Deltares

Enabling Delta Life

Beheer en Onderhoud en Ontwikkeling Modelinstrumentarium Waterkwaliteit en Ecologie Rijkswateren 2013

Deltares

Beheer en Onderhoud en Ontwikkeling Modelinstrumentarium Waterkwaliteit en Ecologie Rijkswateren 2013

drs. A.J. Nolte

1207726-000

© Deltares, 2013, B

Deltares

Titel
Beheer en Onderhoud en Ontwikkeling Modelinstrumentarium Waterkwaliteit en Ecologie Rijkswateren 2013

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1207726-000	1207726-000-ZKS-0004	65

Trefwoorden
Waterkwaliteit, Ecologie, DELWAQ, HABITAT, modellen, Beheer, Onderhoud, Ontwikkeling

Samenvatting
Rijkswaterstaat wil de gebiedsschematisaties voor waterkwaliteit en ecologie en voor 3D zoutindringing en zoutverspreiding die de komende jaren voor het beheer van Rijkswateren nodig geacht worden, onder beheer en onderhoud brengen. Indien voor beheervragen nog geen geschikte schematisaties beschikbaar zijn, kan ontwikkeling nodig zijn. In het kader van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties wordt in 2013 zowel de procesmatige als de technische kant van het B&O ontwikkeld. De al bestaande structuur voor de hydraulische gebiedsschematisaties dient als voorbeeld.

Rijkswaterstaat WVL heeft in eerste kwartaal van 2013 beheervragen geïnventariseerd. In dit rapport antwoordt Deltares met voorstellen voor Beheer en Onderhoud (B&O) en voor Ontwikkeling. Op basis van deze voorstellen heeft Rijkswaterstaat de prioriteren gesteld voor de activiteiten die in 2013 uitgevoerd gaan worden.

Referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	mei 2013	drs. A.J. Nolte		dr. F.J. Los		ir. T. Schilperoort	
2.0	juni 2013	drs. A.J. Nolte	AN	dr. F.J. Los		ir. T. Schilperoort	b/a

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding **1**
1.1 Aanleiding 1
1.2 Aanpak: Cyclus vraagarticulatie en B&O en ontwikkeling 2
1.3 Doelstelling en afbakening 2
1.4 Historie 3
1.5 Leeswijzer rapport 3
1.6 Definities en begrippenlijst 4

2 Vraagarticulatie Rijkswaterstaat 2013 **7**
2.1 Inleiding 7
2.2 Overzicht geïnventariseerde beheervragen 7

3 Ordening beheervragen op hoofdlijnen **11**
3.1 Verdeling beheervragen naar inhoudelijke en modelmatige aanpak 11
3.2 Verdeling beheervragen naar categorieën en Rijkswaterstaat onderdelen 13

4 Kader en context: Systeemkennis en proceskennis **15**
4.1 Achtergrondinformatie proceskennis 15
4.1.1 Zoutindringing en zoutverspreiding in relatie tot zoetwatervoorziening 15
4.1.2 Koelcapaciteit Rijkswateren 16
4.1.3 Slibkwantiteit (morfologie) 16
4.1.4 Effectketen – Integrale ecosysteemmodellering 16
4.1.5 Overige vragen 19
4.2 Achtergrondinformatie per watersysteem 19
4.2.1 Hoofdwatersysteem (HWS) 19
4.2.2 Bovenrivierengebied 20
4.2.3 Rijn-Maasmonding / Benedenrivierengebied 21
4.2.4 Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal 27
4.2.5 IJsselmeergebied 28
4.2.6 Waddenzee 30
4.2.7 Eems-Dollard 32
4.2.8 Zuidwestelijke Delta 33
4.2.9 Volkerak-Zoommeer 34
4.2.10 Grevelingenmeer 35
4.2.11 Oosterschelde 37
4.2.12 Westerschelde 37
4.2.13 Noordzee 38

5 Voorstel voor B&O en Ontwikkeling 2013 **41**
5.1 Buiten afbakening 41
5.2 Voorstel voor Beheer & Onderhoud 42
5.3 Voorstel voor Ontwikkeling 46
5.4 Voorstel voor andere aanpak 50
5.5 Nagekomen vraagarticulatie 52

6 Aanbevelingen en overwegingen **53**

6.1 Aanbevelingen naar aanleiding van vraagarticulatie en voorstellen B&O en Ontwikkeling 53
6.1.1 Bijeenbrengen van hydrodynamica voor waterveiligheid en voor zout en effectketen 53
6.1.2 Omgaan met gebiedsmodellen op basis van andere modelsoftware 54
6.1.3 Ontwikkel generieke werkwijze om te bepalen of gebiedsmodel goed genoeg is 54
6.1.4 Systeemkennisbasis Rijkswateren 55
6.1.5 Geen beheervragen voor contaminanten 55
6.2 Overwegingen voor de toekomst 56
6.2.1 Next Generation Hydro Software 56
6.2.2 Rekenen met 1, 2 of 3 dimensies? 56
6.2.3 Toekomstige ontwikkelingen van integrale ecosysteemmodellering 57

7 Prioritering Rijkswaterstaat 2013 61
7.1 Geprioriteerde beheervragen en definieerde activiteiten 2013 61
7.2 Huidig overzicht van beschikbare gebiedsmodellen 63

8 Referenties 65

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het waterbeheer spelen waterkwaliteits[1]- en ecologische gebiedsmodellen een belangrijke rol bij het analyseren van de ecologische en waterkwaliteitseffecten van mogelijke maatregelen gericht op gebruik, inrichting en beheer van wateren en wetlands. Ook bij de uitvoering van landelijke en wettelijke taken kunnen gebiedsmodellen voor waterkwaliteit en ecologie van groot belang zijn. Zo worden modellen ingezet voor de onderbouwing van maatregelen voor het realiseren van de ecologische doelstellingen binnen de KRW. Dit zal ook gelden voor de mariene equivalent van de KRW, de KRM. Ook voor de implementatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn (NATURA2000) zijn waterkwaliteits- en ecologische modellen nodig voor gekwantificeerde onderbouwing van de effectiviteit van beheer- en inrichtingsmaatregelen gericht op het realiseren en instandhouden van de ecologische en natuurdoelstellingen. Verder spelen waterkwaliteits- en ecologische modellen een belangrijke rol bij het kwantificeren van de effecten van veranderingen in het klimaat en planontwikkeling voor klimaatbestendige, robuuste inrichting van de Rijkswateren, maar ook voor het kwantificeren van ingrepen in de watersystemen (bijvoorbeeld Maasvlakte 2, Ruimte voor de Rivier), alsook bij de analyse van de ecologische inpasbaarheid van ruimtelijke ontwikkelingen (passende beoordeling). Tot slot worden gebiedsmodellen in toenemende mate ingezet als informatiebron ter ondersteuning van monitoringsprogramma's.

Bij Deltares zijn in de afgelopen (tientallen) jaren vele modellen ingezet ten behoeve van vragen, studies en onderzoeken voor onder andere Rijkswaterstaat, het Ministerie van I&M en het Ministerie van EZ. De toegepaste modellen worden bij en door Deltares gearchiveerd en bij volgende studies hergebruikt, eventueel met bepaalde aanpassingen of uitbreidingen. Tussen Deltares en Rijkswaterstaat bestaan geen afspraken over de wijze van archivering. In tegenstelling tot de hydraulische modellen die voor waterveiligheid worden toegepast, is er geen gestructureerde, geformaliseerde procedure voor Beheer en Onderhoud (B&O) en/of Ontwikkeling. Ontwikkelingen en toepassingen van modellen hebben daardoor meer een ad-hoc karakter, waarbij Deltares zelf zorg draagt voor afstemming.

Rijkswaterstaat wenst de modellen voor waterkwaliteit en ecologie en voor zoutindringing en zoutverspreiding onder gestructureerd en geformaliseerd B&O te brengen op een vergelijkbare manier als voor de hydraulische modellen is geregeld. Om het beheer en onderhoud van schematisaties te structureren en te formaliseren dienen drie aspecten geregeld te worden:

1 De organisatorische, procesmatige kant: Vaststellen van rollen en verantwoordelijkheden, vastleggen van procedures en protocollen.
2 De technische kant: Opzetten van beheersysteem (versiebeheer, repository, hardware)
3 De inhoudelijke kant: Informatie-uitwisseling en besluitvorming over welke modellen met welke status in B&O worden opgenomen en welke ontwikkeling nodig is.

Dit rapport maakt onderdeel uit van het derde aspect en draagt bij aan het eerste aspect.

[1] *De term 'waterkwaliteit' wordt in dit rapport in de breedste zin gebruikt. Naast chemische waterkwaliteit wordt ook zout, temperatuur en slib (troebelheid) tot de verzamelterm 'waterkwaliteit' gerekend.*

1.2 Aanpak: Cyclus vraagarticulatie en B&O en ontwikkeling

Voor B&O en Ontwikkeling worden in een jaarlijkse cyclus vier stappen gezet:

1 De vraagarticulatie van Rijkswaterstaat: Welke beheervragen moeten de komende jaren beantwoord (kunnen) worden?
2 De inventarisatie van Deltares: Zijn de beschikbare modellen geschikt voor het beantwoorden van de beheervragen en zo niet, wat is nodig voor Beheer & Onderhoud of Ontwikkeling?
3 Rijkwaterstaat prioriteert de door Deltares geïnventariseerde activiteiten voor Beheer & Onderhoud en/of Ontwikkeling en geeft aan welke activiteiten dat jaar uitgevoerd moeten worden. Activiteiten die niet uitgevoerd worden, blijven op de inventarisatie staan voor inbreng en heroverweging in de volgende jaarcyclus.
4 Deltares voert de door Rijkswaterstaat geprioriteerde activiteiten voor Beheer & Onderhoud en/of Ontwikkeling uit.

De hierboven beschreven cyclus wordt in 2013 voor het eerst uitgevoerd. De werkwijze is niet vooraf in detail uitgewerkt, maar wordt in nauwe samenwerking tussen Rijkswaterstaat en Deltares werkenderwijs opgezet. Deze eerste cyclus heeft dan ook als belangrijk (neven)doel om te leren wat goed werkt en wat aanpassing behoeft. Lessen en conclusies worden meegenomen in de volgende cyclus. In de tweede helft van 2013 wordt de werkwijze nader vastgelegd met het oog op heldere afspraken tussen Rijkswaterstaat en Deltares, maar evenzeer op brede communicatie en informatievoorziening voor niet direct betrokkenen.

Rijkswaterstaat WVL heeft in het eerste kwartaal van 2013 de vraagarticulatie (stap 1) uitgevoerd. In bijlage A zijn de geïnventariseerde beheervragen integraal opgenomen. Dit rapport is het resultaat van de inventarisatie in stap 2.

1.3 Doelstelling en afbakening

Het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties heeft tot doel om eind 2013 alle geselecteerde modellen voor waterkwaliteit en ecologie inclusief hydrodynamica- en slib-modellen die daarvoor nodig zijn en modellen voor zoutindringing en zoutverspreiding onder B&O te brengen en daarvoor alle benodigde organisatorische en technische aspecten te regelen.

Het geven van inzicht in de beschikbaarheid, de status en de toepasbaarheid van de modellen is een belangrijke opgave. Dit inzicht is de op feiten gebaseerde basis voor de communicatie tussen Rijkswaterstaat en Deltares en vormt de informatievoorziening naar alle medewerkers van Rijkswaterstaat, Deltares en andere partijen zoals ingenieursbureaus en kennisinstituten. Als gewenst eindbeeld wordt voorzien om – conform de hydraulische modellen – dat inzicht via de Helpdesk Water eind 2013 te realiseren.

Het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties omvat de volgende toepassingsgebieden:

- 1D/2D/3D Gebiedsmodellen voor waterkwaliteit en ecologie inclusief hydrodynamica- en slib-modellen die daarvoor nodig zijn.
  - ➔ Effectketenmodellering (zie paragraaf 4.1.4)
  - ➔ Primaire software: DELWAQ en HABITAT
    → en SOBEK, WAQUA, TRIWAQ en Delft3D-FLOW
- 3D modellering van zoutindringing en zoutverspreiding

De volgende toepassingsgebieden vallen niet onder het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties:

- 1D modellering van zoutindringing en zoutverspreiding.
    - Deze toepassingen vallen onder de SLA Hydraulische modellen.
- Zouttransport door sluizen
    - Voor deze toepassing wordt (onder andere) het Zoutlekmodel ingezet. In het kader van het KPP Corporate Innovatie Programma (CIP) Beperking zoutindringing wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een generiek Zoutlekmodel om voor bestaande en nieuwe sluisconfiguraties in binnen- en buitenland (Krammer duwvaartsluizen, Terneuzen, IJmuiden) de zoutlek te kunnen bepalen en Innovatieve Zout-Zoetscheidingssystemen te toetsen.
    - De verspreiding van het zout in het oppervlaktewater *nadat* het door een sluis gelekt is, valt wel onder het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties voor zover het 3D modellering betreft.
- KRW-Verkenner
    - De toepassing en ontwikkeling van de KRW-Verkenner heeft een eigen (KPP) project en organisatie. Voor zover overlap in onderliggende modellen bestaat, vindt afstemming plaats.
- Morfologische vraagstukken – dat wil zeggen vraagstukken die tot doel hebben een verandering van de bathymetrie te berekenen – maken gebruiken van andere modelsoftware (Delft3D-Morfologie, SOBEK-Morfologie) en vallen daarom niet onder het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties. Het gaat bijvoorbeeld om morfologische studies en berekeningen voor kustsuppleties (KPP Kustlijnzorg), aanslibbing van havens (geen KPP) en morfologische vragen in het rivierengebied (KPP Rivierkunde). Voor dergelijke morfologische modellen is nog geen gestructureerd B&O kader aanwezig. Rijkswaterstaat zal in de loop van 2013 besluiten of ook een B&O traject voor de morfologische modellen wordt gestart.

1.4 Historie

Het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2013 is een samenvoeging van vier KPP projecten uit voorgaande jaren: Ecologische Toolbox, 3D modelinstrumentarium, Slib zoute wateren en Temperatuurmodellering. In 2012 is in gezamenlijk kader van Ecologische Toolbox en 3D modelinstrumentarium een begin gemaakt met het overzicht van beschikbare gebiedsmodellen. Hiervoor is onder andere een wiki-omgeving opgezet en gerapporteerd over de mogelijkheden voor beheer en onderhoud (Deltares, 2013). Dit voorliggende rapport bouwt hierop voort.

In het KPP Slib Zoute wateren is door Rijkswaterstaat en Deltares de vraagarticulatie met betrekking tot slibvraagstukken in de Noordzee geadresseerd (Deltares, 2013b). Naast inhoudelijke aspecten is hierbij ervaring opgedaan met de wijze van vraagarticulatie en de rol- en verantwoordelijkheidsverdeling tussen Rijkswaterstaat en Deltares. De in 2013 uitgevoerde vraagarticulatie, die zich over meerdere vakgebieden en over alle Rijkswateren uitstrekte, is hieruit voortgevloeid.

1.5 Leeswijzer rapport

Dit rapport is bedoeld voor iedereen die in zijn/haar werk met modellen in aanraking komt. Dit geldt zowel voor degene die informatie uit modellen nodig heeft en gebruikt, maar niet zelf de modelberekeningen uitvoert, als voor de modelleur die met modellen informatie genereert, en al dan niet zelf het (eind)advies opstelt. Modelexpertise is niet nodig, maar enige affiniteit met

modellen en modellering is wenselijk. Evenzo is expertise van de beheertaken van Rijkswaterstaat geen vereiste, maar affiniteit met de wijze van toepassing van modelresultaten is wenselijk.

In hoofdstuk 2 zijn de door Rijkswaterstaat WVL aangeleverde beheervragen opgenomen, onderverdeeld naar onderwerp en regionale dienst. In hoofdstuk 3 wordt een korte analyse uitgevoerd en wordt een ordening aangebracht op basis van kenmerken van het dominante fysische, biochemische en/of ecologische proces en/of het watersysteem. In hoofdstuk 4 volgt dan een introductie op hoofdlijnen van beide kenmerken, waarna in hoofdstuk 5 de inventarisatie van de antwoorden op de beheervragen volgt. Hoofdstuk 6 beschrijft aanbevelingen en overwegingen van Deltares op basis van stappen 1 en 2 van de jaarlijkse cyclus. Hoofdstuk 7 geeft tenslotte de door Rijkswaterstaat WVL geprioriteerde activiteiten weer.

1.6 Definities en begrippenlijst

Vanwege de meerdere betekenissen van het woord ‘model’ wordt dat woord zoveel mogelijk vermeden. Om de betekenissen te onderscheiden wordt altijd een toevoeging gebruikt zoals modelsoftware, modelgrid, gebiedsmodel, etc. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de in dit rapport gehanteerde definities

Modelsoftware, modelcode, rekenhart	De modelsoftware, modelcode en het rekenhart slaan alle op de set wiskundige vergelijkingen die de fysische, biochemische of ecologische werkelijkheid beschrijft. Berekeningen worden uit nadat de vergelijkingen zijn omgezet naar een executable. De codes of modelsoftware zoals DELWAQ en HABITAT zijn in principe generiek, dat wil zeggen dat dezelfde modelcode kan worden gebruikt voor een grote categorie gelijksoortige gebiedsmodellen.
Modelschematisatie, Gebiedsmodel, Modeltoepassing	Een gebiedsmodel levert de rekenresultaten voor een bepaalde casus en omvat het samenstel van alle gebiedspecifieke gegevens zoals de ruimtelijke schematisatie, het bodemprofiel, de belastingen, de randvoorwaarden, meteorologische condities etc. die nodig zijn voor de modelberekeningen.
Modelgrid, rekenrooster	Het modelgrid of rekenrooster is de ruimtelijke opdeling van een gebied in (reken)vakjes, cellen of segmenten. Vaak wordt onderscheid gemaakt in horizontale en verticale opdeling. Het modelgrid of rekenrooster is een van de meest belangrijke elementen van een gebiedsmodel.
Modelinvoer	Modelinvoer is de set aan gegevens die nodig is om, samen met de modelsoftware, berekeningen te laten maken die zinvol zijn om de situatie in een bepaald gebied en gedurende een bepaalde periode te simuleren. De modelinvoer bestaat uit de “configuratie” en “invoerdata”.
Configuratie	Configuratie beschrijft relatief tijdsonafhankelijke onderdelen van het gebiedsmodel, zoals het modelgrid, randvoorwaarden, initiële condities, processenkeuze en gebruikte parameters. In veel gevallen zijn dit gegevens die niet aangepast hoeven te worden als een gebiedsmodel voor een nieuw scenario gedraaid moet worden. Echter, in scenario’s met betrekking tot een veranderde geometrie van het gebied (brug, dam, sluizen of veranderde bathymetrie) zal vaak ook het rekengrid moeten worden

	aangepast.
Invoerdata	Invoerdata zijn nodig om een gebiedsmodel te forceren (bijvoorbeeld temperatuur, zoninstraling, wind, waterafvoer etc.) of de juiste beginwaarden of randvoorwaarden mee te geven. Invoerdata zijn vaak (oorspronkelijke) metingen, maar kunnen ook gegevens zijn die door andere modellen aangeleverd worden. Zodra invoerdata bewerkt of verwerkt zijn tot bijvoorbeeld randvoorwaarden behoren ze tot de configuratie. Voor het doorrekenen van verschillende scenario's met eenzelfde gebiedsmodel wordt een deel van de invoerdata vaak veranderd, zoals temperatuur, slibforcering, nutriëntenbelasting.
Beheer	Het beheer omvat het opslaan van alle benodigde invoerbestanden en alle relevante (metadata) informatie van een gebiedsmodel op een veilige en vindbare plek, zodat het gebiedsmodel direct uitleverbaar is voor toepassingen.
Onderhoud	Onder het onderhoud van gebiedsmodellen worden activiteiten gerekend, die er op gericht zijn om de gebiedsmodellen snel en kwalitatief goed in te kunnen blijven zetten. Bij geen of gebrekkig onderhoud bestaat de kans dat een gebiedsmodel niet meer te draaien is met courante software en/of hardware, of is er een risico dat de resultaten onvoldoende hoge kwaliteit hebben. Activiteiten die onder onderhoud vallen zijn het aanpassen aan een nieuwe softwareversie of het updaten aan nieuwe invoerdata (bijvoorbeeld recentere jaren). Onderhoud vraagt een meestal beperkte (her)validatie van het gebiedsmodel.
Ontwikkeling	Van ontwikkeling is sprake als een substantiële aanpassing of uitbreiding van het gebiedsmodel nodig is, of als een geheel nieuw gebiedsmodel opgezet moet worden. Ontwikkeling vraagt meestal om een uitgebreide kalibratie en validatie.
Zout, saliniteit, chloriniteit chlorideconcentratie	Zout, saliniteit, chloride en chloriniteit zijn alle termen die gebruikt worden als maat voor de hoeveelheid opgeloste stoffen in het water. Saliniteit met eenheid psu (praktisch gelijk aan ppt, parts per thousand, ofwel g/kg) wordt gebruikt wanneer sprake is van (een overgang naar) zeewater en komt overeen met het totaal aan opgelost zout. Chloride is het grootste bestanddeel van de opgeloste zouten in zeewater. De chlorideconcentratie of chloriniteit heeft de eenheid mg/l.
0D, 1D, 1DH, 1DV, 2D, 2DH, 2DV, 3D	Deze letter 'D' voorafgegaan door een getal geeft het aantal ruimtelijke dimensies aan waarmee het gebiedsmodel rekent. Het maximale aantal dimensies is 3. De toevoeging 'V' of 'H' is een verbijzondering die nodig is, als met minder dan 3 dimensies gerekend wordt. De 'V' geeft dan aan dat de verticale dimensie wel in het model is opgenomen (en een van de horizontale dimensies dus niet); de 'H' geeft aan dat de horizontale dimensie is opgenomen (en de verticale dimensie dus niet). Tenzij expliciet anders aangegeven, wordt in dit rapport met 1D altijd 1DH bedoeld en met 2D altijd 2DH.

2 Vraagarticulatie Rijkswaterstaat 2013

2.1 Inleiding

Deltares heeft in de afgelopen jaren vele gebiedsmodellen opgezet, meestal gekalibreerd en vaak gevalideerd. Rijkswaterstaat heeft de wens om gebiedsmodellen waarvan zij verwacht dat deze in de komende jaren weer nodig zijn of momenteel worden ontwikkeld, in beheer en onderhoud te nemen. Om te bepalen aan welke gebiedsmodellen nu en in de nabije toekomst behoefte is, heeft Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL) bij de regionale organisatieonderdelen en bij WVL zelf geïnventariseerd welke beheervragen, waarbij mogelijk gebiedsmodellen zullen worden ingezet, nu of in de nabije toekomst zullen gaan spelen. Vertrekpunt daarbij waren de rollen, taken en verantwoordelijkheden van RWS voor het Hoofdwatersysteem, maar ook bestuurlijke afspraken die gemaakt zijn door het ministerie van I&M en/of RWS.

Ten behoeve van de prioritering zijn ook de risico's voor de primaire processen van Rijkswaterstaat beschreven in termen van tijd, geld, kwaliteit, omgeving, veiligheid en imago. Voor elke beheervraag is een standaardformat ingevuld dat specifiek voor dit doel is gemaakt. In ieder format is een beheervraag uitgewerkt door zowel Rijkswaterstaat als Deltares. Rijkswaterstaat heeft de aanleiding voor de beheervraag, de risico's en onderzoeksvragen geformuleerd. Deltares heeft een voorstel gedaan, hoe de beheervraag kan worden beantwoord. De formats zijn toegankelijk via een SharePoint projectsite "BOO waterkwaliteitsmodellen" van Rijkswaterstaat:

- Voor RWS: http://vpr.intranet.rijkswaterstaat.nl/projectdirectory2/BOO_waterkwaliteitsmodellen
- Voor anderen: https://vpr.rws.nl/projectdirectory2/BOO_waterkwaliteitsmodellen/default.aspx

De inventarisatie is in het voorjaar van 2013 uitgevoerd. Het is de bedoeling elk jaar een inventarisatie te herhalen met als doel het modelinstrumentarium blijvend te laten aansluiten bij de behoefte van Rijkswaterstaat en I&M. Deze inventarisatie is de verantwoordelijkheid van Rijkswaterstaat. Het kan zijn dat niet alle relevante beheervragen zijn opgenomen in dit rapport. Iedereen wordt uitgenodigd omissies aan te geven aan de Rijkswaterstaat WVL projectleider Frans Buschman (Frans.Buschman@rws.nl).

