

Mogelijkheden vervolg Deltamodel

**Hergebruik versie 1.1 en doorontwikkeling richting
versie 2.0**



Mogelijkheden vervolg Deltamodel

Hergebruik versie 1.1 en doorontwikkeling richting versie 2.0

Erik Ruijgh

1209388-001

© Deltares, 2014, B

Titel
Mogelijkheden vervolg Deltamodel

Opdrachtgever RWS-WVL	Project 1209388-001	Kenmerk 1209388-001-ZWS-0003	Pagina's 72
---------------------------------	-------------------------------	--	-----------------------

Trefwoorden

Deltamodel, Deltaprogramma, beleidsondersteuning, modelinstrumentarium, hergebruik, doorontwikkeling

Samenvatting

Deltamodel 1.1 is eind 2013 beschikbaar gekomen bij NMDC en wordt gebruikt in het kader van de beleidsanalyse voor het Deltaprogramma. De ontwikkeling van het Deltamodel heeft mede bijgedragen aan de opbouw van een te onderhouden samenhangend modelsysteem voor alle activiteiten binnen RWS. Dit rapport schetst de mogelijkheden voor het hergebruik van het Deltamodel voor andere toepassingen dan de beleidsanalyse (in het kader van andere activiteiten binnen RWS), en de mogelijkheden voor de doorontwikkeling van het Deltamodel richting een permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium.


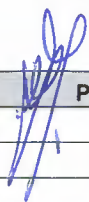
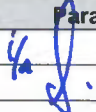
Voor hergebruik van het Deltamodel bestaan mogelijkheden in het kader van (oa.) WTI en de waterkwaliteitsmodellering. Geadviseerd wordt om daarbij aandacht te geven aan de flexibilisering van het Deltamodel, en de standaardisatie van de koppeling naar gerelateerde softwarepakketten.

Voor de doorontwikkeling van Deltamodel 1.1 naar een permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium is een aantal technische aanbevelingen geformuleerd. Daarbij wordt geadviseerd om een (princiële) beslissing te nemen over de positionering van de effectmodellen.

Voor de verdere ontwikkeling van een (te onderhouden) samenhangend modelsysteem voor RWS wordt geadviseerd om (zoveel mogelijk) gebruik te maken van dezelfde software als in het Deltamodel is geselecteerd, en daarbij gebruik te maken van geaccepteerde basisdata. De ruimtelijke en temporele resolutie van de bijbehorende schematisaties kan dan worden toegesneden op de specifieke vraagstelling binnen het project.

Referenties

Erik Ruijgh, 2014. Mogelijkheden vervolg Deltamodel. Hergebruik versie 1.1 en doorontwikkeling richting versie 2.0. Deltares-rapport 1209388.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1.0	jun. 2014	Erik Ruijgh		Jaap Kwadijk		Gerard Blom	

Status

definitief

Inhoud

1	Inleiding	1
2	De context van het Deltamodel	3
2.1	Uniforme Primaire Processen Rijkswaterstaat	3
2.2	Samenhangend modelinstrumentarium	4
2.3	Het Deltaprogramma	6
2.3.1	Percepties	7
2.3.2	Draagvlak en acceptatie van modellen	9
2.3.3	Selectie van modellen	10
3	Mogelijkheden hergebruik Deltamodel 1.1	11
3.1	WTI Waterveiligheidsinstrumentarium	11
3.2	Waterkwaliteitsmodellering	14
3.3	Nieuwe klimaatscenario's doorrekenen	17
3.4	Toepassing voor buitenland	18
3.5	Toepassing voor regionale waterbeheerders	20
3.6	Samenvatting advies mogelijkheden hergebruik Deltamodel 1.1	20
4	Doorontwikkeling Deltamodel 2.0 voor beleidsanalyse	23
4.1	Inleiding	23
4.2	Geografische afbakening	24
4.3	Ruimtelijke en temporele resolutie	24
4.4	Nauwkeurigheid, onzekerheid en gevoeligheid	27
4.4.1	Deltascenario's	28
4.4.2	Grootschalige morfologische ontwikkelingen	29
4.4.3	Ketenbenadering	30
4.5	Processen	31
4.5.1	Hydra-Zoet en Hydra-Ring	31
4.5.2	Kosten dijkverbetering	31
4.5.3	Dijkprofielen	32
4.5.4	Normeringsmethode	33
4.5.5	Effectmodellen waterverdeling	34
4.5.6	Consistente aanpak	35
4.6	Rekensnelheid	36
4.7	Flexibiliteit	38
4.7.1	Delft-FEWS	38
4.7.2	OTAP-straat	41
4.7.3	Hardware configuratie	42
4.8	Consistentie modellen	43
4.8.1	Modellen waterveiligheid	43
4.8.2	Modellen waterverdeling	45
5	Conclusies en aanbevelingen	47
6	Literatuur	49

Bijlage(n)

A Resultaten analyse onzekerheid Deltamodel t.b.v. IAC	A-1
B Mogelijkheden voor het verhogen van de rekensnelheid	B-1
C Uniforme analyse- en rekenmethode	C-1
D Samenvatting adviezen IAC	D-1
E Aanbevelingen ontwikkeling Deltamodel 2.0	E-1

1 Inleiding

Het Deltamodel versie 1.1 is begin december 2013 beschikbaar gesteld bij NMDC (Ruijgh, 2013). Daarmee heeft Deltares de ontwikkeling afgerond van Deltamodel 1.1, als onderdeel van de opdracht van RWS (WVL) en DGRW binnen het KPP-programma 2013. In 2014 zal het Deltamodel gebruikt worden ter ondersteuning van de beleidsanalyse binnen het Deltaprogramma. Naar verwachting zullen in 2014 nog enkele kleine aanpassingen worden gerealiseerd rond het inbouwen van de Voorkeursstrategieën (om de specifieke maatregelenpakketten te kunnen doorrekenen), berekeningen voor VONK, alsmede Beheer & Onderhoud (om geconstateerde onjuistheden te herstellen). Het betreft dan relatief kleine aanpassingen in Deltamodel 1.1 en geen ontwikkeling meer van aanvullende functionaliteit voor het Deltaprogramma. De toepassing van Deltamodel 1.1 zal, in nauw overleg met DGRW, verder worden aangestuurd vanuit het Rekennetwerk binnen RWS (WVL).

De ontwikkeling van het Deltamodel heeft bijgedragen aan een selectie in het grote aantal beschikbare modelsystemen. Dat heeft grote voordelen voor RWS in het streven naar uniformiteit, consistentie in de uitkomsten, draagvlak etc. Bovendien draagt het bij aan een te onderhouden samenhangend modelsysteem. Om dit verder vorm te geven wordt in dit rapport een aantal voorstellen gedaan.

Het rapport is opgesteld in het kader van het KPP-2014, in opdracht van RWS (WVL) en DGRW, en gaat in op de mogelijkheden voor het vervolg van het Deltamodel. Hoofdstuk 2 plaatst eerst de ontwikkeling van het Deltamodel in de afgelopen 4 jaar in de bredere context van de uniforme primaire processen binnen RWS (zoals verwoord in bijvoorbeeld Scholten en Van den Hoek, 2014), de programmering van het KPP-onderzoek door RWS en Deltares (Van de Hoek et al, 2013), en het Deltaprogramma (Deltacommissaris, 2013).

Hoofdstuk 3 schetst een aantal mogelijkheden voor **hergebruik** van Deltamodel 1.1 voor andere toepassingen dan de beleidsanalyse in het kader van het Deltaprogramma. Dit betreft toepassingen die op betrekkelijk korte termijn gerealiseerd zouden kunnen worden, met de functionaliteit die beschikbaar is in Deltamodel 1.1.

Hoofdstuk 4 gaat in op de gemaakte keuzes ten aanzien van de functionaliteit van het Deltamodel, uitgaande van de "Functionele specificaties, kwaliteitseisen en opbouw Deltamodel" (Kroon en Ruijgh, 2012). Dit hoofdstuk beschrijft de ervaringen bij de ontwikkeling van het Deltamodel in het kader van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies, en de mogelijkheden voor de **doorontwikkeling** naar een volgende generatie "Deltamodel 2.0".

Op basis van de ervaringen van de ontwikkeling en toepassing van het Deltamodel is in dit rapport een aantal "lessons learned" geformuleerd. Daarbij is mede gebruik gemaakt van de adviezen zoals zijn geformuleerd door de Internationale Advies Commissie Deltamodel (IAC). Ook de bevindingen van de acceptatietesten, zoals opgenomen in de testrapporten tijdens de ontwikkeling van het Deltamodel, hebben hieraan bijgedragen. Hoofdstuk 5 vat de verschillende "lessons learned" samen in vorm van conclusies.

Dit rapport vormt de weerslag van vele plannen, suggesties, ideeën en gedachten die tijdens de ontwikkeling van het Deltamodel in de loop van de afgelopen 4 jaar zijn ontstaan. In talrijke discussies met de direct betrokkenen bij Deltares en RWS-WVL, alsmede (onder andere) KNMI, Alterra, PBL en STOWA, is intensief gesproken over het Deltamodel. Een ieder die een bijdrage aan deze discussies heeft geleverd, willen we bij deze daarvoor graag hartelijk bedanken. Een speciaal woord van dank gaat daarbij uit naar Timo Kroon die, als WVL-projectleider, steeds op een zeer constructieve wijze de inhoudelijke discussies heeft aangemoedigd en deze gelijktijdig in een bredere context heeft geplaatst.

2 De context van het Deltamodel

Het Deltamodel is ontwikkeld ten behoeve van het uitvoeren van berekeningen voor de beleidsanalyse in het kader van het Deltaprogramma. Het Deltamodel is daarmee niet gericht op andere studies, zoals vraagstukken op het vlak van (dagelijks) operationeel waterbeheer of vraagstukken gerelateerd aan gedetailleerde ontwerpstudies.

Naar verwachting zijn elementen van het Deltamodel overigens wel goed bruikbaar in andere studies (Dijkman en Ruijgh, 2010; Kroon en Ruijgh, 2012). De afstemming van het Deltamodel met de overige modellen van Rijkswaterstaat is bij de ontwikkeling van het Deltamodel ook steeds van groot belang geweest. Paragraaf 2.1 plaatst daarom de ontwikkeling van het Deltamodel in de bredere context van de uniforme primaire processen binnen Rijkswaterstaat. Paragraaf 2.2 gaat in op de plaats van het Deltamodel als onderdeel van het samenhangend modelinstrumentarium, zoals Deltares en RWS (WVL) samen ontwikkelen in het kader van het KPP onderzoeksprogramma. Paragraaf 2.3 gaat in op de ervaringen bij de ontwikkeling van het Deltamodel voor het Deltaprogramma.

2.1 Uniforme Primaire Processen Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat maakt binnen haar takenpakket onderscheid in verschillende uniforme primaire processen (UPP's). Op dit moment¹⁾ betreft het de volgende UPP's:

- Water- en verkeersmanagement
- Beheer, onderhoud & ontwikkeling
- Beleidsondersteuning & advies
- Aanleg

Het Deltamodel dient ter ondersteuning van het primaire proces Beleidsondersteuning & advies, en dan specifiek voor de toepassing in het Deltaprogramma. Onder Water- en verkeersmanagement vallen de RWS-taken rond de operationele afvoer- en waterstandsvoorspelling. Beheer, onderhoud & ontwikkeling betreft de RWS-taken rond vergunningverlening en hydraulische randvoorwaarden. Het primaire proces Aanleg heeft betrekking op de ontwikkeling van bijvoorbeeld nieuwe havens en bruggen, alsmede een project als Ruimte voor de Rivier.

De verschillende primaire processen stellen verschillende eisen aan de modellen ten aanzien van hun functionaliteit. Dit heeft ook zijn weerslag op bijvoorbeeld de (ruimtelijke en temporele) resolutie, nauwkeurigheid, rekensnelheid en flexibiliteit. Scholten en Van den Hoek (2014) omschrijven de eisen die de verschillende uniforme primaire processen van Rijkswaterstaat aan de modellen stellen als volgt:

¹⁾ In het kader van het Ondernemingsplan 2015 wordt de indeling in UPP's mogelijk bijgesteld. De definitieve versie van het OP-2105 was nog niet beschikbaar op het moment van schrijven van dit rapport, maar vooralsnog bestaat de indruk dat deze bijstelling geen consequenties zal hebben voor de conclusies in dit rapport.

- Voor *water- en verkeersmanagement* is een voorspellingsmodel noodzakelijk dat de actuele situatie zo goed mogelijk weergeeft, onder meer vanwege operationele beslissingen.
- *Beheer onderhoud & ontwikkeling* vraagt een model waarmee effecten van gebruik en ingrepen kunnen worden beoordeeld ten opzichte van de beoogde toestand.
- Het werkproces *aanleg* vraagt een stabiele modelomgeving zodat het model voor 'toetsing' van maatregelen aansluit op het model/uitgangspunten dat bij het formuleren van het aanlegdoel is gebruikt. Dit omdat er vaak een periode van enkele jaren ligt tussen het formuleren van het beleidsmodel en de realisatie ervan.
- Voor *beleidsondersteuning & advies* zijn de uitvoerbaarheid en de uitvoeringsconsequenties van belang voor de lopende programma's voor beheer, onderhoud & ontwikkeling en aanleg. In deze modellen is het van belang om, in overleg met DGRW, toekomstige ontwikkelingen en scenario's door te kunnen rekenen.

Ter illustratie hiervan geven we een paar voorbeelden:

- Een berekening van de verwachte waterhoeveelheid met operationeel model (voor Watermanagement) voor de komende 14 dagen vraagt een hogere resolutie (in ruimte en tijd) dan een berekening van de verwachte hoeveelheid beschikbaar water met een beleid analytisch model voor de komende 50-100 jaar.
- Voor een operationeel model (voor Watermanagement) is een actuele gebiedsbeschrijving van belang en deze moet dus jaarlijks aangepast kunnen worden.
- Voor de vergunningverlening (Beheer, onderhoud & ontwikkeling) is een eenmalig goed vastgestelde referentie van groot belang en moet een veelvuldige wisseling van referentie situaties juist worden voorkomen.
- Voor beleidsanalyse ligt het accent meer op de verre tijdshorizon. Voor het beleidsinstrumentarium is het van belang dat het model verschillende mogelijke scenario's en maatregelen en strategieën kan vergelijken met dezelfde referentiesituatie. Die referentiesituatie kan afwijken van de actuele gebiedsbeschrijving, bijvoorbeeld doordat beleid dat nu ten uitvoer wordt gebracht al kan worden verdisconteerd in de referentiesituatie.

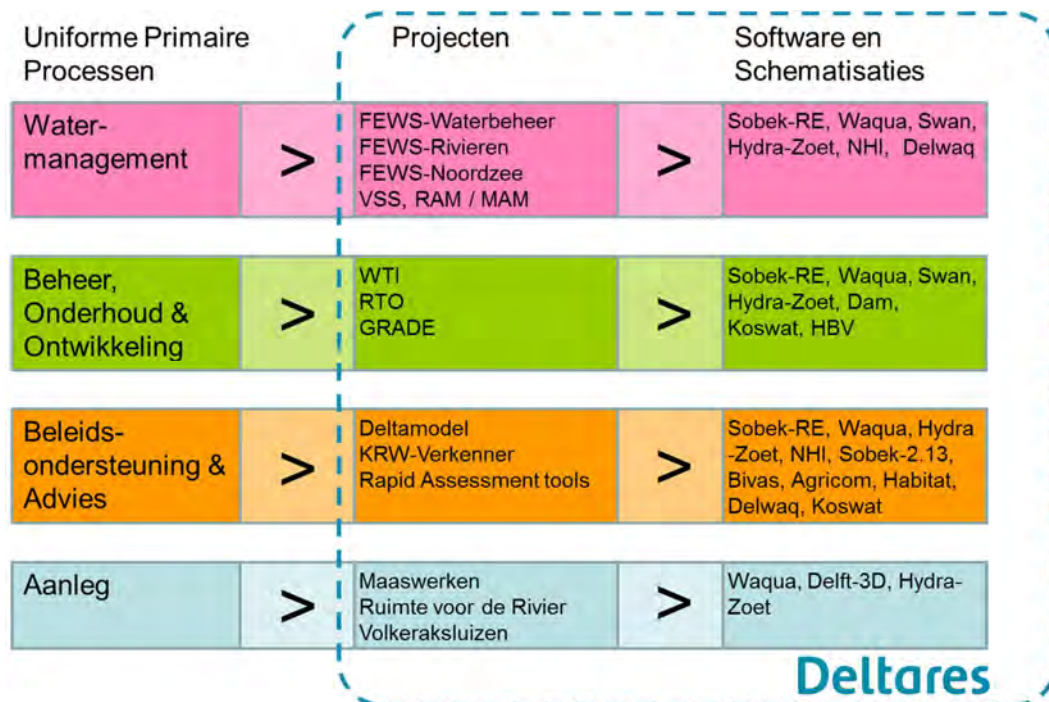
Uit het bovenstaande volgt dat de verschillende primaire processen verschillende accenten leggen op de functionele specificaties van de modellen. Hoofdstuk 4 gaat nader in op deze verschillende functionele specificaties voor de primaire processen en de bestaande functionaliteit van het Deltamodel.

2.2 Samenhangend modelinstrumentarium

De samenwerking tussen RWS en Deltares wordt vorm gegeven in het Kennisprogramma Primaire Processen (KPP), waarbij Deltares de benodigde kennis en modellen ontwikkelt voor de uitvoering van de primaire processen door RWS. De afspraken tussen RWS en Deltares voor het ontwikkelen, beheren en onderhouden van een samenhangend modelinstrumentarium voor het waterbeheer zijn opgenomen in een Service Level Agreement (SLA, Van den Hoek et al., 2013). In de SLA zijn afspraken gemaakt over de wijze van oplevering van modellen (Protocol van Overdracht modellen, PvO). Scholten en Van den Hoek (2014) gaan in op de toepassing van modellen binnen RWS en het Ministerie IenM. De afspraken uit de SLA zijn ook van toepassing op het Deltamodel, en uitgewerkt in het PvO Deltamodel (Ruijgh, 2013).

Binnen elk van de onderscheiden primaire processen worden in het kader van het KPP diverse onderzoeksprojecten uitgevoerd. Deltares ontwikkelt en gebruikt voor deze projecten modellen op basis van de beschikbare software en schematisaties ²⁾. De onderzoeksprojecten leiden tot nieuwe inzichten en software. Indien de nieuwe software succesvol een test- en acceptatie-traject doorloopt wordt deze in het vervolg gebruikt in de uitvoering van de primaire processen. Het streven is om daarbij zoveel mogelijk dezelfde software en schematisaties te gebruiken. Daarmee wordt de samenhang tussen de primaire processen versterkt. Tevens beperkt dit de verscheidenheid aan software en schematisaties, en daarmee de kosten voor beheer en onderhoud van de software en schematisaties.

Figuur 2.1 geeft schematisch een voorbeeld hoe Deltares binnen elk primair proces meerdere projecten uitvoert, met verschillende software en schematisaties. Op hoofdlijnen krijgt de afstemming tussen de projecten binnen elk van de primaire processen steeds meer vorm. Zo lopen er diverse initiatieven om afstemming te verbeteren op het gebied van de operationele systemen binnen het primaire proces Watermanagement. Dit betekent concreet dat de voorspellingssystemen FEWS-Noordzee, FEWS-Meren, FEWS-Rivieren, FEWS-IWP en FEWS-Waterbeheer onderling steeds beter worden afgestemd. Ook de ontwikkeling van het Volg-en-Stuur-Systeem (voor waterkwaliteit en ecologie) binnen de FEWS-software sluit hier goed op aan, alsmede het Rijn- en Maas-Alarm model.



Figuur 2.1 Schematische weergave samenhang model-instrumentarium voor de verschillende primaire processen.³⁾

²⁾ Een model definiëren we hier als de combinatie van software en schematisatie, dus de toepassing van de software voor een bepaald gebied (op een bepaald moment).

³⁾ De figuur ambieert geen volledig beeld te schetsen van alle projecten en software, maar illustreert dat sommige softwarepakketten en schematisaties in meerdere UPP's worden gebruikt.

Voor het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies is in het kader van de ontwikkeling van het Deltamodel een belangrijke slag gemaakt rondom de afstemming van de gebruikte modellen voor waterveiligheid en waterverdeling. Daarbij is de focus gelegd op de afstemming van de modellen voor het binnenwater (de zoete watersystemen). Zo zijn de versies van software en schematisaties voor de verschillende deelprogramma's onderling afgestemd binnen het Deltamodel. Het gebruik van één versie van Hydra-Zoet is daarvan een voorbeeld voor waterveiligheid. De verbetering van de afstemming tussen NHI en effectmodellen is een belangrijk voorbeeld rond waterverdeling (zie ook paragraaf 0).

Ook binnen de overige primaire processen vindt steeds meer afstemming plaats tussen de verschillende projecten. De afstemming in gebruikte software en schematisaties *tussen* de verschillende primaire processen onderling kan in de toekomst nog een extra stimulans gebruiken. Het verdient aanbeveling om binnen de KPP-programmering een extra inhoudelijke stimulans te geven aan de verbetering van de afstemming tussen de primaire processen ten aanzien van het gebruik van software en schematisaties. Daarmee kan een verdere impuls worden gegeven aan de ontwikkeling van een samenhangend modelinstrumentarium voor alle primaire processen gezamenlijk.

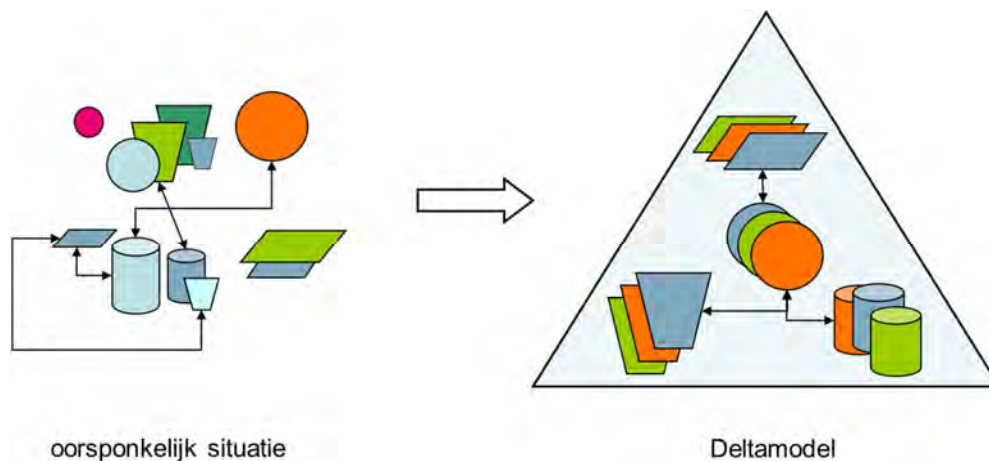
Lessons learned: verbeter de afstemming tussen de primaire processen

In de afstemming tussen de projecten binnen de primaire processen worden goede stappen gemaakt. Om het samenhangend modelinstrumentarium verder vorm te geven verdient het aanbeveling om binnen de KPP-programmering een extra inhoudelijke stimulans te geven aan de afstemming tussen de primaire processen onderling.

2.3 Het Deltaprogramma

Met de oplevering van Deltamodel 1.1 is een samenhangend modelinstrumentarium beschikbaar gekomen voor het uitvoeren van berekeningen voor het Deltaprogramma. Daarbij is maximaal gebruik gemaakt van reeds bestaande (en goedgekeurde, beheerde) modellen. Dit zijn modellen die zijn opgenomen in de Catalogus Netwerkmodellen (Scholten en Van den Hoek, 2014), of waarvoor een Protocol van Overdracht (PvO) beschikbaar was vanuit andere projecten. Daar waar nodig is in het kader van de ontwikkeling van het Deltamodel een extra impuls gegevens aan lopende model-ontwikkelingen, of een nieuw model ontwikkeld. Het Protocol van Overdracht Deltamodel 1.1 (Ruijgh, 2013) geeft een overzicht van alle componenten in het Deltamodel.

Het Deltamodel bestaat daarmee niet uit één model - waarmee we alle analyses kunnen uitvoeren - maar uit een samenhangende set van modellen voor de zoetwatervoorziening en waterveiligheid. Dit laat zich op een hoger abstractieniveau overigens goed omschrijven als één model. De deelprogramma's passen een deel van deze set modellen toe. Figuur 2.2 geeft schematisch weer hoe het Deltamodel is ontwikkeld vanuit de oorspronkelijke situatie tot een samenhangende set van modellen voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening.



Figuur 2.2 Ontwikkeling van het Deltamodel vanuit de oorspronkelijke situatie naar een samenhangende set van modellen voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening (Deltares, 2010).

Voor de ontwikkeling van het Deltamodel was, naast allerlei inhoudelijke aspecten (zoals beschreven in hoofdstuk 4), de context van het Deltaprogramma van groot belang. Onderstaande paragrafen gaan in op de perceptie vanuit de omgeving, draagvlak en acceptatie door derden, en de consistentie in de geselecteerde modellen.

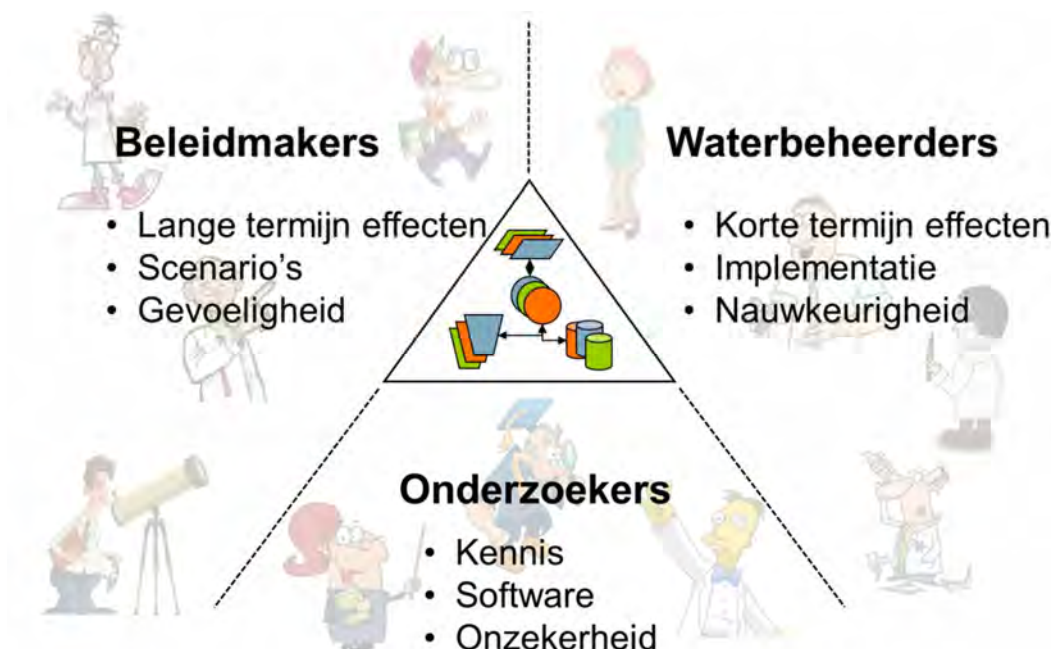
2.3.1 Percepties

De ontwikkeling van het Deltamodel, als modelinstrumentarium voor het Deltaprogramma, werd – vanzelfsprekend – door velen nauwlettend gevolgd. Deze volgers kunnen worden gecategoriseerd in beleidsmakers, waterbeheerders en onderzoekers. Iedere groep kijkt daarbij vanuit het eigen perspectief en belangen (zie Figuur 2.3).

