegelstijging (zie hieronder) is bekend, dat het getij relatief weinig verandert. Een iets complexere maar goed haalbare optie is om deze kennis uit modelberekeningen in de aanpassing van de tijdserie mee te nemen.

Voor de locaties in de getijwateren is het simpelweg optellen van de zeespiegelstijging bij de gemeten waterstand tijdserie waarschijnlijk niet voldoende. De onnauwkeurigheid en onzekerheid neemt flink toe bij zeespiegelstijging vanaf 0,5-1 m. Met name voor Westerschelde en Waddenzee is de interactie met de bathymetrie zodanig dat de getijindringing en dus de resulterende getijkromme substantieel beïnvloedt wordt door de waterdiepte. Bovendien zal door morfologische ontwikkeling over de periode van zeespiegelstijging (vele tientallen tot honderden jaren) de bathymetrie wijzigen, waardoor ook de getijkromme zal wijzigen. Voor de Oosterschelde is de morfologische interactie geringer, omdat de Oosterschelde maar beperkt morfologisch actief is. Het sluitregime van de

⁶ Beschikbare modellen voor de individuele getijwateren Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee zijn niet opgenomen in het overzicht. Het Hollandsch Diep maakt deel uit van de Rijn-Maasmonding (§4.11).

Oosterscheldekering is wel van groot belang. Zandvoort *et al.* (2019) hebben laten zien dat bij het huidige sluitregime de Oosterscheldekering circa 6% van de tijd gesloten is bij 1 m zeespiegelstijging en 33% van de tijd bij 1,5 m zeespiegelstijging. Met alternatieven voor het sluitregime is dit percentage te reduceren, maar ook dan is boven 1 tot 1,5 m zeespiegelstijging het sluitregime niet te verwaarlozen voor het aanpassen van een gemeten tijdserie bij de Krammersluizen.

2D model (DSCM-FM 100m)

Er zijn meerdere 2D modellen voor de Noordzee beschikbaar. Het Dutch Continental Shelf Model met een resolutie van 100 m in de kustzone, opgezet met de D-HYDRO software, (DSCM-FM 100m) is of wordt binnenkort het standaard 2D model van Rijkswaterstaat. Dit 2D model berekent in de huidige situatie de waterstanden op de Noordzee en de kustwateren Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee voldoende nauwkeurig voor toepassing in het KP ZSS. Met dit model is onlangs het effect tot 2 m zeespiegelstijging op getij onderzocht, waarbij de randvoorwaarden op basis van IPCC-scenario's met het Global Tide Model (GTM) zijn berekend (Deltares, 2020b). Het onderzoek concludeert het volgende:

- Door de toename van de M2 amplitude stijgen de maximale waterstanden langs de Nederlandse kust meestal tot 5% meer dan wat je op basis van alleen zeespiegelstijging zou verwachten. Dit is ongeveer 15-20% meer in de Oosterschelde en Waddenzee.
- De minimale waterstanden worden langs de Nederlandse kust veelal tot 5% lager dan de zeespiegelstijging, maar in sommige delen van de Waddenzee en de Eems-Dollard juist hoger.

Zowel door autonome ontwikkeling als door (versnelde) zeespiegelstijging zal de morfologie van de Westerschelde en de Waddenzee veranderen. Naar verwachting is de morfologische verandering in de Oosterschelde beperkter. Een morfologische aanpassing werkt door in de getijdoordringing; er is sprake van een wisselwerking. In het DCSM-FM 100m model kan de morfologische verandering als variant worden meegenomen (als deze bekend is), maar dat is op dit moment nog niet gedaan.

Een kanttekening is dat op basis van metingen geconcludeerd wordt dat de getijamplitude in de Noordzee over de afgelopen decennia afneemt. De reden voor deze afname is niet bekend. Op basis van de beschikbare metingen en modellen is er echter voldoende informatie om aannames te doen voor gevoeligheidsanalyses.

In het 2D DSCM-FM 100m is chloride niet meegenomen en daarom is het model niet bruikbaar voor het afleiden van tijdseries van chlorideconcentraties op relevante locaties in de Noordzee en de getijwateren.

3D model (DCSM-FM 0.5nm)

Er zijn meerdere 3D modellen voor de Noordzee beschikbaar, hoewel deze niet alle de getijwateren (in voldoende detail) meenemen. Het Dutch Continental Shelf Model met een resolutie van 0,5 nautische mijl, opgezet met de D-HYDRO software, (DCSM-FM 0.5nm) is of wordt binnenkort het standaard 3D model van Rijkswaterstaat. Dit 3D model berekent in de huidige situatie de waterstanden en de chlorideconcentratie op de Noordzee en de kustwateren Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee voldoende nauwkeurig voor toepassing in het KP ZSS (Deltares, 2019a).

Dit model is nog niet toegepast voor het effect van zeespiegelstijging, maar verwacht wordt dat verandering van patronen in chlorideconcentratie voldoende goed berekend kunnen worden voor gevoeligheidsanalyses. Hoeveel de chlorideconcentratie op de relevante locaties in Noordzee en getijwateren verandert als gevolg van (extreme) zeespiegelstijging, is niet bekend. Omdat in droge periodes bij lage rivierafvoer deze locaties in de huidige situatie

al zout zijn (chlorideconcentratie hoger dan 12 g/l (saliniteit 20 psu)), is nog maar een beperkte stijging van de chlorideconcentratie bij zeespiegelstijging te verwachten. Een morfologische aanpassing van Westerschelde en Waddenzee kan het DCSM-FM 0.5nm als variant worden meegenomen (als deze bekend is), maar dat is op dit moment nog niet gedaan.

Concluderend advies

Voor de module waterstand en chlorideconcentratie op zee en getijwateren wordt aanbevolen om voor de waterstand gebruik te maken van modelberekeningen, omdat modelberekeningen sowieso nodig zijn voor de Westerschelde en de Waddenzee. Voor deze getijwateren is extrapolatie van gemeten tijdseries niet nauwkeurig genoeg, omdat de interactie met de bathymetrie van geulen en platen van substantiële invloed is op de getijvoortplanting. Bij de Oosterschelde speelt het sluitregime van de Oosterscheldekering mee. Voor waterstanden is het 2D DCSM-FM 100m geschikt en bovendien zijn de modelberekeningen tot 2 m zeespiegelstijging al gedaan en beschikbaar. Voor de chlorideconcentratie wordt een extrapolatie van tijdseries aanbevolen, omdat verwacht wordt dat in de tijden van lage rivierafvoer de chlorideconcentratie relatief weinig stijgt ten opzichte van de huidige situatie.

4.6 Module landsbreed model voor zoute kwel en doorspoelbehoefte

Voor het berekenen van de zoute kwel en de doorspoelbehoefte wordt het in 2020 ontwikkelde LHM Zoet-Zout grondwatermodel ingezet (Deltares en Arcadis, 2020; zie ook ⁷). Dit model is consistent met het al langer bestaande LHM (Landelijk Hydrologisch Model) waterkwantiteitsmodel ("LHM-Zoet") dat voor grondwater- en waterverdelingsvraagstukken wordt ingezet. Met het LHM Zoet-Zout model kunnen effecten van klimaatverandering waaronder zeespiegelstijging, alsmede effecten van menselijk handelen op de interne verzilting in beeld worden gebracht.

In 2020 is op basis van de gesprekken met de regio's en analyse van de kennisvragen geconcludeerd dat het grondwatermodel LHM Zoet-Zout het meest geschikte beschikbare instrument is om de kennisvragen omtrent zoute kwel in het KP ZSS te beantwoorden. Eind 2020 is de validiteit en toepasbaarheid van het LHM Zoet-Zout voor inzet binnen het KP ZSS nader onderzocht (Deltares, 2020h). Hieruit is gebleken dat nog enkele aanpassingen in de modelopzet nodig zijn. De volgende activiteiten zijn voorzien:

1. Update LHM Zoet-Zout naar LHM-kwantiteit versie 4.1, waarmee het IJsselmeergebied en de weerstand biedende lagen in de kustzone beter worden gerepresenteerd.
2. Doorrekening ontwikkeling zoet-zoutverdeling grondwater bij geselecteerde zeespiegelstijgingscurve en scenariodefinitie wat betreft oppervlaktewaterbeheer, bodemdaling en overige klimaatcondities.
3. Bepalen doorspoelbehoefte bij toegenomen verzilting onder zeespiegelstijging.
4. Berekeningen LHM-kwantiteitsmodel voor grondwateraanvulling, water- en zoutbalans oppervlaktewater en doorwerking naar hoofdwatersysteem bij zeespiegelstijging.
5. Kwalitatieve en waar mogelijk kwantitatieve beschouwing van onzekerheid in rekenresultaten.

⁷ <http://nhi.nu/nl/index.php/uitvoering/gerealiseerd/nhi-zoet-zout/>

4.7 Module zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen)

Tabel 4.2 geeft een overzicht van opties voor de module zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen).

Tabel 4.2 Opties voor module zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen)

Optie	Geschikt voor zoutvracht door schutsluizen?	Geschikt voor zoutvracht door spuisluizen?	Toelichting
Afgeleide tijdseries aanpassen	Nee	Nee	▪ Zoutvracht wordt niet gemeten.
Rekenregels	Onbekend	Onbekend	▪ Er zijn geen rekenregels bekend.
Kunstwerkformulering in D-HYDRO	Misschien	Misschien	▪ Kunstwerkformulering in D-HYDRO is nog in ontwikkeling. Met voorgangers SIMONA en Delft3D was het technisch mogelijk, maar met toepassing voor zoutvracht is weinig tot geen ervaring.
Wanda-Locks	Ja	Nee	▪ Modellen voor Krammersluizen en sluiscomplex IJmuiden zijn beschikbaar. ▪ Lange rekentijd
Zeesluisformulering	Ja	Nee	▪ Modellen voor Krammersluizen, sluiscomplex IJmuiden en Steven- en Lorentzsluizen beschikbaar. ▪ Staat op de planning om in D-HYDRO ingebouwd te worden.
Spuisluisformulering	Nee	Misschien	▪ Nog in conceptueel stadium

Afgeleide tijdseries aanpassen

De zoutvracht door kunstwerken wordt niet direct gemeten. De zoutvracht wordt meestal indirect afgeleid uit metingen in het watersysteem. Omdat hiermee de relatie met zeespiegelstijging niet gelegd kan worden (d.w.z. geen metingen beschikbaar om de afleiding te doen), is het aanpassen van afgeleide tijdseries niet bruikbaar voor het KP ZSS.

Rekenregels

Voor zover bekend zijn er geen rekenregels voor de zoutvracht door de relevante kunstwerken. Een rekenregel is wellicht op te stellen, maar dit zal in geval van zeespiegelstijging op basis van modelberekeningen gedaan moeten worden. De optie Rekenregels komt daarmee feitelijk overeen met de inzet van een model, ongeacht welk model uit de volgende opties.

Kunstwerkformulering in D-HYDRO

In hydrologische en hydrodynamische modellen zijn formuleringen opgenomen die de stroming van water en het transport van zout door kunstwerken beschrijven, bijvoorbeeld overlaten, verdrongen kokers, etc. Dergelijke formuleringen zijn overigens zelf weer afkomstig uit handboeken. Aansturing van de kunstwerken via sturingsregels, zoals sluiting bij een bepaalde waterstand of opening bij een bepaald verval, is ook opgenomen in dergelijke modellen. Omdat de formuleringen op systeemkenmerken als waterstand zijn gebaseerd (en dus deterministisch zijn), zijn de formuleringen in principe toepasbaar voor het KP ZSS.

Wanda-Locks

Wanda-Locks is ontwikkeld om de zoutvracht door schutsluizen te berekenen en is toegepast voor de Krammersluizen en de sluizen bij IJmuiden (Deltares, 2016a, 2016b, 2016c). Wanda-Locks is een specialistisch gedetailleerd model met lange rekentijden (orde een dag voor een berekening). In de klimaatrobustheidsstudie Volkerak-Zoommeer is daarom besloten om niet Wanda-Locks maar de Zeesluisformulering in te zetten (Deltares, 2020a).

Zeesluisformulering

De Zeesluisformulering is ontwikkeld in het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (Deltares, 2019b) en onder andere toegepast in de klimaatrobustheidsstudie Volkerak-Zoommeer voor de zoutvracht door de Krammersluizen (Deltares, 2020a). De Zeesluisformulering is ook toegepast voor de Stevin- en Lorentzsluizen en voor IJmuiden. De Zeesluisformulering is een eenvoudige en tegelijkertijd betrouwbare beschrijving van zoutindringing door schutsluizen, waarbij het proces van zoutindringing door de schutsluis, zowel qua fysica als qua hoeveelheden, goed in het model zit. In de formulering is een balans gevonden tussen de complexe fysica in een schutsluis en rekensnelheid.

Uit Deltares (2019b): “Verder werkend op de basis van het Zoutlekmodel, zoals ontwikkeld in het project rond de Volkeraksluizen, is een stelsel van vergelijkingen opgesteld waarmee het proces van zoutindringing kan worden beschreven. Op basis van de geometrie (de afmetingen van de sluis), de condities (waterstand en saliniteit aan weerszijden van de sluis) en de operatie van de sluis (o.a. het aantal schutcycli per dag en de deur-open-tijden) wordt uitgerekend welke debieten er aan de voorhavens worden onttrokken en op de voorhavens worden geloosd, en met name voor de laatste genoemde debieten welk zoutgehalte die debieten dan hebben. Door alle lozingen en onttrekkingen te middelen over de duur van een complete schutcyclus worden cyclus-gemiddelde debieten bepaald. Deze cyclus-gemiddelde debieten zijn de essentie van de Zeesluisformulering. Door deze benadering is het niet meer nodig om de verschillende stappen in de schutoperatie precies door te rekenen, en dat maakt het o.a. mogelijk om te rekenen met grotere tijdstappen. Met deze vereenvoudiging wordt ook de benodigde invoer sterk gereduceerd: de schutoperatie, inclusief de passerende schepen, wordt gevangen in een beperkt aantal kenmerkende parameters. Deze kenmerken van de Zeesluisformulering maken het mogelijk om deze formulering op te nemen in de hydrodynamische software D-HYDRO, waarbij de ‘zeesluis’ dan een nieuw type kunstwerk zal zijn.”

Spuisluisformulering

Equivalent aan de Zeesluisformulering is recent het concept voor de Spuisluisformulering onderzocht voor een eenvoudige en betrouwbare beschrijving van zoutindringing door spuisluisen (Deltares, 2020c). Geconcludeerd is dat een Spuisluisformulering haalbaar lijkt. De wiskundige formulering en bouw als prototype en testen is nog niet gedaan.

Concluderend advies

Voor de zoutvracht door schutsluizen is de Zeesluisformulering de enige optie die geschikt is voor toepassing in het KP ZSS. De Zeesluisformulering is ontwikkeld voor korte rekentijden in scenariostudies met behoud van voldoende fysica om een voldoende betrouwbare zoutvracht te berekenen. De Zeesluisformulering is bovendien al toegepast en wordt als standaard ingebouwd in de D-HYDRO software.

Voor de zoutvracht door spuisluisen is voor de vergelijkbare Spuisluisformulering pas een eerste conceptuele beschrijving beschikbaar. Onder de aanname dat het sluisbeheer zodanig is dat de zoutvracht alleen door lekverliezen ontstaat (bijvoorbeeld Kier Haringvliet gesloten bij lage rivierafvoer), is een aanname van een tijdserie wellicht mogelijk.

4.8 Module gebiedsmodel voor Volkerak-Zoommeer

Tabel 4.3 geeft een overzicht van opties voor het gebiedsmodel van het Volkerak-Zoommeer.

Tabel 4.3 Opties voor module gebiedsmodel Volkerak-Zoommeer

Optie	Berekening waterstand?	Berekening chloride-concentratie?	Toelichting
0D model (IWP)	Ja	Nee (nog niet)	▪ Toegepast voor korte termijn operationele voorspelling van waterstand. ▪ Chloride niet opgenomen, maar uitbreiding misschien mogelijk.
0D probabilistisch model (DEVO)	Ja	Nee (nog niet)	▪ Toegepast voor overschrijdingskans waterstand. ▪ Chloride niet opgenomen, maar uitbreiding misschien mogelijk.
Water- en chloridebalans (bakjesmodel klimaatrobustheid VZM)	Ja	Ja	▪ Toegepast in klimaatrobustheid Volkerak-Zoommeer voor waterstand en chloride.
1D model (SOBEK)	Deels	Nee (nog niet)	▪ Toegepast voor op- en afwaaiing. Nog geen volledige waterbalans.
2D model (D-HYDRO)	Ja	Nee (nog niet)	▪ Toegepast voor waterveiligheid, d.w.z. extreme waterstanden. ▪ Chloride kan toegevoegd worden, maar weinig meerwaarde t.o.v. 1D model.
3D model (D-HYDRO)	Ja	Ja	▪ Toegepast voor systeemgedrag chloride, waterkwaliteit en ecologie. ▪ Lange rekentijd.

0D model (IWP)

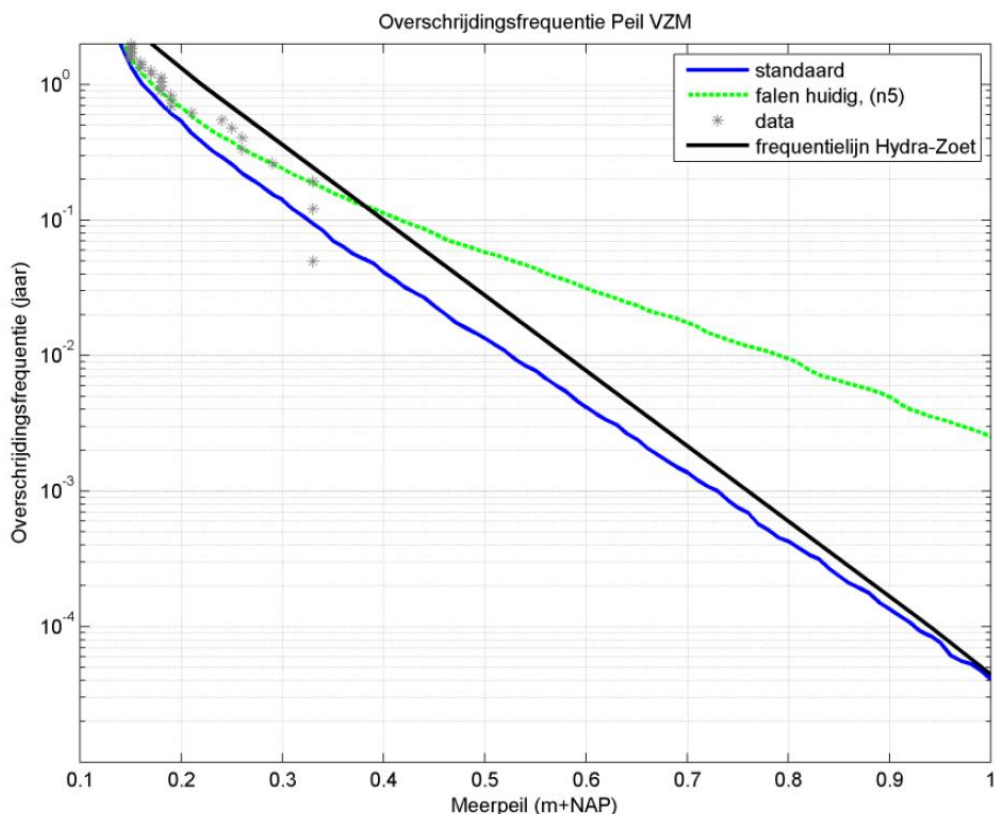
IWP (Instrument voor het waterpeilbeheer) is een computersysteem van Rijkswaterstaat dat de operator op een sluis of stuw een overzicht geeft over de actuele situatie en van de te verwachten aan- en afvoeren en waterstanden⁸. Voor het Volkerak-Zoommeer worden volgens de IWP website voorspellingen gedaan voor de waterstand op korte termijn (dagen) ten behoeve van operationele sturing.

Probabilistisch model (DEVO)

Het DEVO model (**D**agelijkse en **E**xtrême waarden voor het **V**olkerak-Zoommeer) berekent de meerpeilstatistiek van het Volkerak-Zoommeer op basis van statistiek van aan- en afvoeren (HKV, 2015, 2017). Hoewel DEVO ook de dagelijkse waterstand kan berekenen, is het vooral ingezet om het effect van uitzonderlijke situaties in het algemeen en het falen van kunstwerken in het bijzonder te bepalen. Voor uitzonderlijke situaties, die in de praktijk vaak nog niet zijn opgetreden, is een probabilistische aanpak geschikt. Daarbij wordt voor relevante invoergrootheden (stochasten) niet één waarde, maar een spreiding en kansverdeling aangenomen. Vervolgens wordt een groot aantal combinaties doorgerekend. De uitkomst van DEVO is een kansverdeling van de doelvariabele, het meerpeil van het Volkerak-Zoommeer, zie een voorbeelduitvoer in Figuur 4.4. Chloride is niet opgenomen in DEVO.

⁸ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/waterkwantiteit/iwp/>

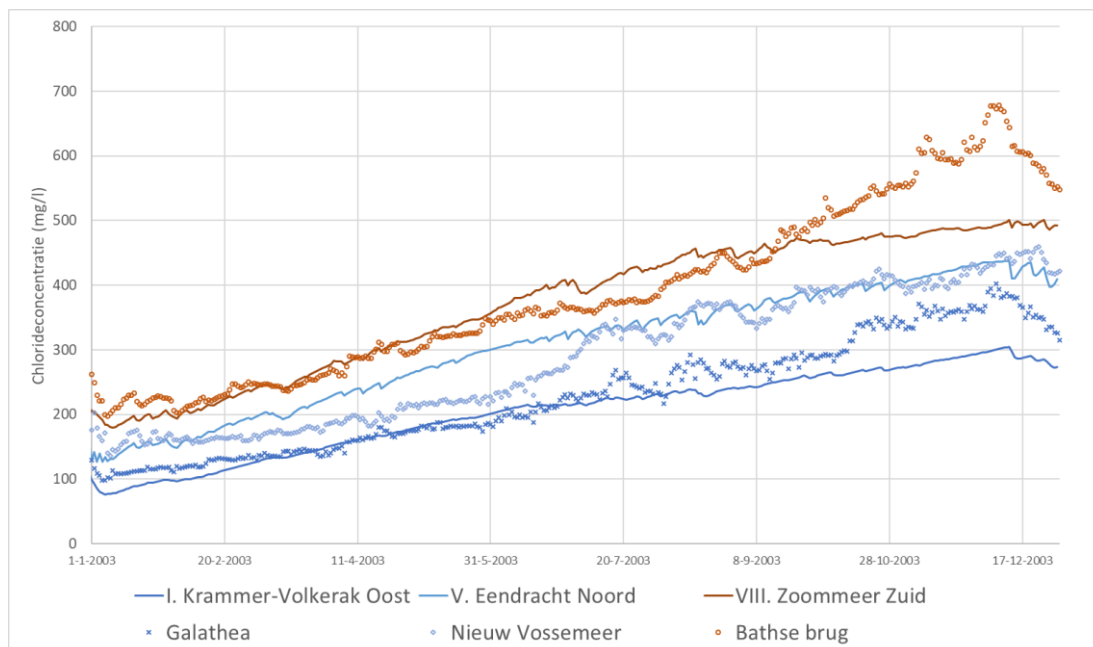
Voor de faalkansenanalyse rekent DEVO een periode van 20 dagen door. Voor chloride zal een langere periode nodig zijn. Het is in principe mogelijk om de periode uit te breiden tot een jaar en om chloride toe te voegen. Indien stochasten gewenst zijn binnen de analyse-aanpak, zou de selectie en definitie van de stochasten herzien moeten worden, o.a. om de rekentijd hanteerbaar te houden.



Figuur 4.4 Voorbeelduitvoer overschrijdingsfrequentie meerpeil uit DEVO (Figuur 9-11 in HKV (2015))

Water- en chloridebalans (bakjesmodel klimaatrobustheid VZM)

Voor de klimaatrobustheidsstudie is een water- en chloridebalansmodel opgezet waarin het Volkerak-Zoommeer is opgedeeld in 10 bakjes om zowel de oost-west chloridegradiënt over het Krammer-Volkerak als de noord-zuid gradiënt over de Eendracht, het Zoommeer en het Bathse spuikanaal (enigszins) te reproduceren (Deltares, 2020a). Met het model is de handhaafbaarheid van het huidige waterbeheer tot 1 m zeespiegelstijging onderzocht. Extreme waterveiligheidssituaties zoals noodwaterberging zijn niet onderzocht. Voor de zoutvracht door de Krammersluizen is een koppeling met de Zeesluisformulering gebruikt (zie §4.7). Het model is vergeleken met metingen voor het jaar 2003. Het model laat een redelijk tot goede vergelijking zien (Figuur 4.5).



Figuur 4.5 Met het bakjesmodel berekende chlorideconcentratie (lijnen) en gemeten chlorideconcentratie op drie meetlocaties in het Volkerak-Zoommeer (symbolen) (uit Deltares, 2020a)

1D model (SOBEK)

Een 1D model in SOBEK is opgezet voor toepassing in operationele voorspelling in de RWSOS (Rijkswaterstaat samenhangende Operationele Systemen) omgeving in het kader van het implementeren van de noodwaterberging Volkerak-Zoommeer (Deltares, 2015). Het opgezette model is alleen verifieerd voor het effect van (storm)wind, opwaaiing en afwaaiing, op de waterstanden en rekt een korte periode van 3-5 dagen door. Het model bevat geen aan- en afvoer van water, onder de aanname dat dit voor een korte periode de op- en afwaaiing niet wezenlijk beïnvloedt. Chloride is niet opgenomen in het 1D model.

2D model (D-HYDRO)

In het kader van de zesde-generatie D-HYDRO Rijkswaterstaatmodellen is in 2019 en 2020 een 2D van het Volkerak-Zoommeer ontwikkeld (Deltares, 2020d). De toepassing is vooral bedoeld voor de wettelijke toetsing van de waterveiligheid en bepaling van hydraulische belastingen (BOI= Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium). Hiervoor wordt een korte (storm)periode doorgerekend. Chloride is niet opgenomen in het 2D model.

3D model (D-HYDRO)

In het kader van de zesde-generatie D-HYDRO Rijkswaterstaatmodellen is in 2019 en 2020 een 3D hydrodynamisch model van het Volkerak-Zoommeer ontwikkeld (Deltares, 2020d). De toepassing is gericht op het seizoensmatig systeemgedrag van het Volkerak-Zoommeer, d.w.z. het transport van chloride, nutriënten en andere stoffen en op de interactie tussen algengroei en de filterwerking van schelpdieren. Het 3D model is gekoppeld aan een waterkwaliteitsmodel voor de berekening van nutriëntenconcentraties, algen en blauwalgen (primaire productie) en quagga-mosselen. Het model is opgezet en vergeleken met metingen voor de periode 2011-2016. De resultaten worden over het algemeen als goed beoordeeld. Deltares (2020d) geeft aan dat het model gevoelig is voor de afregeling van de zoutlast door de Krammersluizen en voor overige brontermen van zout zoals de Bathse spuisluis.

Concluderend advies

Uit het overzicht blijkt dat er meerdere opties zijn voor berekening van de waterstand, maar dat het merendeel van deze opties voor een korte periode van dagen tot weken wordt ingezet. Voor de berekening van chloride zijn minder opties beschikbaar.

Vanwege de lange verblijftijd van 3-6 maanden in het Volkerak-Zoommeer en vanwege de chloridegradiënt is een model met meerdere bakjes nodig. Het Volkerak-Zoommeer kan niet als een gemengde bak gezien worden. Dichtheidsstroming speelt een rol voor zout dat via de Krammersluizen, de Bathse spuisluis en wellicht de Bergse diepsluis binnen komt. Vanwege de lange rekentijd van enkele dagen is het 3D model, waarin dichtheidsstroming is opgenomen, echter niet geschikt voor gevoeligheidsanalyses. In 1D, 2Dh en water- en chloridebalansmodellen moet het effect van dichtheidsstroming – en andere verticale effecten zoals menging door wind – geparametriseerd worden. Het Volkerak-Zoommeer is in essentie lijnvormig: De chloridegradiënt over de breedtedimensie is zeer gering. Daarom biedt een 2Dh model geen meerwaarde ten opzichte van een lijnvorming (1D of bakjes)model.

Het water- en chloridebalansmodel uit de klimaatrobustheidsstudie heeft laten zien dat het toepasbaar is voor gevoeligheidsanalyse voor waterstand en chloride. In principe is dat ook mogelijk met het 1D SOBEK model, maar dit is nog niet gedaan. Het DEVO probabilistisch model en het water- en chloridebalansmodel uit de klimaatrobustheidsstudie volgen in essentie dezelfde aanpak, maar verschillen in mate van detail. In DEVO is chloride niet opgenomen. De opties overwegend wordt aanbevolen om het water- en chloridebalansmodel uit de klimaatrobustheidsstudie als basis te nemen.

4.9 Module gebiedsmodel voor ARK-NZK

Tabel 4.4 geeft een overzicht van opties voor het gebiedsmodel van het ARK-NZK.

Tabel 4.4 Opties voor module gebiedsmodel ARK-NZK

Optie	Berekening waterstand?	Berekening chloride-concentratie?	Toelichting
Water- en chloridebalans (bakjesmodel)	Nog niet beschikbaar	Nog niet beschikbaar	Voor zover bekend is er geen model waarin zowel de water- als chloridebalans is opgenomen.
DEZY	Ja	Nee	- Toegepast voor overschrijdingskans waterstand (faalkansanalyse). - Chloride niet opgenomen, maar uitbreiding misschien mogelijk.
1D model (SOBEK) ARK-NZK	Ja	Nee	Aangepaste versie van Landelijk SOBEK Model (LSM)
1D model (SOBEK) ARK-NZK en regionale watersysteem	Ja	Nee	Toegepast door regionale waterbeheerders
3D model (D-HYDRO)	Ja	Ja	- Toegepast voor systeemgedrag chloride, waterkwaliteit en ecologie. - Lange rekentijd.
Grof 3D model	Nog niet beschikbaar	Nog niet beschikbaar	

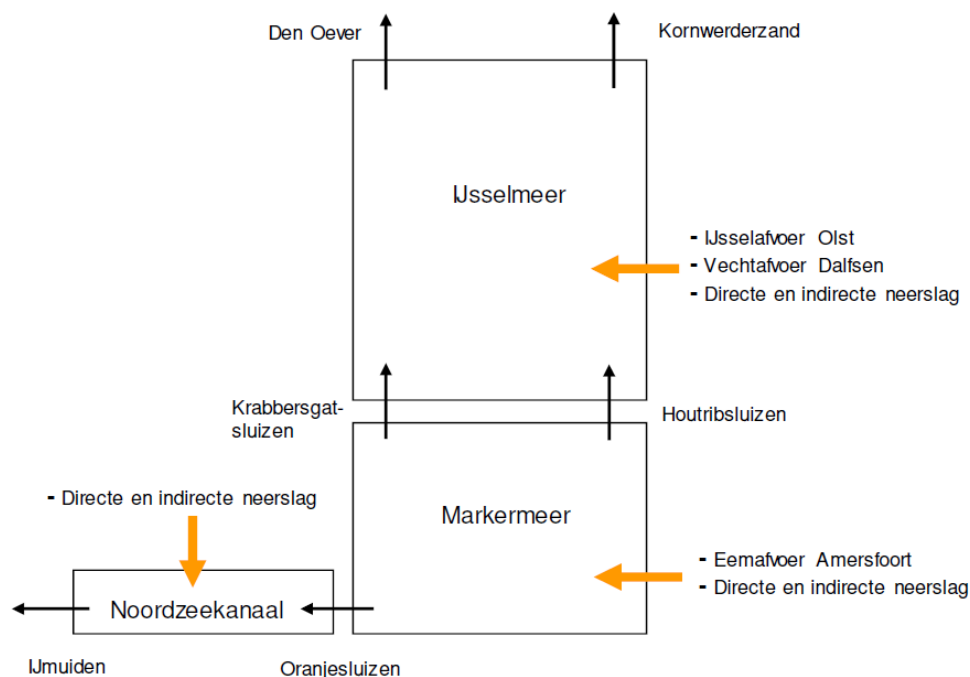
Water- en chloridebalans (bakjesmodel)

Voor zover bekend is er geen recent bakjesmodel voor het ARK-NZK voor de water- en chloridebalans. WL|Delft Hydraulics (1991) geeft overwegingen voor vereenvoudigde modellering, die nog steeds van toepassing zijn. Parameterisatie van de gelaagdheid zodanig dat de fysische (transport)processen voldoende gerepresenteerd worden, werd als grootste

opgave gezien. Een opzet equivalent aan het water- en chloridebalansmodel voor het Volkerak-Zoommeer is denkbaar met een majeure aanpassing. Hoewel het ARK-NZK net als het Volkerak-Zoommeer lijnvormig is, kan de gelaagde waterkolom in het Noordzeekanaal niet in een 1D schematisatie geparametriseerd worden. De uitwisseling van zout tussen boven- en onderlaag is essentieel en dominant voor het systeemgedrag. Voor het Noordzeekanaal zal daarom met een gelaagd systeem gewerkt moeten worden.

DEZY

In opdracht van Rijkswaterstaat WVL heeft HKV het model DEZY ontwikkeld (HKV, 2015b, 2016). Dit model levert peilstatistieken voor het IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer) en het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal, waarbij dat laatste watersysteem versimpeld is meegenomen. De resultaten komen tot stand met een probabilistische aanpak, door een groot aantal gebeurtenissen van de rivier- en neerslagafvoeren en de zeewaterstanden bij de Afsluitdijk en IJmuiden door te rekenen. DEZY berekent de meerpeilen met een reservoirmodel en een fysische relatie voor de spuidebieten (Figuur 4.6). In het probabilistisch model DEZY wordt gerekend met perioden van dertig dagen.



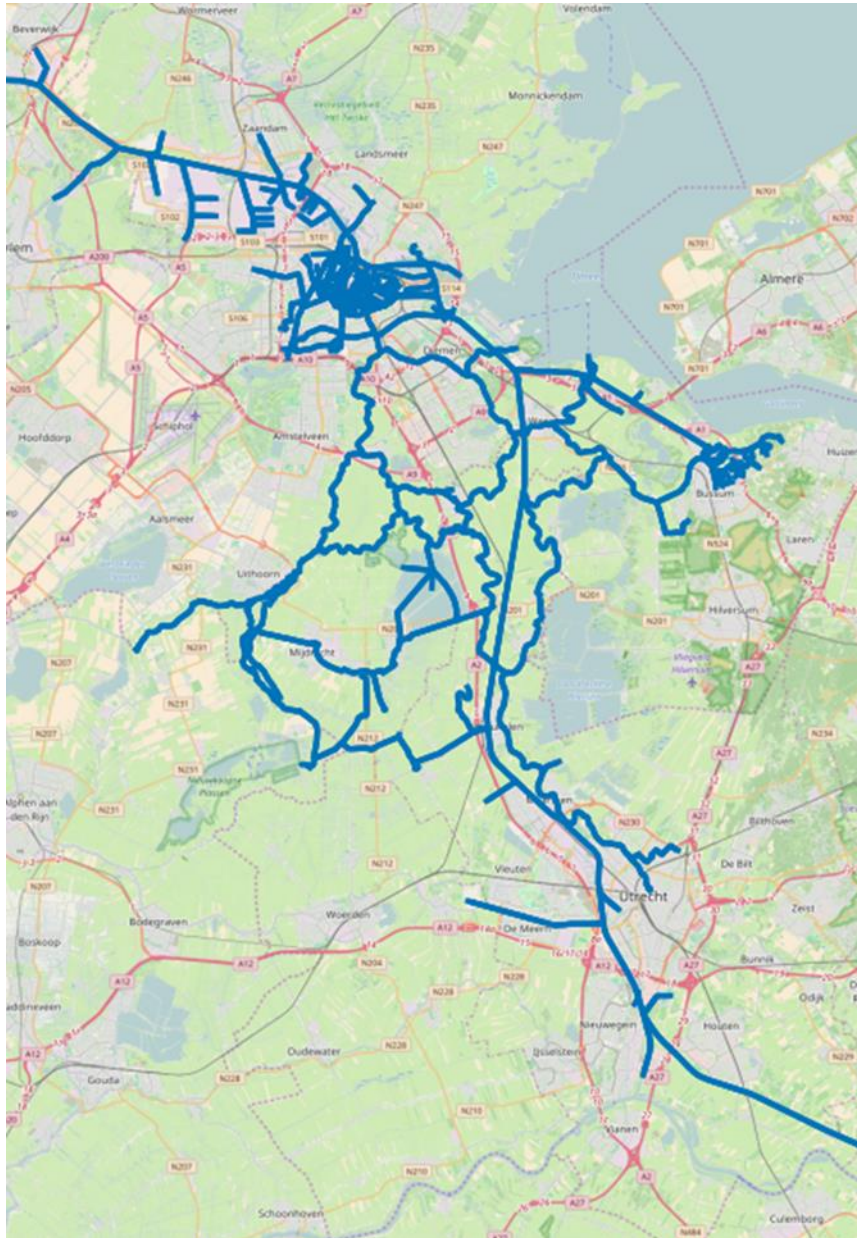
Figuur 4.6 Schematische weergave watersystemen, spuilocaties en aanvoeren (winterhalfjaar) van het DEZY model (Figuur 2-4 uit HKV (2015b))

1D model (SOBEK) ARK-NZK

Deltares (2016d) beschrijft de opzet van een SOBEK 3 model (1D) van het ARK-NZK. In dit model zijn de regionale wateren die in open verbinding staan, niet opgenomen; regionale debieten moeten als modelinvoer opgegeven worden. Omdat deze niet gemeten worden, levert dat onzekerheid over de modeluitkomst. De dynamiek in het lange aaneengesloten systeem dat is omringd door kunstwerken wordt veroorzaakt door lozingen en onttrekkingen. Bij de Irenesluis ten zuiden van Wijk bij Duurstede wordt water ingelaten. Grote onttrekkingen uit het systeem zijn het spuien en het malen bij IJmuiden. Het verloop van de waterstand lijkt in het model echter niet op de metingen. Met de huidige onnauwkeurige dataset van lozingen en onttrekkingen voor de periode in 2015 kunnen daarom geen conclusies getrokken worden over de geschiktheid van het SOBEK 3 model. Chloride is nog niet meegenomen in dit model.

1D model (SOBEK) ARK-NZK en regionale watersysteem

Waternet maakt gebruik van een SOBEK 2.15/2.16 schematisatie van het boezemsysteem en ARK-NZK voor hydrodynamica en waterkwaliteit. Dit model bevat naast het ARK-NZK ook de Amstellandboezem, de Vechtboezem en de Amsterdamse grachten. Enkele jaren geleden is de toenmalige schematisatie opgenomen in het Landelijk SOBEK Model. De rekentijd bedraagt ongeveer 2 uur voor de periode 2012-2018. Om dit model goed te kunnen draaien is informatie nodig van 5 waterbeheerders, namelijk AGV, HDSR, Rijnland, HHNK en RWS.

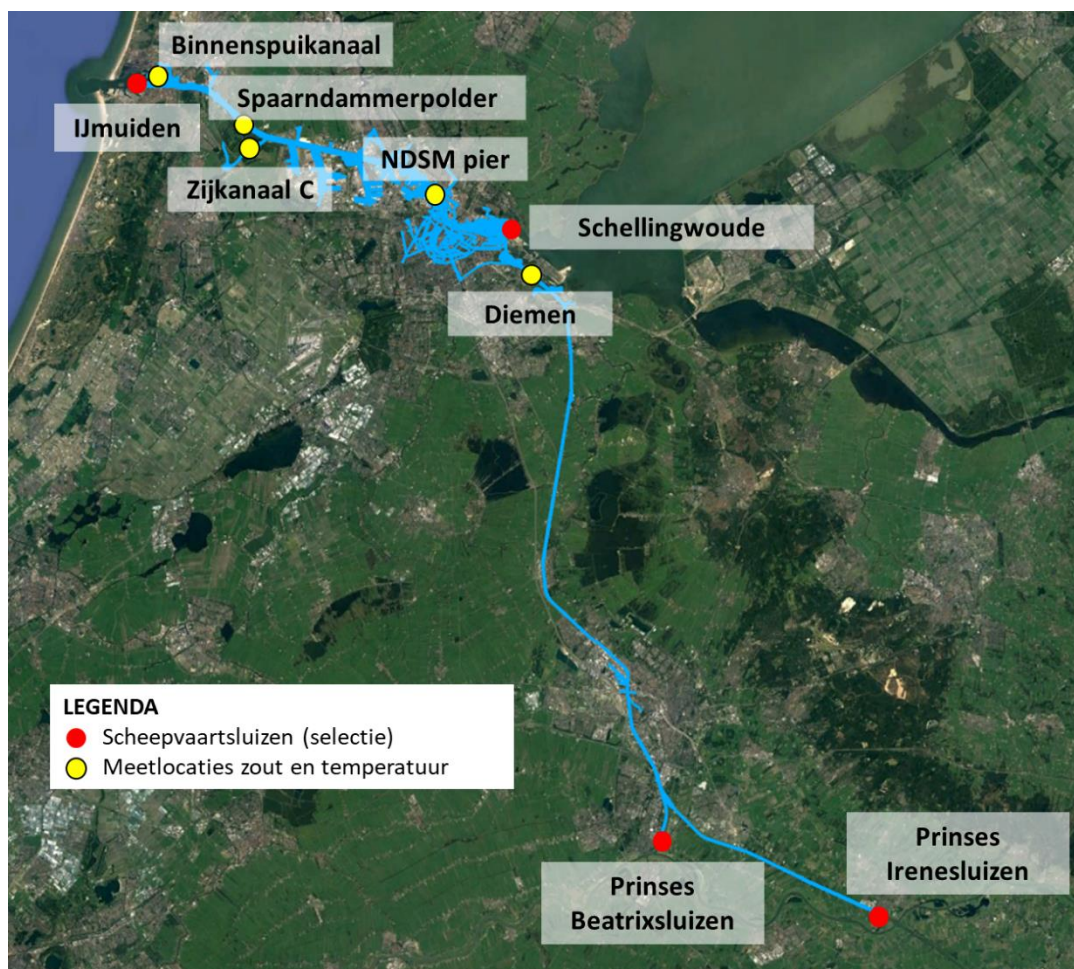


Figuur 4.7 Boezemmodel van AGV vanaf Irenesluizen tot en met IJmuiden inclusief de Amstellandboezem, de Vechtboezem en de Amsterdamse grachten

3D model (D-HYDRO)

Eind vorig jaar is een nieuwe versie van het 3D model van het ARK-NZK opgeleverd (Figuur 4.8; Deltares, 2020e). Het D-HYDRO model richt zich voornamelijk op het modelleren van de zoutindringing op het NZK en ARK, zodat het gebruikt kan worden om bijvoorbeeld het effect van maatregelen op de zoutindringing in kaart te brengen. Aangezien de ontwikkeling zich richtte op de huidige situatie, zijn de Nieuwe Zeesluis en daaraan gerelateerde mitigerende

maatregelen (bijvoorbeeld een zoutscherp in de monding van het Binnenspuikanaal) nog niet in het model opgenomen. Het model rekt 100 dagen door in 1 dag rekentijd (8 processoren). Deltares (2020e) concludeert dat het model in het algemeen toepasbaar is om relatieve effecten van maatregelen te bepalen, indien de zoutlast bij IJmuiden niet of beperkt beïnvloed wordt. Als de zoutlast wel beïnvloed wordt, is nader (model)onderzoek nodig voor betrouwbare voorspellingen. Voor berekening van absolute zoutgehaltes dient het model op een aantal aspecten verder verbeterd te worden. Allereerst zal de waterbalans verder verbeterd moeten worden. Ook zal er meer zekerheid geboden moeten worden met betrekking tot de zoutlast bij IJmuiden.



Figuur 4.8 Overzicht van het NZK-ARK systeem en het D-HYDRO NZK-ARK model (in blauw). Bron satellietbeeld: Google Earth. (Figuur 2.1 in Deltares (2020e)).

Concluderend advies

Voor het ARK-NZK is geen geschikte module voor gevoeligheidsanalyses voor waterstand en chloride beschikbaar. Voor waterstand alleen is het DEZY model beschikbaar en toegepast tot 2 m zeespiegelstijging (zie bijvoorbeeld Hydrologic en HKV, 2017). Het beschikbare 3D model valt af vanwege een lange rekentijd en bovendien is de zoutlast bij IJmuiden nog niet goed genoeg in opgenomen. 1D modellen zijn conceptueel ongeschikt omdat het dominante effect van het gelaagde Noordzeekanaal daarin niet opgenomen is. Voor gevoeligheidsanalyse van chloride wordt daarom aanbevolen om een nieuw bakjesmodel op te zetten, waarin het NZK is geschematiseerd in een boven- en onderlaag en het ARK met een laag.

4.10 Module gebiedsmodel voor IJsselmeer-Markermeer

Tabel 4.5 geeft een overzicht van opties voor het gebiedsmodel van het IJsselmeer-Markermeer.

Tabel 4.5 Opties voor module gebiedsmodel IJsselmeer-Markermeer

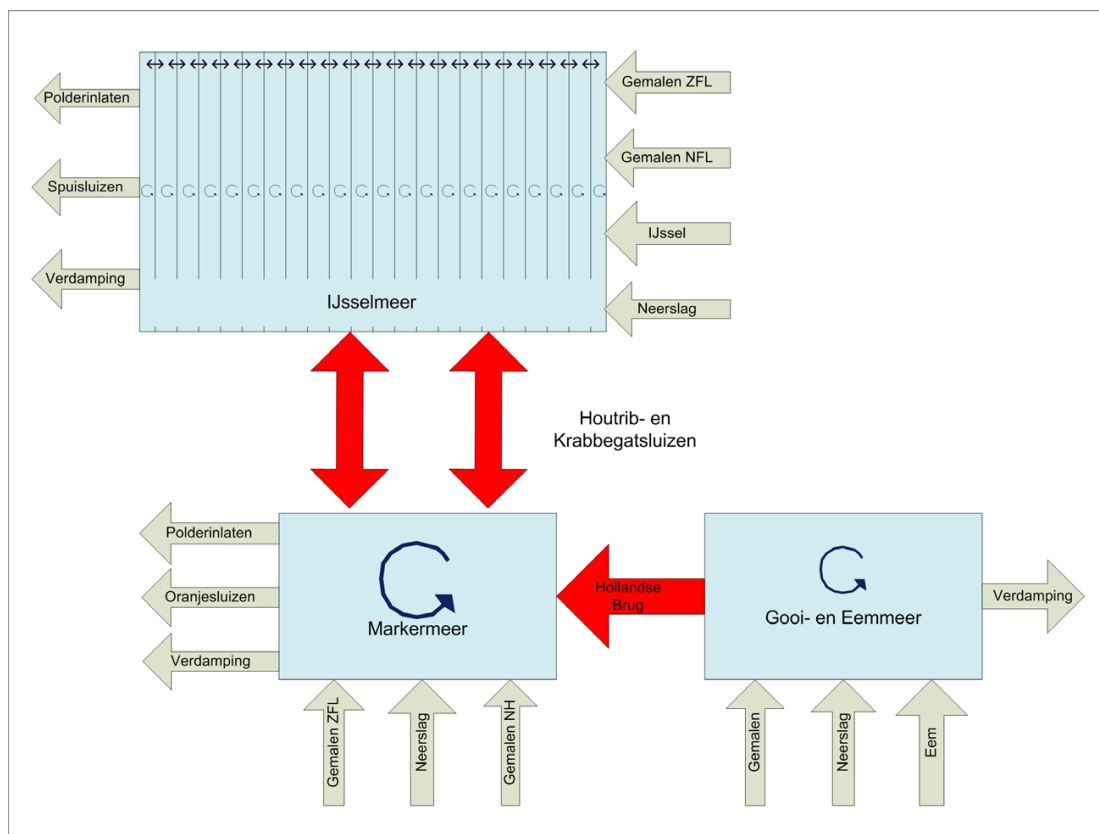
Optie	Berekening waterstand?	Berekening chloride-concentratie?	Toelichting
Water- en chloridebalans (bakjesmodel IJsselmeer KWR)	Ja	Ja	- Ontwikkeld in het kader van ... in 2009. Geen toepassing sindsdien bekend. - Niet beschikbaar voor Markermeer
DEZY	Ja	Nee	- Toegepast voor overschrijdingskans waterstand (faalkansanalyse). - Chloride niet opgenomen, maar uitbreiding misschien mogelijk.
1D model (SOBEK)	Ja	Nee	Onderdeel van Landelijk SOBEK Model (LSM)
2D en 3D model IJsselmeer (D-HYDRO)	Ja	Ja	- Toegepast in 2D voor waterveiligheid, d.w.z. hoogwatersituaties. - Toegepast in 3D voor chlorideverspreiding.
2D en 3D model Markermeer (D-HYDRO)	Ja	Ja*	- Toegepast in 2D voor waterveiligheid d.w.z. hoogwatersituaties. *) Beschikbaar door procesformuleringen in modelsoftware in combinatie met opleggen in model van sluitende water- en zoutbalans (vergelijkbaar met IJsselmeer) maar nog niet eerder toegepast.
minder fijnmazig model IJsselmeer / Markermeer (D-HYDRO)	Nog niet beschikbaar	Nog niet beschikbaar	Er is een eerste verkenning uitgevoerd.

Water- en chloridebalans (bakjesmodel IJsselmeer KWR)

Om de toekomstige verzilting van het Markermeer en IJsselmeer te kunnen simuleren heeft KWR (2009) een bakjesmodel gebouwd om de water- en chloridebalans dynamisch in de tijd voor de periode 1997-2007 te simuleren. Tijdens de modelbouw zijn drie modelconcepten met toenemende complexiteit gebouwd en geijkt. De belangrijkste punten van het modelconcept dat de gemeten chloridereeksen het beste simuleert zijn (zie Figuur 4.9):

- Het Markermeer en Gooi- en Eemmeer worden beide gemodelleerd met één instantaan mengend bakje.
- Het IJsselmeer wordt gemodelleerd met een cascade van bakjes en een dispersieterm.
- De invoerdata van het model bestaan uit gemeten flux en concentratiedata van de belangrijkste in-posten zoals neerslag, verdamping, gemalen, de rivieren IJssel en Eem, de spuihoeveelheden over de Houtribdijk en peildata.
- Het model is geijkt door het verschil tussen gemeten en berekende chlorideconcentraties te minimaliseren voor de meetpunten Andijk in het IJsselmeer en het Zwaartepunt Markermeer. Hierbij zijn de panfactor voor open water verdamping, het aantal bakjes in het IJsselmeer en de dispersiecoëfficiënt stapsgewijs gevarieerd. De beste fit is verkregen met een panfactor van 1,175; 22 bakjes en een dispersiecoëfficiënt van 2,6 km²/dag.

Niet bekend is of het model in latere studies nog is toegepast en/of aangepast.



Figuur 4.9 Schematisch overzicht van het bakjesmodel in KWR (2009) (Figuur S-1 in KWR (2009))

DEZY

In opdracht van Rijkswaterstaat WVL heeft HKV het model DEZY ontwikkeld (HKV, 2015b, 2016). Dit model levert peilstatistieken voor het IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer) en het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal, waarbij dat laatste watersysteem versimpeld is meegenomen. De resultaten komen tot stand met een probabilistische aanpak, door een groot aantal gebeurtenissen van de rivier- en neerslagafvoeren en de zeewaterstanden bij de Afsluitdijk en IJmuiden door te rekenen. DEZY berekent de meerpeilen met een reservoirmodel en een fysische relatie voor de spuidebietten (Figuur 4.6). In het probabilistisch model DEZY wordt gerekend met perioden van dertig dagen. In het kader van het NWO-onderzoek SWM-EVAP is een toepassing voor laagwatersituaties ontwikkeld en toegepast.