In dit hoofdstuk zijn de geïnventariseerde beheervragen geordend naar inhoudelijk onderwerp (zoet-zout, temperatuur, slib, waterkwaliteit en ecologie), naar beheergebied en naar watersysteem. Zo wordt ook zichtbaar of beheervragen vergelijkbaar zijn en mogelijk met hetzelfde modelinstrumentarium kan worden beantwoord.

2.2 Overzicht geïnventariseerde beheervragen

Rijkswaterstaat	Watersysteem	Beheervraag
ZOET-ZOUT		
Water, Verkeer en Leefomgeving	Landelijk HWS	1 Nadelige effecten van zoutindringing minimaliseren op landelijke schaal
West-Nederland Zuid	Rijn-Maasmonding	2 Effect van aanpassing in de geometrie van de Rijn-Maasmonding
		3 Effect van zout mitigerende maatregelen op de zoutindringing in de RMM

		4 Aanpassen beheer Haringvlietsluizen
		5 Nieuwe Waterweg open of dicht
		6 Anders aanvoeren: Middenwest Nederland en Roode Vaart
		7 Effect morfologische veranderingen op zoutindringing
Zee en Delta	Volkerak-Zoommeer Rijn-Maasmonding	8 Ander beheer Krammersluizen
	(Wester)schelde Antwerps Kanaalpand en havens	9 Effect van zout Volkerak-Zoommeer op de Schelde, Antwerps Kanaalpand en havens
	Kanaal Gent-Terneuzen	10 Effect uitbreiding Zeesluis op Kanaal Gent-Terneuzen
West-Nederland Noord	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	11 Effecten van mogelijke aanpassingen van de landelijke waterverdeling (Deltaprogramma) op ARK
		12 Verruiming Zeesluizen IJmuiden
		13 Lek spuisluis IJmuiden
Midden-Nederland	IJsselmeer	14 Zoutbezwaar door het dijklichaam en zoutlek door kunstwerken in de Afsluitdijk nu en in de toekomst
		15 Visvriendelijk spuibeheer en verzilting
	IJsselmeer Markermeer	16 Zandwinning in IJsselmeer en Markermeer
	Markermeer	17 Zoutbalans van het Markermeer
TEMPERATUUR		
Water, Verkeer en Leefomgeving	Landelijk HWS	18 Koelcapaciteit met alle landelijke bronnen
West-Nederland Noord	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	19 Koelcapaciteit Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal
		20 Koppeling 3D Noordzeekanaal model met emissietoets
SLIB		
Water, Verkeer en Leefomgeving	Rijntakken en Maas	21 Effecten van slib in de Rijntakken en de Maas
Zee en Delta	Noordzee	22 Vaststellen referentiesituatie Noordzee
		23 Zandwinstrategie
		24 Optimalisatie haven- en vaargeulonderhoud
		25 Verspreidingsstrategie loswallen
		26 Betrouwbaarheid slibmodellen
	Voordelta	27 Slibstorten Vlakte van Raan
WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE		
Water, Verkeer en Leefomgeving	Landelijk HWS	28 Effectiviteit van KRW-maatregelen op chemische waterkwaliteit
		29 Minimaliseren ecologische effecten van watertekorten
Noord-Nederland	Eems-Dollard	30 KRW-maatregel Verkenning slibhuishouding Eems-Dollard
		31 Verwijdering drempel voor de Eemshaven
		32 Verbinding Ameland Friesland

		33 Verkenning toestand kwelders
		34 Ecologische effecten verdieping Eemshaven door Groningen SeaPorts
		35 Integraal Management Plan Eems-Dollard
		36 Tracébesluit vaarwegverruiming Eemshaven-Noordzee
	Waddenzee	37 Habitatgeschiktheid
		38 Ecologische effecten voor de Waddenzee van ander spuiregime en/of pompen uit het IJsselmeer
		39 Relatie mosselbanken en hydrodynamica
		40 KRW-Verkenning Slibhuishouding Waddenzee
Zee en Delta	Westerschelde	41 VNSC O+M Schelde-Westerschelde
	Voordelta	42 Maasvlakte II - MEP Natuurcompensatie Voordelta
	Volkerak-Zoommeer Oosterschelde Grevelingenmeer	43 Ecologische effecten Deltaprogramma ZW Delta
	Noordzee	44 Bronanalyse nutriënten Noordzee
Midden-Nederland	IJsselmeer	45 Gevolgen peilbesluit voor ecologisch relevante arealen
	IJsselmeergebied	46 ANT IJsselmeergebied
		47 Interpretatie en gebruik luchtfoto's
		48 Gevolgen opwerveling voor ecologie
		49 Gevolgen peilbesluit voor nutriëntenbalansen
Water, Verkeer en Leefomgeving	Noordzee	50 Kaderrichtlijn Marien 51 Ecologische effecten van grote ingrepen op zee 52 Kennismanagement voor de Noordzee

3 Ordening beheervragen op hoofdlijnen

3.1 Verdeling beheervragen naar inhoudelijke en modelmatige aanpak

Deltares volgt een verdeling waarbij de essentiële systeemkarakteristieken van het waterlichaam en de sturende fysische, (bio)chemische en/of ecologische processen centraal staan. Het Rijkswaterstaat onderdeel dat de beheervraag heeft aangeleverd, is daarbij minder belangrijk. Op basis van systeemkarakteristieken liggen bijvoorbeeld de Westerschelde van Rijkswaterstaat Zee en Delta en de Eems-Dollard van Rijkswaterstaat Noord-Nederland inhoudelijk dichtbij elkaar. Deze herindeling leidt overigens niet tot grote verschuivingen. In Hoofdstuk 4 volgt een meer gedetailleerde beschrijving van de door Deltares onderscheiden delen. Hier wordt volstaan met een weergave van de indeling:

1 Zoutindringing en zoutverspreiding
   - Zoutindringing als gevolg van landelijke waterverdeling
   - Zoutindringing in estuaria (ongehinderde verbinding met de zee)
   - Zoutverspreiding van zout via scheepvaartsluizen en spuisluizen
   - Overige vragen
2 Koelcapaciteit Rijkswateren
   - Landelijke koelcapaciteit
   - Regionale koelcapaciteit
3 Slibkwantiteit (inclusief morfologische aspecten)
4 Effectketen – Integrale ecosysteemmodellering
   - Noordzee
   - Eems-Dollard en Waddenzee
   - IJsselmeergebied
   - Zuidwestelijke Delta
   - Landelijk
5 Overige vragen

Karakteristiek	Watersysteem	Beheervraag
ZOUTINDRINGING EN ZOUTVERSPREIDING		
Landelijke waterverdeling	Landelijk HWS	1 Nadelige effecten van zoutindringing minimaliseren op landelijke schaal
	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	11 Effecten van mogelijke aanpassingen van de landelijke waterverdeling (Deltaprogramma) op Amsterdam-Rijnkanaal
Estuaria	Rijn-Maasmonding	2 Effect van aanpassing in de geometrie van de Rijn-Maasmonding
		3 Effect van zout mitigerende maatregelen op de zoutindringing in de Rijn-Maasmonding
		4 Aanpassen beheer Haringvlietsluizen
		5 Nieuwe Waterweg open of dicht
		6 Anders aanvoeren: Middenwest Nederland en Roode Vaart
		7 Effect morfologische veranderingen op zoutindringing
Sluizen (spui- en scheepvaart)	Volkerak-Zoommeer Rijn-Maasmonding	8 Ander beheer Krammersluizen

	(Wester)schelde Antwerps Kanaalpand en havens	9 Effect van zout Volkerak-Zoommeer op de Schelde, Antwerps Kanaalpand en havens
	Kanaal Gent-Terneuzen	10 Effect uitbreiding Zeesluis op Kanaal Gent-Terneuzen
	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	12 Verruiming Zeesluizen IJmuiden
		13 Lek spuisluis IJmuiden
	IJsselmeer	14 Zoutbezwaar door het dijklichaam en zoutlek door kunstwerken in de Afsluitdijk nu en in de toekomst
		15 Visvriendelijk spuibeheer en verzilting
Overig	IJsselmeer Markermeer	16 Zandwinning in IJsselmeer en Markermeer
	Markermeer	17 Zoutbalans van het Markermeer
KOELCAPACITEIT RIJKSWATEREN (temperatuur)		
Landelijk	Landelijk HWS	18 Koelcapaciteit met alle landelijke bronnen
Regionaal	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	19 Koelcapaciteit Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal
		20 Koppeling 3D Noordzeekanaal model met emissietoets
SLIBKWANTITEIT (morfologie)		
Slibkwantiteit	Rijntakken en Maas	21 Effecten van slib in de Rijntakken en de Maas
	Noordzee	24 Optimalisatie haven- en vaargeulonderhoud
		25 Verspreidingsstrategie loswallen
EFFECTKETEN (Integrale ecosysteemmodellering)		
Landelijk	Landelijk HWS	28 Effectiviteit van KRW-maatregelen op chemische waterkwaliteit
		29 Minimaliseren ecologische effecten van watertekorten
Estuaria, interactie met intergetijden-gebieden	Eems-Dollard	30 KRW-maatregel Verkenning slibhuishouding Eems-Dollard
		31 Verwijdering drempel voor de Eemshaven
		32 Verbinding Ameland Friesland
		34 Ecologische effecten verdieping Eemshaven door Groningen SeaPorts
		35 Integraal Management Plan Eems Dollard
		36 Tracébesluit vaarwegverruiming Eemshaven-Noordzee
	Waddenzee	37 Habitatgeschiktheid
		38 Ecologische effecten voor de Waddenzee van ander spuiregime en/of pompen uit het IJsselmeer
		40 KRW-Verkenning Slibhuishouding Waddenzee
	Westerschelde	41 VNSC O+M Schelde-Westerschelde
Mariene wateren (en Volkerak-Zoommeer)	Voordelta	42 Maasvlakte II - MEP Natuurcompensatie Voordelta
	Volkerak-Zoommeer Oosterschelde Grevelingenmeer	43 Ecologische effecten Deltaprogramma ZW Delta
	Noordzee	44 Bronanalyse nutriënten Noordzee
		23 Zandwinstrategie

		27 Slibstorten Vlakte van Raan
Zoete meren	IJsselmeer	45 Gevolgen peilbesluit voor ecologisch relevante arealen
	IJsselmeergebied	46 ANT IJsselmeergebied
		48 Gevolgen opwerveling voor ecologie
		49 Gevolgen peilbesluit voor nutriëntenbalansen
OVERIG		
Overige vragen	Noordzee	22 Vaststellen referentiesituatie Noordzee
		26 Betrouwbaarheid slibmodellen
	Eems-Dollard	33 Verkenning toestand kwelders
	Waddenzee	39 Relatie mosselbanken en hydrodynamica
	IJsselmeergebied	47 Interpretatie en gebruik luchtfoto's

Nagekomen:
50 Kaderrichtlijn Marien
51 Ecologische effecten van grote ingrepen op zee
52 Kennismanagement voor de Noordzee

3.2 Verdeling beheervragen naar categorieën en Rijkswaterstaat onderdelen

Als eerste wordt in Figuur 3.1 de verdeling van beheervragen over de verschillende Rijkswaterstaat onderdelen getoond. NB: De drie beheervragen 50-52 zijn niet opgenomen in de analyse, omdat zij later aangeleverd zijn.

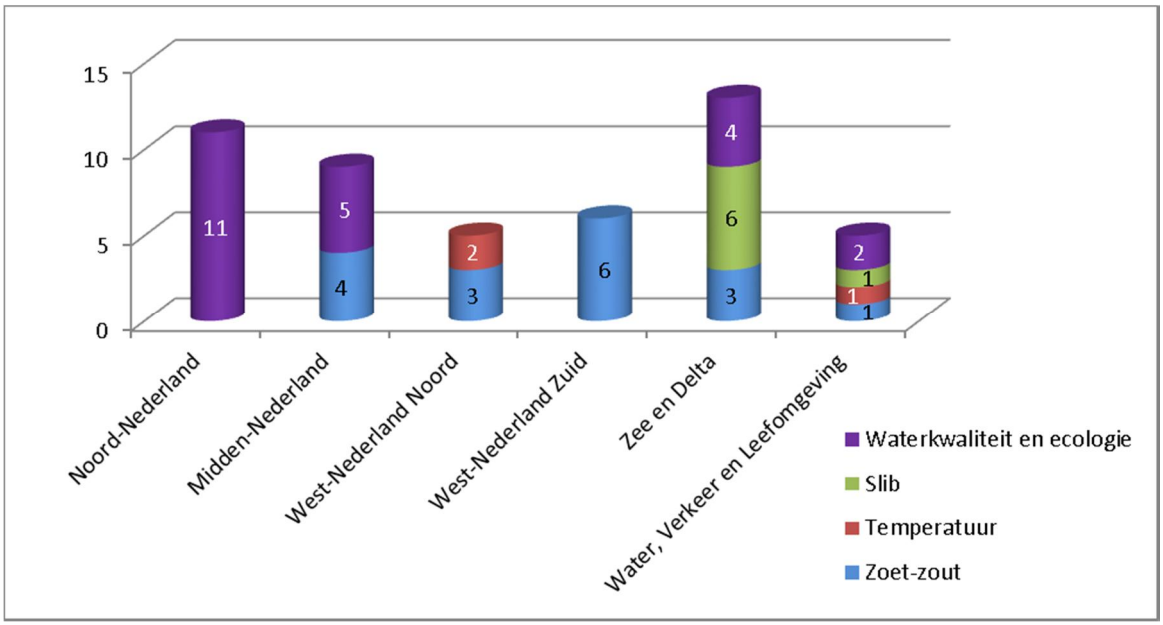
Figuur 3.1 leidt tot enkele observaties:

- Van Rijkswaterstaat Oost-Nederland en Rijkswaterstaat Zuid-Nederland zijn geen beheervragen aangeleverd.
- Rijkswaterstaat Noord-Nederland heeft enkel beheervragen in de categorie Waterkwaliteit en ecologie. Het merendeel van de vragen heeft betrekking op de doorvertaling van slib en vertroebeling op ecologische parameters ten behoeve van KRW en/of Natura2000.
- Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid heeft enkel beheervragen in de categorie Zoet-zout. Het betreft vragen rondom zoutindringing en zoutverspreiding in de Rijn-Maasmonding.

- De categorie Waterkwaliteit en ecologie is met 22 beheervragen het meest voorkomend, gevolgd door de categorie Zoet-zout met 17 beheervragen.
- De categorie Slib komt alleen voor bij Rijkswaterstaat Zee en Delta en bij Rijkswaterstaat WVL. Bij Rijkswaterstaat Zee en Delta betreft het slibvragen voor de Noordzee, die resulteren uit het KPP Onderzoek Slib zoute wateren 2012 (referentie). Een deel van de beheervragen gaat (ook) over de effecten van slibverspreiding op waterkwaliteit en ecologie.
- De categorie Temperatuur komt beperkt voor bij Rijkswaterstaat West-Nederland Noord en bij Rijkswaterstaat WVL. Het betreft respectievelijk twee vragen rondom het Noordzeekanaal/ Amsterdam-Rijnkanaal en een vraag over de landelijke koelcapaciteit.

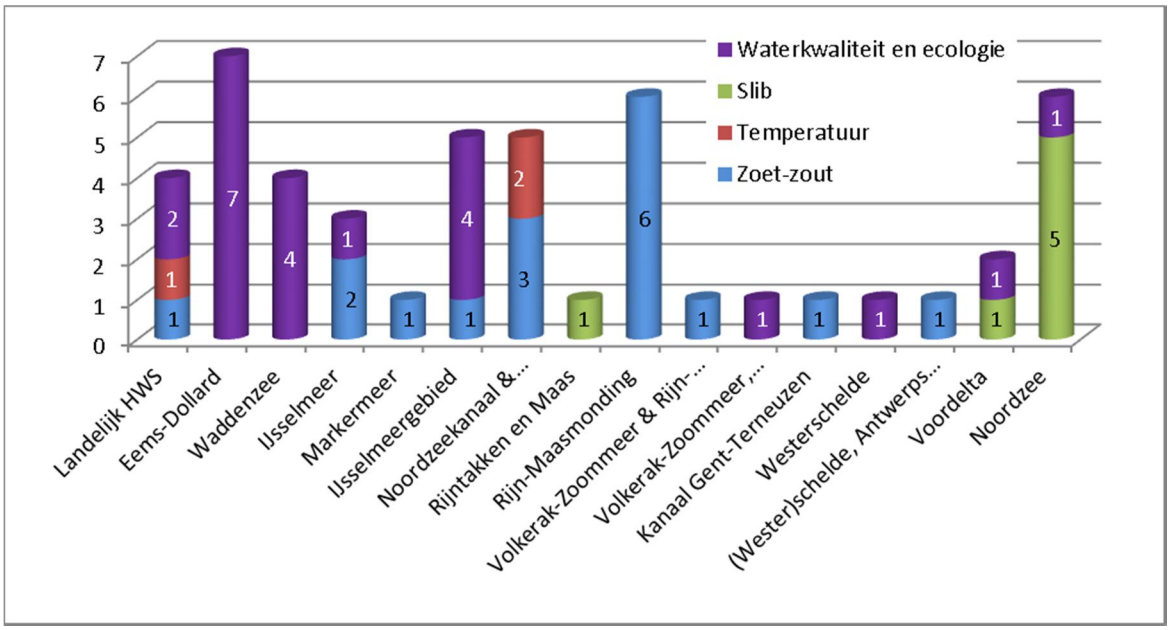
De beheervragen zijn grotendeels in lijn met de afbakening van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties over 1) Effectketenmodellering en 2) Zoutindringing en zoutverspreiding. De indeling in de categorie Slib is daarbij deels een definitiekwestie, waarbij

het effect van slib op waterkwaliteit en ecologie soms in de categorie Slib (Rijkswaterstaat Zee en Delta) en soms in de categorie Waterkwaliteit en ecologie wordt ingedeeld (Rijkswaterstaat Midden-Nederland, Noord-Nederland).



Figuur 3.1 Verdeling beheervragen per Rijkswaterstaat onderdeel en per categorie

Figuur 3.2 toont de verdeling van beheervragen over de verschillende Rijkswateren. Voor de Eems-Dollard zijn de meeste beheervragen aangeleverd (7), gevolgd door de Rijn-Maasmonding en de Noordzee (beide 6).



Figuur 3.2 Verdeling beheervragen per watersysteem en per categorie

4 Kader en context: Systeemkennis en proceskennis

Dit hoofdstuk heeft tot doel om kader en context vanuit het gezichtspunt van Deltares te schetsen. Op basis hiervan kunnen we alle beheervragen plaatsen en waar mogelijk bundelen. We gaan daarbij uit van (water)systeemkennis en proceskennis. Beheervragen die bijvoorbeeld met het effect van slib op primaire productie te maken hebben, zijn voor Deltares geen losse vragen maar zijn met elkaar verbonden door zowel de toegepaste software als de modelaanpak en modelmatige keuzes.

4.1 Achtergrondinformatie proceskennis

4.1.1 Zoutindringing en zoutverspreiding in relatie tot zoetwatervoorziening

Voor zoutindringing en zoutverspreiding zijn vier typen processen te onderkennen:

1 Zoutindringing in estuaria: Menging van rivierwater en zeewater in open verbinding met de zee onder invloed van getij. Afhankelijk van de verhouding van rivierafvoer, getijamplitude en geometrie/bathymetrie is het estuarium gestratificeerd of verticaal gemengd. In relatie tot zoetwatervoorziening treedt dit type proces alleen in de Rijn-Maasmonding op en in de Nieuwe Waterweg in het bijzonder. De Nieuwe Waterweg is bij lage rivierafvoer een gestratificeerd estuarium. Desalniettemin kan afhankelijk van de specifieke beheervraag met een 1D model volstaan worden of moet met een 3D model gerekend worden. In de andere Nederlandse estuaria – Westerschelde en Eems-Dollard – speelt zoetwatervoorziening geen rol.

2 Zoutverspreiding na zoutlek door scheepvaartsluizen of zouttransport door spuisluizen. In tegenstelling tot estuaria is er geen open verbinding tussen het zout(ere) water en het zoet(ere) water. Kenmerkend is dat het zout in een zoet(er) watersysteem stroomt, waarin geen tot weinig (getij)dynamiek aanwezig is. Dichtheidsstroming is zeer relevant en het zoutere, zwaardere water kan zich ophopen in de diepere delen en putten. Dit type vraagstelling heeft altijd een 3D model nodig.

3 Zout als gevolg van landelijke waterverdeling. In principe is dit een combinatie van bovenstaande typen en kwel van zout grondwater als derde bron van zout. Wat het onderscheidend maakt is de ruimtelijke schaal. Bovenstaande typen gaan altijd uit van een watersysteem, bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg of het Volkerak-Zoommeer. Bij landelijke vraagstukken wordt het hoofdwatersysteem en (een deel van) het regionale watersysteem in zijn totaal beschouwd. 3D modellering is dan niet meer mogelijk en moet met 1D modellen gerekend worden (= Landelijke SOBEK schematisatie).

4 Een vierde type vraag is de identificatie en kwantificering van zoutbronnen en het opstellen van zoutbalansen voor een watersysteem. Een zoutbron is bijvoorbeeld de zoutlek door een scheepvaartsluis of de kwel van zout grondwater. Op basis van bekende bronnen en een waterbalans kan een zoutbalans (dat wil zeggen optelsom van ingaande en uitgaande zoutfluxen) opgesteld worden. Voor het kwantificeren van bronnen kan een model gebruikt worden zoals het zoutlekmodel voor scheepvaartsluizen of een grondwatermodel. Dit type modellen valt buiten de scope van dit KPP. Voor een zoutbalans wordt meestal volstaan met een spreadsheet.

4.1.2 Koelcapaciteit Rijkswateren

Inleiding uit RIZA (2005): “De industrie langs de Nederlandse wateren maakt gebruik van oppervlaktewater voor koeling. Aan de lozingen van koelwater worden normen gesteld in verband met de waterkwaliteit en het ecologisch goed functioneren. Met name sinds 1989 komen regelmatig koelwaterbeperkingen voor als gevolg van te hoge temperaturen van het oppervlaktewater. Een voorbeeld hiervan is de ‘code rood’ welke in 2003 werd afgekondigd, mede als gevolg van te warm oppervlaktewater. Door koelwaterbeperkingen neemt de beschikbare capaciteit van de elektriciteitsvoorziening af. Dit kan in extreme situaties leiden tot stroomuitval met grote maatschappelijke schade tot gevolg.”