De *beleidsmakers* (Staf DC, DGRW) werken aan de (lange termijn) Deltabeslissingen. De berekeningen voor de Deltascenario's spelen een rol bij die beslissingen. Deze groep is met name geïnteresseerd in een analyse van de gevoeligheid van het watersysteem voor (toekomstige) externe veranderingen en maatregelen.

De *waterbeheerders* (regionale waterbeheerders, gebiedsbeheerders) werken aan het actuele beheer van het watersysteem, en zijn gericht op de (korte termijn) effecten van maatregelen op het watersysteem. Voor hen is de nauwkeurigheid – kloppen de berekeningen met de meetgegevens – van de modellen van groot belang.

De *onderzoekers* (de ontwikkelaars van het Deltamodel bij Deltares, maar ook mensen bij universiteiten en onderzoeksinstituten), werken aan het verbeteren van de kennis over het functioneren van watersysteem en zijn gericht in het verbeteren van de gebruikte software. Hun focus ligt op een goede representatie van de onderliggende natuurlijke processen en bij de (resterende) onzekerheden in de modellen.



Figuur 2.3 Verschillende percepties over het Deltamodel.

Naast de beleidsmakers, waterbeheerders en onderzoekers zijn er (natuurlijk) nog veel meer groepen/personen die een mening hebben over (de ontwikkeling van) het Deltamodel. De samenwerking tussen al deze betrokkenen is van groot belang voor het succes van de ontwikkeling van het Deltamodel en – nog belangrijker – het gebruik van het eindproduct. Omdat elke persoon vanuit een ander perspectief naar de ontwikkeling van het Deltamodel kijkt, is ook te begrijpen dat voor een goede communicatie tussen al deze personen een extra inspanning nodig is.

In de eerste fase van de ontwikkeling van het Deltamodel heeft Deltares daarom (en mede naar aanleiding van het advies van de Internationale Advies Commissie, zie bijlage D) vijf 'pre-release workshops' georganiseerd. Voor deze workshops waren vertegenwoordigers van de verschillende deelprogramma's uitgenodigd. De opkomst bij deze workshops was helaas gering. Vervolgens heeft RWS-WVL de taak op zich genomen om zorg te dragen voor de communicatie tussen alle betrokkenen. Daartoe heeft RWS-WVL het Rekennetwerk opgericht, onder meer om de ontwikkelwensen rond het Deltamodel bij de deelprogramma's te inventariseren. Omdat de deelprogramma's op dat moment al volop werkten met hun eigen tools en modellen, bleek het zeer lastig om de ontwikkelingen voor het Deltamodel af te stemmen op de wensen van de deelprogramma's.

Lessons learned: betrek de eindgebruikers actief bij de ontwikkeling

Het verdient sterk de aanbeveling om bij het hergebruik en de doorontwikkeling van het Deltamodel extra aandacht te geven aan de communicatie over de ontwikkelingen naar alle betrokkenen (beleidsmakers, waterbeheerders, onderzoekers, eindgebruikers). Hiervoor kan bijvoorbeeld een gebruikersgroep worden opgericht. Dit kan bijdragen aan zowel de specificatie van het programma van eisen, als het draagvlak - en daarmee de toepassing - van het eindproduct.

2.3.2 Draagvlak en acceptatie van modellen

Vanaf de start van de ontwikkeling van het Deltamodel is veel aandacht gegeven aan het draagvlak van het Deltamodel. Daarom kregen de (regionale) waterbeheerders een belangrijke rol in de acceptatie van de modellen. Zodoende is bij de selectie van de modellen voor het Deltamodel vaak gekozen voor relatief gedetailleerde modellen van de waterbeheerders (waterschappen en regionale diensten RWS). Bovendien is relatief veel tijd besteed aan de nauwkeurigheid van deze modellen, onder meer door vergelijking van de resultaten van het Deltamodel met meetgegevens en/of andere modelberekeningen. Voor de beleidsanalyse zelf was dit technisch gesproken niet allemaal nodig geweest (Haasnoot, 2013), maar voor het draagvlak en de acceptatie van de (resultaten van die) beleidsanalyse door de (regionale) waterbeheerders is het cruciaal geweest (zie ook Prinsen et al, 2013). Overigens is het goed om op te merken dat de relatief gedetailleerde modellen die nu in het Deltamodel zijn opgenomen waarschijnlijk zeer goed van pas komen in een volgende fase, waar de beleidsbeslissingen vertaald zullen worden in concrete uitvoeringsplannen.

De oorspronkelijke gedachte was (Kroon en Ruijgh, 2012) om de berekeningsresultaten van de (veelal) gedetailleerde modellen in het Deltamodel te aggregeren voor de presentatie en beleidsanalyse in het Deltaportaal. Het Deltaportaal is ontwikkeld als een (web)interface voor de presentatie van de geaggregeerde resultaten van de berekeningen met het Deltamodel (www.deltaportaal.nl). De beleidsmakers zouden voor de beleidsanalyse dus geen gebruik maken van het Deltamodel zelf, maar van (in de ruimte en tijd) geaggregeerde gegevens die worden gepresenteerd in het Deltaportaal. Op deze wijze kon het draagvlak en de acceptatie bij de regionale waterbeheerders (en inhoudelijke specialisten) worden gewaarborgd, en konden de beleidsmakers gebruik maken van de berekeningsresultaten op het abstractieniveau dat aansluit op hun wensen.

In de praktijk is het anders gelopen. De ontwikkeling van het Deltamodel en het Deltaportaal is uitgevoerd in twee gescheiden (deel)projecten. Mede daardoor is de afstemming tussen het Deltamodel en het Deltaportaal moeizaam verlopen, inclusief de afstemming met de verschillende deelprogramma's. Achteraf beschouwd was het waarschijnlijk beter geweest om alle ontwikkelingen binnen één project uit te voeren, of een duidelijke overkoepelende programma-organisatie te creëren. De Internationale Advies Commissie (IAC) heeft ook gepleit voor een centrale coördinatie (zie Bijlage D).

De berekeningen zijn (uiteindelijk) uitgevoerd door de deelprogramma's met het Deltamodel, met de geaccepteerde modellen. De beleidsanalyse is binnen de deelprogramma's zelf uitgevoerd en daarvoor is beperkt gebruik gemaakt van het Deltaportaal. De deelprogramma's hebben verschillende eigen tools ontwikkeld en toegepast in de beleidsanalyse (zoals de Blokkendoos en het analysetool van DPZW). Het Deltaportaal wordt nu naar verwachting met name gebruikt voor de communicatie met het publiek.

Lessons learned: creëer draagvlak vanuit één programma-organisatie

Voor het draagvlak en de acceptatie van het volledige modelinstrumentarium is de communicatie met de eindgebruikers (in dit geval de deelprogramma's) van groot belang. Wanneer het gaat om meerdere componenten van een modelinstrumentarium (in dit geval het Deltamodel en het Deltaportaal), is een goede overkoepelende programma-organisatie van groot belang. Voor het vervolg verdient het aanbeveling om alle componenten onder te brengen (en aan te sturen) binnen één project.

2.3.3 Selectie van modellen

Voor het uitvoeren van analyses met betrekking tot het watersysteem zijn zeer veel verschillende modellen beschikbaar. Zo zijn er bijvoorbeeld modellen voor grondwater en oppervlaktewater, modellen voor stedelijk water, modellen voor waterkwaliteit, ecologie en morfologie, voor scheepvaart en zwemwater. De modellen zijn gekalibreerd en gevalideerd voor een specifieke toepassing en een specifiek gebied, met een bepaalde ruimtelijke en temporele resolutie. Een gemiddelde ontwikkelaar is in de regel gaarne bereid om zijn/haar model (nog) verder uit te breiden, zodat het model (nog) beter aansluit bij de vragen en wensen van een potentiële gebruiker. Kortom, het aanbod aan modellen vanuit de marktpartijen en onderzoeksinstituten is enorm.

De waterbeheerder staat voor de lastige taak om een keuze te maken tussen al die modellen. Daarbij spelen soms heel andere argumenten dan voor de ontwikkelaars. Zo is het voor Rijkswaterstaat van belang dat de resultaten van de modelberekeningen beleidsmatig afgestemd zijn met de resultaten van eerdere berekeningen. Hierdoor kan de keuze vallen op een model dat eerder is gebruikt, terwijl er ook een nieuw(er) model beschikbaar is.

Bij de start van het Deltamodel werd verwacht dat op een aantal nieuwe ontwikkelingen van software kon worden aangesloten. Helaas bleken deze ontwikkelingen niet allemaal tijdig te kunnen worden opgeleverd voor toepassing in het Deltamodel (bijvoorbeeld Sobek-3, OpenMI). Daardoor is de uiteindelijke pragmatische keuze toch veelal gevallen op de bestaande software en modellen.

Dit laat zich illustreren met het volgende voorbeeld. Voor de berekening van de waterveiligheid in Rijn-Maasmonding is in het Deltamodel gekozen voor (108) berekeningen met Sobek-RE. Voor de berekening van waterveiligheid in de IJssel-Vecht delta worden (1025) Waqua berekeningen gebruikt. Deze twee gebieden zijn fysisch onderling goed te vergelijken, en dat zou in theorie een vergelijkbare aanpak rechtvaardigen. Op basis van het economisch belang van beide gebieden, was zelfs te verwachten dat de rekeninspanning cq. beoogde nauwkeurigheid voor de Rijn-Maasmonding in het Deltamodel een stuk groter zou zijn dan voor de IJssel-Vecht delta.

Het tegendeel is echter het geval, en dit kan worden verklaard uit de beschikbaarheid en acceptatie van de modellen door de regionale waterbeheerders. Zo was voor de IJssel-Vecht delta alleen een Waqua-model beschikbaar, en (nog) geen Sobek-3 model. In de Rijn-Maasmonding was een algemeen geaccepteerd Sobek-RE model beschikbaar voor de beleidsanalyse waterveiligheid; ook daarvoor was Sobek-3 nog niet beschikbaar.

Lessons learned: selecteer onderling consistente modellen

In de nabije toekomst zullen de nieuwe generatie Sobek-3 modellen beschikbaar komen. Zodra deze modellen beschikbaar zijn, verdient het aanbeveling om deze op te nemen in het Deltamodel, voor zowel waterveiligheid (DPIJ en DPRD) als voor waterverdeling (DPZW). Daarmee kan de consistentie tussen de verschillende deelgebieden en beleidsterreinen verder worden versterkt.

3 Mogelijkheden hergebruik Deltamodel 1.1

Met de oplevering van Deltamodel 1.1 bij NMDC is de ontwikkeling afgerond, en is deze versie beschikbaar voor de toepassing in het kader van het Deltaprogramma. Naast de toepassing van het Deltamodel 1.1 in het kader van het Deltaprogramma, worden de resultaten van de berekeningen met het Deltamodel ook gebruikt in het project VONK (Vernieuwingsopgave Natte Kunstwerken). Ook vanuit andere (regionale) projecten komen vragen voor de uitlevering van (een deel van) de resultaten.

Dit hoofdstuk gaat nader in op de mogelijkheden voor het hergebruik van het Deltamodel voor andere projecten op de korte termijn. De gedachten over hergebruik van Deltamodel 1.1 gaan in eerste instantie uit naar (paragraaf 3.1) de ondersteuning van WTI bij de productie van de database fysica. Ook (paragraaf 0) de uitbreiding van het Deltamodel met waterkwaliteit (het gebruik van de KRW-Verkenner) ten behoeve van een project zoals Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid vormt een reële mogelijkheid. Verder zullen op relatief korte termijn (paragraaf 3.3) de nieuwe KNMI-2014 scenario's worden gebruikt, in aanvulling op de huidige Deltascenario's.

Daarnaast zijn er wellicht mogelijkheden voor (paragraaf 3.4) het hergebruik van het Deltamodel in het buitenland of (paragraaf 3.5) door de regionale waterbeheerders.

3.1 WTI Waterveiligheidsinstrumentarium

Het Deltamodel 1.1 is opgezet ten behoeve van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies in het kader van het Deltaprogramma. Daarnaast wordt in het kader van WTI (het Wettelijk Toetsings Instrumentarium) een instrumentarium ontwikkeld en (elke 6 jaar) toegepast ten behoeve van de wettelijke toetsing van de waterkeringen. De eerst volgende WTI-ronde staat gepland voor 2017. WTI valt niet onder het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies maar onder het primaire proces Beheer, Onderhoud & Ontwikkeling (zie ook paragraaf 2.1 en 2.2).

Voor WTI is de database fysica een zeer belangrijk uitgangspunt. Deze database fysica bevat de resultaten van (zeer) veel hydraulische berekeningen met verschillende randvoorwaarden (zoals windsnelheid, windrichting, afvoer, en waterstand), voor de verschillende watersystemen in Nederland. Het aanmaken van de database fysica is een omvangrijke reken-exercitie, die volgens een gestandaardiseerde methode moet worden uitgevoerd. De werkwijze voor de veiligheidsberekeningen binnen het Deltamodel komt nagenoeg overeen met die voor WTI. Binnen het Deltamodel zijn daarmee al diverse componenten beschikbaar voor het aanmaken van de database fysica. Dat biedt de mogelijkheid om het Deltamodel te hergebruiken voor WTI, en daarmee om de consistentie te versterken tussen de projecten Deltaprogramma en WTI (en daarmee ook de primaire processen Beleidsondersteuning & Advies en Beheer, Onderhoud & Ontwikkeling). Daarnaast biedt hergebruik in meerdere primaire processen natuurlijk mogelijkheden om de kosten (voor beheer en onderhoud) te beperken.

De volgende punten vragen om een concrete aanpassing om het Deltamodel te hergebruiken voor WTI:

- Het is nu al mogelijk om een database fysica binnen het Deltamodel aan te maken. Deze database fysica wordt opgebouwd uit een beperkt aantal berekeningen. Voor WTI zal deze database gevuld worden met meer (verschillende) berekeningen. De configuratie van het Deltamodel biedt de mogelijkheid om dit betrekkelijk eenvoudig aan te passen.
- Voor de Rijntakken, Maas en het IJsselmeer (inclusief IJssel-Vecht delta) maakt het Deltamodel gebruik van Waqua, precies zoals ook voor WTI-2017 gewenst is. Voor WTI-2017 zullen waarschijnlijk andere Waqua-schematisaties worden gebruikt, maar ook dit is binnen de configuratie van het Deltamodel betrekkelijk eenvoudig aan te passen.
- Ook voor Rijnmond zal WTI een Waqua-model gebruiken; binnen het Deltamodel wordt hiervoor nu een Sobek-RE model gebruikt. Bij het implementeren van het Waqua-model voor Rijnmond zal de aansturing van de stormvloedkeringen om speciale aandacht vragen van de ontwikkelaars. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de ervaringen die zijn opgedaan bij het inbouwen van de aansturing van de Ramspolkering en Hondbroekse Pleij in de Waqua-modellen in het Deltamodel.
- In het Deltamodel zijn (vooralsnog) geen veiligheidsmodellen beschikbaar voor de overige primaire watersystemen in Nederland (zoals de Oosterschelde, Westerschelde en het Markermeer, zie ook paragraaf 4.2). Deze watersystemen zijn wel onderdeel van WTI, maar hiervoor zullen in het kader van WTI-2017 geen nieuwe berekeningen worden gemaakt.
- Voor de berekening van de golf-opzet maakt het Deltamodel gebruik van Bretschneider (binnen Hydra-Zoet). In aanvulling hierop gebruikt WTI SWAN voor de meren en brede wateren (zoals IJsselmeer en Haringvliet). SWAN wordt nu toegepast in FEWS-Meren, en deze ervaring kan als uitgangspunt dienen voor de toepassing in het kader van WTI. Het implementeren van SWAN zal echter wel om een serieuze inspanning vragen van de ontwikkelaars.
- Tenslotte maakt het Deltamodel gebruik van Hydra-Zoet, terwijl in het kader van WTI gewerkt wordt aan de ontwikkeling van Hydra-Ring (en Hydra-Ring zal op termijn Hydra-Zoet vervangen). De oplevering van Hydra-Ring wordt verwacht in 2015, en kan dan ook worden opgenomen in het Deltamodel ⁴⁾.

Het Deltamodel 1.1 bevat dus diverse componenten die nodig zijn voor het aanmaken van de database fysica voor WTI. Er zijn enige technische aanpassingen noodzakelijk om deze componenten toepasbaar te maken voor WTI-2017. Deze aanpassingen zijn in het algemeen overzichtelijk en goed te realiseren. De aansturing van de stormvloedkeringen in het Waqua model voor Rijnmond en de toepassing van SWAN voor de golf-opzet vragen daarbij speciale aandacht.

⁴⁾ Hydra-Zoet maakt gebruik van de database fysica, en het Deltamodel maakt deze database fysica aan (in de adapter voor Hydra-Zoet). Momenteel wordt gewerkt aan een nieuw format van de database fysica. Het verdient aanbeveling om daarbij rekening te houden met de noodzakelijke aanpassing van de adapter van Hydra-Zoet (en op termijn de nieuwe adapter voor Hydra-Ring).

Gezien de planning van WTI-2017 (start berekeningen per 1 november 2014) was de voorwaarde om uiterlijk per 1 maart 2014 te starten met het inbouwen van het Waqua model voor Rijnmond en de toepassing van SWAN. Bij de ontwikkeling van het Deltamodel is namelijk gebleken dat het belangrijk is om in de planning rekening te houden met voldoende tijd voor de afstemming tussen de ontwikkelaars en eindgebruikers (zie ook paragraaf 2.3.1). Nu niet gestart is op 1 maart, is het inbouwen van deze nieuwe functionaliteit per 1 november 2014 ook niet meer mogelijk.

In de huidige situatie verdient het aanbeveling om het inbouwen van Waqua (voor Rijnmond) en SWAN (voor Rijnmond en IJsselmeer) in het Deltamodel parallel uit te voeren aan het WTI-traject. Zo kan in het WTI-project verder gewerkt worden aan het ontwikkelen van Waqua- en SWAN-modellen, en het vaststellen van de randvoorwaarden voor de berekeningen en het opzetten van een rekenomgeving, conform de bestaande plannen. Gelijktijdig kunnen Waqua en SWAN worden opgenomen in een “WTI-versie van het Deltamodel” – uiteraard in nauwe samenspraak met het WTI-team. Op deze wijze kan de door WTI gemobiliseerde kennis nog volop ingezet worden, en kunnen door deze parallelle ontwikkeling vanuit het Deltamodel extra inzichten ontstaan waar WTI-2017 nog gebruik van kan maken. Daarbij verdient het aanbeveling om binnen WTI aandacht te besteden aan de implementatie van deze “WTI-versie” van het Deltamodel.

Het voordeel van deze opzet is dat er geen extra risico's zijn voor de planning van WTI-2017, terwijl er wel de mogelijkheid bestaat om binnen WTI-2017 gebruik te gaan maken van de kennis en ervaring die beschikbaar is vanuit de ontwikkeling van het Deltamodel. Daar staat tegenover dat deze opzet extra capaciteit vergt ten opzichte van het lopende WTI traject. De nauwe samenwerking met het WTI-team is van groot belang voor deze vorm van hergebruik van het Deltamodel.

Op langere termijn kan gedacht worden aan verdere afstemming van het Deltamodel en “de WTI-versie van het Deltamodel”. Naar verwachting zal daarbij aandacht besteed moeten worden aan de verdere flexibilisering van het Deltamodel, zodat het naast de toepassing voor Beleidsondersteuning & Advies, ook voor andere primaire processen geschikt wordt.

Samenvattend luidt het advies met betrekking tot WTI om in nauwe samenwerking met het WTI-team te starten met de werkzaamheden die nodig zijn om Waqua (Rijnmond) en SWAN (Rijnmond en IJsselmeer) op te nemen in een “WTI-versie van het Deltamodel”. Deze “WTI-versie van het Deltamodel” richt zich daarmee in eerste instantie op het aanmaken van de database fysica voor de watersystemen Rijntakken, Maas, IJsselmeer/IJssel-Vecht delta en Rijnmond. Op deze wijze kan de samenhang in het modelinstrumentarium voor de primaire processen Beleidsondersteuning & Advies (project Deltaprogramma) en Beheer, Onderhoud & Ontwikkeling (project WTI) worden versterkt.

Het advies is om deze werkzaamheden parallel te laten lopen aan het project WTI. Daarbij is het voor de onderlinge afstemming en consistentie van groot belang dat er vanuit het WTI-team actief meegewerkt wordt aan deze ontwikkeling. In een later stadium kan worden besloten of de database fysica voor WTI wordt aangemaakt met de “WTI-versie van het Deltamodel”, of met de rekenfaciliteit zoals binnen WTI zelf beschikbaar wordt gemaakt.

Op de langere termijn kunnen – met het oog op WTI-2023 – eventueel de modellen voor de overige watersystemen worden opgenomen in de WTI-versie van het Deltamodel. Daarbij zal ook aandacht besteed moeten worden aan de verdere flexibilisering van het Deltamodel.

3.2 Waterkwaliteitsmodellering

Tijdens de ontwikkeling van het Deltamodel is er voor gekozen waterkwaliteitsmodellering te beperken tot de modellering van chloride (in Sobek-RE) en temperatuur. Daarbij is wel rekening gehouden met een mogelijke toekomstige uitbreiding met waterkwaliteit (mede op basis van een memo van Simon Groot, 2011). In het Landelijk Temperatuur Model LTM is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van de algemene procesbibliotheek voor waterkwaliteit.

Voor de uitbreiding van het modelinstrumentarium met waterkwaliteit, verdient het aanbeveling om aan te sluiten bij de KRW-Verkenner, zoals ook is ontwikkeld voor de ondersteuning van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies. De KRW-Verkenner bevat modellen voor waterkwaliteit en (aquatische) ecologie, en maakt gebruik van berekeningsresultaten van hydrologische modellen, zoals in het Deltamodel opgenomen (NHI, LSM). Tot op heden is er geen structurele koppeling tussen hydrologische modellen en de KRW-verkenner. De berekeningsresultaten worden op ad-hoc basis gerealiseerd, en bij elke verandering van de hydrologische modellen is een nieuwe overdracht van gegevens nodig. Het streven is om op de langere termijn toe te werken naar een situatie waarin de KRW-verkenner structureel gebruik kan maken van de (hydrologische) berekeningsresultaten van het Deltamodel (zoals berekend met het Landelijk Hydrologisch Model - LHM)⁵⁾. Dan vormen het Deltamodel en de KRW-Verkenner een samenhangend onderdeel van het modelinstrumentarium voor de ondersteuning van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies.

Hier pleiten we dus niet voor het opnemen van de waterkwaliteit in het Deltamodel zelf, maar wel om in nauwe samenwerking tussen beide projectteams een structurele koppeling te realiseren tussen het Deltamodel en de KRW-Verkenner. Daarmee kunnen deze twee modelinstrumentaria dan samen worden ingezet voor het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies. Daarbij richt het Deltamodel zich op (waterveiligheid en) waterverdeling, en de KRW-Verkenner op waterkwaliteit en (aquatische) ecologie.

Voor de inhoudelijke onderbouwing hiervan, volgt eerst een korte beschouwing van de beschikbare hydrologische modellen.

Binnen het project NHI bestaat het Landelijk Hydrologisch Model LHM uit een combinatie van modellen voor het (diepe) grondwater, de onverzadigde zone en het oppervlaktewater (zie Figuur 3.1, De Lange et al, 2014). Wanneer gesproken wordt over de koppeling van LHM aan de KRW-Verkenner, dan gaat het daarbij feitelijk over de koppeling van de oppervlaktewater-component binnen LHM aan de KRW-Verkenner. Modeltechnisch betreft het dan de koppeling van Mozart-DM en het Landelijk Sobek Model LSM (of LSM-*light*) binnen het LHM aan de KRW-Verkenner⁶⁾.

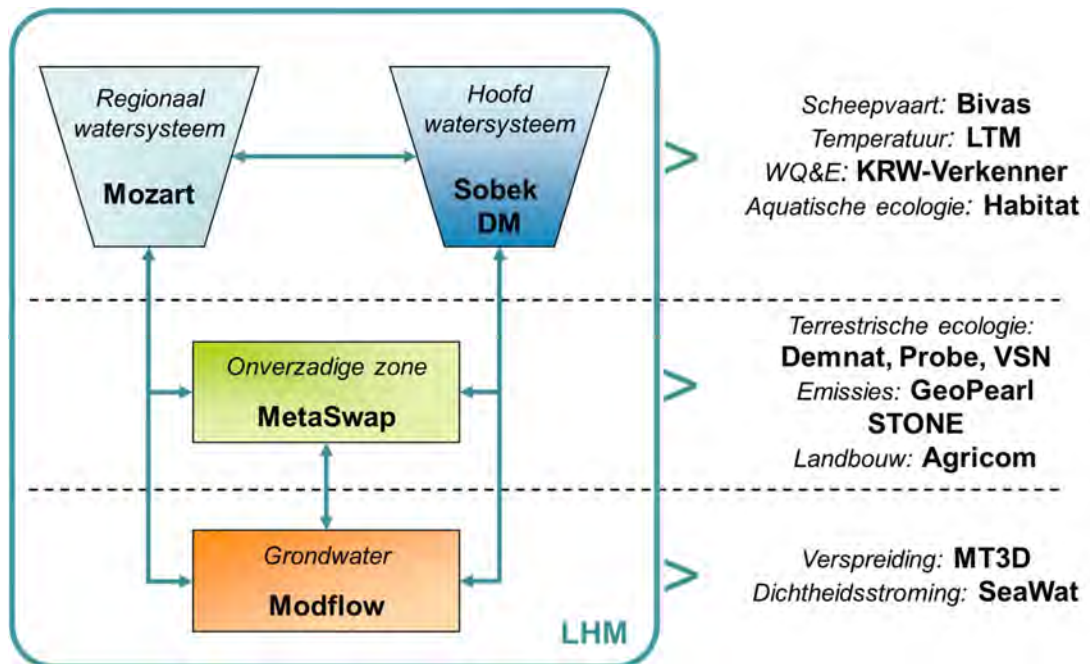
⁵⁾ Vanwege verwachte verdergaande integratie van landelijke en regionale hydrologische modellen in de toekomst, wordt binnen het project NHI tegenwoordig nadrukkelijk onderscheid gemaakt in de landelijke toepassing, het "Landelijk Hydrologisch Model" en regionale hydrologische modellen, vandaar dat de landelijke toepassing hier geduid wordt met LHM i.p.v. NHI.

⁶⁾ De ontwikkeling van NHI-3.0 (LHM) was met name gericht op het opnemen van de informatie van de regionale waterbeheerders (zowel vanuit de regionale grondwatermodellen als de regionale oppervlaktewater modellen). Op hoofdlijnen is – onder voorbehoud van de uitkomsten van de heroriëntatie onder waterschappen voorjaar 2014 – de doelstelling voor LHM-4.0 om de aanpassingen en verbeteringen door te voeren die nodig zijn voor de afstemming met de waterkwaliteitsmodellen.