1D model (SOBEK)

Het IJsselmeergebied is onderdeel van het Landelijk SOBEK Model. Hiermee worden waterstanden berekend, maar geen chloride.

2D en 3D model IJsselmeer (D-HYDRO)

In (Deltares, 2016e) is een actualisatie uitgevoerd van een driedimensionaal model met zout op basis van Delft3D-FLOW voor het IJsselmeer. Dit model is in 2010 ontwikkeld om beter⁹ impact assessments uit te kunnen voeren van zoutindringing bij de Afsluitdijk (o.a. ten gevolge van sluislek, vismigratie en zoutspray door stormoverslag) en de gevolgen daarvan door zoutverspreiding op het IJsselmeer waaronder effecten op chlorideconcentratie bij drinkwater innamepunten van PWN bij Andijk.

⁹ Tot dan toe werd getracht zo'n vraagstuk te beantwoorden met eenvoudige bakjesmodellen van het IJsselmeer.

In Deltares (2016e) bleek dat er onvoldoende goede meetgegevens beschikbaar waren om het model te valideren. Daarvoor is in 2017 begonnen met het beter in samenhang meten, monitoren en modelleren van zoutverspreiding in het IJsselmeer (Deltares 2018a)¹⁰. Door de verzilting van het oppervlaktewater in het IJsselmeer tijdens de droogteperiode van 2018 is dit proces versneld. Daarom is in 2019 en 2020 een eerste versie van een driedimensionaal model op basis van de nieuwe D-HYDRO / D-Flow FM software gebouwd voor zoutverspreiding in het IJsselmeer. Voor dit model is een eerste opzet van een rekenrooster voor toepassing binnen hoogwaterveiligheid aangepast voor zoutverspreiding: met meer resolutie op plekken (o.a. vlakbij sluizencomplexen Afsluitdijk, in putten, in vaargeulen en in de omgeving van de drinkwaterinnamepunten van PWN bij Andijk) waar dit voor zoutindringing, -ophoging en -verspreiding belangrijk is. Hiermee heeft de resolutie van het model voldoende genoeg oplossend vermogen voor de beoogde toepassingen, dit in combinatie met de fysica (hydrodynamica en zout/chlorideprocessen). Voor een goede modellering een sluitende water- en zoutbalans het uitgangspunt.

In (Deltares, 2020f) wordt de bouw en een eerste modelbeoordeling op waterstanden (2D) en op zoutverspreiding (3D) van de eerste versie van dit D-HYDRO/D-Flow FM model beschreven. Het is recent toegepast voor impact assessments van lozingen bij Gemaal Lely en het slibdepot IJsseloog. In 2021 wordt gestart met opname van dit model (2D) in de zesde-generatie D-HYDRO modelschematisatie van de IJssel Vecht Delta (IJVD).

2D en 3D model Markermeer (D-HYDRO)

Deltares (2019d) is het hoofddocument van het nieuwe zesde-generatie D-HYDRO / D-Flow FM basis model voor het Markermeer. Het rapporteert toepassingen in 2D voor hoogwatervoorspelling en beschrijft de verschillende andere modeltoepassingen van Rijkswaterstaat, dit met relevante processen en doelvariabelen. Hiervoor is een driedimensionaal waterbewegingsmodel nodig voor toepassingen met stofverspreiding en effectstudies op slib en ecologie. De eerste modelversie daarvoor is -uitgaande van het basis model uit (Deltares, 2019d) opgezet in (Deltares 2020g) voor driedimensionale modellering van waterbeweging (waterstanden en snelheden, geen golven) en temperatuur.

In het kader van andere lopende projecten (waaronder Uitwisseling Noordzee Kanaal/Amsterdam Rijnkanaal en Markermeer binnen Slim Water Management, het Kennis- en Innovatieprogramma Marker Wadden (KIMA) en Levend Markermeer) zijn er gewenste ontwikkelingen. Uitgangspunt hierbij is het toekomstbeeld voor modellering van waterbeweging, slib, waterkwaliteit en ecologie in het Markermeer. Dit beeld is gezamenlijk geschetst door Deltares, RWS-MN en RWS-WVL (Deltares 2018b). Hierin komen de ontwikkelsporen van het huidige Markermeer slibmodel met Delft3D (Deltares, 2009 en Deltares, 2012) en het nieuwe D-Flow FM / D-HYDRO waterbewegingsmodel samen.

Er is noch met het Delft3D slibmodel noch met het nieuwe D-Flow FM / D-HYDRO model van het Markermeer een modeltoepassing met chloride/zout uitgevoerd. Dit is relatief makkelijk te realiseren op basis van een sluitende water- en chloridebalans.

minder fijnmazig model IJsselmeer / Markermeer (D-HYDRO)

De nieuwe, zesde-generatie modelschematisaties van de Rijkswateren zijn (zeer) fijnmazig. Dit mede door het kunnen gebruiken van meer flexibele roosters met de D-HYDRO modelsoftware en de beschikbaarheid van hoge resolutie dieptegegevens uit Baseline (tot aan 20 m bij 20 m en 5 m bij 5 m). Voor IJsselmeer en Markermeer is dit prettig omdat daarmee de grillige oeverlijnen en andere belangrijke geometrische objecten zoals vaargeulen, putten en eilanden zoals Marker Wadden goed gevolgd kunnen worden. Gevolg

¹⁰ Dit is geïnitieerd vanuit het zoutoverleg IJsselmeer dat bestaat uit RWS-WVL, RWS-MN, waterschappen rond IJsselmeer, PWN, RIWA en Deltares.

is wel dat de bijbehorende rekenroosters een stuk groter zijn geworden ten opzichte van de vorige generatie modellen. Omdat D-HYDRO / D-Flow FM voor de hydrodynamica relatief goed parallel rekent (de rekentijd kan worden verlaagd bij inzet van meer rekenhardware, SURFsara, CINECA, Deltares, 2019) lijkt dit overkomelijk zolang er de beschikking is over voldoende moderne rekenhardware en het rekenrooster groot genoeg is. Echter, de huidige aanpak maakt gebruik van een expliciete tijdsintegratiemethode met een automatische rekentijdstap. Relatief kleine rekencellen kunnen daarbij resulteren in een vrij kleine rekentijdstap waardoor per rekentijdstap wel snel gerekend kan worden maar dat het totaal aantal rekentijdstappen erg groot wordt. Hierdoor kan de doorlooptijd van de totale simulatie effectief toch weer groot zijn.

Vraag is echter of en waarvoor zoveel mate van detail nodig is. Voor de ontwikkeling van het D-HYDRO model van het IJsselmeer voor zoutverspreiding was de aanpak ingegeven door de problematiek: het rekenrooster is aangepast om het zout in de putten bij de Afsluitdijk voldoende goed te kunnen modelleren (sectie 4.2.2, Deltares, 2020f). Voor globaal transport van chloride over het IJsselmeer is veel minder ruimtelijke resolutie nodig. Voor het Markermeer is iets vergelijkbaars te zien met betrekking tot sedimentatie in de putten rondom de Marker Wadden. Om aanslibgedrag te kunnen onderzoeken is hoge resolutie op deze locaties nodig. Maar voor globaal transport in het Markermeer van sediment over vooral vlakke gebieden is veel minder resolutie nodig. Remote sensing beelden lijken hier ook op te wijzen. Daar komt bij dat voor de forcering van de waterbewegingsmodellen de ruimtelijke resolutie van de HIRLAM en HARMONIE modellen van het KNMI voor ruimtelijk variërende wind niet verder gaat dan 500 m bij 500 m. Als lokale geometrische eigenschappen in transitie/uitwisselingszones er minder toe doen of als het gedrag in zo'n transitiezone op een andere manier beschreven kan worden dan zou mogelijk volstaan kunnen worden met een veel minder fijnmazig model voor het transport op globale schaal van de meren met de D-HYDRO / D-Flow FM modelsoftware. Een eerste verkenning (Deltares, 2021) wijst op een aanzienlijke verlaging van de bijbehorende reketijden voor het verkrijgen van voldoende nauwkeurige antwoorden op het open water van het Markermeer (tot zo'n 1000 keer lagere reketijden bij gebruik van een 500 m bij 500 m rekenrooster, hier zit het effect bij van de expliciete rekentijdstap die daardoor ook minder klein wordt).

Concluderend advies

Voor het IJsselmeer en Markermeer is de modelaanpak van KWR (2009) in principe geschikt voor gevoeligheidsanalyses. Echter, voor zover bekend zijn er na 2009 geen toepassingen geweest. Het is aan te bevelen om te beginnen met de beschikbare KWR schematisatie en te onderzoeken hoe ver daarmee te komen is. Een eventuele uitbreiding voor het Markermeer naar meerdere segmenten (nu 1 segment) en naar een 2D aanpak voor het IJsselmeer (nu 1D) lijkt haalbaar. Wind gedreven stroming, wat een cruciaal proces is voor chlorideverspreiding in het IJsselmeer en Markermeer, is niet eenvoudig te parametriseren. Dit zal nader onderzoek vragen tijdens een eventuele uitbreiding. In een 3D model zijn de fysische processen zoals dichtheidsstroming en wind gedreven stroming opgenomen. Vanwege lange(re) reketijden van orde uren tot een dag, is het bovendien niet geschikt voor gevoeligheidsanalyses met honderden tot duizenden berekeningen. 3D modelresultaten zijn geschikt als vergelijking en toetsing van de eenvoudige modellen.

4.11 Module gebiedsmodel voor Rijn-Maasmonding

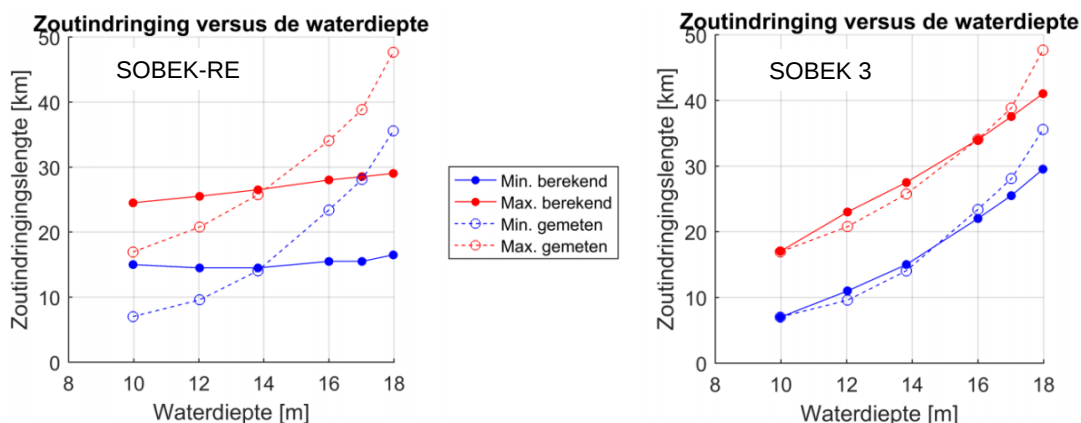
Tabel 4.6 geeft een overzicht van opties voor het gebiedsmodel van de Rijn-Maasmonding.

Tabel 4.6 Opties voor module gebiedsmodel Rijn-Maasmonding

Optie	Berekening waterstand?	Berekening chloride-concentratie?	Toelichting
1D model (SOBEK RE)	Ja	Ja	▪ Veelvuldig toegepast in het verleden. Niet geschikt voor toepassing bij zeespiegelstijging, omdat dispersieformulering onnauwkeurig is.
1D model (SOBEK 3)	Ja	Ja	▪ Beoogde vervanger van SOBEK RE met verbeterde dispersieformulering.
2D model (D-HYDRO)	Ja	Ja	▪ Toegepast voor waterveiligheid, d.w.z. extreme waterstanden. Wordt niet toegepast voor chloride.
3D model (D-HYDRO)	Ja	Ja	▪ Beoogd opvolger van eerdere 3D modellen in Delft3D en TRIWAQ. ▪ Lange rekentijd
3D model (grof model)	Nog niet beschikbaar	Nog niet beschikbaar	▪ Grovere variant om rekentijd te verkorten.

1D model (SOBEK RE)

Het SOBEK RE model van het Noordelijk Deltabekken (NDB) wordt niet als optie beschouwd. Testen hebben aangetoond dat SOBEK RE NDB niet in staat is om het effect van zeespiegelstijging op de positie van de zouttong te modelleren (Deltares, 2016f). De door het model voorspelde zoutindringing bij veranderende waterdiepte komt niet overeen met meetgegevens uit schaalproeven (Figuur 4.10).



Figuur 4.10 Effect grotere waterdiepte op de zoutindringingslengte. Vergelijking tussen de metingen in de Rijger schaalproef en de SOBEK-RE (links) en SOBEK 3 (rechts) berekeningen. (Figuur 4.2 en Figuur 4.5 in Deltares, 2016f)

1D model (SOBEK 3 RMM)

Het SOBEK 3 RMM gebiedsmodel is het vigerende 1D model voor watermanagement, operationele toepassingen binnen RWSOS, getijvoortplantingstudies en globale zoutverspreidingsstudies (Deltares, 2018c). Dit model is gekalibreerd en gevalideerd voor de huidige situatie en reproduceert de waterstanden goed. Chloride is meegenomen in de berekening voor het dichtheidseffect op waterstanden. De positie van de zouttong wordt

voldoende goed gereproduceerd. Door deskundigen wordt ingeschat dat voor de berekening van de chlorideconcentratie de grens is bereikt van wat met een 1D model mogelijk is.

In SOBEK 3 is een dispersieformulering opgenomen die de vergelijking met de schaalproef voor verschillende waterdieptes goed reproduceert (Figuur 4.10). Bij toepassing voor de RMM hebben eerste testen met SOBEK 3 RMM nog geen afdoende resultaat opgeleverd. Mogelijk komt dit door de complexe vertakkingen in het gebied. Testen zijn gedefinieerd om de afwijkingen nader te onderzoeken.

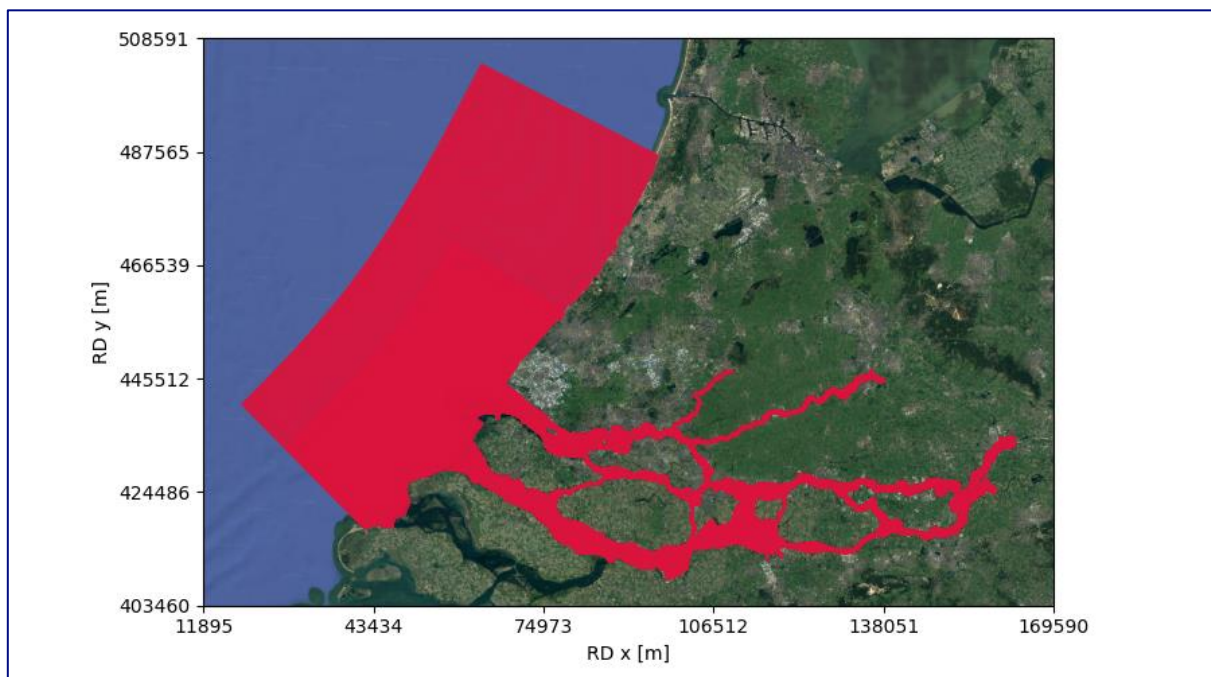
Voor de RMM zijn doelvariabelen gedefinieerd (§3.3, bijlage A.2). Omdat absolute chlorideconcentraties onvoldoende nauwkeurig zijn voor direct gebruik, zal nog bepaald moeten worden hoe de modelresultaten verwerkt worden tot doelvariabelen. De positie van de zouttong is een van de doelvariabelen, waarvan ingeschat is dat die goed genoeg wordt voorspeld (met kanttekening van de openstaande vraag). Daarnaast wordt gedacht aan relatieve veranderingen en trends om de gevoeligheid van zeespiegelstijging weer te geven.

2D model (D-HYDRO)

Een 2D model van de RMM is beschikbaar en wordt ingezet voor waterstanden. Het model wordt tot op heden niet ingezet voor chlorideberekeningen. Vanwege het ontbreken van de dieptedimensie is parametrisering via de dispersiecoëfficiënt nodig om bijvoorbeeld dichtheidsstroming mee te nemen. Dit levert dezelfde overwegingen op als een 1D model. Omdat de RMM een (vertakt) lijnvormig systeem is waar de chloridegradiënt vrijwel uitsluitend in de lengterichting optreedt (en in de verticaal, maar die ontbreekt in 1D en 2D modellen), heeft een 2D model geen meerwaarde ten opzichte van een 1D model. Het 2D model wordt daarom verder niet beschouwd.

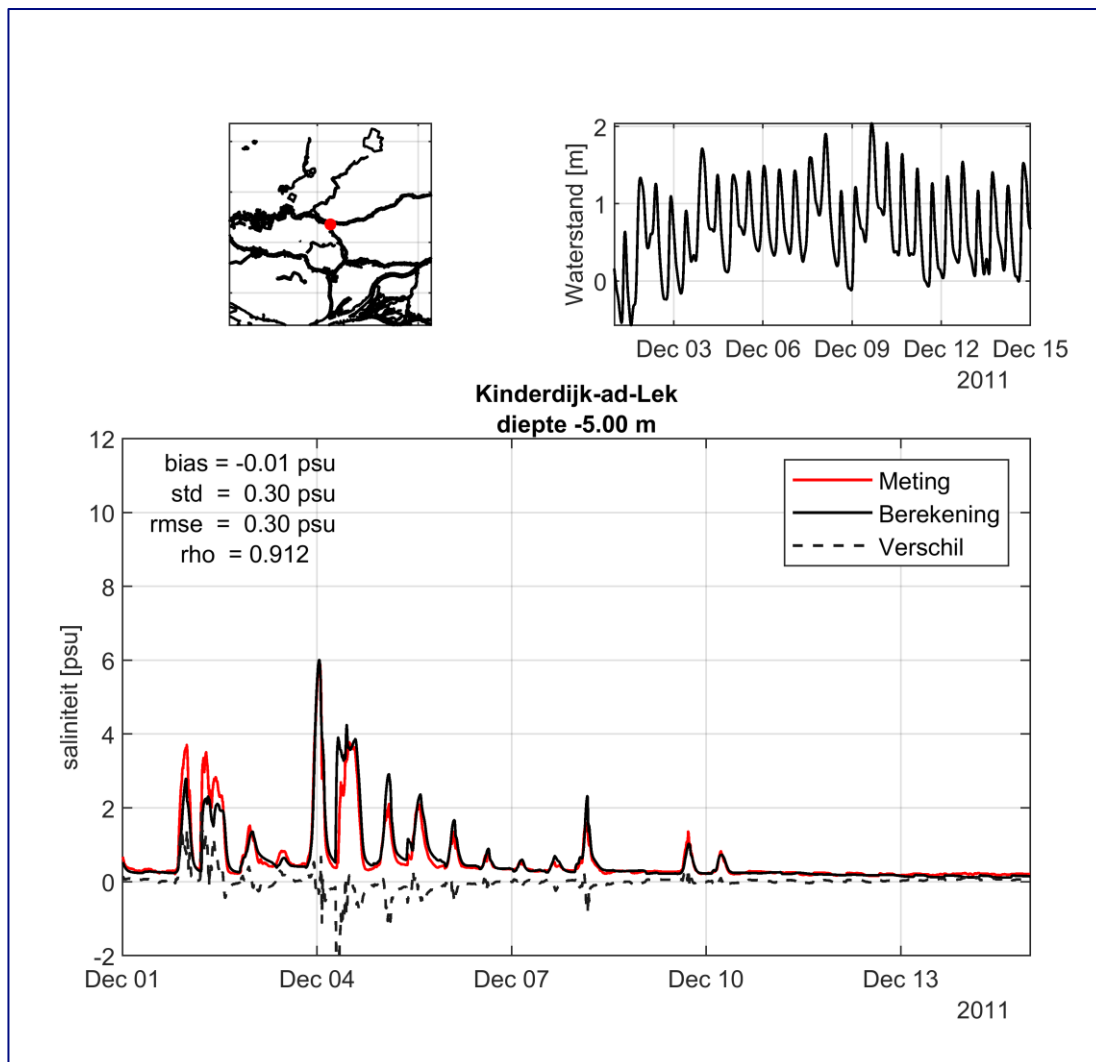
3D model (D-HYDRO)

In 2019-2020 is gewerkt aan de opzet van het 6^e generatie 3D Rijn-Maasmonding model (3D-RMM). De omvang van dit model wordt getoond in Figuur 4.11. Een definitieve kalibratie is voorzien voor 2021 maar de voorlopige resultaten zijn, waar het zoutindringing betreft, al erg goed en aanmerkelijk beter dan resultaten van voorlopers van dit model. Achterwaartse verzilting is doorgerekend, maar de modelresultaten zijn nog niet geanalyseerd.



Figuur 4.11 Omvang 3D RMM model

Als voorbeeld van de voorspelkracht van het 3D-RMM model toont Figuur 4.12 de gemeten en berekende saliniteit te Kinderdijk. Op deze locatie wordt onder normale omstandigheden qua rivierafvoer en wind geen zout gemeten. Voor de 1^e helft december 2011 met een lage rivierafvoer en een storm aan het begin van de maand is deze locatie ernstig verzilt geraakt. De mate van verzilting wordt, ook kwalitatief, erg goed voorspeld door het 3D RMM model. Een simulatie met een doorlooptijd van 2,5 maand waarvan de eerste 2 maanden worden gezien als inspielen vraagt 5 dagen rekentijd op 120 cores (rekenkernen/processors). Voor een verdere beschrijving van het model en de resultaten wordt verwezen Deltares (2020i).



Figuur 4.12 Gemeten en met het 3D-RMM (D-HYDRO) berekende saliniteit te Kinderdijk

Grof 3D model (D-HYDRO)

Een optie is toepassing van een grof 3D model van de RMM. Vanwege de fijne roosterresolutie van het nieuwe D-HYDRO 3D model van de RMM, is dit model niet geschikt voor het uitvoeren van veel berekeningen. Een grover modelrooster zoekt de balans tussen een acceptabele rekentijd, terwijl de fysische processen nog voldoende accuraat meegenomen kunnen worden. Door modeldeskundigen wordt ingeschat dat de rekentijd met ordegrrootte van een factor 10 te reduceren is door het zeedeel van het model te verwijderen (rand op monding Nieuwe Waterweg) en een grover modelrooster. Het afregelen van zo'n grover model wordt als een aanzienlijke inspanning gezien zonder garantie op een voldoende nauwkeurig resultaat.

In het NWO-onderzoek SALTISolutions wordt op basis van het nieuwe D-HYDRO 3D model onderzocht of een aanpassing en versnelling van het model mogelijk is. Dit resultaat zal niet op korte termijn beschikbaar zijn, maar biedt wellicht later in het KP ZSS mogelijkheid om van af te tappen.

Concluderend advies

Voor gevoeligheidsberekeningen is in principe alleen het SOBEK 3 model beschikbaar. Ontwikkeling van een nieuw model en/of een andere aanpak wordt gezien de complexiteit van het gebied niet aangeraden (kleine kans op succes). De geconstateerde tekortkomingen in de SOBEK 3 RMM toepassing voor het effect van zeespiegelstijging en de daarvoor voorgestelde verbeteringen (Deltares, 2019c) dienen als eerste uitgevoerd te worden. Daarnaast wordt aanbevolen om met het D-HYDRO 3D model een klein aantal situaties door te rekenen en die te vergelijken met het SOBEK 3 model. De combinatie van het 1D en 3D model levert onderbouwing voor de duiding van het effect van zeespiegelstijging.

4.12 Module voor postprocessing en visualisatie

De gebiedsmodellen produceren tijdseries van waterstand en chlorideconcentratie voor meerdere locaties in het gebied. Afhankelijk van het aantal factoren en varianten kan het gaan om duizenden tijdseries die bewerkt moeten worden tot doelvariabelen. De bewerking bestaat uit een statistiek (gemiddelde, maximaal, percentiel, overschrijdingsduur, etc.) voor een bepaalde periode (jaar, seizoen, etc.). Het verdient aanbeveling om de verwerking en bewerking van de tijdseries voor alle gebiedsmodellen te harmoniseren.

Daarnaast wordt aanbevolen om na te gaan hoe de modelresultaten voor gebruikers ontsloten en gevisualiseerd kunnen worden. Gedacht wordt aan het opzetten van een database voor alle resultaten voor gespecialiseerde gebruikers en een (eenvoudige) User Interface om resultaten te doorzoeken en visualiseren voor “gewone” gebruikers.

5 Samenvattende conclusies en vervolgstappen

Dit hoofdstuk begint met een reflectie op het vraagarticulatieproces, enkele lessen die zijn geleerd en een suggestie die meegenomen kan worden in het vervolg van het KP ZSS. Daarna wordt ingegaan op de structurering van de verzamelde kennisvragen in relatie tot wat wel/niet in het KP ZSS beantwoord kan worden. Tenslotte wordt geadviseerd over de vervolgstappen voor het modelinstrumentarium.

5.1 Reflectie op het vraagarticulatieproces

Het onderdeel vraagarticulatie van dit onderzoek liep van juni tot december 2020, maar voor het merendeel in de periode september-november 2020. In die periode zijn in totaal acht online sessies met de vier gebieden (twee per gebied) gehouden naast diverse bilaterale gesprekken met en schriftelijke reacties van Rijkswaterstaat en regionale partners. De vraagarticulatie begon niet vanaf nul. De tijdens de herijking Deltaprogramma geïnterviewde vragen en de verwerking en aanscherping door het projectteam van Rijkswaterstaat waren het startpunt. Er waren echter ook andere trajecten met kennisagenda's die in meer of mindere mate raakvlakken en overlap hadden. Tijdens de gebiedssessies was een deel van de vragen dan ook niet inhoudelijk, maar procesmatig: Hoe hangen de verschillende trajecten samen? Welk traject doet wat? Wat doet het KP ZSS wel en wat niet?

Een wellicht open-deur, maar desalniettemin belangrijke constatering is dat vraagarticulatie een iteratief proces is, dat georganiseerd moet worden. Iteraties lopen zowel binnen een traject – zoals het KP ZSS Spoor 2 Zoetwater – als met andere trajecten – zoals andere onderdelen van het KP ZSS of regionale trajecten. Tijdens het uitgevoerde vraagarticulatieproces is waardering uitgesproken voor de vroege betrokkenheid van de regionale partners en de transparantie van de afwegingen. Naast het duidelijk maken wat het KP ZSS gaat doen, is er evenveel waardering voor het duidelijk maken wat het KP ZSS niet gaat doen. Duidelijkheid maakt het immers mogelijk om actie te ondernemen.

De continuïteit van het iteratieve proces is niet vanzelfsprekend. Het is een valkuil om na de prioritering van vragen alleen tot uitvoering van het onderzoek over te gaan en de reflectie en afstemming met andere trajecten te stoppen. Omdat project of programma overstijgende terugkoppeling en afstemming vaak niet begroot is in de uitvoeringsfase, kan dit tussen wal en schip vallen. Aanbevolen wordt daarom om ook in het vervolg van het KP ZSS het proces van vraagarticulatie en beantwoording in samenhang met andere trajecten expliciet en structureel te organiseren. Door het KP ZSS wordt daar inmiddels aan gewerkt. Verwezen wordt naar het projectteam voor de laatste stand van zaken.

5.2 Structurering en beoordeling kennisvragen

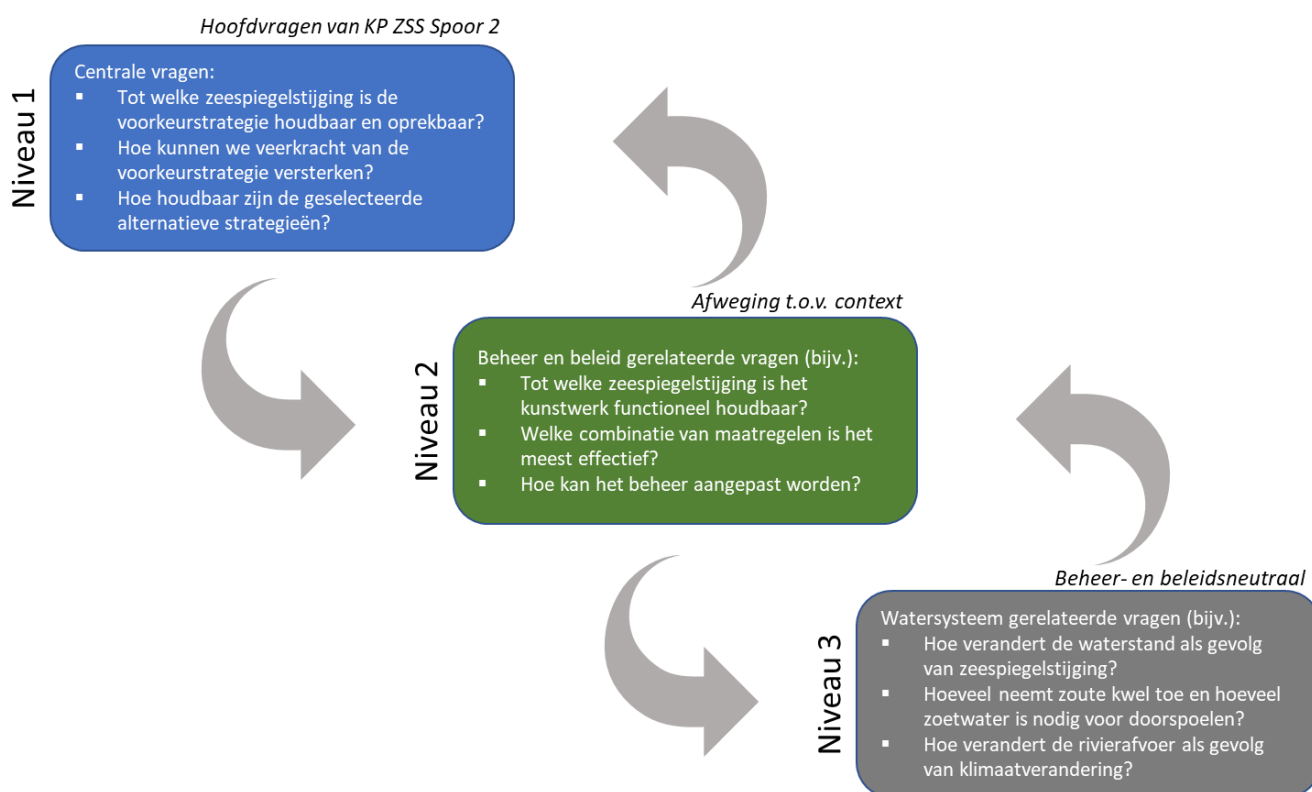
Wat een “kennisvraag” is, is niet precies gedefinieerd. Een inventarisatie van kennisvragen levert een grote variatie op van wetenschappelijke vragen tot beleidsgerelateerde vragen en van zeer abstracte tot concrete (detail)vragen. Dat is goed voor een inventarisatie om het hele speelveld in beeld te hebben. Daarna is een structurering nodig. Structurering kan op meerdere manieren. De ene manier is niet per se beter of slechter dan de andere. Het is belangrijk dat de (keuzes en aannames voor de) structurering begrepen wordt, dus transparant en uitlegbaar.

In dit onderzoek is voor de structurering gebruik gemaakt van de principes van Good Modelling Practice, omdat voor de beantwoording een of meer modellen ingezet worden. Het gaat immers om toekomstige situaties. In Good Modelling Practice staat de werking van het systeem centraal vanuit het perspectief van de (hoofd)vraag: Hoe komt de verzilting tot stand, Wat zijn de belangrijkste factoren, Onder welke condities treedt verzilting op, etc.? Een conceptueel model wordt gebruikt om de gezamenlijke kennis van gebiedsexpert en modelexperts (soms verenigd in dezelfde persoon) te expliciteren en deelbaar te maken.

In dit rapport wordt de volgende, gelaagde structurering van vragen voor KP ZSS spoor 2 Zoetwater gebruikt ¹¹ (Figuur 5.1):

- Niveau 1: Centrale vragen
- Niveau 2: Beleid en beheer gerelateerde vragen
- Niveau 3: Watersysteem gerelateerde vragen

De centrale vragen van niveau 1 zijn de hoofdvragen van het KP ZSS Spoor 2, zie §1.3. Dit zijn relatief hoog abstracte vragen. Op het tweede niveau worden vragen gesteld aan de hand van de concrete beheer- en beleidskaders van de verschillende gebieden. Een belangrijk kenmerk van deze vragen is dat er een afweging, normering of toetskader is. Op het derde niveau zijn de vragen gerelateerd aan de fysische systeemkenmerken; voor het KP ZSS spoor 2 Zoetwater met name waterstand, chlorideconcentratie en zoetwaterdebiet. Op dit 3^e niveau zijn de vragen beheer- en beleidsneutraal. Er wordt geen waardeoordeel gegeven over (bijvoorbeeld) een chlorideconcentratie. Niveau 3 zegt: De chlorideconcentratie is 250 mg/l. Niveau 2 zegt: Er is een probleem, want de chlorideconcentratie overschrijdt de innamenorm.



Figuur 5.1 Structurering van vragen in drie niveaus

¹¹ Hierboven zit het niveau van de centrale vragen van het KP ZSS als geheel. Dat niveau wordt hier buiten beschouwing gelaten, maar is natuurlijk wel relevant. Ook vragen voor spoor 2 Waterveiligheid en spoor 2 Zandige kust zijn niet in dit rapport opgenomen.

Het modelinstrumentarium, waarin systeemkenmerken gekwantificeerd worden, opereert in essentie op niveau 3, terwijl de vragen die met de resultaten van het modelinstrumentarium moeten worden beantwoord op niveau 2 spelen. En daarna uiteindelijk geaggregeerd op niveau 1.

In dit rapport zijn de geprioriteerde kennisvragen, vanwege de aanzet tot het programma van eisen voor het modelinstrumentarium, uitgewerkt en gedefinieerd op niveau 3. De beheer en beleid gerelateerde vragen (niveau 2) zijn opgenomen in Bijlage A. Zonder in detail alle beheer en beleid gerelateerde vragen te behandelen is de aanzet tot het programma van eisen zodanig opgesteld dat de overtuiging is dat deze niveau 2 vragen te beantwoorden zullen zijn met (de duiding van de) resultaten van het modelinstrumentarium. Let op dat een enkele keer is aangegeven dat dat niet het geval is omdat een vraag buiten de scope van het KP ZSS ligt.

De structurering van kennisvragen gerelateerd aan de werking van het fysieke systeem is opgedeeld in vijf categorieën (zie ook Figuur 3.3):

- A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, chlorideconcentratie, waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid in het watersysteem
- B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en waterafvoer van de omliggende gebieden
- C. Kennisvragen over (de ontwikkeling/capaciteit van) debiet en zoutvracht door de kunstwerken
- D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het Hoofdwatersysteem
- E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling) en zeespiegelstijging op de Noordzee

Tabel 3.1 laat zien dat de vergelijkbare kennisvragen in meerdere gebieden voorkomen. Geconcludeerd wordt dat de structurering en categorisering op basis van systeemwerking en van doelvariabelen zorgt voor een consistente en vergelijkbare set kennisvragen over de gebieden heen. De structurering en categorisering is bovendien nuttig voor de beschrijving van het gewenste modelinstrumentarium.

Deltares concludeert dat er op dit moment – in de context van de centrale vraagstelling en met inachtneming van de exploratieve en iteratieve aanpak met gevoeligheidsanalyses – uit de vraagarticulatie geen fundamentele kennisleemtes naar voren zijn gekomen. De kennis over hoe verzilting in de vier gebieden “werkt” en wat daarvoor belangrijk is, is voldoende goed bekend.

Er zijn wel onzekerheden, maar ook deze zijn voldoende goed in beeld om mee om te kunnen gaan. Juist de gekozen aanpak via gevoeligheidsanalyses is geschikt om met onzekerheden om te gaan, omdat meerdere aannames getest en doorgerekend kunnen worden. Uit de analyse van de resultaten kan afgeleid worden of een onzekerheid belangrijk is en verder uitgezocht moet worden. Dit kan dan geprioriteerd worden in de volgende iteratie.

5.3 Aanzet tot programma van eisen modelinstrumentarium

Op basis van werking van het fysisch systeem en categorisering van de kennisvragen is in paragraaf 4.3 een voorstel gedaan voor een modulaire opbouw van het modelinstrumentarium (zie ook Figuur 4.3):

1. Gebiedsmodellen Zoetwater voor berekening waterstand en chlorideconcentratie in Volkerak-Zoommeer, RMM, ARK-NZK en IJsselmeer/Markermeer
2. Module voor (debiet en) zoutvracht door kunstwerken (schut- en spuisluizen)

3. Module voor postprocessing voor peilbeheer, waterbeschikbaarheid en afvoermogelijkheid (en eventueel doorvertaling naar andere functies)
4. Module voor waterstand en getij op de Noordzee afhankelijk van zeespiegelstijging en doorvertaald naar getijwateren zoals Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee
5. Module voor landelijke waterverdeling en rivierafvoer naar RMM en IJsselmeer
6. Module voor zoute kwel naar Hoofdwatersysteem en naar regionale watersystemen ten behoeve van doorspoelbehoefte

Voor ieder van de modules is in hoofdstuk 4 een overzicht gegeven van opties en een concluderend advies voor iedere module. Tabel 5.1 vat de geadviseerde opties samen.

Tabel 5.1 Advies modules modelinstrumentarium voor geprioriteerde kennisvragen

Geprioriteerde kennisvraag KP ZSS (categorie)		Module in modelinstrumentarium	Status
Rivieraanvoer incl. landelijke waterverdeling (E. Randvoorwaarde rivier)		<i>Nog niet ingevuld</i>	<i>Nog niet bekend</i>
Getij Noordzee en doorwerking (E. Randvoorwaarde Noordzee en getijwateren)		Gemeten tijdseries aanpassen (chloride)	Beschikbaar voor toepassing
		DCSM-FM 100m (waterstand)	Beschikbaar voor toepassing
Zoute kwel naar Hoofdwatersysteem (D. Zoute kwel)		LHM Zoet-Zout Grondwater	Beschikbaar voor toepassing
Functionele levensduur kunstwerken inclusief afvoercharacteristieken (C. Debiet en zoutvracht kunstwerken)		Postprocessing	Te ontwikkelen
Zoutvracht door kunstwerken (C. Debiet en zoutvracht kunstwerken)		Zeesluisformulering (schutsluizen)	Beschikbaar voor toepassing
		Spuisluisformulering (spuisluizen)	Te ontwikkelen (ontwerp beschikbaar)
Doorspoelbehoefte regionale watersystemen in relatie tot toename zoute kwel (B. Watervraag regionale watersystemen)		LHM Zoet-Zout Grondwater	Beperkte ontwikkeling nodig
Parametrisering zoutverspreiding in een vereenvoudigd model (A. Waterstand en chloride in het watersysteem)	Volkerak-Zoommeer	DEVO (waterstand)	Beschikbaar voor toepassing
		Bakjesmodel (waterstand en chloride)	Beschikbaar voor toepassing
	ARK-NZK	DEZY (waterstand)	Beschikbaar voor toepassing
		Bakjesmodel (waterstand en chloride)	Te ontwikkelen
	IJsselmeer-Markermeer	Bakjesmodel (waterstand en chloride)	Te ontwikkelen KWR (2009) als basis
	RMM	SOBEK 3	Beperkte ontwikkeling nodig

Uit Tabel 5.1 blijkt dat een groot deel van de modules beschikbaar is voor toepassing in een gevoeligheidsanalyse. Kleine aanpassingen en/of (validatie)testen kunnen nog mogelijk zijn. Dit wordt niet beoordeeld als een ontwikkeling, maar als een beperkte actie om de module voor de toepassing gereed te maken.

Voor vier modules is geen model beschikbaar en zal ontwikkeling nodig zijn:

- Module voor postprocessing en visualisatie van de modelresultaten (§4.12)
 - Geadviseerd wordt hier vroegtijdig over na te denken met onderscheid tussen gespecialiseerde gebruikers die de modelresultaten in detail willen kunnen analyseren, en “gewone” gebruikers die het effect van zeespiegelstijging op voor hen relevante indicatoren willen kunnen inzien.
- Module voor de zoutvracht door spuisluizen (§4.7)
 - Hiervoor is een eerste conceptuele beschrijving beschikbaar (Deltares, 2020c). Het is nog niet helemaal zeker of deze module nodig is, of dat in eerste instantie met opgelegde tijdseries of rekenregels gewerkt kan worden.
- Gebiedsmodel gevoeligheidsanalyse chloride ARK-NZK (§4.9)
 - Er is geen snel rekenend model beschikbaar voor de chlorideconcentratie op kritische locaties.
- Gebiedsmodel gevoeligheidsanalyse chloride IJsselmeer-Markermeer (§4.10)
 - KWR (2009) beschrijft een bakjesmodel dat mogelijk geschikt is. Het is niet duidelijk of dit model nog in gebruik is. Op basis van de beschrijving is het waarschijnlijk niet moeilijk om het opnieuw op te bouwen.

Beperkte ontwikkeling is nodig voor twee modules:

- Module voor zoute kwel en doorspoelbehoefte (§4.6)
 - Het LHM Zoet-Zout Grondwater is hiervoor bedoeld, maar enkele testen zijn nodig. Dit is inmiddels in gang gezet.
- Gebiedsmodel Rijn-Maasmonding (§4.11)
 - Voor het SOBEK 3 model zijn enkele testen en verbeteringen voorgesteld. De verwachting is dat het model daarna inzetbaar zal zijn.

Bakjesmodellering – water- en chloridebalansen

Voor de gebiedsmodellering van Volkerak-Zoommeer, ARK-NZK en het IJsselmeer-Markermeer worden zogenaamde “bakjesmodellen” overwogen. Een bakjesmodel is een niet stationair model voor (relatief) eenvoudige berekeningen van water- en chloridebalansen. Aan het bakjesmodel worden alle in- en uitgaande termen van de water- en chloridebalansen opgegeven. De balanst termen kunnen zijn afgeleid van metingen (al dan niet bewerkt), van een ander model of als onderdeel van het bakjesmodel intern berekend worden. Bakjesmodellen rekenen over het algemeen snel, waardoor ze geschikt zijn voor gevoeligheidsanalyses met veel berekeningen.

Voor waterstanden zijn bakjesmodellen voldoende nauwkeurig, afhankelijk van de nauwkeurigheid van de beschikbare in- en uitgaande termen. Het effect van windopzet is goed bekend en kan daarom goed meegenomen worden in de berekening of eventueel in de naverwerking. Voor de berekening van de chlorideconcentratie zijn bakjesmodellen complexer. Terwijl waterstanden in een watersysteem reageren op een tijdschaal van uren tot dagen, is de reactietijd voor chloride gekoppeld aan de verblijftijd van het watersysteem die kan oplopen van weken tot maanden. De verspreiding van chloride door advectief en met name dispersief transport moet geparameteriseerd worden.

Er zijn voldoende voorbeelden van waterbalansmodellen, waarin de nauwkeurigheid van orde cm aangetoond is met als voorwaarde dat de in- en uitstromende debieten voldoende zeker zijn. Voor chloride is er wat minder ervaring, maar voor Volkerak-Zoommeer en IJsselmeer-Markermeer geven de opgenomen bakjesmodellen aan dat een nauwkeurigheid van 25-20 mg/l realistisch is. Tenslotte moet natuurlijk bij de modelkalibratie en -validatie aangetoond en onderbouwd worden wat de daadwerkelijk gerealiseerde nauwkeurigheid is.

Hoewel de verwachting is dat bakjesmodellen haalbaar zijn voor de drie systemen, is een generieke aanpak niet mogelijk omdat er specifieke verschillen zijn in de systeemwerking:

- Het Volkerak-Zoommeer is in essentie een lijnvormig watersysteem, waarin dichtheidsstroming en wind gedreven stroming een relatief beperkte rol spelen. Een schematisatie met meerdere bakjes kan de horizontale chloridegradiënt goed reproduceren (Deltares, 2020a).
- Het ARK-NZK is een lijnvormig watersysteem, waarin dichtheidsstroming een grote rol speelt en wind gedreven stroming een relatief beperkte rol speelt. Het Noordzeekanaal moet als een gelaagd systeem worden geschematiseerd, dus tenminste twee lagen. Het Amsterdam-Rijnkanaal kan wel als een lijnvormig in een laag worden geschematiseerd.
- Het IJsselmeer en het Markermeer zijn platte watersystemen, waarbij dichtheidsstroming een relatief beperkte rol speelt en waarbij wind gedreven stroming een grote rol speelt. KWR (2009) schematiseert het IJsselmeer lijnvormig en het Markermeer als een goed gemengde bak. Het is de vraag of dat afdoende is. Wellicht moet een 2-dimensionaal bakjesmodel gemaakt worden.

Aanbevolen wordt daarom om de drie gebiedsmodellen van Volkerak-Zoommeer, ARK-NZK en IJsselmeer-Markermeer los van elkaar op te pakken. Onderlinge afstemming van de aanpak, opzet en (duiding van de) resultaten is uiteraard wenselijk.

Inzet van 3D modellen voor duiding gevoeligheidsanalyses

Voor de alle gebieden zijn ook gedetailleerde 3D modellen beschikbaar, waar dichtheidsstroming en wind gedreven stroming fysisch correct zijn meegenomen. Omdat dergelijke modellen een lange rekentijd van orde dagen hebben, zijn 3D modellen niet inzetbaar voor gevoeligheidsanalyses. Aanbevolen wordt om de 3D modellen voor enkele goed gekozen scenario's met zeespiegelstijging in te zetten en deze resultaten te gebruiken bij de duiding van de resultaten van de bakjesmodellen en het SOBEK 3 RMM model. Omdat het gaat over beschikbare modellen, is de inspanning gering.

6 Referenties

- Deltares (2009): Calibration suspended sediment model Markermeer, Thijs van Kessel, Gerben de Boer en Pascal Boderie, Report 1200148, 2009.
- Deltares (2012): Validation suspended sediment model Markermeer - version II & Application to silt screen, Pascal Boderie, Alfons Smale en Christophe Thiange, Report 1201198-010-ZWS-0001, 2012.
- Deltares (2013): Voorstel werkwijze voor B&O en Ontwikkeling Modelinstrumentarium Waterkwaliteit en Ecologie Rijkswateren, A. Nolte en W. Stolte, Rapport 1207726-000-ZKS-0013, Delft, 2013. http://publications.deltares.nl/1207726_000a.pdf
- Deltares (2015): 5^e generatie SOBEK3 model voor het Volkerak-Zoommeer, Modelopzet en verificatie voor op- en afwaaiing, Meinard Tiessen, Rapport 1220073-006-ZKS-0004, Delft, 2015. http://publications.deltares.nl/1220073_006.pdf
- Deltares (2016a): Validatierapport WANDA-Locks, het nieuwe zoutlekmodel; Ida de Groot-Wallast en Tjerk Vreeken, Rapport 1209463-000-HYE-0002, Delft, 2016. http://publications.deltares.nl/1209463_000.pdf
- Deltares (2016b): Prestatie Innovatieve Zout-Zoet Scheiding op de Krammersluizen - Berekeningen met WANDA-Locks, auteurs Tjerk Vreeken en Suzanne Zwanenburg, Deltares rapport 1210765-009-HYE-0002, Delft: Deltares.
- Deltares (2016c): Berekening zoutindringing IJmuiden met WANDA Locks, Matthijs Rietveld, Rapport 1220309-000-HYE-0038, Delft, 2016.
- Deltares (2016d): Hydrodynamische modellering van het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal, Ontwikkeling en validatie SOBEK 3 en Delft3D model; Frans Buschman, Asako Fujisaki, Rudy Schueder en Theo van der Kaaij, Rapport 1230071-008, 2016.
- Deltares (2016e): Actualisatie 3D zoutverspreidingsmodel IJsselmeer, Menno Genseberger en Arnout Bijlsma, Rapport 1230069-000-ZKS-0033, 2016.
- Deltares (2016f): Modelleren van zoutverspreiding met SOBEK 3 en SOBEK-RE, Y. Huismans, F.A. Buschman, C.M. Wesselius, J. Daniëls en C. Kuijper, Rapport 1230077 -003-ZWS-0003, december 2016. http://publications.deltares.nl/1230077_003.pdf
- Deltares (2018a): Beter monitoren, begrijpen en voorspellen van zout/chloride in het IJsselmeer, Menno Genseberger en Arnout Bijlsma, Rapport 11202241-001-ZWS-0002, 2018.
- Deltares (2018b): Modelling waterbeweging, slib, waterkwaliteit en ecologie Markermeer-IJmeer - Inventarisatie, verbeteringen op korte termijn en toekomstbeeld, Menno Genseberger, Valesca Harezlak, Thijs van Kessel, Ruurd Noordhuis en Pascal Boderie, Rapport 11202218-002-ZKS-0004, 2018.