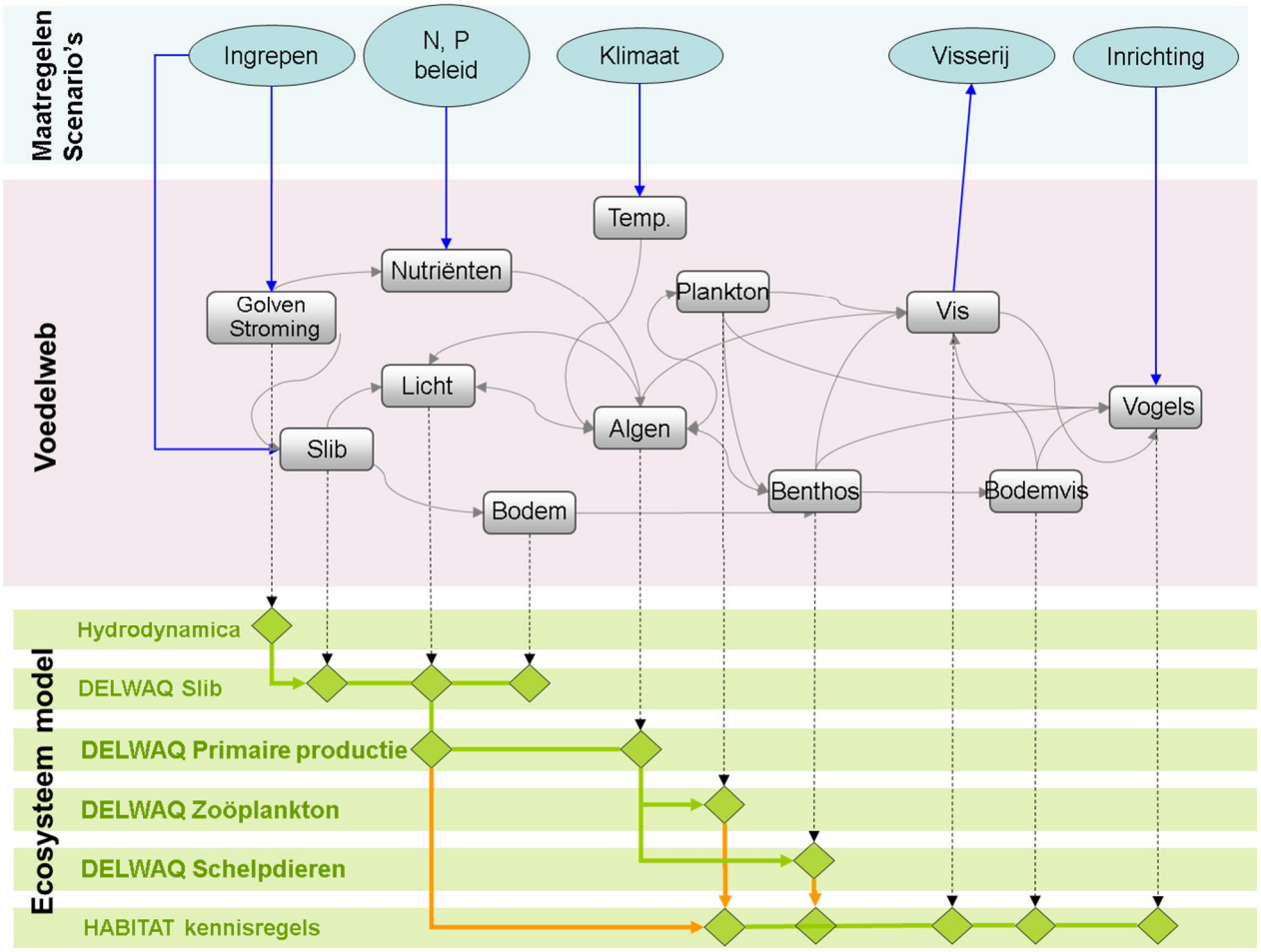
Door Deltares wordt in 2013 de operationele voorspelling van de watertemperatuur opgezet. Deltares (2013c) beschrijft de watertemperatuurmodellering zoals deze in de twee operationele systemen FEWS-Rivieren (voor Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith) en FEWS-Waterbeheer (Landelijke Sobek Model) is opgezet.

4.1.3 Slibkwantiteit (morfologie)

De morfologische aspecten van slibmodellering vallen buiten de scope van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties en worden in dit rapport niet verder uitgewerkt. De betreffende beheervragen worden wel kort beantwoord, waarbij – indien mogelijk – aangegeven wordt waar deze beheervragen wel opgepakt (kunnen) worden. Daar waar slib via vertroebeling een effect heeft op het lichtklimaat of via adsorptie belangrijk is voor het transport van stoffen maakt het onderdeel uit van effectketenmodellering (zie volgende paragraaf) en wordt het wel in het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties opgenomen.

4.1.4 Effectketen – Integrale ecosysteemmodellering

Algemene introductie van de effectketen
In een effectketen wordt het integrale ecosysteem gemodelleerd door twee of meer modellen aan elkaar te koppelen: Een keten van modellen waarbij het ene model informatie aanlevert aan het volgende model in de keten. Een keten van modellen is nodig omdat een modelmatige beschrijving van het integrale ecosysteem gebaseerd en opgebouwd is uit verschillende vakgebieden die ieder hun eigen gespecialiseerde modellen hebben. De effectketen is opgebouwd met abiotische kennis aan de basis en ecologische kennis aan het eind van de keten. Een uitgebreide effectketen is getoond in Figuur 4.1.



Figuur 4.1 Schematisch overzicht van Effectketen- of Integrale Ecosysteemmodellering

Hoewel een effectketen begint met abiotiek, is het essentieel om te beseffen dat de effectketen gedefinieerd wordt door het eindpunt. Als een beheervraag primaire productie als eindpunt heeft, ontstaat een andere effectketen dan als vogels het eindpunt zijn.

Verschillende effectketens in toenemende complexiteit

Een effectketen is opgebouwd uit verschillende schakels. De schakels zijn deels generiek en deels specifiek. De codes of modelsoftware zoals Delft3D, SOBEK, DELWAQ of HABITAT zijn in principe generiek, dat wil zeggen dat dezelfde modelcode kan worden gebruikt voor een grote categorie gelijksoortige gebiedsmodellen. Voor een (gebieds)toepassing voor een specifieke vragen kunnen binnen het generieke kader specifieke keuzes gemaakt worden. Zo kan bijvoorbeeld een gedetailleerder rekenrooster of een andere parameterinstelling nodig zijn.

Tabel 4.1 Effectketenmodellering voor drie kenmerkende ecosystemen in toenemende mate van complexiteit. Met 'x' wordt aangegeven welke componenten noodzakelijk zijn. Met '(x)' wordt aangegeven welke componenten voor specifieke gevallen toegevoegd kunnen worden aan de effectketen, maar waar dat niet standaard gebeurd.

	Hydrodynamica	Slib	Nutriënten Primaire productie Zuurstofhuishouding	Secundaire productie Zoöplankton, Schelpdieren	Gedetailleerde Bodem-wateruitwisseling	Benthische primaire productie	Hogere trofische niveaus Benthos, Zeegras, Vissen, Vogels, …
Heldere zoete of zoute wateren met primaire productie (bijv. Noordzee, IJsselmeer)	×		×		(×)	(×)	(×)
Troebele zoete, brakke of zoute wateren met slib gedomineerde primaire productie (bijv. Eems-Dollard, Markermeer)	×	×	×		(×)	(×)	(×)
Zoete, brakke of zoute wateren met begrazing als (extra) sturende factor (bijv. Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer)	×		×	×	(×)	(×)	(×)

De huidige generatie effectketenmodellen onderscheidt drie varianten die toenemen in complexiteit:

1 Heldere zoete of zoute wateren met primaire productie
   - In deze watersystemen zoals de Noordzee en het IJsselmeer is de slibdynamiek beperkt, zodat een apart slibmodel voor een systeembeschrijving niet nodig is. Voor beheervragen over zandwinning en/of baggerverspreiding kan overigens wel een slibmodel nodig zijn.

2 Troebele zoete, brakke of zoute wateren met slib gedomineerde primaire productie
   - (bijv. Eems-Dollard, Markermeer)

3 Zoete, brakke of zoute wateren met begrazing als (extra) sturende factor
   - (bijv. Oosterschelde, Volkerak-Zoommeer)

Alle effectketens kunnen afhankelijk van de beheervraag naar de hogere trofische niveaus doorgeschakeld worden. Dit kan zowel op habitattypologie, als op individuele soorten en op soortengroepen. Deze doorschakeling naar habitats met het HABITAT softwarepakket is minder generiek en minder geharmoniseerd in de huidige gebiedstoepassingen.

De gedetailleerde modellering van Bodem-wateruitwisseling van nutriënten en van Benthische primaire productie zijn componenten die in de DELWAQ software beschikbaar zijn en een enkele toepassing hebben, maar nog beperkt gevalideerd en ingezet zijn voor gebiedsmodellen in de Nederlandse Rijkswateren.

4.1.5 Overige vragen

Tenslotte onderscheiden we een categorie ‘overige vragen’. Dit zijn beheervragen waarvoor het antwoord geen betrekking heeft op modelsoftware of op een specifiek gebiedsmodel. Veelal gaat het om vragen die met monitoring, databeheer en/of data-analyse te maken hebben, bijvoorbeeld de interpretatie en beheer van luchtfoto’s voor het IJsselmeergebied (beheervraag 47).

Een enkele keer betreft het een vraag die een specifiek gebiedsmodel overstijgt en als generieke vraag voor meerdere of zelfs alle gebiedsmodellen gezien moet worden. Beheervraag 26 is geformuleerd als ‘betrouwbaarheid slibmodellen’ voor de Noordzee. In het format betreft het nadrukkelijk ook de doorvertaling naar de ecologie en dus betreft de vraag de betrouwbaarheid van effectketenmodellering.

4.2 Achtergrondinformatie per watersysteem

4.2.1 Hoofdwatersysteem (HWS)

Tabel 4.2 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het Hoofdwatersysteem

Gereed voor gebruik In ontwikkeling / Niet gevalideerd Ongeschikt / Verouderd *1D* Niet in B&O dit KPP	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Landelijk SOBEK Model zout/Cl (Deltamodel)	*1D*		1D					
Nationaal Hydrologisch Instrum.	*1D*							
KRW-Verkenner schematisatie	*1D*			*1D*				x

De grote drijvende kracht voor de ontwikkeling van het landelijke model is momenteel het Deltaprogramma in het kader waarvan het Deltamodel wordt ontwikkeld. Waterveiligheid en zoetwatervoorziening zijn de kernthema’s en dus ligt modelmatig de focus op waterkwantiteitsmodellering en zout/chloride ten behoeve van zoetwatervoorziening. Overige aspecten waaronder ook waterkwaliteit en ecologie worden in zogenaamde effectmodules meegenomen.

Het Landelijk SOBEK Model (LSM) is een landsdekkend model van het oppervlaktewatersysteem. Het gaat hier om de Rijkswateren en de hoofdwatergangen van de regionale systemen. In het model worden de waterstanden en debieten berekend. Het LSM is gemaakt in het kader van het Deltamodel en wordt momenteel onder andere gebruikt voor

het Deelprogramma Zoetwater (DP-ZW). De vigerende versie van LSM is een SOBEK 2.12.04 toepassing.

Voor het Deelprogramma Zoetwater worden vraagstukken over zoutindringing momenteel berekend buiten het LSM. Dit gebeurt alleen voor het Noordelijk Deltabekken (NDB, ook wel Rijn-Maasmonding) en met Sobek-Re, een oudere Sobek versie. Bij overige gebieden wordt niet naar zoutindringing gekeken binnen dit kader. Momenteel wordt er hard gewerkt om ook het LSM met zout goed door te kunnen rekenen, zodat de zoutindringing op landelijke schaal kan worden bekeken. Deze versie wordt ontwikkeld in SOBEK 2.13.

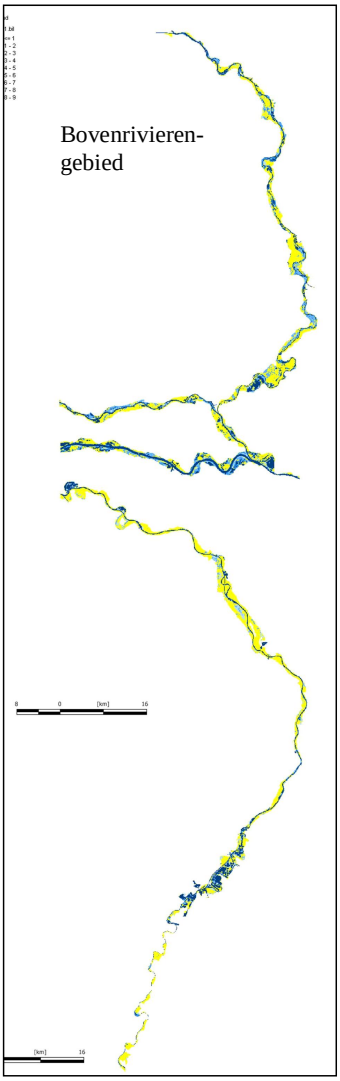
Het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) en de KRW-Verkenner maken in principe gebruik van dezelfde LSM schematisatie, maar ontwikkelingen en tijdschema's lopen niet parallel zodat tijdelijke verschillen kunnen ontstaan. De LSM schematisatie wordt in een lijn in het kader van de SLA Hydraulische modellen beheerd en onderhouden.

In NHI wordt LSM gekoppeld aan grondwatermodellering. In de KRW-Verkenner wordt LSM gecombineerd met emissiegegevens en vervolgens waterkwaliteitsmodellering van Totaal-N en Totaal-P. Voor alle KRW waterlichamen wordt op basis van ecologische kennisregels de ecologische toestand bepaald.

4.2.2 Bovenrivierengebied

Tabel 4.3 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het Bovenrivierengebied

Gereed voor gebruik In ontwikkeling / Niet gevalideerd Ongeschikt / Verouderd *1D* Niet in B&O dit KPP	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Bovenrivierengebied								2012?



In het Deltaprogramma zijn HABITAT-modellen gebruikt voor DP Rijnmond-Drechtsteden en voor DP Zoetwatervoorziening (rivierengebied). Voor het rivierengebied is het model gebaseerd op het rijksecotopenstelsel. De modeluitkomsten zijn nog niet gevalideerd.

Voor DP Zoetwater zijn de effecten van een aantal klimaatscenario's op het rivierengebied in kaart gebracht. Er is hiervoor gewerkt met ecotopen, gebaseerd op het rijksecotopenstelsel. Het model is hiervoor gesplitst in bovenrivieren en benedenrivieren omdat voor beide een andere invoer nodig was.

Voor de invoer van het Bovenrivierengebied HABITAT model wordt onder andere gebruik gemaakt van SOBEK-LTM+ (SOBEK-river).

Figuur 4.2 HABITAT resultaat voor het Bovenrivierengebied (links)

4.2.3 Rijn-Maasmonding / Benedenrivierengebied

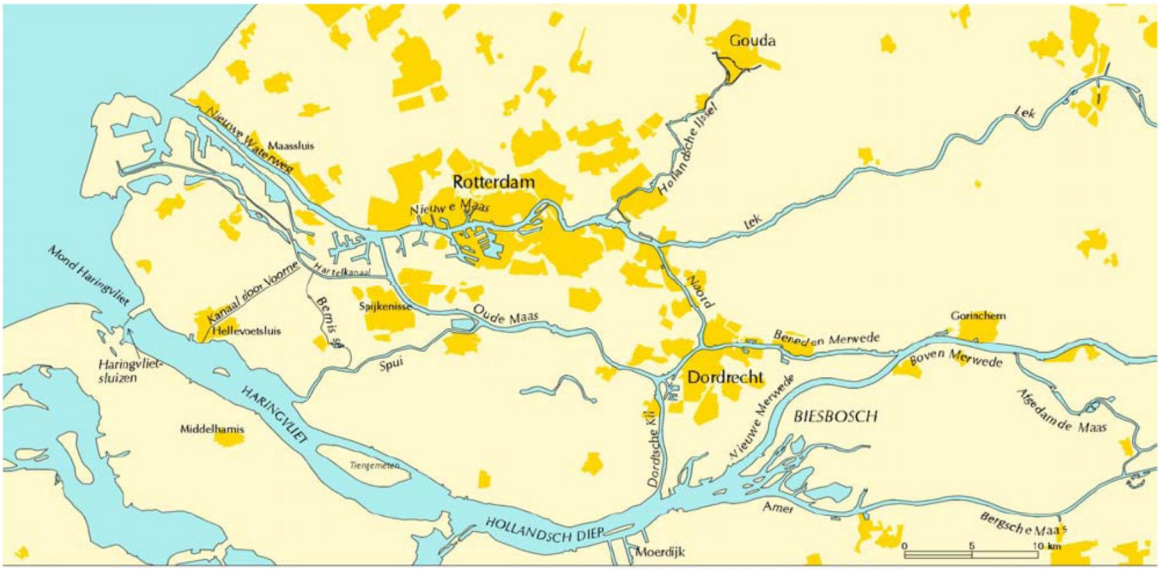
Tabel 4.4 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor Rijn-Maasmonding en Benedenrivierengebied

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd / 1D Niet in B&O dit KPP	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								

SOBEK-RE NDB		*1D*							
SOBEK 3.0 RMM		*1D*							
Zeedelta	Nieuwe Waterweg	3D							
	Zoutlek Volkeraksluizen	3D							
	Kier Haringvliet	3D							
RMM (Rijn-Maasmonding)		3D							
Haringvliet-Hollandsch Diep		3D							
Operationeel Stromingsmodel R'dam (Havenbedrijf Rotterdam)		*3D*							
Benedenrivierengebied									2012?
Biesbosch									2009

Gebiedsbeschrijving

De Rijn-Maasmonding vormt het overgangsgebied tussen de benedenlopen van de rivieren Rijn en Maas en de Noordzee. Het gebied wordt gekenmerkt door een groot aantal vertakkingen van rivieren en waterwegen en verschillende dammen en sluizen. Het ontvangt rivierwater van de Rijn door de takken Rijn – Pannerdensch Kanaal – Nederrijn – Lek, en Rijn – Waal – Boven Merwede, en van de Maas via het traject Maas – Bergsche Maas – Amer. Uiteindelijk wordt het water naar de Noordzee afgevoerd door de Nieuwe Waterweg, Hartel- en Beerkanaal, en de Haringvlietsluizen.



Figuur 4.3 Geografisch overzicht van de Rijn-Maasmonding

De waterbeweging in het gebied wordt beïnvloed door de afvoer van de Bovenrijn te Lobith en van de Maas te Eijsden, de waterstanden op zee bij de mondingen (Maasmond en Haringvliet), het dichtheidsverschil tussen het zoute zeewater en het zoete rivierwater, en de wind.

De rivierafvoer is sterk afhankelijk van de regenval in de stroomgebieden. De afvoer van de Rijn bij Lobith is variabel met een jaargemiddelde afvoer van ongeveer 2.200 m^3/s. In de winter of lente kunnen afvoeren boven 10.000 m^3/s gemeten worden, terwijl in droge (na)zomers de afvoer onder 800 m^3/s kan dalen. De jaargemiddelde afvoer van de Waal is 1.475 m^3/s en die van de Lek is 385 m3/s. De jaargemiddelde afvoer van de Maas bedraagt ongeveer 320 m^3/s, maar kan variëren tussen bijna geen afvoer en meer dan 2.000 m^3/s.

Het waterstandverloop aan de zeeranden van de Rijn-Maasmonding wordt bepaald door de getijdenbeweging en door wind. De getijdenbeweging op de Noordzee zorgt voor het tweemaal daags optreden van eb en vloed. Dit proces speelt zich af in een periode van gemiddeld 12 uur en 25 minuten. De getijslag bij Hoek van Holland is gemiddeld zo'n 1,75 m. Bij gemiddelde omstandigheden is de getijcyclus merkbaar door het gehele Noordelijk Deltabekken tot aan Tiel op de Waal. De wind op de Noordzee zorgt voor de op- of afwaaiing langs de kust. In sommige omstandigheden kan de hoogwaterstand bij Hoek van Holland enkele meters boven normaal opgestuwd worden (het basispeil bereikt 5,05 m boven normaal met een kans van 1/10.000). De wind speelt een minder belangrijke rol dan rivierafvoer en waterstanden, behalve op zee. Alleen bij sterke wind kunnen de waterstanden in grote bekkens fors beïnvloed worden. Tenslotte speelt ook de reststroming en de stratificatie in de aangrenzende kustzone een rol, die onder andere onder invloed staat van de uitstroming via de Haringvlietsluizen. De reststroming bepaalt mede hoe snel de Rijnpluim naar het noorden wordt afgevoerd.

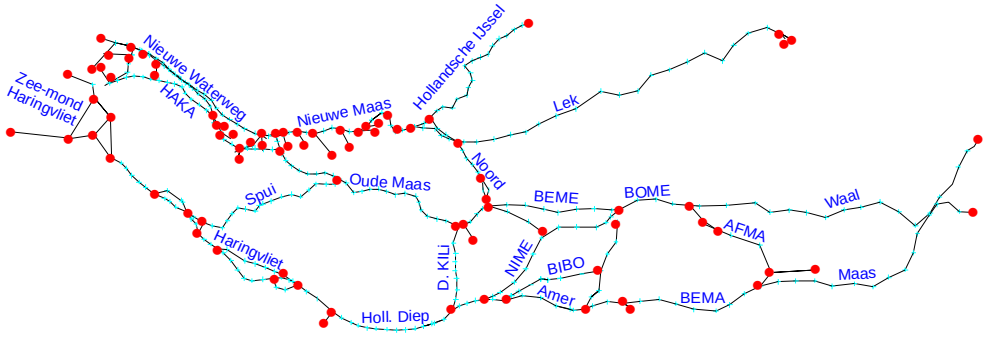
De Rijn-Maasmonding vormt een natuurlijk overgangsgebied tussen (zout) zeewater en (zoet) rivierwater. Omdat zout water een grotere dichtheid heeft (ongeveer 1020 kg/m^3 voor zeewater in de Noordzee) dan zoet rivierwater (1000 kg/m^3), ontstaat in estuaria een gestratificeerd systeem waarin het zoete water boven het zoute water ligt. Het dichtheidsverschil tussen het zee- en rivierwater leidt ook tot een drukgradiënt in landwaartse richting, welke toeneemt met de diepte. Hierdoor ontstaat een netto (= getijgemiddelde) landwaartse stroming van zwaarder zoutwater bij de bodem die wordt gecompenseerd door een netto zeewaartse stroming van lichter zoetwater nabij het wateroppervlak.

Samenvattend is een lage rivierafvoer het dominante proces voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding via de Nieuwe Waterweg. Hoge(re) zeewaterstanden zijn wellicht alleen in het kader van klimaatverandering van belang. Zoutindringing is daarmee – ook voor modellering – een andere vraagstelling dan hoogwater- en waterveiligheidsvraagstukken.

Modellen voor waterbeweging en zoutindringing in de Rijmaasmonding

Het 1D SOBEK NDB model

In dit één-dimensionale model wordt de Rijn-Maasmonding weergegeven door een groot aantal takken opgespannen tussen knooppunten. Waterstanden, stroomsnelheden en zoutgehalten worden per tak (tijdsafhankelijk) uitgerekend.



Figuur 4.4 SOBEK NDB schematisatie

Een één-dimensionaal model kent per tak maar 1 waterstand, 1 stroomsnelheid en 1 zoutgehalte. Variaties over de verticaal zijn niet bekend. Dichtheidsvariaties over de verticaal ("zoet" rivierwater boven "zout" zeewater) hebben een grote invloed op de zoutindringing in

de Rijn-Maasmonding. De invloed van deze stratificatie wordt, geparameteriseerd, verdisconteerd in een dispersiecoëfficiënt die een functie is van het Estuariumgetal en de zoutgradient over het estuarium. De aldus berekende dispersiecoëfficiënt varieert sterk, zowel in tijd als in plaats, afhankelijk van de omstandigheden (hoge/lage rivierafvoer, springtij/doodtij etc.)

Het model is uitgebreid gekalibreerd en geverifieerd zowel waar het waterstanden als zoutgehalten betreft. Berekende waterstanden reproduceren de metingen in de gehele Rijn-Maasmonding erg goed. Voor zoutgehalten geldt dat de reproductie van zoutmetingen voor de noordrand van de Rijn-Maasmonding (Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Lek) bevredigend is (in aanmerking nemend dat de effecten van een gecompliceerd proces als stratificatie niet anders dan geparameteriseerd weergegeven kunnen worden). Voor de zuidrand (Oude Maas, Spui en Haringvliet) is verbetering mogelijk.

Het één-dimensionale SOBEK model van de Rijn-Maasmonding heeft als groot voordeel dat de duur van berekeningen beperkt is. Een jaarsimulatie kan binnen enkele uren worden uitgevoerd op een normale PC. Dit geeft de mogelijkheid veel varianten in korte tijd door te rekenen.