LSM-*light* is (in het Deltamodel) gekoppeld aan verschillende effectmodellen, zoals Bivas (scheepvaart) en het Landelijk Temperatuurmodel LTM. Naar verwachting zullen deze koppelingen verder worden geoptimaliseerd in het kader van het B&O Deltamodel.

Ook voor het diepe grondwater en de onverzadigde zone lopen gesprekken over de koppeling van het LHM aan waterkwaliteitsmodellen. Voor het diepe grondwater betreft het de koppeling van de hydrologische grondwatermodellen (Modflow) aan modellen voor de simulatie van verspreiding van stoffen (bv. MT3D) en dichtheidsstroming (bv. SeaWat). Deze koppelingen kunnen gebruikt worden in het kader van het onderzoek rond de strategische grondwatervoorraden in Nederland.

Voor de onverzadigde zone betreft het de koppeling van de hydrologische modellen (MetaSwap) aan verschillende emissiemodellen, zoals GeoPearl en STONE (ANIMO). In dit kader hebben PBL en Alterra een onderzoek uitgevoerd naar toepasbaarheid van MetaSwap (in plaats van Swap), en loopt een onderzoek in opdracht van RWS en PBL naar de mogelijkheid om de resultaten van MetaSwap ook binnen STONE te gebruiken. Binnen het Deltamodel is de koppeling van MetaSwap aan Demnat en Agricom beschikbaar. Bovendien is een export gerealiseerd ten behoeve van Probe, omdat in een STOWA traject (samen met RSW en EZ: "waterwijzer natuur") wordt ingezet op verdere integratie van natuureffect modules en Probe (en VSN) hier naar verwachting een belangrijke rol in speelt. Ook voor landbouw is een traject gaande ("waterwijzer landbouw") waarin een update van Agricom is voorzien naar een gezamenlijke landbouwmodule.



Figuur 3.1 Koppeling hydrologie in LHM aan verschillende waterkwaliteitsmodellen.

Er lopen dus op verschillende gebieden ontwikkelingen rond de koppeling van de hydrologische modellen in LHM aan waterkwaliteitsmodellen. In het kader van het hergebruik van het Deltamodel ligt de focus op de koppeling van LHM aan de KRW-Verkenner, omdat voor het oppervlaktewater op korte termijn de meeste meerwaarde is te verwachten. Deze koppeling is namelijk relevant voor de toepassing van de KRW-Verkenner in het kader van projecten rond het Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid, de voorbereiding van de nieuwe ronde Stroomgebiedsbeheersplannen en de evaluatie van de EU-Nitraatrichtlijn. Bovendien zijn op dit punt al verschillende constructieve gesprekken gevoerd met de betrokken (eind)gebruikers, en lijkt een succesvolle vervolgstap op korte termijn zeer wel mogelijk.

In een recent rapport van Deltares (Cleij et al, 2014) worden de belangrijkste resterende onderwerpen rond de afstemming tussen Deltamodel/LHM en de KRW-Verkenner in detail beschreven. De onderstaande 3 aanpassingen zijn van groot belang voor de toepassing van de KRW-Verkenner in de genoemde projecten Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid, Stroomgebiedsbeheersplannen en de EU-Nitraatrichtlijn:

1. In Mozart (LHM) gebruik maken van de verbeterde routing van water tussen de verschillende LSW's, zoals door de KRW-Verkenner is uitgewerkt;
2. In de KRW-Verkenner gebruik maken van de resultaten van LSM-*light* voor de berekening van de waterbeweging in het waterverdelingsnetwerk (en dus de KRW-Verkenner de resultaten van LSM-*light* laten gebruiken in plaats van DM, zoals nu nog het geval is);
3. In de KRW-Verkenner gebruik maken van de verbeteringen in de schematisatie van LHM-3.0, zoals in 2013 zijn gerealiseerd op basis van afstemming met regionale waterbeheerders (en dus de KRW-Verkenner koppelen aan de districten en LSW's zoals opgenomen in LHM-3.x in plaats van LHM-2.2, zoals nu nog het geval is).

In overleg met DGRW is inmiddels besloten om bovenstaande 3 aanpassingen in 2014 door te voeren. Naast deze onderwerpen is een aantal onderwerpen geïdentificeerd met een mindere urgentie, namelijk:

- de wijze waarop de KRW-Verkenner en LHM omgaan met de bijdrage/vraag vanuit het buitenland verdient nadere afstemming;
- de mogelijkheid om in de KRW-Verkenner gebruik te maken van recent toegevoegde functionaliteit binnen het LHM-3.x, zoals een waterbalans per district of waterschap, en een verbetering van Transol (interne zoutbelasting);
- nadere aandacht voor de afstemming van de temporele resolutie tussen LHM en de KRW-Verkenner.

In aanvulling op de koppeling van het Deltamodel naar de oppervlaktewaterkwaliteit, wordt ook aanbevolen om aanvullende koppelingen te verkennen, met name richting de bodemkwaliteit / emissiemodellen. Het is namelijk de moeite waard om te onderzoeken of de berekeningen met het LHM (Metaswap-Modflow) eenvoudig kunnen worden uitgebreid met een kleine aanvullende berekening met Animo. Dit zou een alternatief kunnen zijn voor de complexe emissie-modellering zoals die nu wordt gerealiseerd met het STONE instrumentarium. Dit biedt dan tevens het voordeel dat emissie-gegevens voor de KRW-Verkenner op dezelfde ruimtelijke resolutie beschikbaar komen als de hydrologische gegevens. Daarmee wordt de keten LHM – emissies – KRW dan gesloten.

Samenvattend luidt het advies met betrekking tot de waterkwaliteit in het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies om deze in de toekomst te berekenen door, in nauw overleg met beide projectteams, een structurele koppeling te realiseren tussen het Deltamodel en de KRW-Verkenner.

Voor de toepassing van de KRW-Verkenner in de projecten Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid, Stroomgebiedsbeheersplannen en de EU-Nitraatrichtlijn zijn hiervoor inmiddels werkzaamheden gestart rond 3 concrete issues (routing LHM aanpassen, LSM-*light* uitvoer gebruiken, en schematisatie LHM-3.0x gebruiken).

Daarnaast wordt aanbevolen om te verkennen op welke wijze de hydrologische berekeningen in het Deltamodel kunnen worden gebruikt voor berekeningen van bodemkwaliteit/emissies.

3.3 Nieuwe klimaatscenario's doorrekenen

In mei 2014 zijn de nieuwe KNMI klimaatscenario's uitgekomen. Deze nieuwe klimaatscenario's wijken af van de scenario's zoals in 2006 zijn gepubliceerd, en zijn verwerkt in de Deltascenario's (Bruggeman et al, 2011). Deze nieuwe klimaatscenario's zijn gebaseerd op de uitkomsten van de nieuwste generatie klimaatmodellen die ook in het nieuwste, 2013 IPCC rapport zijn gebruikt.

De nieuwe inzichten in de ontwikkeling van het klimaat zullen waarschijnlijk ook leiden tot aanpassingen in de hydrologische verwachtingen in Nederland. Daarbij spelen dan de volgende zaken:

- De nieuwe klimaatscenario's leiden tot veranderingen in de buitenlandse aanvoer van de Rijn bij Lobith en de Maas bij St. Pieter. Het betreft dan zowel de gemiddelde, de lage en de hoge afvoer, als de maatgevende afvoer. De KNMI scenario's zijn geldig voor Nederland; binnen het KNMI wordt nog gediscussieerd of er voor Rijn en Maasgebied aparte getallen voor veranderingen in temperatuur, neerslag en verdamping zullen worden geproduceerd. Voor de vertaling van nieuwe klimaatscenario's voor het Rijn en Maas stroomgebied naar de afvoeren bij Lobith en St. Pieter is de neerslag/afvoergenerator (FEWS-GRADE) beschikbaar (Passchier et al, 2014). Als alternatief kan worden overwogen om de uitkomsten van het Rheinblick project te gebruiken (Görge et al, 2010). Hoe dat precies zou moeten gebeuren, wordt op dit moment nader geanalyseerd.
- De neerslag, verdamping en temperatuur in Nederland, de (maatgevende) afvoeren van Rijn en Maas én de zeespiegelstijging vormen de randvoorwaarden voor het Deltamodel. Om de nieuwe klimaatscenario's door te kunnen rekenen moeten de nieuwe gegevens worden opgenomen in de invoer van het Deltamodel.
- Wanneer de nieuwe gegevens beschikbaar zijn, kunnen met beperkte inspanning met Deltamodel 1.1 de effecten worden berekend van de nieuwe klimaatscenario's op allerlei parameters, vergelijkbaar aan de berekeningen met de Basiscases in het Deltaprogramma.

Deze nieuwe berekeningen kunnen beschouwd worden als additionele berekeningen, naast de geplande berekeningen in het kader van het Deltaprogramma. Daarmee is sprake van hergebruik van het Deltamodel voor het doorrekenen van de nieuwe klimaatscenario's. Voor

het uitvoeren van deze berekeningen bij NMDC is vooral afstemming nodig met de reken coördinator (in verband met de beschikbaarheid van de rekencapaciteit, en het beheer van de scenario-data zoals op de OPeNDAP server beschikbaar is). De analyse van de berekeningsresultaten vraagt om een bijdrage van verschillende experts.

In de verdere toekomst is het waarschijnlijk gewenst om nog meer (aanvullende) berekeningen uit te voeren met het Deltamodel. In meer algemene zin wordt daarom aanbevolen om het Deltamodel 1.1 operationeel te houden bij NMDC voor aanvullende berekeningen. Daarnaast verdient het aanbeveling om de flexibiliteit van het Deltamodel voor het gebruik van wisselende randvoorwaarden verder te verbeteren.

Samenvattend luidt het advies om op de korte termijn de nieuwe klimaatscenario's door te rekenen met het Deltamodel 1.1. In meer algemene zin wordt aanbevolen het Deltamodel 1.1 operationeel te houden voor aanvullende berekeningen, en de flexibiliteit van het Deltamodel voor wisselende randvoorwaarden verder te verbeteren.

3.4 Toepassing voor buitenland

De uitgangspunten die ten grondslag liggen aan het Deltaprogramma zijn ontwikkeld in de Nederlandse context. Daarbij gaat het vooral om uitgangspunten zoals het Adaptief Deltamanagement, participatieve besluitvorming, het gebruik van de Deltascenario's, en het omgaan met onzekerheden in de beleidsanalyse. Centraal staat daarbij de gedachte, om niet meer (zoals in het verleden gebruikelijk was) pas in actie te komen ná een ramp, maar het watersysteem nu aan te passen cq. te verbeteren om een eventuele ramp vóór te zijn.

Ook in het buitenland lijken deze uitgangspunten zeer waardevol. Voor marktpartijen kan het interessant zijn om in het buitenland projecten te verwerven waarin de kennis en ervaring vanuit het Deltaprogramma wordt toegepast. Ook de Nederlandse overheid en kennisinstututen zijn daarbij gebaat, omdat zo kennis en ervaring wordt opgedaan die in de toekomst weer kan worden toegepast in Nederland. De memo van Gerda Lenselink, Karen Meijer en Cees van de Guchte "Handvaten voor de inzet van het Deltaprogramma voor toepassingen in het buitenland" (sept. 2013) gaat hier in meer detail op in.

Het Deltamodel bevat modellen die specifiek zijn ontwikkeld voor de Nederlandse situatie, en de toepassing daarvan in het kader van het Deltaprogramma. Deze modellen (de schematisaties) zijn daarmee als zodanig niet bruikbaar voor het toepassingen in het buitenland. De generieke software (Sobek, Waqua, Hydra, NHI, Delft-FEWS etc.) is echter heel goed toepasbaar in projecten in het buitenland.

Het gebruik van scenario's en strategieën, zoals binnen de beleidsanalyse van het Deltaprogramma, biedt ook goede mogelijkheden voor toepassing in het buitenland. Ook de (technische) wijze waarop de scenario's en de maatregelenpakketten (strategieën) binnen Delft-FEWS worden vertaald naar invoer voor de modellen kan heel goed gebruikt worden in het buitenland. Tenslotte faciliteert het Deltamodel als instrument bij het genereren van draagvlak en consensus bij alle betrokken partijen. Deze aanpak biedt ook voor het buitenland goede mogelijkheden. Samenvattend kunnen we concluderen dat het Deltamodel als concept en de achterliggende generieke software diverse aanknopingspunten biedt die goed gebruikt kunnen worden in het buitenland.

Omgekeerd kan de toepassing van het Deltamodel in het buitenland ook kennis opleveren die van belang is voor Nederland. In de eerste plaats is in het buitenland in de regel de data-dichtheid een stuk kleiner dan in Nederland. Hierdoor zijn er voor de zeer gedetailleerde modellen die momenteel zijn opgenomen in het Deltamodel in de buitenlandse situatie waarschijnlijk niet voldoende (ruimtelijk en temporeel) gedetailleerde invoergegevens beschikbaar. Ook zijn mogelijk/waarschijnlijk niet voldoende gegevens beschikbaar voor de kalibratie en validatie van deze gedetailleerde modellen. Dit impliceert dat voor een eventuele buitenlandse toepassing van het Deltamodel waarschijnlijk minder gedetailleerde modellen gewenst zijn. Zo is in Australië op dit moment sprake van een project waarbij – voor dezelfde rivier – drie modellen worden ontwikkeld met elk een verschillende ruimtelijke resolutie. Dit sluit aan op de gedachten om voor de beleidsanalyse in Nederland in de toekomst ook gebruik te maken van rapid assessment tools en minder gedetailleerde modellen voor beleidsanalyse, naast de gedetailleerde modellen voor waterbeheer. De ervaring in het buitenland met de toepassing van rapid assessment tools naast gedetailleerde modellen kan – op termijn – weer gebruikt worden in Nederland.

In de tweede plaats verlopen de socio-economische ontwikkelingen in het buitenland, en dan vooral de zich ontwikkelende landen een stuk sneller dan in Nederland. Waar de economische groei en bevolkingsgroei in Nederland (en de rest van Europa) relatief beperkt is, zijn deze in Azië, Afrika en Zuid-Amerika juist zeer groot. Bij een min of meer vergelijkbare mondiale klimaatsverandering betekent dit dat in een beleidsanalyse rond het waterbeheer in het buitenland vaak meer aandacht wordt gegeven aan de socio-economische veranderingen dan aan de veranderingen in het klimaat. Dit impliceert dat bij de keuze van de modellen in het buitenland meer aandacht zal worden gegeven aan deze socio-economische aspecten dan nu in het Deltamodel is gebeurd voor de toepassing in Nederland. Zo is er in Jakarta veel aandacht voor de verandering in het grondgebruik (stedelijke ontwikkeling) en de gevolgen daarvan voor de watervraag en de neerslag-afvoer modellering. Ook deze ervaringen kunnen op termijn weer in Nederland gebruikt worden.

Een derde belangrijk verschil tussen Nederland en het (zich ontwikkelende) buitenland is dat in Nederland relatief veel aandacht wordt gegeven in de beleidsanalyse aan de beslissing zelf (en de wijze waarop die beslissing tot stand komt), terwijl in het buitenland meer aandacht nodig is voor de implementatie (uitvoering en handhaving) van die beslissing. Hierdoor vormt in het buitenland (zoals bijvoorbeeld bij de havenuitbreiding van Beira/Mozambique) de uitvoerbaarheid van de beslissing een belangrijk aspect bij de besluitvorming. In de huidige fysische modellen binnen het Deltamodel is aan dit aspect geen aandacht besteed. De ervaringen uit het buitenland op dit aspect kunnen in de toekomst ook weer gebruikt worden in Nederland.

Voor de Nederlandse context kan het dus zeer interessant zijn om kennis en ervaring op te doen in het buitenland met een (aangepaste) toepassing van het Deltamodel. Het gaat dan met name over kennis met betrekking tot de toepassing van rapid assessment tools, het gebruik van socio-economische modellen en de uitvoerbaarheid van de maatregelen. Deze kennis uit het buitenland kan op termijn weer toegepast worden in Nederland.

Het Deltamodel is als beleidsanalytisch modelinstrumentarium gebaseerd op Delft-FEWS. In diverse landen is Delft-FEWS geïmplementeerd voor de operationele afvoerspelling (Engeland, Schotland, Amerika, Zwitserland, Oostenrijk, Duitsland, Italië, Spanje, etc etc). Het lijkt de moeite waard om na te gaan op welke wijze deze operationele systemen kunnen worden aangepast om ze ook te gebruiken voor beleidsanalyse. Daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan de wateroverlast in de eerste maanden van 2014 in Engeland: wellicht is

het mogelijk om de beschikbare modellen in Delft-FEWS (NFFS) geschikt te maken voor een beleidsanalyse voor de Environment Agency waarbij het Deltamodel als basis kan worden gebruikt.

3.5 Toepassing voor regionale waterbeheerders

Deltamodel 1.1 is op landelijk niveau toegepast voor de verschillende Basiscases (de Deltascenario's) en verschillende strategieën. Daarmee biedt het Deltamodel zoals bij NMDC is geïmplementeerd de mogelijkheid om deze berekeningsresultaten als randvoorwaarden ter beschikking te stellen aan de regionale waterbeheerders voor hun eigen (meer gedetailleerde) analyses. Voor de praktische uitwerking hiervan zijn goede afspraken nodig met de regionale waterbeheerders over de exacte locaties, parameters en file-formats. Wanneer die afspraken echter zijn gemaakt, kunnen we in Nederland beschikken over een landelijk model (het Deltamodel) voor de landelijke analyses, in combinatie met regionale modellen voor de regionale analyses.

De resultaten van de berekeningen vormen dus de uitwisseling van informatie van het Deltamodel naar de regionale modellen. Op korte termijn is het goed mogelijk om de resultaten van het Deltamodel beschikbaar te maken voor de regionale modellen. In aanvulling daarop kan op de langere termijn gewerkt worden aan de uitwisseling van gedetailleerde gebiedsinformatie vanuit de regionale modellen naar het Deltamodel. Daarbij is de gedachte dat deze gedetailleerde gebiedsinformatie in de landelijke modellen wordt geaggregeerd tot een grovere resolutie dan in de regionale modellen. Voor de grondwatermodellen is dit reeds voorbereid in de vorm van de Grondwater Modellen DataBase (GMDB). Ook het gebruik van Baseline en Waqua, en het afleiden van een Sobek-model van een Waqua-model past in deze filosofie. Op de langere termijn verdient het sterk aanbeveling om toe te werken naar een situatie waarin de modelschematisaties voor de landelijke toepassingen worden afgeleid van de regionale toepassingen. Hoofdstuk 4 gaat in meer detail in op de ruimtelijke resolutie van de modellen.

3.6 Samenvatting advies mogelijkheden hergebruik Deltamodel 1.1

Met betrekking tot het hergebruik van Deltamodel 1.1 in het project **WTI** luidt het advies om in nauwe samenwerking met het WTI-team te starten met de werkzaamheden die nodig zijn om Waqua (Rijnmond) en SWAN (Rijnmond en IJsselmeer) op te nemen in een "WTI-versie van het Deltamodel". Deze "WTI-versie van het Deltamodel" richt zich daarmee in eerste instantie op het aanmaken van de database fysica voor de watersystemen Rijntakken, Maas, IJsselmeer/IJssel-Vecht delta en Rijnmond. Op deze wijze kan de samenhang in het modelinstrumentarium voor de primaire processen Beleidsondersteuning & Advies (project Deltaprogramma) en Beheer, Onderhoud & Ontwikkeling (project WTI) worden versterkt.

Het advies is om deze werkzaamheden parallel te laten lopen aan het project WTI. Daarbij is het voor de onderlinge afstemming en consistentie van groot belang dat er vanuit het WTI-team actief meegewerkt wordt aan deze ontwikkeling. In een later stadium kan worden besloten of de database fysica voor WTI wordt aangemaakt met de "WTI-versie van het Deltamodel", of met de rekenfaciliteit zoals binnen WTI zelf beschikbaar wordt gemaakt.

Op de langere termijn kunnen – met het oog op WTI-2023 – eventueel de modellen voor de overige watersystemen worden opgenomen in de WTI-versie van het Deltamodel. Daarbij zal ook aandacht besteed moeten worden aan de verdere flexibilisering van het Deltamodel.

Met betrekking tot het hergebruik van Deltamodel 1.1 voor de **waterkwaliteitsmodellering** in het kader van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies luidt het advies om, in nauw overleg met beide projectteams, een structurele koppeling te realiseren tussen het Deltamodel en de KRW-Verkenner.

Voor de toepassing van de KRW-Verkenner in de projecten Doelmatig Waterkwaliteitsbeleid, Stroomgebiedsbeheersplannen en de EU-Nitraatrichtlijn zijn hiervoor inmiddels werkzaamheden gestart rond 3 concrete issues (routing LHM aanpassen, LSM-*light* uitvoer gebruiken, en schematisatie LHM-3.0x gebruiken).

Daarnaast wordt aanbevolen om te verkennen op welke wijze de hydrologische berekeningen in het Deltamodel kunnen worden gebruikt voor berekeningen van bodemkwaliteit/emissies.

Met betrekking tot de **klimaatscenario's** luidt het advies om op de korte termijn de nieuwe klimaatscenario's door te rekenen met het Deltamodel 1.1. In meer algemene zin wordt aanbevolen het Deltamodel 1.1 operationeel te houden voor aanvullende berekeningen, en de flexibiliteit van het Deltamodel voor wisselende randvoorwaarden verder te verbeteren.

Ook verdient het aanbeveling om kennis en ervaring op te doen in het **buitenland** met een (aangepaste) toepassing van het Deltamodel. Het gaat dan met name over kennis met betrekking tot de toepassing van rapid assesment tools, het gebruik van socio-economische modellen en de uitvoerbaarheid van de maatregelen. Deze kennis uit het buitenland kan op termijn weer toegepast worden in Nederland.

Tenslotte verdient het aanbeveling om afspraken te maken met **regionale waterbeheerders** over het beschikbaar stellen van de resultaten van de berekeningen met het Deltamodel voor regionale (meer gedetailleerde) toepassingen. Op de langere termijn verdient het sterk aanbeveling om toe te werken naar een situatie waarin de modelschematisaties voor de landelijke toepassingen worden afgeleid van de regionale toepassingen.

4 Doorontwikkeling Deltamodel 2.0 voor beleidsanalyse

4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn de mogelijkheden voor het hergebruik van het Deltamodel 1.1 besproken, voor andere toepassingen dan in het kader van het Deltaprogramma. Hoofdstuk 4 gaat in op de gemaakte keuzes voor de functionaliteit van het Deltamodel, zoals beschreven in de “Functionele specificaties, kwaliteitseisen en opbouw Deltamodel” (Kroon en Ruijgh, 2012), en beschrijft de ervaringen die tijdens de ontwikkeling van het Deltamodel zijn opgedaan. Op basis daarvan schetst hoofdstuk 4 de mogelijkheden voor de doorontwikkeling van het Deltamodel 2.0 op de langere termijn, richting een permanent modelinstrumentarium ter ondersteuning van het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies.

De ervaringen bij de ontwikkeling van het Deltamodel 1.1 hebben ons geleerd dat het belangrijk is om een dergelijk modelinstrumentarium beschikbaar te hebben bij aanvang van de beleidsanalyse. Immers, de ontwikkeling van het Deltamodel verliep nu vrijwel parallel aan de toepassing van het Deltamodel door de deelprogramma’s in het kader van het Deltaprogramma. Daardoor kwam zowel de ontwikkeling als de toepassing van het Deltamodel geregeld onder zeer grote tijdsdruk te staan. In deze situatie zijn talrijke creatieve en pragmatische beslissingen genomen. De ontwikkeling van het Deltamodel 1.1 heeft sterk bijgedragen aan de consistentie binnen het Deltaprogramma. Gelijktijdig kunnen we ook constateren dat in de grote tijdsdruk die ontstond door de parallele ontwikkeling en toepassing concessies zijn gedaan aan de uitgangspunten. Het verdient aanbeveling om het Deltamodel 2.0 de komende jaren verder door te ontwikkelen – in een rustig vaarwater – tot een permanent beschikbaar beleidsinstrumentarium, zodat dit beschikbaar is op het moment dat een volgende beleidsanalyse van start gaat. De Internationale Advies Commissie (IAC) heeft ook gepleit voor reguliere updates van het Deltamodel (zie ook Bijlage D).

Lessons learned: ontwikkel de komende periode Deltamodel 2.0, als permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium

De ontwikkeling van Deltamodel 1.1 verliep parallel aan de toepassing van het Deltamodel en de beleidsanalyses in het Deltaprogramma. Het verdient aanbeveling om het Deltamodel 2.0 de komende jaren verder te ontwikkelen tot een permanent beleidsinstrumentarium, zodat dit beschikbaar is op het moment dat een volgende beleidsanalyse van start gaat.

Onderstaande paragrafen gaan in op de mogelijkheden om Deltamodel 1.1 door te ontwikkelen richting Deltamodel 2.0. Achtereenvolgens betreft het de geografische afbakening van het Deltamodel, de ruimtelijke en temporele resolutie, de nauwkeurigheid, de verschillende processen die worden beschreven in het Deltamodel, de rekensnelheid, de flexibiliteit, de hydrologische modellen, en de afstemming met het Deltaportaal.

4.2 Geografische afbakening

In het Deltamodel zijn de modellen voor de deelprogramma's Zoetwater, Rivieren, IJsselmeergebied en Rijnmond-Drechtsteden opgenomen. Deelprogramma Zuidwestelijke Delta maakt (deels) gebruik van de modellen voor Rijnmond-Drechtsteden, en daarmee ook (indirect) van het Deltamodel. De onderlinge consistentie in de kwalitatieve analyses voor deze deelprogramma's is sterk verbeterd door de ontwikkeling van het Deltamodel.

De Westerschelde, Oosterschelde, (Markermeer,) Noordzee en Waddenzee zijn niet opgenomen in het Deltamodel. Gekozen is om de aandacht te focussen op het zoete (brakke) water. De deelprogramma's Kust, Wadden en deels Zuidwestelijke Delta, vormen dus vooralsnog geen onderdeel van het Deltamodel. Ook speelde het Deltamodel geen rol voor de deelprogramma's Nieuwbouw & Herstructurering en Veiligheid.

Hierdoor is de situatie ontstaan dat het Deltamodel geografisch niet het gehele Deltaprogramma afdekt voor waterveiligheid. Het is echter zeer wel mogelijk om de huidige architectuur van het Deltamodel ook toe te passen voor deze andere deelgebieden. Daarmee ontstaat dan een consistente aanpak binnen Nederland in de uitvoering van (alle) berekeningen voor beleidsanalyse rondom waterveiligheid. Naast een schaalvoordeel (wat de totale kosten zal kunnen beperken) versterkt dit de onderlinge afstemming in de aanpak, werkwijze en beschikbare expertise tussen deelgebieden, waardoor de onderlinge consistentie verder zal kunnen verbeteren. Dit zal ook de afstemming met de projecten in andere primaire processen kunnen versterken (zoals bv. WTI).