- Deltares (2018c): Aanpassing, herkalibratie en verificatie SOBEK 3 model van de Rijn-Maasmonding; waterstand, afvoer en saliniteit, F. Buschman, Rapport 11202220-006-ZWS-0012_v0.1, 2018.
- Deltares (2019a): Development of a sixth generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 0.5nm), Firmijn Zijl en Julien Groenenboom, Rapport 11203715-004-ZKS-0003, Delft, 2019. http://publications.deltares.nl/11203715_004.pdf
- Deltares (2019b): Zoutindringing schut- en spuisluizen, Opzet en verkenning Zeesluisformulering, Kennisprogramma Natte Kunstwerken 2018; Otto Weiler, Rapport 11200741-003-HYE-0006, Delft, 2019,
- Deltares (2019c): Verzilting Rijn-Maasmonding ten gevolge van 1 m zeespiegelstijging, Ymkje Huismans, Remco Plieger, Remi van der Wijk en Wouter Kranenburg, Rapport 11203734-008-ZS-0005, september 2019.
- Deltares (2019d): Ontwikkeling zesde-generatie Markermeer en Veluwerandmeren model : modelbouw, kalibratie en validatie; Menno Genseberger, Carlijn Eijsberg-Bak, Asako Fujisaki en Christophe Thiange, Rapport 11200569-009-ZWS-0013, 2019.
- Deltares (2020a): Klimaatrobustheid van het waterbeheer van het Volkerak-Zoommeer, Arno Nolte, Marc Weeber, David Geurts, Sonja Pans, Tjerk Vreeken en Otto Weiler, Rapport 11203741-001-ZKS-0005, Delft, 2020. http://publications.deltares.nl/11203741_001.pdf
- Deltares (2020b): Studie met IPCC klimaatscenario's en het DCSM FM 100m model; Effect van zeespiegelstijging op getij langs de Nederlandse kust, Jelmer Veenstra, Firmijn Zijl en Martin Verlaan, PowerPoint presentatie, 4 november 2020.
- Deltares (2020c): Rekenkundig concept spuisluisformulering, Tom O'Mahoney, Memo 11200741-099-HYE-0002, december 2020.
- Deltares (2020d): Ontwikkeling zesde-generatie modelschematisatie D-HYDRO Volkerak-Zoommeer, Modelbouw, kalibratie en validatie; Marlies van der Lugt, Luuk van der Heijden, Arjen Markus en Meinard Tiessen, Rapport 11205259-007-ZKS-0005, CONCEPT, Delft, 2020.
- Deltares (2020e): Ontwikkeling zesde-generatie 3D Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal model; modelbouw, kalibratie en validatie, W. Verbruggen en J. van der Baan, Rapport 11205258-011-ZWS-0004, december 2020.
- Deltares (2020f): D-HYDRO deelmodel IJsselmeer - modelbouw, eerste modelresultaten waterstanden in 2DH en zoutverspreiding in 3D, Menno Genseberger, Asako Fujisaki en Carlijn Eijsberg -Bak, Rapport 11205258-008-ZWS-0005, 2020.
- Deltares (2020g): D-HYDRO model Markermeer - 3D hydrodynamica: modelopzet en verificatie, Menno Genseberger en Arnout Bijlsma, Rapport 11205258-015-ZWS-0007, 2020.
- Deltares (2020h): Nadere plausibiliteitsanalyse LHM zoet-zout ten behoeve van toepassing binnen KP Zeespiegelstijging, Joost Delsman, Memo, 14 december 2020. http://www.nhi.nu/nl/files/2216/1133/6478/Aanvullende_plausibiliteitsanalyse_LHM-zoetzout-dec2020.pdf

- Deltares (2020i): D-HYDRO RijnMaasMonding 3D, Zoutindringing in de Nieuwe Waterweg, Werkzaamheden 2020; Theo van der Kaaij en Victor Chavarrias, Rapport 11205258-016-ZWS-0003, december 2020.
- Deltares (2021): verkenning D-Flow FM Markermeer, Menno Genseberger, Memo 11205258-015-ZWS-0009 (in voorbereiding).
- Deltares en Arcadis (2020): Actualisatie zout in het NHI; Toolbox NHI zoet-zout modellering en landelijk model; Joost Delsman, Gualbert Oude Essink, Sebastian Huizer, Huite Bootsma, Tobias Mulder, Pieter Zitman, Betsy Romero Verastegui en Gijs Janssen, Rapport 11205261-003-BGS-0001, juni 2020.
http://nhi.nu/nl/index.php/download_file/view/364/330/
- HKV (2015a): Probabilistisch model meerpeilstatistiek Volkerak-Zoommeer; Hoofdrapport model DEVO, auteurs Chris Geerse en Dirk van Haaren, Rapport PR3015.10, augustus 2015.
- HKV (2015b): Probabilistisch model frequentielijnen IJsselmeergebied, Hoofdrapport van model DEZY, Chris Geerse en Bastiaan Kuijper, HKV lijn in water, rapport PR3013.10, In opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, mei 2015.
- HKV (2016): Doorontwikkeling DEZY 2.0; Verbetering hydrologische modellering NZK-ARK, B. Kuijper, R. Versteeg en C. Geerse, HKV lijn in water, in opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, Rapport PR3232.10, juni 2016.
- HKV (2017): Probabilistisch model meerpeilstatistiek Volkerak-Zoommeer (DEVO); Versie 2.1., Chris Geerse, Dirk van Haaren en Bastiaan Kuijper, HKV lijn in water, rapport PR3689.10, In opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, december 2017.
- HKV en Hydrologic (2017): Faalkansanalyse Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal bij wateroverlast, Hoofdrapport, Rapport PR3393.10, september 2017.
- HKV en Hydrologic (2019): Nadere uitwerkingen faalkansanalyse Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal bij wateroverlast, Eindrapport; C. Vermeulen en M. van den Brink, rapport PR3393.20, in opdracht van Rijkswaterstaat-WVL, januari 2019.
- IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].
- KNMI (2015): KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie, KNMI, De Bilt, 34 pp.
http://www.klimaatscenario's.nl/images/Brochure_KNMI14_NL.pdf
- KWR (2009): Drinkwaterfunctie Markermeer en verzilting IJsselmeergebied, M. Bonte, Rapport BTO 2009.041(s), september 2009.
- STOWA/RIZA (1999): Vloeiend Modelleren in het Waterbeheer, Handboek Good Modelling Practice; STOWA rapport 99-05, Rijkswaterstaat-RIZA-rapport 99.036, ISBN-nr. 90-5773-056-1.
<https://www.stowa.nl/publicaties/handboek-good-modelling-practice-vloeiend-modelleren-het-waterbeheer>

SURFsara, CINECA, and Deltares (2019): Scalable Delft3D Flexible Mesh for Efficient Modelling of Shallow Water and Transport Processes, M. Mogé, M. J. Russcher, A. Emerson, and M. Genseberger, PRACE White Paper 284, 2019. Online available via <http://www.prace-ri.eu/IMG/pdf/WP284.pdf>.

WL|Delft Hydraulics (1991): Noordzeekanaal, Amsterdam-Rijnkanaal : waterbeweging en zouthuishouding, M. Karelse en J.A.G. van Gils, Rapport T0827, december 1991.

Zandvoort M, van der Zee E en Vuik V (2019): De effecten van zeespiegelstijging en zandhonger op de Oosterschelde. Eindrapport van de studie EZZO: Tauw BV, Altenburg & Wymenga en HKV Lijn in Water. I.o.v. Rijkswaterstaat Zee en Delta. Utrecht / Middelburg.

https://www.zwdelta.nl/sites/all/files/default/publicaties/zandvoort_van_der_zee_vuik_2019_de_effecten_van_zeespiegelstijging_en_zandhonger_op_de_oosterschelde.pdf

A Memo's vraagarticulatie gebieden

A.1 Zuidwestelijke Delta (Volkerak-Zoommeer)

1^e gebiedssessie: 9 juli 2020

2^e gebiedssessie: 28 oktober 2020

Memo

Aan
LS

Datum
17 augustus 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0003
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 8
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Kennissagenda Waterkwantiteit en Zeespiegelstijging ZW Delta

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeursstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP26 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeursstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeursstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de uit spoor 4 geselecteerde alternatieve strategieën?

Dit memo compileert de kennissagenda voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit voor de ZW Delta, in het bijzonder het Volkerak-Zoommeer (exclusief Binnenschelde en Markiezaatsmeer). De overige peilgestuurde watersystemen in de ZW Delta (Grevelingenmeer en Veerse Meer) zijn nog niet in dit memo opgenomen.

De bronnen voor de compilatie zijn:

- Kennissagenda Kennisprogramma Zeespiegelstijging ZW Delta, concept opgesteld door RWS team
- Kennissagenda van de Gebiedsagenda ZW Delta 2050¹
- Kennissagenda van de Herijking Deltaprogramma ZW Delta, concept versie april 2020

In de bijlage zijn de vragenlijsten opgenomen. Daarnaast zijn de inzichten uit het onderzoek naar de Klimaatrobustheid Volkerak-Zoommeer meegenomen in de compilatie.

Uit een eerste analyse blijkt dat de kennisvragen nog vaak te algemeen en te abstract geformuleerd zijn en dat een omzetting naar concrete(re) vragen nodig is. In dit memo is daarvoor een aanzet gedaan waarbij de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer en hoe dit systeem reageert op zeespiegelstijging centraal staan.

De essentie van de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer voor waterkwantiteit kan als volgt samengevat worden:

1. Het water(kwantiteits)beheer van het Volkerak-Zoommeer reguleert de waterstand en de zoetwatervoorziening, dat wil zeggen voldoende water met een voldoende lage chlorideconcentratie.
 - a. NB: Beheer van waterkwaliteit en natuur wordt vooreerst buiten beschouwing gelaten. Belang van blauwalgen voor de kwaliteit voor zoetwatervoorziening ook.
2. Waterstand, watervoorziening en chlorideconcentratie worden gereguleerd door kunstwerken, door vrije afvoer van de Dintel en Steenbergse Vliet en door neerslag en

¹ <https://www.zwdelta.nl/over-zuidwestelijke-delta/strategie/gebiedsagenda-zuidwestelijke-delta-2050>

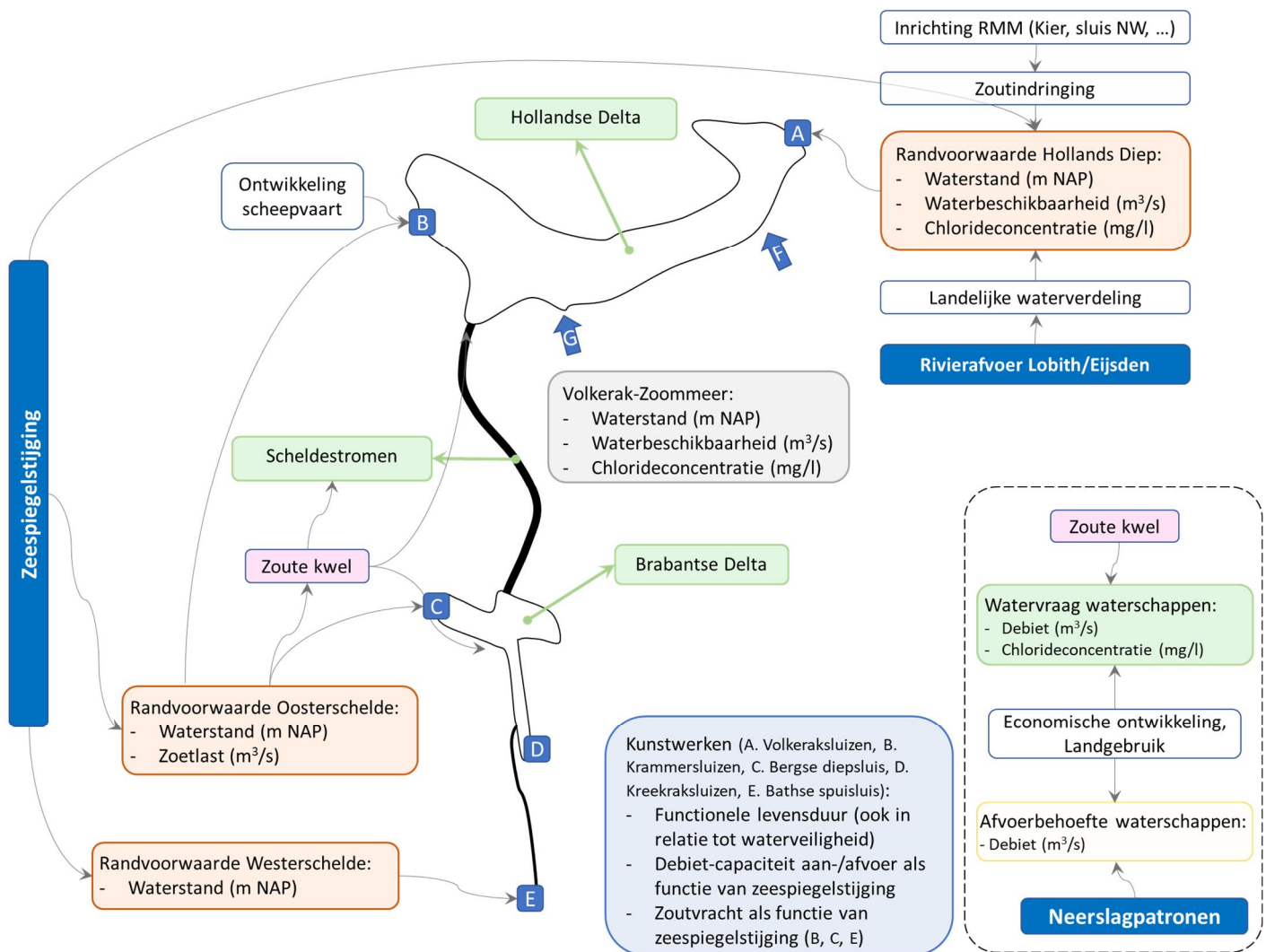
verdamping. De kunstwerken reguleren debiet. Door sommige kunstwerken komt een zoutvracht, omdat zij op de scheiding van zoet en zout water opereren. Tenslotte zorgt zoute kwel voor een zoutvracht naar het Volkerak-Zoommeer.

- a. De waterstand wordt bepaald door het verschil tussen aanvoer en afvoer. Windopzet zorgt voor lokale verschillen.
 - b. De chlorideconcentratie wordt bepaald door de verhouding tussen aanvoer van water en zoutvracht. De gemiddelde chlorideconcentratie is gelijk aan de zoutvracht gedeeld door het debiet ($C = \text{vracht} / Q$). Vanwege de lange verblijftijd die kan oplopen tot zes maanden, wordt de gemiddelde concentratie nooit bereikt.
 - c. Zoute kwel door en onderlangs de Philipsdam en Oesterdam resulteert in een zoutvracht op het Volkerak-Zoommeer.
3. De watervraag van de omliggende gebieden bestaat voornamelijk uit peilbeheer en watervoorziening bestaand uit voldoende water met een voldoende lage chlorideconcentratie.
- a. Zoute kwel werkt door in de verzilting van polders, waardoor een groter doorspoeldebiet nodig is om de chlorideconcentratie op hetzelfde niveau te houden.
4. Het debiet en de zoutvracht door kunstwerken is voornamelijk afhankelijk van het waterstandsverschil en operationele sturing.
- a. Voor de Volkeraksluizen is de waterstand en waterbeschikbaarheid op het Hollands Diep van belang, waarbij de waterbeschikbaarheid bestaat uit voldoende water met een voldoende lage chlorideconcentratie. Voldoende water hangt af van de rivierafvoer en de landelijke waterverdeling. Voldoende lage chlorideconcentratie hangt af van de rivierafvoer en de zoutindringing.
 - b. Voor de Krammersluizen en de Bergse diepsluis is de waterstand op de Oosterschelde van belang en daarnaast het scheepvaartaanbod en operationele bediening van de sluizen.
 - c. Voor de Kreekraksluizen is de waterstand op het Antwerps kanaalpand van belang.
 - d. Voor de Bathse spuisluis is de waterstand op de Westerschelde van belang.

Op basis van de systeemwerking zijn kennisvragen in relatie tot zeespiegelstijging op te delen in een aantal thema's:

- A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer
- B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden
- C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken
- D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel direct naar het Volkerak-Zoommeer en indirect naar de omliggende gebieden
- E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden op Hollands Diep, Oosterschelde en Westerschelde

Een visualisatie van de kennisvragen en de onderlinge samenhang is in onderstaand figuur gedaan. De kennisvragen zijn in onderstaande tabel opgenomen.



A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer

- Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterstand gehandhaafd blijven?
- Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterbeschikbaarheid gehandhaafd blijven?
- Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de afvoerbehoefte gehandhaafd blijven?
- Tot welke mate van zeespiegelstijging blijft de chlorideconcentratie op een voldoende laag niveau?

B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden

- Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening?
- Hoe verandert de afvoerbehoefte (bij extreme neerslag) als gevolg van klimaatverandering?

C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken

- Tot welke niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? (Bijvoorbeeld bij hoeveel zeespiegelstijging zijn de Krammersluizen niet meer te gebruiken.) NB: Ook een relatie met waterveiligheid.
- Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de zoutvracht door de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging?

D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel

- Hoe verandert de zoute kwel naar de polders als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de zoute kwel door en onderlangs de dammen als gevolg van zeespiegelstijging?

E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden op Hollands Diep, Oosterschelde en Westerschelde

- Hoe verandert de waterstand op de Westerschelde als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de waterstand op de Oosterschelde als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de waterstand op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer?
- Hoe verandert de waterbeschikbaarheid op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer?
- Hoe verandert de chlorideconcentratie op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer?
- In hoeverre beïnvloeden mogelijke maatregelen in de Rijn-Maasmonding de waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie op het Hollands Diep?
- In hoeverre beïnvloeden mogelijk gewijzigde afspraken over de landelijke waterverdeling de waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie op het Hollands Diep?

Bijlage: Overzicht kennisvragen in de beschikbare kennisagenda's

Kennisagenda Kennisprogramma Zeespiegelstijging ZW Delta, concept opgesteld door RWS team

RIVIEREN & ZOETWATERVOORZIENING			
Beleidsvragen	Hoofdvraag	Kennisvragen	Onderzoeksvragen
Wat zijn de effecten van ZSS? PRESSURE op het systeem & STATE van het systeem	Hoe veranderen de randvoorwaarden rond de zoetwatergebieden?	Wat is het effect van ZSS op de hydrodynamiek in rivieren en Westerschelde?	Tot hoe ver komt het zout in de RMM bij X m ZSS? Specifiek: hoe robuust zijn Haringvliet, Holl Diep als zoete toegang tot Volkerak?
		Wat betekent ZSS voor spui- en maalcapaciteit?	Kan aanvoer v.u. Holl Diep knelpunt worden in zoetspoelen VZM?
	Hoe groot is capaciteit van de zoetwaterbuffer in VZM gegeven bepaalde ZSS en andere pressures (doorspoelmogelijkheden, watervraag)?	Wat wordt de getijslag Westerschelde en wat betekent dat icm ZSS voor spuiwindow Bathse spui	
		Wat zijn de effecten van ZSS op het peilbeheer en de waterkwaliteit van de Grote Wateren? (VZM, Grevelingen)	Tot welke ZSS kan de huidige zoetspoelstrategie VZM nog gehandhaafd?
		Hoe sterk is verzilting grondwater als functie van ZSS	Hoe verloopt grondwaterverzilting vd eilanden (omvang, snelheid) bij X m ZSS
Interpretatie van de effecten van ZSS: wat betekent dat? IMPACTS	Wat betekent overschrijding van buffercapaciteit VZM?	Wat betekent ZSS voor peilbeheer VZM	Hoe werkt peilbeheer door in zoutbeheer?
		Wat is het effect van ZSS op de zoetwaterbeschikbaarheid en -vraag?	
		Wat zijn de gevolgen direct rond het VZM en wat zijn de gevolgen die uitstralen?	Wat betekent toenemende verzilting voor de zoetwaterfuncties?
Wat betekent dat voor de houdbaarheid van VKS? RESPONSES & feedback naar PRESSURE, STATE, IMPACT binnen de VKS	Welke perspectieven zijn er voor vergroting van de buffercapaciteit of vermindering van de aanspraak op de buffer?	Hoe verhoudt de zoetwaterkwetsbaarheid VZM zich tot waterveiligheidsaspecten, natuur, ...?	Wat betekent versnelde ZSS voor veiligheid, scheepvaart, natuur
		Hoe werken geleidelijke en abrupte systeemveranderingen door op de adaptatierepons	
		Wat is de interactie met strategie voor RMM binnen huidige VKS?	
Welke alternatieven zijn er (indien nodig) voor de VKS? RESPONSES & feedback naar adaptatie/andere VKS	Wat zijn vanuit zoetwater gezien alternatieve strategieën tegen achtergrond adaptatie-perspectieven (zeewaarts, beschermen gesloten & open, meebewegen)?	Wat is de mogelijke wisselwerking met Vlaamse adaptatiemaatregelen?	Zijn dit kansen (OTP) of additionele bedreigingen (ATP)?
		Wat zijn mogelijke kansen of bedreigingen vanuit andere ontwikkelingen dan ZSS (zout VZM)	
		Interactie strategie RMM buiten huidige VKS	Ruimte reserveren, bergingsgebieden
		Hoe werken alternatieve strategieën (afwegingen tav waterveiligheid, zoetwater en natuur) door in VZM/ZWD?	Wat is doorwerking plan sluizen/Spaargaren RMM op hydraulica, piekberging, piekafvoer, vasthouden en ZW strategie
		Alternatieve aanvoerroutes	Wat is doorwerking van een zout VZM op ZW strategie?

Kennisagenda van de Gebiedsagenda ZW Delta 2050

NB: Alleen de kennisvragen met een/enige relatie tot waterkwantiteit zijn hieronder opgenomen.

Kennisvraag Gebiedsagenda (2019)	Relatie met landelijk programma	Mogelijk vervolg voor Zuidwestelijke Delta
Op welk schaalniveau moeten vraagstukken worden geagendeerd, ZWD of hoger?	Aanpak Grote wateren (PAGW) kennisagenda: vragen over schaal van maatregelen en effecten van maatregelen voor verbetering van ecologische waterkwaliteit en natuur DP Zoetwater: kennisvragen m.b.t. zoet water verdeling landelijk en regionaal.	Aansluiting houden bij landelijke programma's PAGW en DP en IBP Vitaal Platteland. Regio-specifieke vragen specificeren in Kennisagenda ZWD
Ontwikkel een (alternatieve) zoetwaterstrategie	Aansluiten bij vragen over regionale beschikbaarheid zoet water i.r.t. klimaatverandering en landelijke waterverdeling DP ruimtelijke adaptatie IBP Vitaal Platteland DP Zoetwater PAGW IBP Vitaal Platteland	Opnemen gebied-specifieke vragen zoet water in Kennis- en Innovatieagenda ZWD, met als bron de vragen zoals gesteld in Herijking voorkeursstrategie ZWD (Deltaprogramma 2020)
Terugtrekstrategie onderzoeken in plaats van alle functies in de lucht houden: differentiëren (ontwerpend onderzoek)	DP/Lange termijn onderzoek zeespiegelstijging: ontwerpateliers	Opnemen in Uitvoeringsprogramma Gebiedsagenda ZWD: Ontwerpend onderzoek en toekomstverkenningen
Verken uitersten en bespreek deze met de Zeeuwse community Verken mogelijke toekomsten <i>voorbij</i> de knikpunten, niet kwantitatief, maar kwalitatief en ga het gesprek aan met de Zeeuwse community en bestuurders Denk na over de periode na 2100. ZSS zou ook 3 m kunnen zijn in het meest extreme geval.	DP/Lange termijn onderzoek zeespiegelstijging voor informatie over knikpunten en gevolgen	Opnemen in Uitvoeringsprogramma Gebiedsagenda ZWD: Ontwerpend onderzoek en toekomstverkenningen voor (ruimtelijke) gevolgen knikpunten zeespiegelstijging.
Maak een knikpuntenkaart en geef bestuurders inzicht in welk gebied 'het eerst aan de beurt is', laat afhankelijkheden in het systeem zien		
Onderzoek benodigde beleidsaanpassingen	DP-waterveiligheid DP ruimtelijke adaptatie - Is aanscherping van de huidige ruimtereserveringen nodig voor toekomstige maatregelen? - Is aanscherping van het huidige beleid voor buitendijkse bebouwing nodig?	
- Kennis: Wat is de zoetwaterbehoefte van de landbouw precies, nu en in de toekomst? Hoe zit het zoetwatersysteem nu in elkaar en hoe klimaatrobust is dat? Wat zijn de kansen van niet grondgebonden landbouw met een eigen zoetwatervoorziening? Waar ligt het knikpunt voor de verziltende delta voor de landbouw? - Financiën. Wat zijn welke kosten van zoetwatervoorziening in de delta? - Bedrijfsvoering. Wat is de impact van de garantie van voldoende zoetwater voor landbouwbedrijven? Hoe reageren agrariërs als ze in één keer zoet of zout water krijgen? - Organisatie. Hoe organiseren van een optimaal gebruik van het beschikbare zoet water?		

Kennisagenda van de Herijking Deltaprogramma ZW Delta, concept versie april 2020

NB: De kennisvragen gerelateerd aan Zoet water en aan het Volkerak-Zoommeer zijn overgenomen.

a. Zoet water

Voor de herijking in de periode 2022 tot 2027 is er vanuit het Afstemoverleg Zoet water in de Zuidwestelijke Delta met het oog op veranderende omstandigheden behoefte aan aanvullende onderzoeksvragen genoemd in onderstaande tabel (tabel 2.3).

Tabel 2.3: Onderzoeksvragen t.a.v. huidige Voorkeursstrategie Zoet water

1.	Hoe werkt zeespiegelstijging door in het beheer van het Volkerak-Zoommeer als zoetwatervoorziening, met name t.a.v. de zoutdruk en spui mogelijkheden? Dat laatste geldt ook voor het gebruik van de Bathse spuikom voor de afwatering naar de Westerschelde.
2.	(Hoe) kan Zoetwatervoorziening Reigersbergsche Polder klimaatrobust gemaakt worden met aanvoer van de Brabantse Wal?
3.	Moet er in de loop van de komende decennia rekening worden gehouden met een significante verandering van de Rijnaafvoer, als gevolg van het wijzigen van smeltwaterafvoer in regenwaterafvoer? En zo ja, heeft deze verandering dan vooral betrekking op de voorjaarsafvoer, of wijzigt het afvoerpatroon voor het hele jaar?
4.	Hoe krijgen de succesvolle pilots uit de Proeftuin Zoet water Zeeland in gebieden zonder aanvoer een goede "follow up"?

Voor de situatie waarin klimaatverandering op een progressieve wijze (versnelde zeespiegelstijging, veranderende rivierafvoeren, temperatuurstijging) voortzet zijn een aantal game-changers die grote impact hebben op de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta. Dat zijn:

- Mogelijke aanpassing Veiligheidsstrategie Rijn-Maasdelta beslissing (bijvoorbeeld afsluiting Nieuwe Waterweg);
- Veranderende rivierafvoeren Rijn en Maas;
- Toename langdurige droogteperioden (gebieden met en zonder aanvoer).

Voor deze veranderende omstandigheden is hieronder (tabel 2.4) een set van onderzoeksvragen geformuleerd gericht op onderzoek naar mogelijke knippunten en effecten bij voortzetting van de huidige voorkeursstrategie.

Tabel 2.4: Onderzoeksvragen naar aanleiding van klimaatverandering

1.	Wat betekent de verwachte klimaatverandering zoals versnelde zeespiegelstijging voor de voorkeursstrategie van de Rijnmaasmonding (afsluiting van de Nieuwe waterweg uit veiligheidsoogpunt) en wat voor effecten heeft dat op de Voorkeursstrategie Zoet water in de Zuidwestelijke Delta?
2.	Zijn er knippunten te voorzien bij het verdwijnen van gletsjers in de alpen, waardoor de Rijn van een gemende rivier in een regenwaterrivier transformeert?
3.	Wat is de ontwikkeling van de watervraag en welke invloed speelt bijvoorbeeld ruimtelijke adaptie en aanpassingen van (zouttolerantie van) teelten daarin?
4.	Wat is het effect van de verwachte temperatuurstijging op de beschikbaarheid en vraag van water. Zorgt de temperatuurstijging voor een toename van blauwalgenoverlast?
5.	Welk handelingsperspectief is er in gebieden met en zonder aanvoermogelijkheden om "nieuwe" zoetwatervragers te voorzien (zoals beperken schade aan bebouwing door dalende grondwaterstanden)?
6.	Vraagt de zoetwateropgave en behoud van de zoetwaterbeschikbaarheid om ruimtelijke reserveringen voor het conserveren van zoet water (boven-/ondergronds)?
7.	Welke afspraken en inspanningen zijn noodzakelijk om grondwater als strategische zoetwatervoorraad te behouden?

Er wordt vanuit gegaan dat generieke kennisvragen rondom de zoetwatervoorziening in het Deltaprogramma Zoetwater worden ondergebracht.

In het proces van de herijking zijn ook meer generieke kennisvragen en onderzoeken voor de zoetwatervoorziening benoemd in het rapport van Deltares en vragen die zich richten op de delta als samenhangend geheel. Deze meer generieke vragen zijn in onderstaande (tabel 2.5) opgenomen en richten zich in het algemeen meer op de zoetwatervoorziening voor de gehele Zuidwestelijke Delta.

Tabel 2.5: Generieke kennisvragen voor de zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta

1.	Wat zijn de knippunten in de Zuidwestelijke Delta voor zoetwatergebruik en -beschikbaarheid?
1.1.	Wat zijn de knippunten in de Zuidwestelijke Delta voor vraag en aanbod naar zoet water (kwalitatief en kwantitatief), voor gebieden met en zonder aanvoer?
2.	Hoe worden gebruiksfuncties in de Zuidwestelijke Delta beïnvloed door adaptatiemaatregelen buiten de Delta?
2.1	Hoe worden gebruiksfuncties in de Zuidwestelijke Delta beïnvloed door beleid- en juridische kaders buiten de Delta, zoals adaptatiemaatregelen buiten de Delta?
3	Voor de herijking in de periode 2022 tot 2027 is er met het oog op veranderende omstandigheden behoefte aan aanvullend onderzoek naar zeespiegelstijging en zoutdruk/spuimogelijkheden, klimaatrobuuste zoetwatervoorziening Reigersbergse Polder, het grilliger verloop van de rivierafvoeren (Rijn, Maas en regionale rivieren) en een succesvol vervolg van de Proeftuin Zoet water Zeeland.
4	Volgens onderzoek van Deltares/KNMI uit september 2015 lijken de eerder voorziene laagwaterproblemen (KNMI'06) voor de Rijn met de nieuwe scenario's (KNMI'14) minder ernstig. De Rijn heeft in dit verband baat bij de omvang en diversiteit van het stroomgebied en de buffering door grote meren; alleen in scenario WH, dry zien we forse afnames van de laagwaterafvoeren te Lobith na 2050. Wat heeft dit voor effecten op de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta?

Tabel 2.7: Kennisvragen voor het Volkerak-Zoommeer

Kernvraag
1. Wat zijn consequenties en beperkingen van verschillende peilniveaus voor het Volkerak-Zoommeer?
1.1 Tot welk waterstandsverschil (Volkerak vs Oosterschelde, Westerschelde en Hollands Diep) is het peilbeheer op het VZM nog uit te voeren met beschikbare kunstwerken?
1.2 Moet op dat moment het peil op het VZM meestijgen met de WS en HD, of moet de doorlaatcapaciteit worden vergroot?
1.3 Bij welke zeespiegelstijging is er niet meer voldoende uitwisseling of getijslag (uitgaande van een doorlaatmiddel) om de zuurstofloosheid blijven laag te houden?
1.4 Bij welke waterpeilen treden er significante negatieve effecten op voor habitattypen en/of soorten en welke maatregelen zijn mogelijk om die effecten te voorkomen? Zijn er habitattypen die juist baat hebben bij andere waterpeilen?
1.5 Bij welk peil op het VZM moeten de keringen en dijken versterkt worden?
1.6 Bij welk gemiddeld waterpeil op het VZM kan de huidige landbouwfunctie niet goed meer worden uitgevoerd, ook in verhouding tot de kweldruk vanuit zee (en wat is dominant)?
1.7 Bij welk hoogwaterpeil moeten buitendijkse gebieden opgehoogd of beschermd worden?
1.8 Bij welk peil moet de hoofdtransportas worden aanpast (bruggen en sluizen)?
1.9 Is er voldoende rivierafvoer om de alternatieve zoetwatervoorziening te realiseren?
2. Wat zijn knippunten voor gebruiksfuncties en kunstwerken (Volkerakdam, Philipsdam en Oesterdam, Volkeraksluizen, Kreekraksluizen en Krammersluizen) van en rond het VZM ten gevolge van zeespiegelstijging?
2.1 Tot welke zeespiegelstijging moeten (en kunnen) de dammen worden versterkt?
2.2 Bij welke zeespiegelstijging moet je een andere strategie kiezen?

Voor het Volkerak-Zoommeer loopt op dit moment geen groot onderzoek waarin deze kennisvragen beantwoord worden. In het 4^e kwartaal van 2019 is door Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat de eerste fase van een klimaatrobuustheidstoets uitgevoerd. De tweede fase zal medio 2020 afgerond worden. Deze studie beperkt zich niet tot de zoetwatervoorzieningsfunctie, maar beschouwt ook de ecologie en dient daarmee ook als basis voor het gebiedsproces voor de toekomst van het Volkerak-Zoommeer.

Memo

Aan
LS

Datum
3 december 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0010
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 12
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Prioritering kennisvragen en aanzet eisen modellering Volkerak-Zoommeer - KP ZSS Waterkwantiteit

Toelichting bij deze versie

Op 28 oktober heeft de 2^e gebiedssessie ZW Delta (strategische buffer Volkerak-Zoommeer) plaatsgevonden. Tijdens deze online bijeenkomst zijn zowel de kennisvragen, de prioritering van de kennisvragen als het met kennis verrijkte conceptueel model aangevuld en aangescherpt o.a. op basis van versie 1 van dit memo. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Geïnterviewde feedback is puntsgewijs en waar mogelijk voorzien van een korte reactie in de bijlage opgenomen. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie.

Dit memo is input voor het syntheserapport waarin de samenhangende aanpak en afweging met de andere regio's (IJsselmeergebied, ARK-NZK en RMM) en met de bovenregionale, landelijke waterverdeling zal worden beschreven.

Aan de gebiedssessie op 28 oktober namen deel:

Edwin Arens	Brabantse Delta
Jos Boontjes	Hollandse Delta
Luuk Vening	Scheldestromen
Vincent Klap	Provincie Zeeland
Niels Aten	Provincie Noord-Brabant
Marieke van Gerwen	Evides
Iman Tantawy	Ministerie van IenW
Peter van Zundert	Ministerie van IenW
Simon Brasser	RWS Zee en Delta
Willy Oorthuijsen	RWS Zee en Delta
Herman Haas	RWS WVL
Emiel Spanier	RWS WVL
Meinte Blaas	RWS WVL
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Luc Absil	Provincie Zuid-Holland
Thijs Ijpelaar	Hollandse Delta
Neeltje Kielen	RWS WVL
Jeroen Ligtenberg	RWS WVL
Albert Rimmelzwaal	RWS WVL

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 (KP ZSS) zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeurstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de uit spoor 4 geselecteerde alternatieve strategieën?

Het is nodig om de centrale vragen uiteen te rafelen in een gestructureerde set van definities en concrete, behapbare deelvragen of bouwstenen. Het is vervolgens van belang de belangrijkste bouwstenen te identificeren en te bepalen of voldoende kennis beschikbaar is over deze belangrijkste bouwstenen en zo nee, welke kennis ontwikkeld moet worden. Door tenslotte de bouwstenen in samenhang weer op te bouwen, wordt het antwoord op de centrale vragen gegeven.

Omdat het gaat over toekomstvoorspellingen is een model of meerdere modellen nodig. Met een model wordt hier bedoeld een berekening waar een getal of getallen uitkomen (zo nodig inclusief statistische bewerking). Een model kan variëren van de achterkant van een envelop tot een complex numeriek model. Duiding en presentatie/communicatie van modelresultaten zijn essentiële onderdelen van modellering naast het technisch bouwen van het model. Met identificatie van de belangrijkste bouwstenen kan het geschikte model of de geschikte modellen gedefinieerd worden.

In het vraagarticulatieproces dat Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat uitvoert t/m december 2020 worden deze twee stappen gezet:

- Wat zijn de belangrijkste kennisvragen (bouwstenen) die het KP ZSS Waterkwantiteit moet oppakken om de centrale vragen te kunnen beantwoorden?
- Wat is een geschikt modelinstrumentarium?

Op 9 juli 2020 heeft de 1^e gebiedssessie ZW Delta (Volkerak-Zoommeer) in het kader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit plaatsgevonden. Resultaat van de sessie is van een overzicht en structurering van kennisvragen en een basis conceptueel model (denkmodel) van de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer.

➔ 11205272-018-ZWS-0003_v0.2-Kennisagenda Waterkwantiteit en Zeespiegelstijging ZW Delta.pdf

Op basis van dit overzicht worden in eerste instantie in dit memo de kennisvragen geprioriteerd aan de hand van twee criteria:

- Grote gevoeligheid van de kennisvraag op het antwoord op de centrale vragen
 - o Bijvoorbeeld als de chlorideconcentratie sterk reageert op toename van zoute kwel door zeespiegelstijging, dan is er sprake van een grote gevoeligheid. Het is dan belangrijk om de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten. Als de chlorideconcentratie nauwelijks reageert op toename van zoute kwel, dan is het voldoende om de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging grofstoffelijk te weten.
- Antwoord op de kennisvraag is nog niet (voldoende goed) beschikbaar
 - o Als het antwoord op de kennisvraag (voldoende goed) beschikbaar is, kan de kennis gelijk toegepast worden. Er is dan niet eerst onderzoek nodig.

In tweede instantie wordt bepaald welke kennisvragen binnen de scope van het KP ZSS vallen en nog niet elders worden opgepakt. Uiteindelijk stelt het KP ZSS vast voor welke

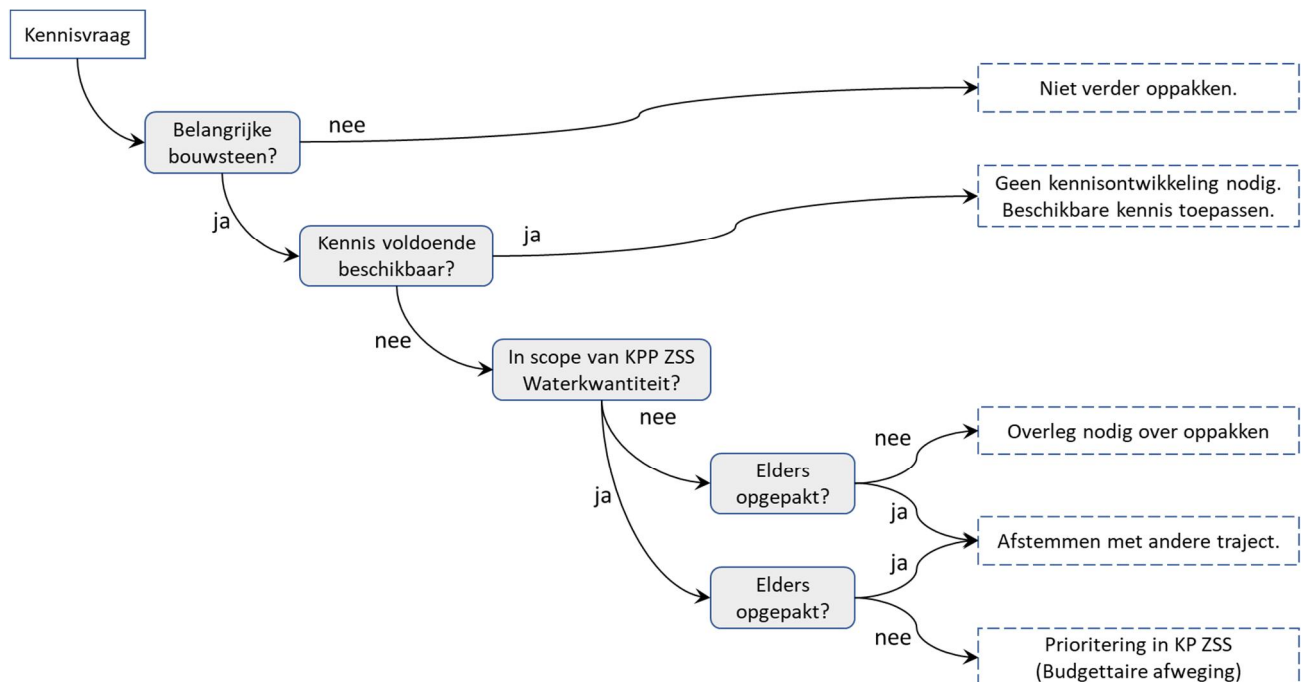
kennisvragen financiering beschikbaar is. Deze laatste stap met betrekking tot financiering wordt niet in dit memo gezet.

Uit bovenstaande blijkt dat een kennisvraag in een van vijf categorieën valt (ook gevisualiseerd in onderstaande schema):

1. Het antwoord op de kennisvraag is niet of nauwelijks relevant. → De kennisvraag wordt niet verder opgepakt.
2. Het antwoord op de kennisvraag is relevant én is (voldoende goed) beschikbaar. → De beschikbare kennis wordt toegepast in de beantwoording.

Indien antwoord relevant en niet (voldoende goed) beschikbaar:

3. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS en wordt elders opgepakt. → Er wordt afstemming gezocht en afgesproken met het andere traject.
4. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS, maar wordt niet elders opgepakt. → Overleg nodig om te kijken of de kennisvraag ergens geplaatst kan worden.
5. De kennisvraag is in scope van het KP ZSS. → Het KP ZSS beoordeelt op het totaalpakket van kennisvragen (ook uit andere regio's) en beschikbare middelen.



Bepalen belang bouwsteen en beschikbaarheid kennis

Om te bepalen of een kennisvraag een belangrijke bouwsteen is en of voldoende kennis beschikbaar is, wordt als hulp- en communicatiemiddel gebruik gemaakt van het conceptueel model van de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer. In deze fase wordt het conceptueel model verrijkt met de kennis van gebiedsexperts, inhoudelijke experts en modelexperts (NB: soms verenigd in dezelfde persoon). Zij weten gezamenlijk immers wat belangrijk is en wat beschikbaar is. Deze “verrijkte effectketen” vormt de blauwdruk voor het model en legt derhalve de basis voor het programma van eisen.

De opbouw van de verrijkte effectketen begint bij het definiëren van de doelvariabelen (of kwantificeerbare grootheden) die door het model berekend moeten worden. Gezien de scope van het KP ZSS zijn de doelvariabelen altijd gerelateerd aan peil (m NAP), waterbeschikbaarheid (m³/s) en/of chlorideconcentratie (mg/l) op een of meerdere locaties van het hoofdwatersysteem. Er is altijd sprake van een statistische bewerking in tijd en

eventueel in ruimte zoals maximum peil, overschrijdingsfrequentie of daggemiddelde chlorideconcentratie.

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

1. Gewogen daggemiddelde waterstand met een gewenste nauwkeurigheid van enkele cm
2. Daggemiddelde chlorideconcentratie bij Bathse brug tijdens het groeiseizoen (15 maart-15 september) met een gewenste nauwkeurigheid van 25-50 mg/l

Voor beide doelvariabelen is een concept verrijkte effectketen opgesteld ter bespreking op de 2^e gebiedssessie op 28 oktober. Hieronder wordt aan de hand van de kennisvragen belang en kennisbeschikbaarheid toegelicht. Daarbij wordt van buiten (randvoorwaarden, categorie E) naar binnen (toestand Volkerak-Zoommeer, categorie A) gewerkt. Categorieën B t/m E zijn onafhankelijke kennisvragen. Categorie A is deels afhankelijk van het kunnen beantwoorden van de bouwstenen in categorieën B t/m E.

De concept verrijkte effectketen voor “gewogen gemiddelde waterstand” laat qua kennisbeschikbaarheid zien dat:

- a) Het effect van zeespiegelstijging op waterstanden in Westerschelde, Oosterschelde en Hollands Diep is deels, maar nog niet volledig bekend. Met name voor grote zeespiegelstijging is nog niet voldoende bekend in hoeverre de waterstanden (en getijslag, hoog- en laagwaters) evenredig meestijgen. Ook eventueel aangepast beheer van Oosterscheldekering en Rijn-Maasmonding kan effect hebben. Er zijn wel geschikte modellen waarmee dit effect berekend kan worden, dus modelontwikkeling is niet nodig.
- b) Voor debieten door de drie belangrijkste kunstwerken (Volkeraksluizen, Krammersluizen en Bathse spuisluis) is – wederom bij grote zeespiegelstijging – niet volledig bekend hoe de afvoercharacteristieken veranderen bij een verhang dat substantieel afwijkt van de huidige situatie. Anders gezegd, het is niet bekend of de huidige modelformulering nog geldig is (ver) buiten de huidige waterstandsverschillen tussen Volkerak-Zoommeer en respectievelijk Hollands Diep, Oosterschelde en Westerschelde.
- c) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit het Hollandse Diep is afhankelijk van klimaatscenario's voor de Rijnafvoer en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit valt buiten en/of overstijgt de directe scope van het gebied Volkerak-Zoommeer (ZW Delta).

Als voor deze drie belangrijke bouwstenen voldoende kennis beschikbaar komt, dan geeft de concept verrijkte effectketen aan dat voor het berekenen van de waterstand voldoende kennis aanwezig is. Voor de modellering wordt gedacht aan een aanpak als DEVO en/of de klimaatrobustheidsstudie.

De concept verrijkte effectketen voor “chlorideconcentratie bij Bathse brug” laat qua kennisbeschikbaarheid (aanvullend) zien dat:

- d) Het effect van zeespiegelstijging op de chlorideconcentratie op het Hollands Diep is onvoldoende bekend, met name bij toenemende zeespiegelstijging. Verzilting kan optreden door het vaker optreden van achterwaartse verzilting en bij grote zeespiegelstijging wellicht permanente verzilting. Dit is overigens ook weer afhankelijk van keuzes in landelijke waterverdeling en eventuele maatregelen in de Rijn-Maasmonding.
- e) Het effect van zeespiegelstijging op de zoutlast door met name de Krammersluizen en in mindere mate door de Bathse spuisluis onvoldoende bekend is.

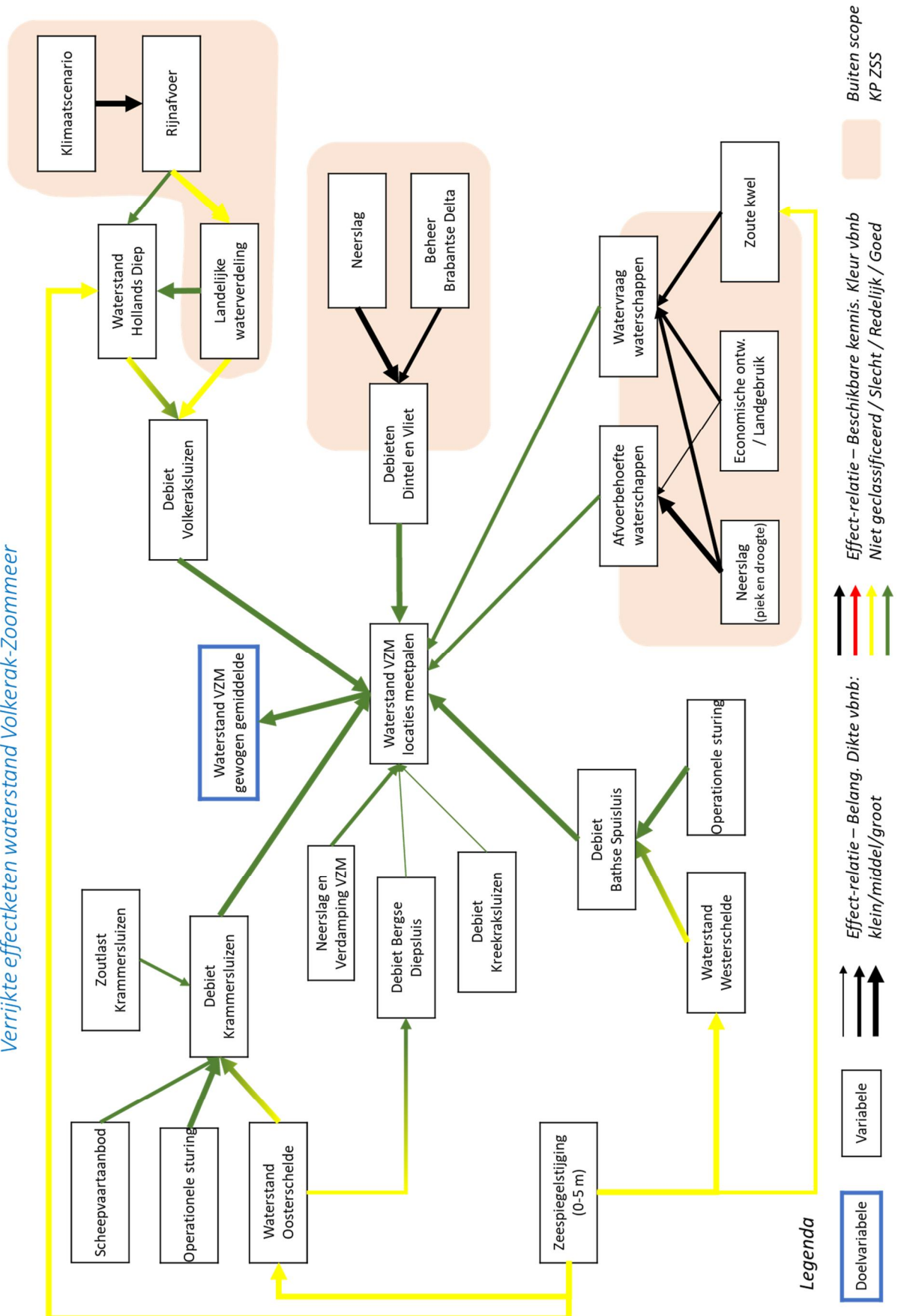
- f) Het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel direct naar het Volkerak-Zoommeer is onvoldoende bekend . Dat geldt ook voor de zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte).
- g) In het Volkerak-Zoommeer verspreidt chloride zich door transport (stroming) en menging (o.a. wind). Dichtheidsstroming is van belang bij zoutlek door met name Krammersluizen en in mindere mate bij Bergse diepsluis en Bathse spuisluis. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Parameterisering in een eenvoudig model zal enige kennisontwikkeling vragen.

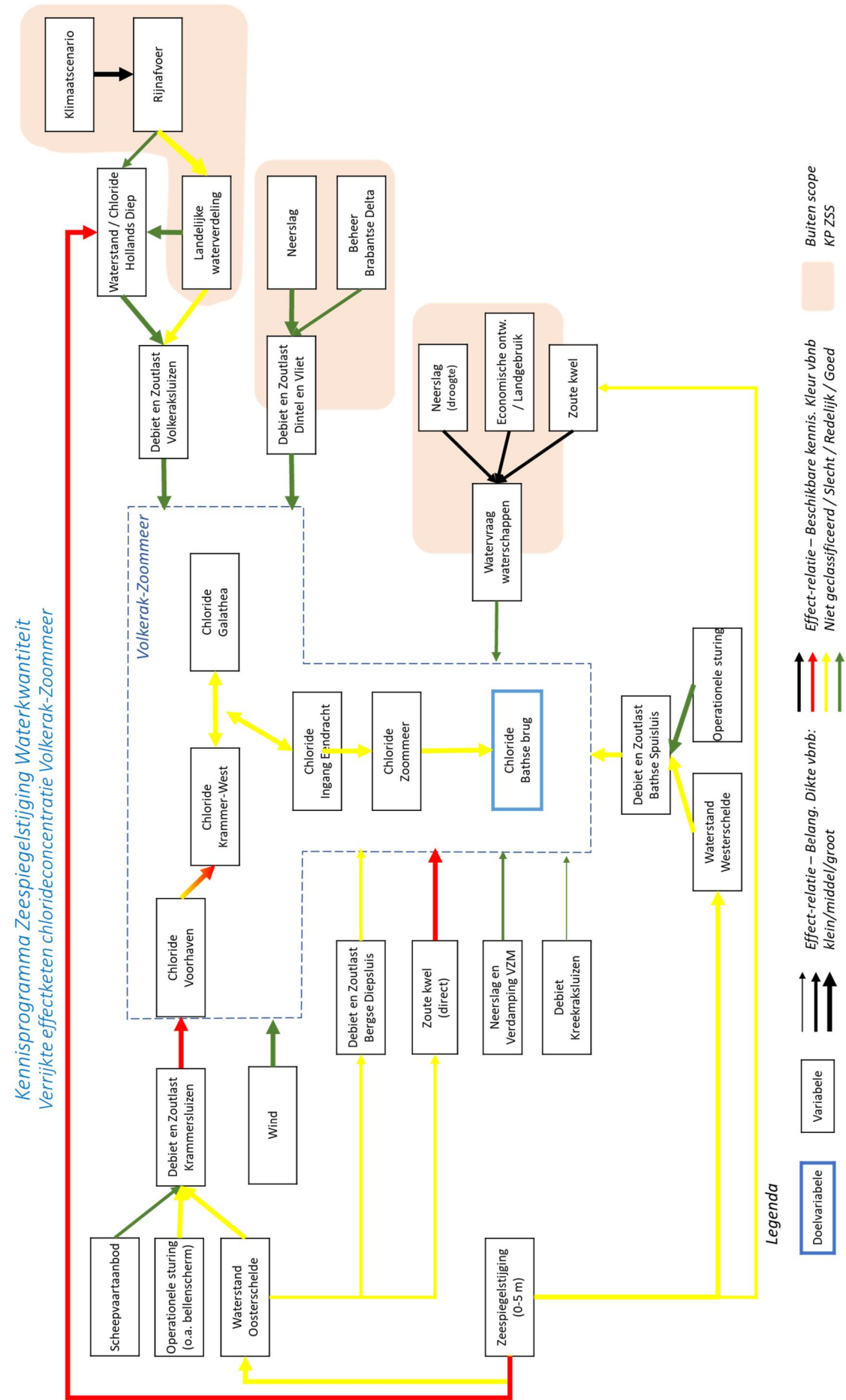
Voor de modellering wordt gedacht aan een bakjesmodel zoals in de klimaatrobuustheidsstudie is toegepast.