Een nadeel van het model is de geparameteriseerde weergave van de effecten van stratificatie en de mindere reproductie van zoutmetingen langs de zuidrand van de Rijn-Maasmonding. Waar het effecten op zoutindringing betreft is het model toepasbaar voor:

- Effecten klimaatverandering (niet in detail),
- Geometrische maatregelen (verbreding/verdieping Nieuwe Waterweg Nieuwe Maas),
- Verleggen innamepunten zoetwater noordrand.

Onduidelijk is in welke mate het model toepasbaar is voor de effecten van een beheer van de Haringvlietsluizen waarbij tijdens de vloedperiode zout water wordt binnengelaten. Niet bruikbaar is het model om de effecten van het lokaal afbreken van stratificatie betreft (bellenschermen Nieuwe Waterweg).

Het 2D RMM model

In WTI kader is vorig jaar het RMM model opgezet. Dit model omvat de gehele Rijn-Maasmonding in combinatie met een deel van de zee voor de estuariummond. Waterstanden en stroomsnelheden worden uitgerekend op een fijnmazig (horizontaal) rekenrooster. Het model is opgezet als dieptegemiddeld model (vergelijkbaar met het SOBEK model kent het 1 rekenlaag en heeft geen verticale resolutie).

Figuur 4.5 Uitsnede Horizontaal rekenrooster RMM

In de 2-dimensionale berekeningen wordt zout meegenomen omdat dichtheidsverschillen als gevolg van verschil in zoutgehalte een effect hebben op de waterstanden in de Rijn-Maasmonding. Een uitgebreide calibratie waarbij gemeten zoutgehalten zijn vergeleken met berekende waarden heeft niet plaatsgevonden. Het model lijkt vooralsnog uitstekend toepasbaar waar het het voorspellen van waterstanden betreft, echter voor zoutindringingsgerelateerde vragen is het model (nog) niet toepasbaar.

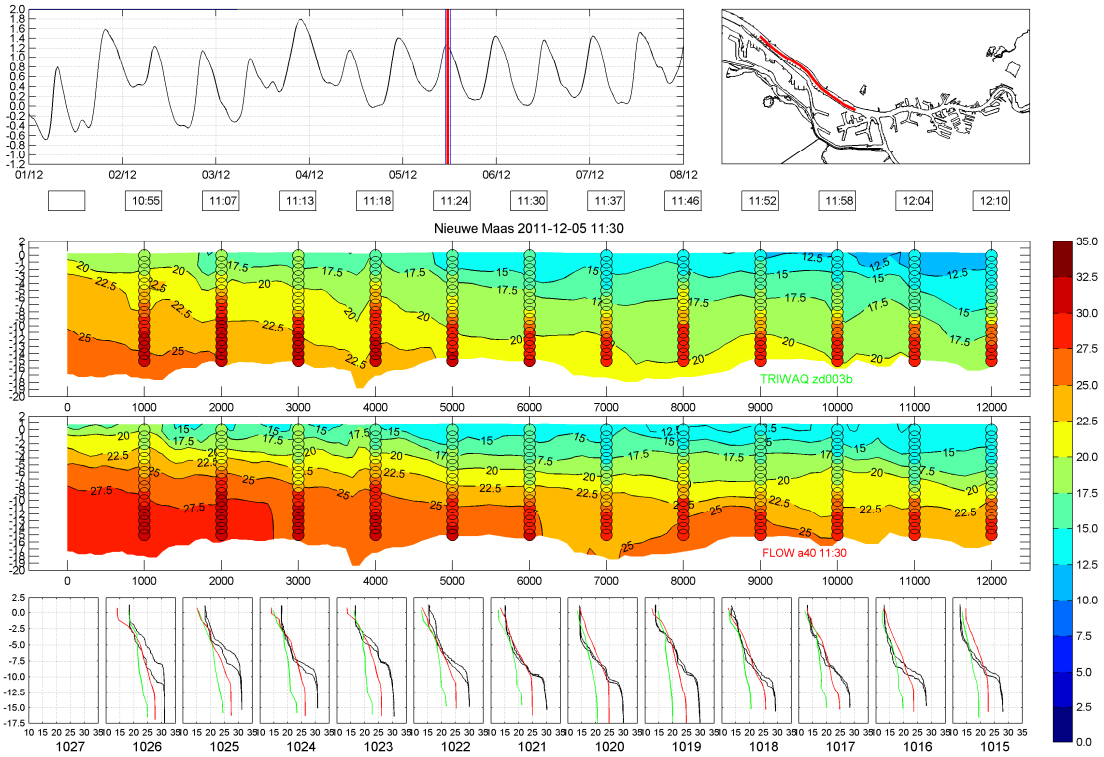
In 2012 is een oriënterende berekening uitgevoerd met een 3D versie van het RMM model. De vergelijking van modelresultaten met metingen gaf aan dat verdere kalibratie van het model nodig is alvorens het voor 3D toepassingen ingezet kan worden. Door de fijnere resolutie van RMM is de rekentijd van RMM langer dan van Zeedelta..

Het 3-dimensionale Zeedeltamodel

Dit is momenteel het officiële Rijkswaterstaat model voor zoutindringingsgerelateerde vragen. Vergelijkbaar met het RMM model wordt in de horizontaal gerekend op een “vierkant” rekenrooster. Het horizontale rekenrooster van het zeedeltamodel is grover dan het rekenrooster van het RMM model. Een groot verschil met het 2-dimensionale RMM model (en het 1-dimensionale SOBEK model) is dat het Zeedeltamodel meerdere (10) rekenlagen kent. Het effect van verschillen in zoutgehalte tussen het oppervlak (laag 1) en de bodem (laag 10) kan dus direct worden berekend. 3D berekeningen hebben ten opzichte van 1-dimensionale en 2-dimensionale berekeningen als nadeel dat ze veel rekenintensiever zijn (om anderhalve maand met het zeedeltamodel te simuleren is ongeveer 1 week nodig op een zwaar computersysteem van het SARA).

Met het 3-dimensionale Zeedeltamodel berekende zoutgehalten zijn uitgebreid vergeleken met gemeten zoutgehalten voor meetstations uit het vaste meetnet van Rijkswaterstaat. Uit deze vergelijking is geconcludeerd dat de reproductie van zoutmetingen bevredigend was. Echter, het betreft hier alleen metingen in de bovenste helft van de waterkolom en ook de gebiedsdekking van de metingen is eigenlijk niet voldoende.

In November 2011, een droge periode met een lage rivierafvoer heeft de Dienst Zuid Holland van Rijkswaterstaat varende metingen uitgevoerd waarbij over de gehele waterdiepte zoutmetingen zijn uitgevoerd. Vergelijking van deze metingen met Zeedeltaberekeningen liet zien dat in de bovenste helft van de waterkolom de gemeten zoutgehalten goed worden gereproduceerd, echter, in de onderste helft van de waterkolom zijn de metingen aanmerkelijk zouter dan de berekening (de aanwezige stratificatie wordt dus in de berekeningen onderschat).



Figuur 4.6 Vergelijking meting/berekening zoutmeettocht november 2011: bovenste twee figuren; achtergrond berekende zoutgehalte, gekleurde bollen gemeten zoutgehalte; onderste serie figuren gemeten tegen berekende profielen zoutgehalte.

Voor de toepasbaarheid van het model voor zoutindringingsgerlateerde vragen geldt dat het Zeedeltamodel (waarom wel/niet):

- Niet bruikbaar is voor het inschatten van de effecten klimaatverandering (als gevolg van de grote rekentijden),
- Bruikbaar is om een 1e inschatting te geven van het effect van geometrische maatregelen (verbreding/verdieping) waarbij bij de analyse van de berekeningsresultaten wel bedacht moet worden dat de berekende stratificatie minder is dan in werkelijkheid,
- Bruikbaar is om een 1e inschatting te geven waar het de effecten van het lokaal afbreken van stratificatie betreft (bellenschermen Nieuwe Waterweg) waarbij bij de analyse van de berekeningsresultaten wel bedacht moet worden dat de berekende stratificatie minder is dan in werkelijkheid.

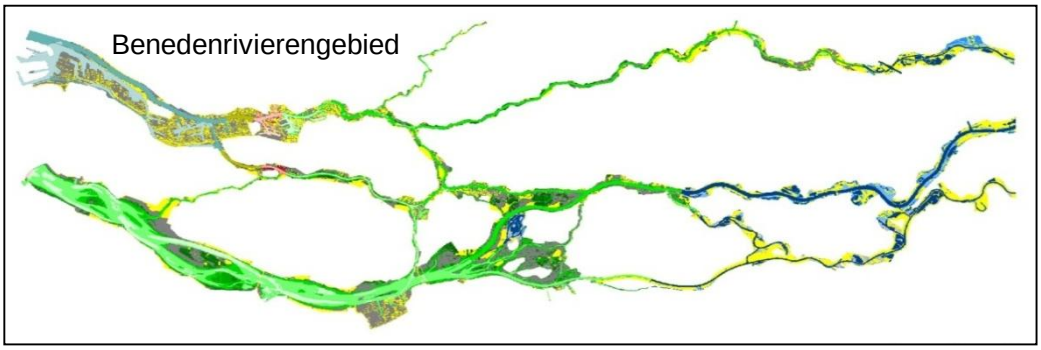
Onduidelijk is in welke mate het model toepasbaar is voor de effecten van een beheer van de Haringvlietsluizen waarbij tijdens de vloedperiode zout water wordt binnengelaten. Een vergelijking met metingen naar zoutindringing in het Haringvliet uitgevoerd in het kader van het kierbesluit heeft nooit plaatsgevonden.

Het 3-dimensionale OSR model van het Havenbedrijf Rotterdam

Dit model van het Havenbedrijf Rotterdam (HbR) beslaat hetzelfde ruimtelijke gebied als het Zeedeltamodel. Het is opgesplitst in een 2-dimensionaal deel en een 3-dimensionaal deel. Het 3-dimensionale deel beslaat de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de aangrenzende havens. Het 3-dimensionale deel van het model heeft een resolutie die aanmerkelijk hoger is dan de resolutie van het Zeedeltamodel. Met dit model worden de zoutmetingen uit november 2011 beter gereproduceerd dan met het Zeedeltamodel.

HABITAT model van het Benedenrivierengebied

In het kader van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden zijn de effecten van de verschillende maatregelstrategieën in het benedenrivierengebied in kaart gebracht. Er is gekozen om te kijken naar de verandering in ecoseries (natuurtypen), die zijn gebaseerd op een aantal standplaatsfactoren. De ecoseries zijn in eerste instantie ingedeeld op basis van zoutconcentratie, getijslag/overstromingsduur, stroomsnelheid, waterdiepte en landgebruik.



Figuur 4.7 HABITAT resultaat voor het Bovenrivierengebied (links)

4.2.4 Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal

Tabel 4.5 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het Noordzee- / Amsterdam-Rijnkanaal

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd / *1D* Niet in B&O & O dit KPP	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software / Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
NZK ARK (Arcadis Alkyon)	3D							

Studies met betrekking tot zout in het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal zijn de laatste jaren door Arcadis Alkyon in opdracht van Rijkswaterstaat West-Nederland Noord (voorheen Noord-Holland) uitgevoerd. Door Arcadis Alkyon is een Delft3D model ontwikkeld

en toegepast voor diverse (scenario)studies. Het 3D model is niet in formeel beheer en onderhoud en inzicht in de status van kalibratie/validatie en toepasbaarheid is bij Rijkswaterstaat WVL (in het kader van het B&O van Hydraulische modellen) onvoldoende aanwezig.

4.2.5 IJsselmeergebied

Tabel 4.6 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het IJsselmeergebied

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
IJsselmeergebied (alle wateren)								2012
IJsselmeer zoutindringing Afsluitdijk	3D							
IJsselmeer	3D	3D				2D		
Markermeer-IJmeer (incl. Gooi-Eemmeer)	3D (geen Cl)	3D				2D		
Eemmeer	3D	3D						
Gooi-Eemmeer	3D			3D				
Randmeren (alle in een model)	1DV				1DV			2D
Drontermeer					0D			
Wolderwijd-Nuldernauw					0D			
Veluwemeer 0D schematisatie					0D			
Veluwemeer research versie					2D			

- *Rijkswaterstaat WVL heeft een spreadsheetmodel ontwikkeld voor waterverdeling en zoutverspreiding waarin het IJsselmeer in drie gemengde bakken wordt gerepresenteerd. De (B&O) status van dit model is niet bekend. Een indicatieve vergelijking met een 3D model heeft aangegeven dan het bakjesmodel ordegrootte correcte chlorideconcentraties voorspelt (Deltares, 2012).Contactpersoon voor dit spreadsheetmodel is bij Deltares onbekend.*
- *Er is ook een door KWR ontwikkeld bakjesmodel voor IJsselmeer, Markermeer-IJmeer en Gooi- en Eemmeer waarmee de water- en chloridebalansen dynamisch in de tijd worden gesimuleerd.*

De vraagstelling (in de afgelopen vijf jaar) voor modellering in het IJsselmeergebied kan onderverdeeld worden in de volgende categorieën:

- Zoutverspreiding in het IJsselmeer van zout door de spui- en scheepvaartsluizen in de Afsluitdijk of door golfoverslag over de Afsluitdijk. 3D hydrodynamische modellen zijn ingezet om inzicht te krijgen in de mate waarin zout door of over de Afsluitdijk bijdraagt aan de chlorideconcentratie in het meer. De modellen zijn niet gevalideerd ten opzichte van metingen en zijn dus vooral bruikbaar voor kwalitatieve analyses. Er is geen modelopzet- en validatierapport beschikbaar.

- Effecten van peilvariaties op ecologie, dat wil zeggen Natura2000 en KRW doelstelling. Het betreft voornamelijk studies in het kader van het Deltaprogramma waarvoor een HABITAT model is opgezet, gevalideerd en toegepast. De HABITAT modellen maken geen onderdeel uit van een effectketenmodel, aangezien peilvarianten op basis van voorgeschreven streefpeilscenario's worden opgelegd (en dus niet berekend met een model). Voor het Markermeer is wel een koppeling met gemodelleerde slibconcentraties meegenomen. De status van de HABITAT modellen wordt desalniettemin als 'in ontwikkeling/niet gevalideerd' aangegeven omdat geen modelopzet- en validatierapport beschikbaar is.

- Voor het IJsselmeer is in onderzoekskader een effectketenmodel beschikbaar. Het betreft een koppeling van een 3D hydrodynamisch model, een 3D slibmodel en een 2D DELWAQ model voor primaire productie en schelpdieren. In 2013 wordt in het kader van het Refresh EU project getracht een modelkalibratie/validatie uit te voeren. Hieruit zou een modelopzet- en validatierapport kunnen volgen, maar (nog) niet duidelijk is of dat in de werkzaamheden is opgenomen. In dit model wordt ook DEB (dynamische energie budget modellering) voor driehoeksmosselen gebruikt. De hydrodynamica is bedoeld voor hoogwatervoorspelling en is daarom op een aantal punten onnauwkeurig voor effectketenmodellering (menging, daadwerkelijk ruimtelijke patronen). Verder ontbreekt is er geen slibmodellering in dit model (is niet uitgevoerd, en dit betekent dus dat er met een fictief slibveld wordt gerekend voor de primaire productie). De modelkalibratie wordt deels uit het ANT IJsselmeergebied onderzoek gefinancierd, omdat een aantal vragen is gekomen met betrekking tot nutrient turnover rates en de draagkracht van het systeem voor driehoeksmosselen.

- Het effect van slib en vertroebeling op mosselen en vogels en het effect van maatregelen ter verbetering zijn de kern van de Autonome Negatieve Trend (ANT) en Natuurlijk Markermeer-IJmeer (NMIJ) studies. De modellering focust op slibmodellering. Doorvertaling naar mosselen en vogels geschiedt (onder andere) via een HABITAT model. Modellering van primaire productie en schelpdieren is niet opgenomen in deze effectketen. Voor het Markermeer-IJmeer is een gekalibreerd 3D hydrodynamisch en 3D slibmodel beschikbaar (Deltares, 2009). Het hydrodynamisch model bevat geen chloride omdat dichtheidseffecten geen rol spelen voor de waterbeweging en chloride geen relevante parameter is voor de doelstelling van de effectketen. Het model omvat ook het Gooi-Eemmeer. Er is ook een modelschematisatie beschikbaar met een fijnere gridresolutie voor specifiek deze meren dat in het kader van Ecologisch Herstel Zuidelijke Randmeren is opgezet en toegepast (Deltares, 2009a). Tenslotte is in onderzoekskader wel een 2D DELWAQ model voor primaire productie en schelpdieren beschikbaar. In het kader van ANT IJsselmeergebied wordt in 2013 een kalibratie van dit DELWAQ model uitgevoerd.

- Voor de randmeren zijn daarnaast enkele specifieke toepassingen beschikbaar. Voor het Gooi-Eemmeer betreft het een onderzoeksmodel voor de voorspelling van blauwalgen (Deltares, 2010). Voor het Veluwemeer is een model beschikbaar dat 10 jaar ontwikkeling van de nutriënten en primaire productie berekend. Het model is toegepast om de DELWAQ procesformuleringen te kalibreren en valideren. Hiervoor is de periode 1976-1985 doorgerekend: Een periode waarin grote veranderingen in nutriëntenbelasting plaatsvonden, waardoor de formuleringen over een brede range getest konden worden (Smits en Van Beek, 2013). Voor toepassingen in de huidige situatie is het model echter verouderd, omdat recente jaren niet in het model zijn opgenomen.

Modellering van zout in het IJsselmeer

Het modelleren van zout in het oppervlaktewater van het IJsselmeer vraagt om het makkelijk kunnen schakelen tussen en koppelen van verschillende ruimte en tijdschalen en relevante procesformuleringen. Qua modellering van de onderliggende fysische processen is het belangrijk hoe lokale zoutindringing door sluizen (met dichtheidseffecten en hogere waarden in de orde van ppt's) zich doorvertaalt via menging (tot in de orde van tientallen tot honderden mg/l) naar voornamelijk wind en IJsselafvoer gedreven transport over het hele IJsselmeer.

Omdat het watersysteem open is en een geheel vormt, is het niet mogelijk het IJsselmeer te ontleden in aparte gebieden met een lokale, specifieke modellering (met specifieke ruimtelijke en temporele resolutie en procesformulering). Voor het modelleren van lokale zoutindringing door sluizen (met hogere waarden in de orde van ppt's) is lokaal bij de sluizen een fijnmazige resolutie in ruimte en tijd nodig en voor dichtheidseffecten een niet-hydrostatische procesformulering.

Met de huidige rekensoftware en rekenhardware is het praktisch onmogelijk een typische simulatieperiode van enkele maanden binnen een redelijke rekentijd door te rekenen voor het hele IJsselmeer met zo'n fijmazige resolutie en specifieke procesformulering. Daarom wordt nu een model gebruikt dat wat verder weg van de sluizen overgaat in een grovere resolutie. Hoewel, vanwege rekentijden, lokaal bij de sluizen nog niet-hydrostatisch gerekend wordt, moet het wel mogelijk zijn om van een lokaal niet-hydrostatische aanpak over te kunnen gaan naar een hydrostatische aanpak verder weg.

Voor beleidsstudies (Deltamodel, klimaatscenario's etc.) die een langere simulatieperiode beschouwen is dit model nog steeds te zwaar. Deze studies hanteren (het IJsselmeergedeelte van) het landelijk Sobek model of de zogenaamde "karrenwiel" aanpak met Sobek. Veel belangrijke processen (o.a. zoutindringing, wind gedreven stroming) kunnen niet goed meegenomen worden in een aanpak met Sobek. Er kan wel een eerste indruk ("quick scan", "rapid assessment") mee verkregen worden, hierin wordt een aantal processen gesimplificeerd of geparametriseerd. Voor het parametriseren en het bepalen van de scope/kader waarbinnen het model nog toegepast kan/mag worden is echter weer een meer gedetailleerd model nodig.

4.2.6 Waddenzee

Tabel 4.7 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Waddenzee

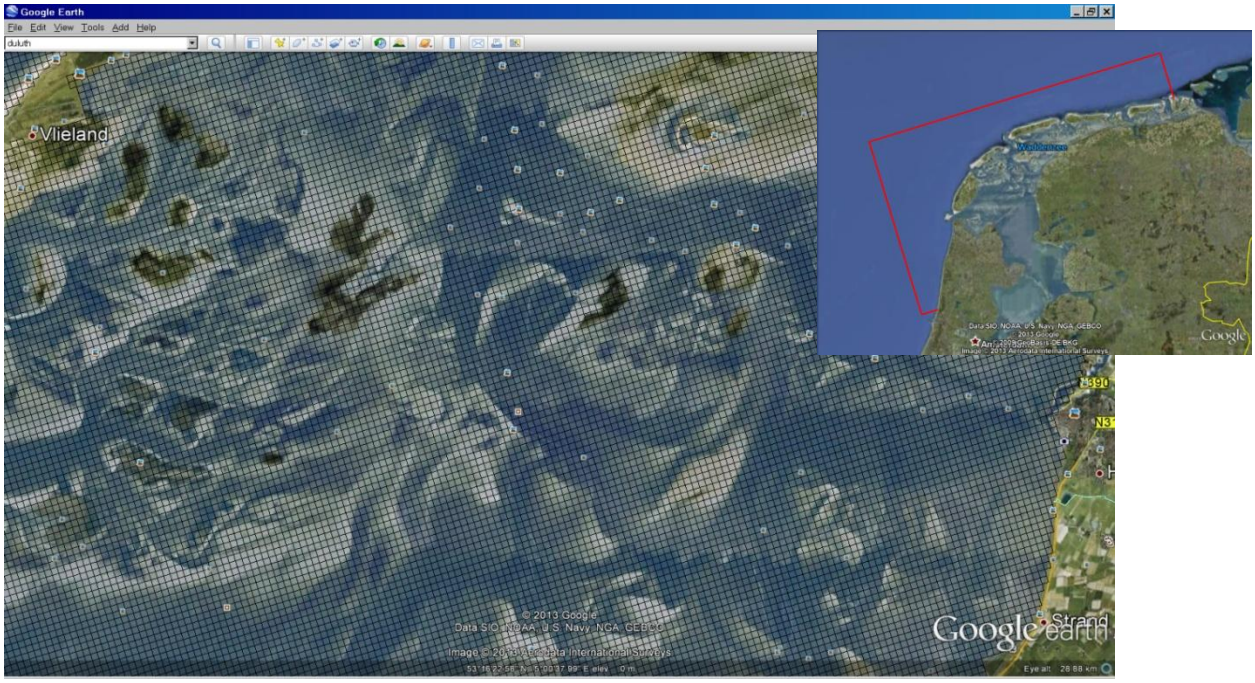
Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software / Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT

Waddenzee								2009
Waddenzee, westelijke	3D	3D			2D			
Waddenzee, westelijke (PACE)	3D	3D			3D			

Voor de westelijke Waddenzee wordt in het kader van de KPP KRW-maatregel Verkenning Slibhuishouding Waddenzee een nieuw 3D slibmodel ontwikkeld. Het slibmodel wordt gebaseerd op het nieuwe 3D hydrodynamisch model van de westelijke Waddenzee dat in het kader van het NWO onderzoek PACE[2] is opgezet. De status van validatie van dit hydrodynamisch model is op dit moment nog niet duidelijk, waardoor het model vooralsnog de status 'in ontwikkeling/niet gevalideerd' krijgt. Het hydrodynamisch model is niet opgenomen in de SLA Hydraulische modellen.

http://www.nioz.nl/pace :
'As part of the PACE Project, a large effort to accurately model the hydrodynamics of the Dutch Wadden Sea is being carried out by several research groups at NIOZ (The Netherlands), Deltares (The Netherlands), and IOW (Germany).

High resolution, three-dimensional simulations are carried out with two different models: GETM and Delft3D. The use of two models allows us to benchmark the results making them more reliable. Currently, the domain (as shown in the figure below) is covered with a horizontal 200 m squared mesh with 30 sigma levels in the vertical. Eventually, higher resolution simulations will be carried out.'



Figuur 4.1: Overzicht van het 200x200 m PACE rooster. Modeldomein en detail van de Waddenzee tussen Harlingen en Vlieland.