Voor Deelprogramma Zoetwater is de afgelopen jaren Zuid-Limburg toegevoegd aan de LHM-schematisatie. Hierdoor is een landsdekkend modelinstrumentarium (afgezien van de Waddeneilanden) ontstaan voor waterverdeling. Een kleine kanttekening valt te maken ten aanzien van LSM-*light*: het verdient aanbeveling om de Zeeuwse Delta toe te voegen aan de schematisatie van LSM-*light*.

Lessons learned: breidt geografische grenzen van Deltamodel 2.0 uit

De ontwikkeling van Deltamodel 1.1 heeft een positieve impuls gegeven aan de consistentie in de kwantitatieve analyse voor de deelprogramma's Rivieren, IJsselmeergebied en Rijnmond-Drechtsteden (en Zuid-Westelijke delta). Op basis van deze ervaring verdient het aanbeveling het Deltamodel voor waterveiligheid verder uit te breiden met de modelinstrumentaria voor Kust en Wadden, inclusief de Westerschelde en Oosterschelde.

Ten aanzien van waterverdeling is een grotendeels landsdekkend instrumentarium beschikbaar; het verdient aanbeveling om de Zeeuwse Delta toe te voegen aan LSM-*light*.

4.3 Ruimtelijke en temporele resolutie

De ruimtelijke en temporele resolutie heeft betrekking op de grootte van de elementen of gridcellen en de grootte van de tijdstappen in de model schematisatie. Hoe kleiner de gridcellen of tijdstappen zijn, des te hoger de ruimtelijke of temporele resolutie.

De ruimtelijke en temporele resolutie zijn niet volledig onafhankelijk. Meestal hoort bij een hoge ruimtelijke resolutie ook een hoge temporele resolutie, en bij een grote tijdstap ook grote rekenelementen. Zo wordt in simulaties voor de waterbeweging de rekenstap aangepast om instabiliteit in de berekening te voorkomen die ontstaat als de tijdstap te groot is voor de omvang van de rekenelementen. Naast de ruimtelijke en temporele resolutie is ook de mate van detail van belang waarmee processen beschreven worden in de modellen. Daarbij geldt (meestal) dat de processen gedetailleerder worden beschreven bij een hoge ruimtelijke en temporele resolutie (zie ook paragraaf 4.5).

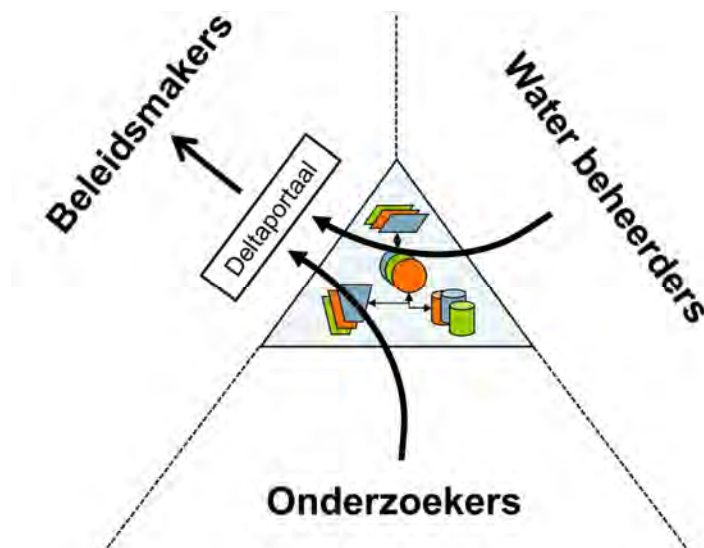
Kwantitatieve analyses ten behoeve van de besluitvorming in de verschillende primaire processen van Rijkswaterstaat gebruiken vaak uiteenlopende ruimtelijke en temporele resoluties. De gewenste resolutie neemt daarbij toe van beleidsondersteuning via watermanagement en beheer & onderhoud tot aanleg. Bij de besluitvorming voor beleidsondersteuning wordt de informatie gebruikt op laagste resolutie (grootste eenheden). Tabel 4.1 geeft een kwalitatieve inschatting hiervan. De resolutie van de onderliggende berekeningen is overigens vaak gedetailleerder (zie ook de adviezen van de IAC, Bijlage D).

Tabel 4.1 Kwalitatieve inschatting van de ruimtelijke en temporele resolutie die gebruikt wordt bij de besluitvorming in de 4 primaire processen bij Rijkswaterstaat.

primaire processen RWS	ruimtelijke resolutie		temporele resolutie	
	waterverdeling	waterveiligheid	waterverdeling	waterveiligheid
beleidsondersteuning	regio's	riviertakken	jaren	seizoenen
watermanagement	districten	dijkvakken	dagen	uren
beheer & onderhoud	percelen	dijkvaksegmenten	uren	minuten
aanleg	ha	taluds	minuten	seconden

Bij de ontwikkeling van Deltamodel 1.1 is veel aandacht besteed aan het draagvlak en de acceptatie van de onderliggende modellen door alle betrokkenen (zie ook paragraaf 2.3.2). Vanuit het oogpunt van acceptatie en draagvlak is ervoor gekozen om in Deltamodel 1.1 de modellen van de (regionale) waterbeheerders en inhoudelijke deskundigen (onderzoekers) toe te passen. Zij baseren zich voor hun acceptatie van de resultaten van het Deltamodel op de gedetailleerde berekeningsresultaten van de onderliggende modellen. Hiervoor zijn binnen het Deltamodel verschillende mogelijkheden beschikbaar gemaakt.

Vervolgens worden de berekeningsresultaten geaggregeerd tot op het gewenste abstracte niveau in de presentatie voor de beleidsmakers, en geëxporteerd naar het Deltaportaal. De gedachte is dus dat de beleidsmakers het Deltaportaal gebruiken (voor de presentatie van de geaggregeerde berekeningsresultaten) en de onderzoekers en waterbeheerders het Deltamodel gebruiken (voor de presentatie van de onderliggende gedetailleerde berekeningsresultaten). Op deze manier is enerzijds het draagvlak en de acceptatie door de waterbeheerders en onderzoekers in het Deltamodel vorm gegeven, en gelijktijdig de bruikbaarheid van de resultaten door de beleidsmakers gewaarborgd. Onderstaande Figuur 4.1 geeft dit schematisch weer.



Figuur 4.1 Aanpak bij ontwikkeling Deltamodel en Deltaportaal om draagvlak en acceptatie te realiseren bij de verschillende betrokkenen.

Bij de ontwikkeling van Deltamodel 1.1 is dus heel bewust gekozen om gebruik te maken van de beschikbare modellen, die gebruikt worden in andere primaire processen dan Beleidsondersteuning & Advies. Deze keuzes hadden te maken met het creëren van het draagvlak en de acceptatie bij alle betrokkenen. Bovendien kon om deze manier de consistentie met de andere primaire processen worden gewaarborgd. Het nadeel van deze aanpak was dat er relatief veel aandacht is besteed aan allerlei details in de modellen, die niet altijd relevant waren voor de beleidsanalyse. Het gebruik voor beleidsanalyse wordt bovendien bemoeilijkt omdat deze modellen een relatief lange rekentijd hebben.

Voor de doorontwikkeling richting Deltamodel 2.0 als een permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium verdient het aanbeveling om de discussie rond de acceptatie meer te richten op de onderliggende data van de modellen. De gedachte daarbij is om voor de beleidsanalyse modellen af te leiden van de geaccepteerde data, en in deze modellen minder ruimtelijke en temporele resolutie op te nemen dan de modellen voor de andere primaire processen.

Lessons learned: richt de aandacht bij de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 op acceptatie van de onderliggende *data* (i.p.v. modellen)

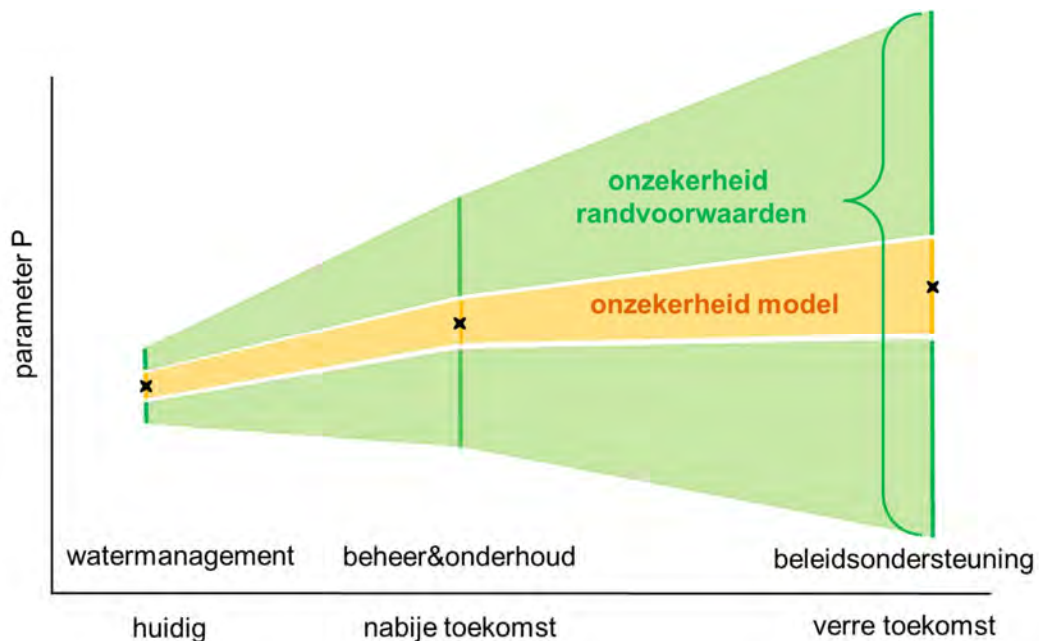
Bij de ontwikkeling van Deltamodel 1.1 is gebruik gemaakt van de modellen die beschikbaar waren bij de regionale waterbeheerders en onderzoekers. De gedetailleerde resultaten van deze modellen zijn geaggregeerd tot een ruimtelijke en temporele resolutie die geschikt is voor de analyse van de beleidsmakers in het Deltaportaal.

Voor de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 adviseren we om de acceptatie en het draagvlak te verschuiven van de onderliggende *modellen* naar de *data*. Voor beleidsanalyse kunnen dan (grovere) modellen worden toegepast waarin de onderliggende (geaccepteerde) data is geaggregeerd tot op het niveau dat geschikt is voor beleidsanalyse. De overige primaire processen kunnen gebruik maken van dezelfde data, en daar modellen met een andere resolutie van afleiden.

4.4 Nauwkeurigheid, onzekerheid en gevoeligheid

De 4 primaire processen (zie paragraaf 2.1) hebben betrekking op verschillende tijdschalen. Het primaire proces Watermanagement richt zich op de huidige situatie en de directe toekomst (uren, dagen tot maximaal enkele weken vooruit). Bij het primaire proces Beheer & Onderhoud gaat het om de nabije toekomst; de hydraulische randvoorwaarden worden bijvoorbeeld vastgesteld voor een periode van 6 jaar. Voor het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies staat de verre toekomst centraal; we spreken over een periode van 10 tot 50 jaar vooruit, en in enkele gevallen (zoals bij het Deltaprogramma) zelfs 100 jaar vooruit.

In Figuur 4.2 is schematisch weergegeven hoe – voor een willekeurige parameter P - de opbouw van de onzekerheid zich (in theorie) zou kunnen ontwikkelen in de tijd. In de huidige situatie is de onzekerheid in de randvoorwaarden (denk aan neerslag, rivierafvoer, zeespiegel) relatief gering, en wordt de totale onzekerheid in belangrijke mate bepaald door de onzekerheid in de modellen. Naarmate de tijdshorizon verder in de toekomst ligt mogen we verwachten dat de onzekerheid in de modellen toeneemt, aangezien niet zeker is dat de modellen ook de toekomstige situatie goed beschrijven. De onzekerheid in de randvoorwaarden neemt echter veel sterker toe in tijd, aangezien geen informatie beschikbaar is over de randvoorwaarden in de (verre) toekomst.



Figuur 4.2 Theoretische ontwikkeling van een willekeurige parameter P in de tijd, inclusief bijbehorende onzekerheid.

Op basis van Figuur 4.2 is begrijpelijk dat in de discussie over de onzekerheid bij Watermanagement de aandacht vooral is gericht op de nauwkeurigheid (betrouwbaarheid) van het model. Omgekeerd richt de discussie bij Beleidsondersteuning zich op de onzekerheden in de randvoorwaarden, en gaat daar veel aandacht uit naar de gevoeligheid van het systeem voor verschillende randvoorwaarden.

De Internationale Advies Commissie (IAC) heeft verschillende malen aandacht gevraagd voor de onzekerheidsanalyse (zie ook Bijlage D). Mede naar aanleiding van dit verzoek van de IAC is een analyse uitgevoerd om meer inzicht te krijgen in de bijdrage van onnauwkeurigheid in de modellen (proces-parameters) en de onzekerheid in de randvoorwaarden (Deltascenario's, Bruggeman et al, 2011) aan de totale onzekerheid. Bijlage A geeft een uitgebreide toelichting van de resultaten van deze analyse, en onderstaande alinea vat deze samen.

Voor de zoetwater verdeling is de aandacht gericht op de onnauwkeurigheid (precisie) in de procesparameters voor de open water verdamping voor het IJsselmeer, de evapotranspiratie (gewasverdamping) en de zout-indringing in de Rijn-Maas monding. Uit de analyse volgt dat de onnauwkeurigheid in deze parameters leidt tot aanzienlijke verschillen in de modelresultaten. Deze verschillen zijn echter kleiner dan de verschillen die volgen uit de onzekerheid in de randvoorwaarden voor 2100 (in de Deltascenario's).

Ook voor waterveiligheid is een analyse uitgevoerd van de onnauwkeurigheid (precisie) in de hydraulische modellen en de onzekerheid in de randen (Deltascenario's). De conclusies waren hiervoor vergelijkbaar, namelijk dat in de beleidsanalyse voor 2100 de onnauwkeurigheid in de hydraulische modellen kleiner is dan de onzekerheid in de randen.

De resultaten van deze analyses onderbouwen de theoretische Figuur 4.2, al moet worden opgemerkt dat de verhouding tussen de model-onnauwkeurigheid en de onzekerheid in de randen varieert van situatie tot situatie.

Lessons learned: besteed in watermanagement aandacht aan de nauwkeurigheid van de modellen, en in beleidsanalyse aan de onzekerheden in de randvoorwaarden

De aandacht voor de nauwkeurigheid (betrouwbaarheid) van de modellen is te begrijpen vanuit de focus van waterbeheerders voor de toepassing in de huidige situatie (watermanagement). Voor de toepassing van deze modellen in context van de beleidsanalyse verdient het aanbeveling om deze focus te verleggen naar het omgaan met de onzekerheden in de randen, zoals opgenomen in de Deltascenario's.

4.4.1 Deltascenario's

De Deltascenario's (Bruggeman et al, 2011) geven inzicht in de mogelijke ontwikkelingen in de komende 50 – 100 jaar ten aanzien van klimaat, maatschappij en economie. Het zijn geen voorspellingen, maar geven de mogelijke bandbreedte aan voor zeespiegelstijging, rivierafvoer, temperatuur, bevolkingsgroei, bodemgebruik etc. Anders gezegd: de Deltascenario's geven de onzekerheid weer in de randvoorwaarden die van belang zijn voor het beheer van het Nederlandse watersysteem in de komende eeuw.

Uit verschillende studies blijkt dat windopzet (vanaf het IJsselmeer) van groot belang is voor de maatgevende waterstanden in IJssel-Vecht delta. In de Deltascenario's is het windklimaat voor 2050 en 2100 gelijk verondersteld aan dat voor 2015 (omdat het KNMI geen aanwijzingen heeft dat het windklimaat in de toekomst verandert). Kortom, voor één van de belangrijkste randvoorwaarden in de IJssel-Vecht delta (het windklimaat) wordt constant

verondersteld in de Deltascenario's. Daarmee wordt impliciet verondersteld dat de onzekerheid over het windklimaat in de komende eeuw binnen de marge van de huidige variabiliteit valt.

Een vergelijkbaar voorbeeld heeft betrekking op de berekening van landbouwgronden. In de Deltascenario's is de variatie in de berekening beperkt (dus beleidsarm), met directe gevolgen voor berekende toekomstige watertekorten. Nu wordt dit (achteraf) opgelost in de analyse door extra gevoeligheidsanalyses en robuustheidstoetsten uit te voeren. Voor de toekomst verdient het aanbeveling om de onzekerheid in berekening op te nemen in de Deltascenario's.

We kunnen op dit moment slechts constateren dat het proces om de Deltascenario's te definiëren tot dit resultaat heeft geleid. Mocht zich in de toekomst de gelegenheid voordoen om deze keuzes opnieuw te maken, dan lijkt het verstandig om ook het windklimaat voor het IJsselmeer en de berekening van de landbouwgronden in de Deltascenario's te variëren.

Lessons learned: neem onzekerheid in het windklimaat IJsselmeer en berekening landbouwgrond op in de Deltascenario's

De Deltascenario's geven de onzekerheid weer over de randvoorwaarden voor het watersysteem in de komende eeuw. Op basis van de ervaringen bij de toepassing van het Deltamodel 1.1 verdient het aanbeveling om in de toekomst ook de onzekerheid over het windklimaat op het IJsselmeer en de berekening van landbouwgronden op te nemen in de Deltascenario's.

4.4.2 Grootschalige morfologische ontwikkelingen

Het Deltaprogramma richt zich op de effecten van klimaatsverandering en socio-economische ontwikkelingen. In de Deltascenario's zijn deze aspecten verwerkt. Voor het waterbeheer in de komende 100 jaar is daarnaast ook de autonome grootschalige morfologische ontwikkeling belangrijk (Sloff et al, 2011). Zonder aanvullende maatregelen ontstaan (door de afsluiting van het Haringvliet) diepe erosiekuilen (orde 20-30 meter diepte) in het Spui, Oude Maas, Dordtsche Kil en Noord, die een directe bedreiging kunnen vormen voor de stabiliteit van primaire waterkeringen. In het rivierengebied erodeert (door de afname van de bovenstroomse sedimentaanvoer) het zomerbed, waardoor drempels ontstaan die tot problemen kunnen leiden voor de scheepvaart, en leidingen en tunnels mogelijk vrij komen te liggen.

In de context van het Deltaprogramma staat het ontbreken van de grootschalige morfologische ontwikkelingen op gespannen voet met de zeer nauwkeurige kalibratie (cm) van de hydraulische modellen voor de Referentie. Vanuit de beschikbare kennis over het functioneren van het watersysteem verdient het sterk de aanbeveling om de grootschalige morfologische ontwikkelingen mee te nemen in een beleidsanalyse zoals het Deltaprogramma. Voor Deltamodel 2.0 zou tevens betekenen dat aandacht wordt gegeven aan macro-stabiliteit buitendijks (als faal mechanisme in Hydra-Zoet).

Ook de Internationale Advies Commissie (IAC) heeft ervoor gepleit de grootschalige morfologische ontwikkelingen op te nemen in de berekeningen met het Deltamodel (zie Bijlage D). In meer algemene zin, verdient het aanbeveling om beleidsanalyses niet te

beperken tot één of enkele ontwikkelingen, maar een integrale toekomstbenadering te volgen. Dit impliceert dat alle autonome en externe ontwikkelingen die van invloed kunnen zijn op, in dit geval de waterveiligheid, en scheepvaart en infrastructuur, in de beleidsanalyse worden betrokken.

Lessons learned: neem autonome ontwikkelingen, zoals grootschalige morfologische veranderingen, mee in het Deltaprogramma

Naast de klimaatsverandering en sociaal-economische veranderingen zouden ook andere autonome ontwikkelingen, zoals grootschalige morfologische veranderingen in het watersysteem, onderdeel moeten vormen van het Deltaprogramma. Daarmee kan een integrale toekomstanalyse worden uitgevoerd voor het watersysteem.

4.4.3 Ketenbenadering

De (maatgevende) waterstand op de as van de rivier (MHW) wordt (met een precisie van 1 cm) berekend met Waqua (in een rooster van 40*40 m), en gekalibreerd en gevalideerd met de beschikbare meetgegevens. Vervolgens berekent Hydra-Zoet (ongeveer om de km) het hydraulisch belastingniveau aan de oevers (HBN) op basis van de berekende waterstand en de beschikbare informatie over de dijkprofielen. Over de dijkprofielen is (op landelijke schaal) zeer beperkte informatie beschikbaar (zie ook paragraaf 4.5.3), en de berekende waarden voor de HBN kunnen niet worden vergeleken met meetgegevens. De nauwkeurigheid van de HBN's is daarmee een stuk kleiner dan die van de MHW's. Tenslotte maakt KOSWAT een schatting van de kosten voor de benodigde verbetering van de dijk op basis van de HBN's. Voor deze kostenschatting hanteert men een onzekerheidsmarge van 35%.

In de acceptatie van de modellen is uitgebreid aandacht besteed aan de kalibratie en validatie van de waterstanden (MHW's) in de huidige situatie op de as van de rivier op basis van Waqua en Sobek. Het blijkt dat de nauwkeurigheid van deze hydraulische modellen ruim voldoende is voor toepassing binnen de beleidsanalyse (zie Bijlage A). De bepaling van maatgevende waterstanden bij oevers, HBN's en de kostenbepaling van de benodigde dijkversterking op basis van Hydra-Zoet en KOSWAT blijkt minder nauwkeurig dan de berekening van de MHW's. Voor de doorontwikkeling naar Deltamodel 2.0 verdient het aanbeveling om de aandacht te richten op de nauwkeurigheid van de volledige modelketen, en daarbij de verschillende (ruimtelijke en temporele) resoluties te betrekken. Meer concreet betekent dit dat nagegaan zou moeten worden of voor de hydraulische berekeningen een minder hoge resolutie kan worden gebruikt en de nauwkeurigheid van de informatie over de dijkprofielen en de schatting van de kosten verbeterd zou kunnen worden.

Lessons learned: geef bij een analyse van de (on)nauwkeurigheden aandacht aan de verschillende resoluties binnen de volledige modelketen

Vanuit het oogpunt van de nauwkeurigheid van de volledige modelketen verdient het aanbeveling om bij de doorontwikkeling naar Deltamodel 2.0 aandacht te geven aan de mogelijkheid om de informatie over de dijkprofielen en de schatting van de kosten te verbeteren, en voor de hydraulische modellen een minder hoge resolutie te gebruiken.

4.5 Processen

Onderstaande paragrafen gaan in op enkele specifieke onderdelen van het Deltamodel die een bepaald proces beschrijven.

4.5.1 Hydra-Zoet en Hydra-Ring

Deltamodel 1.1 maakt voor alle deelprogramma's rondom waterveiligheid gebruik van (dezelfde versie van) Hydra-Zoet. Bovendien wordt Hydra-Zoet gebruikt in andere primaire processen dan Beleidsondersteuning en Advies, namelijk bij de toetsing van de waterkeringen in het kader van WTI ⁷⁾. Dit draagt zeer sterk bij aan de onderlinge consistentie van de verschillende deelprogramma's, en de primaire processen.

In het kader van WTI wordt momenteel gewerkt aan de ontwikkeling van Hydra-Ring. Naar verwachting zal Hydra-Ring worden ingezet in het kader van WTI-2017. Het verdient aanbeveling om op langere termijn rekening te houden met het vervangen van Hydra-Zoet door Hydra-Ring in het Deltamodel, om zodoende de consistentie tussen de verschillende primaire processen te kunnen blijven waarborgen.

Op de kortere termijn – de doorontwikkeling naar Deltamodel 2.0 – verdient het aanbeveling om toe te blijven zien op het versie beheer van Hydra-Zoet, en ervoor te zorgen dat eventuele verbeteringen voor deelprogramma A ook worden geïmplementeerd voor deelprogramma B. Wanneer de grootschalige morfologische ontwikkelingen onderdeel gaan vormen van de beleidsanalyse met het Deltamodel, verdient het aanbeveling om aandacht te geven aan de wijze waarop macro-stabiliteit buitendijks wordt verdisconteerd in de faalmechanismen binnen Hydra-Zoet.

Voor de berekeningen voor zee-keringen is Hydra-Zout beschikbaar. Op dit moment is Hydra-Zout nog niet opgenomen in het Deltamodel (omdat DP-Kust en DP-Wadden niet zijn opgenomen in het Deltamodel). Wanneer op termijn het Deltamodel wordt uitgebreid met de Zeeland, Noordzee en Wadden, zal ook de functionaliteit van Hydra-Zout moeten worden opgenomen.

4.5.2 Kosten dijkverbetering

Voor de berekening van de kosten van de (benodigde) dijkverbetering is KOSWAT beschikbaar. Er is bij de ontwikkeling van het Deltamodel voor gekozen om KOSWAT niet op te nemen in het Deltamodel zelf, maar de benodigde informatie voor KOSWAT te exporteren en KOSWAT stand-alone toe te passen. Een belangrijke reden daarvoor was dat KOSWAT op dat moment nog bestond uit een toepassing van Excel, die alleen door een selecte groep deskundigen kon worden gebruikt.

Momenteel loopt een ontwikkelproject om de functionaliteit van KOSWAT, zoals opgenomen in Excel, om te zetten in een gebruikersvriendelijk programma dat door meerdere personen kan worden toegepast. Daarmee wordt de weg vrijgemaakt om – op termijn – KOSWAT ook op te nemen in het Deltamodel. Dit zou kunnen bijdragen de verdere consistentie van het werkproces voor de analyses met betrekking tot de waterveiligheid tussen de

⁷⁾ In de toepassing voor het Deltamodel gebruikt Hydra-Zoet minder faalmechanismen dan voor WTI (3 in plaats van 9 faalmechanismen).

deelprogramma's die gebruik maken van KOSWAT. We realiseren daarmee bovendien een vergelijkbare situatie voor de effectmodellen waterveiligheid (waarvoor KOSWAT een essentiële rol speelt) als voor waterverdeling (waarvoor effectmodellen zoals Agricom en Bivas in het Deltamodel zijn opgenomen), het geen verder kan bijdragen aan de afstemming van de verschillende effectmodellen, ter ondersteuning van de integrale afweging van alle effecten gezamenlijk.

Hier staat tegenover dat de complexiteit van het Deltamodel verder toeneemt (en daarmee de flexibiliteit afneemt) naarmate meer effectmodellen worden opgenomen. Er zijn daarom ook goede argumenten om te besluiten om KOSWAT niet op te nemen in het Deltamodel zelf, maar vanuit het Deltamodel de benodigde informatie te exporteren ten behoeve van KOSWAT. Deze oplossing wordt op dit moment ook geïmplementeerd ten behoeve van de koppeling aan de KRW-Verkenner (zie paragraaf 3.2).

Een belangrijke vervolgstap is daarom om eerst een meer principiële keuze te maken en een beslissing te nemen over de positionering van alle effectmodellen, zoals KOSWAT. De uitkomst zou kunnen zijn dat het Deltamodel zich volledig focust op de hydrologische en hydraulische modellen (en de effectmodellen dus worden gevoed met de resultaten van het Deltamodel), of dat alle effectmodellen in het Deltamodel worden opgenomen. Vervolgens kan worden besloten welke vervolgstappen er moeten worden uitgevoerd met betrekking tot de koppeling van KOSWAT aan/in het Deltamodel. Dit geldt dus niet alleen voor KOSWAT, maar ook voor de effectmodellen waterveiligheid rondom de nieuwe normeringsmethode (paragraaf 4.5.4) en de effectmodellen waterverdeling (paragraaf 4.5.5).