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden op Hollands Diep, Oosterschelde en Westerschelde - Hoe verandert de waterstand op de Westerschelde als gevolg van zeespiegelstijging? - Hoe verandert de waterstand op de Oosterschelde als gevolg van zeespiegelstijging? - Hoe verandert de waterstand op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer? - Hoe verandert de waterbeschikbaarheid op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer? - Hoe verandert de chlorideconcentratie op het Hollands Diep als gevolg van zeespiegelstijging en rivierafvoer? - In hoeverre beïnvloeden mogelijke maatregelen in de Rijn-Maasmonding de waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie op het Hollands Diep? - In hoeverre beïnvloeden mogelijk gewijzigde afspraken over de landelijke waterverdeling de waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie op het Hollands Diep?	Ja	Deels	Ja	Op te halen bij Spoor 2 Hoog-waterveiligheid
	Ja	Deels	Ja	Idem
	Ja	Deels	Ja	idem
	Ja	Nee	Deels	Op te halen bij analyse RMM regio
	Ja	Nee	Deels	idem
	Ja	Nee	Deels	Samen met Deltaprogramma en KP ZSS spoor 4
	Ja	Nee	Deels	idem
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel - Hoe verandert de zoute kwel naar de polders als gevolg van zeespiegelstijging? - Hoe verandert de zoute kwel door en onderlangs de dammen als gevolg van zeespiegelstijging?	Ja	Deels	Ja	Doorspoelbehoefte op basis van Landelijk Hydrologisch Model zoet-zout (LHM ZZ)
	Ja	Deels	Ja	

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken - Tot welke niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? (Bijvoorbeeld bij hoeveel zeespiegelstijging zijn de Krammersluizen niet meer te gebruiken.) NB: Ook een relatie met waterveiligheid. - Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging? - Hoe verandert de zoutvracht door de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging?	Ja Ja, voor Volkeraksluizen, Krammersluizen, Bathse spuisluis Ja, voor Krammersluizen, Bathse spuisluis	? Nee Nee	Ja Ja Ja	Niet bekend waar deze vraag wordt opgepakt Kennis ontbreekt voor grote ZSS (> 1-2 m) idem
B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden - Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging? - Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening? - Hoe verandert de afvoerbehoefte (bij extreme neerslag) als gevolg van klimaatverandering?	Misschien Misschien Ja voor waterafvoer, nee voor VKS zoetwater	Nee ? ?	Deels Nee Nee	Doorspoelbehoefte op basis van LHM ZZ, onder beleidsarm scenario KP ZSS spoor 2 gaat geen socio-economische scenario's uitwerken. KP ZSS spoor 2 gaat geen neerslagsscenario's uitwerken
A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer - Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterstand gehandhaafd blijven? - Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterbeschikbaarheid gehandhaafd blijven? - Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de afvoerbehoefte gehandhaafd blijven? - Tot welke mate van zeespiegelstijging blijft de chlorideconcentratie op een voldoende laag niveau?	Ja Ja Ja Ja	Ja Deels Ja Deels	Ja Ja Deels Ja	Peil is goed te berekenen, zodra waterbalanstermen bekend zijn. Dispersie chloride is kennisleemte Hoge peilen-wateroverlast niet in scope KP ZSS Dispersie chloride is kennisleemte

*Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit
Verrijkte effectketen waterstand Volkerak-Zoommeer*





Bijlage A – Korte uitleg opbouw van een verrijkte effectketen

De verrijkte effectketen wordt in drie stappen opgebouwd. In de eerste stap worden de doelvariabelen vastgesteld: Wat moet het model gaan berekenen? Naast parameter en eenheid zijn locatie en statistiek en gewenste nauwkeurigheid van belang. In de verrijkte effectketen wordt de doelvariabele met een blauw kader aangegeven.

In de tweede stap wordt een conceptueel model opgesteld. Een conceptueel model geeft in de vorm van een stroomschema welke factoren en processen van belang zijn voor de doelvariabele. Wat bepaalt de waarde van de doelvariabele of waarvan is het afhankelijk? Wat resulteert is een netwerk van oorzaak-effectrelaties met de doelvariabele als uiteindelijke uitkomst.

In de derde stap wordt het conceptueel model door deskundigen op twee punten verrijkt met kennis:

- Voor iedere oorzaak-effectrelatie wordt de mate van belangrijkheid ingeschat op een driepuntsschaal (niet/weinig belangrijk / belangrijk / zeer belangrijk) en vervolgens weergegeven met de dikte van de pijl (dun / gemiddeld / dik).
- Vervolgens wordt van iedere oorzaak-effectrelatie aangegeven of er voldoende kennis over is. De pijl wordt rood gekleurd als ingeschat wordt dat er onvoldoende kennis is, geel als er in redelijke mate kennis is, en groen als er voldoende kennis is.

Doordat de verrijkte effectketen met deskundigen is opgebouwd, is het resultaat een gedeeld beeld van zekerheden, onzekerheden en kennisleemtes voor de specifieke toepassing van het model ofwel de voorspelling van de doelvariabele. Als de verrijkte effectketen volledig groen is, worden geen belemmeringen voor modelontwikkeling en -toepassing voorzien. Belangrijke (dikke) pijlen die rood gekleurd zijn vragen specifiek aandacht tijdens de modelontwikkeling en -toepassing. Expliciet gemaakt moet worden hoe men hiermee denkt om te gaan. Voor gele codering is de noodzaak minder, maar wordt nog steeds een expliciete afweging gevraagd.

Bijlage B – Verzamelde opmerkingen en reacties op (de prioritering van) de kennisvragen en de verrijkte effectketens

Als onderdeel van de 2^e gebiedssessie hadden deelnemers gelegenheid om opmerkingen te plaatsen bij de verschillende onderdelen uit de eerste versie van dit memo. Dit gebeurde online via Google Sheets, zodat alle deelnemers tegelijk in hetzelfde document kunnen werken. In deze bijlage staan de gemaakte opmerkingen. Waar mogelijk is een Reactie geplaatst.

Opmerkingen bij Geprioriteerde kennisvragen waterstand

- Koppel de vragen met het proces van de functionele levensduur van de kunstwerken.(HH) → Reactie: Functionele levensduur van kunstwerken valt onder de categorie “Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door kunstwerken”.
- (Simon) Lijkt me goed onderscheid te maken in huidige strategie (0,50 m in 2050 en 1,00 m in 2100, volgens huidig beleid) en voor nieuwe adaptieve strategieën voor verdergaande zss. → Reactie: KP ZSS werkt in iteraties. Eerste iteratie (2021-2022) gaat uit van VKS. Tweede iteratie (2023 en verder) gaat uit van adaptieve strategieën die (o.a.) voorkomen uit KP ZSS Spoor 4.
- (Edwin) Peilen en chlorideconcentraties ter hoogte van Moerdijk voor inlaat Roode Vaart van belang. → Reactie: Deze vallen onder gebied RMM en worden daar opgehaald.
- (Edwin) Peilen ter hoogte van Biesbosch van belang voor inlaat Oosterhout. → Reactie: Deze vallen onder gebied RMM en worden daar meegenomen.
- (Edwin) welk peil is houdbaar op het VZM en wat betekent dit voor de doorspoeling van Mark-Vlietsysteem (waterstanden bij Moerdijk en Biesbosch).

Opmerkingen bij Geprioriteerde kennisvragen chlorideconcentratie

- (Willy) Veel onbekend over effecten op chloride en zoute kwel, voor regio belangrijke “thema” (slechts constatering).
- (Edwin) Peilen en chlorideconcentraties ter hoogte van Moerdijk voor inlaat Roode Vaart van belang.
- (Herman) Keuzes in de RMM zijn bepalend voor het VZM. Hoe gaat Kierbesluit verder in toekomst? → Reactie: De koppeling tussen VZM en RMM wordt meegenomen. De twee modellen worden niet aan elkaar gekoppeld, maar wederzijds consistente aannames (“als-dan”) worden in onderlinge afstemming meegenomen. Ook (in de aannames voor) het bovenregionale model wordt de koppeling meegenomen.

Opmerkingen bij Verrijkte effectketen Waterstand Volkerak-Zoommeer

- Jos: Wat op lange termijn de watervraag is van de waterschappen in relatie tot zoetspoelen van zoute kwel is waarschijnlijk een kip-ei vraag. Hoe ga je daar mee om? → Reactie: Het KP ZSS levert “als-dan” informatie, dus zowel kip als ei. Het is aan de regio en/of het regionale proces (bijvoorbeeld DP ZW Delta) om afwegingen te maken.
- Jos: Meer in brede zin vraag ik me af hoe je voor een model dat zo lang vooruit kijkt meeneemt dat beleid heel veranderlijk kan zijn. Definieer je een bandbreedte? → Reactie: Correct. De modelaanpak is zodanig bedoeld dat het een onderbouwde bandbreedte oplevert. Een mogelijke type uitkomst is dat de bandbreedte zo groot is dat er eerst meer duidelijkheid moet komen over een of meerdere factoren.
- Meinte: merk op: verandering in kwel (kwantiteit en kwaliteit) tgv zeespiegel en wat dit voor de regionale afvoer of doorspoelbehoefte betekent zal worden meegenomen op basis van landsbreed model (uitgaand van vigerend regionaal waterbeheer). Meer gedetailleerde kwantificering regionaal en relatie met aangepast regionaal waterbeheer zit niet in scope. (Vandaar dat dit blokje half in het roze vlak zit.)

- Vincent - het programma richt zich op het HWS en gebruikt regionale watervraag en afvoerbehoefte als input. Is dat informatie die puur door de waterschappen moet worden aangeleverd, of zit daar ook begeleiding op vanuit het nationale perspectief? → Reactie: In principe moet dat regionaal worden aangeleverd. Echter in het kader van andere trajecten zoals het DP Zoetwater is waarschijnlijk afstemming en samenwerking mogelijk.
- Luuk: Afvoerbehoefte Scheldestromen direct richting VZM is relatief beperkt, grootste deel gaat richting Oosterschelde en Westerschelde. Kennis en inzicht effect ZSS op betreffende lozingspunten is zeker niet minder relevant. → Reactie: Waterpeilen in Oosterschelde en Westerschelde zijn van belang voor de randwaarde. Er zal derhalve informatie beschikbaar komen.
- Luuk: Watervraag verandert naar de toekomst kwalitatief en kwantitatief onder invloed van diverse factoren in meer of mindere mate. Zoetwateraanvoer vanuit VZM is booming op dit moment (er zijn oa. verzoeken tot uitbreiding op Beveland resp. nieuwe aanvoer ri Schouwen-Duiveland). Haalbaarheid wordt onderzocht. Qua volume kan dit wel enige impact hebben (is van invloed op dikte pijl, en ook de kleur) → Reactie: Meegenomen in de verrijkte effectketen.
- Luuk: in kader van SWM wordt op dit moment uitwerking gegeven aan de ontwikkeling van een watervraagprognosetool voor regio VZM (aansluitend bij tool die is ontwikkeld voor regio IJG/ZON). Is wel basaal, maar kan mogelijk wel bijdragen in vullen van kennisleemte. → Reactie: Dank. Afstemming met SWM zal zeker worden gezocht.
- (afvoeren) MarkVlietsysteem in combinatie met doorspoelen Oosterhout en straks ook Roode Vaart kunnen worden aangeleverd (historie en verwachting) Edwin

Opmerkingen bij Verrijkte effectketen Chlorideconcentratie Volkerak-Zoommeer

- (Herman) ZSS is de meest dominante stuurvariabele, zeker boven de 2 m. Zorg voor hiërarchie in systematiek.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden op Hollands Diep, Oosterschelde en Westerschelde

- (Vincent) In deze tabel mis ik een kolom voor het door Arno benoemd criterium van de gevoeligheid. In de Kubus van Meinte zie je bv. (als voorbeeld) dat bij gelijkblijvende rivierafvoer de zeespiegelstijging bijna nooit een belangrijke rol zal spelen. Los van dat de kubus slechts ter illustratie is ingekleurd, is het wel van belang om dit criterium in de tabel op te nemen. → Reactie: In de tabel wordt "belangrijk" gebruikt in de betekenis dat als een factor verandert dat het effect groot is. Dus hier min of meer synoniem met "gevoelig".

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel

- Jos: de relatie tussen toename zoute kwel en watervraag in de polders lijkt mij essentieel. Deze zou misschien wel in een gemiddeld verband gevat kunnen worden. Wellicht de moeite van het onderzoeken. → Reactie: Voorzien wordt dat een dergelijke relatie uit het landsbrede grondwatermodel wordt afgeleid.
- Luuk: Is voor Scheldestromen van groot belang. Wellicht biedt onlangs geactualiseerd Grondwatermodel Zeeland meer mogelijkheden om deze kennisvraag in te vullen. voor wat betreft het Zeeuwse deel van de regio ZWD. Dat zou in een eventueel ook in tweede fase (of parallel) kunnen, wanneer ook aandacht wordt gegeven aan Grevelingen en Veerse Meer. Ik ga er overigens van uit dat in het landelijke model ook het LHM zout-zout wordt toegepast. → Reactie: Inderdaad wordt het landelijke model gebruikt. Daarnaast staat de modelaanpak toe om vanuit de regio aangedragen informatie zoals vanuit het grondwatermodel Zeeland als "alsdan" variant mee te nemen in de gevoeligheidsberekening.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door kunstwerken

Er zijn geen opmerkingen gemaakt.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden

- (Willy) Afvoerbehoefte lijkt mij wel relevant.
- (Vincent) De watervraag is bepaald lastig objectief te bepalen, want heel erg bepaald door politieke keuzen i.p.v. autonome ontwikkelingen. → Reactie: Klopt. Het KP ZSS voorziet erin door met "als-dan" varianten te werken en geen politieke keuzes te maken.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het Volkerak-Zoommeer

Er zijn geen opmerkingen gemaakt.

A.2 Rijn-Maasmonding

1^e gebiedssessie: 15 september 2020

2^e gebiedssessie: 5 november 2020

Memo

Aan
LS

Datum
23 september 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0006
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 10
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Kennisvragen en systeemwerking Rijn-Maasmonding tbv Kennisprogramma Zeespiegelstijging
Waterkwantiteit

Toelichting bij deze versie

De inhoud van de eerste versie van dit memo is toegelicht en besproken tijdens de eerste gebiedssessie op 15 september 2020. De deelnemers aan de sessie zowel het conceptueel model als het overzicht van kennisvragen aangevuld en aangescherpt. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie.

Aan de gebiedssessie op 15 september namen deel:

Mark Kramer	Rijnland
Gelske van Beusekom	Schieland en de Krimpenerwaard
Marco Vroege	Schieland en de Krimpenerwaard
Fincent van Woerden	Delfland
Thijs Ijpelaar	Hollandse Delta
Jos Boontjes	Hollandse Delta
Luc Absil – <i>alleen bij introductie aanwezig</i>	Provincie Zuid-Holland
Marlous van Herten	RWS West-Nederland Zuid
Emiel Spanier	RWS WVL
Remi van der Wijk	Deltares (gebiedsexpert)
Meinte Blaas	RWS WVL
Jeroen Ligtenberg	RWS WVL
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
David Geurts	Deltares
Audrey Legat	Deltares
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Pim Neefjes	RWS West-Nederland Zuid
Neeltje Kielen	RWS WVL
Albert Remmelswaal	RWS WVL

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeurstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP26 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de geselecteerde alternatieve strategieën?

Dit memo compileert de kennisagenda voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit voor de Rijn-Maasmonding (Hoofdwatersysteem bestaande uit Lek vanaf stuw Hagestein, Hollandse IJssel, Oude Maas, Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg, Hollands Diep, Haringvliet en alle tussenliggende verbindingen).

NB: Het Noordzeekanaal-Amsterdam-Rijnkanaal en het Volkerak-Zoommeer worden als aparte systemen behandeld en samen met het IJsselmeergebied in de groep Landelijk bij elkaar gebracht. De groep Landelijk zal ook eigen kennisvragen hebben.

In deze compilatie worden de kennisvragen op een systematische wijze gekoppeld aan de werking en gebruiksfuncties van het watersysteem. Dus we redeneren vanuit de werking van het watersysteem. De kerngrootheden voor Waterkwantiteit zijn waterstand, (zoet)watervoorziening of waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie. De systeemwerking wordt gevisualiseerd in een conceptueel model in de vorm van een diagram.

Zowel het overzicht van kennisvragen als het conceptueel model van de systeemwerking is ter toetsing, aanvulling en aanscherping aan de gebiedsgroep voorgelegd op 15 september 2020.

De gebruikte bronnen voor de compilatie van de kennisvragen en de systeemwerking zijn:

- Kennisagenda Kennisprogramma Zeespiegelstijging Rijn-Maasmonding, concept opgesteld door RWS team
- Rijn-Maasmonding, Slim Watermanagement Redeneerlijn Watertekort, Versie 1.1 – maart 2020
- Kennisagenda Zoetwater 2019 - 2020, Deltaprogramma Zoetwater, 16 oktober 2019
- Conceptwerkplan 2020 zoetwaterregio West-Nederland, 19 maart 2020
- Jaarplan Slim Watermanagement 2020 e.v. (concept), 11 december 2019
- Systeemanalyse van de Rijn-Maasmonding voor verzilting, Deltares rapport 1230077-001-ZWS-0013, december 2016
- Verzilting Rijn-Maasmonding ten gevolge van 1 m zeespiegelstijging, Deltares rapport 11203734-008-ZWS-0004, september 2019

Dit memo bevat de (voor nu) definitieve inventarisatie van kennisvragen, waarbij de systeemwerking van de Rijn-Maasmonding en hoe dit systeem reageert op zeespiegelstijging centraal staan. Met deze inventarisatie zal de volgende stap zal worden gezet. Tevens dient het conceptueel model als basis voor de “verrijkte effectketen” waarmee de prioritering van kennisvragen en het programma van eisen voor het (beschikbare en/of nog te ontwikkelen) modelinstrumentarium zal worden gevoed.

Beheer van Rijn-Maasmonding

In het kader van dit onderzoek nemen we de Voorkeursstrategie (VKS) als uitgangspunt voor het beheer. Dit betekent dat de essentiële systeemkenmerken en kunstwerken en het beheer onder de VKS zoals we het kennen, representatief blijven voor de toekomst en dat een toegevoegde functie (doorvoer) de twee bestaande functies van zoetwaterbuffer en van berging en afvoer voor wateroverlast niet nadelig zal beïnvloeden.

Schets systeemwerking Rijn-Maasmonding (hoofdwatersysteem)

De schets van de systeemwerking bouwt grotendeels voort op de redeneerlijnen die in het kader van Slim Watermanagement (SWM) zijn opgezet en de wijze waarop deze zijn gepresenteerd en gevisualiseerd. Aanpassingen zijn dat gefocust wordt op het hoofdwatersysteem en dat het effect van zeespiegelstijging centraal staat. (NB: SWM gaat vooral in op watertekort, ofwel lage rivierafvoer.) Regionale watersystemen worden meegenomen als een watervraag aan of waterafvoer naar het hoofdwatersysteem.

De essentie van de systeemwerking van de Rijn-Maasmonding kan als volgt wordt samengevat:

1. De Rijn-Maasmonding staat in open verbinding met de Noordzee (stormvloed en uitgezonderd) en in open verbinding met de rivieren. De combinatie van getij en rivierafvoer bepaalt de waterstand en de positie van de zoutgradiënt.
2. Er zijn twee kunstwerken dominant voor de waterverdeling in de Rijn-Maasmonding:
 - a. De stuw Hagestein beïnvloedt het debiet over de noordrand (Lek-Nieuwe Maas).
 - b. De Haringvlietsluizen bepalen de verdeling over Haringvliet en Nieuwe Waterweg.
 - c. NB: Overige kunstwerken zijn relevant voor een deelsysteem, maar niet of nauwelijks van invloed op de grootschalige waterverdeling (Volkeraksluizen, Prinses Irenesluizen, Prinsen Beatrixsluizen, Prins Bernardsluizen, gemaal Gouda, Waaiersluis).
3. De Rijn-Maasmonding is te onderscheiden in vijf deelsystemen naar verschil in verziltingstype¹:

	Lage rivierafvoer (<1500 m ³ /s)		Zeere lage rivierafvoer (<1200/<1000 m ³ /s)	
	Normaal getij	Windopzet	Normaal getij	Windopzet
Nieuwe Maas en Oude Maas west	x	x	x	x
Haringvliet west tot ingang Spui (Kier)		x		x
Hollandse IJssel			x	x
Lek (Kinderdijk tot stuw Hagestein)			x	x
Spui, Haringvliet oost en Hollands Diep		x		x

Uit "Rijn-Maasmonding, Slim Watermanagement Redeneerlijn Watertekort":

- a. In de Nieuwe Maas en de Oude Maas (westelijke deel) is de verzilting met name afvoer gedreven². Bij afname van de rivierafvoer neemt de beschikbaarheid van zoetwater in de getijdenvensters af en kan er (langdurig)

¹ Door zeespiegelstijging kunnen en zullen de grenzen van deze gebieden verschuiven en waarschijnlijk gaan overlappen. Bij welke mate van zeespiegelstijging dat gebeurt, is niet bekend en kan (dus) als een kennisvraag worden gezien.

² Direct beïnvloed door de dynamiek van de zee en daarmee manifest op de tijdschaal van het getij al dan niet in combinatie met wind-opzet. De balans tussen rivierafvoer zeespiegel is hier zichtbaar in de grootte van de getijdenvensters voor inname. Deze delen zijn dus nu al niet standaard 'zoet'.

- verzilting optreden. Windopzet kan eveneens zorgen voor kortdurende hoge pieken in de chlorideconcentraties.
- b. De monding van de Hollandsche IJssel en de monding van de Lek zijn met name verziltingsgevoelig bij lagere rivierafvoeren (langdurig). Wind kan eveneens zorgen voor kortdurende hoge pieken in de chlorideconcentraties in deze delen van het hoofdwatersysteem. De bovenloop van de Hollandsche IJssel en Lek zijn daarnaast ook verziltingsgevoelig door onttrekkingen bij lage rivierafvoeren, waarmee de verzilting in de bovenloop versneld kan worden.
 - c. Het Spui, Haringvliet-oost en Hollands Diep zijn met name verziltingsgevoelig voor waterstandsverschillen tussen zeerland en bekken waardoor achterwaartse verzilting kan optreden. Dit kan bij lage rivierafvoeren voorkomen (najaar, winter), maar ook bij hogere rivierafvoeren ~2000 m³/s kan achterwaartse verzilting optreden bij voldoende grote waterstandsverschillen.
 - d. NB: Voor Haringvliet west tot ingang Spui wordt ervan uitgegaan dat de bediening van de Kier zodanig is dat het zout niet voorbij de ingang Spui komt. Bij afnemende rivierafvoer wordt het Haringvliet zoet gespoeld. NB: Achterwaartse verzilting van Haringvliet west wordt als onderdeel van Spui, Haringvliet oost en Hollands Diep meegenomen en niet apart beschouwd.
4. Vanwege het systeemkenmerk als onvertakte rivier zijn zowel de Hollandse IJssel als de Lek als onafhankelijke deelsystemen te beschouwen, waarbij de chlorideconcentratie bij de monding en de bovenstroomse aanvoer en/of onttrekking randvoorwaarden zijn. De zoutgradiënt op de riviertak wordt bepaald door advectioneel transport door getijwerking, door onttrekkingen en/of lozingen, en door dispersief transport door meerdere mengingsprocessen zoals turbulentie, menging, scheepvaart en het lokaal achterblijven van zout water in uitstulpingen zoals havenbekkens van de rivier.
5. De zoutindringing in de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas is een multidimensionaal samenspel van getij, wind en rivierafvoer met de bathymetrie en geometrie. Er is sprake van een verticale zoutgradiënt; een zouttong dringt bij de bodem verder landinwaarts dan aan het oppervlak. Horizontale gradiënten ontstaan onder andere door het vullen en legen van havenbekkens. Terwijl de waterstand reageert op een verandering (van bijvoorbeeld rivierafvoer of storm) op een tijdschaal van een getij, reageert de zoutgradiënt op een verandering ook op een tijdschaal van dagen tot weken.

Conceptueel model van de systeemwerking

Op de volgende pagina staat het conceptueel model van de Rijn-Maasmonding in de vorm van een visuele weergave. Het conceptueel model is als volgt opgebouwd:

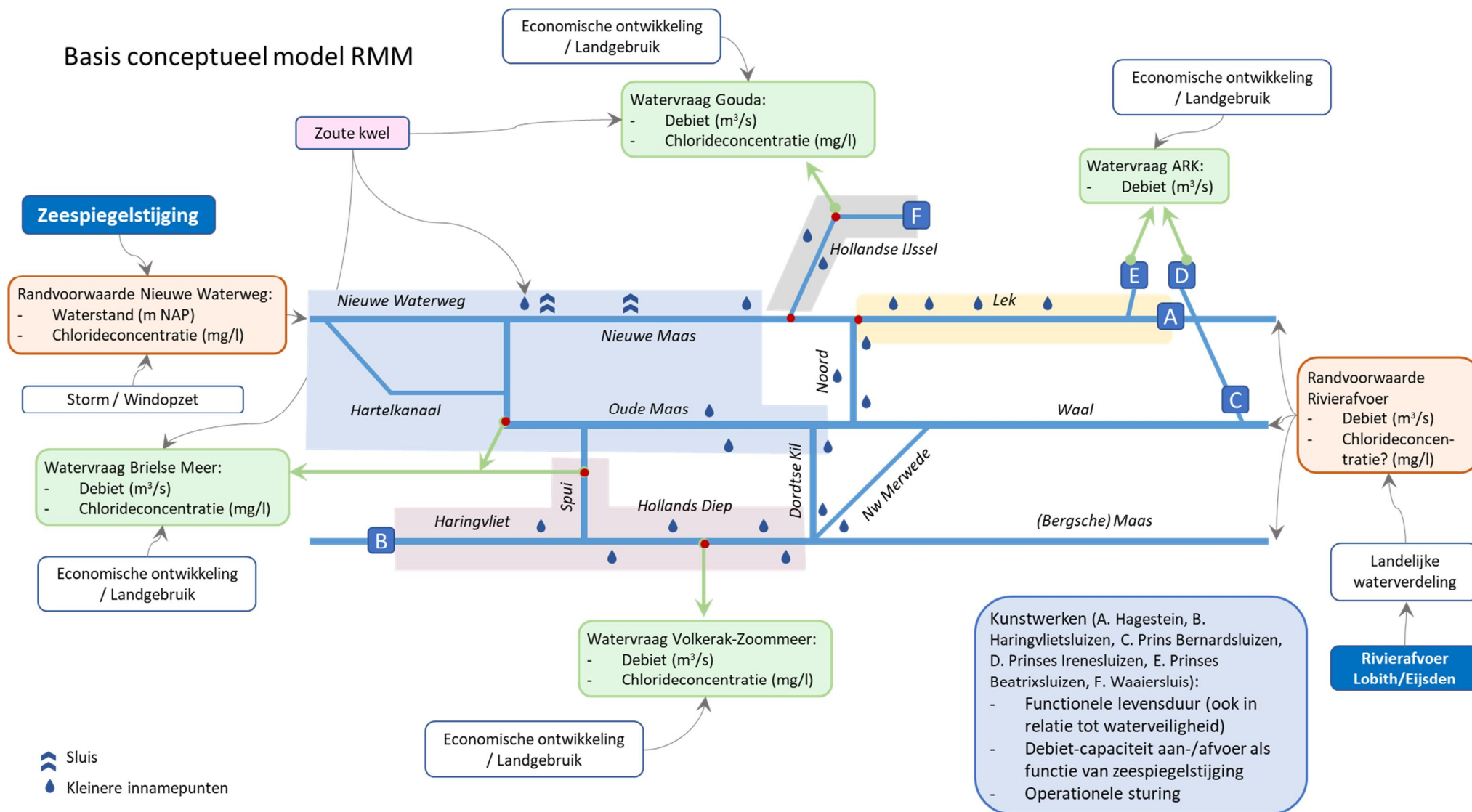
- De geografische afbakening en representatie is overgenomen uit de redeneerlijn SWM. De regionale systemen zijn weggelaten en vervangen door de connecties tussen het hoofdwatersysteem en de regionale systemen.
- De kustwerken van belang voor het (water)beheer van het hoofdwatersysteem zijn weergegeven. De Haringvlietssluis en de stuw Hagestein zijn het meest relevant.
- Ten opzichte van de eerste versie zijn de kleinere kunstwerken en innamepunten toegevoegd aan de visualisatie (zie ook lijst hieronder). Uit de gebiedssessie kwam naar voren dat de watervraag bij deze innamepunten relevant is voor de kennisvragen. De grote(re) innamepunten zijn in groen weergegeven.

- De vier deelsystemen met specifiek verziltingstype zijn met gekleurde vlakken weergegeven. Ten opzichte van de eerste versie is het gebied van de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas uitgebreid tot aan de Dordtse Kil.
- De open verbindingen met de zee en met de rivier zijn als randvoorwaarden opgenomen. Klimaatverandering werkt door zeespiegelstijging door aan de zeezijde en via veranderende neerslagpatronen in de rivieraanvoer aan de rivierzijde. Eventuele keuzes in de landelijke waterverdeling zijn eveneens van belang voor de rivierafvoer naar de Rijn-Maasmonding.
- Zoute kwel is relevant voor de watervraag (doorspoelbehoefte) van regionale watersystemen. Zoute kwel naar het hoofdwatersysteem is niet relevant.

Met de genoemde aanvullingen is in de gebiedssessie geconstateerd dat het conceptueel model helder en herkenbaar is. Het is een goede basis voor de volgende stap.

Beheerder	Regionaal kustwerk (met connectie hoofdwatersysteem)	Hoofdwater- systeem	Maximaal debiet
Delfland	Parksluizen	Nieuwe Maas	?
	Schiegemaal	Nieuwe Waterweg	3 m ³ /s
Hollandse Delta	Voorne-Putten	Haringvliet	6 m ³ /s
	Inlaatsluis Bernisse	Spui	23 m ³ /s
	Inlaatsluis Spijkenisse	Spui	23 m ³ /s
	Gemaal Koert	Haringvliet	6 m ³ /s
	IJsselmonde	Nieuwe Maas	
	Rijnmond	Biesbosch	
	Eiland van Dordrecht	Biesbosch	
	Inlaat Waalboezem	Noord	
	Hoeksche Waard	Oude Maas? Haringvliet?	
	Goeree-Overflakkee	Haringvliet	
Stichtse Rijnlanden	Gemaal De Koekoek	Lek	10,3 m ³ /s
Rijnland	Gouda (Mr P.A. Pijnacker-Hordijk)	Hollandse IJssel	
Schieland & Krimpenerwaard	Gemaal Mr. U. G. Schilthuis	Nieuwe Maas	4,5 m ³ /s
	Snelle Sluis en Gemaal Abraham Kroes	Hollandse IJssel	3,3 m ³ /s
	Gemaal Verdoold	Hollandse IJssel	1,5 m ³ /s
	Gemaal Krimpenerwaard	Lek	5,6 m ³ /s
	Leuvekolk	Nieuwe Maas	
	Schilthuis	Nieuwe Maas	
	Middelwatering	Hollandse IJssel	
	De Nesse	Hollandse IJssel	
	Veurink	Hollandse IJssel	
Brabantse Delta	Innamepunt Oosterhout	Wilhelminakanaal	8,5 m ³ /s (combi met Roode Vaart)
	Innamepunt Roode Vaart	Hollands Diep	8,5 m ³ /s (combi met Oosterhout)
Rivierenland	Kinderdijk	Lek	
	Papendrecht Hoog	Noord	
Oasen / Dunea	Bergambacht	Lek	
Oasen	Krimpen a/d Lek	Lek	
	Ridderkerk	Noord	
Dunea	Lekkerkerk	Lek	
Evides	Gat van Kerkslot	Biesbosch	
	Beerenplaat (noodinlaat)	Oude Maas	
	Middelharnis	Haringvliet	
Industrie	Moerdijk	Hollands Diep	

Basis conceptueel model RMM



Overzicht van kennisvragen

Op basis van de systeemwerking zijn kennisvragen in relatie tot zeespiegelstijging op te delen in een aantal categorieën (NB: niet noodzakelijkerwijs allemaal te beantwoorden in het KP ZSS):

- A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in de Rijn-Maasmonding
- B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag van de omliggende gebieden
- C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken
- D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar omliggende gebieden
- E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden bovenstrooms in het rivierengebied (landelijke waterverdeling)

A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, watervoorziening en chlorideconcentratie in de Rijn-Maasmonding ▪ Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterstand gehandhaafd blijven op locaties ...? ▪ Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de watervoorziening gehandhaafd blijven op locaties ...? ▪ Tot welke mate van zeespiegelstijging blijft de chlorideconcentratie op een voldoende laag niveau op locaties ...? - o Bernisse, Spijkenisse, monding Hollandse IJssel (Krimpen), monding Lek (Kinderdijk), Gouda, Volkeraksluizen, (→ alle innamelocaties?) - o NB: Watervoorziening en chlorideconcentratie zijn nauw aan elkaar gelinkt en wellicht niet te onderscheiden. Waarschijnlijk is chlorideconcentratie de dominante factor. ▪ Wat is het effect van bodemverandering in de RMM op verzilting? Bodemverandering omvat zowel natuurlijke/autonome ontwikkeling als mogelijke maatregelen als lokaal verhogen van de bodem.
B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag van de omliggende gebieden → Omliggende gebieden (waterschappen): Hollandse Delta, Scheldestromen, Delfland, Rijnland, Schieland en Krimpenerwaard, Stichtse Rijnlanden, Brabantse Delta(?), Rivierenland(?) ▪ Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging uitgesplitst naar de volgende (deel)gebieden...? - o NB: Wat is het effect op zoute kwel van eventuele grondwaterdaling door mogelijke peilaanpassing in polders? ▪ Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik? ▪ Hoe verandert de watervraag als gevolg van transitieopgaven met betrekking tot CO₂ reductie en bodemdaling? ▪ Wat zijn andere relevante ontwikkelingen voor de watervraag? ▪ Hoe verandert de capaciteit voor waterafvoer als gevolg als gevolg van zeespiegelstijging – regulier en bij wateroverlast? ▪ Tot welke mate van zeespiegelstijging kunnen koelwateronttrekkingen en -lozingen doorgang vinden – industriële onttrekkingen/lozingen in het algemeen?
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken ▪ Tot welke niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? (Bijvoorbeeld bij hoeveel zeespiegelstijging zijn de Haringvlietsluizen niet meer te gebruiken.) NB: Ook een relatie met waterveiligheid. ▪ Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging? (Haringvlietsluizen, Hagestein, ...) ▪ Hoe verandert de zoutvracht door de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging? (Haringvlietsluizen, (welke) “regionale” kustwerken, ...) ▪ In welke mate verandert het beheer van kunstwerken bij zeespiegelstijging en wat betekent dat voor waterstanden en afvoermogelijkheden vanuit het achterland? ▪ Welke mogelijke toekomstige kunstwerken moeten meegenomen worden, bijvoorbeeld sluis Nieuwe Waterweg? ▪ We gaan ervan uit dat het de zoutindringing op het Haringvliet met goed beheer tot binnen de grenzen gehouden kan worden; tot welke combinatie ZSS/afname rivierafvoer is dit houdbaar?
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem

▪ <i>Geen</i>	
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden bovenstrooms in het rivierengebied (landelijke waterverdeling) en de waterstand op zee? (NB: Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zeespiegelstijging zijn inherent meegenomen in het KP Zeespiegelstijging en worden daarom niet apart benoemd.)	
▪ Wat is of wat zijn de klimaatscenario's voor de rivierafvoer die meegenomen moeten worden in de analyse? ▪ Wat zijn de mogelijke veranderingen in de landelijke waterverdeling (afvoer verdeling over IJssel, Nederrijn-Lek en Waal)? ▪ Wat is of wat zijn de klimaatscenario's voor verandering van het stormklimaat en als gevolg daarvan de windopzet? ▪ Hoe verandert het getij op de Noordzee als gevolg van zeespiegelstijging?	
Overig	▪ Wat betekent zeespiegelstijging voor opbarstingsrisico's van sloten, tunnels e.d.? ▪ Als je de NWW gaat afsluiten, wanneer moet je dan ook aanvullende oplossingen verzinnen voor het wegwerken van de rivierafvoeren? Welke opties zijn er? → pompen bij de Haringvlietssluisen of NWW, meer via de Afsluitdijk wegpompen, of een ringdijk rond Nederland leggen (stukje uit de kust) waardoor je tussen de ringdijk en de kust een buffer krijgt waar je rivierafvoeren tijdelijk kunt opvangen? De Haringvlietssluisen kunnen rivierafvoeren wegpompen tot waarschijnlijk 2-3m ZZS?

Bijlage: Overzicht kennisvragen in de beschikbare kennisagenda's

		RIVIEREN & ZOETWATERVOORZIENING		
Beleidsvragen		Hoofdvraag	Kennisvragen	Onderzoeksvragen
Wat zijn de effecten van ZSS? PRESSURE op het systeem & STATE van het systeem		Hoe groot is de capaciteit van de zwakdynamische (stuurbare) buffers in de Holl IJssel en Lek gegeven ZSS, afvoeren, watervraag?	Wat zijn de dominante factoren in volume- en zoutbalansen?	Hoe sterk is zoutdruk uit zee als fct van ZSS, hoe verloopt de intrekdiepte en relatie met tegendruk in gemiddelde zin?
			Hoe uit verschuivende balans zich in de systeemtoestand tav gemiddelde en tav overschrijdingen?	Hoe verloopt de balans zoutdruk-tegendruk indringdiepte en omvang in dynamische/statistische zin? Hoe ontwikkelt de aanvoer riverwater bovenstrooms & watervraag als fct van klimaatverandering Verloopt relatie afvoer-zoutdruk geleidelijk of is er een knikpunt t.g.v. effect veranderend getij & windopzet bij mondingen Lek en Holl IJssel? Bij welke debieten icm ZSS en watervraag wordt welke aanvoer/surplus beperkende factor? Wat is de doorvertaling naar overschrijdingsduur en frequentie?
		Hoe verandert het (onder de huidige VKS niet stuurbare) hoogdynamische getij-beïnvloede deel vd RMM?	Wat is een passende model-benadering tbv zoutdynamiek in advectieve RMM?	Wat zijn de dominante factoren in volume- en zoutdynamiek? (getij-advectie, wind-events, rol morfologie/geometrie) bij bepaalde waarden van zeespiegel?
			Hoe verandert de hydrodynamiek in de RMM oiv ZSS?	Hoe verandert de getijslag en (voorwaartse) indringing van zeewater iov getij en wind als functie van ZSS
			(Hoe) Verandert de morfologie oiv ZSS?	
			Hoe verandert getij en zout dynamiek Holl Diep, Merwedes-Waal, Maas	Hoe veranderen innamevensters en beschikbaarheid Brielse Meer Hoe en hoe ver verschuift het dynamische deel oostwaarts als fct van ZSS?
Interpretatie van de effecten van ZSS: wat betekent dat? IMPACTS		Wat betekent overschrijding van buffercapaciteit in rivier-takken en van toename chloride-overschrijdingen getijgedomineerde deel	Hoe vertaalt toenemende overschrijding zich in inzet KWA en andere noodmaatregelen?	
			Wat zijn relaties met scheepvaart en waterveiligheid, natuur? Wat zijn doorwerkingen op regionaal systeem?	t.g.v. verschuiving zeeïnvloed landinwaarts kwaliteit innamewater, zoute kwel
Wat betekent dat voor de houdbaarheid van VKS? RESPONSES & feedback naar PRESSURE, STATE, IMPACT binnen de VKS		Welke perspectieven zijn er ter vergroting van de buffercapaciteiten in riviertakken en benutting van onderschrijdingen in getijgedomineerde deel	Wat zijn perspectieven voor verlengen levensduur/veerkracht VKS?	Wat zijn de capaciteiten en beperkingen van de alternatieve routes?
			En wat is de bovenregionale interactie daarbij ?	wat zijn de capaciteiten (min-max) voor aan/afvoeren via ZWD, ARK-NZK en verdeling splitsingspunten en inzet stuwen middenrivieren?
			Hoe verloopt wisselwerking met adaptatie in secotren/omgeving?	
			Wanneer wel/geen handelingsperspectieven bij omgeving? (inc kosten)	Wat zijn handelingsperspectieven bij Brielse Meer? Wat zijn perspectieven t.a.v inname lokaties/wijze waterschappen? Wat zijn handelingsperspectieven bij spaarbekkens als Biesbosch/Afgedamde Maas?
			Is snelheid van naderen knikpunt relevant?	
			Hoe is samenhang met VKS veiligheid en scheepvaart?	in termen van responses
			Welke ontwikkelingen kunnen adaptatie belemmeren of versnellen?	
Welke alternatieven zijn er (indien nodig) voor de VKS RESPONSES & feedback naar adaptatie/andere VKS		Wat zijn vanuit zoetwater bezien alternatieve strategieën tegen achtergrond van de adaptatie-perspectieven (zeewaarts, beschermen gesloten & open, meebewegen)?		Hoe werkt plan sluisen/Spaargaren door in ZW strategie en vice versa? Hoe werken geheel andere laagwaterstrategieën (afvoerroutes IJssel, ARK, ZWD) door en v.v.? Hoe koppelt veiligheid Holl IJssel (strategie tav kering) aan zoetwaterbeheer & peilbeheer?

Memo

Aan
LS

Datum
18 december 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0012
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 16
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Prioritering kennisvragen en aanzet eisen modellering RMM - KP ZSS Waterkwantiteit

Op 5 november heeft de 2^e gebiedssessie RMM plaatsgevonden. Tijdens deze online bijeenkomst zijn zowel de kennisvragen, de prioritering van de kennisvragen als het met kennis verrijkte conceptueel model aangevuld en aangescherpt o.a. op basis van versie 1 van dit memo. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Geïnventariseerde feedback is puntsgewijs en waar mogelijk voorzien van een korte reactie in de bijlage opgenomen. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie.

Dit memo is input voor het synthesesrapport waarin de samenhangende aanpak en afweging met de andere regio's (IJsselmeergebied, ARK-NZK en ZW Delta (Volkerak-Zoommeer)) en met de bovenregionale, landelijke waterverdeling zal worden beschreven.

Aan de gebiedssessie op 5 november namen deel:

Mark Kramer	Rijnland
Gelske van Beusekom	Schieland en de Krimpenerwaard
Marco Vroege	Schieland en de Krimpenerwaard
Fincent van Woerden	Delfland
Thijs Ijpelaar	Hollandse Delta
Jos Boontjes	Hollandse Delta
Astrid van Veldhoven	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Marlous van Herten	RWS West-Nederland Zuid
Pim Neefjes	RWS West-Nederland Zuid
Remi van der Wijk	Deltares (gebiedsexpert)
Emiel Spanier	RWS WVL
Meinte Blaas	RWS WVL
Jeroen Ligtenberg	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Luc Absil	Provincie Zuid-Holland
Edwin Arens	Brabantse Delta
Yann Friocourt	RWS WVL
Neeltje Kielen	RWS WVL
Albert Remmelzwaal	RWS WVL

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 (KP ZSS) zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeurstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de uit spoor 4 geselecteerde alternatieve strategieën?

Het is nodig om de centrale vragen uiteen te rafelen in een gestructureerde set van definities en concrete, behapbare deelvragen of bouwstenen (modules). Het is vervolgens van belang de belangrijkste bouwstenen te identificeren en te bepalen of voldoende kennis beschikbaar is over deze belangrijkste bouwstenen en zo nee, welke kennis ontwikkeld moet worden. Door tenslotte de bouwstenen in samenhang weer op te bouwen, wordt het antwoord op de centrale vragen gegeven.

Omdat het gaat over toekomstvoorspellingen is een model nodig. Met een model wordt hier bedoeld een berekening waar een getal of getallen uitkomen (zo nodig inclusief statistische bewerking). Een model kan variëren van de achterkant van een envelop tot een complex numeriek model. Duiding en presentatie/communicatie van modelresultaten zijn essentiële onderdelen van modellering naast het technisch bouwen van het model. Met identificatie van de belangrijkste bouwstenen kan het geschikte model of de geschikte modellen gedefinieerd worden.

In het vraagarticulatieproces dat Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat uitvoert t/m december 2020 worden deze twee stappen gezet:

- Wat zijn de belangrijkste kennisvragen (bouwstenen) die het KP ZSS Waterkwantiteit moet oppakken om de centrale vragen te kunnen beantwoorden?
- Wat is een geschikt modelinstrumentarium?

Op 15 september 2020 heeft de 1^e gebiedssessie RMM in het kader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit plaatsgevonden. Resultaat van de sessie was een overzicht en structurering van kennisvragen en een basis conceptueel model (denkmodel) van de systeemwerking van het Volkerak-Zoommeer.

- ➔ 11205272-018-ZWS-0006_v0.9-Kennisvragen en systeemwerking Rijn-Maasmonding - met opbrengst 1e sessie 15 september.pdf

Op basis van dit overzicht worden in eerste instantie in dit memo de kennisvragen geprioriteerd aan de hand van twee criteria:

- Grote gevoeligheid van de kennisvraag op het antwoord op de centrale vragen
 - o Bijvoorbeeld als de chlorideconcentratie sterk reageert op toename van zoute kwel door zeespiegelstijging, dan is er sprake van een grote gevoeligheid. Het is dan belangrijk om de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten. Als de chlorideconcentratie nauwelijks reageert op toename van zoute kwel, dan is het niet nodig op de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten.
- Antwoord op de kennisvraag is nog niet (voldoend goed) beschikbaar
 - o Als het antwoord op de kennisvraag (voldoende goed) beschikbaar is, kan de kennis gelijk toegepast worden. Er is dan niet eerst onderzoek nodig.

In tweede instantie wordt bepaald welke kennisvragen binnen de scope van het KP ZSS vallen en nog niet elders worden opgepakt. Uiteindelijk stelt het KP ZSS vast voor welke

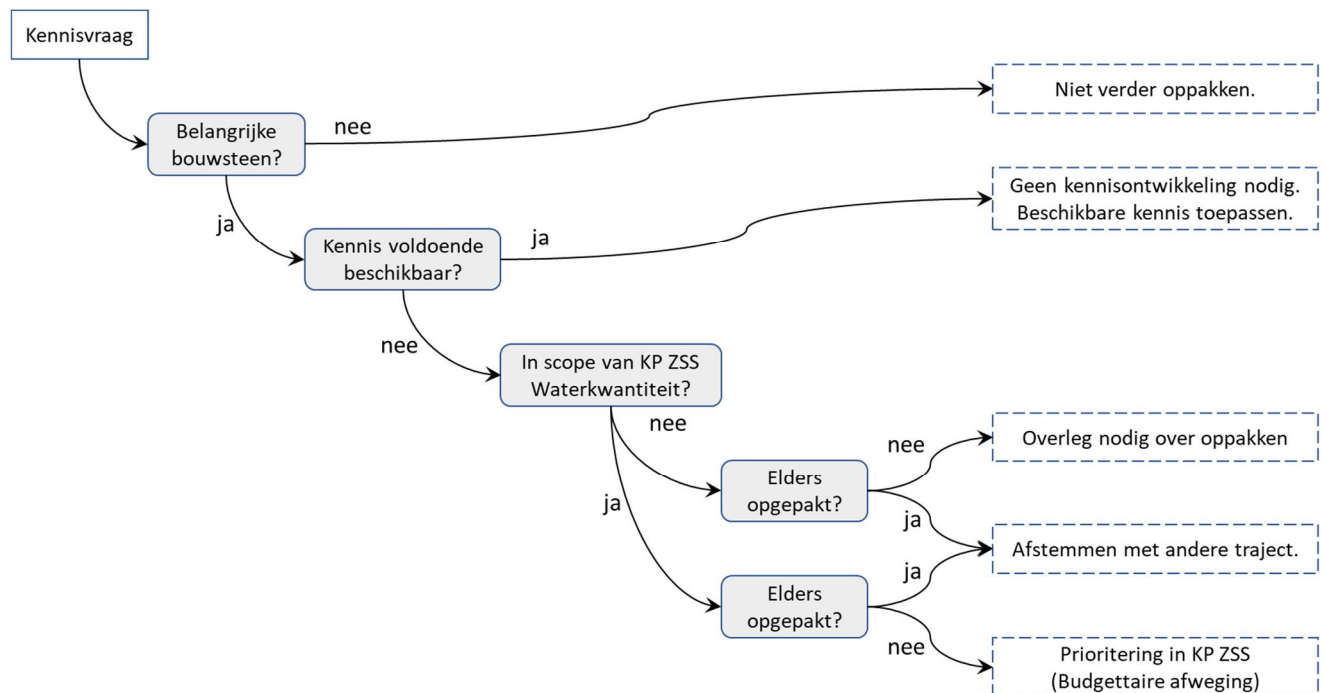
kennisvragen financiering beschikbaar is. Deze laatste stap met betrekking tot financiering wordt niet in dit memo gezet.

Uit bovenstaande blijkt dat een kennisvraag in een van vijf categorieën valt (ook gevisualiseerd in onderstaande schema):

1. Het antwoord op de kennisvraag is niet of nauwelijks relevant. → De kennisvraag wordt niet verder opgepakt.
2. Het antwoord op de kennisvraag is relevant én is (voldoende goed) beschikbaar. → De beschikbare kennis wordt toegepast in de beantwoording.

Indien antwoord relevant en niet (voldoende goed) beschikbaar:

3. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS en wordt elders opgepakt. → Er wordt afstemming gezocht en afgesproken met het andere traject.
4. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS, maar wordt niet elders opgepakt. → Overleg nodig om te kijken of de kennisvraag ergens geplaatst kan worden.
5. De kennisvraag is in scope van het KP ZSS. → Het KP ZSS beoordeelt op het totaalpakket van kennisvragen (ook uit andere regio's) en beschikbare middelen.



Bepalen belang bouwsteen en beschikbaarheid kennis

Om te bepalen of een kennisvraag een belangrijke bouwsteen is en of voldoende kennis beschikbaar is, wordt als hulp- en communicatiemiddel gebruik gemaakt van het conceptueel model van de systeemwerking van het RMM. In deze fase wordt het conceptueel model verrijkt met de kennis van gebiedsexperts, inhoudelijke experts en modelexperts (NB: soms verenigd in dezelfde persoon). Zij weten gezamenlijk immers wat belangrijk is en wat beschikbaar is. Deze “verrijkte effectketen” vormt de blauwdruk voor het model en legt derhalve de basis voor het programma van eisen.

De opbouw van de verrijkte effectketen begint bij het definiëren van de doelvariabelen (of kwantificeerbare grootheden) die door het model berekend moeten worden. Gezien de scope van het KP ZSS zijn de doelvariabelen altijd gerelateerd aan peil (m NAP), waterbeschikbaarheid (m³/s), afvoerbehoefte (m³/s) en/of chlorideconcentratie (mg/l) op een of meerdere locaties van het hoofdwatersysteem. Er is altijd sprake van een statistische

bewerking in tijd en eventueel in ruimte zoals maximum peil, overschrijdingsfrequentie of daggemiddelde chlorideconcentratie.