In het kader van de KPP KRW-maatregel Verkenning Slibhuishouding Waddenzee wordt eveneens een DELWAQ model voor primaire productie opgezet, maar in het 2013 budget is

[2] *The future of the Wadden Sea sediment fluxes: still keeping pace with sea level rise?* http://www.nwo.nl/en/research-and-results/research-projects/98/2300172198.html

geen ruimte voor kalibratie en validatie van dit model. Ook wordt het ECOWASP model wordt door IMARES toegepast.

De modellen voor de westelijke Waddenzee die in het verleden zijn gebruikt, worden als verouderd beschouwd omdat zij niet op recente invoergegevens gebaseerd zijn.

4.2.7 Eems-Dollard

Tabel 4.8 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Eems-Dollard

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
Eems-Dollard	3D	3D			3D			2012

De vraagstelling voor modellering in het Eems-Dollard gebied is gebaseerd op het samenspel van effecten van lichtuitdoving door slib en nutriënten op de primaire productie in het gebied. Concrete vragen zijn: Hoe wordt de huidige troebelheid van het water verklaard door veranderingen in de morfologie van het systeem? Wat is de invloed hiervan op benthische en pelagische primaire productie en welke effecten op algengroei kunnen verwacht worden bij reductie van de troebelheid, eventueel in combinatie met reductie van nutriëntenniveaus?

Binnen het KPP project Eems-Dollard (afgerond in 2012) is een modelketen ontwikkeld van modellen voor hydrodynamica, sedimenttransport en -resuspensie, waterkwaliteit en primaire productie en een habitatgeschiktheidsmodel. Deze modelketen beschrijft het jaar 2001. Het bevat 3D modelbeschrijvingen voor waterbeweging, sedimenttransport en waterkwaliteit. Het waterkwaliteitsmodel is bedoeld als basis voor verdere modellering ten behoeve van KRW vragen, en is nog niet op details uitgewerkte en gevalideerd. De basisversie is gevalideerd voor totale fytoplanktonbiomassa en chlorofyll-a, maar niet voor individuele soorten. Het model bevat een simpele bodem, zonder afbraak van organisch materiaal, en heeft nog geen beschrijving van fosfaatadsorptie, waardoor de beschrijving van fosfaatconcentraties in sommige delen nog niet goed overeenstemt met gemeten waarden.

Gedeeltelijk overlappend met het KPP project Eems-Dollard is een SPA opdracht KRW-maatregel Verkenning slibhuishouding Eems-Dollard gestart voor het verzamelen van meer meetgegevens voor waterkwaliteit en primaire productie, slibgehalten, en het zover aanpassen van het modelinstrumentarium dat het geschikt wordt voor het doorrekenen van KRW scenario's. Gedurende 2012 en 2013 worden pelagische productie en waterkwaliteit gemeten door IMARES, en voor 2013 wordt tevens benthische productie gemeten. Het model wordt aangepast voor deze jaren, en er is budget gereserveerd voor een kalibratie/validatie met de nieuwe meetgegevens. Ook wordt er voor het waterkwaliteitsmodel gekeken of een

consistente beschrijving van de bodemgeochemie verbetering kan brengen in het voorspellen van de concentratie fosfaat en zuurstof in het gebied. Hiervoor wordt een zelfde aanpak gebruikt als voor het westelijke Waddenzeemodel, zodat deze modellen onderling beter vergelijkbaar zijn.

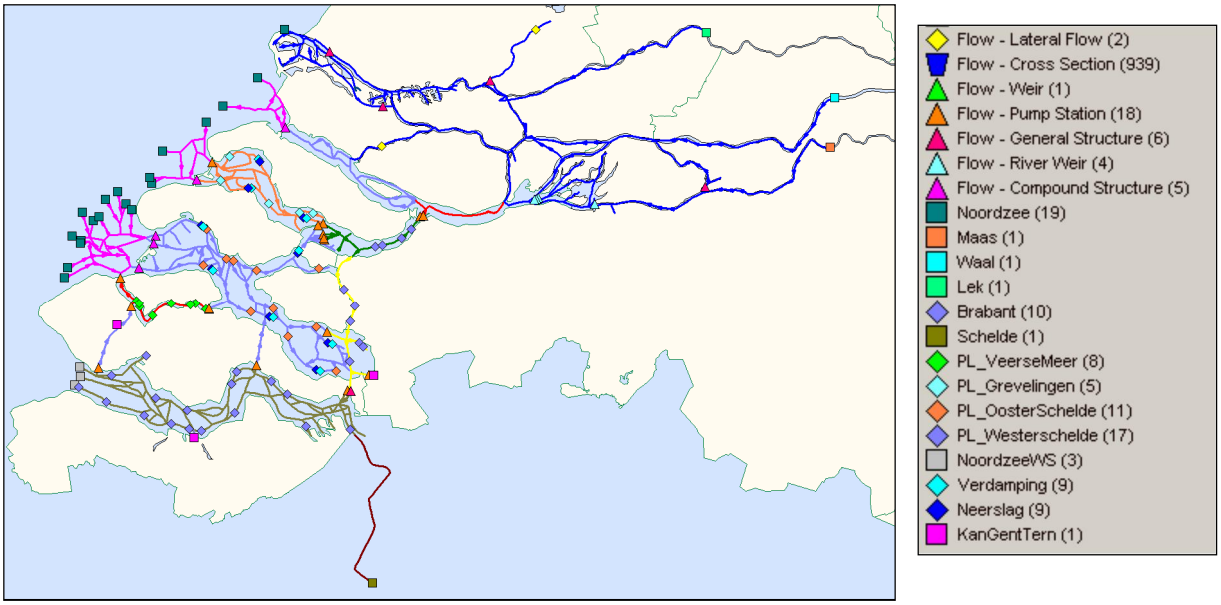
Aan het eind van 2013 zal het model gevalideerd zijn en zullen diverse scenario's gedraaid zijn die het effect van morfologie en/of gesuspendeerd sediment, alsmede het effect van gereduceerde nutriëntenvrachten op primaire productie beschrijven. Door de verschillende fasering van metingen en modelleringsactiviteiten in de tijd zal echter het grootste gedeelte van de metingen die in 2013 worden gedaan niet gebruikt kunnen worden voor validatie van deze versie van het model. Een cruciaal punt is dat juist alleen in 2013 benthische primaire productie wordt gemeten. Van deze metingen zal het grootste deel niet gebruikt kunnen worden. Een relatief kleine extra inspanning in 2014 zou optimaal gebruik kunnen maken van de gemeten benthische primaire productie en een nog beter gevalideerd model kunnen opleveren voor verdere verkenningen, speciaal als deze gericht zijn op de relatieve betekenis van benthische primaire productie.

4.2.8 Zuidwestelijke Delta

Tabel 4.9 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Zuidwestelijke Delta

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
Zuidwestelijke Delta	1D				1D			*IMARES*

Maatregelen in de zuidwestelijke delta worden in een bekken uitgevoerd, maar hebben een uitstraling naar aangrenzende bekkens. Veel studies, waaronder ook modelstudies, richten zich bij de beoordeling op de positieve en negatieve effecten van een maatregel in het betreffende watersysteem. Effecten op aangrenzende wateren worden meestal in kwalitatieve termen besproken. Met het 1D SOBEK model van de zuidwestelijke delta kunnen de nutriëntenstromen door en de primaire productie in de gehele zuidwestelijke delta berekend worden (Deltares, 2013d). Het model is opgezet voor de periode 1995-2009, waarbij rivierdebieten en nutriëntenconcentraties (van rivieren, polders en de Noordzee) zoveel mogelijk op basis van actuele gegevens zijn gebaseerd. De Noordzeeranden bevatten een opgelegde waterstand met een springtij-doodtij-cyclus van 28 dagen, die herhaald wordt gedurende de gehele simulatieperiode. In het kader van meerdere projecten (ook niet Rijkswaterstaat projecten) wordt in 2013 een update van het model uitgevoerd.



Figuur 4.8 SOBEK rekenrooster van de zuidwestelijke delta

4.2.9 Volkerak-Zoommeer

Tabel 4.10 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het Volkerak-Zoommeer

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
2D zoet	2D		2D		2D			2008
3D zoet	3D							
3D zout	3D		3D		3D			2008
Grevelingen-Volkerak-Zoommeer	3D				3D			

In het kader van de m.e.r. Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer zijn maatregelen onderzocht die de overlast van blauwalgen kunnen beperken. Er zijn varianten onderzocht waarbij het Volkerak-Zoommeer zoet blijft of waarbij het meer zout wordt. Voor beide situaties is een apart model beschikbaar. De zoete varianten worden doorgerekend met een 2D hydrodynamisch model, een 2D tracermodel en een 2D DELWAQ model. De zoute variant wordt doorgerekend met 3D modellen, vanwege het belang van dichtheidsverschillen en het risico op stratificatie.

De 2D zoete en 3D zoute modellen zijn gebaseerd op invoergegevens uit 1998-2003. Omdat de waterbalans sindsdien niet substantieel veranderd is, zouden hydrodynamische scenario's eventueel nog met de beschikbare modellen gedaan kunnen worden. De modellen zijn desalniettemin als verouderd aangegeven, omdat voor de DELWAQ modellen de gegevens uit 1998-2003 wel aanleiding tot de status 'verouderd' geven. In recentere jaren laat het Volkerak-Zoommeer een verandering van systeemgedrag zien, waarbij de invloed van begrazing door de Quagga-mossel en substantieel veranderde fosfaathuishouding onderscheiden worden. Een update naar recentere jaren en een aanpassing en uitbreiding van de procesformuleringen zijn nodig.

Op basis van dezelfde aanpak is een 3D model beschikbaar waarin het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer aan elkaar gekoppeld zijn. De toepasbaarheid is vergelijkbaar.

4.2.10 Grevelingenmeer

Tabel 4.11 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor het Grevelingenmeer

Gereed voor gebruik In ontwikkeling / Niet gevalideerd Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Grevelingenmeer	3D				3D			
Grevelingen-Volkerak-Zoommeer	3D				3D			

Voor het Grevelingenmeer is in het kader van de MIRT-verkenning Grevelingenmeer een 3D hydrodynamisch model en een 3D DELWAQ model voor primaire productie en zuurstofhuishouding opgezet, gekalibreerd en gevalideerd voor de jaren 2000 en 2008.

Het 3D FLOW model voor het Grevelingenmeer is primair gericht op het correct voorspellen van de stratificatie die van groot belang is voor de zuurstofhuishouding. Zowel de sterkte van de stratificatie (dat wil zeggen temperatuur- en/of saliniteitsverschil tussen boven- en onderlaag), de positie van de spronglaag in de verticaal en de stratificatieduur zijn belangrijk. De waterstand wordt berekend op basis van een afgeregelde waterbalans en is dus als modeluitkomst minder relevant.

Tabel 4.12 Toepassingsgebied 3D Grevelingen model voor waterbeweging, zout en temperatuur

Wel toepasbaar: • Stratificatie en temperatuurmodellering, inclusief het effect van getij op stratificatie • Grootschalige stromingspatronen en verblijftijden
Alleen toepasbaar met uitbreiding: • Gedetailleerde stroming op een schaal van < 100 m zoals bijvoorbeeld stromingspatronen bij de sluis of het doorlaatmiddel – Uitleg: Het model is gericht op stroming op de schaal van het Grevelingenmeer en de resolutie van het grid (100 m tot 400 m) is daarvoor geschikt. Voor gedetailleerde stromingspatronen is de gridresolutie te grof en is een gedetailleerder model nodig.

Het 3D model van het Grevelingenmeer berekent de concentraties van nutriënten (nitraat, ammonium, ortho-fosfaat, silicium), opgelost zuurstof, zoutgehalte, fytoplankton (diatomeeën, flagellaten, dinoflagellaten en *Phaeocystis*), en detritus in de waterkolom. In de bodem wordt uitsluitend de voorraad van organisch materiaal berekend (in g/m^2), maar gedetailleerde bodemprocessen en poriewaterconcentraties worden niet gemodelleerd. De begrazing van detritus en algen door schelpdieren en zoöplankton en de water-bodemuitwisseling van fosfaat worden op een geschematiseerde wijze gemodelleerd die volstaat voor de huidige toepassing. Voor sommige toepassingsgebieden zal een uitbreiding of aanpassing van het model nodig zijn.

Tabel 4.13 Toepassingsgebied 3D Grevelingen model voor waterkwaliteit en primaire productie

Wel toepasbaar: • Zuurstofhuishouding in de waterkolom (voornamelijk) bepaald door productie en afbraak van organisch materiaal in de waterkolom en in de bodem en stratificatie • Nutriëntenconcentratie in de waterkolom en stoffenbalans uitgesplitst naar bijdrage van Noordzee, polders en chemische en biologische processen • Algenconcentraties en algensamenstelling • Sedimentatie- en erosiepatronen • …
Alleen toepasbaar met uitbreiding: • Draagkracht voor schelpdierkweek of biomassa en soortensamenstelling schelpdieren – Uitleg: Schelpdieren worden nu niet als toestandvariabele gemodelleerd en het effect van schelpdieren wordt door een verhoogde valsnelheid meegenomen. Het effect van ontwikkelingen op schelpdieren wordt nu offline ingeschat en vervolgens aan het model opgedrukt. Het model heeft dus zelf geen voorspellende waarde voor schelpdieren, wel voor het effect dat schelpdieren hebben op andere stoffen. • Vastlegging in en nalevering van fosfaat uit de bodem – Uitleg: De fosfaatvastlegging en -nalevering wordt niet dynamisch gemodelleerd (dat wil zeggen afhankelijk van omgevingsfactoren zoals concentraties), maar als tijdserie opgelegd aan het model. De grootte van de vastleggings- of naleveringsflux is een kalibratiegrootheid. • Anorganisch slib en aanslibbing – Uitleg: De concentratie anorganisch slib in de Grevelingen is over het algemeen laag en weinig variabel. Er is daarom gekozen om het slib niet dynamisch te berekenen, maar als constante waarde (van 4 g/m^3) op te nemen. Het is relatief eenvoudig om het model uit te breiden met een dynamische berekening van de slibconcentratie.

Op basis van dezelfde aanpak is een 3D model beschikbaar waarin het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer aan elkaar gekoppeld zijn. De toepasbaarheid is vergelijkbaar.

4.2.11 Oosterschelde

Tabel 4.14 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Oosterschelde

Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Niet gevalideerd / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
Oosterschelde Deltakennis	3D					2D		2009

In het kader van onderzoek naar draagkracht voor schelpdieren zijn – in samenwerking met IMARES – procesformuleringen voor de groei en biomassa van mosselen, oesters en kokkels aan DELWAQ toegevoegd. Een gebiedsmodel van de Oosterschelde is gebruikt als testomgeving voor deze ontwikkelde uitbreiding. Met het model zijn enkele verkennende studies uitgevoerd onder andere naar het effect van mosselzaadinvanginstallaties. Het 2D DELWAQ model gebruikt de resultaten van een niet gevalideerd 3D hydrodynamisch model van de Oosterschelde.

Omdat het beschikbare modelinstrumentarium zich in het onderzoekstadium bevindt, wordt het als ‘In ontwikkeling/niet gevalideerd’ geclassificeerd.

4.2.12 Westerschelde

Tabel 4.15 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Westerschelde

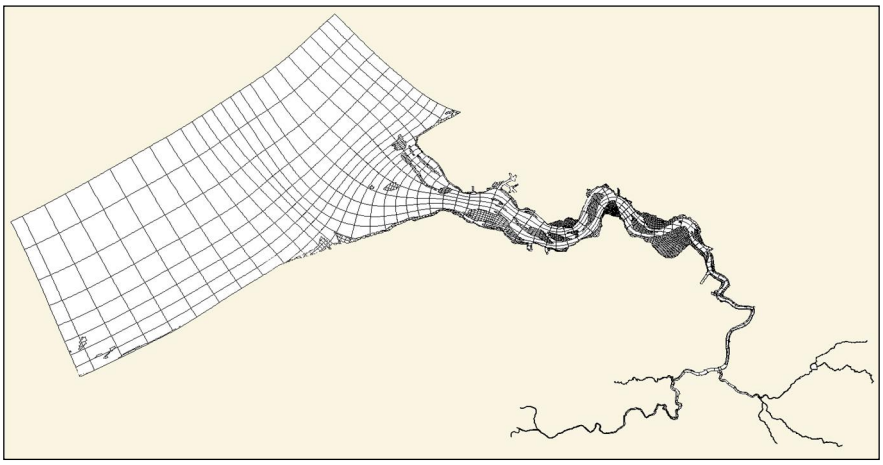
Gereed voor gebruik / In ontwikkeling / Ongeschikt / Verouderd	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Modelschematisatie								
Westerschelde NEVLA	3D	3D			3D			2009

Het internationale project LTV-O&M (Lange Termijn Visie, Onderzoek en Monitoring) heeft als doel een verantwoordelijk en duurzaam beheer van het Scheldesysteem (Zeeschelde en Westerschelde). Drie geprioriteerde functies van het systeem worden in het project onderscheiden:

(1) Toegankelijkheid voor scheepvaart,
(2) veiligheid tegen overstromingen moet worden gegarandeerd,
(3) De natuurlijke waarden van het system moeten worden bewaard.

Om beheersplannen en besluiten beter te onderbouwen en de effecten van natuurlijke en antropogene veranderingen beter in te schatten, moet de kennis over het functioneren van de Schelde worden verfijnd. Een modelketen wordt ontwikkeld, om het begrip en inzicht in de dynamiek van het fysische en biologische systeem te ontwikkelen en toetsen. Dit leidt tot een betere inschatting van de effecten van verschillende beheersmaatregelen zoals baggeren, en het storten van baggerslib.

De modelketen wordt binnen dit project hoofdzakelijk gebruikt als onderzoeksgereedschap, om beter grip te krijgen op de gevolgen van grootschalige effecten van menselijke ingrepen (vooral gerelateerd aan veranderingen in de geomorfologie) op de draagkracht en primaire productie van het systeem.



Figuur 4.9 Het rekenrooster voor de waterkwaliteitsmodellering in de Westerschelde.

4.2.13 Noordzee

Tabel 4.16 Overzicht van beschikbare modelschematisaties voor de Noordzee

	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Gereed voor gebruik								
In ontwikkeling / Niet gevalideerd								
Ongeschikt / Verouderd								

Software / Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Scremotox	2D s		2D s	2D s				
ZUNO grof	3D	3D			3D	3D	3D	
ZUNO DD MER Zandwinning	3D	3D			3D	3D		
ZUNO DD MOS2	3D	3D						
ZUNO DD Egmond	3D	3D			3D			

De zogenaamde ZUNO-DD modelschematisaties zijn de opvolgers van eerdere schematisaties die vanaf de jaren 90 ontwikkeld zijn, zoals de ZUNO-Grof schematisatie. Dankzij een gematigde rekentijd heeft de ZUNO-Grof implementatie zich ontwikkeld tot het 'werkpaard' voor veel berekeningen met betrekking tot slib of primaire productie waar een groot aantal studies is of nog mee wordt uitgevoerd zoals Flyland, MER Maasvlakte 2, MER zandwinning 2008-2012 (in combinatie met LaMer), Ospar, Knowseas (EU project) en EMTOX (ander EU project).

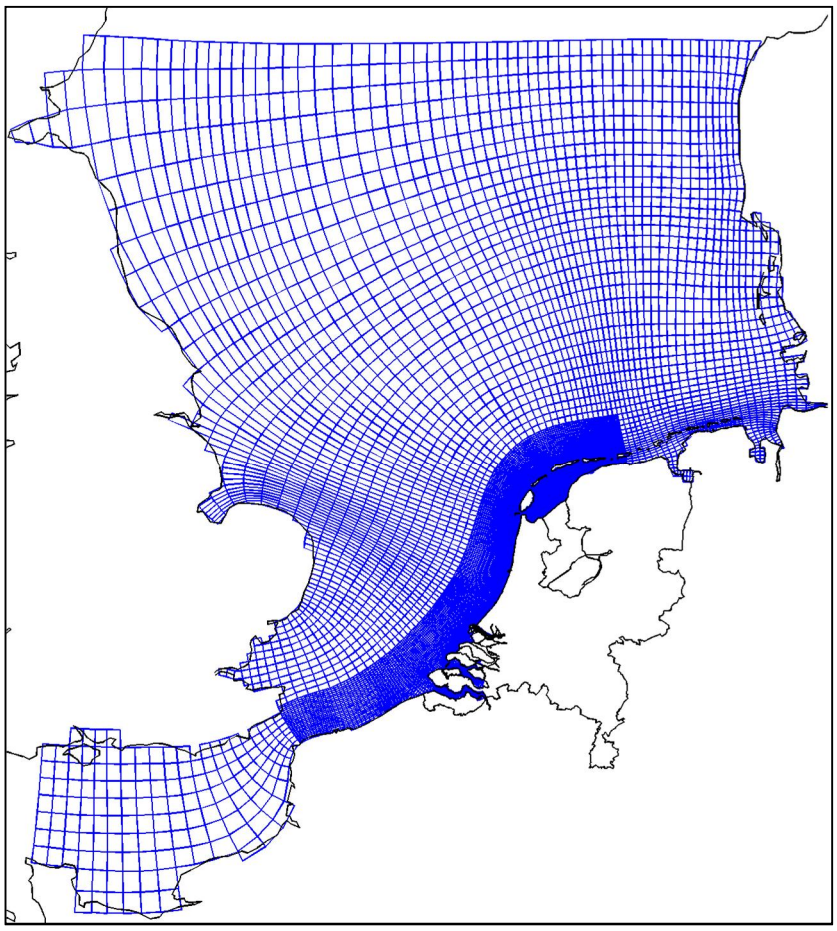
In het kader van een modelleringstudie ter onderbouwing van de m.e.r. voor de zandwinning ten behoeve van de reguliere kustsuppleties voor de periode 2013-2017, is een verbeterde keten van modelschematisaties voor de Noordzee ontwikkeld, de zogenaamde ZUNO-DD MER Zandwinning schematisaties.

Het waterbewegingsmodel voor de ZUNO-DD MER Zandwinning is gebaseerd op eerdere gekalibreerde en gevalideerde schematisaties van de zuidelijke Noordzee, inclusief de Waddenzee (Deltares. 2012a). Het fijnste rekendomein is verder uitgebreid in de westelijke en noordelijke richtingen. De afregeling is uitgevoerd voor het jaar 2007 door aanpassing van de bodemruwheid op waterstanden, en daarna zijn de transporten langs de kust, door het Kanaal van Dover en door het Marsdiep, en de temperatuur en saliniteit geverifieerd. Ook is aandacht specifiek besteden aan de Waddenzee. De resolutie van de schematisatie is eigenlijk te grof voor de Waddenzee, maar de bodem is aangepast om de voortplanting van het getij en het transport door de geulen in de Waddenzee te verbeteren.

Het slibmodel voor de ZUNO-DD MER Zandwinning is ook gebaseerd op eerdere gekalibreerde en gevalideerde toepassingen. In het kader van de validatie van het slibmodel op de ZUNO-DD MER Zandwinning schematisatie (en in tegenstelling tot eerdere studies die vooral op de kustzone waren gericht) heeft de Waddenzee specifiek ook aandacht gekregen. In de kustzone komen de berekende concentratie bij de bodem goed overeenkomt met waarnemingen en het concentratieniveau in de Voordelta en in de Waddenzee zijn sterk verbeterd. Wat betreft de Waddenzee is toen geconcludeerd dat het model moeilijk verder verbeterd kan worden, vanwege de beperkte horizontale resolutie van de schematisatie, waardoor de slibconcentraties in de Waddenzee onderschat worden. Toch bleek het model relatieve verandering in slibconcentraties goed te kunnen weergeven. Het model voor nutriënten en primaire productie voor deze schematisatie is ook gebaseerd op eerdere gekalibreerde en gevalideerde modellen en is in 2012 opnieuw vergeleken met metingen bij een aantal meetstations. Daarnaast zijn er ook een paar berekeningen uitgevoerd met het online DEB module om de groei van schelpdieren te modelleren. De kalibratie van dit laatste model is niet afgerond omdat de populatiegroei in het model na een paar jaar explosief werd.