Lessons learned: neem een beslissing over de positionering van de effectmodellen, en gebruik vervolgens de nieuwe versie van KOSWAT

Gebruik de nieuwe versie van KOSWAT, zodra deze beschikbaar komt. Neem eerst een beslissing over de positionering van alle effectmodellen voordat de nieuwe versie van KOSWAT wordt opgenomen in het Deltamodel, cq. wordt gekoppeld aan het Deltamodel. Deze beslissing heeft dan ook consequenties voor de andere effectmodellen, zoals de effectmodellen voor waterverdeling.

4.5.3 Dijkprofielen

Voor de berekening van de golf-oploop, en daarmee het mogelijk falen van de dijken door overslag, gebruikt Hydra-Zoet informatie over de dijkprofielen. Deze informatie is beschikbaar bij de regionale waterbeheerders (de waterschappen), maar deze informatie is vooralsnog niet landelijk ontsloten.

In Deltamodel 1.1 is gebruik gemaakt van een landelijke dataset met informatie over dijkprofielen zoals beschikbaar was vanuit het project WV-21. Uit een globale analyse (Den Bieman, 2013) van deze dataset kwam naar voren dat de ruimtelijke resolutie van deze dataset beperkt is. Zo is er bijvoorbeeld maar 1 dijkprofiel beschikbaar voor de gehele linker IJsseloever en zijn er slechts 4 dijkprofielen beschikbaar voor IJsselmonde. Ook de informatie over de oriëntatie van de dijkprofielen (van belang bij de golf-oploop die door de wind wordt bepaald) voor de oeverlocaties bleek in deze dataset zeer summier. Omdat het een landelijke database betrof, is er toch voor gekozen om deze te gebruiken voor Deltamodel 1.1.

Er lopen momenteel, onder meer bij het Informatiehuis Water, verschillende projecten om verbetering te brengen in het landelijk overzicht van de dijkprofielen. Het verdient sterk de aanbeveling om voor een volgende generatie Deltamodel in een vroeg stadium aan te sluiten bij deze initiatieven en waar mogelijk te ondersteunen. Hopelijk kan dan in de toekomst betere informatie gebruikt worden over de dijkprofielen en de oriëntatie van die profielen op de verschillende oeverlocaties.

Lessons learned: neem betere informatie over dijkprofielen op in Deltamodel 2.0

De informatie over dijkprofielen, zoals landelijk beschikbaar was en is opgenomen in Deltamodel 1.1, is summier. Er lopen verschillende initiatieven om deze informatie te verbeteren. Het verdient aanbeveling om voor een volgende generatie Deltamodel aan te sluiten op deze initiatieven en betere informatie over de dijkprofielen op te nemen.

4.5.4 Normeringsmethode

Bij de start van de ontwikkeling van het Deltamodel was nog niet duidelijk welke normeringsmethode gebruikt zou gaan worden in het kader van het Deltaprogramma. Toen is besloten in het Deltamodel uit te gaan van het vigerende stelsel: overschrijdingskansen (Dijkman en Ruijgh, 2010). Als gevolg van deze keuze is voor elk deelprogramma een hydrodynamisch model (Waqua/Sobek) in combinatie met Hydra-Zoet opgenomen in het Deltamodel. De deelprogramma's hebben succesvol gebruik kunnen maken van deze modellen voor overschrijdingskansen in Deltamodel 1.1.

In de verschillende deelprogramma's is daarnaast veel werk verzet in relatie tot normering op basis van overstromingsrisico's. In die context zijn verschillende nieuwe modellen en methodes ontwikkeld cq. toegepast. Deze vormen, in combinatie met KOSWAT, de effectmodellen voor waterveiligheid. Het verdient aanbeveling om deze effectmodellen op termijn ook in het Deltamodel op te nemen, cq. te koppelen aan het Deltamodel zodat deze in de toekomst op een onderling consistente wijze kunnen worden toegepast voor de verschillende deelprogramma's. Net als voor KOSWAT geldt daarbij dat eerst een beslissing moet worden genomen over de positionering van de effectmodellen (zie ook paragraaf 4.5.2 en paragraaf 4.5.5).

Lessons learned: voeg effectmodellen voor overstromingsrisico's toe

De ervaringen met het gebruik van Deltamodel 1.1 voor de berekening van de overschrijdingskansen zijn positief. In de toekomst zal de normering (zeer waarschijnlijk) worden gebaseerd op overstromingsrisico's. Het verdient aanbeveling om de effectmodellen voor overstromingsrisico's ook op te nemen in, cq. te koppelen aan Deltamodel 2.0. Neem daartoe eerst een beslissing over de positionering van de effectmodellen.

4.5.5 Effectmodellen waterverdeling

Deltamodel 1.1 bevat zes effectmodellen die gebruik maken van de resultaten van de hydrologische berekeningen in LHM (paragraaf 0, en De Lange et al, 2014), namelijk:

- Agricom (landbouw)
- Demnat (terrestrische ecologie)
- Habitat (aquatische ecologie)
- Landelijk temperatuurmodel LTM (koelwater)
- Sobek-RE (drinkwater)
- BIVAS (scheepvaart)

Bij de ontwikkeling van Deltamodel 1.1 bleek dat de koppeling van deze effectmodellen aan de hydrologische modellen een weerbarstig proces was, waarbij veel energie is gebruikt in de afstemming van tussen de verschillende disciplines en deskundigen. Technische gesproken was de koppeling niet zo heel complex (het gaat - plat gezegd - steeds om een bestand met gegevens en een format). De energie is vooral gaan zitten in de afstemming van het type gegevens dat beschikbaar was in de hydrologische modellen en nodig was voor de effectmodellen. In Deltamodel 1.1 een belangrijke stap gemaakt in de koppeling van de effectmodellen aan de hydrologische modellen, en gelijktijdig is ook duidelijk dat het aanbeveling verdient om bij de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 verder aandacht te geven aan deze koppeling. Onderstaande alinea's beschrijven kort de aandachtspunten per effectmodel.

Voor Agricom is recent nieuwe kennis beschikbaar gekomen over de wijze waarop de gewasgroei doorwerkt op de gewasverdamping (Van Walsum en Bolt, 2013). Het verdient aanbeveling deze nieuwe inzichten op te nemen in Agricom en Deltamodel 2.0. Daarnaast is aandacht nodig voor de wijze waarop de aanpassingen in de schematisatie van LHM (met name MetaSwap) worden doorvertaald naar Agricom.

Dit laatste geldt ook voor Demnat, aangezien Demnat ook gebruik maakt van de resultaten van MetaSwap. Verder is rondom de terrestrische ecologie van belang om op te merken dat momenteel onderzoek loopt naar de mogelijkheden van een gezamenlijk effectmodel op basis van Demnat, Probe en VSN, en de resultaten van dit onderzoek wellicht aanleiding geven tot nadere afspraken over de wijze waarop de terrestrische ecologie in het Deltamodel zal worden opgenomen.

De aquatische ecologie in Deltamodel 1.1 wordt doorgerekend met Habitat. Hiervoor is nu een schematisatie voor de grote rivieren beschikbaar. Het verdient aanbeveling om voor de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 na te gaan of de schematisatie van Habitat verder zou moeten worden uitgebreid (bv. voor het volledige waterverdelingsnetwerk), en zo ja, welke versie van Habitat daarvoor gebruikt zou moeten worden, of dat de aquatische ecologie in het vervolg een onderdeel wordt van de KRW-Verkenner. Deze laatste optie behoort tot de mogelijkheden zodra de koppeling tussen het Deltamodel en de KRW-Verkenner is geïmplementeerd (zie paragraaf 0)

Het landelijk temperatuurmodel LTM vormt nu een onderdeel van Deltamodel 1.1, en berekent de temperatuurhuishouding op basis van de resultaten van LSM. Vanuit het oogpunt van consistentie verdient het aanbeveling om bij de doorontwikkeling van Deltamodel 2.0 gebruik te gaan maken van LSM-*light*. Dat biedt dan tevens de mogelijkheid om langjarige

reeksen door te rekenen met LTM, en daarmee de mogelijke effecten te bepalen voor de koelwaterlozingen.

Ten aanzien van de drinkwatervoorziening maakt Deltamodel 1.1 gebruik van de resultaten van (externe) berekeningen met Sobek-RE voor de Rijn-Maas monding. Het verdient aanbeveling om in Deltamodel 2.0 gebruik te gaan maken van *LSM-light* voor de zoutmodellering. Zeker wanneer *LSM-light* gebaseerd is op de nieuwe Sobek-3 modellen, geeft dit een verdere bijdrage aan de consistentie van het volledige modelinstrumentarium.

Het effectmodel voor scheepvaart (BIVAS) is in Deltamodel 1.1 al gekoppeld aan *LSM-light*. Deze koppeling verloopt echter nog niet optimaal. Daarnaast gebruikt BIVAS momenteel nog erg veel rekentijd om een landsdekkend beeld te genereren voor een langjarige reeks (30 jaar). Het verdient daarom aanbeveling om bij de doorontwikkeling van Deltamodel 2.0 verder aandacht te geven aan de koppeling tussen BIVAS en *LSM-light* en de rekentijd van BIVAS.

Net als voor de effectmodellen waterveiligheid geldt ook voor de effectmodellen waterverdeling (inclusief de KRW-Verkenner) dat het aanbeveling verdient om een beslissing te nemen over de positionering van de effectmodellen. Bovenstaande effectmodellen waterverdeling zijn nu opgenomen in Deltamodel 1.1, terwijl KOSWAT en de KRW-Verkenner worden gevoed met de resultaten van de berekeningen met Deltamodel 1.1. Een eenduidige positionering van de effectmodellen zou kunnen bijdragen aan de verdere afstemming tussen de effectmodellen, ter ondersteuning van de integrale afweging van alle effecten gezamenlijk.

Lessons learned: verbeter de koppeling van de effectmodellen waterverdeling in Deltamodel 2.0

In Deltamodel 1.1 een belangrijke stap gemaakt in de koppeling van de effectmodellen waterverdeling aan de hydrologische modellen, en gelijktijdig is ook duidelijk geworden dat het aanbeveling verdient om bij de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 verder aandacht te geven aan deze koppeling. Daarbij verdient het aanbeveling een beslissing te nemen over de positionering van de effectmodellen, zodat de verdere ontwikkelingen daarop kunnen worden afgestemd.

4.5.6 Consistente aanpak

Met de ontwikkeling van het Deltamodel 1.1 is de consistentie in de aanpak voor de verschillende deelprogramma's op diverse aspecten verbeterd. Zo is afstemming bereikt in de keuze van de software en de schematisaties voor de verschillende regionale deelprogramma's rondom waterveiligheid en waterverdeling. Ook is een centrale plaats gecreëerd voor het uitvoeren van de berekeningen.

Ten aanzien van de afstemming in de aanpak voor waterveiligheid en waterverdeling kunnen in de toekomst nog vervolgstappen worden gezet. In het Werkplan Deltamodel 2010 (Dijkman en Ruijgh, 2010) werd reeds geconstateerd dat: "Uniformering op het punt van een probabilistische aanpak is in de breedte van het Deltaprogramma al met al zeker een wens, maar vooralsnog geen haalbare kaart." Voor waterveiligheid volgt het Deltamodel 1.1 een probabilistische aanpak, en voor waterverdeling worden langjarige reeksen doorgerekend.

Het verdient aanbeveling om bij de doorontwikkeling naar een volgende generatie Deltamodel aandacht te besteden aan de verdere uniformering in de aanpak van beide beleidsterreinen.

Bijlage C geeft een bijdrage aan de discussie die naar verwachting in de nabije toekomst verder gevoerd zal gaan worden op het punt van de consistente aanpak.

Lessons learned: versterk in Deltamodel 2.0 de onderlinge consistentie door uniformering aanpak

Voor waterveiligheid volgt het Deltamodel een probabilistische aanpak, en voor waterverdeling worden langjarige reeksen doorgerekend. Het verdient aanbeveling om bij de doorontwikkeling naar Deltamodel 2.0 aandacht te besteden aan de verdere uniformering van de aanpak in beide beleidsterreinen.

4.6 Rekensnelheid

Binnen alle primaire processen bestaat de wens om de rekensnelheid te verhogen. Deze paragraaf gaat in op de wijze waarop het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies omgaat met de rekensnelheid. Bijlage B beschrijft diverse mogelijkheden om de rekensnelheid te verhogen; op allerlei terreinen wordt hieraan gewerkt en de rekensnelheid neemt daarom ook steeds verder toe. Zo wordt bijvoorbeeld in het kader van het project 3Di gewerkt aan de ontwikkeling van de ‘sub-grid’ techniek, waarmee een zeer substantiële versnelling van Sobek kan worden gerealiseerd. In de praktijk zien we overigens wel dat – zodra de rekensnelheid is verhoogd – de rekeninspanning weer toeneemt (aantal berekeningen of resolutie) zodat de totale rekentijd gelijk blijft.

Voor het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies is een rekentijd van enkele dagen meestal geen onoverkomelijk probleem. Pas als de rekentijden oplopen tot een week of zelfs weken, ontstaan praktische problemen in de projectuitvoering.

Het is soms gewenst om in het kader van de beleidsondersteuning “even snel door te rekenen” wat de effecten zouden kunnen zijn van een mogelijke maatregel. Daarbij bestaat in de regel tijdsdruk omdat de resultaten van de berekening van belang zijn in een bestuurlijk overleg op korte termijn. Het moet gezegd worden dat in de praktijk nogal eens blijkt dat uiteindelijk niet de rekentijd de bottle-neck vormt, maar de beschikbaarheid van de benodigde invoergegevens en de afstemming over wat er nu precies moet worden aangepast in de invoer. Met andere woorden, het versnellen van de modelberekeningen biedt natuurlijk meer ‘denktijd’, maar het verdient wel aanbeveling om de beschikbare denktijd ook maximaal te gebruiken voordat een berekening wordt gestart.

Mogelijk verandert de werkwijze in de beleidsanalyse in de toekomst. Tot nu toe worden steeds enkele beleidsvarianten doorgerekend, al dan niet in relatie tot verschillende scenario's. Daarbij wordt onderzocht of een maatregel(pakket) effectief is binnen de range van de scenario's. In de toekomst lijkt het niet onwaarschijnlijk dat wordt onderzocht of er een scenario denkbaar is waarbij een maatregel(pakket) *niet* meer effectief is (exploratory modeling, Walker et al., 2013). Dit kan verder vorm krijgen in de analyse van adaptatiepaden (Haasnoot, 2013). Daarbij bestaat behoefte aan zeer snelle, en niet noodzakelijk zeer

nauwkeurige modellen. Ook voor berekeningen rondom systeemwerking in het rivierengebied bestaat behoefte aan snellere modellen dan nu gebruikt worden in het Deltamodel.

Naast de toepassing van modellen in de beleidsanalyse, worden binnen het primaire proces Beleidsondersteuning & Advies ook modellen gebruikt in het ontwerp en de screening van maatregelen. Voor de beleidsanalyse zijn langere rekentijden acceptabel (dagen doorlooptijd) dan voor ontwerpen en screening (enkele minuten doorlooptijd). Voor ontwerpen en screenen van maatregelen ligt de focus meer op de flexibiliteit. Maptable en (op termijn) 3Di zijn voorbeelden van een instrumentarium voor ontwerpen en screenen van maatregelen.

De rekestijd van het Waqua-model voor IJssel-Vecht delta in het Deltamodel bedroeg oorspronkelijk orde 100 dagen. Door (slim) gebruik te maken van de initialisatie berekeningen, en parallel meerdere berekeningen aan te sturen op de beschikbare cores, kon de rekensnelheid van het Waqua-model in het Deltamodel met een factor 20 verhoogd worden.

Ook in het instrumentarium voor waterverdeling zijn verbeteringen aangebracht om de rekensnelheid in het Deltamodel te verhogen. Zo is bijvoorbeeld de uitvoer van MetaSwap beperkt, LSM-*light* ontwikkeld, en de berekening van Bivas vereenvoudigd.

Het bleek goed mogelijk om de rekensnelheid van het Deltamodel substantieel te verhogen met ingrepen in de aansturing van de software, tot op een niveau dat acceptabel was voor de gebruikers. Voor een verdere verhoging van de rekensnelheid zal het waarschijnlijk nodig zijn om de ruimtelijke (en temporele) resolutie van de schematisaties aan te passen. Daarvoor verdienen de volgende mogelijkheden nadere analyse:

- LHM voor de diepe ondergrond gebruikt nu een ruimtelijke resolutie van 250*250 m, en deze kan mogelijk worden vergroot naar 1 km * 1 km
- voor de berekeningen van de waterverdeling gebruikt Deltamodel 1.1 LSM-*light* in combinatie met (het scheepvaartmodel) BIVAS, en dit kan mogelijk worden uitgebreid met LTM, Habitat (ipv. LSM) en zoutmodellering (ipv. Sobek-RE)
- voor waterveiligheid gebruikt Deltamodel 1.1 nu Sobek voor DPRD en Waqua voor DPR en DPIJ, en wanneer de nieuwe Sobek-3 modellen beschikbaar komen voor DPR en DPIJ kunnen deze de Waqua modellen mogelijk vervangen
- het aantal uitvoerlocaties voor Hydra-Zoet in het Deltamodel kan wellicht worden beperkt van orde iedere km naar orde iedere 20 à 30 km (steeds 2 oeverlocaties en 1 locatie op de as van de rivier)

Lessons learned: verhoog rekensnelheid Deltamodel 2.0 door reductie resolutie

Het verdient aanbeveling om nader te onderzoeken welke mogelijkheden er zijn voor het verhogen van de rekensnelheid door de reductie van de (temporele en) ruimtelijke resolutie van de schematisaties die zijn opgenomen in het Deltamodel 1.1. Daarmee zou gelijktijdig ook aangesloten kunnen worden op de wens vanuit de beleidsanalyse voor niet noodzakelijk zeer nauwkeurige modellen.

4.7 Flexibiliteit

Bij de ontwikkeling en toepassing van het Deltamodel is gebleken dat flexibiliteit van groot belang is. Het gaat daarbij niet alleen om de flexibiliteit van de software zelf, maar vooral ook om de flexibiliteit van de omgeving waarbinnen de software gebruikt wordt. Onderstaande secties gaan nader in op 3 aspecten rondom de flexibiliteit, namelijk de flexibiliteit van Delft-FEWS (het platform waarbinnen de modellen zijn gekoppeld), de flexibiliteit van de OTAP-straat (waar het versie-beheer is georganiseerd) en de flexibiliteit van de hardware-configuratie (waar de modellen zijn geïnstalleerd).

4.7.1 Delft-FEWS

Delft-FEWS is oorspronkelijk ontwikkeld ten behoeve van de (operationele) afvoer voorspelling (Werner et al., 2012). Bij de opzet van het Deltamodel is ervoor gekozen om Delft-FEWS te gebruiken als basis voor dit beleidsanalytisch instrumentarium omdat (Ruijgh, 2010):

- Delft-FEWS een *data-centraal* systeem is (en geen model-centraal systeem) met een data-model waarmee alle componenten van het systeem met elkaar kunnen communiceren, en daarmee de koppeling van bestaande data en instrumentaria in het Deltamodel wordt gefaciliteerd;
- Delft-FEWS gebruikt wordt in diverse andere modelinstrumentaria bij Rijkswaterstaat, en het gebruik van Delft-FEWS voor het Deltamodel de *consistentie* van het volledige modelinstrumentarium van Rijkswaterstaat versterkt;
- Delft-FEWS zeer breed wordt toegepast in de wereld en daardoor het enerzijds als *proven technology* kan worden beschouwd, wat het risico voor toepassing binnen het Deltaprogramma beperkt, en anderzijds de mogelijkheid bestaat om gebruik te maken van de kennis en ervaring vanuit die andere toepassingen;
- Delft-FEWS een *client-server* toepassing biedt, waarmee a) het centraal rekenen wordt ondersteund, wat kan bijdragen aan de consistentie tussen de berekeningen voor de verschillende deelprogramma's, en b) de uniforme presentatie van resultaten wordt ondersteund, wat ook kan bijdragen aan de communicatie tussen alle betrokkenen;
- Delft-FEWS de mogelijkheid biedt om de *performance* (rekensnelheid) te versterken door parallelle berekeningen uit te voeren.

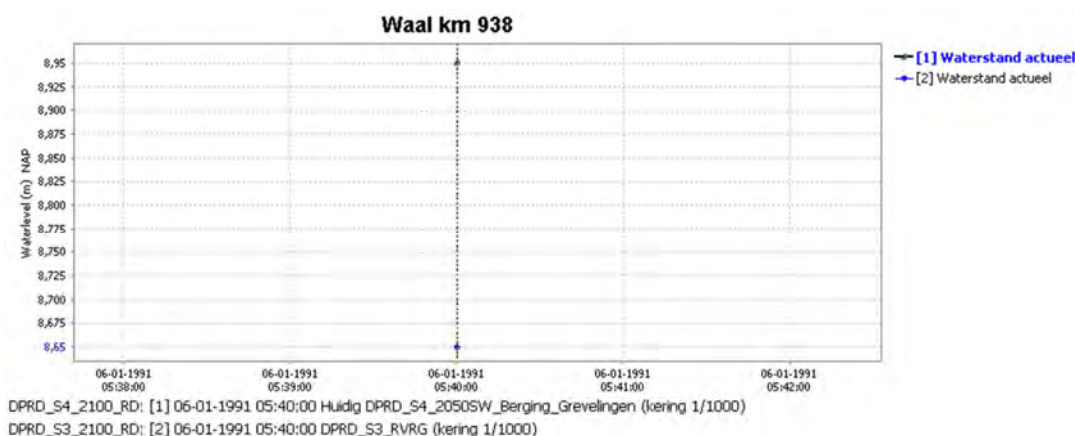
Uit de ervaringen tijdens de ontwikkeling en toepassing van het Deltamodel trekken we de volgende conclusies met betrekking tot de flexibiliteit van Delft-FEWS in de beleidsanalyse (zie ook Verseveld et al, in prep):

- De Deltascenario's beschrijven de randen van het speelveld waarbinnen de beleidsanalyse uitgevoerd wordt (Bruggeman et al., 2011). Deze Deltascenario's zijn vertaald in databestanden met de randvoorwaarden voor de modellen. Delft-FEWS kan efficiënt omgaan met grote hoeveelheden dynamische data, verschillende data typen, en ondersteunt verschillende data formaten. Delft-FEWS is daarom zeer geschikt om de consequenties van de verschillende Deltascenario's voor de verschillende maatregelenpakketten volgens een standaard procedure door te rekenen. Mocht het gewenst zijn in de toekomst de scenario's aan te passen of andere scenario's (=randvoorwaarden) te hanteren, dan is het betrekkelijk eenvoudig om deze veranderingen door te voeren (zie paragraaf 3.3). De flexibiliteit van Delft-FEWS voor het doorrekenen van scenario's is dus goed.

- De workflows – de opeenvolgende bewerkingen cq. standaard rekenprocedures – zijn in het Deltamodel vastgelegd, op basis van uitvoerig overleg met de betrokken deskundigen. Er zijn daarmee standaard workflows opgezet voor de Referentie situatie in 2015 en elk Deltascenario (Warm, Stoom, Rust, Druk) in 2050 en 2100. Op dit punt is de flexibiliteit voor de eindgebruiker dus beperkt. Dat was ook de bedoeling, zodat de berekeningen onderling vergelijkbaar zijn.
- Maatregelen (en maatregelenpakketten) zijn in het Deltamodel opgenomen als ‘what-if scenario’. Een ‘what-if scenario’ in Delft-FEWS maakt gebruik van een bestaande workflow waarbij het geselecteerde model (of rand) dynamisch wordt aangepast. De maatregelen worden dus verwerkt in een (nieuw) model, en het Deltamodel biedt de mogelijkheid om één van de beschikbare modellen te kiezen⁸⁾. Het toevoegen (uploaden) van een nieuw of aangepast model leidde aanvankelijk tot praktische problemen (tijdens de implementatie bij NMDC) maar inmiddels is dit proces goed onder controle. De flexibiliteit van het Deltamodel om een nieuw model (= maatregel) toe te voegen en de effecten daarvan te analyseren is daarmee voldoende te noemen⁹⁾.
- Eén van de recente nieuwe ontwikkelingen van Delft-FEWS betreft de uitbreiding van de functionaliteit ten aanzien van ‘modifiers’. Daarmee is mogelijk om specifieke modelparameters aan te passen binnen de omgeving van Delft-FEWS (zonder een nieuw model toe te voegen). Deze recente nieuwe functionaliteit is nog niet toegepast in het Deltamodel 1.1. Op termijn kan de modifier-functionaliteit mogelijk bijdragen aan extra flexibiliteit van het Deltamodel om maatregelen door te rekenen.
- Voorafgaand aan de analyse van de effecten van de maatregelen besteedt men in de beleidsanalyse vaak aandacht aan het ontwerpen en screenen van maatregelen. Op dit moment is het Deltamodel voor dergelijke toepassingen minder geschikt (omdat hiervoor steeds een nieuw model zou moeten worden aangemaakt en uploaded). De focus van het Deltamodel ligt ook in de analyse van de maatregelen (en niet bij het ontwerpen en screenen van de maatregelen), in combinatie met het reproduceerbaar vastleggen van die berekeningen.
- In de presentatie van de berekeningsresultaten in het Deltamodel is het mogelijk om de resultaten van meerdere what-if berekeningen in één figuur te presenteren (en zo de verschillen grafisch te analyseren). Figuur 4.3 geeft ter illustratie de presentatie van de resultaten van 2 strategieën. Uit de feedback van de eindgebruikers en de acceptatietestrapporten is naar voren gekomen dat de gebruikersvriendelijkheid van deze functionaliteit onvoldoende is. Bij de product-organisatie Delft-FEWS is dit punt bekend, en op termijn zal de presentatie van meerdere berekeningen binnen Delft-FEWS verbeteren. Dit zou dan vervolgens kunnen leiden tot verbetering van de gebruikersvriendelijkheid binnen het Deltamodel.

⁸⁾ Wel is er een beperking aan deze functionaliteit: de interface van data tussen Delft-FEWS en het model moet gelijk blijven (de randen moeten op dezelfde locatie blijven liggen in de schematisatie).

⁹⁾ Het verdient overigens nog wel aanbeveling om de opzet van what-if's binnen het Deltamodel voor DP-Zoetwater en DPR/DPRD/DPIJ verder af te stemmen, zodat ook op dit punt de consistente nog verder toeneemt.