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

1. Uurgemiddelde waterstand bij voor de voorkeurstrategie kritische inname- en afvoerlocaties en koppelpunten met naburige delen van het hoofdwatersysteem met een gewenste nauwkeurigheid van 10-20 cm
2. Chlorideconcentratie bij voor de VKS kritische innamepunten en maatgevende splitsingspunten en koppelpunten; Dag- tot weekgemiddeld bij referentielocaties in de strategische bufferzones; Nader te bepalen bij belangrijke innamepunten elders
 - a. Gewenste nauwkeurigheid in de strategische bufferzones 25-50 mg/l
 - b. Gewenste nauwkeurigheid elders op basis van inlaatvenster, nog nader te definiëren
3. Aanvoerdebieten richting de buffers van Hollandsche IJssel en Lek

De belangrijkste voor het relatie tussen systeemgedrag en VKS zijn:

- a. Monding Lek (Kinderdijk)
- b. Innamepunten KWA (DKW, Lopikerwaard)
- c. Beatrix- en Irenesluizen (inname ARK)
- d. Monding Hollandse IJssel (Krimpen)
- e. Innamepunt Gouda
- f. Innamepunt Bernisse
- g. Innamepunt Spijkenisse
- h. Volkeraksluizen

Voor de doelvariabelen is een gecombineerde concept verrijkte effectketen opgesteld ter bespreking op de 2^e gebiedssessie op 5 november. Hieronder wordt aan de hand van de kennisvragen belang en kennisbeschikbaarheid toegelicht. Daarbij wordt van buiten (randvoorwaarden, categorie E) naar binnen (toestand RMM, categorie A) gewerkt. Categorieën B t/m E zijn onafhankelijke kennisvragen. Categorie A is deels afhankelijk van het kunnen beantwoorden van de bouwstenen in categorieën B t/m E.

De concept verrijkte effectketen laat qua kennisbeschikbaarheid zien dat er voor het berekenen van waterstanden in de RMM voldoende kennis beschikbaar is. De (berekening van) chlorideconcentratie en met name de ligging van de zouttong (grenswaarde 150 mg/l) is van veel factoren afhankelijk. De factoren worden individueel goed begrepen. De complexiteit is de combinatie van factoren in relatie tot een voldoende nauwkeurige kwantitatieve voorspelling. Hoewel daar veel kennis en ervaring voor beschikbaar is, wordt ook continu kennis doorontwikkeld (bijvoorbeeld NWO-project SALTIsolutions). Naar mate de zeespiegelstijging toeneemt, verandert de systeemwerking ten opzichte van de huidige situatie (bijvoorbeeld frequentie optreden achterwaartse verzilting) en zal de kennisbeschikbaarheid logischerwijs afnemen.

Uit de verrijkte effectketen en het overzicht van kennisvragen zijn de volgende geprioriteerde kennisvragen af te leiden:

- a) In het RMM wordt chloride bepaald door de interactie van getij, windopzet en rivierafvoer en een complexe geometrische omgeving (riviertakken, havenbekkens, splitsingspunten, rivierbederosie). Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Met parameterisering in een 1D model (SOBEK) is veel ervaring, maar deze ervaring is met name van toepassing op de huidige situatie. De dispersieve verspreiding is (empirisch) afgeregeld op de huidige situatie en niet zondermeer toe te passen bij grote zeespiegelstijging, als het systeem substantieel verandert.

- b) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit Rijn en Maas is afhankelijk van klimaatscenario's en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit overstijgt de directe scope van het gebied RMM en valt onder de bovenregionale aanpak in afstemming met Deltaprogramma('s) en KP ZSS Spoor 4.
- c) Het effect van zeespiegelstijging op het getij in de Noordzee en mogelijk op de stromingspatronen (uitstroming Rijnpluim en resulterend zoutgehalte en stratificatie bij Hoek van Holland) is mogelijk niet voldoende bekend. Waarschijnlijk is de doorwerking van een grote verhoging van de gemiddelde zeespiegel (> 2 m) een dominantere factor op de zoutindringing in de RMM dan een eventueel gewijzigd getij en/of stromingspatroon op de Noordzee. Een (expert)toetsing is wenselijk.
- d) Hetzelfde geldt voor de morfologie van de riviertakken. Effect van ZSS op de riviermorfologie is onbekend, de doorwerking daarvan op zoutindringing eveneens. Omdat ook dit een complex, maar indirect effect betreft, is een experttoetsing wenselijk.
- e) Er zijn kennisleemtes voor de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen. Deze kennisvragen vallen deels buiten de scope van het KP ZSS, omdat het KP ZSS niet in detail naar de regionale watersystemen kijkt. Het KP ZSS denkt wel de maximaal beschikbare watervraag en maximaal mogelijke waterafvoer aan te kunnen leveren.
 - o Over het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is onvoldoende bekend. Het KP ZSS heeft de intentie om met toepassing van het landelijk grondwatermodel informatie aan te dragen.

Als voor deze belangrijke bouwstenen voldoende kennis beschikbaar komt, dan geeft de concept verrijkte effectketen aan dat voor het berekenen van de waterstand en chlorideconcentratie voldoende kennis aanwezig is. Voor de modellering wordt gedacht aan toepassing van een 1D SOBEK model. Met modeldeskundigen zal geëvalueerd worden in hoeverre met model geschikt is of dat aanpassingen nodig zijn. Bekend is dat de verspreiding van zout en het effect van zeespiegelstijging nog onvoldoende betrouwbaar in het nu beschikbare SOBEK modelinstrumentarium (SOBEK RE NDB & SOBEK3) zitten.

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden bovenstrooms in het rivierengebied (landelijke waterverdeling) en de waterstand op zee? (NB: Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zeespiegelstijging zijn inherent meegenomen in het KP Zeespiegelstijging en worden daarom niet apart benoemd.) - Wat is of wat zijn de klimaatscenario's voor de rivierafvoer die meegenomen moeten worden in de analyse? - Wat zijn de mogelijke veranderingen in de landelijke waterverdeling (afvoerverdeling over IJssel, Nederrijn-Lek en Waal)? - Wat is of wat zijn de klimaatscenario's voor verandering van het stormklimaat en als gevolg daarvan de windopzet? - Hoe verandert het getij op de Noordzee als gevolg van zeespiegelstijging?	Ja Ja Misschien Misschien	Nee Nee Deels Deels	Nee Deels Deels Ja	KNMI-scenario's en andere programma's om bandbreedte voor wat-als aanpak te onderbouwen Samen met Deltaprogramma en regio-overstijgende deel van KP ZSS Scenario's KNMI, effect door KP ZSS Expertoordeel
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem <i>Geen</i>				Directe impact zoute kwel op HWS wordt van ondergeschikt belang geacht in RMM.

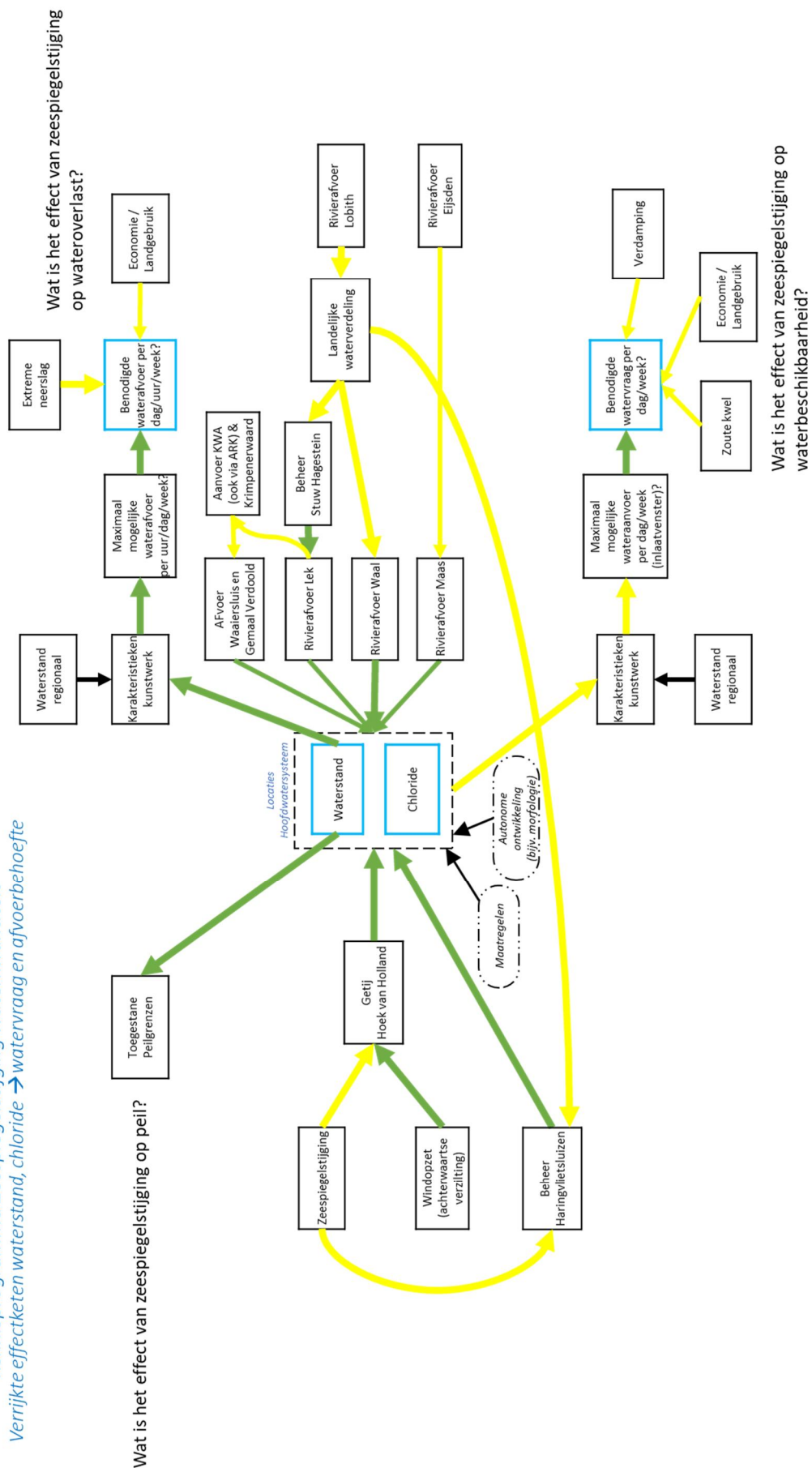
Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken - Tot welke niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? (Bijvoorbeeld bij hoeveel zeespiegelstijging zijn de Haringvlietsluizen niet meer te gebruiken.) NB: Ook een relatie met waterveiligheid. - Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging? (Haringvlietsluizen, Hagestein, ...) - Hoe verandert de zoutvracht door de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging? (Haringvlietsluizen, (welke) "regionale" kustwerken, ...) - In welke mate verandert het beheer van kunstwerken bij zeespiegelstijging en wat betekent dat voor waterstanden en afvoermogelijkheden vanuit het achterland? - Welke mogelijke toekomstige kunstwerken moeten meegenomen worden, bijvoorbeeld sluis Nieuwe Waterweg? - We gaan ervan uit dat het de zoutindringing op het Haringvliet (KIER) met goed beheer tot binnen de grenzen gehouden kan worden; tot welke combinatie ZSS/afname rivierafvoer is dit houdbaar?	Ja Ja Ja Ja Nee (niet in 1^e berekeningen) Ja	Ja Ja Deels Deels Nee Nee	Ja (HWS) Ja (HWS) Ja (HWS) Deels Nee Ja	Algemeen: Kunstwerken HWS in scope KP ZSS, Kunstwerken regionaal buiten scope. idem idem Effect in scope, beheeropties deels ook uit KP ZSS Waterveiligheid en wat betreft alternatieve strategieën KP ZSS spoor 4 Kier wordt niet apart op klimaatrobustheid getest. Uitgangspunt is dat toekomstig (dis)functioneren van Kier nooit tot falen VKS mag leiden. (Als Kier bij ZSS om additionele zoetspoelbehoefte vraagt, zal tijdsvenster waarbinnen gekierd wordt kleiner worden.)

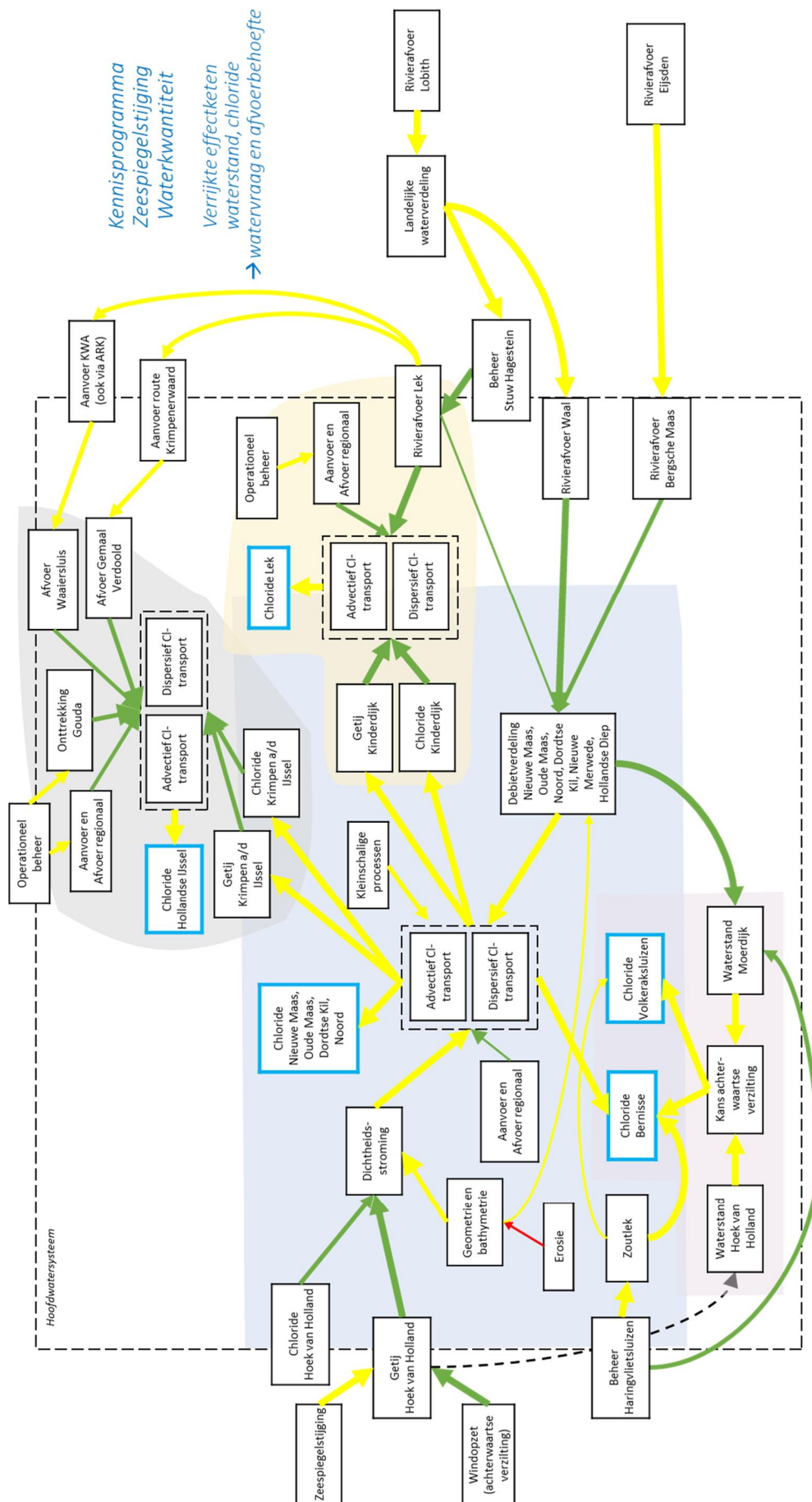
Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden				
- Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van toename van zoute kwel tgv zeespiegelstijging uitgesplitst naar (deel)gebieden...? - NB: Wat is het effect op zoute kwel van eventuele grondwaterdaling door mogelijke peilaanpassing in polders?	Ja	Nee	Deels	Zoute kwel en doorspoelbehoefte in KP ZSS op basis van landelijk model
	Ja	Nee	Nee	Hogere orde effecten (koppeling bodemdaling met adaptatie in waterbeheer) nemen we niet mee. Een autonome trend van bodemdaling wellicht wel.
Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik?	Ja	Nee	Nee	KP ZSS maakt geen socio-economische scenario's
Hoe verandert de watervraag als gevolg van transitieopgaven met betrekking tot CO₂ reductie en bodemdaling?	Ja	?	Nee	idem
Hoe verandert de capaciteit voor waterafvoer als gevolg van zeespiegelstijging – regulier en bij wateroverlast?	Ja	Ja	Ja	Waterstanden bij belangrijke afvoerlocaties in scope, trend neerslag buiten scope
Wat zijn andere relevante ontwikkelingen voor de watervraag?	Misschien	Nee	Nee	
Hoe veranderen de watervraag en/of afvoerbehoefte door sturingskeuzes in het regionale watersysteem?	Misschien	Nee	Deels	Terugkoppeling van adaptatie in regionaal systeem via wat-als aanpak adresseren
Tot welke mate van zeespiegelstijging kunnen koelwateronttrekkingen en -lozingen doorgang vinden – industriële onttrekkingen/lozingen in het algemeen?	Ja	Ja	Deels	KP ZSS kijkt niet kwantitatief naar watertemperatuur. chlorideimpact op koelwater is af te leiden uit chloride op referentielocaties.

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in de RMM - Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de waterstand binnen reguliere normen (d.w.z. niet waterveiligheid) blijven op locaties ...? - Tot welke mate van zeespiegelstijging kan de watervoorziening gehandhaafd blijven op locaties ...? - Tot welke mate van zeespiegelstijging blijft de chlorideconcentratie op een voldoende laag niveau op locaties ...? - Wat is het effect van bodemverandering in de RMM op verzilting? Bodemverandering omvat zowel natuurlijke/autonome ontwikkeling als mogelijke maatregelen als lokaal verhogen van de bodem.	Ja Ja Ja Misschien	Ja Ja Deels Nee	Ja Ja Ja Deels	Effect ZSS op waterstanden wordt doorgerekend Effect ZSS in chloride en waterstanden op innamelocaties wordt doorgerekend idem Voorspelling bodemontwikkeling buiten scope, Expert inschatting nodig voor trend en effect bodemligging.

Kopie aan
de heer dr. M. Blaas

Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit
Verrijkte effectketen waterstand, chloride → watervraag en afvoerbehoefte





Bijlage – Korte uitleg opbouw van een verrijkte effectketen

De verrijkte effectketen wordt in drie stappen opgebouwd. In de eerste stap worden de doelvariabelen vastgesteld: Wat moet het model gaan berekenen? Naast parameter en eenheid zijn locatie en statistiek en gewenste nauwkeurigheid van belang. In de verrijkte effectketen wordt de doelvariabele met een blauw kader aangegeven.

In de tweede stap wordt een conceptueel model opgesteld. Een conceptueel model geeft in de vorm van een stroomschema welke factoren en processen van belang zijn voor de doelvariabele. Wat bepaalt de waarde van de doelvariabele of waarvan is het afhankelijk? Wat resulteert is een netwerk van oorzaak-effectrelaties met de doelvariabele als uiteindelijke uitkomst.

In de derde stap wordt het conceptueel model door deskundigen op twee punten verrijkt met kennis:

- Voor iedere oorzaak-effectrelatie wordt de mate van belangrijkheid ingeschat op een driepuntsschaal (niet/weinig belangrijk / belangrijk / zeer belangrijk) en vervolgens weergegeven met de dikte van de pijl (dun / gemiddeld / dik).
- Vervolgens wordt van iedere oorzaak-effectrelatie aangegeven of er voldoende kennis over is. De pijl wordt rood gekleurd als ingeschat wordt dat er onvoldoende kennis is, geel als er in redelijke mate kennis is, en groen als er voldoende kennis is.

Doordat de verrijkte effectketen met deskundigen is opgebouwd, is het resultaat een gedeeld beeld van zekerheden, onzekerheden en kennisleemtes voor de specifieke toepassing van het model ofwel de voorspelling van de doelvariabele. Als de verrijkte effectketen volledig groen is, worden geen belemmeringen voor modelontwikkeling en -toepassing voorzien. Belangrijke (dikke) pijlen die rood gekleurd zijn vragen specifiek aandacht tijdens de modelontwikkeling en -toepassing. Expliciet gemaakt moet worden hoe men hiermee denkt om te gaan. Voor gele codering is de noodzaak minder, maar wordt nog steeds een expliciete afweging gevraagd.

Bijlage B – Verzamelde opmerkingen en reacties op (de prioritering van) de kennisvragen en de verrijkte effectketens

Als onderdeel van de 2^e gebiedssessie hadden deelnemers de gelegenheid om opmerkingen te plaatsen bij de verschillende onderdelen uit de eerste versie van dit memo. Dit gebeurde online via Google Sheets, zodat alle deelnemers tegelijk in hetzelfde document kunnen werken. In deze bijlage staan de gemaakte opmerkingen. Waar mogelijk is een Reactie geplaatst.

Opmerkingen bij Geprioriteerde kennisvragen

- Hierover gesproken in de sessie: We gaan de afbakening zoute kwel-regionaal systeemwerking scherper maken. Zoutlast op polders op basis van landsbreed model brengen we sowieso in beeld. (Meinte)
- Voor wat betreft aanvoer: binnen KP ZSS kan dan toch wel met scenario's voor de aanvoer worden gerekend? Is het dan nog een kennisvraag? (Mark) → Reactie: Klopt dat met scenario's voor zeespiegel t/m 3 m gerekend wordt, maar er zijn geen consistente neerslag en rivierafvoer-scenario's. De kennisvraag is met welke scenario's en aannamen over afvoer en neerslag gewerkt kan worden om een goede gevoeligheidsanalyse op te zetten en of de informatie daarvoor voldoende bekend is.
- Er wordt hier (en elders in het memo) één model genoemd, maar zonder inzicht te geven in alternatieven met voor- en nadelen valt niet te beoordelen of dit een verantwoorde keuze is. Is op onderdelen van de RMM bijvoorbeeld niet het 3D-model van het Havenbedrijf in te zetten? (Marco V) → Reactie: Terechte opmerking. Er wordt gedacht aan een model voor de gevoeligheidsberekeningen (ofwel een model waarmee makkelijk honderden tot duizenden berekeningen gedaan kunnen worden). Op basis van de doelvariabelen kan bepaald worden welk model voldoende geschikt is. Dat is de eerstvolgende stap. Tegelijkertijd zal het altijd mogelijk zijn om bepaalde varianten bijvoorbeeld met het 3D model van het Havenbedrijf door te rekenen. Uiteindelijk wordt een slim doordachte combinatie van modellen voorzien.
- Marloes: Hoe gaan we er dan mee om dat SOBEK niet zomaar toepasbaar is op zeespiegelstijging? → Reactie: Inzet van SOBEK staat nog niet vast, o.a. omdat deze vraag beantwoord moet worden. Goed en terecht punt.
- Marloes: Vorige keer was ook een belangrijke vraag wanneer er knikpunten ontstaan en wanneer je dus over moet stappen op een andere strategie. Zit deze nog bij de geprioriteerde kennisvragen? → Reactie: Het overschrijden van een knikpunt of knikpunten is de overkoepelende, centrale vraag, welke is uitgesplitst in deze onderliggende vragen. Uit de combinatie van antwoorden op de onderliggende vragen wordt de centrale vraag beantwoord. De centrale kennisvraag is dus zeker niet verdwenen.
- Nog toevoegen bij de eerste zin: sturingskeuzes via het regionale watersysteem kunnen voor sommige systeemdelen óók zeer bepalend zijn voor het chloridegehalte. Voorbeeld bovenloop Hollandse IJssel bij lage rivierafvoer. Deze variabele dus op de één of andere manier ook in de modellering opnemen (Marco V). → Reactie: Toegevoegd aan de vraag en aan de verrijkte effectketen. Keuzes en/of opties in de sturingskeuzes zijn zeker voorzien om mee te nemen als "als-dan" variant(en) in de gevoeligheidsberekeningen.

Opmerkingen bij Verrijkte effectketen waterstand en chloride

- Ik verwacht dat Hollands Diep en Haringvliet gekoppeld aan de noordrand geanalyseerd zullen moeten worden omdat de verandering in systeemdynamiek (en dus ook vuistregels) bij andere ZSS wellicht op complexe wijze doorwerkt vanwege andere indringing getijden (Ik zou de pijlen in dat deelsysteem dus geel maken) (Meinte) → Reactie: Aangepast in de verrijkte effectketen.
- Marloes: Bij de Hollandsche IJssel ook afvoer via Gemaal Verdoold meenemen (Doorvoer Krimpenerwaard). → Reactie: Toegevoegd de verrijkte effectketen.
- Mark: de groene pijlen rondom dispersie op de HIJ komen mij wat positief over. Zelfs voor de huidige situatie zit hierin nog onzekerheid (geel) en bij sterke zeespiegelstijging tasten we helemaal in het duister (rood). → Reactie: De groene pijlen geven de waterbalans aan. De gele pijl naar "Chloride Hollandse IJssel" geeft aan dat advectie en dispersie in de Hollandse IJssel nog niet voldoende zeker zijn.
- Marloes: Betekent "Afvoer Gouda" een onttrekking aan de Hollandsche IJssel en "Aanvoer Waaiersluis" een lozing/doorvoer op de Hollandsche IJssel? We gebruiken die termen vaak andersom (onttrekking = aanvoer naar het regionale systeem en lozing = afvoer vanuit het regionale systeem). → Reactie: Aangepast in de verrijkte effectketen om de aan te sluiten bij de gebruikelijke terminologie.

- Marlous: Hoeveel weten we al van invloed riviergeometrie i.c.m. zeespiegelstijging op zoutindringing? Mijn indruk is dat dit nog echt een kennisleemte is, dus rood? → Reactie: Aangepast in de verrijkte effectketen.
- Marlous: invloed van ZSS op getij en windopzet staat nu als groen weergegeven, maar we weten toch nog niet welke invloed forse ZSS heeft op zeestromingen en het stormklimaat? → Reactie: De keuze groen "voldoende bekend" komt voort uit de aanname dat verandering in het getij in de orde van hooguit enkele tientallen procenten zal zijn, wat relatief gering is ten opzichte van 5 m zeespiegelstijging. Voor stormklimaat eveneens de aanname dat al lang andere knikpunten gepasseerd zijn, voordat we knikpunten door eventuele wijzigingen door kortstondige windopzet een rol gaan spelen. Daarom de voorlopige analyse dat we voldoende weten om een eerste analyse te doen. Tenslotte is het goed mogelijk om als "als-dan" variant(en) te verkennen wat het effect is van mogelijke verandering van getij en/of stormklimaat.
- Marlous: Niet alleen de rivierafvoeren hebben invloed op de debietverdeling over de riviertakken in de RMM maar ook (veranderingen in) de geometrie en de combinatie ZSS-afvoer. → Reactie: Toegevoegd aan verrijkte effectketen.
- Jos: Eventueel ander beheer van de Haringvlietsluizen (continu zoetwaterdebiet) heeft effect op de duur van de effecten van achterwaartse verzilting in het Spui. → Reactie: In eerste instantie wordt het huidige beheer aangenomen, waarbij zout de lijn Spui-Middelharnis niet passeert. Als daarop gestuurd wordt kan het betekenen dat de Kier steeds kleiner wordt (of bij kleiner bovenafvoerbereik wordt opengezet) bij zeespiegelstijging. Het effect op duur van achterwaartse verzilting wordt meegenomen.
- Remi: Misschien handig nog een klein vierkant toevoegen met een pijl naar het CL-transport met kleinschalige processen? Kleine impact maar ook meer onzeker, bijvoorbeeld de stroming rondom Sliksloot/Bakkerskil of menging van scheepvaart. → Reactie: Toegevoegd aan verrijkte effectketen.
- In de sessie besproken: de link met waterbezwaar tgv neerslag en berging Hollandse IJssel zullen we uitwerken i.o.m. spoor waterveiligheid. (Meinte)

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden rivieraanvoer en Noordzee

- Wat is effect op rivierafvoer als Rijn geen smelttrivier meer is? (o.a. gletsjers afgesmolten) (Astrid van Veldhoven) → Reactie: Het afleiden van klimaatscenario's voor rivierafvoer is niet in scope van het KP ZSS. Het KP zal aftappen van de Deltascenario's. Aan de andere kant staat de modelaanpak toe dat een "als-dan" variant voor zo'n situatie wordt doorgerekend, als iets of iemand daarvoor de informatie kan aanleveren. Zie ook de volgende opmerking als reactie door Meinte.
- Ook hier zit link met waterveiligheid en werken we samen aan consistente bandbreedtes voor afvoeren (hoog en laag), maar bedenk dat we geen KNMI-scenario's zullen hebben van het Rijnstroomgebied > 2125 en wat er aan scenario's van KNMI komt pas in 2023 gereed zal zijn. Daarom de gevoeligheidsbenadering waarin we onderbouwde karakteristieken van afvoerverloop toepassen, maar geen langjarige tijdreeksen obv scenario's. (Meinte)
- Wat is het beeld nu hoe om te gaan met onduidelijke toekomstige rivierafvoer? Het vraagstuk wordt bovenregionaal aangepakt, gebeurt dit dan een paralleltraject en worden de resultaten dan nog in deze studie gebruikt of gaan jullie uit van ruwe ingeschatte scenario's? (Thijs IJpelaar) → Reactie: Allebei, want er zal geïtereerd worden tussen RMM-berekeningen en bovenregionale berekeningen. Aannames zullen zoveel mogelijk consistent zijn en kunnen en zullen door voortschrijdend inzicht wederzijds aangepast en opnieuw doorgerekend kunnen worden.
- Kennisvragen of afsluiten Nieuwe Waterweg (permanent of door Maeslantkering) wel benoemen, en dan via dat mooie schema aangeven dat ze wellicht in een ander traject worden beantwoord. (Astrid van Veldhoven). → Reactie: Akkoord.
- Pim: bij deze vragen zit overlap met waterveiligheid dus suggestie van Astrid lijkt me prima.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem

- Deze categorie bleef bij ARK-NZK ook leeg. Ik verwacht wel kennisvragen, maar misschien niet duidelijk genoeg bij deelnemers hoe de ontwikkelingen (van o.a. ZSS) effect gaan hebben op de zoute kwel en dan ook lastig om vraag te formuleren. (Astrid van Veldhoven)
- Marlous: er zijn wel vragen over zoute kwel, maar dan mn in de regionale watersystemen. Of wordt dat hier ook bedoeld? → Reactie: Vragen voor zoute kwel in regionale watersystemen zijn gekoppeld aan de doorspoelbehoefte (dus watervraag) van de regionale watersystemen en zijn daarom bij de andere categorie geplaatst (Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden).
- Het gaat hier over de zoutlast via de waterbodem of door dammen direct op het HWS (Meinte)

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door kunstwerken

- Wat is effect ZSS op afvoer gemaal (en spui) Waaiersluis (Gekanaliseerde Hollandse IJssel) (Astrid van Veldhoven) → Reactie: Correct, zo wordt de vraag bedoeld voor alle regionale inlaat- en/of afvoerlocaties.
- Laatste vraag over het Haringvlietsluisbeheer lijkt me behoorlijk relevant mee te nemen in het KP ZSS. Ik zou daar ja zetten. Heeft veel relatie met het strategisch beheer van het hoofdwatersysteem. (Jos) → Reactie: Aangepast.
- Effect ZSS op afvoer gemalen Delfland langs NW en NM (Fincent) → Reactie: Correct, zo wordt de vraag bedoeld voor alle regionale inlaat- en/of afvoerlocaties.
- Hoe koppelt ARK-NZK aan RMM? Worden ontwikkelingen ARK-NZK hier ook meegenomen? Bijvoorbeeld mogelijke ontwikkeling extra gemaal vanuit ARK naar Lek (bij Beatrixsluizen) (Astrid van Veldhoven) → Reactie: De koppeling tussen ARK-NZK en RMM wordt meegenomen. De twee modellen worden niet aan elkaar gekoppeld, maar wederzijds consistente aannames ("als-dan") worden in onderlinge afstemming meegenomen. Ook (in de aannames voor) het bovenregionale model wordt de koppeling meegenomen.
- Is het kieren met de Haringvlietsluizen straks nog mogelijk? Wordt nu ook veel onderzoek naar gedaan. Hebben jullie daar een link mee? (Astrid van Veldhoven) → Reactie: Het KP ZSS gaat niet de vraag beantwoorden hoe lang het kieren nog mogelijk is. De aanname is dat het zout niet voorbij de lijn Spui-Middelharnis komt. In de gevoeligheidsberekening kan dat wellicht leiden tot een (model)aanname dat er niet meer gekierd wordt.
- toename zoutconcentraties NM → effect zoutindringing door de sluizen langs de Nieuwe Maas → effect op doorspoelbehoefte → toename watervraag (Fincent) → Reactie: Toename van zoutindringing door sluizen naar het regionale watersysteem is niet in scope van het KP ZSS. Met de regio zal moeten worden afgestemd hoe de hierdoor toenemende watervraag meegenomen kan worden. Het KP ZSS voorziet informatie aan te leveren over de maximale waterbeschikbaarheid. De regio kan vervolgens toetsen of dat voldoende is.
- Marlous: Houdbaarheid inzet Haringvlietsluizen (tot wanneer is spuien of desnoods pompen mogelijk) wel belangrijk om mee te nemen! Anders alternatieven nodig of zelfs landelijke afwegingen (stuur je de rivierafvoer richting Haringvlietsluizen, IJmuiden of Afsluitdijk?). → Reactie: Houdbaarheid (= functionele levensduur) Haringvlietsluizen is zeker in scope. Effect en effectiviteit van maatregelen zoals pompen kunnen onderdeel zijn van de gevoeligheidsberekeningen. Grote bovenregionale, landelijke afwegingen waarbij de VKS wordt losgelaten, verlopen in eerste instantie via Spoor IV en kunnen in de 2^e iteratie (2023 en verder) aan bod komen.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden

- Jeroen: De scope-afweging voor zoute kwel begrijp ik niet. Vraag ook al aan Meinte gesteld via de mail. Brengen we wel impact op de watervraag in beeld maar vervolgens niet de uitsplitsing in deelgebieden? → Reactie: Zoute kwel en effect op doorspoelbehoefte wordt voorzien met het landelijk grondwatermodel. Uitsplitsen in deelgebieden is mogelijk, maar beoordeeld en onderzocht moet worden tot welk ruimtelijk niveau dat kan en wat de betrouwbaarheid is.
- Het lijkt me niet logisch dat de eerste vraag buiten de scope valt, ook irt het vandaag gepresenteerde. Is een wezenlijke kennisvraag en verandering watervraag is een afgeleide van verandering in kwel. (Marco V) → Reactie: Aangepast. Kennisvraag is in scope, op basis van het landelijke grondwatermodel. Afstemming nodig om regionale kennis en toetsing een plek te geven. Daarnaast is het in de modelaanpak mogelijk om regionale informatie (bijvoorbeeld uit een regionaal model) als "als-dan" variant mee te nemen in de gevoeligheidsberekeningen.
- Effect van Krimpenaarwaardroute toevoegen. (Astrid van Veldhoven). → Reactie: Toegevoegd.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in de RMM

- Bij sterk van getij afhankelijke wateren waar vanuit ingelaten wordt (o.a. regio Rotterdam) is 'chlorideconcentratie op voldoende laag niveau' mogelijk niet de juiste definitie. Inzicht in 'inlaatvensters' onder verschillende omstandigheden is daarvoor nodig. (Marco V) → Reactie: Correct. Naast voldoende laag niveau hoort ook de tijdsduur (= inlaatvenster) van dat voldoende lage niveau erbij.

- Rondom ontwikkeling van de waterstand is ook de vraag 'bij welke mate van zeespiegelstijging functioneert de Hollandse IJssel voor welke periode / tijdseenheid als gesloten systeem wegens een gesloten stormvloedkering'. Dat is niet alleen een waterveiligheidsvraagstuk, maar ook een watersysteemvraagstuk omdat het dan de afvoer vanuit regio tijdelijk sterk kan belemmeren. In sessie 1 was voor mij niet duidelijk of dit tot de scope hoort. (Marco V) → Reactie: Afstemming met waterveiligheid nodig om te bepalen in hoeverre dit in scope is.
- De relatie zeespiegelstijging - afvoercapaciteit (boezem)gemalen is tweeledig: niet alleen neemt de buitenwaterstand toe (en daarmee mogelijk ook de capaciteit af), serieuze kweltoename zou ook juist kunnen leiden tot een groter aanbod uit de polder en dus een eerder 'knikpunt'. Dit dus ook in een kennisvraag opnemen. (Marco V) → Reactie: Correct. De tweeledigheid is inderdaad voorzien en bedoeld in de (combinatie van) kennisvragen.

A.3 Amsterdam-Rijnkanaal Noordzeekanaal (ARK-NZK)

1^e gebiedssessie: 18 september 2020

2^e gebiedssessie: 30 oktober 2020

Memo

Aan
LS

Datum
25 september 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0007
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 9
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Kennisvragen en systeemwerking Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal tbv Kennisprogramma
Zeespiegelstijging

Toelichting bij deze versie

De inhoud van de eerste versie van dit memo is toegelicht en besproken tijdens de eerste gebiedssessie op 18 september 2020. De deelnemers aan de sessie hebben zowel het conceptueel model als het overzicht van kennisvragen aangevuld en aangescherpt. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie.

Aan de gebiedssessie op 18 september namen deel:

Hilga Sikma	Waternet
Erwin de Groot	Hoogheemraadschap van Rijnland
Margriet Beek	RWS-WNN
Francien van Luijn	RWS-WVL
Ciska Blom	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Astrid van Veldhoven	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Marjolijn Schoemans	RWS-WNN
Erwin Meijers	Deltares (gebiedsexpert)
Frans Buschman	Deltares (gebiedsexpert)
Meinte Blaas	RWS WVL
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
David Geurts	Deltares
Audrey Legat	Deltares
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Mirjam van Maanen	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Marcel Boogaard	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Mark Kramer	Hoogheemraadschap van Rijnland
Rob Tijssen	Waternet
Meinou Kok	RWS-WNN
Cristel de Zwaan	RWS-WNN

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeurstrategie onder extreme zeespiegelstijging (tot 3 meter in redelijke mate van kwantitatief detail, tot 5 meter meer kwalitatief) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de geselecteerde alternatieve strategieën?

Dit memo compileert de kennisagenda voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit voor het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal (bestaande uit Amsterdam-Rijnkanaal, Lekkanaal, boezem van Amstel, Gooi en Vecht, het IJ, stadswateren van Amsterdam en Noordzeekanaal).

NB: De Rijn-Maasmonding en het Volkerak-Zoommeer worden als aparte systemen behandeld en samen met het IJsselmeergebied in de groep Landelijk bij elkaar gebracht.

In deze compilatie worden de kennisvragen op een systematische wijze gekoppeld aan de werking en gebruiksfuncties van het watersysteem in relatie tot waterstand, (zoet)watervoorziening of waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie als kerngrootheden voor Waterkwantiteit. De systeemwerking wordt gevisualiseerd in een conceptueel model in de vorm van een diagram.

Zowel het overzicht van kennisvragen als het conceptueel model van de systeemwerking worden ter toetsing, aanvulling en aanscherping aan de gebiedsgroep voorgelegd. Op basis van de uitkomst wordt de volgende stap gezet, waarin de kennisvragen worden geprioriteerd en waarin het in te zetten (beschikbare en/of nog te ontwikkelen) modelinstrumentarium wordt omschreven.

De gebruikte bronnen voor de compilatie van de kennisvragen en de systeemwerking zijn:

- Kennisagenda Kennisprogramma Zeespiegelstijging Noordzeekanaal - Amsterdam-Rijnkanaal, concept opgesteld door RWS team
- Evaluatie maatregel constanter water afvoeren in het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal
- Memo: Bepalen effecten ruimtelijke- en klimaatontwikkelingen op het waterbeheer van het ARK/NZK (droogte)
- Memo: Bepalen effecten ruimtelijke- en klimaatontwikkelingen op het waterbeheer van het ARK/NZK (Zeespiegelstijging)
- Slim Watermanagement: Faalkansanalyse Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal bij wateroverlast (hoofdrapport) – september 2017
- Slim Watermanagement: Faalkansanalyse Noordzeekanaal-Amsterdam-Rijnkanaal bij wateroverlast (Technisch Achtergrondrapport) – september 2017

Uit een eerste analyse blijkt dat de kennisvragen nog vaak relatief algemeen en abstract geformuleerd zijn en dat een omzetting naar concrete(re) vragen nodig is. In dit memo is daarvoor een aanzet gedaan waarbij de systeemwerking van het Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal en hoe dit systeem reageert op zeespiegelstijging centraal staan.

Beheer van het Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal

In het kader van dit onderzoek nemen we de Voorkeursstrategie (VKS) als uitgangspunt voor het beheer. Dit betekent dat de essentiële systeemkenmerken en kunstwerken en het beheer onder de VKS zoals we het kennen representatief blijven voor de toekomst en dat een toegevoegde functie (doorvoer) de twee bestaande functies van zoetwaterbuffer, en berging & afvoer voor wateroverlast niet nadelig zal beïnvloeden.

Het beheer van het Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal kan worden onderscheiden in twee systemen.

1. Het Noordzeekanaal is groot en relatief traag met een directe zoutlast die afkomstig is uit de zee. Het beheer is gefocust op deels zoet spoelen, met een centrale rol voor de sluisen bij IJmuiden.
2. Het Amsterdam-Rijnkanaal is relatief smal, lang en ondiep in vergelijking met het Noordzeekanaal en het systeem reageert sneller. Het Amsterdam-Rijnkanaal heeft een eigen verdedigingslinie voor zoutindringing bij de monding. Door middel van een bellenscherm en het hanteren van een minimaal debiet wordt er gestuurd op een systeemtoestand bij Diemen en Weesp met het oog op kritische innamelocaties bovenstrooms daarvan.

Schets systeemwerking Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal

De schets van de systeemwerking bouwt voort op de beschrijvingen van het rapport "Evaluatie maatregel constanter water afvoeren in het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal" en het technisch achtergrondrapport van Slim Watermanagement: "Faalkansanalyse Noordzeekanaal-Amsterdam-Rijnkanaal bij wateroverlast". Aanpassingen zijn dat gefocust wordt op het hoofdwatersysteem en dat het effect van zeespiegelstijging centraal staat. Regionale watersystemen worden meegenomen als een watervraag aan of waterafvoer naar het hoofdwatersysteem. Voor het ARK-NZK zijn de regionale watersystemen die (onder normale omstandigheden) in open verbinding staan, een specifiek systeemkenmerk.

De essentie van de systeemwerking van de Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal kan als volgt worden samengevat:

1. Het Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal is een systeem dat wordt afgesloten van de Noordzee door de sluisen bij IJmuiden. De bovenstroomse grenzen liggen bij de Prinses Irene Sluizen en Prinses Beatrix Sluizen die de verbinding vormen met de Lek en het Lekkanaal. De waterstand wordt bepaald door de aanvoer vanuit de rivier en omliggende gebieden en afvoercapaciteit bij (in hoofdzaak) IJmuiden. Het zoutgehalte wordt vooral bepaald door de zoutindringing via de sluisen bij IJmuiden in balans met met name de aanvoer vanuit de rivier.
2. Er zijn vier kunstwerken dominant voor het water- en zoutbeheer van het ARK-NZK:
 - a. Spuisluis, schutsluis en gemaal bij IJmuiden bepaalt de waterafvoer naar de Noordzee.
 - b. De Prinses Irenesluizen bepaalt de inlaat vanuit de Lek naar het Amsterdam-Rijnkanaal.
 - c. De Prinses Beatrixsluizen bepaalt het debiet vanuit het Lekkanaal naar het Amsterdam-Rijnkanaal.
 - d. De stuw Hagestein speelt een belangrijke rol in de verdeling van het water van de Lek en is daarmee bepalend voor de aanvoer richting de Prinses Beatrix en Prinses Irenesluizen.
 - e. NB: Overige kunstwerken zijn relevant voor een deelsysteem, maar niet of nauwelijks van invloed op de grootschalige waterverdeling (Oranjesluizen, Zeeburgerschutsluis, Gemaal Zeeburg, Zeesluis Muiden en de Ipensloter- en Diemerdammer Sluizen).

3. Kleinere bronnen voor zoetwater voor doorspoeling zijn beschikbaar en/of worden verkend zoals inlaat vanuit het Markermeer en regionaal water uit boezems en polders (zelden beschikbaar als verzilting sterk opspeelt). De zoutlast vanuit regionale systemen (Haarlemmermeer, Horstermeer) is in totaliteit lager dan die vanuit IJmuiden, maar is niet verwaarloosbaar in de zoutbalans omdat de locatie van de zoutlast dicht(er)bij de monding van het ARK is.
4. Het Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal is te onderscheiden in twee deelsystemen naar verschil in verziltingstype:
Uit "Evaluatie maatregel constanter water afvoeren in het Noordzeekanaal en het Amsterdam-Rijnkanaal":
 - a. In het Noordzeekanaal is er sprake van zoutindringing als gevolg van de schutbewegingen bij de sluis bij IJmuiden. Het zoute water verspreidt zich langzaam over het kanaalsysteem en is soms waarneembaar tot in Schellingwoude (Oranjesluizen). Doordat het zoute water zwaarder is dan het zoete water ontstaat er een relatief zoute onderlaag en zoete bovenlaag. Deze lagen kunnen verticaal mengen door wind, scheepvaart, translatiegolven en de veranderende stromingen tijdens de spuivensters. Een verlaging in de waterafvoer vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal leidt tot minder doorspoeling en kan verdere verzilting (en veranderende horizontale zoutgradiënt en een verhoging van de spronglaag) van het Noordzeekanaal tot gevolg hebben.
 - b. Het Amsterdam-Rijnkanaal voert zoetwater af richting het Noordzeekanaal. Bij een normale afvoer (37 m³/s bij Weesp) is er geen sprake van zoutindringing vanuit het Noordzeekanaal. Zoutindringing wordt tevens voorkomen door de drempel tussen het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal (het Noordzeekanaal is dieper en het Amsterdam-Rijnkanaal ligt relatief hoger). Indien er een verlaging is in de aanvoer van zoetwater vanuit het Amsterdam-Rijnkanaal kan de toenemende verzilting van het Noordzeekanaal ook de monding met het Amsterdam-Rijnkanaal bereiken.

Op basis van de systeemwerking zijn kennisvragen in relatie tot zeespiegelstijging op te delen in een aantal thema's:

- A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal
- B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en waterafvoer van de omliggende gebieden
- C. Kennisvragen over (de ontwikkeling/capaciteit van) debiet en zoutvracht door de kustwerken
- D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel → *Indirect van belang vanwege zoute kwel naar regionale systemen en de extra watervraag die nodig is voor doorspoelen.*
- E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling) en zeespiegelstijging op de Noordzee

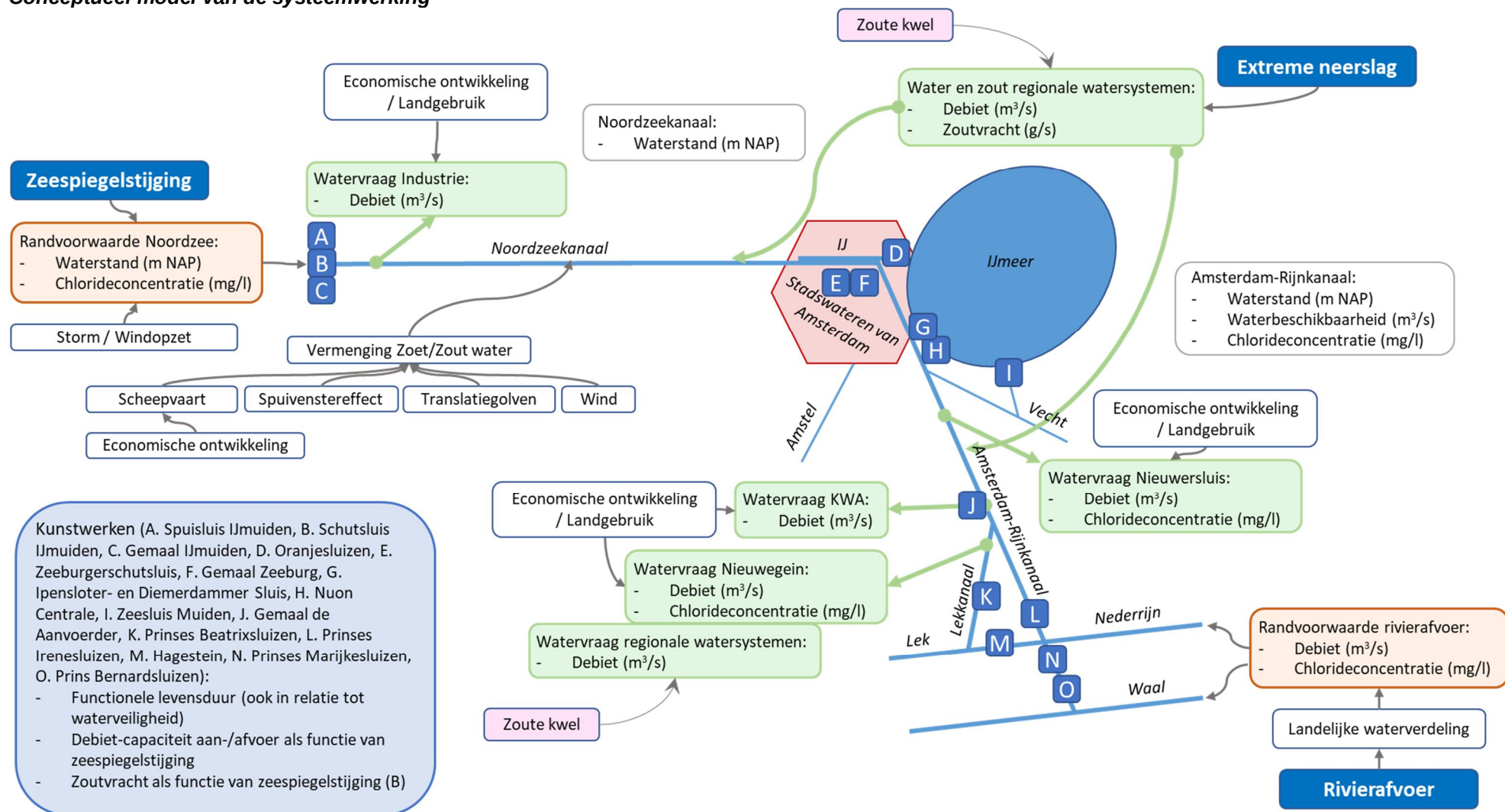
Conceptueel model van de systeemwerking

Op de volgende pagina staat het conceptueel model van het Amsterdam-Rijnkanaal – Noordzeekanaal in de vorm van een visuele weergave. Het conceptueel model is als volgt opgebouwd:

- De geografische afbakening en representatie is overgenomen uit de eerder genoemde bronnen. De regionale systemen zijn grotendeels weggelaten en vervangen door de connecties tussen het hoofdwatersysteem en de regionale systemen.
- De kustwerken van belang voor het (water- en zout)beheer van het hoofdwatersysteem zijn weergegeven. Spuisluis, schutsluis en gemaal bij IJmuiden, Prinses Irenesluizen, Prinses Beatrixluizen, Oranjesluizen en de stuw Hagestein zijn het meest relevant.
- De verbinding met de zee via IJmuiden en met de rivier zijn als randvoorwaarden opgenomen. Klimaatverandering werkt door zeespiegelstijging door aan de zeezijde (effect op spuivenster en effect op zoutvracht door het IJmuiden-complex) en via veranderende neerslagpatronen in de rivieraanvoer aan de rivierzijde. Eventuele keuzes in de landelijke waterverdeling zijn eveneens van belang voor de rivierafvoer naar het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal.
- Zoute kwel en wellen zijn relevant voor de watervraag (doorspoelbehoefte) van regionale watersystemen en zoutlast vanuit de polders op de boezem en daarmee verbonden ARK-NZK. Zoute kwel direct naar het hoofdwatersysteem is niet relevant.