Zowel voor waterbeweging als voor slib en waterkwaliteit zijn de modellen op de ZUNO-DD MOS2 en ZUNO-DD Egmond schematisaties gebaseerd op de ZUNO-DD MER Zandwinning

schematisatie, met als verschil dat de omvang van het fijnste rekendomein varieert, afhankelijk van het gebied van interesse bij de verschillende studies waarvoor de schematisaties zijn opgezet.



Figuur 4.10 ZUNO-DD Rekenrooster gebruikt voor het MOS2 onderzoek

5 Voorstel voor B&O en Ontwikkeling 2013

In dit hoofdstuk volgt de geaggregeerde, samengevatte beantwoording van de formats. De individuele formats worden in de bijlage toegevoegd. De geraamde kosten zijn EXCLUSIEF BTW. In dit stadium worden ordegrootte ramingen gedaan (k€ 2,5; 5, 10, 25, 50, 100, >100). Op basis van de prioritering door Rijkswaterstaat wordt een definitieve begroting voor de werkzaamheden opgesteld.

5.1 Buiten afbakening

Vijf beheervragen vallen buiten de afbakening van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties of zijn al volledig opgenomen in een ander lopend traject. Deze beheervragen worden als eerste in deze paragraaf afgehandeld, opdat zij in het verdere voorstel voor B&O en Ontwikkeling niet meer meespelen.

Beheervraag	Watersysteem	Antwoord
ZOUTINDRINGING EN ZOUTVERSPREIDING		
1 Nadelige effecten van zoutindringing minimaliseren op landelijke schaal	Landelijk HWS	Deze beheervraag is (naast waterveiligheid) het centrale onderwerp van het Deltaprogramma. In het KPP DP Zoetwatervoorziening en het KPP Deltamodel wordt het Deltamodel ontwikkeld om het effect van landelijke waterverdeling op zoutindringing te voorspellen. Het Landelijk SOBEK Model (LSM) wordt in 2013 gevalideerd voor zout. Aangezien het onderwerp en de modelontwikkeling al volledig afgedekt zijn door andere KPP projecten, wordt de beheervraag niet in behandeling genomen.
KOELCAPACITEIT RIJKSWATEREN (temperatuur)		
20 Koppeling 3D Noordzeekanaal model met emissietoets	Noordzee-kanaal	Op dit moment loopt een offertetraject om deze koppeling tot stand te brengen. Hiertoe wordt het 3D Noordzeekanaal model van en door Arcadis ingezet om de database die onder de emissietoets ligt, te vullen met behulp van modelresultaten. Omdat het een lopend traject is, wordt de beheervraag niet verder in behandeling genomen. NB: Het B&O van het 3D gebiedsmodel wordt behandeld in paragraaf 5.2. NB: Het B&O van de emissietoets inclusief de database is nog niet formeel geregeld.
SLIBKWANTITEIT (morfologie)		
21 Effecten van slib in de Rijntakken en de Maas	Rijntakken en Maas	Het betreft een beheervraag over morfologische ontwikkeling (dat wil zeggen aanslibbing) in het rivierengebied wat niet onder de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties valt. De beheervraag wordt niet in behandeling genomen. Er is geen lopend project bij Deltares waarnaar doorverwezen kan worden.
24 Optimalisatie van haven- en vaargeulonderhoud	Noordzee	Het betreft een beheervraag over morfologische ontwikkeling (dat wil zeggen aanslibbing) in havens wat niet onder de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties valt. De beheervraag wordt niet in behandeling genomen. Er is geen lopend project bij Deltares waarnaar doorverwezen kan worden.
25 Verspreidingsstrategie		Het betreft een beheervraag over morfologische

loswallen		ontwikkeling namelijk de verspreiding van slib in de Noordzee wat niet onder de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties valt. De beheervraag wordt niet in behandeling genomen. Er is geen lopend project bij Deltares waarnaar doorverwezen kan worden.
WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE (Integrale ecosysteemmodellering)		
28 Effectiviteit van KRW-maatregelen op chemische waterkwaliteit	Landelijk HWS	De beheervraag heeft betrekking op de toepasbaarheid en nauwkeurigheid van de KRW-Verkenner. De KRW-Verkenner valt buiten de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties. De beheervraag wordt niet in behandeling genomen. Aanbevolen wordt om in het kader van de (KPP) KRW-Verkenner een discussie te voeren over de gestelde onderzoeksvragen.

5.2 Voorstel voor Beheer & Onderhoud

Voor onderstaande beheervragen is:

- Een geschikt model aanwezig waarvan voorgesteld wordt om het in Beheer en Onderhoud op te nemen.
- Bij derden een model beschikbaar dat zich buiten het gezichtsveld en/of de verantwoordelijkheid van Deltares bevindt. Als eerste wordt dan voorgesteld om een keuze te maken of en hoe het model onder het Beheer en Onderhoud van Rijkswaterstaat gebracht wordt. Eventueel benodigde ontwikkeling kan pas daarna vastgesteld worden.

Beheervraag	Watersysteem	Antwoord
ZOUTINDRINGING EN ZOUTVERSPREIDING		
11 Effecten van mogelijke aanpassingen van de landelijke waterverdeling (DP) op ARK	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	Voor het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal wordt door Arcadis in opdracht van RWS West-Nederland Noord gerekend met een 3D gebiedsmodel. Deltares is onvoldoende bekend met dit gebiedsmodel om uitspraken te doen over de geschiktheid voor deze beheervragen. Het voorstel is om dit gebiedsmodel in B&O op te nemen[3] en in dat kader de vraag rondom geschiktheid te beantwoorden. Geraamde kosten voor verzamelen informatie en voorstel maken voor B&O: k€ 5; de kosten voor B&O komen hier nog bovenop.
12 Verruiming Zeesluizen IJmuiden	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	
8 Ander beheer Krammersluizen	Volkerak-Zoommeer Rijn-Maasmonding	De beheervraag omvat een aantal aspecten. De zoutlek door de Krammersluizen en door de Volkeraksluizen en de maatregelen om dit te beperken vallen buiten de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties. Voor de Krammersluizen loopt hiervoor een specialistisch advies opdracht 'Pilot Krammerjachtsluizen'. Het effect van eventueel benodigd extra doorspoeldebiet wat leidt tot minder debiet door de Nieuwe Waterweg, op innamepunten in de Rijn-Maasmonding is qua modelaanpak een variant van beheervraag 6 'Anders aanvoeren Middenwest Nederland/Roode Vaart': Het gaat

[3] *NB: Het is een optie om een uitbesteding aan Arcadis te doen om volgens opgestelde richtlijnen het model onder B&O te brengen. Of we dergelijke richtlijnen al tijdig in voldoende detail hebben, is nog niet bekend. Zo'n uitbesteding in het 4e kwartaal van 2013 zou haalbaar moeten zijn.*

		om een lagere rivieraanvoer van zoetwater naar de Nieuwe Waterweg. Het bovenstroomse punt waar rivierwater afgetapt wordt, is bij hoeveelheden van enkele tientallen m^3/s minder relevant. Voor het effect op innamepunten van (resterende) zoutlek door de Volkeraksluizen is een apart 3D z-lagen model van het Hollandsch Diep en Haringvliet beschikbaar. Het z-lagen model is beter dan het Zeedelta model geschikt voor de zwak dynamische situatie (lage stroomsnelheid en relatief klein zoutlek). Voorstel is om dit z-lagen model in B&O op te nemen. Geraamde kosten voor B&O: k€ 2,5 (opnemen in B&O)
10 Effect uitbreiding Zeesluis op Kanaal Gent-Terneuzen	Kanaal Gent-Terneuzen	Voor het Kanaal Gent-Terneuzen is een 3D FINEL model beschikbaar bij Svašek Hydraulics. Bij WL Borgerhout wordt een 1D MIKE11 model ontwikkeld. Deltares is onvoldoende bekend met deze modellen om uitspraken te doen over de geschiktheid voor deze beheervraag. FINEL is modelsoftware die niet onder de SLA valt. Er is geen TRIWAQ of Delft3D model beschikbaar. Als eerste moet RWS beslissen hoe met dergelijke gebiedsmodellen – waarvan de modelsoftware evenmin in B&O van Deltares is – in het kader van B&O moet worden omgegaan. Geraamde kosten voor verzamelen informatie en voorstel maken voor B&O: k€ 5; de kosten voor B&O komen hier nog bovenop. NB: Omdat Deltares niet de FINEL en MIKE11 software beheert, vergt het B&O van deze gebiedsmodellen een andere aanpak of in ieder geval andere overwegingen. Deze situatie komt in SLA Hydraulische modellen niet voor.
KOELCAPACITEIT RIJKSWATEREN (temperatuur)		
18 Koelcapaciteit met alle landelijke bronnen	Landelijk HWS	Hieraan wordt gewerkt als apart onderdeel van dit KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties. Er wordt daarom geen verdere ontwikkeling voorgesteld. Wel wordt voorgesteld het 1D model dat een toepassing is van LSM, onder B&O te brengen. Afstemming met het Deltamodel, waarin dezelfde schematisatie wordt gebruikt, is nodig. Geraamde kosten voor B&O: k€ 2,5 (ook onderdeel van Deltamodel)
19 Koelcapaciteit Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	Voor het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal wordt door Arcadis in opdracht van RWS West-Nederland Noord gerekend met een 3D model. Deltares is onvoldoende bekend met dit model om uitspraken te doen over de geschiktheid voor deze beheervragen. Het voorstel is om dit model in B&O op te nemen en in dat kader de vraag rondom geschiktheid te beantwoorden. Geraamde kosten voor B&O: Zie beheervragen 11 en 12
WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE (Integrale ecosysteemmodellering)		
41 VNSC O+M Schelde-Westerschelde	Westerschelde	Is onderwerp van een eigen KPP opdracht. Het in B&O opnemen van de Delft3D hydrodynamica en DELWAQ gebiedsmodellen wordt uit dit KPP gefinancierd. Er is ook en FINEL hydrodynamica model beschikbaar bij Svašek Hydraulics, waarvoor RWS moet overwegen hoe met B&O moet worden omgegaan. Voor de modellering en de schematisatie wordt bovendien samengewerkt met Vlaamse partners, waardoor afspraken over B&O een

		complexe situatie vormen. Voorgesteld wordt om in ieder geval de Delft3D hydrodynamica, DELWAQ slib en DELWAQ waterkwaliteit en ecologie gebiedsmodellen in B&O op te nemen. Geraamde kosten voor B&O: 2,5 k€ (opnemen in B&O) Ten behoeve van ecologie wordt gewerkt met ecotopenkaarten die met een GIS bewerking worden gegenereerd uit monitoringsgegevens, modelresultaten en luchtfoto's. De ecotopenkaarten, die de ecotopen voor verschillende historische jaren aangeven, zijn in beheer bij RWS Centrale Informatievoorziening (voorheen DID). De ecotopenkaarten kunnen niet gebruikt worden voor voorspellingen. Hier vindt in het kader van het KPP O+M Westerschelde wel onderzoek naar plaats. Er zijn geen extra kosten voorzien.
42 Maasvlakte II - MEP Natuurcompensatie Voordelta	Voordelta	Voor het project PMR-NCV (Monitoring Natuurcompensatie Voordelta) wordt een aantal abiotische parameters uitgerekend, die gebruikt worden in habitatmodellen van de verspreiding van bodemdieren en demersale vis in de Voordelta. De habitatmodellen worden door IMARES gemaakt. De habitatmodellen maken gebruik van modelresultaten voor stroomsnelheid, waterstand, golfhoogte, bodemschuifspanning, watertemperatuur en zoutgehalte afkomstig uit simulaties met een "modellentrein": CSM8 (Continental Shelf Model), Zuno (Zuidelijke Noordzee), Kustgrof en Kustzuid (zuidelijk deel van Kustfijn). Deze modellen vallen onder de SLA Hydraulische modellen. Voor de habitatmodellen wordt niet de HABITAT software gebruikt, maar een andere GIS applicatie. Als eerste moet RWS beslissen hoe met dergelijke modellen in het kader van B&O moet worden omgegaan. Geraamde kosten voor B&O: k€ 5 (verzamelen informatie en voorstel)
44 Bronanalyse nutriënten Noordzee	Noordzee	Mede gefinancierd door EU onderzoeksprojecten is een model beschikbaar voor bronanalyse. Voorstel is om dit model in B&O op te nemen. Geraamde kosten voor B&O: k€ 2,5 (opnemen in B&O) De beheervraag was tevens het onderwerp van een workshop op 16 april. In een memo zijn door Deltares de huidige mogelijkheden vastgelegd en aanbevelingen voor mogelijk vervolg (referentie 1208248). Rijkswaterstaat WVL beraadt zich momenteel op vervolgstappen. In het kader van dit KPP Waterkwaliteitsschematisaties wordt in afwachting daarvan geen extra budget gereserveerd.
23 Zandwinstrategie	Noordzee	Voor het doorrekenen van het effect van zandwinning op de primaire productie zijn gebiedsmodellen beschikbaar voor hydrodynamica (3D), slib (3D) en primaire productie (3D). Er zijn verschillende schematisaties met hogere resoluties in de kustzone, bij Egmond en rond de Maasvlakte. Voorgesteld wordt om deze gebiedsmodellen in B&O onder te brengen. Geraamde kosten voor B&O: k€ 5 (opnemen in B&O)
30 KRW-maatregel	Eems-Dollard	In het kader van de KPP Eems-Dollard is de afgelopen

Verkenning slibhuishouding Eems-Dollard 31 Verwijdering drempel voor de Eemshaven 32 Verbinding Ameland - Holwerd 34 Ecologische effecten verdieping Eemshaven door Groningen SeaPorts 35 Integraal Management Plan Eems Dollard 36 Tracébesluit vaarwegverruiming Eemshaven-Noordzee		jaren een integraal effectketenmodel ontwikkeld. Dat wordt in 2013 in het kader van een SPA-opdracht toegepast voor scenarioberekeningen. De kern van het effectketenmodel is het effect van slib op de ecologie. Het onderliggende hydrodynamisch model is door Arcadis Alkyon opgezet. Geraamde kosten voor onder B&O brengen van de hydrodynamica, DELWAQ slib, DELWAQ primaire productie en HABITAT modellen: 5 k€
45 Gevolgen peilbesluit voor ecologisch relevante arealen	IJsselmeer	In het kader van het Deltaprogramma is een HABITAT model opgezet en gevalideerd. Voorgesteld wordt om dit model in B&O op te nemen. Omdat geen modelopzet- en validatierapport beschikbaar is dat aan de kwaliteitseisen van B&O[4] voldoet, wordt tevens voorgesteld om dit rapport op te stellen. Geraamde kosten voor B&O: k€ 7,5 (opnemen in B&O en opstellen opzet- en validatierapport)
46 ANT IJsselmeergebied 48 Gevolgen opwerveling voor ecologie 49 Gevolgen peilbesluit voor nutriëntenbalansen	IJsselmeer-gebied	Voor het Markermeer-IJmeer is een effectketenmodel beschikbaar (3D hydrodynamica, 3D slib en 2D nutriënten en primaire productie). Het model is gevalideerd voor hydrodynamica en slib, maar niet voor nutriënten en primaire productie. Voorgesteld wordt om het 3D hydrodynica en 3D slib gebiedsmodel in B&O te nemen (Geraamde kosten 2.5 kE) en om een validatie voor het 2D gebiedsmodel voor nutriënten en primaire productie uit te voeren alsvorens het in B&O op te nemen (Geraamde kosten 50 k€). Voor de zoutverspreiding in het Markermeer-IJmeer is geen gebiedsmodel beschikbaar. Het 3D hydrodynamisch model is eenvoudig met chloride uit te breiden, waarna een kalibratie/validatie nodig is (Geraamde kosten: 25 k€). Voor het IJsselmeer is een niet gevalideerd effectketenmodel beschikbaar (3D hydrodynamica, 3D slib, 2D primaire productie en schelpdieren). De effecten van vertroebeling en peilbeheer zijn in principe met dit effectketenmodel te bepalen, zodat geen volledig nieuwe modelopzet nodig is. Voorgesteld wordt om een nette validatie van het effectketenmodel uit te voeren waarbij tevens een modelopzet en validatie rapport opgeleverd wordt. De mate waarin de effecten voorspeld kunnen

[4] *Voor een model dat in B&O wordt opgenomen, dient een rapport beschikbaar te zijn dat zowel de volledige modelopzet waaronder de gebruikte oorspronkelijke data, de wijze van verwerking van de data tot modelinvoer en de gemaakte keuzes als de modelkalibratie/validatie beschrijf. Aangegeven dient te zijn voor welke toepassingen het model geschikt is, wat de verwachte mate van (on)nauwkeurigheid is en wat (resterende) zwakke(re) aspecten zijn. Als dit rapport niet beschikbaar is, wordt het model als 'in ontwikkeling/niet gevalideerd' gekwalificeerd, omdat overdraagbaarheid niet geregeld is.*

		worden (dat wil zeggen model(on)nauwkeurigheid) kan dan ook in meer detail worden vastgesteld. Geraamde kosten voor B&O: k€ 50 (validatie en rapportage) NB: Staat onder B&O omdat het model er al is (dus niet ontwikkeld hoeft te worden), maar 'alleen' gevalideerd en rapport. Maar kan ook bij Ontwikkeling, kwestie van definitie.

5.3 Voorstel voor Ontwikkeling

Let op: Als hier een gebiedsmodel wordt toegepast of (verder) wordt ontwikkeld, hoort daar expliciet bij dat het model in B&O moet worden opgenomen. Dit geldt dus ook als deze gebiedsmodellen nog niet in de vorige paragraaf benoemd zijn. Als de Ontwikkeling in 2013 niet geprioriteerd wordt, kan wel overwogen om het gebiedsmodel in B&O te nemen. Voor iedere schematisatie moet dan k€ 2,5 opgenomen worden. Wederom alle bedragen EXCLUSIEF BTW.

Beheervraag	Watersysteem	Antwoord
ZOUTINDRINGING EN ZOUTVERSPREIDING		
2 Effect van aanpassing in de geometrie van de Rijn-Maasmonding	Rijn-Maasmonding	Voor deze vraagstukken zijn drie modellen relevant: - Voor scenariostudies waarbij ingrepen op een relatief laag detailniveau doorgerekend moeten worden is een 1D model geschikt. Het 1D SOBEK-RE NDB model is beschikbaar en valt onder het B&O van de SLA Hydraulische modellen. Het model is afgeregeld met discpersiecoëfficiënten. Een grote aanpassing in geometrie en/of bathymetrie vraagt bij voorkeur een consistentiecheck met een 3D model. Daarnaast wordt in 2013 als onderdeel van SLA Hydraulische Modellen een nieuw model opgezet en ontwikkeld op basis van de nieuwe 1D SOBEK3 modelsoftware. In het kader van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties wordt geen ontwikkeling opgenomen. - Voor 4 Beheer Haringvlietsluizen (Kier) is een 3D model nodig. Deze is niet beschikbaar. Het beschikbare TRIWAQ model is verouderd. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ 50 (fase 1 'kwalitatieve vergelijking visintrekproef 1994' op basis van 2010 offerte). - De afgelopen jaren is veel werk uitgevoerd aan de 3D modellering van zoutindringing via de Nieuwe Waterweg. Er zijn drie 3D modellen in gebruik: Zeedelta Delft3D, Zeedelta TRIWAQ en OSR TRIWAQ van het Havenbedrijf Rotterdam. Een 4e model is het 3D RMM TRIWAQ model dat uitsluitend tentatief gerekend heeft. De recentste ontwikkeling (validatie op november 2011 metingen) heeft aangetoond dat het Zeeldelta Delft3D en TRIWAQ model nog onvoldoende in staat is om de stratificatie in de Nieuwe Waterweg te reproduceren (waarbij Delft3D betere resultaten geeft). HbR geeft aan dat het OSR model wel goede resultaten laat zien, maar Deltares heeft onvoldoende zicht hierop. Deltares adviseert het samenbrengen van de modellijnen (NB: hierover is overleg tussen RWS en HbR gaande).
3 Effect van zout mitigerende maatregelen op de zoutindringing in de RMM		
4 Aanpassen beheer Haringvlietsluizen		
5 Nieuwe Waterweg open of dicht		
6 Anders aanvoeren: Middenwest Nederland en Roode Vaart		
7 Effect morfologische veranderingen op zoutindringing		

		Afhankelijk van de uitkomst kan een vervolg gedefinieerd worden. Reservering kosten voor vervolg Ontwikkeling: k€ 50
9 Effect van zout Volkerak-Zoommeer op de Schelde, Antwerps Kanaalpand en havens	(Wester)schelde, Antwerps Kanaalpand en havens	Er is geen hydrodynamisch model van het Antwerps Kanaalpand en de havens. Voor deze beheervraag moet dus een nieuw model ontwikkeld worden. In het kader van de SLA Hydraulische modellen wordt wel gewerkt aan een BASELINE boom en een hydrodynamische schematisatie voor de hele Zeeuwse Delta. Vooralsnog is niet bekend of en wanneer het hydrodynamisch model voor het Antwerps Kanaalpand en havens daaruit beschikbaar komt. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ 50 (opzet en kalibratie 3D model) NB: Het 3D gebiedsmodel is daarna geschikt voor scenariostudies.
14 Zoutbezwaar door het dijklichaam en zoutlek door kunstwerken in de Afsluitdijk nu en in de toekomst 15 Visvriendelijk spuibeheer en verzilting	IJsselmeer Markermeer	Zoutbezwaar door het dijklichaam en zoutlek door kunstwerken – hetzij de scheepvaartsluizen, hetzij de spuisluizen ten behoeve van visvriendelijk spuibeheer – vallen niet onder de scope van het KPP Waterkwaliteitsschematisaties. Voor de verdere verspreiding van zout in het IJsselmeer is een 3D model beschikbaar. Het model is niet gekalibreerd. Voor deze beheervraag wordt een gedegen kalibratie voorgesteld, alsvorens het model onder B&O te brengen. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ 25-50 (kalibratie 3D model) Voor de verdere verspreiding van zout in het Markermeer is geen 3D model beschikbaar. Het beschikbare 3D model berekent geen chloride. Een recente studie is met een door KWR ontwikkeld bakjesmodel uitgevoerd. De meerwaarde (kosten-batenafweging) van een 3D model is niet op voorhand duidelijk. Voorgesteld wordt om eerst de beschikbare modellen en hun voor- en nadelen te inventariseren en een uitbreiding van het 3D model in dat kader te bespreken. Op basis van deze actie kan vervolgens besloten worden tot de noodzaak voor ontwikkeling van een 3D model. Geraamde kosten: k€ 10 (inventarisatie en opstellen voorstel)
WATERKWALITEIT EN ECOLOGIE (Integrale ecosysteemmodellering)		
29 Minimaliseren ecologische effecten van watertekorten	Landelijk HWS	Dit is een zeer uitgebreide en zeer complexe vraag. Gerefereerd wordt naar het Deltaprogramma, waarin waterkwaliteit en ecologie als ‘effectmodules’ (in het Deltamodel zijn opgenomen (ten opzichte van de kernthema’s veiligheid en zoetwatervoorziening). Het PBL werkt dit jaar in dit kader de Natuurpuntenmethodiek uit. De KRW-Verkenner bevat de doorvertaling naar KRW-doelen waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen het HWS en het regionaal systeem. In een lopende WVL opdracht wordt het HWS verbeterd. Daarnaast is er nog het NHI. Het NHI-waterkwaliteit staat al jaren op de agenda, maar is tot nog toe niet gefinancierd. (NB: STOWA heeft recent weer interesse getoond) In een lopende vraag van DGRW bereiden Deltares, PBL en Alterra een voorstel voor voor het afstemmen en bijeenbrengen van Deltamodel, NHI en KRW-Verkenner.

		Dit voorstel is eind mei 2013 gereed. Voorgesteld wordt om deze beheervraag bij deze actie in te brengen en het voorstel af te wachten. Geraamde kosten: k€ 2,5 (inbrengen in voorstel afstemming D-M, NHI, KRW-V) Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ >100 (ontwikkeling landelijk (DP) model voor ecologie)
27 Slibstorten Vlakte van Raan	Noordzee Voordelta	Er zijn gebiedsmodellen beschikbaar voor het effect van slib op primaire productie (zie beheervraag 23 Zandwinstrategie). Echter ter hoogte van de Vlakte van Raan is de gridresolutie waarschijnlijk onvoldoende. Op basis van dezelfde invoerdata kan een gedetailleerder model opgezet worden. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: 25-50 k€ (detailmodel Vlakte van Raan en validatie) Een doorvertaling naar Natura2000 doelen is niet eenvoudig. Hiervoor is eerst onderzoek nodig, voordat een modelontwikkeling voorgesteld kan worden.
37 Habitatgeschiktheids-kaarten Waddenzee incl. Eems-Dollard	Waddenzee	In de zuidwestelijke Delta worden ecotopenkaarten opgesteld op basis van bathymetriemetingen, luchtfoto's (intergetijdengebieden) en modelsimulaties (waterstand, stroomsnelheid, zoutgehalte). In de Westerschelde loopt momenteel onderzoek (zie beheervraag 41) naar wijze van toepassing en bruikbaarheid (en verbetering) van de ecotopenkaarten in de bepaling van de Natura2000 en KRW doelstellingen. Onderzocht wordt onder andere in hoeverre de ecotopenkaart die op abiotische condities is gebaseerd, zeggingskracht heeft voor biotische soorten en populaties. Men bereikt hier de grenzen van de wetenschappelijke kennis. Voorde Waddenzee bestaat reeds een Ecologische atlas. Als eerste zou onderzocht moeten worden of en hoe de ecotopenkaarten methodiek van toepassing kan zijn voor de Waddenzee inclusief Eems-Dollard. Vooral de toepasbaarheid en voorspellende kracht voor Natura2000 en KRW zal aandacht moeten hebben. Hieruit volgt een voorstel voor eventueel verdere ontwikkeling. Geraamde kosten: k€ 10 (voorstel haalbaarheid ecotopenkaarten Waddenzee incl. E-D)
38 Ecologische effecten voor de Waddenzee van ander spuiregime en/of pompen uit het IJsselmeer		Voor de (westelijke) Waddenzee is begin 2013 een nieuw 3D hydrodynamisch model beschikbaar gekomen gebaseerd op het rooster dat in het kader van het PACE onderzoek is opgezet. Dit model zou ingezet kunnen worden voor scenarioberekeningen voor het zoutgehalte als gevolg van een ander spuiregime. De doorvertaling naar ecologische effecten wordt vooralsnog op basis van expert judgement voorzien, omdat de effectketenmodellen nog in ontwikkeling zijn (zie beheervraag 40). Geraamde kosten: k€ 10-25 (scenarioberekeningen spuiregime)

40 KRW-Verkenning Slibhuishouding Waddenzee		Beheervraag 40 is onderwerp van een eigen KPP opdracht, waarin op basis van het nieuwe PACE model een 3D slibmodel wordt ontwikkeld. De doorvertaling naar primaire productie en benthische productie wordt als quick-scan uitgevoerd met DELWAQ en met ECOWASP (een IMARES model dat niet onder B&O valt). Er is geen uitgebreide kalibratie voorzien. Het beschikbare Delwaq model is verouderd en gebaseerd op oudere hydrodynamica en slib modellen. Er is geen Habitat model voor de westelijke Waddenzee beschikbaar. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ >100 (gekalibreerd DELWAQ en Habitat model)
43 Ecologische effecten Deltaprogramma ZW Delta	Volkerak-Zoommeer Oosterschelde Grevelingen ZW Delta model	Het betreft een zeer brede beheervraag, waar niet eenvoudig een antwoord op te geven is. Voor deze beheervraag zijn vijf (effectketen)modellen relevant. • Voor het Grevelingenmeer is een gevalideerd 3D hydrodynamisch en 3D primaire productie en zuurstof model beschikbaar. Voorgesteld wordt on dit model in B&O op te nemen. Geraamde kosten voor B&O <2,5 k€. • Voor de Oosterschelde is een niet gevalideerd 3D hydrodynamisch model beschikbaar op basis waarvan een 2D model voor primaire productie en schelpdieren. Dit 2D model heeft een onderzoeksstatus, waardoor het nog niet aan derden uitgeleverd kan worden. Voorgesteld wordt om een validatie van het 3D hydrodynamisch model uit te voeren. Overwogen kan worden om de opzet van een nieuwe BASELINE schematisatie voor de ZW Delta waaronder ook de Oosterschelde af te wachten (2014?) om daarna de validatie uit te voeren. Op basis van het gevalideerde 3D model is dan een validatie van het DELWAQ model voor primaire productie en schelpdieren mogelijk. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: 25-50 k€ validatie 3D hydrodynamica en 25-50 k€ validatie primaire productie en schelpdieren. • Zowel het hydrodynamisch model als het DELWAQ model voor het Volkerak-Zoommeer is verouderd om twee redenen: De modellen zijn gebaseerd op gegevens uit 2000. Sinds 2000 heeft er een ontwikkeling plaatsgevonden waarbij de Quagga mossel een belangrijke rol is gaan spelen en de fosfaathuishouding is veranderd. Beide zijn nog niet in het model opgenomen. Geraamde kosten voor Ontwikkeling: 50-75 k€ (update hydrodynamica en DELWAQ). • Er is een gecombineerd 3D model van het Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer beschikbaar, waarbij de meren via een opening of doorlaatmiddel in de Grevelingendam met elkaar verbonden zijn. Dit model is gebaseerd op de modelinstellingen van het 3D Grevelingenmeer

		model. Omdat het gaat om een niet bestaande situatie, kan het model niet met metingen gevalideerd worden. In 2013 wordt een toepassing (scenarioberekening) ten behoeve van de Rijksstructuurvisie Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer voorzien. Voorgesteld wordt om het model in B&O op te nemen. Geraamde kosten voor B&O 2,5 k€. • Voor het Veerse Meer is een gevalideerd 3D model beschikbaar, maar hiervan is geen rapport beschikbaar. Geraamde kosten voor B&O: k€ 10 (opnemen in B&O en validatierapport) • Er loopt een traject om in het kader van een specialistisch advies opdracht een update en verbeterslag te doen voor het 1D SOBEK ZW Delta model. Onder andere de fosfaathuishouding en de interactie met schelpdieren wordt verbeterd. In dit KPP worden kosten voorgesteld voor het onder B&O brengen van het model → k€ 2,5

5.4 Voorstel voor andere aanpak

Beheervraag	Watersysteem	Antwoord
ZOUTINDRINGING EN ZOUTVERSPREIDING		
13 Lek spuisluis IJmuiden	Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal	Als verklaring voor het niet kloppend zijn van de water- en zoutbalans wordt vermoed dat de schuiven van de spuisluis niet altijd helemaal sluiten. De onderzoeksvragen richten zich op de grootte van het (mogelijke) lekverlies, de effecten en dan de eventuele beheermaatregelen. Als eerste moet vastgesteld worden of en hoe groot het lekverlies is. Hiervoor is geen modelaanpak nodig. Aanbevolen wordt om met camera- of duikinspectie (of andere elektronische meetmethode) vast te stellen of de schuiven helemaal sluiten alvorens verdere studies te ondernemen. Geraamde kosten: k€ 5 (uitwerken voorstel)
16 Zandwinning in IJsselmeer en Markermeer	IJsselmeergebied	Als door zandwinning diepere bodemlagen worden gewonnen en/of worden blootgelegd kan zich zout(er) water dat zich daar eventueel bevindt, vrijkomen door directe verspreiding of door een toegenomen kwelflux. De vraag richt zich op hoe groot de bijdrage aan de zoutbalans is, alvorens te kijken naar mogelijke effecten en eventuele mitigerende maatregelen. Als eerste moet vastgesteld worden of er sprake kan zijn van een significante bijdrage. Aanbevolen wordt om een quick-scan uit te voeren op basis waarvan ofwel aangetoond wordt dat er geen significante zoutbijdrage te verwachten is, ofwel een gedetailleerd voorstel voor vervolgonderzoek wordt opgesteld. Geraamde kosten: k€ 10-25 (uitvoeren quick-scan)
17 Zoutbalans van het Markermeer	Markermeer	*Recent is een water- en zoutbalans voor het Markermeer opgesteld. Het lijkt erop dat deze beheervraag daarmee beantwoord is.*

OVERIG		
22 Vaststellen referentiesituatie Noordzee	Noordzee	Plan van Aanpak opstellen voor data-analyse en/of literatuuronderzoek Geraamde kosten: k€ 5 (plan van aanpak uitwerken) Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ 50-100 (Vaststellen referentiesituatie)
26 Betrouwbaarheid slibmodellen	Noordzee eigenlijk generiek	Deltares interpreteert deze beheervraag generiek als hoe we kunnen en moeten aangeven hoe "goed" een model is (voor zout, temperatuur, slib, waterkwaliteit en ecologie). Deze vraag vormt het scharnierpunt van de discussie tussen "wat kan het model?" en "wat wil je met het model?". Nu wordt dit vraag-en-antwoord vaak in kwalitatieve en subjectieve termen gedaan, ofwel via expert judgement. Voor zowel RWS als Deltares is behoefte aan meer houvast. Er zijn technieken die dit kwantitatiever en objectiever kunnen maken, waarbij tegelijkertijd de menselijke interactie en iteratie tussen RWS en Deltares van groot belang is en blijft. Wederzijdse uitleg en kennisuitwisseling leidt tot essentiële wederzijdse inleving. Voorbeelden zijn goodness-of-fit vergelijkingen tussen modelresultaat en metingen en/of Monte-Carlo of vergelijkbare technieken voor bandbreedtes die bijvoorbeeld bij hoogwaterberekeningen gebruikerlijk(er) zijn. Voorgesteld wordt om een methode uit te werken die deze discussie faciliteert en objectiveert, omdat dit vraag-en-antwoord anders zal blijven voortduren. Inventarisatie methodieken, onder andere vergelijking andere vakgebieden → Proof of Concept met geselecteerde en beschikbare modellen Geraamde kosten voor Ontwikkeling: k€ 50 (Proof of Concept)
33 Verkenning toestand kwelders	Eems-Dollard	Gesteld wordt dat de kwelders achteruitgaan en dat maatregelen nodig zijn om de achteruitgang te stoppen. De oorzaak is opslibbing van de kwelders en geen goed beheerregime, hierdoor treedt verruiging van de kwelders op met Zeekweek. Deltares is onvoldoende bekend met de specifieke situatie om een antwoord te kunnen formuleren.
39 Relatie mosselbanken en hydrodynamica	Waddenzee	Deltares is niet actief betrokken bij de onderzoeksprojecten Mosselwad en Waddensleutel, maar is wel op de hoogte van wat er gebeurt. Binnen Mosselwad is aandacht voor hydrodynamica op zeer lokale schaal. Bij Deltares is onbekend welk model gebruikt wordt. Ook is doorvertaling naar de hele Waddenzee onbekend. Als eerste zou daarom een overleg georganiseerd kunnen worden met Mosselwad en Waddensleutel om mogelijke bijdrage voor de beheervraag te definiëren, waarbij ook naar de inzet en inzetbaarheid van modellen gekeken kan worden. Geraamde kosten: k€ 5 (inwinnen info en aanscherpen)
47 Interpretatie en gebruik luchtfoto's	IJsselmeergebied	Opstellen optie(s) voor data-management en interpretatiemethodieken → geen model in dit stadium Geraamde kosten: k€ 5 (voorstel uitwerken)

5.5 Nagekomen vraagarticulatie

- Kaderrichtlijn Marien
- Ecologische effecten van grote ingrepen op zee
- Kennismanagement voor de Noordzee

Deze drie vragen zijn breed (geformuleerd) en complex. Beantwoording van deze vragen kon niet meer in de voorstellen voor 2013 worden meegenomen.

6 Aanbevelingen en overwegingen

6.1 Aanbevelingen naar aanleiding van vraagarticulatie en voorstellen B&O en Ontwikkeling

6.1.1 Bijeenbrengen van hydrodynamica voor waterveiligheid en voor zout en effectketen

Op historische gronden, waar we hier niet verder op ingaan, is in de dagelijkse praktijk een te grote afstand ontstaan tussen de 1D en 2D gebiedsmodellering voor waterveiligheid en de 1D en vooral de 3D gebiedsmodellering voor zoutindringing en zoutverspreiding en voor integrale ecosysteemmodellering. De SLA Hydraulische modellen die de hydrodynamische gebiedsmodellen voor Rijkswaterstaat beheert, onderhoudt en ontwikkelt, richt zich uitsluitend op waterveiligheid. De enige uitzondering is het 1D SOBEK NDB model dat naast waterveiligheid ook voor zoutindringing wordt ingezet. De SLA Hydraulische modellen omvat geen van de 3D hydrodynamische gebiedsmodellen die voor zoutverspreiding en zoutindringing of voor integrale ecosysteemmodellering worden ingezet (Tabel 7.2). In de praktijk bestaat daardoor nu een gescheiden werksysteem, wat inconsistentie en inefficiëntie met zich meebrengt. De vraag of dat in termen van kosten-baten en/of risicobeheersing erg is, is niet op voorhand te beantwoorden, maar we gaan ervan uit dat dit een ongewenste situatie is.

Qua modelsoftware en modelinvoerdata (bathymetrie, randvoorwaarden, e.d.) zijn de 3D gebiedsmodellen nauw verwant aan de 1D en 2D gebiedsmodellen voor waterveiligheid. Een voornaam verschil is dat gebiedsmodellen voor zout en voor de integrale effectketen vooral op de langere tijdschaal (dat wil zeggen weken tot maanden) van het watertransport en niet op de kortere tijdschaal (dat wil zeggen uren tot dagen) van waterstanden afgeregeld moeten worden.

Aanbevolen wordt om het B&O van alle 1D, 2D en 3D hydrodynamische gebiedsmodellen onder de noemer van de SLA Hydraulische modellen te verenigen. De modelontwikkeling gericht op watertransport kan eventueel onder de noemer van dit KPP blijven of een andere nader te identificeren noemer. Voordeel van het eerste is dat alle hydrodynamische gebiedsmodellen op dezelfde basis en op dezelfde wijze worden opgezet en beheerd en dat de 3D gebiedsmodellen efficiënt kunnen meeliften op de grotere investeringen in de gebiedsmodellen voor waterveiligheid. Voordeel van het tweede is dat de kalibratie en validatie van watertransport expliciet de aandacht krijgt die nodig is.

Deltares heeft het initiatief genomen tot een onderzoeksprogramma voor zoutindringing via oppervlaktewateren dat tot doel heeft om de kennis en het modelinstrumentarium in te zetten en te verbeteren (Deltares, 2013). Ook de koppeling van tijd- en ruimteschalen speelt hierin nadrukkelijk een rol, zoals de verbinding van zoutlek door sluizen aan de zoutverspreiding in het oppervlaktewater. Het bijeenbrengen van het B&O voor hydrodynamische modellen zoals in deze paragraaf aanbevolen, zou een belangrijke ondersteuning zijn van het onderzoeksprogramma.

6.1.2 Omgaan met gebiedsmodellen op basis van andere modelsoftware

Tijdens de vraagarticulatie is naar voren gekomen dat gebiedsmodellen worden ingezet, waarvan de modelsoftware niet in beheer en onderhoud bij Deltares is. Logischerwijs zijn dan ook de gebiedsmodellen niet in beheer en onderhoud bij Deltares. Het gaat om:

- Hydrodynamische gebiedsmodellen op basis van FINEL bij Svašek Hydraulics
- Ecologische modellen op basis van ECOWASP bij IMARES
- Ecotopen- of habitatkaarten op basis van een GIS-applicatie bij IMARES

Het (beoogde) beheersysteem maakt onderscheid tussen de modelsoftware en het gebiedsmodel door beide apart te beheren en bij het gebiedsmodel als metadata te vermelden met welke versie van de modelsoftware is gerekend. Dit maakt het mogelijk om gebiedsmodellen die op een andere modelsoftware zijn gebaseerd, in hetzelfde beheersysteem onder te brengen. Ook dan zal de versie van de modelsoftware vermeld moeten worden. Het enige dat dan niet mogelijk is, is dat de modelsoftware tegelijk met het gebiedsmodel uitgeleverd kan worden.

In het kader van het nader opzetten en invullen van het beheersysteem zal Rijkswaterstaat moeten besluiten of gebiedsmodellen die gebaseerd zijn op een andere modelsoftware, meegenomen moeten worden. Aanbevolen wordt om in 2013 deze gebiedsmodellen nog niet mee te nemen, omdat het onder beheer en onderhoud brengen van de gebiedsmodellen die wel op modelsoftware in B&O van Deltares zijn gebaseerd, al een grote inspanning zal vragen. Wel kan overwogen worden om het beheersysteem geschikt te maken voor dergelijke gebiedsmodellen.

6.1.3 Ontwikkel generieke werkwijze om te bepalen of gebiedsmodel goed genoeg is

Een terugkerend onderwerp in gesprekken over beheervragen en het gebruik van modellen is de vraag hoe ‘goed’ een beschikbaar gebiedsmodel is. Er is gemeenschappelijke overeenstemming dat een model goed genoeg – en dus niet per se perfect – moet zijn voor een specifieke vraag en dat voor verschillende vragen verschillende gebiedsmodellen nodig kunnen zijn. We hebben gemerkt dat de vraag ‘Hoe goed is het model?’ nog vaak gevolgd wordt door de wedervraag ‘Wat wil je met het model?’. Dit is een indicatie dat de afstand tussen de vragensteller (de Rijkswaterstater die advies en/of informatie op basis van een model nodig heeft) en de antwoordgever (de (Deltares) modelleur die met een model advies en/of informatie genereert) te groot is.

Dit vraag-en-antwoord in de samenwerking tussen Rijkswaterstaat en Deltares wordt vaak in kwalitatieve en subjectieve termen gedaan, ofwel via expert judgement. Op basis van de vraagarticulatie concluderen wij dat er voor zowel Rijkswaterstaat als Deltares behoefte is aan meer houvast. Er zijn technieken die dit kwantitatiever en objectiever kunnen maken, zoals goodness-of-fit vergelijkingen tussen modelresultaat en metingen en/of Monte-Carlo of vergelijkbare technieken voor bandbreedtes van modelvoorspelling die bijvoorbeeld bij hoogwaterberekeningen gebruikerlijk(er) zijn. Dergelijke technieken zullen nooit de menselijke interactie en iteratie tussen Rijkswaterstaat en Deltares vervangen: Wederzijdse uitleg en kennisuitwisseling leiden tot essentiële wederzijdse inleving.

Beheervraag 26 “Betrouwbaarheid slibmodellen” adresseert dit vraagstuk, waarbij aangetekend wordt dat het vraagstuk generiek voor alle modellen geldt. Aanbevolen wordt om prioriteit te geven aan deze (generiek beschouwde) beheervraag, omdat het vraagstuk

een stevig fundament legt onder de systematiek van B&O en Ontwikkeling van de gebiedsmodellen.

6.1.4 Systeemkennisbasis Rijkswateren

Kennis en begrip van het (water)systeem ligt aan de basis van studies, ongeacht of men bij Rijkswaterstaat of bij Deltares werkt. Dat Rijkswaterstaat een studie vanuit beheerverantwoordelijkheid en Deltares vanuit natuurwetenschappelijke inhoud benadert, moet onderkend worden als de rolverdeling tussen beide organisaties, maar moet niet als tegenstelling beschouwd.

Modellen zijn – niets meer en niets minder dan – een hulpmiddel om kennis van een watersysteem en van fysische, (bio)chemische en/of ecologische processen vast te leggen en om met behulp van die vastgelegde kennis inzicht te krijgen in hoe (water-/eco-)systemen veranderen onder invloed van natuurlijke en antropogene processen. Kennis is gebaseerd op een drie-eenheid: waarnemingen, (laboratorium- en veld)experimenten en modellen. Verwerven van kennis is een iteratief proces. Toegepast op historische metingen zijn gebiedsmodellen geschikt om hypotheses te vormen of te toetsen. Voor voorspellingen van toekomstige ontwikkelingen zijn waarnemingen en experimenten niet geschikt en blijven uiteindelijk alleen gebiedsmodellen over als hulpmiddel.

Deltares ervaart dat er lange tijd kan zitten tussen studies voor een watersysteem. Voor de zoutindringing in de Nieuwe Waterweg zat bijvoorbeeld 15 jaar tussen onderzoeken naar meetlocaties en analyses van metingen (WL | Delft Hydraulics, 1994) en het onderzoek naar herstel van de trapjeslijn (Deltares, 2009). In die tijd is bij Deltares veel kennis weggezakt of zelfs verloren gegaan.
Er zijn twee strategieën om hiermee om te gaan:

- Jaarlijks een beperkte inspanning om de systeemkennis op het gewenste peil te houden en daardoor beperkt(er)e inspanning als zich een studie aandient.
- Een grote(re) inspanning om de systeemkennis op het gewenste peil te krijgen op het moment dat na lange(re) tijd een studie zich aandient.

Beide strategieën zullen effectief zijn. De belangrijkste overweging is waarschijnlijk de consequentie voor de financiering van de inspanning. Aanbevolen wordt dat Rijkswaterstaat en Deltares hierover duidelijke verwachtingen afspreken, omdat het bepalend is voor het serviceniveau dat Deltares levert.

6.1.5 Geen beheervragen voor contaminanten

In deze paragraaf willen we opmerken dat we geconstateerd hebben dat er geen beheervragen zijn in relatie tot contaminanten. Onderwerpen als olievervuiling, *emerging compounds* en microplastics, die in het maatschappelijke en het wetenschappelijke speelveld de nodige aandacht krijgen, zijn niet in de beheervragen terechtgekomen. Door Deltares worden wel studies uitgevoerd in dit kader, ook in opdracht van Rijkswaterstaat, en ook is modelsoftware beschikbaar om gebiedsmodellen snel toepasbaar te maken voor deze onderwerpen.

6.2 Overwegingen voor de toekomst

6.2.1 Next Generation Hydro Software

Deltares ontwerpt, ontwikkelt, beheert en onderhoudt verschillende softwareproducten voor de modellering van watersystemen. Vijf van deze producten worden in de komende jaren stapsgewijs samengebracht tot een nieuw, gebruikersvriendelijk hydrosoftwarepakket:

- 1D – 2D: SOBEK-RE, SOBEK-River, DUFLOW
- 2D – 3D: Delft3D, Simona

Sterke punten van elk product worden behouden en gecombineerd met innovaties, zodat een krachtiger, nieuw geheel ontstaat. Dit gebeurt onder de naam Next Generation Hydro Software (NGHS).

De vijf softwareproducten gaan al mee sinds de jaren ’80 en ’90 van de vorige eeuw. Ze zijn afzonderlijk van elkaar ontwikkeld voor uiteenlopende doeleinden, maar hebben in essentie dezelfde functie: modellering van het watersysteem. Integratie biedt een aantal voordelen. Voor de hand ligt dat gebruik en beheer van de software eenvoudiger en daarmee ook efficiënter en goedkoper worden. Maar er gebeurt meer. Innovatie: de nieuwe hydrosoftware zal flexibeler in gebruik zijn dankzij nieuwe technologie. Waar het rekenrooster van bestaande producten het water in rechte of curvilineaire vakken verdeelt, zal een zogenaamd ‘ongestructureerd rekenhart’ een variabel rekenrooster (flexible mesh) mogelijk maken. Hiermee kan complexe geometrie in beeld worden gebracht. Integratie van bestaande software biedt zodoende een uitgelezen kans om de hydrosoftware van de toekomst te maken.

Op termijn van enkele jaren zal NGHS de huidige modelsoftware vervangen. Hoewel ervoor gezorgd zal worden dat de (oudere) gebiedsmodellen nog steeds gebruikt kunnen worden, zal er een moment komen dat bijvoorbeeld naar een nieuw flexible mesh rekenrooster overgestapt wordt. Hoewel het lastig is te voorspellen wanneer dat bijvoorbeeld voor de Noordzee zal gebeuren, is het verstandig om bij iedere ontwikkeling die nu wordt ingezet af te wegen of 1) de ontwikkeling nog zinvol is gezien de naderende overstap naar NGHS en/of 2) de overstap naar NGHS niet gelijk kan worden meegenomen in de ingezette ontwikkeling.

Voor meer informatie:
https://publicwiki.deltares.nl/display/nghs/Next+Generation+Hydro+Software

6.2.2 Rekenen met 1, 2 of 3 dimensies?

Een model moet een goede representatie van de werkelijkheid zijn. Hoewel de werkelijkheid 3-dimensionaal is, worden niet altijd 3D modellen ingezet. Dit is dan ook niet altijd nodig, bijvoorbeeld wanneer met minder dimensies vrijwel de zelfde resultaten bereikt kunnen worden en/of wanneer de gewenste nauwkeurigheid minder van belang is. Vaak wordt de benodigde rekentijd als praktisch argument gebruikt voor de keuze voor minder dimensies. De rekentijd van een 1D model is al snel 100 keer korter dan een 3D model.

Er moet echter voor gewaakt worden dat rekentijd te snel als doorslaggevend argument gebruikt wordt. Ten eerste is rekentijd feitelijk een tijdelijk argument. De computercapaciteit neemt nog steeds ieder jaar toe en technieken als parallel rekenen vergroten de rekencapacteit (en dus verkorten de rekentijd) nog meer. In onder andere Duitsland wordt over dergelijke keuzen anders wordt gedacht dan in Nederland. Rivieren worden in 3D en

met niet-hydrostatische solvers gesimuleerd en men (BAW-Karlsruhe) koopt net zo veel rekencapaciteit als gewenst. In Nederland wordt meer geld en tijd besteed voor de ontwikkeling van slimme codes dan aan rekentijd voor meer-dimensionale codes.

Hierin ligt ook besloten dat alle arbeid aan 1D formeel, op termijn, verloren tijd is geweest zodra er wel voldoende snelle rekencapaciteit is. Dat dit geen denkbeeldig, filosofische gedachte is wordt gestaafd door het feit dat eerder enorm veel tijd besteed is aan 2D dispersieformuleringen die nu nutteloos zijn doordat nu standaard 3D modellen ingezet worden waarin de horizontale en verticale dispersie netjes uitgerekend wordt in plaats van in een dispersieformulering ingevoerd en afgeregeld moet worden.

2DV modellen zijn een ontbrekende schakel in het huidige modelinstrumentarium. In een 2DV schematisatie van een rivier of estuarium wordt een breedte-gemiddelde simulatie uitgevoerd, waarbij de verticale menging van bijvoorbeeld een zouttong wel gerepresenteerd wordt. In het verleden bestond ooit DISTRO als 2DV model maar dat is al lang afgeschreven. Het is raadzaam maar nog niet mogelijk om de huidige 3D hydrodynamische modelsoftware in breedte-gemiddelde 2DV modus te laten werken.

6.2.3 Toekomstige ontwikkelingen van integrale ecosysteemmodellering

Modelleren van primaire productie
Van algengroei in de waterkolom is intussen al dusdanig veel bekend, dat er goede generieke modelsystemen zijn voor berekening van primaire productie op basis van kennis over zoutgehalte, nutriëntenbelasting, waterverblijftijd en doorzicht. Voor benthische primaire productie ligt dit nog wat moeilijker, maar ook daar is intussen een behoorlijke hoeveelheid kennis voorhanden die kwantitatieve systeemmodellering mogelijk maakt. Een dergelijk geïntegreerd fysisch - ecologisch model is momenteel in ontwikkeling binnen het project Westerschelde LTV-O&M. Het pelagische deel zit momenteel in een fase van testen en verbeteren. Uit deze testfase wordt veel geleerd over de gevoeligheid van het model voor verschillende factoren, zoals slib en begrazing door benthos en plankton. Het betekent niet dat de eerste modelresultaten al meteen bruikbaar zijn om beleidsbeslissingen aan op te hangen, maar het geeft wel houvast op welke onderdelen het model goed werkt en waar er nog basisinformatie in het systeem ontbreekt. In dit stadium kan ook worden aangegeven welke monitorgegevens essentieel zijn om nu en in de toekomst de betrouwbaarheid te vergroten.

Habitatmodellering
Voor hogere trofische niveaus is alleen voedselbeschikbaarheid niet voldoende om inzicht te krijgen in de draagkracht van het systeem. Andere factoren, zoals geschikt habitat, vestigingsmogelijkheden, en beschikbaarheid van broed- of paaiplaatsen kunnen medebepalend, of soms zelfs belangrijker voor draagkracht dan voedsel. Zowel voor bodemdieren als voor andere trofische niveaus is in de afgelopen jaren gewerkt aan modellen zijn gebaseerd op habitatkarakteristieken. Deze modellen geven inzicht in de arealen geschikt gebied die binnen een ecosysteem beschikbaar zijn voor bepaalde groepen. Een voorbeeld hiervan is het zoute water Ecotopenstelsel (ZES). Dit verdeelt estuariene en zoute gebieden in zgn. ‘ecotopen’, op basis van fysische kenmerken van het systeem, zoals hydrodynamiek, sedimentgehalte van de bodem, diepte, droogvalduur, etc. Een ecotoop is dus een landschapselement met een relatief homogene fysische structuur, bijvoorbeeld ‘hoogdynamisch intergetijdegebied met grof sediment’, of ‘laagdynamisch, diep gebied met fijn sediment’. Op basis van die abiotische karakteristieken wordt geprobeerd een voorspelling te maken van de samenstelling van de bodemdiergemeenschap. Het

Ecotopenstelsel is theoretisch goed toepasbaar op biota die op een vaste locatie (gebonden aan de bodem) zitten. Voor pelagische gemeenschappen (e.g. zoöplankton of vis) is dit al weer een veel lastiger concept om toe te passen. Voor individuele soorten, waar enige kennis van beschikbaar is met betrekking tot de eisen die ze stellen aan hun omgeving, kunnen ook habitatmodellen gedraaid worden, bijvoorbeeld met het modelsysteem HABITAT. In theorie kan dit modelsysteem ook gedraaid worden voor bodemdier*gemeenschappen*, maar in veel gevallen ontbreken de kennisregels hiervoor.

De verschillende analyses aan bodemdieren en aan vogels hebben duidelijk gemaakt dat *alleen* morfologische habitatkenmerken te weinig voorspellingskracht hebben om een uitspraak te kunnen doen over veranderingen in een systeem als gevolg van menselijke ingrepen. De morfologie van een gebied verklaart wel een deel van de waarnemingen, maar niet voldoende. Bij vrijwel alle analyses kwam naar voren dat ook elementen van kwaliteit of productiviteit van habitat meegenomen moeten worden.

Eco-engineering – biologische terugkoppeling
De meeste modellen en ecologische theorieën gaan uit van een effectketen in één richting: de abiotiek bepaalt de draagkracht voor de primaire productie en dit bepaalt weer de draagkracht voor hogere trofische niveaus. Ofschoon iedereen accepteert dat dit een versimpeling van de werkelijkheid is, werkt dit concept vrij redelijk voor veel ecosystemen. Echter, in sommige gebieden kunnen hogere trofische niveaus een sterk effect hebben op de abiotiek of op lagere trofische niveaus. Een voorbeeld is de Oosterschelde. Hier is de populatie schelpdieren (mosselen, kokkels, Japanse oesters en Amerikaanse zwaardschedes) zo groot dat zij het totale volume van de Oosterschelde binnen enkele dagen kunnen filtreren. Hiermee hebben ze een enorm effect op het lichtklimaat (ze leggen slib vast) en op de nutriëntenhuishouding. Deze effecten zijn zo groot dat het niet mogelijk is om primaire productie in de Oosterschelde te modelleren zonder deze terugkoppelingseffecten expliciet mee te nemen.

Toekomstige ontwikkelingen
- Habitatmodellering: Om iets te kunnen zeggen over draagkracht voor hogere trofische niveaus, moet je dus zowel inzicht hebben in de habitatkarakteristieken als in de productiviteit van het systeem. Bij studies voor bodemdieren zal dus primaire productie moeten worden betrokken en bij draagkrachtstudies voor vogels zal ook het beschikbare voedsel (bodemdieren of vis) en de manier waarop dieren met hun voedsel omgaan, moeten worden betrokken. Het is dus belangrijk dat uiteindelijk habitatmodellen worden gecombineerd met productiemodellen. Dit is iets dat op dit moment nog niet mogelijk is. Om dus iets te kunnen zeggen over de gevolgen van ingrepen op bijvoorbeeld bodemdieren, moeten we op dit moment dus gebruikmaken van informatie afkomstig van verschillende types modelering en daar met expert judgement de beste adviezen uit destilleren.

- Biologische terugkoppeling: De Oosterschelde is een voorbeeld. In dit systeem staat met zekerheid vast dat de grazers het systeem controleren. In dit systeem groeien algen bijna het hele jaar door op bijna hun maximale groeisnelheid. In hoeverre dit soort terugkoppelingen in andere systemen belangrijk zijn, is niet duidelijk. Wel is het zeer aannemelijk dat op de kleinere ruimte- en kortere tijdschalen, bodemdieren in staat zijn om bepaalde parameters, zoals slibgehalte van de waterkolom significant te beïnvloeden. Dit is bijvoorbeeld te verwachten voor de Waddenzee. Op dit moment ontbreekt er nog veel fundamentele kennis en bovendien zeker ook veldwaarnemingen om deze

terugkoppelingseffecten goed mee te nemen in modellen. Dit zijn zeker aandachtspunten voor de toekomst.

- Schalen in tijd en ruimte: De meeste van bovenstaande vragen hebben te maken met koppelingen van schalen in tijd en ruimte. Bijvoorbeeld: in de Waddenzee hebben diatomeeënmatten in de zomer vrijwel zeker een stabiliserend effect op het slib in de bodem. Deze structuren zijn echter alleen aanwezig in een deel van het jaar. In hoeverre deze tijdelijke structuren een effect hebben op de jaarbalans van slib is een vraag die op dit moment niet beantwoord kan worden. Toch zou je dit eigenlijk moeten weten om een goede beslissing te nemen of het belangrijk is om hier aandacht aan te besteden of dat de vragen die er leven ook beantwoord kunnen worden zonder dit volledig te verdisconteren in modellen.

7 Prioritering Rijkswaterstaat 2013

7.1 Geprioriteerde beheervragen en definieerde activiteiten 2013

Op 12 juni 2013 heeft Rijkswaterstaat WVL per E-mail in document [Prioritering door RWS waterkwaliteitsmodelschematisaties_def.doc] de definitieve prioritering voor het Beheer en Onderhoud en voor Ontwikkeling vastgesteld. Dit hoofdstuk bevat uitsluitend de geprioriteerde activiteiten. De voorstellen uit hoofdstuk 5 die niet in dit hoofdstuk genoemd worden, vallen buiten de prioritering voor 2013.

Rijkswaterstaat WVL heeft de volgende activiteiten geprioriteerd:
1 In Beheer & Onderhoud nemen van 26 gebiedsmodellen (Tabel 7.1)

Tabel 7.1 Gebiedsmodellen die in 2013 in B&O worden genomen

Gebied	Hydrodynamica	DELWAQ: Temperatuur	DELWAQ: Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	DELWAQ: Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	HABITAT	Opmerking
Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal	x					eerst PvA, dan optie voor uitvoering
Haringvliet en Hollandsch Diep	x					z-lagen model
Hoofdwatersysteem		x				
Westerschelde	x		x	x		
Noordzee (ZUNO-grof)	x		x	x		
Noordzee (ZUNO-DD)	x		x	x		MOS2 versie die in sept. ’13 gereed is
Eems-Dollard	x		x	x	x	
Markermeer-IJmeer	x		x			
IJsselmeer					x	Inclusief opstellen validatierapport
Waddenzee	x					
Grevelingenmeer	x			x		
Grevelingenmeer-Volkerak-Zoommeer	x			x		
Zuidwestelijke Delta	x			x		
Totaal	*11*	*1*	*5*	*7*	*2*	*26*

Voor deze activiteit wordt in 2013 verstaan dat:

- alle modelinvoerbestanden voorzien van een versienummer in de repository zijn opgenomen.

- de metadata volledig ingevuld is op de wiki-omgeving, waaronder het versienummer van de toegepaste modelsoftware en de geschiktheid van het model voor bepaalde toepassingen.
- Beschikbare kalibratie/validatierapport(en) en relevante toepassingsrapporten beschikbaar zijn bij het gebiedsmodel. Indien rapporten niet beschikbaar zijn, wordt geen rapport geschreven, tenzij expliciet anders vermeldt.

2 Ontwikkeling Modelinstrumentarium Waterkwaliteit en Ecologie

2.1 Beheervragen 2-7: Gebiedsmodel voor zoutindringing in de Nieuwe Waterweg

Als eerste wordt een onderbouwd voorstel gedaan voor de ontwikkeling van het 3D modelinstrumentarium voor zoutindringing in de Nieuwe Waterweg. Deltares neemt deel aan het overleg met verschillende partijen waaronder Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid en het Havenbedrijf Rotterdam en levert op verzoek van Rijkswaterstaat WVL schriftelijke of mondelinge informatie aan. Rijkswaterstaat WVL is verantwoordelijk voor het opstellen van het onderbouwde voorstel. Op basis van het voorstel wordt de specifieke ontwikkeling voor 2013 vastgesteld.

2.2 Beheervraag 22: Plan van aanpak vaststellen referentiesituatie Noordzee

In de beheervraag ‘Vaststellen referentiesituatie Noordzee’ wordt een complexe vraag gesteld, waarvoor de uitwerking niet triviaal is en kan variëren van een korte inventariserende studie tot meerjarig onderzoek. Om meer duidelijkheid te krijgen over het gewenste en mogelijke resultaat stelt Deltares een plan van aanpak op, waarin een of meerdere mogelijke aanpakken met het voor- en nadelen worden uitgewerkt. Het Plan van aanpak moet voldoende informatie geven om Rijkswaterstaat in de gelegenheid te stellen een gefundeerde keuze voor vervolg te laten nemen.

2.3 Beheervraag 29: Minimaliseren ecologische effecten van watertekorten → Bijdrage aan afstemming Deltamodel, NHI en KRW-Verkenner waterkwaliteit

In een lopende vraag van DGRW bereiden Deltares, PBL en Alterra een voorstel voor voor het afstemmen en bijeenbrengen van Deltamodel, NHI en KRW-Verkenner. Het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties draagt 2 dagen bij aan dit voorstel vanwege het belang van deze afstemming voor het B&O van het landelijk modelleren voor waterkwaliteit.

2.4 Beheervraag 26: Betrouwbaarheid (slib)modellen → Methode voor betrouwbaarheid modellen

Deltares interpreteert deze beheervraag generiek als hoe we kunnen en moeten aangeven hoe “goed” een model is (voor zout, temperatuur, slib, waterkwaliteit en ecologie). Deze vraag vormt het scharnierpunt van de discussie tussen “wat kan het model?” en “wat wil je met het model?”. Nu wordt dit vraag-en-antwoord vaak in kwalitatieve en subjectieve termen gedaan, ofwel via expert judgement. Voor zowel Rijkswaterstaat als Deltares is behoefte aan meer houvast. Er zijn technieken die dit kwantitatiever en objectiever kunnen maken, waarbij tegelijkertijd de menselijke interactie en iteratie tussen RWS en Deltares van groot belang is en blijft. Wederzijdse uitleg en kennisuitwisseling leiden tot essentiële wederzijdse inleving. Voorbeelden zijn goodness-of-fit vergelijkingen tussen modelresultaat en metingen en/of Monte-Carlo of

vergelijkbare technieken voor bandbreedtes die bijvoorbeeld bij hoogwaterberekeningen gebruikelijk(er) zijn. Daarnaast is het belangrijk dat transparant is voor welke aannames de modeluitkomsten het meest gevoelig is, bijvoorbeeld de randvoorwaarden of een bepaalde modelparameter. Hiervoor kunnen gevoeligheidsanalyses ingezet worden.

In een overleg op 6 juni tussen Rijkswaterstaat WVL en Deltares zijn drie stappen gedefinieerd:

– Beknopte inventarisatie van methoden om betrouwbaarheid van modellen aan te geven in de literatuur en in toepassingen bij Deltares, waarbij specifiek aandacht is voor wanneer een bepaalde methode bruikbaar is (bijvoorbeeld hoeveelheid data die beschikbaar is) en voor de voor- en nadelen van de verschillende methoden.
– Vervolgens toepassing van een aantal geselecteerde methoden als pilot op twee concrete (effectketen)modellen, waarbij de voorlopige keuze is voor de Eems-Dollard en het IJsselmeer of het Markermeer-IJmeer. Bij de pilot worden de medewerkers van Rijkswaterstaat en de modelleurs van Deltares actief betrokken.
– Op basis van de ervaring(en) wordt een eenvoudige en hanteerbare werkwijze/protocol voorgesteld om de betrouwbaarheid van modellen onderdeel te maken van studies waarvoor modellen ontwikkeld of ingezet worden. De betrouwbaarheid zal tevens in de metadata van een gebiedsmodel worden opgenomen.

7.2 Huidig overzicht van beschikbare gebiedsmodellen

Op een openbaar toegankelijke Wiki pagina houdt Deltares het overzicht van beschikbare gebiedsmodellen voor waterkwaliteit en ecologie en voor zoutindringing en zoutverspreiding bij (http://publicwiki.deltares.nl/display/MAWQECO/Model+Applications+for+water+quality+and+ecology). Het onderstaande overzicht geeft de status van 16 mei 2013 weer.

Tabel 7.2 Overzicht van beschikbare gebiedsmodellen en hun status (d.d. 16 mei 2013). De blauw omrande modellen zijn door Rijkswaterstaat geprioriteerd voor opname in B&O in 2013 in het kader van het KPP B&O Waterkwaliteitsmodelschematisaties. De niet geprioriteerde modellen blijven bij Deltares in archief of worden in het kader van andere (KPP/SLA) projecten beheerd en onderhouden.

Gereed voor gebruik In ontwikkeling / Niet gevalideerd Ongeschikt / Verouderd *1D* Niet in scope van dit KPP In B&O opnemen in 2013	Hydrodynamica: Transport, zoutindringing/verspreiding stratificatie (3D)	Slib: Doorzicht, vertroebeling, lichtklimaat	Waterkwaliteit: Tracers, zout, temperatuur	Waterkwaliteit: Nutriënten	Waterkwaliteit, Ecologie: algen, primaire productie, zuurstofloosheid	Waterkwaliteit, Ecologie: draagkracht, schelpdieren	Waterkwaliteit, Ecologie: Real-time Algenbloei	Ecologie: habitats, ecotopen, soorten
Software Modelschematisatie	Delft3D TRIWAQ WAQUA SOBEK	DELWAQ						HABITAT
Landelijk SOBEK Model zout/Cl (Deltamodel)	*1D*		1D					
Nationaal Hydrologisch Instrum.	*1D*							
KRW-Verkenner schematisatie	*1D*			*1D*				x

Bovenrivierengebied									2012?
SOBEK-RE NDB		*1D*							
SOBEK 3.0 RMM		*1D*							
Zeedelta	Nieuwe Waterweg	3D							
	Zoutlek Volkeraksluizen	3D							
	Kier Haringvliet	3D							
RMM (Rijn-Maasmonding)		3D							
Haringvliet-Hollandsch Diep		3D							
Operationeel Stromingsmodel R'dam (Havenbedrijf Rotterdam)		*3D*							
Benedenrivierengebied									2012?
Biesbosch									2009
Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal		3D							
IJsselmeergebied (alle wateren)									2012
IJsselmeer zoutindringing Afsluitdijk		3D							
IJsselmeer		3D	3D				2D		
Markermeer-IJmeer (incl. Gooi-Eemmeer)		3D (geen CI)	3D				2D		
Eemmeer		3D	3D						
Gooi-Eemmeer		3D			3D				
Randmeren (alle in een model)		1DV				1DV			2D
Drontermeer						0D			
Wolderwijd-Nuldernauw						0D			
Veluwemeer	0D schematisatie					0D			
	research versie					2D			
Waddenzee									2009
Waddenzee, westelijke		3D	3D			2D			
Waddenzee, westelijke (PACE)		3D	3D			3D			
Eems-Dollard		3D	3D			3D			2012
Scremotox Noordzee		2D s		2D s	2D s				
ZUNO grof Noordzee		3D	3D			3D	3D	3D	
ZUNO DD MER Zandwinning		3D	3D			3D	3D		
ZUNO DD MOS2		3D	3D			3D			
ZUNO DD Egmond		3D	3D			3D			
Zuidwestelijke Delta		1D				1D			*IMARES*
Volkerak-Zoommeer 2D zoet		2D		2D		2D			2008
Volkerak-Zoommeer 3D zoet		3D							
Volkerak-Zoommeer 3D zout		3D		3D		3D			2008
Grevelingen-Volkerak-Zoommeer		3D				3D			
Grevelingenmeer		3D				3D			
Oosterschelde Deltakennis		3D					2D		2009
Westerschelde		3D	3D			3D			2009

8 Referenties

Deltares, 2009: Calibration Suspended Sediment Model Markermeer, Rapport 1200148, auteurs Van Kessel et al., July 2009.

Deltares, 2009a: Modelstudie Slibmaatregelen Eemmeer, Rapport Q4524 / 1002026, auteurs Pascal Boderie en Rolf Hulsbergen, september 2009.

Deltares, 2010: Predictions of cyanobacterial scums in Lake Gooimeer, Rapport 1201405-000, auteurs David Burger, Rolf Hulsbergen, Simon Groot, maart 2010.

Deltares, 2012: Chlorideverspreiding golfoverslag Afsluitdijk, Memo 1205181-000-ZWS-0015-tk, auteur Simon Groot, 16 januari 2012.

Deltares, 2012a: Winning suppletiezand Noordzee 2013-2017. Validatierapport, Rapport 1204963, auteurs Keetels, G., V. Harezlak, T. van Kessel, Y. Friocourt, A. van Rooijen, T. van der Kaaij, en H. Los, 2012.

Deltares, 2013: KPP Toolbox Ecologische Modellen, KPP 3D Modelinstrumentarium, Beheer en onderhoud modelapplicaties voor waterkwaliteit en ecologie, Rapport 1206125-000-ZKS-0008, auteurs W. Stolte, dr. F.J. Los en C.I. Eijsberg-Bak, 15 april 2013.

Deltares, 2013a: Zoutindringing via Oppervlaktewateren, Tijdelijke en Duurzame (Hydrodynamische) Oplossingen, Voorstel tot versterken van Deltares' kennis- en adviespositie, CONCEPT MEMO, auteur Rob Uittenbogaard, 17 mei 2013.

Deltares, 2013b: Slibprogrammering Zoute Wateren, Meerjarenplan; CONCEPT, Rapport 1206238-000, auteurs Ankie Bruens, Kees Kuijper, Loana Arentz, Charlotte Schmidt (Rijkswaterstaat WVL) en Marcel Rozemeijer (IMARES), 21 februari 2013.

Deltares, 2013c: Gebruikershandleiding voor de operationele watertemperatuur applicaties voor de Rijn (FEWS-Rivieren) en de Rijkswateren, CONCEPT, Rapport 1207726-002-ZKS-0001, auteurs Sibren Loos en Pascal Boderie, 23 mei 2013.

Deltares, 2013d: Zuidwestelijke Deltamodel, Aanpassingen 2010-2013, CONCEPT, Rapport 1208082-000-ZKS-0006, auteur Jos van Gils, 29 maart 2013.

RIZA, 2005: Potentiële Koelcapaciteit Rijkswateren 2005-2050, Quick scan klimaatscenario's; dossier V3515-66.001, registratienummer WG-SE20051920, versie 3, Ministerie van V&W/RIZA, december 2005.

Smits, J.G.C. en J.K.L. van Beek, 2013: ECO: a generic eutrophication model including comprehensive sediment-water interaction, IN PRESS, Geaccepteerd door PLOS ONE.