Figuur 4.3 Voorbeeld van de presentatie in het Deltamodel voor de waterstand op de as van de rivier voor 2 strategieën (S3 en S4) voor scenario 2100_RD. (NB. 2100_RD = 2050_SW)

- Delft-FEWS bevat een breed scala aan presentatie mogelijkheden. In flankerende projecten zijn aanvullende presentatie mogelijkheden ontwikkeld, die kunnen worden toegevoegd aan Delft-FEWS en het Deltamodel. Daarbij valt te denken aan de presentatie van de watertoedeling (zoals ontwikkeld binnen FEWS-Waterbeheer) en de presentatie van waterdieptes (zoals ontwikkeld binnen 3D).
- Verschillende eindgebruikers hadden de behoefte om resultaten van de berekeningen met het Deltamodel te exporteren, onder meer ten behoeve van de vergelijking (in een stand-alone tool) met meetgegevens (of resultaten van andere berekeningen)¹⁰. Voor het exporteren van grote hoeveelheden gegevens is daarbij gemaakt van functionaliteit in de User Interface die bedoeld is voor het bekijken van gegevens voor enkele locaties. Hierdoor ontstond een “Java Heap Space Error”, hetgeen door de gebruikers uiteraard als inflexibel werd ervaren. Voor het exporteren van gegevens is voor deze gebruikers extra functionaliteit beschikbaar gemaakt. Terugkijkende constateren we dat de gebruikers onvoldoende op de hoogte waren over de (flexibele) mogelijkheden van Delft-FEWS, en er dus meer aandacht had moeten worden besteed aan de begeleiding en ondersteuning van de eindgebruikers in het gebruik van het Deltamodel.
- Een laatste punt ten aanzien van de flexibiliteit van Delft-FEWS betreft de archivering van de resultaten van de berekeningen. Hiervoor biedt Delft-FEWS enerzijds de mogelijkheid om de resultaten voor een bepaalde periode op te slaan in de FEWS-database (afhankelijk van de instelling van de expiry-times), en anderzijds om de resultaten als netCDF file met metadata in een extern archief (OpenDAP server) weg te schrijven. De expiry-times staan nu op 1 jaar voor DPZW en op 90 dagen voor de overige deelprogramma's, en de resultaten blijven dus gedurende die periode beschikbaar in de FEWS-database. De berekeningsresultaten worden ook weggeschreven naar een extern archief, maar de functionaliteit van het teruglezen

¹⁰ Het verdient aanbeveling om in de toekomst de beschikbare meetgegevens (of resultaten uit eerdere studies) te importeren in het Deltamodel, en de vergelijking daar uit te voeren zodat deze voor iedereen inzichtelijk en reproduceerbaar is.

vanuit het externe archief naar het Deltamodel is nog niet beschikbaar. Deze functionaliteit is namelijk pas zeer recent beschikbaar gekomen in Delft-FEWS. Het verdient aanbeveling deze functionaliteit aan het Deltamodel toe te voegen. Daarmee wordt de flexibiliteit verder verbeterd, onder andere omdat de FEWS-database daardoor kleiner kan blijven.

Lessons learned: de flexibiliteit van Delft-FEWS voor beleidsanalyse is voldoende en kan nog verbeteren

Bij de ontwikkeling van het Deltamodel op basis van Delft-FEWS hebben we geleerd dat Delft-FEWS geschikt is voor het doorrekenen van de effecten van verschillende randen (Deltascenario's). Deze randen kunnen zonder al te veel moeite worden aangepast en Delft-FEWS is dus flexibel bij een update of aanpassing van deze randen. Ook is het goed mogelijk om maatregelenpakketten te vertalen in verschillende modellen, en deze als een "what-if scenario" door te rekenen met Delft-FEWS.

De geschiktheid van het Deltamodel voor de beleidsanalyse zou verder kunnen verbeteren door de gebruikersvriendelijkheid bij het analyseren van (de verschillen tussen) meerdere berekeningen te verbeteren en andere presentatie methodes toe te voegen. Ook zou het gebruik van "modifiers" de mogelijkheden voor het aanpassen van maatregelen kunnen verbeteren. Tenslotte zou het teruglezen van gearcheiverde berekeningen extra flexibiliteit kunnen bieden. Het verdient aanbeveling om de (recente) ontwikkelingen binnen Delft-FEWS op deze drie aspecten in een volgende generatie van het Deltamodel op te nemen.

Naast de toepassing van Delft-FEWS en het Deltamodel voor de beleidsanalyse in het kader van het Deltaprogramma, is inmiddels ook sprake van de toepassing van het Deltamodel voor andere primaire processen en andere projecten (zie ook hoofdstuk 3). Daarmee blijft de toepassing van het Deltamodel niet beperkt tot het Deltaprogramma, maar wordt het Deltamodel ingezet in de context van het samenhangend modelinstrumentarium voor alle primaire processen. In dat geval verdient de flexibiliteit van het Deltamodel nadere aandacht. De benodigde flexibiliteit ten aanzien van randvoorwaarden (scenario's) en maatregelen wordt dan namelijk groter dan thans beschikbaar is binnen het Deltamodel. Bovendien zal dan waarschijnlijk ook de wens ontstaan om flexibel om te gaan met het gebruik van verschillende software pakketten naast elkaar.

4.7.2 OTAP-straat

Bij de ontwikkeling en toepassing van het Deltamodel is gebruik gemaakt van een "OTAP-straat". Dit acroniem staat voor Ontwikkelen – Testen – Acceptatie – Productie, verwijzende naar de opeenvolgende fases in de stapsgewijze ontwikkeling en toepassing van het instrumentarium. Elke fase is uitgevoerd binnen een aparte hardware omgeving (computer/server) en de overdracht naar een volgende fase is zorgvuldig vastgelegd in procedures.

Het voordeel hiervan is dat de rollen en verantwoordelijkheden goed worden gescheiden, hetgeen sterk bijdraagt aan een gestructureerde ontwikkeling en beheer van het instrumentarium. De keerzijde hiervan is echter dat de flexibiliteit van het systeem soms

onder druk staat, bijvoorbeeld bij de implementatie van nieuwe functionaliteit en maatregelen of berekeningen.

Bij de ontwikkeling en toepassing van het Deltamodel zijn de principes van de OTAP-straat zeer nuttig gebleken. Dat geldt met name voor het vastleggen van het rekenproces (de workflows), het onderling afstemmen van de verschillende modellen en het beheren van de verschillende versies van de modellen. De flexibiliteit van de principes van de OTAP-straat is voldoende groot gebleken in de uitvoering van de werkzaamheden.

Voor de praktische toepassing van de OTAP-straat in het kader van het Deltamodel zijn door RWS drie parallelle projecten opgezet, namelijk een KPP-project voor de Ontwikkeling en het Testen van het Deltamodel (bij Deltares), een SPA-project voor de Hosting van de Acceptatie- en Productie-omgeving van het Deltamodel (bij NMDC), en het project Rekennetwerk (bij WVVL) voor het faciliteren van de toepassing van het Deltamodel door de Deelprogramma's. De afbakening tussen deze drie projecten kwam niet overeen met de afbakening van de fases uit de OTAP-straat. Daarbij bestond geen eenduidige centrale aansturing / coördinatie voor deze projecten. Mede doordat maandelijks een nieuwe release van het Deltamodel beschikbaar kwam, en verschillende projectteams aan het werk waren, was goede communicatie tussen de ontwikkelaars en gebruikers essentieel. De gekozen project-organisatie rondom het Deltamodel leidde helaas tot problemen in de communicatie en kennisoverdracht. Terugkijkende kunnen we vaststellen dat deze problemen niet ontstonden door de toepassing van de OTAP-straat, maar werden veroorzaakt door de keuze voor een organisatie in drie onderling gerelateerde projecten, met beperkte centrale aansturing.

Lessons learned: pas de OTAP-straat toe en stuur deze aan vanuit één project

In de ontwikkeling van het Deltamodel is gebleken dat een goede communicatie essentieel is voor een flexibele ontwikkeling en toepassing. Niet zozeer de OTAP-straat zelf bleek de beperking in de flexibiliteit, maar de gekozen project-organisatie. Vanuit het oogpunt van flexibiliteit is het te adviseren om de volledige OTAP-straat toe te passen, en deze aan te sturen vanuit één project-organisatie.

4.7.3 Hardware configuratie

De hardware configuratie zoals voor het Deltamodel is geïmplementeerd bij NMDC bestaat uit een acceptatie(A)-omgeving en een productie(P)-omgeving. Dit zijn fysiek 2 verschillende systemen. De achterliggende gedachte is dat de ontwikkelaar (Deltares) een nieuwe versie van het Deltamodel installeert op de A-omgeving en RWS daar vervolgens een aantal acceptatietesten uitvoert (of uit laat voeren). Na succesvolle afronding van de acceptatietesten kan deze versie van het Deltamodel door NMDC worden geïnstalleerd op de P-omgeving ten behoeve van de eindgebruikers.

In de praktijk is deze werkwijze inderdaad uitgevoerd bij nieuwe releases van het Deltamodel (met nieuwe functionaliteit), maar niet bij de installatie van een patch (waarin bestaande functionaliteit werd verbeterd); een patch werd in de regel direct op de P-omgeving geïnstalleerd zonder extra testen op de A-omgeving. Deze praktische aanpassing van de

procedures paste goed bij de kenmerken van releases en patches en bood extra flexibiliteit in het gebruik.

Naast de A-omgeving en de P-omgeving bij NMDC was bij Deltares een Ontwikkel-omgeving en Test-omgeving beschikbaar. De O-omgeving bestond uit de desktops van de verschillende ontwikkelaars en was qua capaciteit niet altijd geschikt voor het uitvoeren van een volledige berekening. Ook de omvang van de T-omgeving was bescheiden, en daardoor kon niet alles volledig worden getest voordat een nieuwe versie op de A-omgeving werd geïnstalleerd. In een enkel geval (Waqua IJVD) was zelfs de A-omgeving onvoldoende groot om een volledige test uit te voeren.

Tijdens de ontwikkeling bestond dus verschillende malen de behoefte om specifieke testen uit te voeren op de A- en zelfs de P-omgeving. Strikt genomen kan men hieruit afleiden dat de hardware voor de T-, A- en P-omgeving identiek moet zijn. Het vasthouden aan de scheiding van omgevingen leidt er dus uiteindelijk toe dat een zeer grote investering nodig is in de hardware. Door flexibel om te gaan met de beschikbare hardware voor de verschillen fases uit de OTAP-straat is een aanzienlijke beperking in de kosten gerealiseerd. Terugkijkende op de ontwikkeling van het Deltamodel was het wellicht zelfs verstandig geweest om in het eerste stadium van de ontwikkeling de beschikbare hardware grotendeels in te zetten voor de Test- en Acceptatie-omgeving, en deze hardware in een later stadium over te zetten naar de Productie-omgeving.

Lessons learned: zet de beschikbare hardware flexibel in

Tijdens de ontwikkeling van het Deltamodel is gebleken dat het gewenst is om de beschikbare hardware flexibel in te zetten. Het verdient aanbeveling om de Test- en Acceptatie-omgeving in de eerste fase van een ontwikkelproject zo groot mogelijk te maken en deze hardware naar de Productie-omgeving over te zetten nadat de meeste testen zijn uitgevoerd.

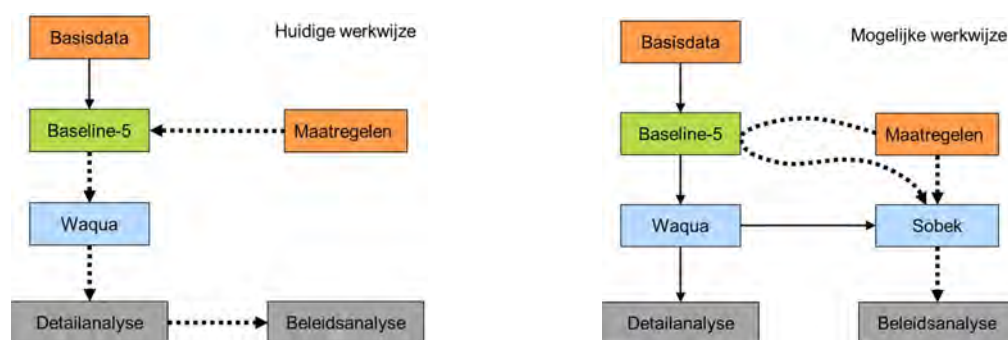
4.8 Consistentie modellen

4.8.1 Modellen waterveiligheid

De basisdata (meetgegevens geometrie) in Baseline-5 vormen het uitgangspunt voor de ontwikkeling van een Waqua-model. Conform de huidige werkwijze in het Deltaprogramma worden maatregelen eerst opgenomen in Baseline, en wordt daar vervolgens een nieuw Waqua-model van afgeleid. Nadat dit Waqua-model is getest en ingebouwd in het Deltamodel, worden – na een gedetailleerde analyse – de berekeningsresultaten geaggregeerd ten behoeve van de beleidsanalyse (in het Deltaportaal). Op deze wijze is het draagvlak en de acceptatie van de modellen in het Deltamodel gewaarborgd. Paragraaf 4.3 en Figuur 4.1 gingen hier in algemene zin op in; Figuur 4.4 (links) geeft dit proces in meer detail schematisch weer.

Uit de ervaringen rond de toepassing van het Deltamodel is gebleken dat relatief veel energie (tijd) besteed is aan de modellering in Waqua en de detail-analyse. Gelijktijdig hebben we geleerd dat de onzekerheden in berekende waterstanden voor de beleidsanalyse relatief

bepert zijn in vergelijking tot de onzekerheden in de randen, dijkprofielen, kosten en morfologische ontwikkelingen (zie paragraaf 4.4 en bijlage A). Ook hebben we geleerd dat voor een beleidsanalyse steeds meer behoefte bestaat aan snellere modellen (zie paragraaf 4.6). In vergelijking tot Waqua sluit de nauwkeurigheid en rekentijd van Sobek daarom beter aan op de wensen in een beleidsanalyse. Het verdient daarom aanbeveling om voor de beleidsanalyse in de toekomst na te gaan of het mogelijk is om een andere route te volgen, zonder het draagvlak en acceptatie te verliezen.



Figuur 4.4 Huidige (links) en mogelijke toekomstige (rechts) werkwijze bij afleiden van schematisaties voor modellen oppervlaktewater vanuit een database met basisdata (Baseline) bij beleidsanalyse.

Figuur 4.4 (rechts) schetst hiervoor een mogelijke alternatieve werkwijze. De gedachte is om eerst een Sobek-model af te leiden van het Waqua-model voor de referentie-situatie. Daarmee is de referentie-situatie gebaseerd op dezelfde basisdata zoals in Baseline-5 zijn opgenomen, en kan het draagvlak en de acceptatie bij de regionale waterbeheerders worden gewaarborgd. Ook is de consistentie met andere primaire processen op deze wijze gewaarborgd. De beleidsanalyse kan vervolgens worden uitgevoerd met het Sobek-model, wat de flexibiliteit en snelheid van de berekeningen ten goede komt. Maatregelen die betrekking hebben op de geometrie kunnen via Baseline rechtstreeks in de Sobek schematisatie worden aangepast¹¹⁾. De overige maatregelen kunnen direct in het Sobek-model worden opgenomen.

Het uiteindelijk gekozen maatregelenpakket (de voorkeursstrategie) kan dan eventueel alsnog (ook) met Waqua worden doorgerekend. Op deze wijze wordt de consistentie met de andere primaire processen ook verankerd binnen Baseline.

¹¹⁾ Voor het afleiden van een Waqua-model vanuit Baseline is de routine "Gis2Waq" beschikbaar, en voor het afleiden van het Sobek-model vanuit het Waqua-model van de routine "Waq2Prof". Er bestaat ook een routine "Gis2Prof" waarmee het Sobek-model rechtstreeks kan worden afgeleid vanuit Baseline. De BfG gebruikt deze routine bijvoorbeeld voor het afleiden van Sobek-modellen in Duitsland. Het voordeel van het afleiden van een Sobek-model via Waqua is dat daarmee (op basis van de berekende stroomsnelheden in Waqua) onderscheid gemaakt kan worden tussen het bergende en het stroomvoerende deel van het winterbed. Wanneer de "tussenstap" via Waqua niet wordt gemaakt, moet dit onderscheid handmatig worden afgeleid op basis van de geometrie. Bij het vertalen van de maatregelen naar het Sobek-model dient hiermee rekening te worden gehouden.

Dit principe van consistentie tussen 1D en 2D wordt naar verwachting geïntroduceerd met de 3^{de} generatie Sobek modellen. Deze komen vanaf medio 2014 beschikbaar bij RWS voor Rijntakken, Maas, Rijn-Maasmonding, en de Overijsselse Vecht. Op termijn zullen ook voor de rest van het hoofdwatersysteem ¹²⁾ nieuwe Sobek-3 modellen beschikbaar komen. De bedoeling is om deze nieuwe Sobek-3 modellen te gebruiken voor hoog- en laagwatersituaties (bv. in operationele afvoervoorstellingen).

Lessons learned: gebruik de nieuwe Sobek-3 modellen in Deltamodel 2.0 voor de beleidsanalyse waterveiligheid

Baseline(-5) fungeert in Nederland als een uitstekende basis van de ontwikkeling van de hydraulische modellen voor het hoofdwatersysteem. In de regel wordt eerst een Waqua-model ontwikkeld, om daar vervolgens een Sobek-model van af te leiden.

Het verdient aanbeveling om in een toekomstige beleidsanalyse eerst voor de referentiesituatie een Sobek-model af te leiden van Waqua, en vervolgens de maatregelen rechtstreeks te vertalen naar het Sobek-model. De beleidsanalyse waterveiligheid kan dan worden uitgevoerd op basis van de resultaten van het Sobek-model.

4.8.2 Modellen waterverdeling

Zoals in bovenstaande paragraaf is beschreven komen binnenkort nieuwe Sobek-3 modellen beschikbaar voor het hoofdwatersysteem. Het ligt voor de hand om deze nieuwe Sobek-3 modellen voor het hoofdwatersysteem ook te gebruiken in de beleidsanalyse waterverdeling. Voor de waterverdeling verdient het daarom aanbeveling om op termijn het Landelijk Sobek Model (LSM-*light*) te actualiseren op basis van de nieuwe Sobek-3 modellen van RWS.

De waterschappen gebruiken geen Baseline en geen Waqua; de Sobek-modellen van de waterschappen worden rechtstreeks opgebouwd vanuit de beschikbare data. Voor vrijwel alle waterschappen is een Sobek-model beschikbaar, zij het dat de mate van detail van deze modellen niet overal gelijk is. De meeste Sobek-modellen van de waterschappen zijn ontwikkeld in Sobek-2.12.

Het oppervlaktewater dat de waterschappen beheren varieert qua omvang van brede kanalen tot kleine poldersloten. Een deel van dit oppervlaktewater vormt – samen met het hoofdwatersysteem van RWS – het landelijk waterverdelingsnetwerk ¹³⁾. Voor analyses rond het waterverdelingsnetwerk is LSM-*light* beschikbaar in Deltamodel 1.1.

Nader onderzoek zal naar verwachting uitwijzen of gebruik van OpenMI (Gregersen et al., 2007) mogelijk is voor het koppelen van de verschillende onderdelen van LSM-*light*, of dat alle deelmodellen gecombineerd blijven in één samengesteld Sobek-model. Daarbij verdient het aanbeveling om met de waterschappen nadere afspraken te maken over het beheer, onderhoud en verdere ontwikkeling van de hun Sobek-modellen voor de regionale delen van LSM-*light* (voor het waterverdelingsnetwerk).

¹²⁾ Het **hoofdwatersysteem** is hier gedefinieerd als het watersysteem dat in beheer is bij RWS.

¹³⁾ Het **waterverdelingsnetwerk** is hier gedefinieerd als watersysteem waarlangs boven-regionale aanvoer plaats vindt.

De nieuwe Sobek-3 modellen voor het hoofdwatersysteem kunnen op termijn ook worden gebruikt in het Deltamodel in het kader van waterveiligheid (zie paragraaf 4.8.1). Verder is in verband met het doorrekenen van de mogelijke effecten van systeemwerking behoefte aan een Sobek-model voor het rivierengebied. Door in de toekomst voor waterveiligheid en waterverdeling gebruik te maken van hetzelfde Sobek-model krijgt de consistentie in het model-instrumentarium verder gestalte.

Lessons learned: gebruik de nieuwe Sobek-3 modellen in Deltamodel 2.0, als onderdeel van LSM-light, ook voor beleidsanalyse waterverdeling

LSM-light is ontwikkeld in het kader van het Deltamodel op basis van de beschikbare modellen voor het hoofdwatersysteem en het regionale oppervlaktewater. De ervaringen met LSM-light zijn positief. Het verdient aanbeveling om op termijn LSM-light te actualiseren op basis van de nieuwe Sobek-3 modellen van RWS. Tevens verdient het aanbeveling om met de waterschappen nadere afspraken te maken over het beheer, onderhoud en verdere ontwikkeling van hun Sobek-modellen voor de regionale delen van LSM-light.

5 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van dit rapport zijn de volgende conclusies en aanbevelingen geformuleerd:

- 1 Deltamodel 1.1 is ontwikkeld voor de toepassing in het kader van het Deltaprogramma, binnen het primaire proces beleidsondersteuning & advies. Het Deltamodel is geïnstalleerd bij NMDC en beschikbaar voor berekeningen door de verschillende deelprogramma's.

Bijlage E geeft een overzicht van de technische aanbevelingen voor de doorontwikkeling richting Deltamodel 2.0 als een permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium.

- 2 De ontwikkeling van het Deltamodel heeft een bijdrage geleverd aan de acceptatie en consistentie van de gebruikte software en schematisaties voor het Deltaprogramma.

Verdere consistentie tussen waterveiligheid en waterverdeling ligt binnen handbereik; aanbevolen wordt om in de toekomst voor beide beleidsdossiers Sobek-3 toe te passen binnen het Deltamodel.

- 3 Bij de ontwikkeling van het Deltamodel is veel tijd en aandacht besteed aan besprekingen met experts over onderliggende basisdata, modelinstellingen en koppelingen tussen de verschillende modellen. De resultaten van deze gesprekken zijn verwerkt in de opzet van het Deltamodel, en daarmee is de kennis van veel experts verankerd in het Deltamodel.

Aanbevolen wordt om de transparantie van de kennis binnen het Deltamodel in de toekomst te verbeteren, zodat het Deltamodel kan blijven functioneren als een kennissysteem. De verbetering van de presentatie van de invoergegevens in het Deltamodel, en het verder ontsluiten van de resultaten voor andere toepassingen kunnen hieraan bijdragen (zie ook Bijlage E).

- 4 Het Deltamodel is ook toepasbaar voor andere projecten, in het kader van andere primaire processen. Voor toepassing in andere projecten dan het Deltaprogramma dient het Deltamodel in zijn huidige vorm nog wel een verbeterslag te krijgen qua flexibiliteit.

Vanuit het oogpunt van consistentie wordt aanbevolen om daarbij (zoveel mogelijk) uit te gaan van de software die in het Deltamodel beschikbaar is. Ook wordt aanbevolen om (zoveel mogelijk) gebruik te maken van dezelfde geaccepteerde basisdata, en daarvan schematisaties af te leiden die qua ruimtelijke en temporele resolutie zijn toegesneden op de vraagstelling binnen het project. Zo ontstaat verdere consistentie in de gebruikte software en schematisaties, wat bijdraagt aan de ontwikkeling van het samenhangend modelinstrumentarium voor alle primaire processen.

- 5 Bij de ontwikkeling van het Deltamodel zijn pragmatische keuzes gemaakt in de selectie van de software en schematisaties. Daardoor zijn sommige effectmodellen opgenomen in het Deltamodel, terwijl andere effectmodellen naast het Deltamodel zijn blijven bestaan en worden gevoed met de resultaten van het Deltamodel.

Als eerste vervolgstap wordt aanbevolen om een principiële keuze te maken en een beslissing te nemen over de positionering van de effectmodellen. De uitkomst zou kunnen zijn dat het Deltamodel zich volledig focust op de hydrologische en hydraulische modellen, of dat alle effectmodellen in het Deltamodel worden opgenomen. In beide gevallen wordt aanbevolen om de afstemming tussen de diverse effectmodellen te versterken, ter ondersteuning van de integrale afweging van alle effecten gezamenlijk.

6 Literatuur

Bieman, Joost den, 2013. Verbetering kwaliteit dijkprofielen "Delta-Instrumentarium dataset"
Memo 1207765-000-ZWS-0014, Deltares.

Bruggeman, Willem, Marjolijn Haasnoot, Saskia Hommes, Aline te Linde, Rutger van der Brugge, Bart Rijken, Ed Dammers, Gert Jan van den Born, 2011. Deltascenario's. Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen in de 21ste eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's, voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 – 2012. Rapport 1205747, Deltares

Chbab, Houcine, 2011. Effect op toetspeilen Benedenrivieren van WAQUA-RMM op basis van 108 sommen. Memo 1204143-003-ZWS-0006, Deltares.

Cleij, Peter, Erwin Meijers en Robert Smit, 2014. Update Landelijk KRW-Verkenner Model: Resultaten van een aantal verbeteringen van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM). Rapport 1208780, Deltares.

Deltacommissaris, 2013. Deltaprogramma 2014. Werk aan de delta. Kansrijke oplossingen voor opgaven en ambities. Ministerie IenM en Ministerie EZ.

Dijkman, J.P.M. en E.F.W. Ruijgh, 2010. Werkplan Deltamodel. Juni 2010. Rapport 1202134, Deltares

Gregersen, J. B., Gijsbers, P. J. A., Westen, S. J. P. , 2007. OpenMI: Open modelling interface. Journal of Hydroinformatics 9 (3), 175–191.

Görgen, K., Beersma, J., Brahmer, G., Buiteveld, H., Carambia, M., de Keizer, O., Krahe, P., Nilson, E., Lammersen, R., Perrin, C. and Volken, D. , 2010. Assessment of Climate Change Impacts on Discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project, CHR report, I-23, 229 pp., Lelystad, ISBN 978-90-70980-35-1.

Groot, Simon, 2011. Memo waterkwaliteitsmodellering. Project 1204154, Deltares

Haasnoot, Marjolijn en Walker, Warren, 2011. Towards Including Uncertainty in Decision-making with the Deltamodel. Rapport 204151, Deltares.

Haasnoot, Marjolijn, 2013. Anticipating change. Sustainable water policy pathways for an uncertain future. Thesis. TU-Twente.

Hoek, Rolf van den, 2010. Protocol netwerkmodellen, versie 2.4. Rijkswaterstaat.

Hoek, Rolf van den, Jaap van Steenwijk en Gerard Blom, 2013. SLA Deltares – Rijkswaterstaat 2013. Overeenkomst tussen Deltares en Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving met betrekking tot Modelinstrumentarium en Crisismanagement.

Kroon, Timo en Erik Ruijgh, 1 juli 2012. Functionele specificaties, kwaliteitseisen en opbouw Deltamodel. Versie 1.1. RWS WVL en Deltares.

Kwadijk, J., Beek, E. van, J. Beersma, A. Bronstert, H. Buiteveld, A. te Linde, B. Mehlig, H. Middelkoop, S. Schaap, 2012. Use of extreme Rhine discharges in the Deltascenarios.

Recommendations by an international expert panel and the Scientific Board of Deltares. Report 1000235, Deltares

Lange, W.J. de, G.F. Prinsen, J.C. Hoogewoud, A.A. Veldhuizen, J. Verkaik, G.H.P. Oude Essink, P.V. van Walsum, J.R. Delsman, J.C. Hunink, H.Th.L. Massop, T.Kroon, 2014. An operational, multi-scale, multi-model system for consensus-based, integrated water management and policy analysis: The Netherlands Hydrological Instrument. Accepted by Environmental Modelling and Software.

Lenselink, Gerda, Karen Meijer en Cees van de Guchte, sept 2013. Handvaten voor de inzet van het Deltaprogramma voor toepassingen in het buitenland. Memo Deltares, besproken op workshop 23 aug 2013.

Passchier, R. H., Beersma, J. J., Buishand, T. A., Hegnauer, M., Van den Boogaard, H. F. P., 2014, GRADE Final Report, Deltares Report

Prinsen, Geert, Erik de Bruine, Leon de Jongste, Erik Ruijgh, 2013. Het Landelijk Sobek Model. Stromingen 19,2 pp. 91-106

Prinsen, Geert, Frederiek Sperna Weiland, Erik Ruijgh, 2013. The Delta model for fresh water policy analysis in the Netherlands, 8th Int. Conf. EWRA "Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context", Porto, Portugal, 26th-29th June 2013

Ruijgh, Erik, 2010. Deltamodel 2010. 13B. Delft-FEWS als platform voor rekenfaciliteit Deltamodel. Memo 1202134, Deltares.

Ruijgh, Erik, 2013. Protocol van Overdracht Deltamodel 1.1. Rapport 1207765, Deltares.

Schaap, Sybe (chairman), 2010 – 2014. Advise of the International Advisory Commission Deltamodel. Meeting 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Rijkswaterstaat.

Scholten, Martin en Rolf van den Hoek, 2014. Kader Toepassing Netwerkmodellen Water, versie 2014.1. Rijkswaterstaat.

Sloff, C.J., M.F.M. Yossef, R. van der Mark, 2011. Deltaprogramma Rivieren morfologie en scheepvaart Bepalen opgave 2100. Rapport 1203442, Deltares

Snippen, Edwin en Janneke IJmker, 2012. Omgaan met onzekerheden in het Deltamodel. Memo 1202134 Deltares.

Ter Maat et al., 2014. Effecten van maatregelen voor de zoetwatervoorziening in Nederland in de 21e eeuw, Deltaprogramma – Deelprogramma Zoetwater - fase 4, Deltares-rapport 1209141-001, Delft, 2014

Verseveld, Willem, Mark Hegnauer, Erik Ruijgh, in prep. The use of the Delft-FEWS framework to assist in making water policy decisions in the Netherlands. To be submitted to Environmental Modelling & Software

Werner, M. J. Schellekens, P. Gijsbers, M. van Dijk, O. van den Akker, K. Heynert, 2012 The Delft-FEWS flow forecasting system. Environmental Modelling & Software (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.010>

Walker, Warren E, Marjolijn Haasnoot, Jan H Kwakkel, 2013. Adapt or Perish: A Review of Planning Approaches for Adaptation under Deep Uncertainty Sustainability 03/2013; 5(3):955-979.

Walsum, P.E.V. van, F.J.E. van der Bolt, 2013. Sensitivity of the Delta model to evapotranspiration. Exploring structural uncertainties due to evapotranspiration concepts. Alterra report 2481.

A Resultaten analyse onzekerheid Deltamodel t.b.v. IAC

Ten behoeve van de bijeenkomst van de Internationale Advies Commissie IAC Deltamodel in februari 2014 is een analyse uitgevoerd van de verschillende onzekerheden van het Deltamodel. Daarvoor zijn de volgende reken-experimenten uitgevoerd:

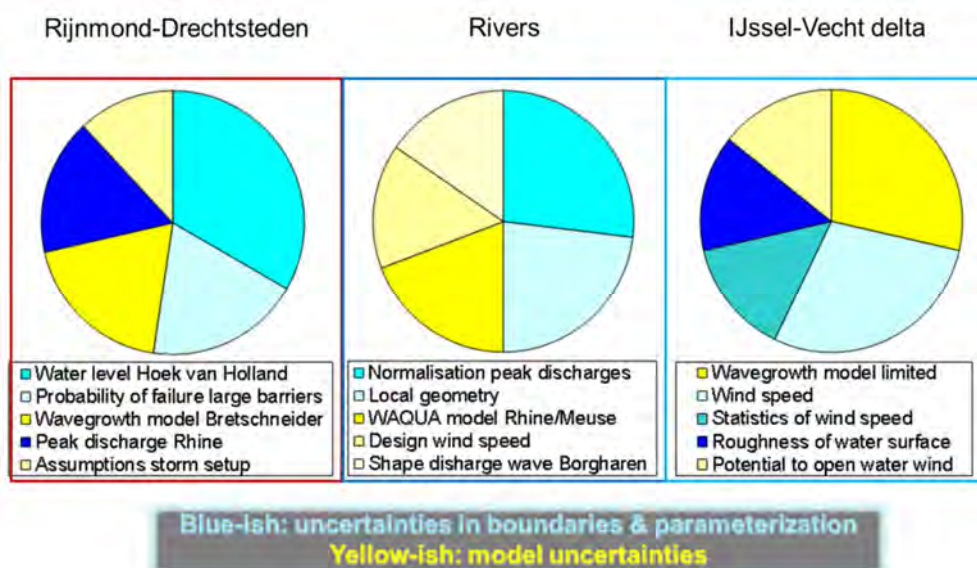
- **Waterveiligheid**
 1. Model onzekerheid Waqua
 2. Onzekerheid Deltascenario's Waal
 3. Onzekerheid kosten schattingen
- **Zoetwatervoorziening**
 4. Zout concentratie Rijn-Maasmonding
 5. Open water verdamping IJsselmeer
 6. Gewasverdamping

Deze bijlage geeft enkele sheets uit de presentatie voor de IAC, met een toelichting. Op termijn zou dit mogelijk kunnen worden uitgewerkt in een wetenschappelijke publicatie.

Waterveiligheid

1 Model onzekerheid Waqua

Door Snippen en Ijmker (2012) is informatie verzameld over de onzekerheid van de Waqua-modellen, op basis van interviews met verschillende modelleers in combinatie met de beschikbare literatuur op dit terrein. De resultaten van de dit onderzoek zijn samengevat in onderstaande figuur.



Figuur A.1 Bijdrage verschillende componenten aan totale onzekerheid berekende waterstand voor Rijnmond-Drechtsteden (links), Rivieren (midden) en IJssel-Vecht delta (rechts).

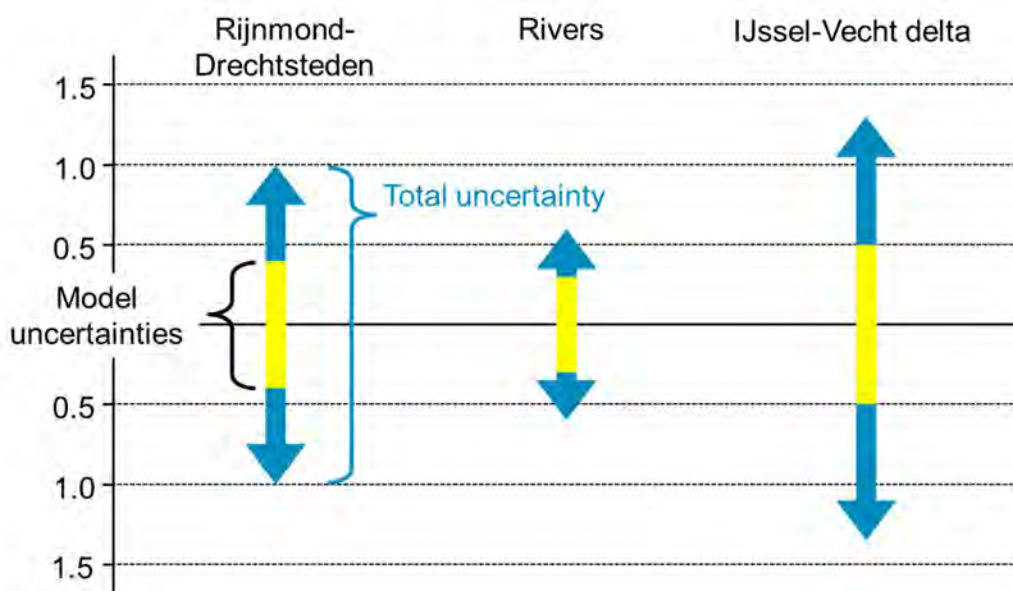
Een deel van de onzekerheid wordt veroorzaakt door de onzekerheid in de modellen zelf (dus conceptuele fouten of bugs in de software of de schematisatie), en een deel wordt veroorzaakt door onzekerheid in de randvoorwaarden.

Een veelvoorkomende maat om de onzekerheid weer te geven is de standaarddeviatie (σ). Om te komen tot één maat voor de totale onzekerheid in een deelprogramma mogen deze standaarddeviaties niet bij elkaar opgeteld, maar dient het kwadraat hiervan opgeteld te worden. Dit is de variantie ($\text{var} = \sigma^2$). De som van de varianties geeft de totale variantie, de totale standaarddeviatie is dan de wortel uit de som. In formulevorm:

$$\sigma_{\text{totaal}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}$$

Deze optelling is overigens alleen toegestaan indien de individuele sigma's betrekking hebben op onderling onafhankelijke bijdragen. Zodra de diverse bijdragen elkaar versterken of verzwakken gaat deze formule niet meer op.

Onderstaande figuur geeft de totale onzekerheid voor de huidige situatie weer (in de blauwe pijlen) plus de onzekerheid die betrekking heeft op de modellen zelf (in de gele balken), berekend volgens bovenstaande formule en uitgedrukt in de waterstand (in meters) voor drie deelgebieden in Nederland.



Figuur A.2 Geschatte totale onzekerheid en modelonzekerheid in waterstandberekeningen voor Rijnmond-Drechtsteden, Rivieren en IJssel-Vecht delta (naar Snippen en IJmker, 2012).

Uit deze figuur volgt dat – voor de huidige situatie – de totale onzekerheid in de berekeningsresultaten met Waqua voor de bovenrivieren (uitgedrukt als σ) geschat wordt op 60 cm, waarbij de onzekerheid van het model zelf (plus of min) 30 cm bedraagt.

Chbab (2011) heeft een vergelijking opgesteld van de resultaten van Waqua en Sobek voor het Noordelijk Deltabekken, en kwam daarbij tot de conclusie dat voor de as van de rivier de resultaten zeer goed overeenkomen, maar dat de onzekerheid bij de oevers bij de berekening met Waqua naar verwachting kleiner is. Prinsen (ongedocumenteerde berekeningen) heeft in 2013 enkele testberekeningen uitgevoerd voor 16.000 m³/s met LSM (Sobek) voor het rivierengebied, en kwam daarbij ook tot de conclusie dat de berekende waterstanden op de as van de rivier goed overeenkomen met de gegevens in het randvoorwaardenboek.

2 Onzekerheid Deltascenario's

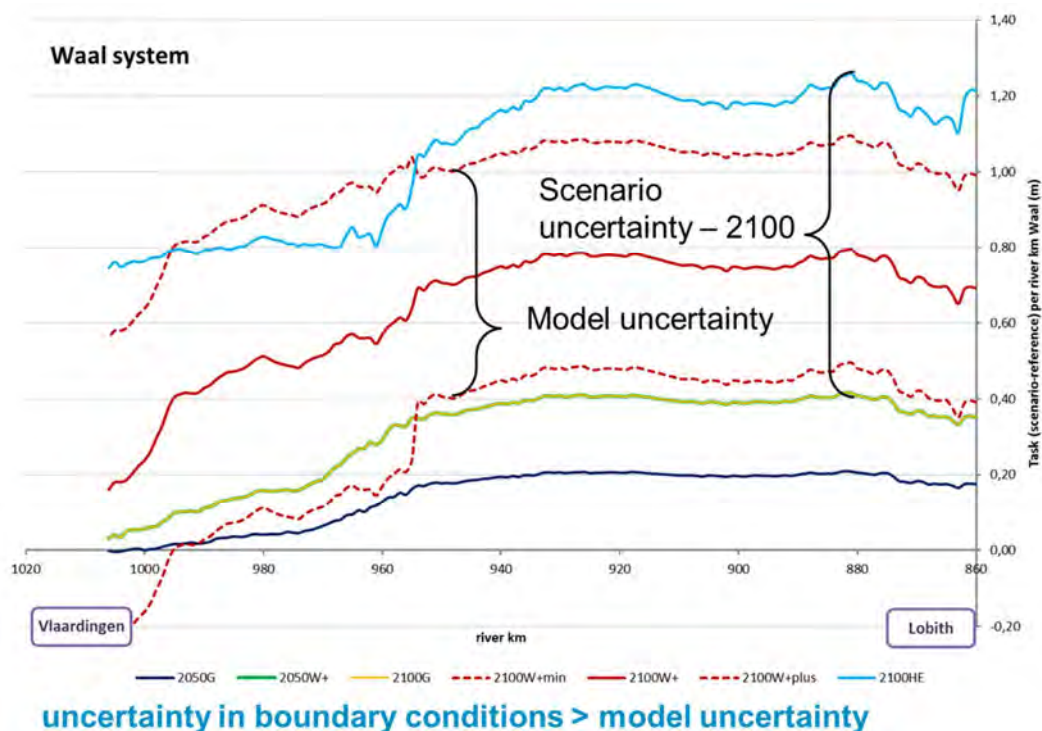
De onzekerheid in de randen van de modellen neemt toe voor de toekomstige situatie. Binnen het Deltaprogramma is dit verdisconteerd in de Deltascenario's. Voor waterveiligheid betekent dit concreet dat de maatgevende afvoer (1/1250) bij Lobith is verhoogd van 16000 m³/s naar 18000 m³/s in de Deltascenario's 2100-Warm en 2100-Stoom, in combinatie met de verhoging van de zeespiegel. In aanvulling hierop is in het kader van de analyse van de onzekerheden binnen het Deltamodel nog een "Extreme High-End" berekening gemaakt voor 20000 m³/s.

	7 cm	15 cm	35 cm	85 cm	115 cm
T/1250 = 16000 m³/s	REF				
T/1250 = 16500 m³/s	2050-RD				
T/1250 = 17000 m³/s	2100-RD 2050-SW				
T/1250 = 18000 m³/s	2100-SW				
T/1250 = 20000 m³/s	HIGH-END				
International expert panel (Kwadijk et al., 2012) recommend 18.000 m ³ /s as <i>plausible high-end scenario</i> 20.000 m ³ /s can be considered as <i>the extreme high-end</i>					

De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in onderstaande figuur. De opgave (Task) is daarbij bepaald als het verschil tussen de maatgevende waterstand en de actuele dijkhoogte (dus als er nu overhoogte is dan is de opgave geringer).

De afvoer bij Lobith in 2100 wordt in de Deltascenario's ingeschat tussen de 17000 m³/s en 18000 m³/s. Uit onderstaande figuur blijkt dat dit leidt tot een verschil van ongeveer 35 cm in de opgave langs de Waal – Nieuwe Maas – Nieuwe Waterweg. Voor een (extreme high-end) van 20000 m³/s komt daar nog ongeveer 45 cm bij.

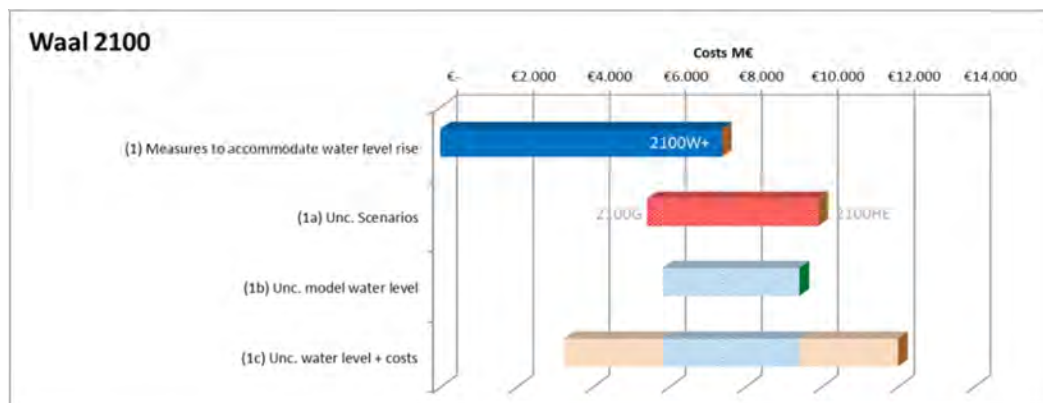
Voor de berekening van de opgave is de onzekerheid in de randen (Deltascenario's) dus qua orde grootte vergelijkbaar aan de model-onzekerheid. Vergelijken we de model-onzekerheid met de range voor het extreme high-end scenario dan is de onzekerheid in de randen groter dan de model-onzekerheid.



Figuur A.3 Berekende waterstand tussen Vlaardingen en Lobith voor verschillende scenario's.

3 Onzekerheid kosten schattingen

Op basis van de berekende opgave per km en de WV-21 kostenfunctie per dijksegment, konden de totale (nominale) kosten worden berekend voor het volledige traject (beide oevers) van Lobith tot Vlaardingen. Onderstaande figuur geeft deze kosten weer (excl. BTW en excl. robuustheidstoeslag) voor het Deltascenario 2100 SW (Stoom-Warm), in combinatie met de range die volgt uit de scenario's voor 2100RD (Rust-Druk) en 2100HE (HighEnd), de model-onzekerheid voor Waqua en de onzekerheid in de kostenschatting zelf (die door experts op 35% wordt gesteld).



Figuur A.4 Berekende kosten voor scenario 2100-Warm, plus onzekerheden in de scenario's, het model en de kosten, voor het traject Lobith-Vlaardingen

De figuur geeft weer dat, uitgaande van de waterstandsberekeningen met Waqua voor 2100, de totale kosten geschat kunnen worden op orde 7 miljard Euro. Houden we rekening met de onzekerheid zoals verdisconteerd in de Deltascenario's, dan bedragen de kosten tussen de orde 5 en 9,5 miljard Euro. De onzekerheid in het Waqua-model zelf plus de onzekerheid in de kostenschatting leidt tot een range van orde 3 tot bijna 12 miljard Euro. Deze bedragen zijn indicatief: de boodschap is hier dat de onzekerheid zeer groot is.

Er is vrij weinig mogelijk om deze onzekerheid te reduceren: de onzekerheid in de kostenfunctie en de modelonzekerheid kan nauwelijks worden verkleind. Gezien deze grote spreiding verdient het daarom aanbeveling om de focus te richten op het ontwikkelen van technieken om met deze onzekerheden om te gaan (en niet te proberen de onzekerheid te verkleinen).

Zoetwaterverdeling

Voor de zoetwaterverdeling zijn rekenexperimenten uitgevoerd voor de modelformulering voor de zoutmodellering in de Rijn-Maasmonding, de open water verdamping voor het IJsselmeer en de gewasverdamping. De onzekerheden in de modelformuleringen zijn afgezet tegen de onzekerheden in de randvoorwaarden.

4 Zoutmodellering Rijn-Maasmonding

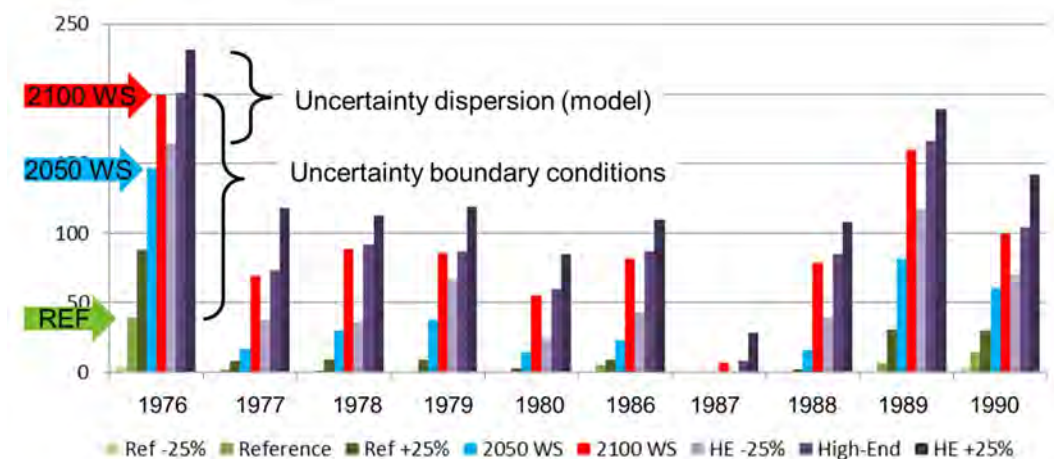
Voor de zoutmodellering voor de Rijn-Maasmonding gebruikt DPZW een 1D-Sobek-RE model. Voor de zoutverspreiding is de verticale verdeling van groot belang, maar dit kan (vanzelfsprekend) met een 1D-model niet worden gesimuleerd. De indringing van de zouttong wordt daarom in het 1D-model beschreven door de dispersie coëfficiënt in de ruimte te variëren, in combinatie met een afhankelijkheid van het debiet.

De onzekerheid over de "juiste" waarde voor de dispersie coëfficiënten is vrij groot. In dit rekenexperiment is daarom gerekend met de huidige waarde voor de dispersie coëfficiënten, 25% lagere waarden en 25% hogere waarden. Dit rekenexperiment is uitgevoerd voor de Referentie 2015 en voor het HighEnd scenario (met 115 cm zeespiegelstijging). De range die hieruit volgt voor de berekende chloride concentraties, veronderstellen we als een maat voor de modelonzekerheid.

Onderstaande figuur geeft de berekeningsresultaten voor de locatie Krimpen aan de IJssel, uitgedrukt in het aantal dagen dat de chloridenorm (voor de inlaat van water bij Gouda) wordt overschreven. Uit deze figuur kunnen we afleiden dat:

- Het verschil tussen het HighEnd scenario (115 cm zeespiegelstijging) en het 2100WS (85 cm zeespiegelstijging) is verwaarloosbaar klein.
- De modelonzekerheid in de dispersie coëfficiënten is substantieel voor zowel de Referentie 2015 als het HighEnd scenario.
- De onzekerheid in de Deltascenario's / randvoorwaarden (het verschil tussen 2100WS en 2100RD \approx REF) leidt tot een grotere onzekerheid in de resultaten dan de modelonzekerheid.

Kortom, de onzekerheid in de randvoorwaarden voor 2100 is groter dan de modelonzekerheid.

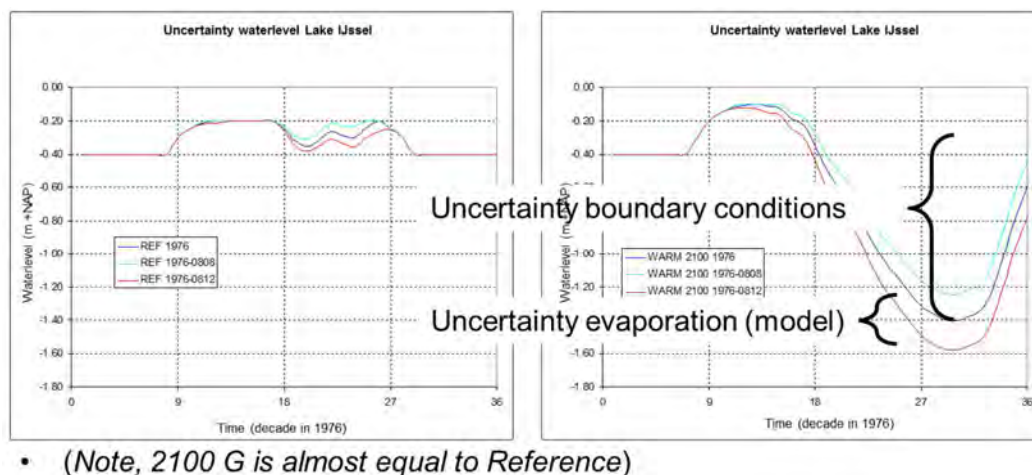


Chloride concentration at Krimpen in 2100RD is almost equal to Reference

Figuur A.5 Berekende aantal dagen per jaar dat de limiet (mg Cl/l) wordt overschreden bij Krimpen aan de IJssel.

5 Open water verdamping IJsselmeer

Ten aanzien van de open water verdamping bestaan in de literatuur verschillende procesformuleringen. In NHI (als onderdeel van het Deltamodel) is één van deze formuleringen opgenomen (Makking referentieverdamping * seizoensafhankelijke factor). Uiteraard is het denkbaar om één van de andere formuleringen te gebruiken, en dat zal dan zeker tot een (iets) andere verdamping leiden, en daarmee tot een ander berekend waterpeil in bijvoorbeeld het IJsselmeer. In dit reken-experiment is de huidige open water verdamping in NHI met 20% verhoogd en met 20% verlaagd, en zijn daarvoor berekeningen uitgevoerd voor de Referentie-2015 en het Deltascenario 2100-Warm/Stoom. (Hier is niet gepresenteerd dat 2100-Rust/Druk goed vergelijkbaar is met Referentie-2015). Onderstaande figuur presenteert de resultaten van deze 6 berekeningen als het waterpeil in het IJsselmeer.



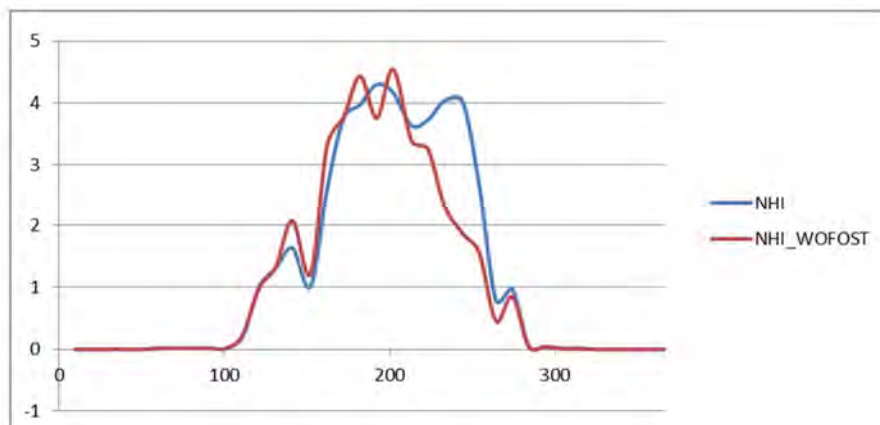
Figuur A.6 Berekende waterstand IJsselmeer voor referentie situatie (links) en scenario 2100 Warm (rechts). In de linker figuur zijn de resultaten voor de Referentie-2015 (\approx 2100-Rust/Druk) weergegeven, en in de rechter figuur de resultaten voor 2100-Warm/Stoom. Het blijkt dat de verschillen in de verdamping inderdaad leiden tot een ander waterpeil op het IJsselmeer. Voor 2100-Warm/Stoom zou dit kunnen oplopen tot een verschil van 40 cm. Gelijktijdig kunnen we ook concluderen dat het effect van het Deltascenario 2100-Warm/Stoom orde grootte 90-130 cm bedraagt. Deze range geeft de onzekerheid weer in de randvoorwaarden voor de Deltascenario's tussen 2100-Warm/Stoom en 2100-Rust/Druk.

Hoewel dus duidelijk is dat de onzekerheid in de open water verdamping kan leiden tot een (iets) ander berekeningsresultaat voor het water peil in het IJsselmeer, is ook duidelijk dat de onzekerheid in de randvoorwaarden in 2100 beduidend groter is. Kortom, de onzekerheid in de randvoorwaarden in 2100 is ook hier groter dan de modelonzekerheid.

6 Gewasverdamping

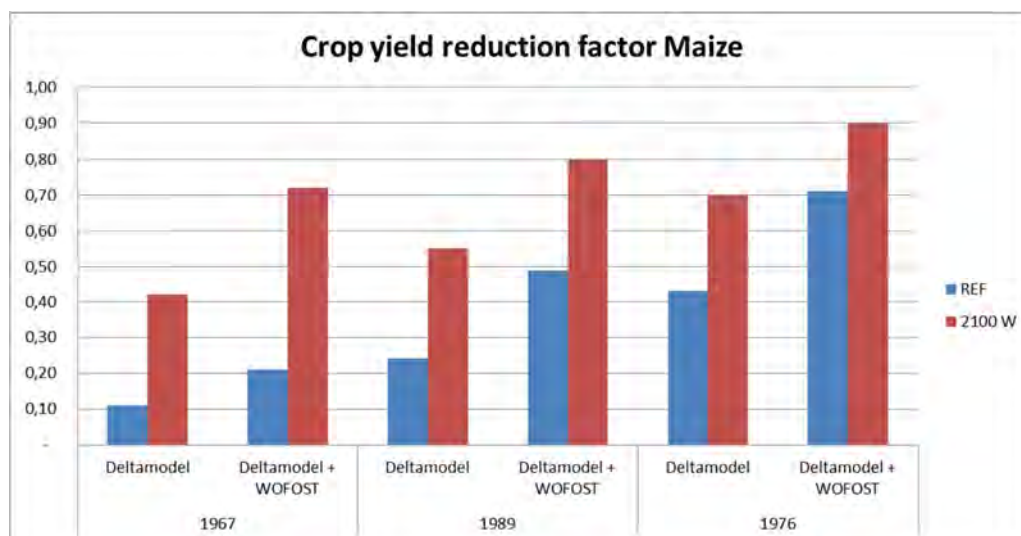
Van Walsum en Van der Bolt (2013) hebben onderzoek gedaan naar de onzekerheid in de gewasverdamping (evapotranspiratie) zoals in NHI is opgenomen. De gewasverdamping is afhankelijk van de gewasgroei: hoe meer gewas er staat, desto meer verdamping. In NHI wordt de gewasgroei vooralsnog standaard opgedrukt, en wordt daarmee elk jaar gelijk verondersteld. In de praktijk zal echter het gewas in een koud voorjaar later gaan groeien dan in een warm voorjaar en is de gewasverdamping in een koud voorjaar kleiner dan in een warm voorjaar. Daarmee is ook de watervraag afhankelijk van de gewasgroei.

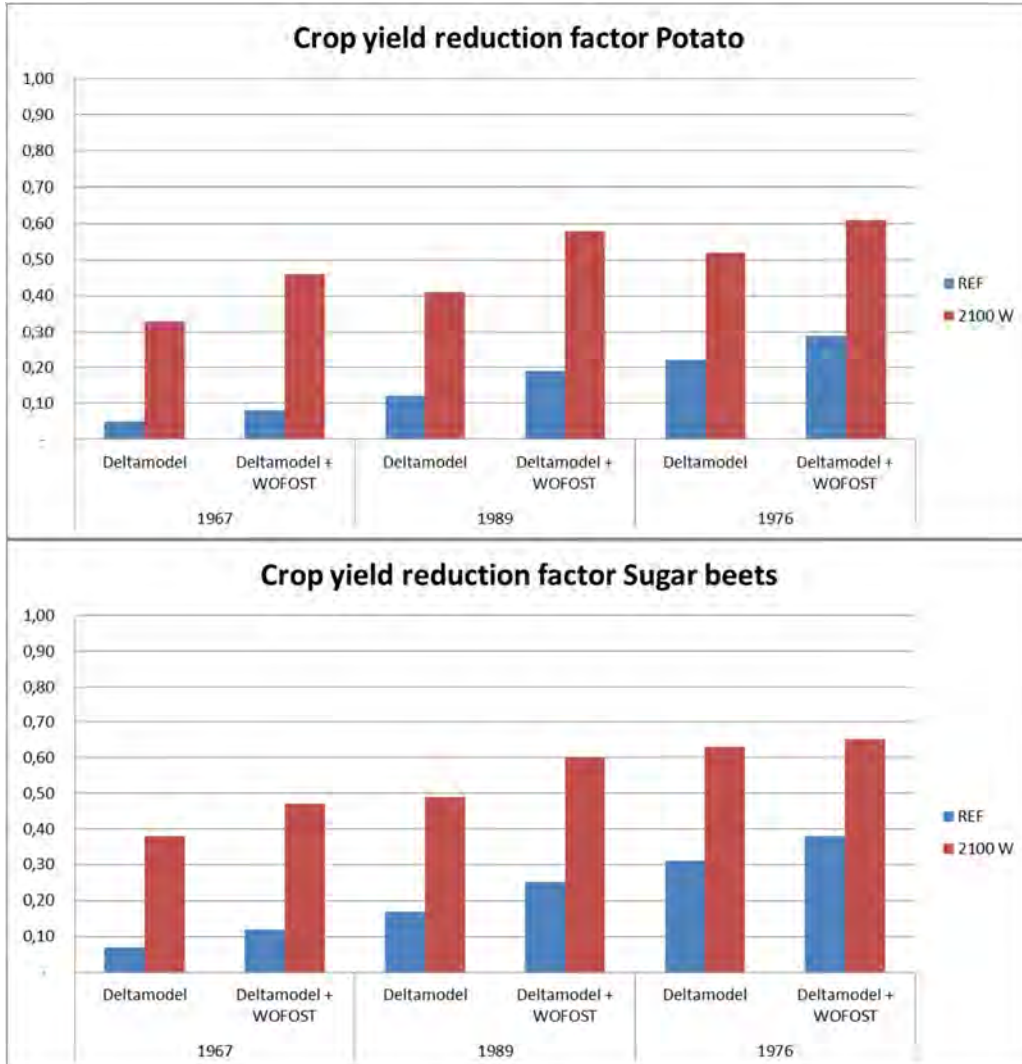
Met het model WOFOST kan de gewasgroei worden gesimuleerd. Door de resultaten van WOFOST te gebruiken om de gewasverdamping in NHI te bepalen, kan daarmee ook de watervraag nauwkeuriger worden bepaald. Onderstaande figuur geeft aan hoe de watervraag kan verschillen in een berekening met alleen NHI en een berekening met NHI+WOFOST.



Figuur A.7 Berekende watervraag (in mm/dag) voor een berekening met alleen NHI, en NHI+WOFOST, naar Van Walsum en Van der Bolt (2013).

Van Walsum en Van der Bolt hebben berekeningen gemaakt voor verschillende gewassen en voor Referentie-2015 en 2100-Warm. Zij hebben de resultaten in een tabel opgenomen in het rapport en deze gegevens zijn onderstaand grafisch weergegeven voor mais, aardappelen en suiker biet. Daarbij is de gewas-reductie factor de beperking van het gewas (als gevolg van een beperking van de waterbeschikbaarheid), en daarmee een maat voor de gewasschade.





Figuur A.8 Grafische presentatie resultaten gewasreductie factoren, naar Van Walsum en Van der Bolt (2013).

Uit de resultaten van de berekeningen blijkt dat de gewasschade in alle gevallen in de berekening met WOFOST steeds hoger is dan in de berekening zonder WOFOST. Daarmee wordt de gewasschade wellicht onderschat in NHI zoals opgenomen in het Deltamodel. Voor een operationele toepassing kan dit relevant zijn.

Uit de resultaten blijkt ook dat het verschil tussen de Referentie-2015 en 2100-Warm (vrijwel steeds) leidt tot een groter verschil in de gewasschade. Met andere woorden, de onzekerheid in de randen voor 2100 is ook hier groter dan de onzekerheid in het model. Voor een toepassing in het kader van beleidsanalyse is het dus belangrijker om technieken te ontwikkelen waarmee we kunnen omgaan met deze onzekerheid in de verre toekomst, dan om de modellen voor de huidige situatie nauwkeuriger te maken.

Conclusie

Uit de verschillende reken-experimenten komt naar voren dat de onzekerheid in de modellen kan leiden tot niet-onaanzienlijke verschillen in de rekenresultaten. Voor een toepassing van de modellen in de **huidige** situatie (zoals voor operationeel waterbeheer) kan het daarom relevant zijn om de model-onzekerheid te reduceren door aanvullend onderzoek uit te voeren en/of de modellen uit te breiden cq. te verbeteren.

Uit de verschillende reken-experimenten komt ook naar voren dat de onzekerheid in de randen voor de **toekomstige** situaties (zoals in beeld gebracht met de verschillende Deltascenario's) in de meeste gevallen groter is dan de model-onzekerheid. Op basis daarvan verdient het aanbeveling om in de beleidsanalyse (gebruik te maken van de beste beschikbare modellen en) de focus te leggen op het ontwikkelen van technieken die zijn gericht op het omgaan met onzekerheden.

B Mogelijkheden voor het verhogen van de rekensnelheid

Er zijn in theorie verschillende manieren om de rekensnelheid te verhogen. Figuur B.1 geeft een overzicht van een aantal mogelijkheden (overigens zonder te ambiëren compleet te zijn).

Zo is het natuurlijk goed om de meest actuele (snelle) **hardware** te gebruiken. De Wet van Moore stelt immers dat het aantal transistors in een geïntegreerde schakeling door de technologische vooruitgang elke 2 jaar verdubbelt, en daarmee neemt de rekensnelheid (CPU) ook steeds toe. Een andere hardware optie is om parallelle processen ook op parallelle computers uit te voeren, zodat deze processen niet op elkaar hoeven te wachten. In de **software** kan rekentijd worden gewonnen door nieuwe en slimmere algoritmes te gebruiken (bijvoorbeeld de sub-grid techniek zoals binnen 3Di wordt ontwikkeld). Maar ook kan in de software nog vaak versnelling worden gerealiseerd door schone code te gebruiken. Naast de verbeteringen in de hardware en software valt rekentijd te winnen in de opzet van de berekeningen: **good modeling practise** (GMP). Zo helpt het soms de totale berekening op te delen in subsystemen en de berekeningen voor de subsystemen parallel uit te voeren op verschillende processoren (dit kan bijvoorbeeld binnen Waqua en iMod). Ook zijn er mogelijkheden om de rekentijd te beperken door de resolutie van de schematisatie te verkleinen (dus grotere ruimtelijke segmenten en grotere tijdstappen te gebruiken), irrelevante delen in de schematisatie uit te schakelen, of de rekenperiode te verkorten (bijvoorbeeld door de initialisatie te verbeteren). Tenslotte biedt de **visualisatie** mogelijkheden voor het reduceren van de rekentijd. Door down-scaling van de (grove) berekeningsresultaten kan een (fijnere) presentatie worden gerealiseerd, zonder gedetailleerde berekeningen uit te voeren. En in de gaming industrie wordt gewerkt aan het gebruik van de processoren op de grafische kaart (GPU). Deze technieken kunnen ook worden gebruikt voor het uitvoeren van berekeningen.



Figuur B.1 Verschillende mogelijkheden voor het verhogen van de rekensnelheid.

C Uniforme analyse- en rekenmethode

Het Werkplan Deltamodel - versie juni 2010 (Dijkman en Ruijgh, 2010) gaat in op de mogelijkheid om uniforme analyse- en rekenmethode te volgen in de verschillende deelprogramma's, als een integratiestap richting een consistent Deltamodel. Daarbij werd gewezen op de mogelijke toepassing van de probabilistische aanpak voor zowel waterveiligheid als waterverdeling. Op dat moment was het echter niet aan de orde om de probabilistische aanpak toe te passen voor waterverdeling, en is ervoor gekozen om langjarige tijdseries door te rekenen.

In het kader van DP Zoetwater heeft de discussie over de aanpak een vervolg gekregen, waarbij onder meer gesproken wordt over de mogelijkheid te komen tot een economisch optimaal voorzieningenniveau. Als bijdrage aan die discussie schetst deze bijlage de contouren van een mogelijke probabilistische aanpak voor waterverdeling. Dit is nadrukkelijk een eerste contour-schets en wordt hier gepresenteerd als een discussiestuk dat zou kunnen worden gebruikt in de verdere gesprekken binnen DP Zoetwater.

In analogie met de aanpak voor waterveiligheid lijkt het ook voor de waterverdeling mogelijk om de randvoorwaarden van het waterverdelingssysteem te beschouwen als stochasten. Het zou dan kunnen gaan om bijvoorbeeld de volgende parameters:

- 1 neerslag en verdamping
- 2 kwel en wegzijging (van/naar de diepere ondergrond)
- 3 bovenstroomse aanvoer (inclusief chloride concentratie)
- 4 benedenstroomse zeerand

De gedachte is dat we elk van deze parameters beschouwen als stochast, en dus voor elke parameter een aantal waarden definiëren, inclusief de kans op het voorkomen van elke waarde. Vervolgens kunnen we berekeningen uitvoeren voor alle combinaties van deze 4 stochasten. Elke berekening vertegenwoordigt daarbij een kans op het voorkomen van de combinatie van de stochasten (op basis van de combinatie van de kans op voorkomen van de individuele waarden). Uit elke berekening (met LHM/NHI) volgt de hoeveelheid water die wordt ingelaten in het regionale watersysteem vanuit het waterverdelingsnetwerk, inclusief de reductiefractie waarmee de watervraag vanuit de regio is gekort. Het voordeel van het gebruik van een reductiefractie is dat daarmee een landelijk beeld kan worden geschetst waaruit in een beeld duidelijk wordt hoe de reductie over het land relatief verdeeld is.

Tenslotte zouden we de berekende reductiefracties en de bijbehorende kansen kunnen combineren tot een 'maatgevende reductiefactor', analoog aan de berekening van de 'maatgevende waterstand' bij waterveiligheid. Deze "MRF" vormt dan de (op basis van de bijbehorende kansen gewogen gemiddelde) reductiefractie waarmee de watervraag uit de regio is gekort, bij een specifieke herhalingstijd die als norm is gesteld.

Maatregelen in het waterverdelingsnetwerk kunnen leiden tot een andere beschikbaarheid van water, en de beschikbaarheid van water positief (of negatief) kunnen beïnvloeden. Maatregelen in de regio zouden de vraag naar water kunnen beïnvloeden. Beide type maatregelen zouden in LHM/NHI moeten worden opgenomen, en nieuwe berekeningen zouden dan tot een andere "MRF" kunnen leiden. De bovengenoemde stochasten vormen nu

een onderdeel van de Deltascenario's, en aanpassingen in deze scenario's zou aanleiding kunnen zijn om de bijbehorende kansen bij te stellen.

Een belangrijk punt voor deze berekeningen zijn nog de initiële condities. Wellicht zou deze als een 5^{de} stochast moeten worden opgenomen – daarvoor lijkt een nadere analyse nodig tijdens de verdere uitwerking van deze contour-schets.

Op dit moment kunnen we nog wel een eerste schatting maken van het mogelijke aantal berekeningen en de bijbehorende rekentijd. Laten we eens uitgaan van 10 verschillende waarden voor de neerslag en verdamping en 3 verschillende waarden voor de kwel/wegzijing, beide op te geven als een grid voor heel Nederland. Dit zouden samen dus 30 berekeningen betekenen. Combineren we dit met 5 verschillende waarden voor de buitenlandse aanvoer (Rijn, Maas, Schelde, Vecht, etc.) en 2 verschillende waarden voor de hoogte van de zeespiegel, dan gaat het in totaal om 300 berekeningen. Het benodigde aantal initiële condities lijkt gerelateerd te zijn aan de lengte van de berekeningen: naarmate de lengte van de berekening korter is zijn waarschijnlijk meer verschillende initiële condities nodig. Als we (als eerste benadering) uitgaan van een berekening voor een periode van 1 maand en 5 verschillende initiële condities, dan gaat het dus in totaal om een berekening van 1500 maanden.

De performance van het huidige LHM/NHI in het Deltamodel bedraagt ongeveer 1 jaar in 12 uur (dus 1 uur per maand). Met andere woorden, deze 1500 berekeningen kosten ongeveer 1500 uur = orde 60 dagen. Dit lijkt nog erg veel, maar deze 1500 berekeningen zijn op zich onafhankelijk, en zouden dus goed parallel kunnen worden uitgevoerd op meerdere servers. Daarmee kan de rekentijd betrekkelijk eenvoudig substantieel worden beperkt.

Gezien de lopende gesprekken binnen DP-Zoetwater verdient het aanbeveling om bovenstaande gedachtes nader uit te werken in nauwe samenwerking met zowel DP-Zoetwater als DP-Veiligheid, zodat op termijn de onderlinge consistentie in het modelinstrumentarium verder kan worden versterkt.

D Samenvatting adviezen IAC

De Internationale Advies Commissie IAC Deltamodel is tot nu toe zeven maal bijeen gekomen, en heeft na elke bijeenkomst een advies geformuleerd. Onderstaand overzicht geeft een samenvatting van de onderwerpen die de IAC heeft behandeld in haar adviezen. Voor meer detail wordt verwezen naar de oorspronkelijke documenten (Schaap et al, 2010-2014).

1st Advice (June-2010)

- 1) Focus is important
- 2) Uncertainty analysis is necessary
- 3) The Deltamodel requires regular updates
- 4) A flexible scenario framework is required
- 5) You need a clear communication strategy

2nd Advice (January-2011)

- 1) Don't make the Delta Instruments only water-orientated
- 2) The Delta Instruments
 - a. Create a consistent set of tools
 - b. Work together
- 3) Uncertainties
 - a. Provide an uncertainty range and test the uncertainty in the effects models
 - b. Some additional points of advice about dealing with uncertainties
- 4) Scenarios
 - a. Analyse the full range of future conditions: concentrate on expected reasonable ranges, but do not exclude the more extreme possibilities
 - b. Consider social-economic changes as well as climate change
 - c. Some more considerations
- 5) Deltaportal
 - a. The Deltaportal is an important part of the Deltamodel
 - b. The Deltaportal should be the portal for all Delta Instruments
 - c. Make the Deltaportal open to the general public
 - d. You need a specialist group to support the Deltaportal
 - e. Have a feedback loop built in, to monitor how the Deltaportal is used
 - f. Make sure the quality is sufficient before the portal is online; there is a risk to the credibility of the whole project is the portal is online too soon.
- 6) Make sure that your analyses consider normal conditions as well as extreme conditions

3rd Advice (November-2011)

- 1) Organisation
 - a. Have a clear organisation and central coordination
 - b. Start running case studies
- 2) Delta-instruments: Service desk
 - a. The servicedesk should be central in the Delta-instruments and needs a strong central coordination
 - b. The servicedesk should be equipped with a toolbox of flexible models to be able to anticipate demands and answer questions.
- 3) Uncertainty in decision making
 - a. Translate the conceptual uncertainty to the reality
 - b. Expand the scope of the study
 - c. Don't let uncertainties become an excuse for inaction
 - d. Take account of the tradition in treating uncertainties and build upon that
- 4) Freshwater
 - a. On the NHI: Make uncertainties of the NHI more transparent
 - b. On the subprogramme freshwater: Consider also strategies that target the water-demand
 - c. On the subprogramme freshwater: Accept that the Deltamodel can not solve all problems – some need to be addressed through regional models
- 5) Safety
 - a. Consider all risk-management alternatives in an economic framework
 - b. Include geotechnical failure mechanisms in your models
- 6) Scenarios
 - c. Consider the coincidence of two different types of hydrological regimes
 - d. Do not focus on climate change alone!

4th Advice (April-2012)

Part A. Deltamodel

- 1) Creation of the input files is an important activity, which should not be underestimated.
- 2) Include changes in river morphology in the Deltamodel
- 3) For the longer term, you may consider to include other impacts in the Deltamodel

Part B. Delta-instruments / Delta Programme

- 4) Develop capacity for back-casting to check what is needed in order to implement to a Deltadecision
- 5) Organisation delta instruments
 - a. Communicate and interact with stakeholders
 - b. At the policy directors level direction has to be given.
 - c. Involve politicians at an earlier stage
- 6) Continue with the case studies
- 7) Effect-modules
 - a. Don't be too ambitious

- b. Take care of the integration of the Effects-modules
 - c. Direction has to be given
 - d. Involve stakeholders
- 8) Computation centre: provide good documentation and training on how to use the model
- 9) Provide more information on the comparison system

Part C. Uncertainty in the Deltamodel and Delta-instruments

- 10) Develop a structural approach to categorise uncertainty and guidance on how to deal with it.

Part D. Other recommendations

- 11) We like the idea of the Delta design studio
- 12) Consider more extreme scenarios

5th Advice (December-2012)

Part A. Deltamodel

- 1) Publish!
- 2) Promote the use of the Deltamodel
- 3) Further development of the Deltamodel

Part B. Delta-instruments

- 4) Test resilience for extreme scenario's
- 5) Continu development of the strategy for dealing with uncertainty
- 6) Future use

Part C. Delta Programme

- 7) Harmonisation between sub-programmes
- 8) Decision making process

6th Advice (August-2013)

- 1) Time schedule for the Delta-decisions (*is worrying us*)
 - a. Effects modules and decision criteria (*have to mature further*).
 - b. Decision making process (*have to mature further*)
- 2) Tipping points (*define them*)
- 3) Adaptive Delta management (*make sure you stay ahead of problems*)
- 4) Uncertainty (*test in more extreme scenario's*)
- 5) Coordination and integration (*of the sub-programmes is required*)
- 6) Organise a symposium or working meeting (*for exchanged of information among the sub-programmes*)

7th Advice (February-2014)

- 1) Transparency of the decision making process
- 2) Tipping points
- 3) Time schedule for the Delta decisions
- 4) Uncertainties
- 5) Positioning of the Delta model and Delta Programme
- 6) Adaptive Delta management
- 7) Further recommendations
 - a. New KNMI should be explored before publication
 - b. Publish and make the Delta model available for education and research
 - c. Use historical analyses in conjunction with the models.

E Aanbevelingen ontwikkeling Deltamodel 2.0

Op basis van de lessons learned zoals beschreven in de verschillende hoofdstukken van dit rapport zijn de volgende technische aanbevelingen geformuleerd voor de ontwikkeling van Deltamodel 2.0 als permanent beleidsanalytisch modelinstrumentarium.

Waterveiligheid

- Neem de nieuwe Sobek-3 modellen op voor de berekeningen hydrodynamica voor de deelgebieden:
 - IJVD
 - DPR
 - DPRD
- Geef aandacht aan de geografische afbakening van het Deltamodel voor waterveiligheid
 - plan de geografische uitbreiding (in overleg met B&O modellen)
 - leg de eerste prioriteit bij Zeeland, Hollandsche IJssel, Randmeren
 - en de tweede prioriteit bij de Noordzee en Wadden
- Hydra-Zoet
 - reduceer het aantal uitvoerlocaties (bv. om de 25 km)
 - verbeter informatie over de dijkprofielen (en regel het beheer)
 - neem macro-stabiliteit buitendijks op (ivm. grootschalige morfologische ontwikkelingen)
 - geef aandacht aan B&O Hydra-Zoet (één versie behouden, in overleg met B&O Hydra-Zoet)
 - bereid de overstap naar Hydra-Ring voor
- Effectmodellen waterveiligheid
 - neem een beslissing over de positionering van de effectmodellen
 - implementeer dan de koppeling van Deltamodel 2.0 met de nieuwe versie van KOSWAT
 - biedt duidelijkheid over de mogelijke koppeling van het Deltamodel met modellen voor overstromingsrisico (LIR, GR)

Waterverdeling

- LHM
 - gebruik (in overleg met projectteam LHM) in het Deltamodel een grid van 1*1 km² voor de berekening van de ondergrond (Modflow), en reken daarbij op decade basis
 - gebruik (in overleg met projectteam LHM) in het Deltamodel een grid van 250*250 m² voor het topsysteem (MetaSwap), en reken daarbij op dag basis
 - pas (in overleg met projectteam LHM en KRW-Verkenner) de schematisatie van MetaSwap aan op basis van de wensen voor waterkwaliteit
 - vervang (in overleg met projectteam LHM) in de volgende versie van LHM Mozart + DM door RTC + LSM-*light*, en neem die volgende versie van LHM op in het Deltamodel

- *LSM-light*
 - voeg Zeeland toe aan de schematisatie voor *LSM-light*
 - neem de nieuwe Sobek-3 modellen (voor Rijntakken (inclusief IJssel), Maas en Rijnmond) op in *LSM-light*
 - reduceer de rekentijd van *LSM-light* tot max. 1 uur voor een berekening van 1 jaar
 - koppel alle regionale componenten binnen *LSM-light* met OpenMI tot een volledig model
 - voer (mede ten behoeve van VONK) een kalibratie en validatie uit voor *LSM-light* op zowel de berekende afvoeren als waterstanden
 - herstart (in samenwerking met STOWA) het overleg met de regionale waterbeheerders over het gebruik van de regionale modellen voor het waterverdelingsnetwerk, en geef daarbij aandacht aan de geografische afbakening van *LSM-light*
 - organiseer (in samenwerking met STOWA) een platform voor de uitwisseling van kennis tussen de regionale waterbeheerders over de wijze van modelleren van het regionale watersysteem

- Effectmodellen
 - neem een beslissing over de positionering van de effectmodellen
 - neem zout op in *LSM-light* (en vervang daarmee SOBEK-RE voor de zoutmodellering)
 - zorg dat LTM (Koelwat) en Drinkwat aansluiten op *LSM-light* (ipv. LSM)
 - zorg voor een robuuste koppeling van BIVAS met *LSM-light*, en verbeter BIVAS zodat in max. 1 uur een ruimtelijk gedistribueerd beeld voor heel Nederland kan worden berekend voor 1 jaar
 - standaardiseer de export naar KRW-Verkenner
 - neem Habitat op in de KRW-Verkenner
 - neem de presentatie van de verdringingsreeks over van FEWS-Waterbeheer (en beschouw de overige mogelijkheden voor afstemming met FEWS-Waterbeheer)

Delta-scenario's

- breidt de Delta-scenario's uit met:
 - nieuwe KNMI-scenario's
 - autonome ontwikkelingen, zoals grootschalige morfologie
 - onzekerheid in het windklimaat IJVD
 - ontwikkelingen in de berekening

Delft-FEWS

- verbeter de transparantie van de berekeningen door alle invoergegevens op te nemen in de presentatie binnen Delft-FEWS, zodat het Deltamodel als een kennissysteem kan blijven functioneren
- verbeter de export naar en (met name) de import vanuit het Archief Delft-FEWS
- verbeter de presentatie resultaten in Delft-FEWS (voor combinatie van verschillende sommen)
- verbeterde de afstemming in de opzet binnen de configuratie van Delft-FEWS voor DPR/DPRD/DPIJ enerzijds en DPZW anderzijds

OTAP/Hosting

- blijf de OTAP-straat toepassen voor de verschillende fases (ontwikkeling – testen – acceptatie – productie), en stuur deze allemaal aan vanuit één project-organisatie
- zet de beschikbare hardware flexibel in binnen OTAP-straat