In de gebiedssessie is geconstateerd dat het huidige conceptueel model met zijn aanpassingen helder en herkenbaar is. Het is een goede basis voor de volgende stap.

Conceptueel model van de systeemwerking



Overzicht van kennisvragen

A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, watervoorziening en chlorideconcentratie in Amsterdam-Rijnkanaal - Noordzeekanaal

- Hoe verloopt de chloridebalans als functie van ZSS op jaarschaal (winterspoelen, verzilten)? Hoe op korte schaal (tijdens een droogte)?
- Tot hoever trekt de zouttong het Amsterdam-Rijnkanaal op als functie van ZSS? Hoe verandert de chlorideconcentratie bij de monding van het ARK als gevolg van zeespiegelstijging? Waar ligt de 150 mg/l chloride-grens als gevolg van zeespiegelstijging en afhankelijk van rivieraanvoer?
- Wat is het effect van een bellenscherm op chlorideconcentratie bij Diemen (en zuidelijker)?
- Hoe verandert de chlorideconcentratie in monding ARK met uitwisseling Markermeer-ARK?
- Hoe veranderen waterstand en chlorideconcentratie ter plaatse van de Oranjesluizen als gevolg van zeespiegelstijging en wanneer wordt een knikpunt bereikt in relatie tot de mogelijke uitwisseling Markermeer-ARK?
- Hoe veranderen waterstand en chlorideconcentratie in de Amstelboezem en Amsterdamse stadswateren als gevolg van zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de inzetfrequentie van noodmaatregelen/bypass als functie van ZSS?
- Hoe verandert het pseudo-getij (klotsen) als het aandeel malen stijgt en spuien bij IJmuiden vermindert? Wat is het effect hiervan op zoutindringing?

B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoeften van de omliggende gebieden

→ Omliggende gebieden (waterschappen): Rijnland, Hollands Noorderkwartier, Stichtse Rijnlanden, Rivierenland en Amstel, Gooi en Vecht

- Hoe verandert de watervraag als gevolg van een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging?
 - o *Opmerking tijdens gebiedssessie: Zoute kwel regio zal leiden tot meer doorspoelbehoefte. Eventueel regionaal te kwantificeren, maar uitwisseling met HWS noodzakelijk. Doorspoellocatie afhankelijk van 1) beschikbaarheid, 2) aanvoeroute en vraaglocatie.*
- Hoe verandert de zoute kwel naar de polders als gevolg van zeespiegelstijging? Wat is het effect van zeespiegelstijging op (toename) verzilting?
 - o *Dat effect bepaalt samen met de functies wat de watervraag wordt. Dus eerst effect bekijken, daarna de discussie voren hoe we daar op kunnen reageren.*
 - o *Hoeveel zouter wordt het?*
 - o *Hoeveel meer chloride moet worden afgevoerd?*
 - o *Regionale bijdrage kwel vanuit polders in open verbinding en aanpak kwel uit die polders (bv Temmen van Brakke Kwel Horstermeer)*
 - o *Tot hoever landinwaarts is zoute kwel merkbaar bij ZSS?*
- Hoe verandert de zoutlast op het ARK-NZK vanuit de polders als gevolg van zoute kwel door zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de watervraag aan het ARK-NZK vanuit het Markermeer als gevolg van een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de watervraag aan het ARK-NZK vanuit de Nederrijn/Lek als gevolg van een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging?
- Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik?
 - o Wat is de invloed van verstedelijking van de landbouwomgeving op de watervraag?
 - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag aan het hoofdsysteem als het waterbeheer in natuurgebied verandert (denk aan onderwaterdrainage)?
 - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als landbouw in natuur wordt omgezet?
 - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als natuurgebieden worden omgezet?
 - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als we bodemdaling geheel willen remmen (en daarmee CO₂-uitstoot)?
- Hoe veranderen de inzetfrequentie, duur, debieten bij de noodmaatregelen/bypasses (KWA, POA, Vecht) als functie van ZSS?

▪ Hoe verandert de wateraanvoer van de regionale systemen als gevolg van klimaatverandering, met name bij wateroverlast/hevige regenval? Eventueel ander beheer?
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling/capaciteit van) debiet en zoutvracht door de kustwerken ▪ Hoe verandert de zoutvracht door het IJmuiden-complex als gevolg van zeespiegelstijging? - o NB: Redeneren vanuit de autonome ontwikkeling, ofwel de ingebruikname van de nieuwe zeesluis inclusief selectieve onttrekking. ▪ Wat is de (uitgaande) zoutvracht door de selectieve onttrekking als functie van ZSS? ▪ Wat is het effect van de ontwikkeling van scheepvaart en bijbehorende schutbewegingen op de zoutvracht? - o <i>Opmerking tijdens gebiedssessie: Is er een relatie met schutbewegingen en zeespiegelstijging? Wat een interessante vraag is: als je schuttingen (en dus zoutindringing) beperkt, dan heeft dat waarschijnlijk veel meer positief effect dan het negatieve effect van zeespiegelstijging. Hoe zouden we kwantitatief kunnen doorrekenen dat er bijna geen schuttingen meer zijn (b.v. haven naar de zee verplaatsen) en wat levert dat dan voor zoet water op (met model kunnen onderbouwen)?</i> ▪ Tot welke niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? - o <i>Huidige situatie Gemaal IJmuiden gaat komende jaren al wijzigen i.v.m. Vervanging en Renovatieopgave. Daarvoor wel inzicht in zeespiegelstijging nodig voor verschillende zichtjaren.</i> ▪ Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging (denk aan onderscheid spui/maal)? ▪ Tot welk niveau ZSS loopt doorvoercapaciteit kunstwerken/waterlopen (afgeleide van grotere watervraag)?
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem ▪ <i>Geen</i>
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling) ▪ Hoe ver oostwaarts komt de verzilting vanuit de RMM? - o Wat is de mate van beschikbaarheid van water vanuit de Lek (Irenesluizen) voor het ARK-NZK systeem als functie van ZSS? - o Wat worden de chloridegehalten in het rivierengebied waaruit het ARK onttrekt als functie van ZSS? ▪ Wat is het beschikbare debiet van alternatieve aanvoeren vanuit NRL, Waal, Markermeer als functie van ZSS?
Overig ▪ <i>Zijn er ontwikkelingen die zoutvracht door schutten sterk verminderen? In buitenland?</i> ▪ <i>En in de categorie wat als: als je een model hebt waar je de huidige situatie mee kunt berekenen omtrent zout, dan zou je ook scenario's mee kunnen nemen enerzijds meer of minder water bij de Irenesluizen, maar ook b.v. een fysieke maatregel in monding van het ARK (wat levert dat voor effect op en kun je dan zoet water besparen (vroeger was er een drempel en sluseiland, waardoor zout nooit het ARK op kwam))</i>

Bijlage: Overzicht kennisvragen in de beschikbare kennisagenda's

RIVIEREN & ZOETWATERVOORZIENING			
Beleidsvragen	Hoofdvraag	Kennisvragen	Onderzoeksvragen
Wat zijn de effecten van ZSS? PRESSURE op het systeem & STATE van het systeem	Hoe kwetsbaar zijn de (stuurbare) buffers van ARK-NZK voor ZSS? (aard en mate)	Wat wordt beperkend in volume- en zoutbalansen en hoe uit zich dat in de systeemtoestand?	Hoe verloopt de balans op jaarschaal (winterspoelen, verzilten), hoe op korte schaal (tijdens een droogte)?
		Wat betekent ZSS voor spui- en maalcapaciteit IJmuiden en alternatieve aan/afvoer	Wat zijn de capaciteiten en beperkingen in aanvoeren vanuit NRL, Waal, Markermeer
			Hoe verandert zoutlast sluizen als fot van ZSS
			Hoe verandert effectiviteit selectieve onttrekking als fot van ZSS
			Hoe verandert spui-maal regime als fot van ZSS en stormopzet
		Hoe verhouden de 1e en 2e verdedigingslinie en zoetspoelstrategie zich onder ZSS?	Hoeveel afvoer vraagt buffer ARK gegeven oplopende verzilting NZK
Interpretatie van de effecten van ZSS: wat betekent dat? IMPACTS	Wat betekent overschrijding van buffercapaciteit ARK-	Hoe is de doorwerking, naast chloride, naar peilbeheer (inc wateroverlast, scheepvaart), ecologie, natuur, andere functies	Hoe combineert effect ZSS met effecten neerslag, droogte
		Wat is de impact op/interactie met Markermeer	Wat zijn mogelijkheden, beperkingen en impact van uitwisselen met Markermeer
		Wat is impact op waterkwaliteit/zoetspoelen Amstelboezem/Amsterdam?	
Wat betekent dat voor de houdbaarheid van VKS? RESPONSES & feedback naar PRESSURE, STATE,	Welke perspectieven zijn er voor vergroting van de buffercapaciteit of vermindering van de	Wat zijn perspectieven op verlengen levensduur?	Wat zijn de grenzen aan de noodmaatregelen/bypasses (KWA, POA, Vecht)
		Hoe verloopt wisselwerking met adaptatie vd sectoren	Wat zijn adaptatiemogelijkheden beheer Amstelboezem?
		Wanneer wel/leeg handelingsperspectief bij gebruikers?	
		Wat is de landelijke opschaling/wisselwerking	Wat zijn hydraulische capaciteiten vd routes
			Hoe tellen afvoerbehoeften bovenregionaal op
Welke alternatieven zijn er (indien nodig) RESPONSES & feedback naar	Wat zijn vanuit zoetwater gezien alternatieve strategieën tegen achtergrond adaptatie-perspectieven	Wat zijn perspectieven op alternatieve aanvoer-routes?	Robuust voor chloride? Robuust vwb capaciteit?
		Wat zijn perspectieven tav compartimentering NZK? Zeehaven Amsterdam/Zaandam	
		Wat is de wisselwerking met alternatieve strategieën vu waterveiligheid MRA e.o.	

Memo

Aan
LS

Datum
18 december 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0011
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 14
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Prioritering kennisvragen en aanzet eisen modellering ARK-NZK - KP ZSS Waterkwantiteit

Toelichting bij deze versie

Op 30 oktober heeft de 2^e gebiedssessie ARK-NZK plaatsgevonden. Tijdens deze online bijeenkomst zijn zowel de kennisvragen, de prioritering van de kennisvragen als het met kennis verrijkte conceptueel model aangevuld en aangescherpt o.a. op basis van versie 1 van dit memo. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Geïnterviewde feedback is puntsgewijs en waar mogelijk voorzien van een korte reactie in de bijlage opgenomen. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie.

Dit memo is input voor het syntheserapport waarin de samenhangende aanpak en afweging met de andere regio's (IJsselmeergebied, RMM en ZW Delta (Volkerak-Zoommeer)) en met de bovenregionale, landelijke waterverdeling zal worden beschreven.

Aan de gebiedssessie op 30 oktober namen deel:

Hilga Sikma	Waternet
Erwin de Groot	Hoogheemraadschap van Rijnland
Margriet Beek	RWS-WNN
Francien van Luijn	RWS-WVL
Ciska Blom	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Astrid van Veldhoven	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
Erwin Meijers	Deltares (gebiedsexpert)
Marcel Boogaard	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Meinou Kok	RWS-WNN
Arjen Kikkert	RWS-WNN
Sophie Loth	RWS-WNN
Meinte Blaas	RWS WVL
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Rob Tijssen	Waternet
Mark Kramer	Hoogheemraadschap van Rijnland
Mirjam van Maanen	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Marjolijn Schoemans	RWS-WNN
Cristel de Zwaan	RWS-WNN
Frans Buschman	Deltares

Na de sessie heeft de kerngroep Toekomstbestendig ARK-NZK aanvullende informatie aangeleverd over de onderzoeken die in dat kader zijn en worden gedaan. Dit om de afstemming tussen de trajecten te faciliteren.

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 (KP ZSS) zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeurstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeurstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeurstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de uit spoor 4 geselecteerde alternatieve strategieën?

Het is nodig om de centrale vragen uiteen te rafelen in een gestructureerde set van definities en concrete, behapbare deelvragen of bouwstenen. Het is vervolgens van belang de belangrijkste bouwstenen te identificeren en te bepalen of voldoende kennis beschikbaar is over deze belangrijkste bouwstenen en zo nee, welke kennis ontwikkeld moet worden. Door tenslotte de bouwstenen in samenhang weer op te bouwen, wordt het antwoord op de centrale vragen gegeven.

Omdat het gaat over toekomstverkenningen is een model nodig. Met een model wordt hier bedoeld een berekening waar een getal of getallen uitkomen (zo nodig inclusief statistische nabewerking). Een model kan variëren van de achterkant van een envelop tot een complex numeriek model. Duiding en presentatie/communicatie van modelresultaten zijn essentiële onderdelen van modellering naast het technisch bouwen van het model. Met identificatie van de belangrijkste bouwstenen kan het geschikte model of de geschikte modellen gedefinieerd worden.

In het vraagarticulatieproces dat Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat uitvoert t/m december 2020 worden deze twee stappen gezet:

- Wat zijn de belangrijkste kennisvragen (bouwstenen) die het KP ZSS Waterkwantiteit moet oppakken om de centrale vragen te kunnen beantwoorden?
- Wat is een geschikt modelinstrumentarium?

Op 18 september 2020 heeft de 1^e gebiedssessie ARK-NZK in het kader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit plaatsgevonden. Resultaat van de sessie was een overzicht en structurering van kennisvragen en een basis conceptueel model (denkmodel) van de systeemwerking van het ARK-NZK.

- ➔ 11205272-018-ZWS-0007_v0.5-Kennisvragen en systeemwerking Amsterdam-Rijnkanaal-Noordzeekanaal - met opbrengst 1e sessie.pdf

Op basis van dit overzicht worden in eerste instantie in dit memo de kennisvragen geprioriteerd aan de hand van twee criteria:

- gevoeligheid van de kennisvraag op het antwoord op de centrale vragen
 - o Bijvoorbeeld als de chlorideconcentratie sterk reageert op toename van zoute kwel door zeespiegelstijging, dan is er sprake van een grote gevoeligheid. Het is dan belangrijk om de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten. Als de chlorideconcentratie nauwelijks reageert op toename van zoute kwel, dan is het niet nodig op de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten.
- Beschikbaarheid antwoorden op de kennisvraag
 - o Als het antwoord op de kennisvraag (voldoende goed) beschikbaar is, kan de kennis gelijk toegepast worden. Er is dan niet eerst onderzoek nodig.

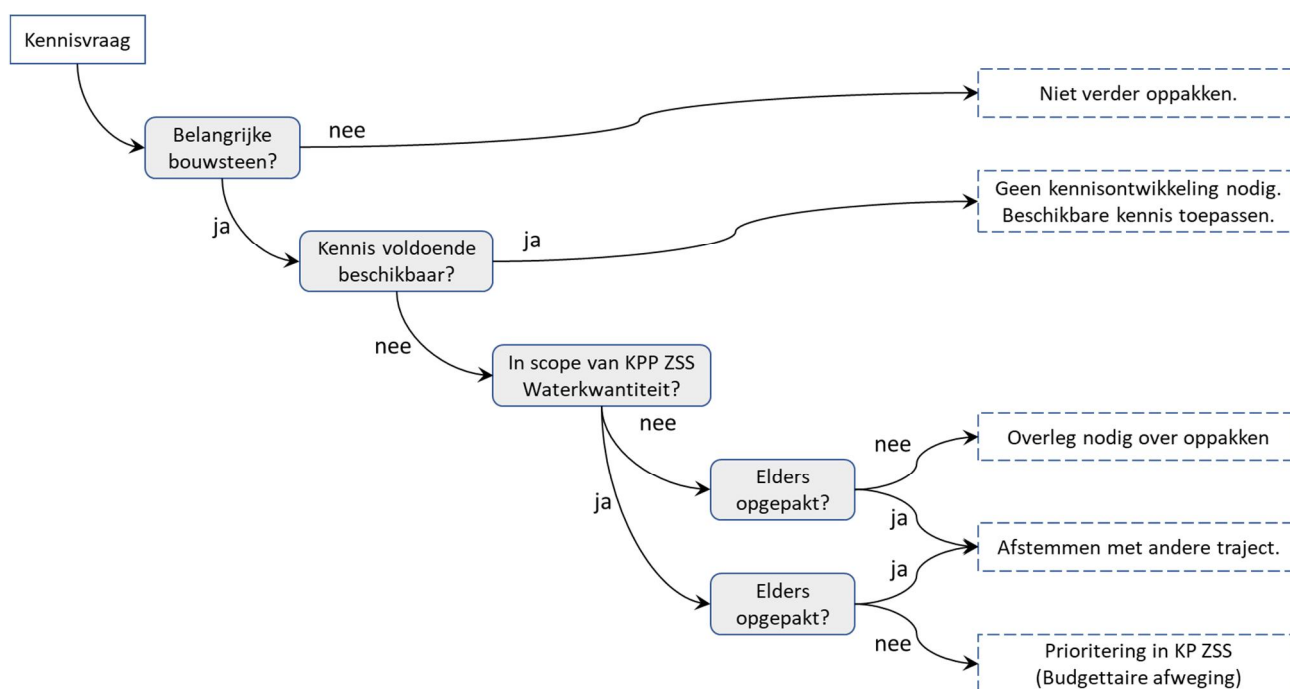
In tweede instantie wordt bepaald welke kennisvragen binnen de scope van het KP ZSS vallen en nog niet elders worden opgepakt. Uiteindelijk stelt het KP ZSS vast voor welke kennisvragen financiering beschikbaar is. Deze laatste stap met betrekking tot financiering wordt niet in dit memo gezet.

Uit bovenstaande blijkt dat een kennisvraag in een van vijf categorieën valt (ook gevisualiseerd in onderstaande schema):

1. Het antwoord op de kennisvraag is niet of nauwelijks relevant. → De kennisvraag wordt niet verder opgepakt.
2. Het antwoord op de kennisvraag is relevant én is (voldoende goed) beschikbaar. → De beschikbare kennis wordt toegepast in de beantwoording van de kennisvragen; verder onderzoek niet nodig.

Indien antwoord relevant en niet (voldoende goed) beschikbaar:

3. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS en wordt elders opgepakt. → Er wordt afstemming gezocht en afgesproken met het andere traject.
4. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS, maar wordt niet elders opgepakt. → Overleg nodig om te kijken of de kennisvraag ergens geplaatst kan worden.
5. De kennisvraag is in scope van het KP ZSS. → Het KP ZSS beoordeelt op het totaalpakket van kennisvragen (ook uit andere regio's) en beschikbare middelen.



Bepalen belang bouwsteen en beschikbaarheid kennis

Om te bepalen of een kennisvraag een belangrijke bouwsteen is en of voldoende kennis beschikbaar is, wordt als hulp- en communicatiemiddel gebruik gemaakt van het conceptueel model van de systeemwerking van het ARK-NZK. In deze fase wordt het conceptueel model verrijkt met de kennis van gebiedsexperts, inhoudelijke experts en modelexperts (NB: soms verenigd in dezelfde persoon). Zij weten gezamenlijk immers wat belangrijk is en wat beschikbaar is. Deze “verrijkte effectketen” vormt de blauwdruk voor het model en legt derhalve de basis voor het programma van eisen.

De opbouw van de verrijkte effectketen begint bij het definiëren van de doelvariabelen (of kwantificeerbare grootheden) die door het model berekend moeten worden. Gezien de scope van het KP ZSS zijn de doelvariabelen altijd gerelateerd aan peil (m NAP),

waterbeschikbaarheid (m^3/s) en/of chlorideconcentratie (mg/l) op een of meerdere locaties van het hoofdwatersysteem. Er is altijd sprake van een statistische bewerking in tijd en eventueel in ruimte zoals maximum peil, overschrijdingsfrequentie of daggemiddelde chlorideconcentratie.

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

1. Waterstand, daggemiddelde en gewogen-gemiddeld over locaties Noordzeekanaal, met gewenste nauwkeurigheid van orde 1-2 cm
2. Week- of daggemiddelde chlorideconcentratie bij Diemen en Oranjesluizen/monding ARK met gewenste nauwkeurigheid van 25-50 mg/l

Voor beide doelvariabelen is een concept verrijkte effectketen opgesteld ter bespreking op de 2^e gebiedssessie op 30 oktober. Hieronder wordt aan de hand van de kennisvragen belang en kennisbeschikbaarheid toegelicht. Daarbij wordt van buiten (randvoorwaarden, categorie E) naar binnen (toestand ARK-NZK, categorie A) gewerkt. Categorieën B t/m E zijn onafhankelijke kennisvragen. Categorie A is deels afhankelijk van het kunnen beantwoorden van de bouwstenen in categorieën B t/m E.

De concept verrijkte effectketen voor “gewogen gemiddelde waterstand” laat qua kennisbeschikbaarheid zien dat:

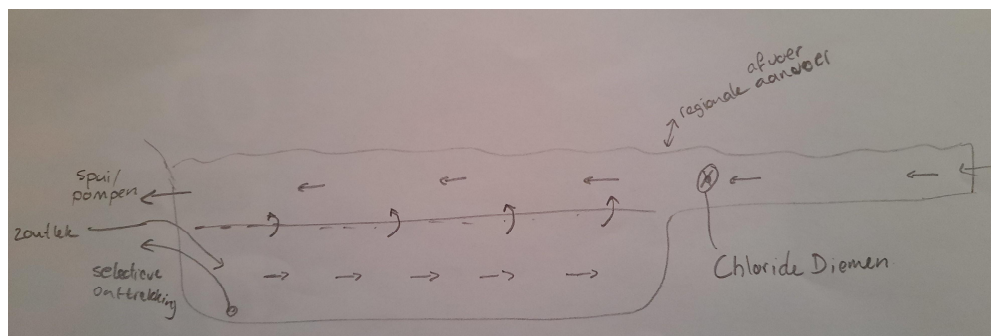
- a) Nog niet geclassificeerd zijn de mogelijke kennisleemtes voor de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen. Mogelijk is vanuit de faalkansenanalyse al veel (voldoende?) kennis over beschikbaar.
- b) De aanvoer (waterbeschikbaarheid) vanuit de Lek en eventueel het Markermeer is afhankelijk van klimaatscenario's voor de Rijnafvoer en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit valt buiten en/of overstijgt de directe scope van ZSS voor het gebied ARK-NZK.

Als voor deze belangrijke bouwstenen voldoende kennis beschikbaar komt, dan geeft de concept verrijkte effectketen aan dat voor het berekenen van de waterstand voldoende kennis aanwezig is. Voor de modellering wordt gedacht aan een aanpak met bakjesmodellen zoals bijvoorbeeld ook gedaan binnen DEZY.

De concept verrijkte effectketen voor “chlorideconcentratie bij Diemen” laat qua kennisbeschikbaarheid (aanvullend) zien dat:

- c) Het effect van zeespiegelstijging op de chlorideconcentratie in de Lek is onvoldoende bekend, met name bij toenemende zeespiegelstijging. Dit is overigens ook weer afhankelijk van keuzes in landelijke waterverdeling en eventuele maatregelen in de Rijn-Maasmonding. Deze vraag wordt als onderdeel van gebied RMM meegenomen.
- d) Het effect van zeespiegelstijging op de zoutlast door het IJmuiden-complex is vrij goed bekend. Wellicht bij grote zeespiegelstijging wordt de onzekerheid groter over de zoutlek groter.
- e) Het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is onvoldoende bekend.
- f) In het NZK en ARK verspreidt chloride zich door transport (stroming) en menging (o.a. wind, stroming, scheepvaart en interne golven). Dichtheidsstroming is van belang bij de zoutflux richting de monding van het ARK. Gelaagdheid is van belang bij de bruto en netto zoutlast door het IJmuidencomplex. Over hoeveel zout de selectieve onttrekking onttrekt, is voldoende kennis beschikbaar. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Parameterisering in een eenvoudig model zal kennisontwikkeling vragen, met name over de verticale menging in het NZK.

Voor de modellering wordt gedacht aan een bakjesmodel, waarbij (aanvullend) het NZK in twee verticale lagen is opgedeeld en het ARK in een laag (1DH).



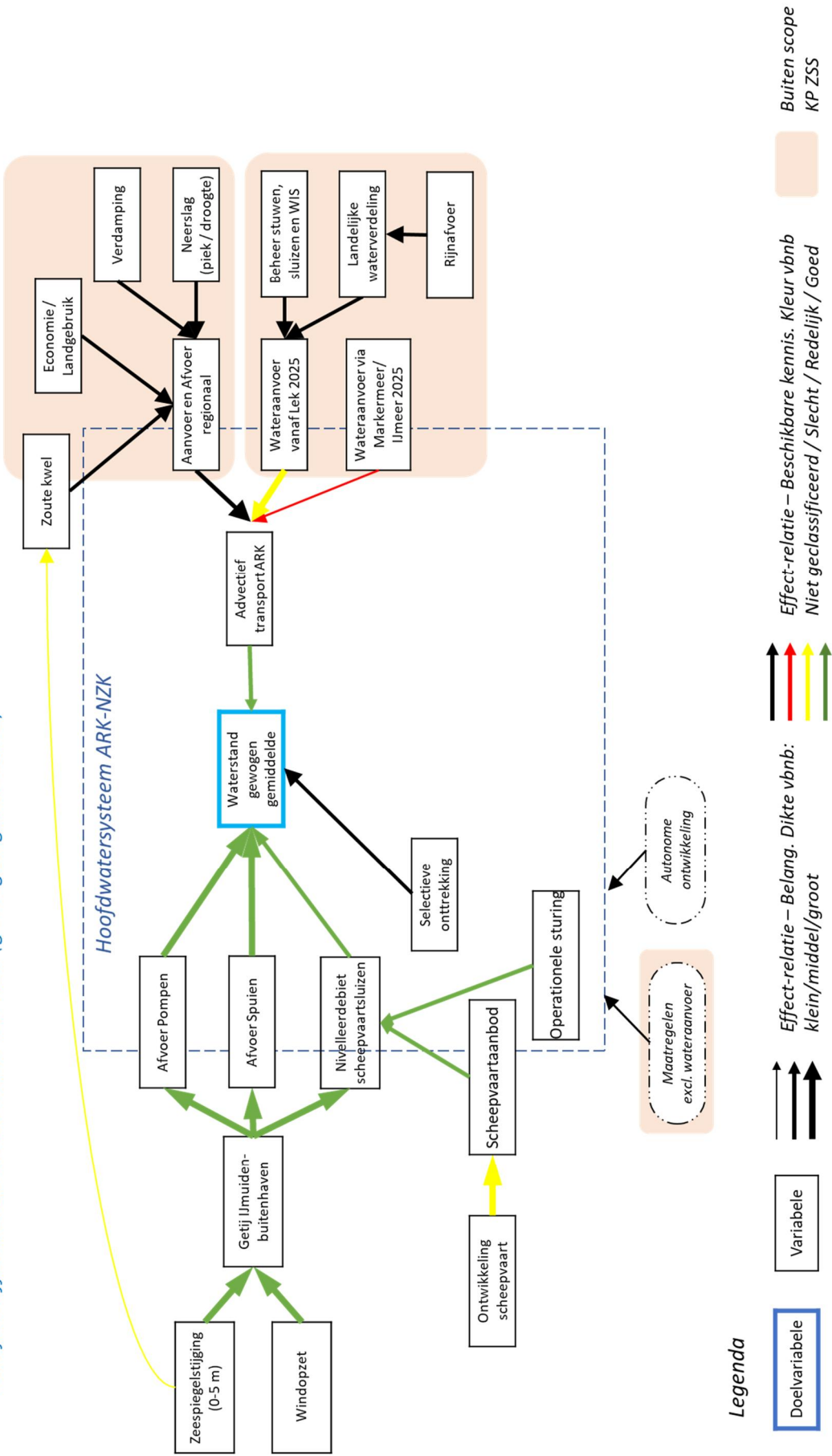
Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden op rivieraanvoer en Noordzee - Hoe ver oostwaarts komt de verzilting vanuit de RMM? - Wat is de mate van beschikbaarheid van water vanuit de Lek (Irenesluizen) voor het ARK-NZK systeem als functie van ZSS? - Wat worden de chloridegehaltes in het rivierengebied waaruit het ARK onttrekt als functie van ZSS? - Wat is het beschikbare debiet van alternatieve aanvoeren vanuit NRL, Waal, Markermeer als functie van ZSS?	Ja Ja Ja Ja	Nee Nee Nee Nee	Ja Ja Ja Deels	Valt onder regio RMM Valt onder regio-overstijgende analyse binnen spoor 2
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel direct naar het hoofdwatersysteem Neemt zoute kwel naar HWS toe tgv ZSS?	Nee	Nee		Zoute kwel direct op systeem zal veranderen t.g.v. ZSS. Verwachting is echter dat dit weinig impact zal hebben op houdbaarheid VKS.
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken - Hoe verandert de zoutvracht door het IJmuiden-complex als gevolg van zeespiegelstijging? - Wat is de (uitgaande) zoutvracht door het spui-maalcomplex incl. de selectieve onttrekking als functie van ZSS? - Wat is het effect van de ontwikkeling van scheepvaart en bijbehorende schutbewegingen op de zoutvracht? - Tot welk niveau van zeespiegelstijging loopt de functionele levensduur van de huidige kunstwerken? - Hoe verandert de aan- of afvoercapaciteit van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging (o.a. onderscheid spui/maal)?	Ja Ja Ja Ja Ja	Nee Deels Ja? Ja/Deels Ja (onderzoek loopt)	Ja Ja Ja Ja Ja	- Effect van schutten op zoutlast is voldoende goed bekend. - Deels voor zoetwater, deels voor waterveiligheid. - TB heeft deze vraag op de markt staan. Antwoord begin 2021.

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden ▪ Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging? - o Hoe verandert de zoute kwel naar de polders als gevolg van zeespiegelstijging? Wat is het effect van zeespiegelstijging op (toename) verzilting? ▪ Hoe verandert de zoutlast op het ARK-NZK vanuit de polders als gevolg van zoute kwel door zeespiegelstijging? ▪ Hoe verandert de watervraag van het ARK-NZK vanuit het Markermeer als gevolg van een toename van zoute kwel door zeespiegelstijging? ▪ Hoe veranderen waterstand en chlorideconcentratie in de Amstelboezem en Amsterdamse stadswateren als gevolg van zeespiegelstijging? ▪ Hoe verandert de watervraag als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik? - o Wat is de invloed van verstedelijking van de landbouwmgeving op de watervraag? - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag aan het hoofdsysteem als het waterbeheer in natuurgebied verandert (denk aan onderwaterdrainage)? - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als landbouw in natuur wordt omgezet? - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als natuurgebieden worden omgezet? - o Wat zijn de gevolgen voor de watervraag als we bodemdaling geheel willen remmen (en daarmee CO₂-uitstoot)? ▪ Hoe veranderen de inzetfrequentie, duur, debieten bij de noodmaatregelen/bypasses (KWA, POA, Vecht) als functie van ZSS? ▪ Hoe verandert de wateraanvoer van de regionale systemen als gevolg van klimaatverandering, met name bij wateroverlast/hevige regenval? Eventueel ander beheer? ▪ Tot welk niveau ZSS loopt doorvoercapaciteit van regionale waterlopen, d.w.z. als meer water aangevoerd moet worden kan dat dan met de huidige dimensionering van de waterlopen?	Misschien Ja Ja Misschien ? Ja NEE Nee	Nee ? Nee Nee Ja/Deels Onderzoek uitgezet door TB Nee Ja/Deels Onderdeel van TB, en DPRA (KBN) ?	Ja Ja Deels Nee Nee Ja Ja (in wat-als vorm) Nee	KP ZSS gaat met landelijk grondwatermodel schatting voor zoute kwel en doorspoelbehoefte afleiden. Idem als hierboven ZSS analyse van IJsselmeergebied zal aanvoerbehoefte v.u. ARK in kaart brengen KP ZSS zal geen detailmodel van Amstelboezem toepassen. KP ZSS spoor 2 maakt geen socio-economische scenario's Belegd bij regio RMM in spoor 2 Zoetwater KP ZSS kijkt niet naar neerslag - Capaciteit regionale waterlopen buiten scope

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het ARK-NZK - Hoe verandert de chlorideconcentratie bij de monding van het ARK (Diemen) als gevolg van zeespiegelstijging? - Waar ligt de 150 mg/l chloride-grens als gevolg van zeespiegelstijging en afhankelijk van rivieraanvoer? - Hoe verloopt de chloridebalans als functie van ZSS op jaarschaal (winterspoelen, verzilten)? Hoe op korte schaal (tijdens een droogte)? - Wat is het effect van een bellenscherm op chlorideconcentratie bij Diemen (en zuidelijker)? - Hoe verandert de inzetfrequentie van noodmaatregelen/bypasses als functie van ZSS? - Hoe verandert het pseudo-getij (klotsen) als de verhouding malen/spuien bij IJmuiden verandert? - Wat is het effect hiervan op zoutindringing?	Ja	Nee	Ja	Chloride is mogelijk redelijk goed te berekenen, maar meer kennis nodig over menggedrag in NZK.
	Ja	Nee	Ja	Beide schalen van verzilting (enerzijds voor NZK anderzijds voor ARK) zijn van belang
	Ja	Deels Onderzoek loopt bij RWS-WNN en Waternet	Nee	KP ZSS zal niet in detail bellenscherm doorrekenen, wel onderzoeken of beheer met bellenscherm verschil maakt voor houdbaarheid strategie.
	Deels	Nee	Deels	Noodmaatregelen niet regulier onderdeel van VKS, inzet KWA wel.
	Ja	Ja	Deels	KP ZSS kijkt niet in detail naar de doorwerking van spuien vs malen op menging, maar kijkt wel naar de verschuiving van spuien naar malen en hoe dat doorwerkt op de zoutbalans van ARK-NZK als geheel. Hoe dit vervolgens v.u. NZK intern doorwerkt op ARK lijkt een te gedetailleerde vraag.
	Ja	Nee	Deels	

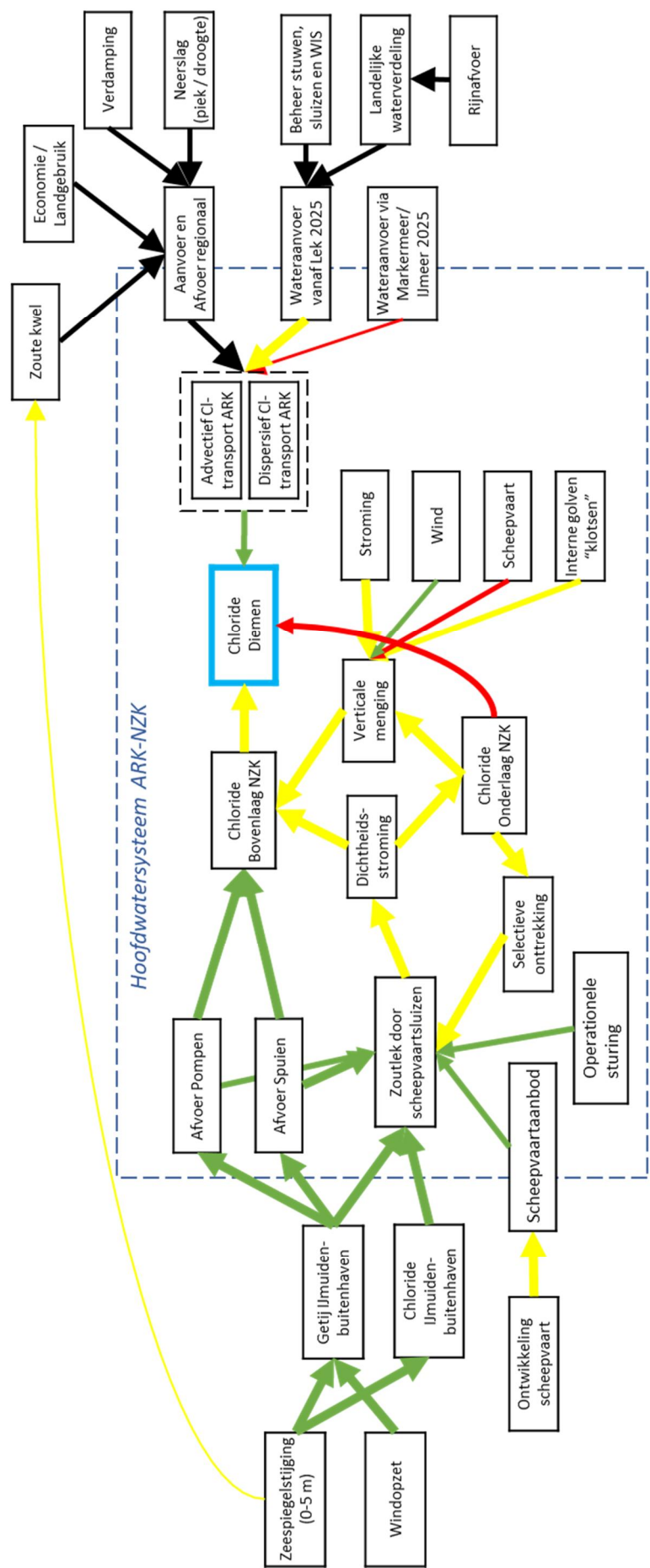
Kopie aan
de heer dr. M. Blaas

Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit
Verrijkte effectketen waterstand ARK-NZK (gewogen gemiddelde)



Legenda

Kennisprogramma Zeespiegelstijging Waterkwantiteit
Verrijkte effectketen chlorideconcentratie ARK-NZK (locatie Diemen)



Legenda

- Doelvariabele
- Variabele
- Effect-relatie – Belang, Dikte vbnb: klein/middel/groot
- Effect-relatie – Beschikbare kennis. Kleur vbnb: Niet geclassificeerd / Slecht / Redelijk / Goed
- Buiten scope KP ZSS

Bijlage A – Korte uitleg opbouw van een verrijkte effectketen

De verrijkte effectketen wordt in drie stappen opgebouwd. In de eerste stap worden de doelvariabelen vastgesteld: Wat moet het model gaan berekenen? Naast parameter en eenheid zijn locatie en statistiek en gewenste nauwkeurigheid van belang. In de verrijkte effectketen wordt de doelvariabele met een blauw kader aangegeven.

In de tweede stap wordt een conceptueel model opgesteld. Een conceptueel model geeft in de vorm van een stroomschema welke factoren en processen van belang zijn voor de doelvariabele. Wat bepaalt de waarde van de doelvariabele of waarvan is het afhankelijk? Wat resulteert is een netwerk van oorzaak-effectrelaties met de doelvariabele als uiteindelijke uitkomst.

In de derde stap wordt het conceptueel model door deskundigen op twee punten verrijkt met kennis:

- Voor iedere oorzaak-effectrelatie wordt de mate van belangrijkheid ingeschat op een driepuntsschaal (niet/weinig belangrijk / belangrijk / zeer belangrijk) en vervolgens weergegeven met de dikte van de pijl (dun / gemiddeld / dik).
- Vervolgens wordt van iedere oorzaak-effectrelatie aangegeven of er voldoende kennis over is. De pijl wordt rood gekleurd als ingeschat wordt dat er onvoldoende kennis is, geel als er in redelijke mate kennis is, en groen als er voldoende kennis is.

Doordat de verrijkte effectketen met deskundigen is opgebouwd, is het resultaat een gedeeld beeld van zekerheden, onzekerheden en kennisleemtes voor de specifieke toepassing van het model ofwel de voorspelling van de doelvariabele. Als de verrijkte effectketen volledig groen is, worden geen belemmeringen voor modelontwikkeling en -toepassing voorzien. Belangrijke (dikke) pijlen die rood gekleurd zijn vragen specifiek aandacht tijdens de modelontwikkeling en -toepassing. Expliciet gemaakt moet worden hoe men hiermee denkt om te gaan. Voor gele codering is de noodzaak minder, maar wordt nog steeds een expliciete afweging gevraagd.

Bijlage B – Verzamelde opmerkingen en reacties op (de prioritering van) de kennisvragen en de verrijkte effectketens

Als onderdeel van de 2^e gebiedssessie hadden deelnemers de gelegenheid om opmerkingen te plaatsen bij de verschillende onderdelen uit de eerste versie van dit memo. Dit gebeurde online via Google Sheets, zodat alle deelnemers tegelijk in hetzelfde document kunnen werken. In deze bijlage staan de gemaakte opmerkingen. Waar mogelijk is een Reactie geplaatst. Het is geen gegeven dat alle gemaakte opmerkingen en suggesties zullen worden overgenomen.

Opmerkingen bij Geprioriteerde kennisvragen chlorideconcentratie

- In de huidige situatie (dus bij deze zeespiegel) kan de zoutvracht agv het schutten verminderd worden. Dus niet alleen onderzoeken wat het effect van de ZSS is, maar ook van schutten en bronmaatregelen. Ook al in oplossingsrichtingen. Bijvoorbeeld: Kan voor het nivelleren van de sluis een pomp ingezet worden? Die het zoute water niet loost op het NZK, maar direct terug de zee oppompt (= meest effectieve selectieve onttrekking!). Hoe groot moet die pomp zijn om de duur van het schutproces acceptabel te houden. Rekenvoorbeeld: 500 m x 70 m (=opp nieuwe sluis) x 3 m (verschil in waterhoogte) = 100.000 m³. Met een forse van pomp van 50 m³/s geeft dit een schuttijd van een half uur. Wordt ook het schutproces geoptimaliseerd? Bijvoorbeeld altijd kleinst mogelijke sluis gebruiken. Als dit niet valt in scope KP ZSS, waar dan wel? (Astrid) → Reactie: Het schutproces is een belangrijk onderdeel van het ARK-NZK (zie verrijkte effectketen) en zal in het modelinstrumentarium opgenomen moeten worden. Tot welke mate van detail zal nog bekeken moeten worden. Optimalisatie van het schutproces is niet in scope van het KP ZSS, maar met “als-dan” varianten kan wel de gevoeligheid van bepaalde oplossingsrichtingen verkend worden.
- Bij vraag 1: hoe worden wij (=ARK-NZK-groep) betrokken bij het onderzoek van de RMM (Meinou)
- Effect regionale kwel: Ruimte maken voor regionale (model)inzichten in regionale zoutlast. Denk dat vracht relatief beperkt is op ARK/NZK, maar de daaruit volgende watervraag zeer relevant is. (Erwin M) → Reactie: In de voorziene “als-dan” aanpak met het modelinstrumentarium is het goed mogelijk om inzicht uit regionale kennis en/of regionaal model mee te nemen als te berekenen variant.
- Zoutvracht IJmuiden: Kennis rondom bijdrage Spui, lek, selectieve onttrekking en schut uitbouwen. Wat is de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen en daarmee handelsperspectief? (Erwin M) → Reactie: Inderdaad relevant om effect van diverse termen op zoutbalans los van elkaar te kunnen kwantificeren en hun gevoeligheid voor ZSS ook. Dus ja, deze knoppen moeten los van elkaar in het model komen, maar wel op basis van bestaande kennis.
- Parametrisering simpel model ARK-NZK: Hoe haalbaar is het om de effecten van dichtheidsstroming goed te kunnen bepalen met een bakjesbenadering? Voor parametrisering zijn waarschijnlijk gedetailleerde gegevens of modellen noodzakelijk. Tweetrapsrakket inzetten? (Erwin M) → Reactie: Een eenvoudig model wordt vergeleken met metingen en met beschikbare modelresultaten waaronder van het 3D model. Een resultaat van de vergelijking is dat duidelijk wordt wat het toepassingsbereik is van het eenvoudige model. Het is daarnaast goed mogelijk om enkele varianten met bijvoorbeeld het 3D model door te rekenen.
- Bij vraag 3: toename zoute kwel kan eventueel worden gekwantificeerd met landelijke modellen maar doorwerking naar extra doorspoelbehoefte is complex, daar zit een grote beheercomponent in, lastig te modelleren. Lopen we ook tegenaan met ontwikkeling watervraag prognosetool voor IJsselmeergebied. (marcel) → Reactie: Afstemming met de beheerders is nodig om de landelijke modellering te voeden (modelinvoer inclusief beheersscenario's) en om de resultaten te duiden. Toepassingsbereik van de resultaten moet expliciet vastgesteld worden.

- Cl concentratie Lek: Belangrijke randvoorwaarde voor waterbeschikbaarheid. Hoe koppelen met RMM? Alternatieve routes? Via Markermeer? (Erwin M) → Reactie: Koppelingen vinden plaats door de bovenregionale, landelijke modellering van waterverdeling en door afstemming en iteraties tussen de regio's. De gebiedsmodellen worden niet aan elkaar gekoppeld om gecombineerd te rekenen. Koppeling vindt plaats via wederzijdse "als-dan" varianten.
- Effect zeespiegel zoute kwel: Ik zou denken eerst kijken wat toename zoute kwel is, dan effect lokaal, regionaal, wat effect is naar HWS en dan naar watervraag als je hier iets tegen wil doen. Mooie input voor TB. (Francien)
- Zeespiegelstijging in Buitenhaven IJmuiden is nu (data 1993 -2019) 1,5 mm per jaar. Dat zal niet lineair toenemen maar dat betekent in 2300 ongeveer 45 cm verhoging. De toename in zout op het NZK door ZSS zou dus die schutshijftoename zijn x de concentratie in de oppervlaktelaag. Dat valt echt in het niet bij de toename door de nieuwe zeesluis. Hoe ga je dan die verhouding meenemen in dit project? → Reactie: KP ZSS gaat uit van autonome ontwikkeling en dus van de nieuwe zeesluis. Op basis van gebiedskennis is het duidelijk dat het schutproces belangrijker is dan zeespiegelstijging (zie verrijkte effectketen) voor de zoutlast. Beide factoren komen terug in het modelinstrumentarium. Uit de modelresultaten is dan de verhouding te halen.
- Belangrijk om dat bovenstaande dus echt goed in beeld te brengen. Grootste effect op zout is door scheepvaart en dat moeten we ergens heel goed in beeld worden gebracht (Hilga) → Reactie: Het schutproces en (ontwikkeling van) scheepvaart is een "dikke pijl" (=belangrijk) in de verrijkte effectketen. Belang wordt dus terecht onderkend. (Daarnaast is de zout-ontlasting erg belangrijk in de chloride-balans en dit is erg gevoelig voor zeespiegelstijging en wordt om die reden dus ook meegenomen.)
- Ik denk dat het ook belangrijk is dat veranderingen plaatsvinden in gebruik dus bv drinkwater uit grondwater. De kwaliteitsvraag is dus dynamisch. (Arjen) → Reactie: Dit kan meegenomen worden als "als-dan" variant bij de watervraag: Als x% drinkwater uit grondwater wordt bereid, dan neemt de watervraag uit ARK met x m³/s af. Wat is daarvan het effect op peilbeheer en op chlorideconcentratie en op de impact-indicatoren?

Opmerkingen bij Geprioriteerde kennisvragen waterstand

- Faalkansenstudie al veel kennis. Sommen tot en met 2,5 m zeespiegelstijging gemaakt. Extra sommen tot 5 m kunnen worden gemaakt, maar antwoord is niet heel spannend. Het faalt bijna continu. Vraag is of je voor kennisprogramma alleen vanuit het huidige systeem hoe er nu ligt de sommen wilt maken of ook met aanvullende afvoermogelijkheden (dus na bv. V&R IJmuiden) en dan nog een keer de sommen maakt. Dat kan makkelijk met DEZY en zou ik zelfs aanbevelen (Hilga) → Reactie: Faalkansenstudie is een belangrijke bron van beschikbare kennis. KP ZSS kan verder kijken dan huidige systeem. Beschikbare modellen zoals DEZY worden nadrukkelijk meegenomen in het programma van eisen voor het modelinstrumentarium (niet iets nieuws maken als het niet nodig is). KP ZSS gaat wel eerst uit van huidige systeemwerking. Aanpassingen in systeem (extra afvoer bijv.) kunnen meegenomen -mits niet te gedetailleerd- als mogelijk levensduur-verlengende (of -verkortende) ingrepen in het systeem
- Vanaf welke ZSS is afvoer ARK/NZK gebied niet meer mogelijk met alleen spui bij IJmuiden? (Astrid) → Reactie: Verhouding en capaciteit spuien vs malen en afname van beide komt achter de 1^e analyses vandaan (functionele levensduur), maar we willen als KP verder kunnen kijken dan de functionele levensduur van de huidige objecten. We willen ook kunnen aannemen dat IJmuiden mee-adapteert. IN dat geval hebben we van de regio, V&R of anderen aanwijzingen nodig over (bandbreedtes) van de (geadapteerde) specificaties. (Meinte)
- Watervraag/afvoer behoefte regio anders dan door toename zoute kwel zou ik bij TB en DP ZW opvragen/neerleggen (Francien) → Reactie: Goede opmerking. Afstemming met DP ZW is noodzakelijk. Daar halen we de bandbreedtes waartussen we gaan variëren vandaan.
- Wordt eventueel extra aanvoer Markermeer als maatregel gezien waarvan de haalbaarheid nog onbekend is? (marcel) → Reactie: Aanvoerroute Markermeer kan als "als-dan" variant of levensduurverlenging van de VKS in de gevoeligheidsberekeningen worden meegenomen. Bovenregionale afstemming gaat dan ook een rol spelen.

- Vraag 1: gaat afvoer alleen over effect extra kwel of ook over afvoer in wateroverlast situaties? (marcel) → Reactie: Afvoer gaat ook over wateroverlastsituaties. Mate van detail en nauwkeurigheid waarmee dat meegenomen wordt, moet nog bepaald worden. Veel hiervan is al uitgezocht in FKA SWM en TB ARK-NZK, dat gaan we niet overdoen, maar juist proberen te benutten. We gaan sowieso geen extreme neerslag-scenario's en coincidenties van hoogwater en neerslag doorrekenen als KP ZSS.

Opmerkingen bij Verrijkte effectketen Chlorideconcentratie ARK-NZK (locatie Diemen)

- Ik mis de directe verbinding van onderlaag naar Chloride Diemen. Volgens mij hoeft dat niet via de bovenlaag (Arjen) → Reactie: Is toegevoegd aan de verrijkte effectketen.
- Eens en in aanvulling: het scheidingsniveau van deze lagen zal zelf ook van de systeemtoestand afhangen (tgV ZSS o.a.): je zoekt dus een modelconcept dat hiermee kan omgaan. (Meinte)

Opmerkingen bij Verrijkte effectketen Waterstand ARK-NZK (gewogen gemiddelde)

Er zijn geen opmerkingen gemaakt.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden rivieraanvoer en Noordzee

- Is er ook een effect op het waterpeil (hoogte) op de rivieren waar we op de een of andere manier aan de zuidkant de gevolgen van zouden kunnen ondervinden, Stel we willen op termijn ook een gemaal aan de zuidkant: heeft dat dan consequenties voor het uitmalen op de rivieren? (Erwin de G.) → Reactie: De randvoorwaarde aan de rivierzijde, waaronder waterpeil, wordt meegenomen in de aanpak. Daarvoor benodigde informatie wordt afgeleid uit de bovenregionale modellering en/of uit de modellering van de RMM.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem

- Toelichting (Meinte): Vanwege de geometrie van het ARK-NZK is de vooronderstelling dat directe zoutlast tgV kwel op het bekken via waterbodem van ondergeschikt belang is tov andere posten. Vraag aan regio-experts: is dit een gedragen aanname?
- Zie mijn eerdere opmerking: treedt zoute kwel op? -> lokaal effect-> regionaal effect-> effect op HWS. Laatste wel van belang als toename relatief groot is: dan zou conc CL op kanalen kunnen toenemen. → Reactie: Alle genoemde factoren zijn onderdeel van de verrijkte effectketen en worden meegenomen in het modelinstrumentarium. Hoe precies en met welke mate van detail zal tijdens de uitwerking uitgezocht en ondervonden moeten worden.
- (Erwin M): Sluit me aan bij bovenstaande opmerkingen. Zoutvracht regionaal systeem mogelijk beperkt, maar de lokale impact ZSS op zoute kwel kan voor extra watervraag zorgen. Dat heeft wel impact op HWS en daarmee op de waterverdeling en het zouttransport op ARK/NZK.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door kunstwerken

- De aan- en afvoercapaciteit (watervolumes) van de kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging wordt nu uitgezocht binnen TB. (Hilga)
- Wat bedoel je precies met de laatste vraag (Hilga) → Reactie: De kennisvraag over de capaciteit van de regionale watergangen in tijdens de 1^e gebiedssessie ingebracht. Bedoeld

wordt dat (bijvoorbeeld) door hogere zoute kwel meer water nodig is voor doorspoelbehoefte en of de watergangen dan groot genoeg zijn om dat water aan te kunnen voeren.

- Effect scheepvaart bewegingen op CI is zeer relevant, maar valt mi niet onder ZSS -> is economisch bepaald (Francien) → Reactie: Op de tijdschaal waarop het KP ZSS uitspraken doet zijn gedetailleerde scheepvaartscenario's niet mogelijk en niet zinvol. KP ZSS zal daarom geen scheepvaartscenario's ontwikkelen, maar kan wel "als-dan" varianten doorrekenen.
- Effect zeespiegelstijging op functionele levensduur zou ik wel onder zss opnemen (deels) voor zover niet in ander rws traject opgepakt (Francien) → Reactie: Functionele levensduur is belangrijk. KPVZSS gaat echter uit van zichtwaarden voor, op of voorbij de huidige functionele grenswaarden. De exploratieve (als-dan) aanpak laat toe dat er in die situaties met 2 varianten wordt gerekend: 1) de functie faalt: hoe werkt dit door? 2) de functie adapteert mee, wat is dan de systeemrespons? (Mee-adapteren kan volgens een onderbouwde denklijn (bijv. handhaven huidige specs ongeacht zeespiegel, of vaststellen van een te bepalen fractie van die specs),

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden

- Voor noodmaatregelen heb ik twijfels: is dat niet meer korte termijn? (Francien) → Reactie: Terechte opmerking. Er zal moeten worden afgewogen of en in hoeverre korte termijn gebeurtenissen meegenomen moeten en kunnen worden. Het hangt er ook vanaf wat als noodmaatregel wordt beschouwd of als levensduurverleningen van de VKS. (Bijv. winter-doorspoelen van NZK vanuit Markermeer is nu niet gangbaar, maar zou als een mogelijke levensduurverlenging onderzocht kunnen worden)
- Regionaal ook mogelijk behoefte aan gedetailleerde modellen (Amsterdamse grachten) tbv Energietransitie (Erwin M) → Kans om samen te ontwikkelen!
- TB pakt groot deel van deze vragen op cq. daarvoor wordt door TB binnen een aantal dagen een opdracht voor verstrekt. (Erwin) → Reactie: Informatie toegevoegd aan de memo.

Opmerkingen bij Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het ARK-NZK

- Effect van bellenscherm moet je zeker meenemen. En eigenlijk zou je meer effecten mee willen nemen van mogelijke maatregelen. B.v. ter info: vroeger was er in de monding van het ARK een sluiseland en kwam het CL- eigenlijk nooit het ARK op. Als je dus theoretisch weer iets b.v. daar zou doen, dan heb je naast lager CL- op het ARK ook weer veel minder zoet water nodig om zoutdruk tegen te houden. Dus een puzzel met globale richtingen waar je een fysieke maatregel zou kunnen nemen zou je wel in beeld willen brengen b.v. samen met TB etc. en zou je willen uitrekenen (Hilga) → Reactie: Effect van maatregelen kan als "als-dan" varianten in de gevoeligheidsberekeningen verkend worden. Iedere keer zal goed getoetst moeten worden of en of in hoeverre het modelinstrumentarium geschikt is om het effect van de betreffende maatregel (of combinatie van maatregelen) te berekenen.

A.4 IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer)

1^e gebiedssessie: 27 oktober 2020

2^e gebiedssessie: 24 november 2020

Memo

Aan
LS

Datum
13 november 2020
Contactpersoon
Arno Nolte

Ons kenmerk
11205272-018-ZWS-0009
Doorkiesnummer
+31(0)88 335 8430

Aantal pagina's
1 van 15
E-mail
Arno.Nolte@deltares.nl

Onderwerp
Kennisvragen en systeemwerking IJsselmeergebied

Toelichting bij deze versie

De inhoud van de eerste versie van dit memo is toegelicht en besproken tijdens de eerste gebiedssessie op 27 oktober 2020. De deelnemers aan de sessie hebben zowel het conceptueel model als het overzicht van kennisvragen aangevuld en aangescherpt. In deze versie van het memo zijn deze aanvullingen en aanscherpingen verwerkt. Geïnterviewde feedback op de kennisvragen is in de bijlage meegenomen. Dit memo dient daarmee ook als verslaglegging van de genoemde sessie. Op basis van de uitkomst wordt de volgende stap gezet, waarin de kennisvragen worden geprioriteerd en waarin het in te zetten (beschikbare en/of nog te ontwikkelen) modelinstrumentarium wordt omschreven.

Aan de gebiedssessie op 27 oktober namen deel:

Frank Fokkema	Waterschap Drents Overijsselse Delta
Dity Langendijk	Waterschap Drents Overijsselse Delta
Daniel van Buren	Provincie Friesland
Francine Engelsman	Waterschap Hunze en Aas
Peter Roeters	RWS
Sandra Sikkema	WUR
Anneke Houdijk	Provincie Noord Holland
Peter de Vries	Provincie Groningen
Miriam van Maanen	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Krijn van den Herik	Waterschap Vallei & Veluwe
Bert Piekstra	Wetterskip Fryslan
Emiel Spanier	RWS
Ton de Vrieze	RWS
Christoffel Kleppel	Provincie Flevoland
Leo de Vree	Provincie Drenthe
Lucas Smulders	Waternet
Jan den Besten	Waterschap Hunze en Aas
Floris Knot	Noorderzijlvest
Menno Grenseberger	Deltares
Albert Remmelswaal	RWS WVL
Meinte Blaas	RWS WVL
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
David de Jong	Provincie Utrecht
Pieter Filius	Waterschap Vechtstromen
Margreet Vermeer	Waterschap Zuiderzeeland

Doel en centrale vragen van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeursstrategie onder extreme zeespiegelstijging (tot 3 meter in redelijke mate van kwantitatief detail, tot 5 meter meer kwalitatief) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeursstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeursstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de geselecteerde alternatieve strategieën?

Dit memo compileert de kennisagenda voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit¹ voor het IJsselmeergebied. In dit memo wordt voor de beschrijving van het IJsselmeergebied gefocust op het IJsselmeer en het Markermeer vanuit hun beleidsfunctie als zoetwaterbuffer.

In deze compilatie worden de kennisvragen op het gebied van zeespiegelstijging op een systematische wijze gekoppeld aan de werking en gebruiksfuncties van het watersysteem in relatie tot waterstand, (zoet)watervoorziening of waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie. Dit zijn de kerngrootheden voor het spoor Waterkwantiteit. De systeemwerking wordt gevisualiseerd in een conceptueel model in de vorm van een diagram.

Zowel het overzicht van kennisvragen als het conceptueel model van de systeemwerking zijn ter toetsing, aanvulling en aanscherping aan de gebiedsgroep voorgelegd op 27 oktober.

De gebruikte bronnen voor de compilatie van de kennisvragen en de systeemwerking zijn:

- Deltaprogramma (2019). Doorwerken aan de delta: nuchter, alert en voorbereid. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Den Haag
- Deltaprogramma (2014). IJsselmeergebied - Synthesedocument
- Deltaprogramma (2014). Bijlage 2.2. Synthesedocument - Resultaten van het Deltaprogramma IJsselmeergebied
- Grontmij (2015). Operationeel waterbeheer IJsselmeergebied – inventarisatie huidige waterbeheer IJsselmeergebied door Rijkswaterstaat en Waterschappen
- Friocourt, Y (2020). Nieuwe inzichten naar aanleiding van de verzilting van het IJsselmeer in 2018 en actualisatie van de posten van de water- en zoutbalans van het meer. Deltares
- Ministerie I&W (2018). Agenda IJsselmeergebied 2050 – Krachten bundelen voor het Blauwe Hart.
- Remmerzwaal et al (2018). Technische en economische analyse van langetermijnstrategieën voor peilbeheer in het IJsselmeergebied Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied fase 3. Rijkswaterstaat
- Remmerzwaal et al (2019). Beleidsaanbevelingen voor het lang termijn peilbeheer in het IJsselmeergebied. Eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat
- Slim watermanagement tafel IJsselmeergebied – kaart
- Vergroesen, T (2019). Water- en stoffenbalans IJsselmeer. Versie 2.0, November 2019. Deltares
- Weiler, O (2019). Verkenning noodmaatregelen verzilting IJsselmeer Schutoperatie en bellenschermen. Deltares

¹ NB: Voor Spoor 2 Waterveiligheid wordt een eigen kennisagenda gemaakt. De twee onderdelen stemmen uiteraard wel met elkaar af.

Uit een eerste analyse blijken de kennisvragen (soms) nog algemeen en abstract geformuleerd te zijn, een omzetting naar concrete(re) vragen is gewenst. In dit memo is daarvoor een aanzet gedaan, waarbij de systeemwerking van het IJsselmeergebied en hoe dit systeem reageert op zeespiegelstijging centraal staan.

Beheer IJsselmeergebied

In het kader van dit onderzoek nemen we de Voorkeursstrategie (VKS) van het Deltaprogramma zoetwater als uitgangspunt voor het beheer. Dit betekent dat de essentiële systeemkenmerken en kunstwerken en het waterbeheer onder de VKS zoals we het kennen, representatief blijven voor de toekomst. Een toegevoegde functie (doorvoer) zal de twee bestaande functies van zoetwaterbuffer en van berging en afvoer voor wateroverlast niet nadelig beïnvloeden.

Schets systeemwerking IJsselmeergebied

Om een gestructureerd overzicht te kunnen geven van de kennisvragen wordt eerst kort de systeemwerking van het IJsselmeergebied gegeven op basis van de beschrijving in het Synthesedocument IJsselmeergebied (2014). De scopeafbakening is in dit geval het IJsselmeergebied en het Markermeer, vanwege hun beleidsfunctie als zoetwaterbuffer IJsselmeergebied. De Veluwerandmeren worden niet meegenomen maar wel in het overzicht weergegeven voor hun ligging.

De systeemwerking van het IJsselmeergebied kan als volgt worden samengevat:

1. Het IJsselmeergebied bestaat in grote lijnen uit drie compartimenten: Het IJsselmeer, het Markermeer en de Veluwerandmeren.
 - a. De aanvoer op het IJsselmeer komt voornamelijk uit de IJssel (70% op jaarbasis) en het Zwarte Water. In natte periodes spelen de directe neerslag op het meer en de afvoer van het Markermeer en de poldergemalen een rol.

De waterafvoer van het IJsselmeer vindt voornamelijk plaats via de spuisluisen in de Afsluitdijk naar de Waddenzee en in beperkte mate naar het Markermeer. In droge periodes wordt er gespuid om via de spui- en schutsluisen binnengedrongen zout nabij de spuisluisen naar zee af te voeren, voor zover dit pas binnen de peilafspraken. In warme, droge perioden draagt verdamping ook significant bij aan de waterbalans.

Het IJsselmeer wordt van de Waddenzee gescheiden door de Afsluitdijk. Het overschot aan water wordt via de spuisluisen in de Afsluitdijk gespuid op de Waddenzee. Dit draagt zowel bij aan het peilbeheer als aan de doorspoeling (afvoer van zout). Met stijging van de zeespiegel worden de spui mogelijkheden minder. Er komen daarom gemalen op de Afsluitdijk, de eerste daarvan zijn al in voorbereiding. Ze zullen worden ingeschakeld volgens het principe "spuien als het kan, pompen als het moet". Piekafvoer van de IJssel is bepalend voor de benodigde pompcapaciteit bij de Afsluitdijk.

- b. Het Markermeer ontvangt water via directe neerslag, vanuit het Gooi-Eemmeer (afvoer van de Eem en de Veluwerandmeren) en via poldergemalen. Het wateroverschot wordt via de spuisluisen in de Houtribdijk afgevoerd naar het IJsselmeer. In droge periodes is de stroomrichting omgekeerd: dan wordt water vanuit het IJsselmeer ingelaten. De wateraanvoer is beperkt vergeleken met die van het IJsselmeer, waardoor de verblijftijden lang zijn.

2. Er zijn veel kunstwerken in het IJsselmeergebied, waarvan de belangrijkste voor het waterbeheer² van het hoofdwatersysteem de sluisen in de Houtribdijk en de Afsluitdijk zijn.
 - a) Krabbersgatsluizen, schutsluis en spuisluis in de Houtribdijk die de doorvoer tussen het Markermeer en het IJsselmeer bepalen, met daarnaast een naviduct.
 - b) Houtribsluizen, twee schutsluizen en een spuisluis in de Houtribdijk tussen het Markermeer en het IJsselmeer, nabij Lelystad.
 - c) Stevincomplex in de Afsluitdijk, nabij Den Oever, drie spuisluizen en een schutsluis, die het waterpeil in het IJsselmeer bepalen.
 - d) Lorentzcomplex in de Afsluitdijk, nabij Kornwerderzand, twee spuisluizen en twee schutsluizen die mede het waterpeil in het IJsselmeer bepalen.
 - Geografisch buiten het IJsselmeergebied, maar van belang voor de aanvoer naar het IJsselmeer is de stuw van Driel, stuw en schutsluizen, waarmee in droge periodes de wateraanvoer via de IJssel kan worden beïnvloed.
3. De belangrijkste bron van zout in het IJsselmeer is de Waddenzee: zeewater dringt binnen door de sluisen in de Afsluitdijk als gevolg van het schutten van schepen, van lekopeningen en van visvriendelijke spuibeheer in de spuisluizen. Erosiekuilen aan de IJsselmeerszijde van de spuisluizen vangen het zoute water op, maar kunnen overstromen en voor verdere zoutindringing op het meer zorgen wanneer de toevoer de afvoer door spuien overtreft. Wanneer dit gebeurt, verspreidt het zout zich via de diepere delen van het meer (Middelgronden en vaargeulen). Spuien kan de erosiekuilen doorspoelen, het verzilte water afvoeren naar zee en zo verzilting tegengaan. Voorwaarde is dat het zoete water hard genoeg kan stromen, wanneer de hefdeuren van de spuisluizen volledig open staan. Hiervoor is (relatief veel) zoetwaterdebiet nodig).

Andere oorzaken van toename in chlorideconcentratie zijn zoute kwel, verdamping, belasting (met water met chlorideconcentraties hoger dan de concentratie in het meer) uit polders en instroom van IJsselwater met verhoogde chlorideconcentraties.

In het Markermeer is zoutlek vanuit het Noordzeekanaal via de Oranjesluizen een bron van zout.

² NB: Kunstwerken en voorziening die uitsluitend voor waterveiligheid zijn bedoeld, worden in deze systeembeschrijving niet meegenomen. Zo zijn de Ramspolkering en het Reevediep/bypass Kampen niet opgenomen, omdat zijn in normale en/of droge situaties geen functie hebben.

Conceptueel model van de systeemwerking

Op de volgende pagina staat het conceptueel model van de het IJsselmeergebied in de vorm van een visuele weergave. Het conceptueel model is als volgt opgebouwd:

- De geografische afbakening en representatie is overgenomen uit de Slim watermanagement tafel IJsselmeergebied. De belangrijkste aanvoerende wateren zijn benoemd.
- De kunstwerken van belang voor het (water)beheer van het hoofdwatersysteem zijn weergegeven en aangevuld met de regionale kunstwerken. De belangrijkste kunstwerken zijn de sluizen in de Afsluitdijk (A1,2) en de Houtribdijk (B1,2).
- Kleinere regionale kunstwerken zijn ook meegenomen en er is onderscheid gemaakt tussen de waterschappen waartoe de kunstwerken behoren, en hun rol (gemaal, schutsluis en/of spuisluis, inlaat). Zie ook onderstaande tabel voor overzicht.
- Vanuit veel verschillende inlaten kan water worden doorgevoerd naar het verder gelegen achterland: via Friesland naar Groningen en via Flevoland naar de Veluwerandmeren. Dit wordt niet zichtbaar gemaakt in het conceptueel model omdat dit buiten de geografische scope van het model valt. Echter, de watervraag die hieruit voortvloeit vanuit de regio zal wel worden meegenomen in de watervraag bij de inlaatpunten.
- Naast de getoonde inlaatpunten zijn er allerlei kleinere inlaten, in de vorm van hevels, die niet op de kaart worden weergegeven. Voorbeelden hiervan zijn de kleine inlaten in het Wieringermeer en de Noordoostpolder.
- De locaties van mogelijke zoutindringing zijn benoemd en in beknopte vorm de achterliggende processen.
- Zowel de generieke drivers die los staan van klimaatverandering, als specifieke drivers van klimaatverandering zijn aangegeven in het diagram.
- De open verbinding met de IJssel is als randvoorwaarde gedefinieerd, alsmede de indirecte verbinding met de Waddenzee. Klimaatverandering werkt door zeespiegelstijging door aan de zeezijde en via veranderende neerslagpatronen in de rivieraanvoer aan de riviervoorzijde. Eventuele keuzes in de landelijke waterverdeling zijn eveneens van belang voor de rivierafvoer naar de IJssel.
- Zoute kwel is relevant voor de watervraag (doorspoelbehoefte) van regionale watersystemen. Zoute kwel bijvoorbeeld (onder)door de Afsluitdijk maar ook in diepe putten zorgt mogelijk voor directe zoutbelasting op het IJsselmeer en het Markermeer.

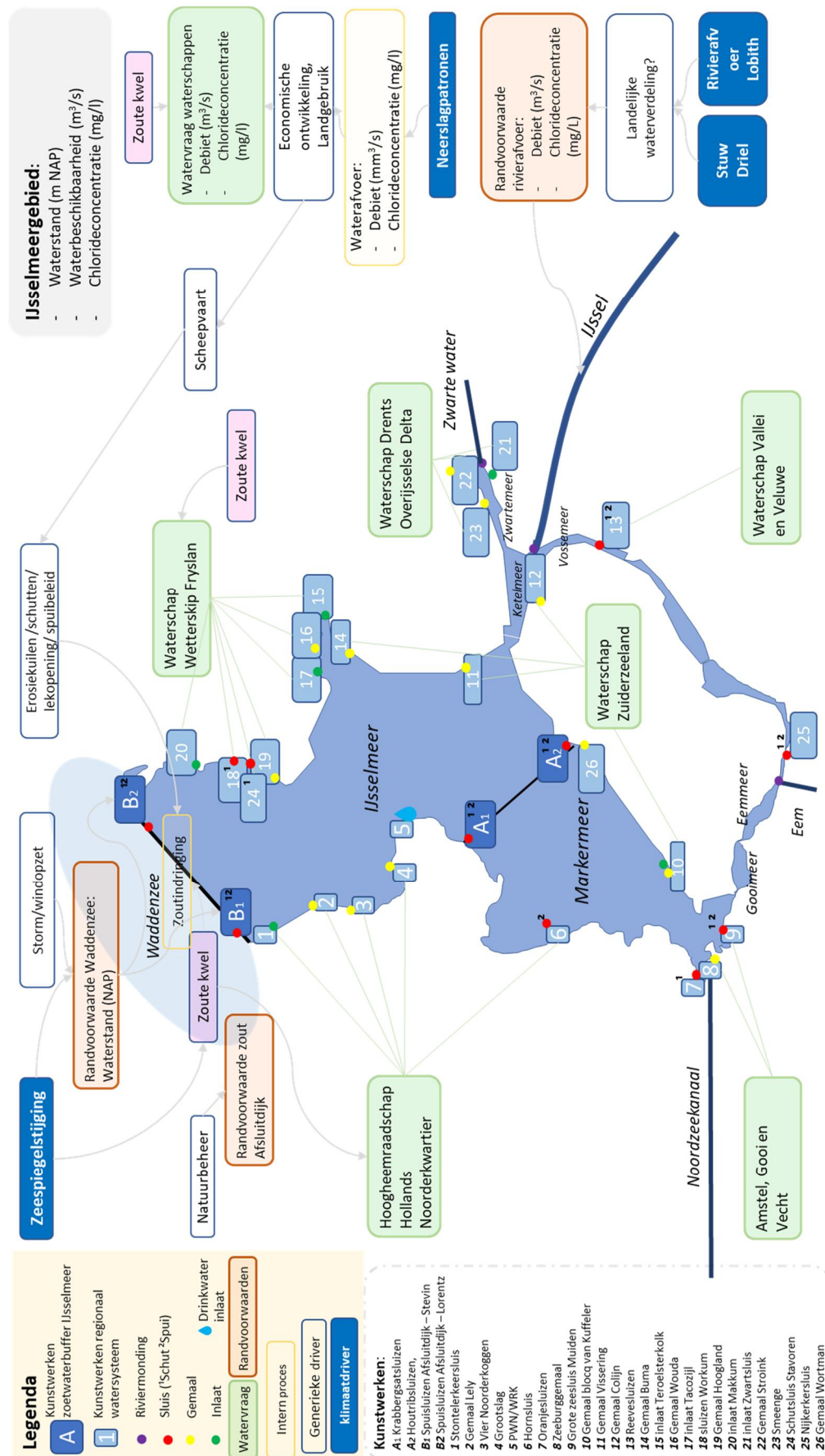
Tabel kunstwerken IJsselmeergebied

Beheerder	Regionaal kustwerk (met connectie hoofdwatersysteem)	Hoofdwater- systeem
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Stontelerkeersluis	IJsselmeer
	Gemaal Lely	IJsselmeer
	Vier Noorderkoggen	IJsselmeer
	Grootslag	IJsselmeer
	Hornsluis	Markermeer
Amstel, Gooi en Vecht	Zeeburggemaal	Markermeer
	Grote zeesluis Muiden	Markermeer
Waterschap Wetterskip Fryslan	inlaat Makkum	IJsselmeer
	Hoogland	IJsselmeer
	sluizen Workum	IJsselmeer
	inlaat Tacoziyl	IJsselmeer
	Wouda	IJsselmeer
	inlaat Teroelsterkolk	IJsselmeer
Waterschap Zuiderzeeland	Gemaal De Blocq van Kuffeler	Markermeer
	Gemaal Vissering	IJsselmeer
	Gemaal Buma	IJsselmeer
	Gemaal Colijn	Ketelmeer
	Gemaal Lovink	Vossemeer
	Gemaal Wortman	Markermeer
Waterschap Drents Overijsselse Delta	inlaat Zwartsluis	Zwarte Water
	Gemaal Stroink	Zwartemeer
	Smeenge	Zwartemeer

Kunstwerken tussen Rijkswateren excl. Afsluitdijk en Houtribdijk

Rijkwaterstaat	Roggebotsluis (wordt opgeheven)	Vossemeer- Revemeer
	Nijkerkersluis	Nijkerkernauw- Nuldernauw
	Reevesluis	Revemeer- Drontermeer
	Oranjesluizen	Markermeer-NZK

Conceptueel model IJsselmeergebied



Overzicht van kennisvragen

Op basis van de systeemwerking zijn kennisvragen in relatie tot zeespiegelstijging op te delen in een aantal categorieën (NB: niet noodzakelijkerwijs allemaal te beantwoorden in het KP ZSS):

- A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer)
- B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden
- C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken
- D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel direct naar het IJsselmeer (via Afsluitdijk en indirect naar omliggende gebieden)
- E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden bovenstrooms in het rivierengebied (landelijke waterverdeling, aanvoer IJssel) en de waterstand/het getij op de Waddenzee

A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, watervoorziening en chlorideconcentratie in IJsselmeergebied

- Hoe veranderen waterstanden op het IJsselmeer en het Markermeer als gevolg van zeespiegelstijging (meer-gemiddeld maar ook ter plekke van de innamepunten en kunstwerken)?
 - Met het antwoord op de deze vraag zijn de volgende subvragen te beantwoorden:
 - Hoe lang is niet meestijgen van peil met zeespiegelstijging houdbaar?
 - Wat betekent het voor de statistiek van zomer- en winterpeil
 - Wat zijn de invloeden van de vigerende strategie voor zomer- en winterpeil op de zouthuishouding en de grotere beschikbare zoetwaterbuffer op gebruiksfuncties (e.g. natuur)?
 - Is er een impact van zeespiegelstijging op de buffercapaciteit in peil van het IJsselmeergebied en de frequentie waarmee die wordt ingezet?
 - Wat is rol/bijdrage zeespiegelstijging op waterbalans bij combinaties van zeespiegelstijging, IJsselafoer, watervraag en verdamping?
- Hoe verloopt de chlorideconcentratie als gevolg van zeespiegelstijging op locaties van de innamepunten en andere relevante locaties? (NB: Norm voor chlorideconcentraties in gekoppeld aan gebruiksfuncties als drinkwater, landbouw en natuur.)
 - Andijk (maatgevend)
 - Alle innamepunten
 - Andere relevante locaties bijvoorbeeld voor natuur

B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden

→ Omliggende gebieden (waterschappen): Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Wetterskip Fryslan, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Waterschap Zuiderzeeland, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Amstel Gooi en Vecht

- Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging uitgesplitst naar de volgende (deel)gebieden...?
- Wat betekent ZSS voor afvoer van zout uit de regio naar het IJsselmeergebied?
- Hoe veranderen de watervraag en waterafvoerbehoefte als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik?

C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutlast door de kustwerken

- Hoe verandert de aan- en/of afvoercapaciteit van de nationale en regionale kunstwerken als gevolg van zeespiegelstijging?
 - Wat betekent zeespiegelstijging voor spui- en maalcapaciteit Afsluitdijk gekoppeld aan peilbeheer?

- o Hoe verandert de afvoercapaciteit van regionale kunstwerken (vrij verval of bemalen) als gevolg van zeespiegelstijging – regulier en bij wateroverlast (e.g. extreme regenval)? (NB: Als peil hoofdwatersysteem stijgt, neemt de afvoercapaciteit onder vrij verval en/of bemaling af.) ▪ Hoe verandert de externe zoutlast door kunstwerken naar het IJsselmeer en Markermeer (spuien, sluizen, vispassages, e.g. Afsluitdijk) als functie van zeespiegelstijging? - o Hoe verandert de capaciteit van zout-ontlastende maatregelen nabij Afsluitdijk (hevels, zoetspoelen)? ▪ Hoe verandert de afvoercapaciteit ten gevolge van zeespiegelstijging voor alternatieve afvoerroutes (bijvoorbeeld NZK)? ▪ Hoeveel extra doorspoeldebiet zou nodig zijn om de toename van de zoutlast als gevolg van zeespiegelstijging te beperken?
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem ▪ Hoe verandert de zoute kwel (e.g. onder de Afsluitdijk door of via diepe putten)? ▪ Leidt ZSS en zoute kwel tot een andere afvoer door de beheerders en wat is effect op hoofdwatersysteem?
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling, aanvoer IJssel) en de waterstand/het getij op de Waddenzee? ▪ Hoe verandert de zoetwatervaanvoer naar het IJsselmeergebied als gevolg van klimaatverandering? - o Hoe verandert de IJsselaanvoer als gevolg van klimaatverandering? - o Hoe verandert zoetwaterafvoer uit ARK route onder invloed van klimaatverandering en/of beheerstrategieën? ▪ Wat zijn de mogelijke veranderingen in de landelijke waterverdeling (afvoeroverdeling over IJssel, Nederrijn-Lek en Waal)? ▪ Hoe verandert de waterstand/het getij op de Waddenzee als gevolg van zeespiegelstijging? - o In hoeverre is veranderend windklimaat (windopzet) van belang voor de waterstand/het getij op de Waddenzee?

Bijlage: Overzicht kennisvragen in de beschikbare kennisagenda's

A. Vragen verzameld en geordend door RWS (1^e kwartaal 2020)

			RIVIEREN & ZOETWATERVOORZIENING		
Beleidsvragen	Hoofdvragen	Subvragen	Kennisvragen	Onderzoeksvragen	
Wat zijn de effecten van zeespiegelstijging?	In welke termen (indicatoren <i>state</i> , <i>pressures</i>) kan de houdbaarheid van de VKS voor het IJsselmeer onder extreme zeespiegelstijging het beste worden uitgedrukt?	Hoe groot is capaciteit van de zoetwaterbuffer in IJsselmeer, gegeven bepaalde zeespiegelstijging en andere pressures (IJsselafoer, watervraag)?	Wat is aard en mate van verandering in termen van peil IJsselmeer oiv zeespiegelstijging en verandering IJsselafoer en watervraag & verdamping?	Wat is rol/bijdrage zeespiegelstijging op volumebalans bij combinaties van zeespiegelstijging, IJsselafoer, watervraag en verdamping	
	Hoe zijn die termen te aggregeren? (Hoe) is het systeem in bijpassende deelgebieden en interacties daartussen op te delen?		Wat is aard en mate van verandering in termen van chloride IJsselmeer oiv zeespiegelstijging en verandering IJsselafoer en watervraag?	Hoe verandert de externe zoutlast door Afsluitdijk (spuien, sluizen, vispassages) als functie van zeespiegelstijging (input)	
	PRESSURE op het systeem & STATE van het systeem	Hoe kwantificeren we de onderlinge relaties van deze termen het beste in de context van het KP zeespiegelstijging (<i>deep uncertainty</i> , grote <i>range</i> aan schalen, ook geschikt voor alternatieve strategieen)?	Welke pressure (zoutlast, aanvoer-afvoer, watervraag) wordt wanneer beperkend in de volume- en zoutbalans en hoe uit zich dat in de systeemtoestand?	Wat betekent zeespiegelstijging voor spui- en maalcapaciteit van Afsluitdijk en afvoercapaciteit van alternatieve afvoerroutes (NZK mn)	Hoe verandert het spui- & maalregime gekoppeld aan peilbeheer onder invloed van zeespiegelstijging en variaties IJsselafoer en windregime . Hoe verandert de capaciteit van zoutontlastende maatregelen nabij Afsluitdijk (hevels, zoetspoelen) Hoe werkt dit spui- en maalregime door op zoutbeheer/zoutbalans?
Interpretatie van de effecten van zeespiegelstijging: wat betekent dat?		In welke termen van <i>impact</i> indicatoren kan de houdbaarheid van de VKS voor het IJsselmeer onder extreme zeespiegelstijging het beste worden uitgedrukt?		Wat betekent zeespiegelstijging voor interne verzilting	Hoe verandert de interne zoutlast (directe kwel en zoutbezwaar polders) als fct van zeespiegelstijging
				Wat is de impact van zeespiegelstijging op de buffercapaciteit in peil van het IJsselmeer en de frequentie waarmee die wordt ingezet?	Hoe lang is niet meestijgen van peil met zeespiegelstijging houdbaar? Wat wordt de statistiek van onder- en overschrijding flexpeilgrenzen ?
		Wat betekent overschrijding van buffercapaciteit IJsselmeer?		Wat betekent verandering flexpeil over- en onderschrijden voor waterveiligheid en zoetwaterinname?	
	Hoe kwantificeren we de relaties tussen de <i>state</i> termen en de impacts in de context van het KP zeespiegelstijging (<i>deep uncertainty</i> , grote <i>range</i> aan schalen, ook geschikt voor alternatieve strategieen)?		Wat zijn de gevolgen direct rond het IJsselmeergebied en wat zijn de gevolgen die landelijk uitstralen?	Wat betekent 'minimale' IJsselafoer voor bovenregionale verdeling?	
				Wat betekent aanvoer via ARK voor bovenregionale verdeling?	

IMPACTS			Hoe verhoudt de zoetwaterkwetsbaarheid IJsselmeer zich tot waterveiligheidsaspecten, natuur, ...?	Wat betekent mate en snelheid toenemende verzilting voor gebruiksfuncties (drinkwater, natuur, landbouw, etc...)
Wat betekent dat voor de houdbaarheid van VKS? RESPONSES & feedback naar PRESSURE, STATE, IMPACT binnen de VKS	Welke response termen zijn relevant binnen de context van het KP zeespiegelstijging: welke feedbacks beschouwen we wel, welke niet?	Welke perspectieven zijn er dmv <i>response</i> voor vergroting van de buffercapaciteit of vermindering van de aanspraak op de buffer?	Wat zijn perspectieven voor verlengen levensduur/veerkracht VKS?	Welke randvoorwaarden geeft gevoeligheidsanalyse IJsselmeer voor zeespiegelstijging mee aan IJsselafoer en watervraag (inc verdamping) (=wanneer zijn zout en/of peilbalans niet meer te handhaven? (inc kosten)
	Wat zijn de consequenties van de gekozen scope (het buiten beschouwing laten, ontkoppelen, etc) voor de reikwijdte van het KP zeespiegelstijging?		Hoe verloopt wisselwerking met adaptatie in de sectoren?	Welke handelingsperspectieven zijn er tav instandhouding minimum aanvoer via IJssel (bodemerrosie, verdeling splitsingspunten) of alternatieve aanvoer via ARK-> Markermeer
	Hoe kwantificeren we de feedback tussen bechouwde responses en pressures, state & impact?		Wanneer wel, wanneer geen handelingsperspectief bij gebruikers? (inc kosten)	Wat zijn perspectieven op gedeeltelijke zelfvoorzienendheid en effecten van buffering 'op land' Noord NL (grondwater, grondongebonden teelt, veen & passengebieden)
			Is snelheid van naderen knippunt factor van belang?	Welke perspectieven zijn er op zoutontlastende maatregelen (bronmaatregelen)
Welke alternatieven zijn er (indien nodig) voor de VKS? RESPONSES & feedback naar adaptatie/andere VKS	Welke alternatieve responses zijn mogelijk binnen de context van het KP zeespiegelstijging?	Wat zijn vanuit zoetwater gezien reele alternatieve strategieen tegen achtergrond van de adaptatie-perspectieven (zeewaarts, beschermen gesloten & open, meebewegen)?	Wat zijn mogelijkheden, beperkingen en effecten van: Andere aanvoerstrategie	Wat zijn perspectieven (ruimtelijk, technisch, kosten) op alternatieve aanvoerroutes voorzieningengebied IJsselmeer (Zoetwater-regio Noord NL) ipv via IJsselmeerbekken?
	Wat voor effect hebben deze alternatieven op <i>state</i> en <i>impact</i> ?		van zelfvoorzienendheid	Wat zijn perspectieven op volledige zelfvoorzienendheid, buffering 'op land' Noord NL (grondwater, grondongebonden teelt, veen & plassengebieden)
			van bergen/vasthouden binnendijs	Wat zijn perspectieven op gradientgebieden (achteroevers, ...) als zoetwaterberging/buffer

B. Selectie vragen uit gescande rapporten en documenten

- Hoe snel is het IJsselmeer aan het verzilten ?
 - o Deze vraag is inbegrepen in de volgende vraag uit de verzameling van RWS: *Wat betekent mate en snelheid toenemende verzilting voor gebruiksfuncties (drinkwater, natuur, landbouw, etc...)*
- Samenhang tussen waterafvoer, waterveiligheid en peilbeheer, in aanloop naar 2050 (studie ISWP - Integrale studie waterveiligheid en peilbeheer IJsselmeergebied).
 - o Deze vraag is (deels?) inbegrepen in de volgende vraag uit de verzameling van RWS: *Wat betekent verandering flexpeil over- en onderschrijden voor waterveiligheid en zoetwaterinname?*
- Uit rapport: Drinkwaterfunctie Markermeer en verzilting IJsselmeergebied
 - o Wat de effecten zijn van grootschalige herinrichting en ontwikkelingen als klimaatverandering en veranderend peilbeheer op de waterkwaliteit van het Markermeer ?
 - Wat is de mogelijke verzilting van het IJsselmeergebied als gevolg van i) klimaatverandering, ii) zeespiegelstijging, iii) veranderende afvoer van de Rijn en iv) sanering van de zoutlozingen in het stroomgebied van de Rijn;
- In de Agenda IJsselmeer 2050 zijn de volgende vragen geformuleerd over klimaatadaptatie:
 1. Welke strategie voor pompen en spuien op de Afsluitdijk is nodig na 2050, in relatie tot dijkversterking? ³
 2. Hoe kunnen we de inrichting en het beheer van havens, vaargeulen en natuurgebieden optimaal afstemmen op de effecten van het veranderende peilbeheer?
 3. Wat betekent het zuiniger omgaan met de zoetwatervoorraad voor de ontwikkeling van de landbouw, als grootste watergebruiker?
 4. Hoe kunnen we slim anticiperen op toekomstige veranderingen in het waterbeheer en de waterkwaliteit (bijvoorbeeld opwarming en verzilting), zodat we later geen spijt krijgen van gedane investeringen?

Uit Synthese document DPIJ3295

- Voor de langere termijn onderzoekt het kabinet hoe het beste met de toenemende zoetwatervraag kan worden omgegaan.
- Het kabinet onderzoekt tevens hoe op de lange termijn de waterafvoer van het IJsselmeer het beste geregeld kan worden.
- Het kabinet wil de mogelijkheid bezien om West-Nederland vanuit het IJsselmeer van zoet water te voorzien

Uit Deltaprogramma 2020:

- Om een robuust systeem te creëren is voorzien dat in fase 2 maatregelen worden opgenomen in het hoofdwatersysteem, het regionale watersysteem en op de overgang van het hoofdsysteem naar het regionale systeem. Onderdeel daarvan zijn maatregelen die voortkomen uit de droogte van 2018.
 - o Hoe zullen extremen in droogte (als gevolg van klimaatverandering) de watervraag beïnvloeden?

³ Anderen vragen betreffen natuurontwikkeling, energie transitie, toerisme en recreatie, duurzame visserij en Scheepvaart en nautische economie. Deze vragen zijn hier niet meegenomen.

1 Bijlage – verzamelde feedback op kennisvragen tijdens gebiedssessie

Onderstaand is een overzicht gegeven van de feedback op de kennisvragen tijdens de IJsselmeer gebiedssessie op 27 oktober. Aanvullingen op kennisvragen zijn waar mogelijk verwerkt in het overzicht van kennisvragen. Echter, sommige vragen zijn te gedetailleerd voor deze fase of vallen buiten de gebiedsscope. Andere spelen later een rol bijvoorbeeld in de prioritering of in de eisen aan het model. Daarom is voor de volledigheid onderstaand overzicht gegeven, zodat enkele opmerkingen in een later stadium meegenomen kunnen worden. Enkele keren is een eerste reactie gegeven.

A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, watervoorziening en chlorideconcentratie in IJsselmeergebied

- Waterstanden kunnen ook veranderen als gevolg van een andere waterverdeling en in de zomerperiode ook door een grotere inname door de omliggende regio's. Maak onderscheid tussen zomer en winter. Waterstanden IJsselmeergebied zijn afhankelijk van de vorm en capaciteit van toekomstige afvoermiddelen in de Afsluitdijk, bijv. vanaf 2050. Beperkt meestijgen na 2050 is een optie voor IJsselmeer en Markermeer: welke ruimte dient in bestaande waterkering te worden ontwikkeld om de veiligheid te borgen. Chlorideontwikkeling in Markermeer lijkt nog onderbelicht: hoelang is nog sprake van verhoogde chloridegehalten in uitslagwater HNK/ZZL. Is er wel vermindering te verwachten? Wat betekent dit voor een mogelijke drinkwaterfunctie Markermeer?
- In de eerste vraag staat de vraag hoe lang de stijging houdbaar is: hoe wordt deze grens gedefinieerd? → *Reactie: Wanneer worden de huidige (VKS) peilgrenzen en/of chloridenormen voerschreden?*
- In hoeverre kan een ander peilregime vanuit waterveiligheid maatgevend worden in reactie op een stijgende zeespiegel? En in hoeverre worden waterveiligheid en zoetwatervoorziening in samenhang met elkaar bekeken? → *Reactie: Waterveiligheid en waterkwantiteit worden eerst apart bekeken (zoeken naar knippunt). Daarna wordt het in samenhang bekeken. In de tweede iteratie worden vervolgens geïdentificeerde afhankelijkheden meegenomen.*
- Hoe veranderen "typische" chlorideconcentraties/verspreidingspatronen van chloride als gevolg van een veranderend windklimaat?
- Hoe veranderen "typische" chlorideconcentraties/verspreidingspatronen van chloride bij langdurig onderhoud aan belangrijke kunstwerken (b.v. nu recent aan Stevinssluisen)? → *Reactie: Eenmalige gebeurtenissen zoals (groot) onderhoud worden niet meegenomen in de analyse.*
- Bij deze vraag kan naast de inzet van kunstwerken in het hoofdsysteem ook de inzet van restcapaciteit van (toekomstige) kunstwerken in de regio's en elders van belang. Denk bijvoorbeeld aan restcapaciteit van gemaal IJmuiden, of bijvoorbeeld gemalen in Fryslân... Dit kan interessant zijn, omdat de dynamiek van afvoervraag in IJsselmeer anders is dan in de regio's. → *Reactie: Dit kan als variant in de modelberekeningen meegenomen worden.*
- In de Vechtdelta speelt de combinatie van meerpeil, wind en afvoer net iets anders. Wordt hier specifiek ook nog naar gekeken. → *Reactie: Alle elementen worden in principe meegenomen. Verdere specificatie voor Vechtdelta (bijvoorbeeld welke waterstand-statistiek) moet in de volgende sessie worden gedaan.*
- Voor deze vraag is vooral van belang: welke stijging van het IJsselmeerpeil nog acceptabel is. Bij de huidige veiligheidseisen voldoen de keringen net. Dus zit je hier dan niet gelijk met de vraag of aanpassingen aan keringen nodig zijn, dan wel lagere veiligheidseisen? ... anders kom je tot de conclusie dat het huidige peil niet kan veranderen en dat je relatief snel in de knel komt. → *Reactie: Waterveiligheid wordt in het andere subspoor bekeken. Samenhangende afstemming wordt opgezet.*
- Meer dan 50 cm meestijgen vraagt ook om meenemen kwel en grondwaterstanden naar omringend gebied

B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag van de omliggende gebieden*

* Omliggende gebieden (waterschappen): Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Wetterskip Fryslân, Waterschap Drents Overijsselse Delta, Waterschap Zuiderzeeland, Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Amstel Gooi en Vecht

- Over de omliggende gebieden ging mijn vraag tijdens de sessie, beter voor de duidelijkheid alle inliggende waterschappen noemen.

- Toename zoute kwel en doorspoelbehoefte verandert ook door bodemdaling/maaiwelddaling (in o.a. veenweide). → *Reactie: Goede toevoeging. Was nog niet eerder genoemd.*
- Watervraag ook als gevolg van klimaatadaptatiemaatregelen.
- Welke economische ontwikkeling wordt hierin meegenomen en hoe ver kan je daarbij vooruitkijken? → *Reactie: Economische ontwikkeling kan door een regio zelf aangegeven worden.*
- Het zou zeker mooi zijn om ook een link te leggen met veenweidewatervraag. Wij hebben in een grove schatting berekend dat we dan zo'n 12m³/s extra nodig hebben.
- Watervraag is mede ingegeven door ruimte- en bodemgebruik. Wordt hierop nog gestuurd d.m.v. het stuur ruimtelijke adaptatie (bijv. Teelt landbouw).
- Kan in beeld gebracht worden wat de vergrote watervraag wordt vanuit de regio vanwege toename kwel? → *Reactie: Vanuit toepassing van landelijk grondwatermodel kan hier een schatting voor gegeven worden. Als regio zelf betere of aanvullende schattingen heeft, kan dat meegenomen worden.*
- Kan ook in beeld gebracht worden wat de vergrote watervraag wordt vanuit de regio vanwege extra doorspoelbehoefte vanwege intrek bij sluizen? -helsdeur, lauwersmeer, delfzijl? → *Reactie: Nee, dit valt buiten de scope van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging.*

C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet door de kunstwerken

- Zoals in chat aangegeven, verandert misschien de afvoer naar Markermeer als spui /bemaling via Helsdeur en Zaandam afneemt.
- Afvoer naar MM vanuit ARK/NZK kan ook toenemen bij implementatie van nieuw gemaal op het ARK/NZK. Dit in combinatie met extra afvoer behoefte vanuit AGV?
- Vraag; komt met extra afvoer vanuit NZK er ook meer zout of het MM, omdat de zeespiegelstijging meer zoutlast geeft op NZK? → *Reactie: Dit wordt in het kader van de bovenregionale afstemming meegenomen. Vraag wordt (ook) in gebied ARK-NZK meegenomen.*
- Aanvoer zoet water naar MM in zomertijd voor Klimaatbestendig zoetwaterbuffer. In zomer: door extra zeespiegelstijging; meer zoutintrek bij Helsdeur en meer zoute kwel in HHNK; dat kan extra watervraag veroorzaken.
- Voor het model: kunstwerken HHNK inlaat Schardam (33 m³/s) en Monnikendam (22 m³/s) kunnen ook water inlaten via pompen?
- Hoe gevoelig zijn de omliggende kunstwerken voor de veranderingen van peilen wat zijn de marges, met andere woorden als je een ander peil hanteert wat is dan het effect op de gemalen en inlaten? → *Reactie: Dit is een van de kernvragen opgenomen in het overzicht.*
- Onderzoeken we ook wat een SO bij de Afsluitdijk kan doen? Dit heeft ook impact op de gemaalcapaciteit die daar moet komen. Dit afwegen eventueel tegen wat zoutbemaling van de zoutputten bij de Afsluitdijk zouden kunnen doen?
- Zijn de zoutputten voldoende voor zeespiegelstijging (heb niet genoeg de vragen doorgelezen of deze ook meegenomen wordt)? → *Reactie: Zoutputten zijn van belang voor de systeemwerking en zullen dus meegenomen moeten worden.*
- Hoe vaak moet gemaal Zeeburg worden ingezet (richting Markermeer) om surplus aan water uit AGV-gebied af te voeren, als de capaciteit van gemaal IJmuiden (richting Noordzee) voor korte of langere tijd niet toereikend is? → *Reactie: Dit lijkt een vraag voor de regio AGV zelf. Het Kennisprogramma Zeespiegelstijging voorziet wel aan te leveren wat de mogelijke, maximale afvoercapaciteit is.*

D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem

- Hoe verandert/ontwikkelt de verzilting als gevolg van de afvoer (toevoer) vanuit de IJssel?
- Wat is de impact van een grotere vraag vanuit de regio's om verzilting en bodemdaling in regionale systemen te voorkomen?
- Zijn er ontwikkelingen die de doorspoelbehoefte (om van de zoute kwel af te komen) doen verminderen, bijvoorbeeld door brakke kwel af te vangen?
- De behoefte aan doorspoeling is ook afhankelijk van de toename van verzilting in de regio's en de mate waarin mitigerende maatregelen genomen kunnen worden. Het lijkt me goed om hier 1 deelonderzoek van te maken, dat zowel bij IJsselmeer, wadden als zuidwestelijke delta input levert
- Tot hoever in het IJsselmeer reikt de zoute kwel? - is dit op een of andere manier af te vangen?
- Wat betekent dit voor drinkwatervoorziening PWN? Wat gebeurt er met de zoetwatervoorziening voor de regio als PWN een deel van het zoete IJsselmeerwater gaat reserveren?

- Is er sprake van meer zout uit de ondergrond/bodem van het hoofdwatersysteem als er meer gebouwd gaat worden (b.v. IJburg 3, Marker Wadden), meer zand gewonnen gaat worden (zandwinputten) en verder verdiepen vaargeulen (b.v. VAL)?

E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling, aanvoer IJssel) en de waterstand/het getij op de Waddenzee?

- houden jullie rekening met het feit dat er (al) sprake is van erosie van het rivierbed bij het splitsingspunt, met mogelijke gevolgen voor de afvoer vanuit de IJssel. → *Reactie: Dit wordt meegenomen in het bovenregionale, landelijke deel. Hoe het meegenomen wordt, moet nog bepaald worden.*
- Wordt aangehaakt op IRM?
- Hoe verandert de zoet(/zouter, b.v. uit Wieringermeer) wateraanvoer vanuit regio als gevolg van klimaatverandering en zeespiegelstijging (bijvoorbeeld meer/meer intense regenwaterafvoer via de Eem en via de Wieringermeer polder)?
- Internationale ontwikkelingen bovenstrooms (fysiek systeem, beleid, gebruik)?
- Naast de kwantitatieve aanvoer kan ook de kwaliteit en temperatuur van de aanvoer gaan wijzigen?

Maatregelen en link met spoor 4

- Hoe werken nieuwe bypasses of alternatieve aanvoerroutes door op de bufferwerking van het IJsselmeergebied?
- Hoe koppelen de strategische regio's onderling?

Memo

Aan

LS

Datum

18 december 2020

Contactpersoon

Arno Nolte

Ons kenmerk

11205272-018-ZWS-0013

Doorkiesnummer

+31(0)88 335 8430

E-mail

Arno.Nolte@deltares.nl

Aantal pagina's

1 van 18

Onderwerp

Prioritering kennisvragen en aanzet eisen modellering IJsselmeergebied - KP ZSS Waterkwantiteit

Op 24 november heeft de 2^e gebiedssessie IJsselmeergebied (IJsselmeer en Markermeer) plaatsgevonden. Tijdens deze bijeenkomst zijn de verrijkte effectketen en de prioritering van kennisvragen besproken en aangevuld o.a. op basis van versie 1 van dit memo. De opbrengst van deze bijeenkomst is meegenomen in deze tweede, definitieve versie. Daarnaast zijn belangrijke vragen en onderwerpen die besproken zijn tijdens de bijeenkomst als notulen in de bijlage opgenomen. Dit memo is input voor het syntheserapport waarin de samenhangende aanpak en afweging met de andere regio's (ARK-NKZ, RMM en ZW Delta (Volkerak-Zoommeer)) en met de bovenregionale, landelijke waterverdeling zal worden beschreven.

Aan de gebiedssessie op 24 november namen deel:

Frank Fokkema	Waterschap Drents Overijsselse Delta
Dity Langendijk	Waterschap Drents Overijsselse Delta (later aangesloten)
Mirjam van Maanen	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Krijn van den Herik	Waterschap Vallei & Veluwe
Bert Piekstra	Wetterskip Fryslan
Pieter Filius	Waterschap Vechtstromen
Jan den Besten	Waterschap Hunze en Aas
Floris Knot	Noorderzijlvest
Margreet Vermeer	Waterschap Zuiderzeeland (later aangesloten)
Sandra Sikkema	WUR
Daniel van Buren	Provincie Friesland
David de Jong	Provincie Utrecht
Wouter Berkhout	Provincie Overijssel
Lucas Smulders	Waternet
Menno Grenseberger	Deltares (later aangesloten)
Peter Roeters	RWS
Ton de Vrieze	RWS
Albert Remmelswaal	RWS WVL
Meinte Blaas	RWS WVL (later aangesloten)
Yann Friocourt	RWS WVL
Arno Nolte	Deltares (projectleider)
Sophie Vergouwen	Deltares
Afwezig:	
Anneke Houdijk	Provincie Noord Holland
Francine Engelsman	Waterschap Hunze en Aas
Christoffel Kleppel	Provincie Flevoland
Leo de Vree	Provincie Drenthe
Peter de Vries	Provincie Groningen
Emiel Spanier	RWS

Doel en centrale vragen van Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 (KP ZSS) zijn:

- Doel: Vergroten van inzicht in de mate van houdbaarheid van de voorkeursstrategie onder extreme zeespiegelstijging (3 tot 5 meter) en in de wijze waarop die houdbaarheid eventueel is te vergroten. Dit inzicht zal worden meegegeven aan de herijking DP27 en aan verdere ontwikkeling van de landelijke en regionale klimaatadaptatie voorbij 2026.
- Centrale vragen:
 - o Tot welke zeespiegelstijging is de voorkeursstrategie houdbaar en oprekbaar?
 - o Hoe kunnen we veerkracht van de voorkeursstrategie versterken?
 - o Hoe houdbaar zijn de uit spoor 4 geselecteerde alternatieve strategieën?

Het is nodig om de centrale vragen uiteen te rafelen in een gestructureerde set van definities en concrete, behapbare deelvragen of bouwstenen (modules). Het is vervolgens van belang de belangrijkste bouwstenen te identificeren en te bepalen of voldoende kennis beschikbaar is over deze belangrijkste bouwstenen en zo nee, welke kennis ontwikkeld moet worden. Door tenslotte de bouwstenen in samenhang weer op te bouwen, wordt het antwoord op de centrale vragen gegeven.

Omdat het gaat over toekomstvoorspellingen is een model nodig. Met een model wordt hier bedoeld een berekening waar een getal of getallen uitkomen (meestal inclusief statistische bewerking zoals een maximum of een overschrijdingspercentage). Een model kan variëren van de achterkant van een envelop tot een complex numeriek model. Duiding en presentatie/communicatie van modelresultaten zijn essentiële onderdelen van modellering naast het technisch bouwen van het model. Met identificatie van de belangrijkste bouwstenen kan het geschikte model of de geschikte modellen gedefinieerd worden.

In het vraagarticulatieproces dat Deltares in opdracht van Rijkswaterstaat uitvoert t/m december 2020 worden deze twee stappen gezet:

- Wat zijn de belangrijkste kennisvragen (bouwstenen) die het KP ZSS Waterkwantiteit moet oppakken om de centrale vragen te kunnen beantwoorden?
- Wat is een geschikt modelinstrumentarium?

Op 27 oktober 2020 heeft de 1^e gebiedssessie IJsselmeergebied in het kader van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging Spoor 2 Waterkwantiteit plaatsgevonden. Resultaat van de sessie was een overzicht en structurering van kennisvragen en een basis conceptueel model (denkmodel) van de systeemwerking van het IJsselmeer en het Markermeer.

➔ 11205272-018-ZWS-0009_v1.0-Kennisvragen en systeemwerking IJsselmeergebied - met opbrengst 1e sessie 27 oktober.pdf

Op basis van dit overzicht worden in eerste instantie in dit memo de kennisvragen geprioriteerd aan de hand van twee criteria:

- Grote gevoeligheid van de kennisvraag op het antwoord op de centrale vragen
 - o Bijvoorbeeld als de chlorideconcentratie sterk reageert op toename van zoute kwel door zeespiegelstijging, dan is er sprake van een grote gevoeligheid. Het is dan belangrijk om de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten. Als de chlorideconcentratie nauwelijks reageert op toename van zoute kwel, dan is het niet nodig op de relatie tussen zoute kwel en zeespiegelstijging nauwkeurig te weten.
- Antwoord op de kennisvraag is nog niet (voldoende goed) beschikbaar
 - o Als het antwoord op de kennisvraag (voldoende goed) beschikbaar is, kan de kennis gelijk toegepast worden. Er is dan niet eerst onderzoek nodig.

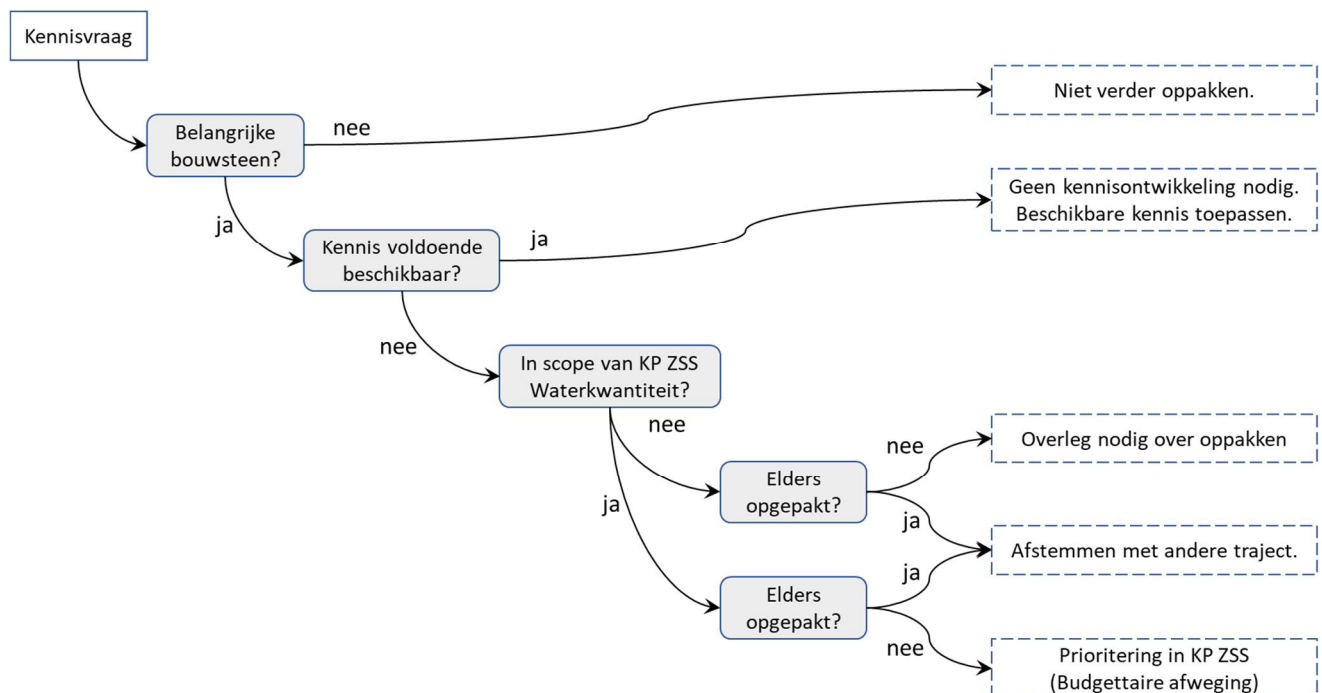
In tweede instantie wordt bepaald welke kennisvragen binnen de scope van het KP ZSS vallen en nog niet elders worden opgepakt (*NB: Nog niet uitgewerkt in deze versie*). Uiteindelijk stelt het KP ZSS vast voor welke kennisvragen financiering beschikbaar is. Deze laatste stap met betrekking tot financiering wordt niet in dit memo gezet.

Uit bovenstaande blijkt dat een kennisvraag in een van vijf categorieën valt (ook gevisualiseerd in onderstaande schema):

1. Het antwoord op de kennisvraag is niet of nauwelijks relevant. → De kennisvraag wordt niet verder opgepakt.
2. Het antwoord op de kennisvraag is relevant én is (voldoende goed) beschikbaar. → De beschikbare kennis wordt toegepast in de beantwoording.

Indien antwoord relevant en niet (voldoende goed) beschikbaar:

3. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS en wordt elders opgepakt. → Er wordt afstemming gezocht en afgesproken met het andere traject.
4. De kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS, maar wordt niet elders opgepakt. → Overleg nodig om te kijken of de kennisvraag ergens geplaatst kan worden.
5. De kennisvraag is in scope van het KP ZSS. → Het KP ZSS beoordeelt op het totaalpakket van kennisvragen (ook uit andere regio's) en beschikbare middelen.



Bepalen belang bouwsteen en beschikbaarheid kennis

Om te bepalen of een kennisvraag een belangrijke bouwsteen is en of voldoende kennis beschikbaar is, wordt als hulp- en communicatiemiddel gebruik gemaakt van het conceptueel model van de systeemwerking van het IJsselmeergebied. In deze fase wordt het conceptueel model verrijkt met de kennis van gebiedsexperts, inhoudelijke experts en modelexperts (*NB: soms verenigd in dezelfde persoon*). Zij weten gezamenlijk immers wat belangrijk is en wat beschikbaar is. Deze “verrijkte effectketen” vormt de blauwdruk voor het model en legt derhalve de basis voor het programma van eisen van het modelinstrumentarium.

De opbouw van de verrijkte effectketen begint bij het definiëren van de doelvariabelen (of kwantificeerbare grootheden) die door het model berekend moeten worden. Gezien de scope van het KP ZSS zijn de doelvariabelen altijd gerelateerd aan peil (m NAP), waterbeschikbaarheid (m^3/s), afvoerbehoefte (m^3/s) en/of chlorideconcentratie (mg/l) op een of meerdere locaties van het hoofdwatersysteem (IJsselmeer of Markermeer). Omdat een model een tijdserie uitrekent (bijvoorbeeld per uur of per dag) is er altijd sprake van een statistische bewerking in tijd en eventueel in ruimte om de doelvariabele te bepalen. Denk bijvoorbeeld aan maximum peil, overschrijdingsfrequentie of zomergemiddelde chlorideconcentratie.

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. Meerpeil Markermeer en IJsselmeer (gewogen daggemiddelde; m NAP) met gewenste nauwkeurigheid van orde 1-2 cm
2. Daggemiddelde of meerdaagsgemiddelde waterstand bij inname- en afvoerlocaties (m NAP) met gewenste nauwkeurigheid van orde 5-10 cm
3. Weekgemiddelde chlorideconcentraties voor IJsselmeer en Markermeer afzonderlijk beide maatgevend voor de condities bij kritische innamelocaties (mg/l) – gewenste nauwkeurigheid 25-50 mg/l.

Voor de prioritering van de kennisvragen worden twee hulpmiddelen gebruikt:

- Tabel waarin geïnventariseerde kennisvragen langs de criteria worden gelegd
- Verrijkte effectketen waarin de systeemwerking van het IJsselmeer en Markermeer en de onderlinge samenhang tussen verschillende elementen inzichtelijk is gemaakt.

In onderstaande tabel wordt voor de geïnventariseerde kennisvragen het belang en de kennisbeschikbaarheid gescoord. Daarbij wordt van buiten (randvoorwaarden, categorie E) naar binnen (toestand IJsselmeergebied, categorie A) gewerkt. Categorieën B t/m E zijn onafhankelijke kennisvragen. Categorie A is deels afhankelijk van het kunnen beantwoorden van de bouwstenen in categorieën B t/m E.

Voor de doelvariabelen is een verrijkte effectketen opgesteld ter bespreking op de 2^e gebiedssessie op 24 november. In de bijlage wordt kort beschreven hoe een verrijkte effectketen opgebouwd en gelezen moet worden. Het eerste figuur op bladzijde 9 laat zien waar waterstanden en chlorideconcentraties in IJsselmeer en Markermeer van afhangen. Het tweede figuur op bladzijde 10 laat aanvullend zien hoe waterstanden en chlorideconcentratie in het IJsselmeer en Markermeer doorvertaald kunnen worden naar waterbeschikbaarheid en afvoerbehoefte bij inname- en afvoerlocaties. Dikke (= belangrijk) en rode of gele pijlen (=onvoldoende kennis beschikbaar) geven aan welke elementen en dus kennisvragen geprioriteerd moeten worden.

De concept verrijkte effectketen laat qua kennisbeschikbaarheid zien dat er voor het berekenen van meerpeilen en lokale waterstanden (die door op- en afwaaiing van het meerpeil kunnen verschillen) in het IJsselmeergebied voldoende kennis beschikbaar is. Waterstanden zijn goed te berekenen als alle ingaande en uitgaande debieten bekend zijn. Wind speelt een belangrijke rol: Windopzet is goed bekend.

De chlorideconcentratie is complexer, onder andere omdat de tijdschaal waarop chloride reageert, veel langer is (weken tot maanden) dan waterstand (uren tot dagen). Zout dringt binnen met name via de sluizen in de Afsluitdijk. Via opvang in de diepere putten en geulen kan chloride zich verspreiden door met name wind gedreven stroming. Uitspoeling vindt plaats via afvoer door diezelfde sluizen. De typische tijdschaal voor dit meng- en verspreidingsproces kan oplopen tot maanden, zoals tijdens en na de 2018 droogteperiode is

gebleken. Ook afvoer vanuit omliggende gebieden en directe zoute kwel (onder)door de Afsluitdijk zijn bronnen van chloride. De factoren die de chlorideconcentratie bepalen, zijn goed bekend. De complexiteit is de combinatie van factoren in relatie tot een voldoende nauwkeurige kwantitatieve voorspelling.

Daarnaast is tijdens de gebiedssessie aangegeven dat het van belang is dat de afwijking tussen de gemeten en gemodelleerde chlorideconcentraties van verschillende bronnen (naast de IJsselafoer) niet groter dan een ordegrrootte 10-20 mg/L is, om een goede inschatting van chloridegehalte in het IJsselmeergebied te kunnen maken.

Uit de verrijkte effectketen en het overzicht van kennisvragen zijn de volgende geprioriteerde kennisvragen af te leiden. De onderstaande vragen zijn een samenvatting van de informatie in de tabel en de verrijkte effectketens.

- a) In het IJsselmeer en het Markermeer wordt de chlorideconcentratie bepaald door de interactie van zoutbronnen, de verspreiding door wind gedreven stroming en het transport en de afvoer door doorspoeling. Fysisch zijn deze verspreidingsprocessen goed bekend. Desalniettemin is een exacte voorspelling met een 3D model, waarin alle relevante fysische processen zijn opgenomen, niet mogelijk. In een model met minder dimensies (1D/2D) moet een deel van de fysische processen met parameterisering ondervangen worden. Hier is veel ervaring mee, maar dit blijft complex en een bron van onzekerheid. De dispersieve verspreiding is (empirisch) afgeregeld op de huidige situatie en niet zondermeer toe te passen bij grote veranderingen.
- b) De hoeveelheid zout (chloride) die door de Stevinsluizen en Lorentzsluizen komt bij schutten, door lekverliezen of door visvriendelijk spuibeheer is niet precies bekend. Hoe deze hoeveelheid toeneemt bij zeespiegelstijging is een kennisleemte. Hetzelfde geldt voor de zoutvracht door vismigratievoorzieningen zoals de vismigratierivier. Deze bron wordt wel kleiner ingeschat dan de sluizen.
- c) In het Markermeer geldt de zoutvracht door de Oranjesluizen, al dan niet in combinatie met varianten voor extra wateruitwisseling tussen Markermeer en Amsterdam-Rijnkanaal, als kennisleemte. Indien er water vanuit het ARK/NZK wordt afgevoerd naar het Markermeer brengt dat ook een zoutvracht met zich mee. Afhankelijk van de strategie die voor deze kanalen ontwikkeld wordt, zou dat in de toekomst vaker kunnen gebeuren (in hoogwatersituaties). Het is niet bekend wat dit betekent voor de zoutbelasting van het Markermeer.
- d) De directe zoute kwel (onder)door de Afsluitdijk naar het IJsselmeer is niet goed genoeg bekend, zeker niet bij grote zeespiegelstijging. De huidige zoutlast wordt op 1 kg/s geschat en is daarmee een kleine bron. Bij 8 m zeespiegelstijging neemt de geschatte zoutlast toe tot 54 kg/s, vergelijkbaar aan de huidige geschatte zoutlast door de sluizen. Echter, mogelijk is de zoute kwel ook bij grote zeespiegelstijging nog steeds een kleine post ten opzichte van andere posten. Daarnaast is het niet bekend of door zeespiegelstijging de zoutbelasting door zoutspray en golfoverslag over de Afsluitdijk tot een aanmerkelijke post zal toenemen.
- e) In het Markermeer is de zoute kwel in (diepe) putten onvoldoende bekend. Het is niet duidelijk of dit een substantiële bijdrage levert aan de zoutbalans van het Markermeer. Ook is het onbekend wat de nalevering van chloride vanuit de voormalige Zuiderzeebodem is, en welke rol dit heeft.
- f) Nog onbekend is of er mogelijke kennisleemtes zijn over de ontwikkeling van de watervraag en/of afvoerbehoefte vanuit de regionale systemen (inclusief de mogelijke

ontwikkeling van nieuwe watervragers zoals bijvoorbeeld nieuwe drinkwater innamepunten). Deze kennisvraag valt buiten de scope van het KP ZSS. Het KP ZSS denkt wel de maximaal beschikbare watervraag en maximaal mogelijke waterafvoer aan te kunnen leveren.

- o Het effect van zeespiegelstijging op zoute kwel naar de regionale gebieden en de consequentie daarvan voor de watervraag (doorspoelbehoefte) is niet geclassificeerd.
- g) De aanvoer vanuit de IJssel en de bijbehorende zoutvracht is afhankelijk van klimaatscenario's (stroomgebied Rijn) en eventuele keuzes in landelijke waterverdeling. Dit overstijgt de directe scope van het IJsselmeergebied en valt onder de bovenregionale aanpak in afstemming met Deltaprogramma('s) en KP ZSS Spoor 4.
 - o Het belang van de toename van rivierbederosie is benoemd als een proces dat zich in toenemende mate afspeelt en invloed heeft op de rivierafvoer. Hoewel het proces zelf buiten de scope van het kennisprogramma ligt, kan het meegenomen worden als deze kennis in de aanlevering van de afvoeren is opgenomen (als-dan).
 - o Veranderingen in de watervraag bovenstrooms in Duitsland kunnen de afvoer beïnvloeden, maar dit valt ook buiten de scope van dit kennisprogramma.
- h) Bij zeespiegelstijging hoeven de waterstanden die optreden bij de Afsluitdijk, niet evenredig mee te stijgen. Het gedrag van getij en de opwaaiing bij storm zijn mede afhankelijk van de morfologie van de Waddenzee. Onbekend is hoe de morfologie van de Waddenzee zich ontwikkelt bij grote zeespiegelstijging. Dit is bovendien afhankelijk van de snelheid van zeespiegelstijging. Nog onbekend is hoe dit het verloop van het getij (en extremen) in de Waddenzee beïnvloedt. Dit is met waterbewegingsmodellen goed te onderzoeken.

Als voor deze belangrijke bouwstenen voldoende kennis beschikbaar komt, dan geeft de concept verrijkte effectketen aan dat voor het berekenen van de waterstand en chlorideconcentratie voldoende kennis aanwezig is.

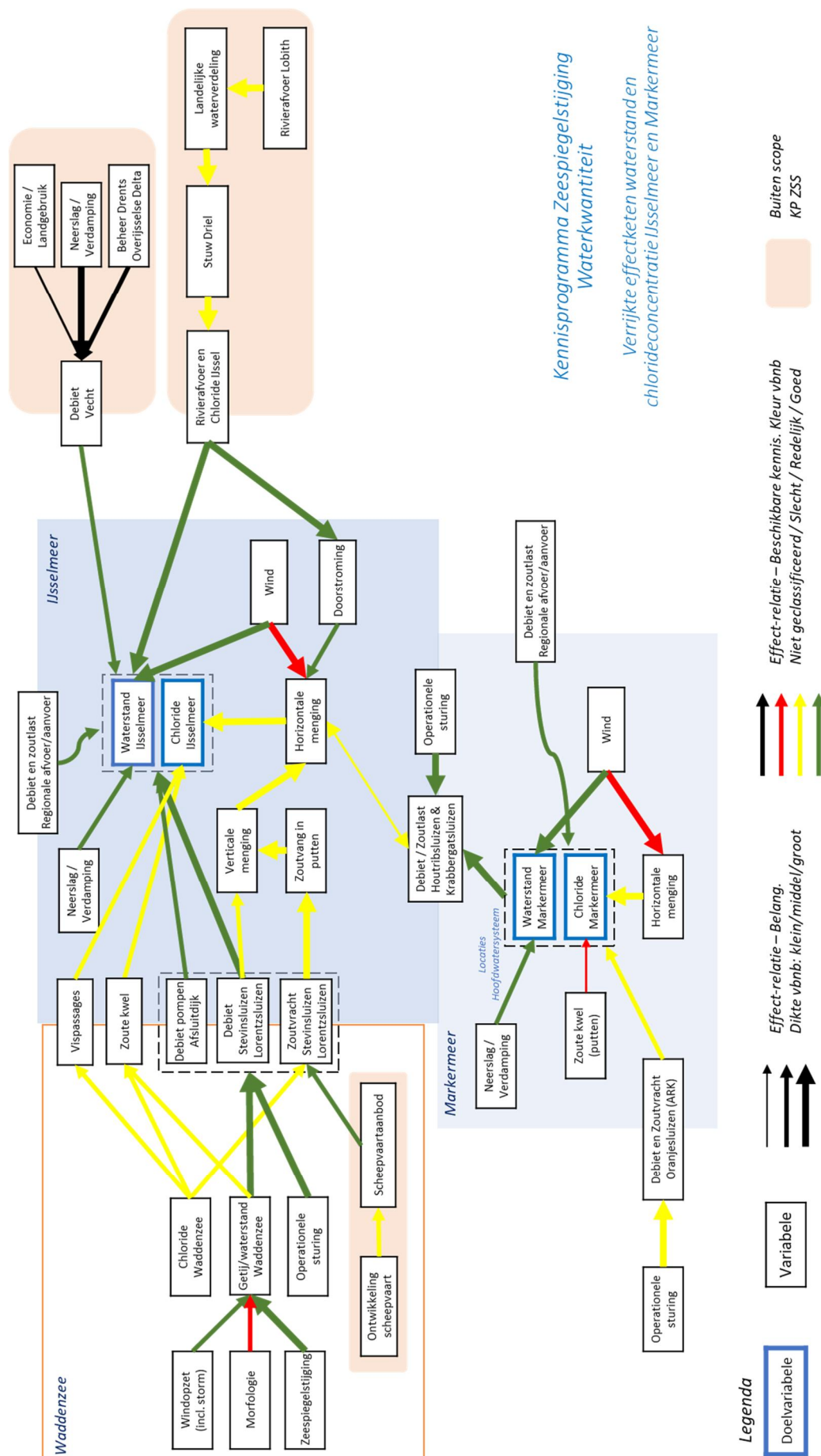
Tabel – Geïntervieweerde kennisvragen met criteria voor prioritering

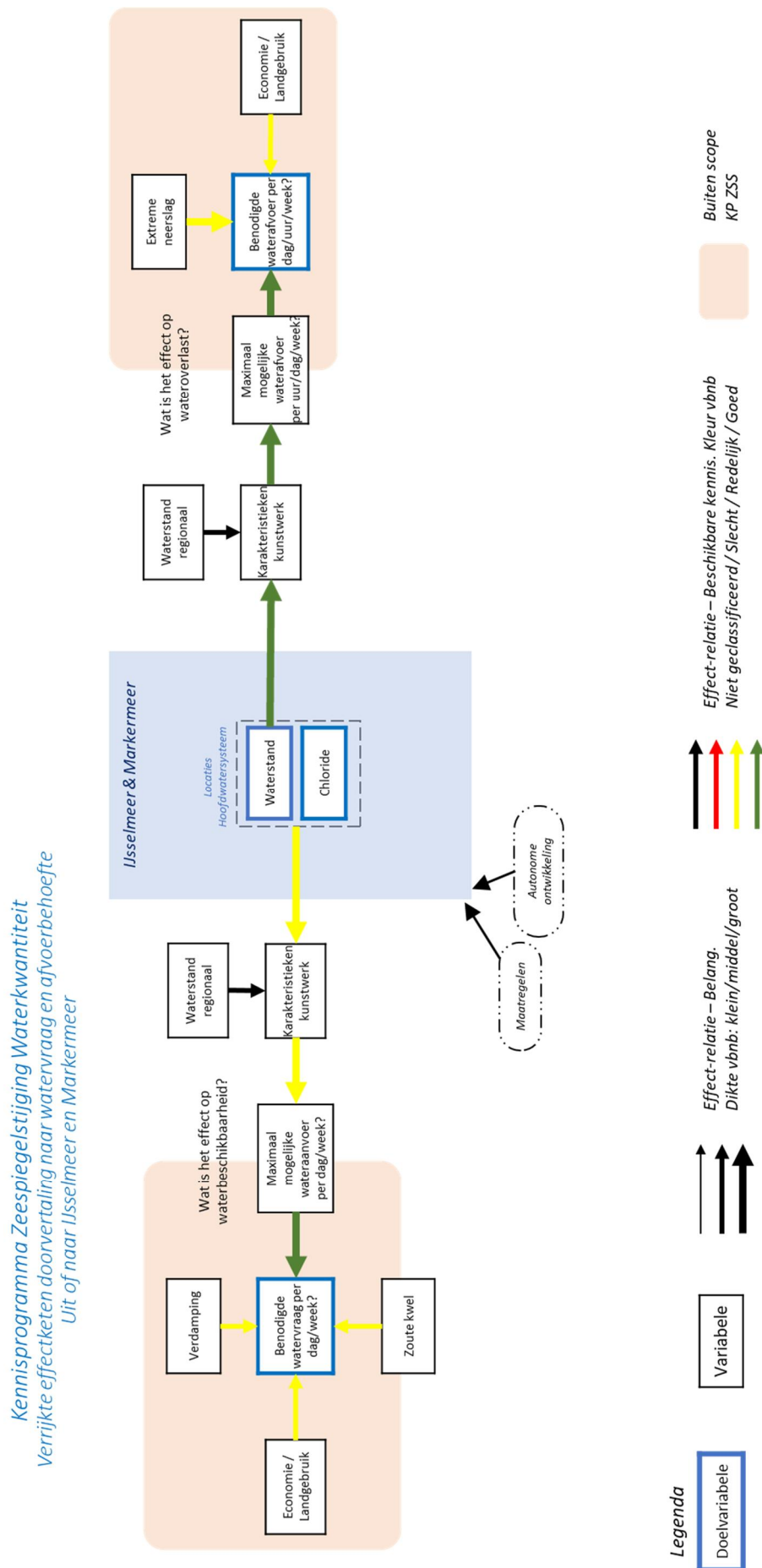
Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
E. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) randvoorwaarden in het rivierengebied (landelijke waterverdeling, aanvoer IJssel) en de waterstand/het getij op de Waddenzee (NB: Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zeespiegelstijging zijn inherent meegenomen in het KP Zeespiegelstijging en worden daarom niet apart benoemd.) ▪ Hoe verandert de zoetwatervaanvoer naar het IJsselmeergebied als gevolg van klimaatverandering? - o Hoe verandert de IJsselaanvoer als gevolg van klimaatverandering? - o Hoe verandert zoetwaterafvoer uit ARK route onder invloed van klimaatverandering en/of beheerstrategieën? ▪ Wat zijn de mogelijke veranderingen in de landelijke waterverdeling (afvoerdeling over IJssel, Nederrijn-Lek en Waal)? ▪ Hoe verandert de waterstand/het getij op de Waddenzee als gevolg van zeespiegelstijging? - o In hoeverre is veranderend windklimaat (windopzet) van belang voor de waterstand/het getij op de Waddenzee?	Ja Ja Ja Ja Ja Ja	Nee Nee Nee Nee Nee Nee	Deels Deels Deels Deels Ja Deels	KNMI-scenario's en Deltaprogramma Samen met Deltaprogramma en KP ZSS spoor 4 Scenario's door KNMI, effect door KP ZSS Mogelijkheid van veranderingen valt onder spoor 4. De wat-als vraag, wordt boven-regionaal opgepakt in spoor 2 Afstemmen met onderdeel hoogwaterveiligheid
D. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) zoute kwel naar het hoofdwatersysteem ▪ Hoe verandert de zoute kwel (e.g. onder de Afsluitdijk door of via diepe putten)? ▪ Leidt ZSS en zoute kwel tot een andere afvoer door de beheerders en wat is effect op hoofdwatersysteem?	Ja Ja	Nee Deels	Ja Deels	Wordt in spoor 2 landelijk doorgerekend met LHM Zoet-zout.

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
C. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) debiet en zoutvracht door de kustwerken ▪ Hoe verandert de aan- en/of afvoercapaciteit van de nationale en regionale kunstwerken (zowel vrij verval als bemalen/pompen) als gevolg van zeespiegelstijging? - o Wat betekent zeespiegelstijging voor spui- en maalcapaciteit Afsluitdijk gekoppeld aan peilbeheer? - o Hoe verandert de afvoercapaciteit van regionale kunstwerken (vrij verval of bemalen) als gevolg als gevolg van zeespiegelstijging – regulier en bij wateroverlast (e.g. extreme regenval)? (NB: Als peil hoofdwatersysteem stijgt, neemt de afvoercapaciteit onder vrij verval en/of bemaling af.) ▪ Hoe verandert de externe zoutlast door kunstwerken naar het IJsselmeer en Markermeer (spuien, schutten, vispassages, e.g. Afsluitdijk) als functie van zeespiegelstijging? - o Hoe verandert de capaciteit van zout-ontlastende maatregelen nabij Afsluitdijk (hevels, zoetspoelen, selectieve onttrekking, etc.)? - o Leidt pompen (nieuw geplaatste pompen) tot een andere dynamiek in de zoutlast? ▪ Hoe verandert de afvoercapaciteit ten gevolge van zeespiegelstijging voor alternatieve afvoerroutes (bijvoorbeeld NZK)?	Ja Ja Ja Ja Ja Ja Ja	Ja Deels ? Nee Deels Deels Deels	Ja Ja Deels Ja Ja Ja Deels	Algemeen: Kunstwerken HWS in scope KP ZSS, Kunstwerken regionaal buiten scope. Hydraulische informatie over het HWS kan KP ZSS aanleveren Pompen Afsluitdijk zijn in scope. Effect in scope, deels ook Deltaprogramma en KP spoor 4

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
B. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) watervraag en afvoerbehoefte van de omliggende gebieden				
Hoe verandert de watervraag (doorspoelbehoefte) als gevolg van een toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging uitgesplitst naar de volgende (deel)gebieden...?	Ja	?	Deels	Capaciteit in scope, ontwikkeling waterafvoer buiten scope
Wat betekent ZSS voor afvoer van zout uit de regio naar het IJsselmeergebied?	Ja	Ja	Deels	Obv berekeningen zoute kwel en doorspoeling LHM ZZ
Hoe veranderen de watervraag en waterafvoerbehoefte als gevolg van economische ontwikkeling en/of andere ruimtelijke ordening en landgebruik?	Ja	?	Nee	KP ZSS Sp 2 gaat geen socio-economische scenario's doorrekenen
Hoeveel extra doorspoeldebiet zou nodig zijn om de toename van de zoutlast als gevolg van zeespiegelstijging te beperken?	Ja ?	Ja (HWS) ? (regionaal)	Ja Deels	HWS buffers tbv de VKS en doorspoeling zoute kwel worden doorgerekend.
Hoe verandert de doorspoelbehoefte door toename zoutlek door scheepvaartsluizen bij Delftzijl? Zijn er alternatieve maatregelen?	Nee	Nee	Nee	Doorspoelbehoefte regionale wateren (bijv vaarweg Lemmer-Delfzijl, Lauwersmeer) niet. (geen onderdeel van VKS zoetwater)
Hoe verandert de afvoer van de vrij afwaterende stromen zoals Vecht en Eems als gevolg van ZSS?	voor water- veiligheid/ wateroverlast	?	Nee	Spoor 2 Hoogwaterveiligheid zal hydraulische condities voor hoogwater aanreiken

Kennisvragen per categorie	Belangrijke bouwsteen?	Voldoende kennis beschikbaar?	Binnen scope KP ZSS?	Toelichting
A. Kennisvragen over (de ontwikkeling van) waterstand, waterbeschikbaarheid en chlorideconcentratie in het ARK-NZK ▪ Hoe veranderen waterstanden op het IJsselmeer en het Markermeer als gevolg van zeespiegelstijging (meer-gemiddeld maar ook ter plekke van de innamepunten en kunstwerken)? - o Met het antwoord op de deze vraag zijn de volgende subvragen te beantwoorden: ▪ Hoe lang is niet meestijgen van zomer- en winterpeil met zeespiegelstijging houdbaar? ▪ Wat betekent het voor de statistiek van zomer- en winterpeil ▪ Wat zijn de invloeden van de huidige strategie voor zomer- en winterpeil op de zouthuishouding en de grotere beschikbare zoetwaterbuffer op gebruiksfuncties (e.g. natuur)? ▪ Is er een impact van zeespiegelstijging op de buffercapaciteit in peil van het IJsselmeergebied en de frequentie waarmee die wordt ingezet? ▪ Wat is rol/bijdrage zeespiegelstijging op waterbalans bij combinaties van zeespiegelstijging, IJsselafoer, watervraag en verdamping? ▪ Hoe verloopt de chlorideconcentratie in het IJsselmeer en het Markermeer als gevolg van zeespiegelstijging op locaties van de innamepunten en andere relevante locaties? (NB: Norm voor chlorideconcentraties in gekoppeld aan gebruiksfuncties als drinkwater, landbouw en natuur.) - o Andijk (maatgevend) - o Alle innamepunten en koppelpunten - o Andere relevante locaties bijvoorbeeld voor natuur	Ja	Deels	Ja	Vragen over hoogwaterafvoer en meestijgen worden bij Spoor 2, thema Hoogwaterveiligheid belegd. ISWP levert daartoe veel kennis aan. Vragen over uitzakken en zoetspoelen bij thema Zoetwater
	Ja	Nee	Ja	





Bijlage – Korte uitleg opbouw van een verrijkte effectketen

De verrijkte effectketen wordt in drie stappen opgebouwd. In de eerste stap worden de doelvariabelen vastgesteld: Wat moet het model gaan berekenen? Naast parameter en eenheid zijn locatie en statistiek en gewenste nauwkeurigheid van belang. In de verrijkte effectketen wordt de doelvariabele met een blauw kader aangegeven.

In de tweede stap wordt een conceptueel model opgesteld. Een conceptueel model geeft in de vorm van een stroomschema welke factoren en processen van belang zijn voor de doelvariabele. Wat bepaalt de waarde van de doelvariabele of waarvan is het afhankelijk? Wat resulteert is een netwerk van oorzaak-effectrelaties met de doelvariabele als uiteindelijke uitkomst.

In de derde stap wordt het conceptueel model door deskundigen op twee punten verrijkt met kennis:

- Voor iedere oorzaak-effectrelatie wordt de mate van belangrijkheid ingeschat op een driepuntsschaal (niet/weinig belangrijk / belangrijk / zeer belangrijk) en vervolgens weergegeven met de dikte van de pijl (dun / gemiddeld / dik).
- Vervolgens wordt van iedere oorzaak-effectrelatie aangegeven of er voldoende kennis over is. De pijl wordt rood gekleurd als ingeschat wordt dat er onvoldoende kennis is, geel als er in redelijke mate kennis is, en groen als er voldoende kennis is.

Doordat de verrijkte effectketen met deskundigen is opgebouwd, is het resultaat een gedeeld beeld van zekerheden, onzekerheden en kennisleemtes voor de specifieke toepassing van het model ofwel de voorspelling van de doelvariabele. Als de verrijkte effectketen volledig groen is, worden geen belemmeringen voor modelontwikkeling en -toepassing voorzien. Belangrijke (dikke) pijlen die rood gekleurd zijn vragen specifiek aandacht tijdens de modelontwikkeling en -toepassing. Expliciet gemaakt moet worden hoe men hiermee denkt om te gaan. Voor gele codering is de noodzaak minder, maar wordt nog steeds een expliciete afweging gevraagd.

Bijlage – Samenvatting gestelde vragen tijdens de tweede gebiedssessie IJsselmeergebied KP ZSS

De geïnventariseerde input uit de bijeenkomst zijn zoveel mogelijk meegenomen in het overzicht van de geprioriteerde kennisvragen in dit memo. Daarnaast zijn de opmerkingen in deze bijlage verzameld, om eventueel in een later stadium op terug te kunnen kijken bij de modelontwikkeling.

Tijdens de inleidende presentaties over de aanpak in het komen tot geprioriteerde kennisvragen en de scopeafbakening voor modelontwikkeling, werden er vragen gesteld over een aantal onderwerpen. Enerzijds betrof dit de plaatsing van de ontwikkelingen en activiteiten van het KP ZSS in de vele activiteiten en programma's die er spelen in de regio. Coördinatie, regie en "joint fact finding" is nodig om de verschillende initiatieven op elkaar af te stemmen.

Verder werd toegelicht dat de aanpak van het KP in eerste instantie per gebied zoals IJsselmeergebied is, om vervolgens een bovenregionale afstemming op landelijke schaal te kunnen doen. Deze aanpak moet inzicht bieden in de hoeveelheid water die per gebied nodig is, ongeacht de beschikbaarheid op landelijk niveau.

De afstemming met het gebruik van de uitkomsten van het model uit de regio's kwam ook aan bod. Deze afstemming is complex, en samenwerking is nodig en vindt o.a. plaats door middel van dit soort sessies waarbij de regio's meegenomen worden in het proces. Het is daarnaast ook aan de regio's om de relevante informatie aan te bieden uit andere trajecten om zo goed de afstemming te waarborgen.

Rivierbederosie werd genoemd als een proces dat de rivierafvoer beïnvloedt. Rivierafvoer is een input in het model, en als de achterliggende processen worden meegenomen in de bepaling van de rivierafvoer, dan kan het meegenomen worden in het proces. Ook dit is weer de "als-dan" benadering van het model.

Interactieve sessie

Aanvullingen en opmerkingen bij de geprioriteerde kennisvragen:

- We hebben nog niet genoeg kennis of en hoe we voldoende genoeg voor toepassing kunnen parameteriseren/consistent kunnen opschalen, het lijkt me beter om te richten op hoe we vanuit meer volledige fysica/resolutie consistent kunnen opschalen (in ruimte/tijd en verwaarlozen van processen die er niet toe doen voor toepassing) ipv. te beginnen met 1D model (waar bv. wind en stratificatie in principe al niet goed meegenomen kunnen worden). (Menno)
- Chloridegehalte in het IJsselmeer wordt voor een groot deel al bepaald door gehalten in de IJssel. in het IJsselmeer schommelt het nu zo tussen de 100 en 150 mg/l. Om vertrouwen te krijgen moeten de overige bronnen redelijk goed ingeschat worden, zodat de afwijking (voor de huidige situatie) tussen berekend en gemeten situatie ordegrrootte 10-20 mg/l is. bandbreedte van 25-50 is te groot. (Daniel) → Reactie: Toegevoegd aan de kennisvragen en aan de verrijkte effectketen.
- Stroomrichting (en dus zout) door de Oranjesluizen zal vooral richting IJ/NZK gaan niet andersom (vanwege peilverschil), maar uitzoeken is uiteraard goed: hoe gaan de peilen aan weerszijden van de Oranjesluizen zich ontwikkelen? (Lucas) → Meegenomen in kennisvraag.
- Hebben we genoeg kennis over extra druk op de ondergrond en bijbehorende kwel als er meer buitendijkse eilanden gebouwd gaan worden in de toekomst (t.b.v. natuur, woningbouw etc.)? wat hebben we geleerd van de Flevopolder, IJburg, Marker Wadden? (Menno)
- Worden hier ook toekomstige ontwikkeling van nieuw te bouwen gemalen meegenomen? Komt via de spuigaten/bemalingskokers zoutwater naar binnen? Of is dit afgesloten? Zo technisch ben ik niet, maar ik ken wat verhalen (Mirjam) → Reactie: Toekomstige ontwikkeling kan als "als-dan" variant meegenomen worden. Onderbouwde aannames voor gemaalcapaciteit en voor zoutlast zijn nodig. Waarschijnlijk is er voldoende kennis om dergelijke aannames te doen.

- Naast kwel speelt ook nalevering van chloride vanuit de voormalige Zuiderzeebodem een rol (Ton) → Reactie: Toegevoegd aan de kennisvraag.
- Terecht is in het overleg de rivierbederosie genoemd, die een rol kan gaan spelen in de toekomstige IJsselafvoer (Albert R.) En de hieraan gekoppelde inname bij Eefde (Meinte namens Pieter F). → Reactie: Toegevoegd aan de kennisvraag.
- Ontwikkeling watervraag zal altijd onzeker blijven, omdat er zomaar zeer grote nieuwe watervragers kunnen ontstaan (denk bijv. aan blue energy, dat een paar jaar geleden ineens kansrijk leek). Dus van belang hier ook een aantal varianten door te rekenen (albert R.). → Reactie: Toegevoegd aan de kennisvraag.
- Hebben we al ergens belegd het in de toekomst frequenter voorkomen van golfoploop bij Afsluitdijk met meer spray over de dijk van relatief zout water van Waddenzee naar IJsselmeer? (Menno) → Reactie: Niet toegevoegd onder aanname dat Afsluitdijk vanuit waterveiligheid meegroeit met golfoploop en dus golfoploop gelijk blijft.
- Is er voldoende kennis over de effecten van klimaatverandering op het getij en extremen op de Waddenzee? Dit is onderdeel van veel grotere systemen zoals de Noordzee en de Oceanen en gravitatieverschuivingen + afhankelijke van extremere weersverschijnselen (orkanen e.d.) => hoe bepalend zijn deze extremen voor de te volgen strategie? (wouter). → Reactie: Opmerking zal worden meegenomen in de toelichting op de kennisvraag voor randvoorwaarden Noordzee en Waddenzee. Terechte vraag.
- Ik mis in dit model opzet ook nog sterk de afvoersituatie component. Wordt die ook beïnvloedt door Zeespiegelstijging? Daar heeft ISWP al veel over geschreven, maar is dat afdoende? En moet daarvoor nog in het conceptueel model aanvulling komen? (Mirjam) → Reactie: Afvoer is onderdeel van de vraagstelling voor hoogwaterveiligheid. Wat hier is opgehaald wordt daarnaartoe meegenomen.
- nb: vergeet alle vismigratie projecten niet. (daniel) → Reactie: Toegevoegd aan kennisvragen en aan verrijkte effectketen.
- Vitens zoekt alternatieven voor drinkwaterwinning in het IJsselmeergebied als alternatief voor grondwater. Mogelijk ook andere drinkwaterbedrijven. Hiermee wordt de kwaliteit een groter issue, mogelijk een nieuw knelpunt in de vorm van brijn als residu (Ton)
- Rekening houden met afname van voorjaar en zomerafvoer van de Vecht door toename van vasthouden water strategie door de Duitsland en de waterschappen. → Reactie: Toegevoegd als kennisvraag. Als "Als-dan" variant mee te nemen in gevoeligheidsberekeningen.
- Ben benieuwd of in dit traject ook innovatieve maatregelen doorgerekend kunnen worden zoals verticale dijkdrainage (perkpolder systeem). Dit zou op landelijke schaal inzichtelijk kunnen maken, of we de toename van zoute kwel als gevolg van zzs kunnen tegengaan (daniel) → Reactie: In algemene zin kunnen maatregelen in de gevoeligheidsberekening worden meegenomen. Wat is het effect als ...?
- Grootschalige ontzilting van zeewater ook als alternatief verkennen (JandB)? → Reactie: In eerste iteratie niet meenemen, omdat het afwijkt van de VKS. Wellicht in de tweede iteratie als dit vanuit Spoor 4 naar voren gebracht wordt.

Aanvullende vragen en toevoegingen bij de verrijkte effectketen:

Waterstand en chlorideconcentratie:

- Hoe ga je om met nieuwe ontwikkelingen? Zoals Wieringerhoek, wordt daar ook het effect van Zeespiegelstijging meegenomen in de robuustheid van de ontwikkeling? -- wellicht is deze er bij de prioritering van kennisvragen eruit gevallen. → Reactie: In het kader van PAGW wordt klimaatrobustheid Wieringerhoek meegenomen. KP ZSS kijkt hier niet specifiek naar.
- Ook vispassages toevoegen en debiet hiervan, dat is een andere knop in afschaling voor watergebruik. → Reactie: Kan meegenomen worden als onderdeel van de capaciteit van kunstwerken.
- Rondom debieten sluizen Afsluitdijk: alleen schutsluizen meenemen (meegenomen) of ook spuisluizen. → Reactie: Zowel schut- als spuisluizen zijn meegenomen. Daarnaast kunnen ook eventuele pompen en/of andere maatregelen gedefinieerd worden.
- Het doorrekenen van opeenvolgende (extreme) jaren lijkt mij van belang om de robuustheid te testen: combinatie van droge zomer en relatief droge winter. Wat als er in een jaar onvoldoende herstel optreedt? Kan je dan over een (kwalitatief, ecologisch) kantelpunt gaan? (Wouter)
- Chloride in uitslagwater regio vertoont ook variatie. Met zzs neemt dit waarschijnlijk in omvang toe met consequenties in HWS. Zoutgehalten IJssel variëren nu ook nog., zijn de verklarende

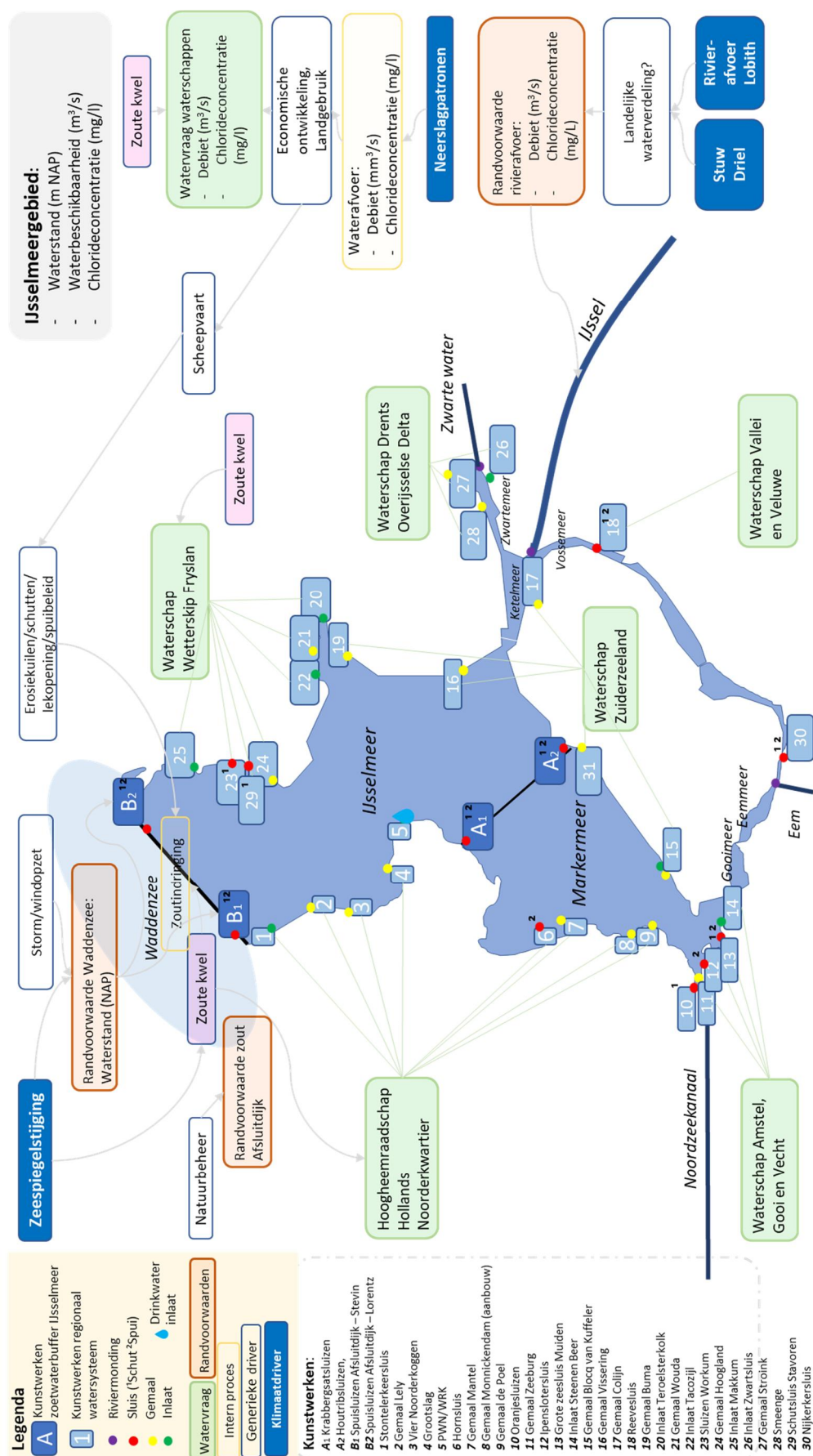
variabelen hier voldoende van bekend? (Ton) → Chlorideconcentratie IJssel toegevoegd aan verrijkte effectketen met kleur geel (deels onbekend).

- Ook bij de vraag van het doorspoelen moet je gaan rekenen met varianten. Waar en in welke mate wordt (regionale) brakke kwel aangepakt, zodat doorspoelbehoefte afneemt? (Lucas) → Reactie: Ja, kennis vanuit de regionale systemen kan en moet aangedragen worden, zodat het in de gevoeligheidsberekeningen kan worden meegenomen. Het kennisprogramma zeespiegelstijging zal de regio informatie aanleveren over de toename van zoute kwel als gevolg van zeespiegelstijging.

Watervraag en afvoerbehoefte:

- Bedenk dat peil en zout sterk gekoppeld zijn per bekken. Beschouw MM en IJM daarom ook voor peil als onderling gekoppelde bekken.
- Toch is de ervaring in de zomer dat we ze apart beschouwen. Dit jaar was Markermeer beduidend hoger dan IJsselmeer. Zeker als de diepe putten meer zoute kwel leveren dan lijkt me dat markermeer op een andere manier in de tijd nog doorgespoeld moet worden. Daarnaast heeft MM geen drinkwaterfunctie.
- Houd rekening met verschil in verblijftijden in HWS (Markermeer gemiddeld 18 mnd - IJsselmeer gemiddeld 4 mnd).

Bijlage – update Kunstwerken en Conceptueel model n.a.v. de bijeenkomst van 24 november



Tabel kunstwerken IJsselmeergebied

Beheerder	Regionaal kunstwerk (met connectie hoofdwatersysteem)	Hoofdwatersysteem
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Stontelerkeersluis	IJsselmeer
	Gemaal Lely	IJsselmeer
	Vier Noorderkoggen	IJsselmeer
	Grootslag	IJsselmeer
	Hornsluis	Markermeer
	Gemaal Mantel	Markermeer
	Gemaal de Poel	Markermeer
	Gemaal Monnickendam (aanbouw)	Markermeer
Waterschap Amstel, Gooi en Vecht	Gemaal Zeeburg	Markermeer
	Grote zeesluis Muiden	Markermeer
	Aflaat Ipenslotersluis	Markermeer
	Inlaat Steenen Beer	Markermeer
Wetterskip Fryslân	Inlaat Makkum	IJsselmeer
	Hooglandgemaal	IJsselmeer
	Sluizen Workum	IJsselmeer
	Inlaat Tacozijsluis	IJsselmeer
	Woudagemaal	IJsselmeer
	Inlaat Teroelsterkolk	IJsselmeer
Waterschap Zuiderzeeland	Gemaal De Blocq van Kuffeler	Markermeer
	Gemaal Vissering	IJsselmeer
	Gemaal Buma	IJsselmeer
	Gemaal Colijn	Ketelmeer
	Gemaal Lovink	Vossemeer
	Gemaal Wortman	Markermeer
Waterschap Drents Overijsselse Delta	Inlaat Zwartsluis	Zwarte Water
	Gemaal Stroink	Zwartemeer
	Gemaal Smeenge	Zwartemeer
Waterschap Vallei & Veluwe	Reevesluis	Drontermeer

Kunstwerken tussen Rijkswateren excl. Afsluitdijk en Houtribdijk

Rijkswaterstaat	Roggebotsluis (wordt opgeheven)	Vossemeer- Revemeer
	Nijkerkersluis	Nijkerkernauw- Nuldernauw
	Reevesluis	Revemeer- Drontermeer
	Oranjesluizen	Markermeer-NZK

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl