

# Memo

**Aan**  
Neeltje Kielen

<b>Datum</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Aantal pagina's</b>
21 december 2016	1230077-001-ZWS-0008	16
<b>Van</b>	<b>Doorkiesnummer</b>	<b>E-mail</b>
Remi van der Wijk	+31(0)88335 8469	remi.vanderwijk@deltares.nl

**Onderwerp**  
Afvoerdeling en beschikbare metingen Rijnmaasmonding

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
3.0	dec. 2016	Remi van der Wijk		Ymkje Huismans		Frank Hoozemans	
5.0	dec. 2016	Remi van der Wijk	<i>Rwf</i>	Ymkje Huismans	<i>jh</i>	Frank Hoozemans	<i>J</i>

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding en probleem

Deltares heeft eerder geuit dat er te weinig kennis is van de werking van het systeem Rijnmaasmonding (Zijl et al., 2014). Dit omvat ook de kennis van de debietverdeling in zowel de modellen als in de werkelijkheid. Gedegen kennis van debietverdeling is essentieel voor:

- Een validatie van de zoutverspreiding in modellen van de Rijnmaasmonding;
- Inzichten over de grootste debieten en stroomrichtingen voor de zouttransporten.

Tot op heden werd deze kennis uit SOBEK-RE NDB (eerdere generatie model) gehaald, het is echter beter om deze analyses op metingen te baseren waar mogelijk. Het was echter niet bekend of er voldoende metingen waren om een analyse te baseren op metingen.

Tot 2016 was het ook niet bekend hoe goed de kwaliteit van de afvoer is binnen simulaties van de 5<sup>de</sup> generatie 1D en 2D modellen. Het was dus niet mogelijk om een vergelijkbare analyse uit te voeren met de 5<sup>de</sup> generatie modellen die wel werd gedaan met SOBEK-RE. Binnen het project KPP modelschematisaties is in 2015 de wens geuit om de modellen te valideren met afvoermetingen.

In dit onderdeel zijn daarom de volgende werkzaamheden ondernomen:

- Inventarisatie van de beschikbare debietmetingen op splitsingspunten;
- Overzicht van de beschikbare metingen inclusief een analyse voor de bruikbaarheid van de gegevens zodat toekomstige studies sneller van start kunnen gaan;
- Een begin rondom systeeminzicht voor lage en gemiddelde afvoer condities.

In deze memo wordt ook kort verteld hoe goed de metingen worden gereproduceerd door de 5<sup>de</sup> generatie modellen. Hier worden ook enkele trends aangestipt waar rekening mee gehouden moet worden indien de modellen voor scenario studies worden gebruikt. Het overzicht bouwt voort op het werk van Kranenburg & Schueder (2015) en Schroevers (2016). De beoordeling van de modellen is een voor dit vraagstuk toegespitste samenvatting van het rapport van der Wijk & Fujisaki (2016).

Datum  
21 december 2016

Ons kenmerk  
1230077-001-ZWS-0008

Pagina  
2/16



Figuur 1.1 Overzichtskaat Rijnmaasmondung met splitsingspunten en meetnetpunten

## 1.2 Doel

Het doel van deze memo is:

- Een inventarisatie maken van de beschikbare debietmetingen op splitsingspunten in de Rijnmaasmonding;
- Een overzichtelijke samenvatting geven van de beschikbare grootschalige afvoermetingen om toekomstig werk in de Rijnmaasmonding te bespoedigen.
- Een korte samenvatting geven hoe goed de 5<sup>de</sup> generatie modellen in staat zijn om de stromingsmetingen te reproduceren.
- Een korte samenvatting geven van eerder werk over de mate waarin 3D modellen in staat zijn om stromingsmetingen te reproduceren.
- Een overzicht geven van de systeemwerking op basis van modelsimulaties voor lage en gemiddelde afvoer condities.

Het overzicht van de beschikbare metingen wordt gegeven in een Excel bestand. Deze memo dient onder andere als beschrijving bij het Excel bestand (1230077-001-ZWS-0008-OverzichtADCPmetingen.xlsx). Verder wordt in detail ingegaan op de kwaliteit van de 5<sup>de</sup> generatie modellen in een rapportage uit KPP Modelschematisaties. In deze memo wordt een korte samenvatting gegeven die relevant is voor KPP Verzilting.

## 2 Afvoermetingen

### 2.1 Beschikbare gegevens

Bij Deltares en Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid zijn er momenteel 7 grootschalige campagnes bekend waarin er stromingsmetingen zijn gedaan op tenminste 3 splitsingspunten. Er zijn op verschillende locaties langdurige zout- en stromingsmetingen gedaan die zijn beschreven in Schroevers (2016). Tevens zijn er sinds 2014 metingen gedaan die in beheer zijn van de WUR (2014) en Havenbedrijf Rotterdam (2015). Deze zijn niet in beheer van Rijkswaterstaat en zijn daarom niet opgenomen in dit overzicht.

Er wordt gewerkt aan een overzicht waar op basis van de condities verschillende campagnes worden gecategoriseerd. Er is nu gekozen om een overzicht te geven van grootschalige campagnes, deze campagnes zijn namelijk geschikt voor modelvalidaties voor de hydrodynamica, welke de basis zijn voor een goede zoutmodellering. Bij afwijkingen ten opzichte van de metingen kan op andere splitsingspunten namelijk worden gekeken of daar soortgelijke afwijkingen zijn te vinden.

#### 2.1.1 Overzicht

Het overzicht (Tabel 2.1) is opgebouwd om snel een overzicht te geven van de beschikbare gegevens en welke mogelijkheden er zijn met de data. (t.b.v. systeemanalyse en voor uniforme validatie en kalibratieset voor hydrodynamische, morfologische en zoutverspreidingsmodellen). Er is hierbij onderscheid gemaakt op de volgende categorieën:

- Locatie, de beschikbare locaties zijn van cruciaal belang voor de vragen die zijn te beantwoorden voor verschillende (validatie) studies;
- Randvoorwaarden, dit omvat een beschrijving van de rivierafvoer en opzet. Een andere benaming zou condities kunnen zijn;
- Gebruik, dit geeft een indicatie waar de set voor is gebruikt of redelijkerwijs voor is te gebruiken;

- Kwaliteit is een beoordeling van de ADCP gegevens na ervaring binnen het validatie project. De beoordeling is gebaseerd op beschikbare metadata, opvallende meetfouten en netheid van de dataset.
- Zout is een parameter die kort wordt benoemd om aan te geven of de zoutconcentratie **tegelijk met de stromingsmetingen is bepaald.**

Uit het overzicht is te concluderen dat 5 van de 7 campagnes zich met name hebben toegelegd op de splitsingspunten rondom de Oude Maas en dan voornamelijk in het havengebied. Slechts 1 campagne heeft ook metingen uitgevoerd op het Haringvliet. Er zijn wel stromingsmetingen beschikbaar op het Haringvliet die niet in combinatie met andere locaties zijn uitgevoerd. Het overzicht zou in de nabije toekomst aangevuld moeten worden met metingen die uitgevoerd zijn in 1 gebied. Het criterium waar dan op gesorteerd kan worden is een combinatie van condities, zoals afvoer en windopzet. Dit zou het zoeken op specifieke omstandigheden om op te valideren vereenvoudigen.

Tevens valt er op dat de extremere condities, zowel hoge rivierafvoer als hoge opzet, minder vaak zijn gemeten. Dit is logisch omdat deze condities minder vaak voorkomen, maar biedt ook de uitdaging om met weinig gegevens de interessante condities te valideren en/of te gebruiken. In de memo van Schroevers (2016) is een prioritering opgegeven voor welke condities gebruikt dienen te worden om een meetcampagne uit te voeren om de zoutindringing zo goed mogelijk in kaart te brengen.

In de classificatie omtrent het gebruik is er een verschil aangebracht tussen zoutindringing en zoutverdeling. Hierbij geeft zoutindringing een indicatie tot hoever de zouttong komt en geeft zoutverdeling een indicatie hoe deze tong zich verspreid in de Rijnmaasmonding. Voor deze toepassing kan ook in beperkte mate gebruik gemaakt worden van het vaste meetnet voor zoutconcentraties.

Al met al zijn er verschillende data sets beschikbaar die een breed bereik beschrijven aan condities. Zoals Schroevers (2016) al heeft gesteld zijn condities met hoge opzet prioriteit om te meten voor het verziltingsvraagstuk (Tabel 2.2). Voor de systeemanalyse zou met oog op wijzigingen in de Rijnmaasmonding sinds 1999 een nieuwe hoge rivierafvoer meetcampagne wenselijk zijn. Verder is het aan te raden om metingen op het Haringvliet uit te voeren die integraal onderdeel zijn van metingen in het hele systeem.

De 13-uurs ADCP metingen zijn te gebruiken om de modellen te valideren op stroomsnelheden en afvoeren. Voor een goed beeld van de afvoerverdeling in het hele gebied is het raadzaam om meerdere splitsingspunten tegelijk te meten. Daarbij kan het handig zijn om op enkele belangrijke punten een langdurige meting te doen van de stroomsnelheden en/of afvoer. Met die metingen kan ook de afvoerverdeling van modellen worden gevalideerd om te bepalen of de aanname dat modellen in staat zijn om de afvoerverdeling voor verschillende condities te simuleren te toetsen.

## 2.1.2 Kwaliteit

Afvoermetingen verkregen vanuit ADCP metingen zijn nauwkeurig tot ongeveer 5% van de gemeten afvoer. Deze onzekerheid is voor elke dataset gelijk, dit wordt niet verder meegenomen in het beoordelen van de kwaliteit. Het beoordelen van de kwaliteit is gebeurd op basis van de opbouw van de dataset, waarschijnlijkheid van de resultaten en presentatie van de dataset.

De meeste datasets bestaan uit .val bestanden met de belangrijkste meta-info. Er zijn niet altijd profielen beschikbaar van de rivier bij de raaien om te corrigeren voor de stroming langs de oevers van de geul. De set uit 2011 bevat in tegenstelling tot andere datasets kaartjes die gedetailleerd weergeven waar de raaien van 2011 liggen.

Enkele metingen zijn direct af te schrijven omdat de gegevens overduidelijk niet juist zijn. De reden voor de afwijking is niet altijd terug te vinden in de documentatie. Met name in de 2011 data set zijn er enkele resultaten te vinden die niet in lijn zijn met de verwachting en modelresultaten (van der Wijk & Fujisaki, 2016). In Kranenburg & Schueder (2015) worden enkele metingen van de 2003 mei en augustus set in twijfel getrokken. Dit is gebaseerd op enkele duplicaten in de meetset en onlogische profielen en trends in de data.

Op basis van de ADCP metingen worden afvoeren gegenereerd met een bepaalde tijdstap. De grootte van de tijdstap bepaald ook het detailniveau van de afvoermetingen. Dit betekent dat het lastig is om de precieze maxima en minima in afvoer te bepalen omdat deze door interpolatie afgevlakt kunnen worden. Interpolatie in de profielen voor de locatie kan ook leiden tot verlies van detail in de meetdata. Dit wordt ook in Kranenburg & Schueder (2015) besproken voor de 2003 datasets.

**Datum** 21 december 2016      **Ons kenmerk** 1230077-001-ZWS-0008      **Pagina** 6/16

Tabel 2.1 Overzicht van beschikbare grootschalige afvoermetingen op tenminste 3 splitsingspunten met behulp van ADCP. Zie Figuur 1.1 voor de splitsingspunt nummers. Lage afvoer is als er minder dan 1200 m<sup>3</sup>/s bij Lobith wordt gemeten, gemiddelde afvoer is om en nabij 2200 m<sup>3</sup>/s bij Lobith en we spreken van hoge afvoer bij meer dan 4000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith. Geringe opzet is als er rond de 0,5 – 1,0 meter opzet in waterstand is bovenop de getijamplitude bij Hoek van Holland.

Datum	Aantal splitsingspunten	Splitsingspunten Nummer	Randvoorwaarden	Gebruik	Kwaliteit	Zout
1998-08	3	4, 5, 6	Lage afvoer, geringe opzet	Zoutindringing	Onbekend	Ja
1999-03	6	15, 13, 8, 14, 9, 10	Hoge afvoer, geen opzet	Rivierafvoerverdeling, Validatie modellen	Onbekend	Ja
2000-05	3	5, 4, 6	Gemiddelde afvoer, geringe opzet	Zoutindringing	Onbekend	Ja
2000-10	6	14, 8, 9, 10, 13, 12	Gemiddelde afvoer, geen opzet	Rivierafvoerverdeling	Redelijk	Ja
2003-05	5	4, 5, 6, 9, 10	Gemiddelde afvoer, geen opzet	Oude Maas waterbalans, Validatie modellen	Goed	Ja
2003-08	5	4, 5, 6, 9, 10	Lage afvoer, geringe opzet	Oude Maas waterbalans, Validatie modellen	Goed	Ja
2011-05	11	8, 7, 6, 5, 9, 14, 12, 13, 4, 16, 11	Lage afvoer, geen opzet	Zoutindringing, Oude Maas waterbalans, Haringvliet spuien, Rivierafvoerverdeling, Validatie modellen, Zoutverdeling	Redelijk	Ja

**Datum** 21 december 2016      **Ons kenmerk** 1230077-001-ZWS-0008      **Pagina** 7/16

*Tabel 2.2 Overzicht van de grootschalige afvoermetingen overgenomen uit Schroevens (2016) met aanpassingen naar aanleiding van communicatie met Schroevens inclusief prioritering voor nieuwe metingen voor zoutindringing vraagstukken, voor validatie van modellen of kennis van de werking van de hydrodynamica van het systeem is de prioritering niet gelijk*

	<b>Zeer lage afvoer =&lt; 1000 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Lage afvoer rond 1200 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Gemiddelde afvoer 2200 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Hoge afvoer</b>
<b>Hoge opzet (&gt;2,30 m)</b>	Prioriteit 1  Zodra het voorkomt	Prioriteit 2  Zodra het voorkomt	Prioriteit 3	Geen prioriteit
<b>Opzet die invloed heeft bij lage rivier afvoer (&gt; 1m)</b>	Prioriteit 2  2003-08	Prioriteit 1	Prioriteit 2  2000-05	Geen prioriteit
<b>Zonder opzet</b>	Prioriteit 2  2011-05	Prioriteit 1	Prioriteit 3  2000-10 2003-05	Geen prioriteit  1999-03

## 3 Modellen en afvoerverdeling

### 3.1 Gevalideerde modellen

Zowel het SOBEK3 als WAQUA model zijn gevalideerd met de 1998 en 2015 schematisatie (waqua-rmm-j98\_5-v2, waqua-rmm-j15\_5-v1, sobek-rmm-j98\_5-v2 en sobek-rmm-j15\_5-v1). De validatie omvat een vergelijking op getij maxima en minima en gemiddeld verschil. Daarnaast is er gekeken naar getijgemiddelde afvoeren van zowel de modelresultaten en de metingen.

#### 3.1.1 Overzicht van eerder werk omtrent validatie OSR model

Het OSR model, een 3D model van de Rotterdamse haven, is gevalideerd op basis van stromingsmetingen en zoutprofielen (Kranenburg & Schueder, 2015; Verbeek, 2015). In het werk van Kranenburg & Schueder (2015) is geconcludeerd dat de afvoer over de breedte van de rivier goed wordt geproduceerd op basis van visuele inspectie op de splitsingspunten Nieuwe Maas, Nieuwe Waterweg en Oude Maas. Er is alleen sprake van een getijamplitude overschatting op de Oude Maas (tot 25% overschatting).

In het werk van Verbeek (2015) wordt gedetailleerd gekeken naar afvoeren bij het splitsingspunt Oude Maas en Hartelkanaal. Daaruit volgde dat binnen het profiel van de rivier er verschillen in timing kunnen optreden. In zijn totaliteit was de reproductie van de afvoer goed op basis van visuele inspectie van de gegevens.

De gelaagdheid van de zoutverdeling wordt minder goed gereproduceerd in het OSR model. De gelaagdheid en verdeling van het zout binnen een profiel is logischerwijs niet te valideren met 1D en 2D modellen.

### 3.2 Resultaten modellen op de afvoeren

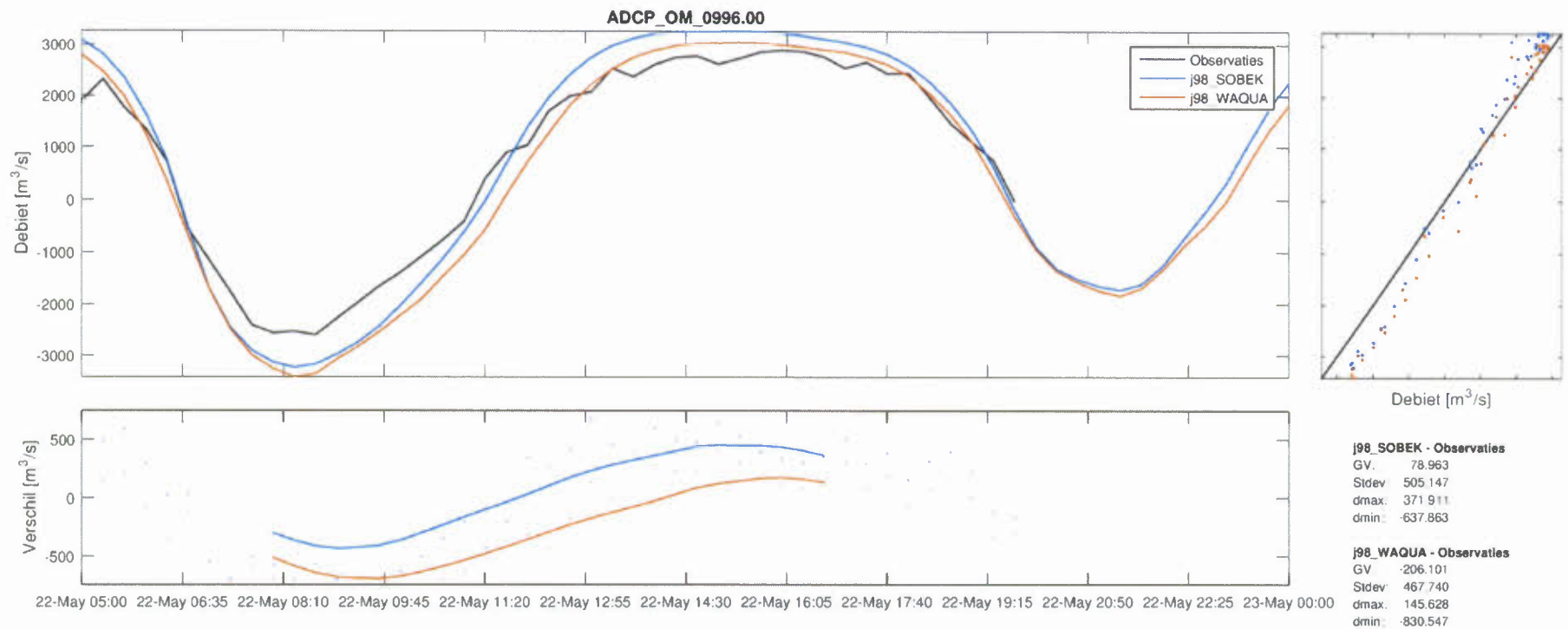
Beide 5<sup>de</sup> generatie modellen presteren redelijk (10-15 % afwijking) tot goed (5-10% afwijking) (1230071-004-ZWS-0028\_BijgevoegdeBestanden.zip). De classificatie in prestatie is gedefinieerd als een procentuele afwijking in het gemiddelde verschil. Daarnaast is een visuele inspectie gedaan door de metingen en simulatie resultaten in een grafiek te vergelijken. Beide modellen overschatten op veel splitsingspunten veelal de amplitude van de afvoer net als in het OSR model (Figuur 3.1). De minima en maxima wijken meer dan 5-10% af. Dit kan ook een gevolg zijn dat de piek van de afvoer in de metingen tussen twee meetmomenten valt. In bijvoorbeeld de 2003 casus was de tijdstap tussen de metingen tussen 15 en 30 minuten. De vorm van de afvoer is zeer vergelijkbaar tussen de metingen en de modelresultaten. Zelfs kleine schommelingen in de observaties zijn zichtbaar in de simulatie (Figuur 3.2).



Datum  
21 december 2016

Ons kenmerk  
1230077-001-ZWS-0008

Pagina  
9/16

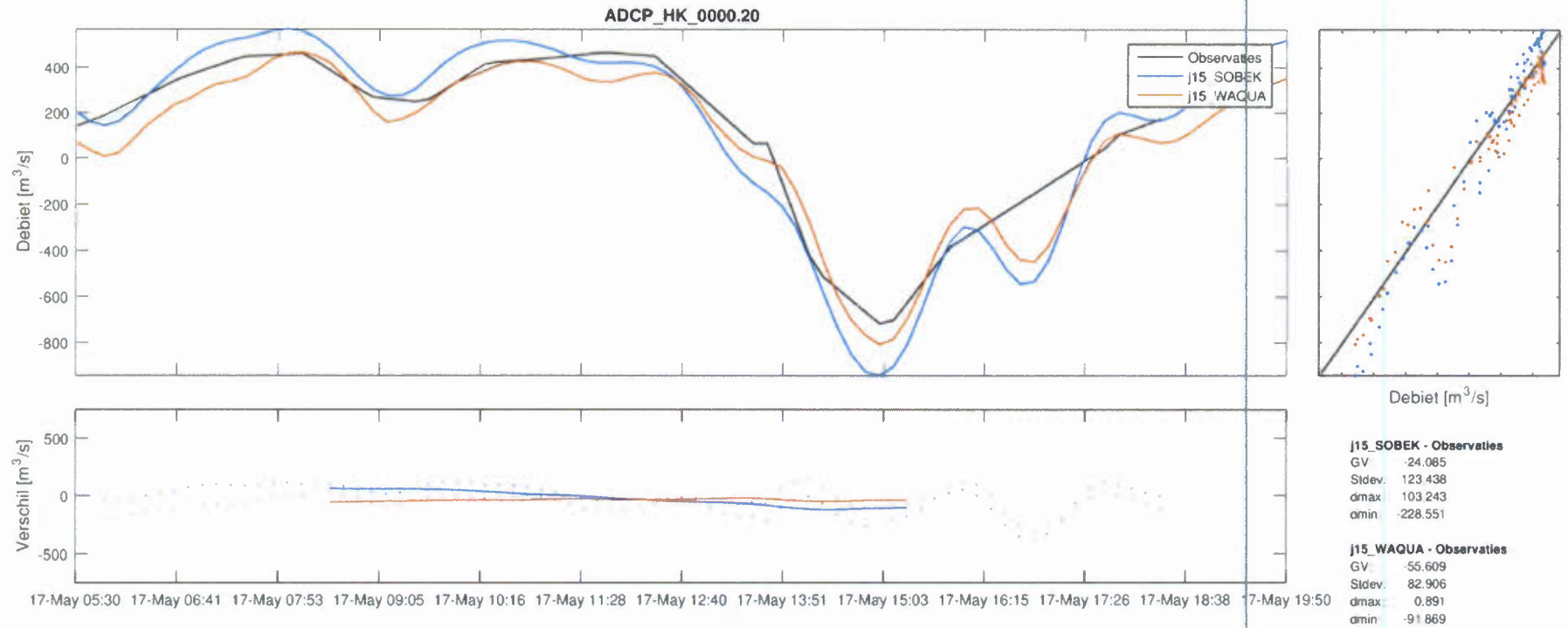


Figuur 3.1 Afvoermetingen en resultaten van SOBEK en WAQUA voor OM\_0996.00 in de 2003 casus

Datum  
21 december 2016

Ons kenmerk  
1230077-001-ZWS-0008

Pagina  
10/16



Figuur 3.2 Afvoermetingen en resultaten van SOBEK en WAQUA voor HK\_0000.20 in de 2011 casus

### 3.2.1 Gevoeligheden in afvoerreproductie

De modellen zijn bijzonder gevoelig voor de schuifstanden van de Haringvlietsluizen. De kwaliteit van de geproduceerde waterstanden en afvoeren is dus direct afhankelijk van de kwaliteit van de opgegeven schuifstanden of spuiprogramma. Met oog op de gemeten en gesimuleerde waterstanden op het Haringvliet zijn er kanttekeningen te plaatsen bij de schematisatie van de Haringvlietsluizen in beide modellen. In de rapportage van de afvoervalidatie is voorgesteld om de modellen onderling te vergelijken om beter grip te krijgen op de processen in het Haringvliet.

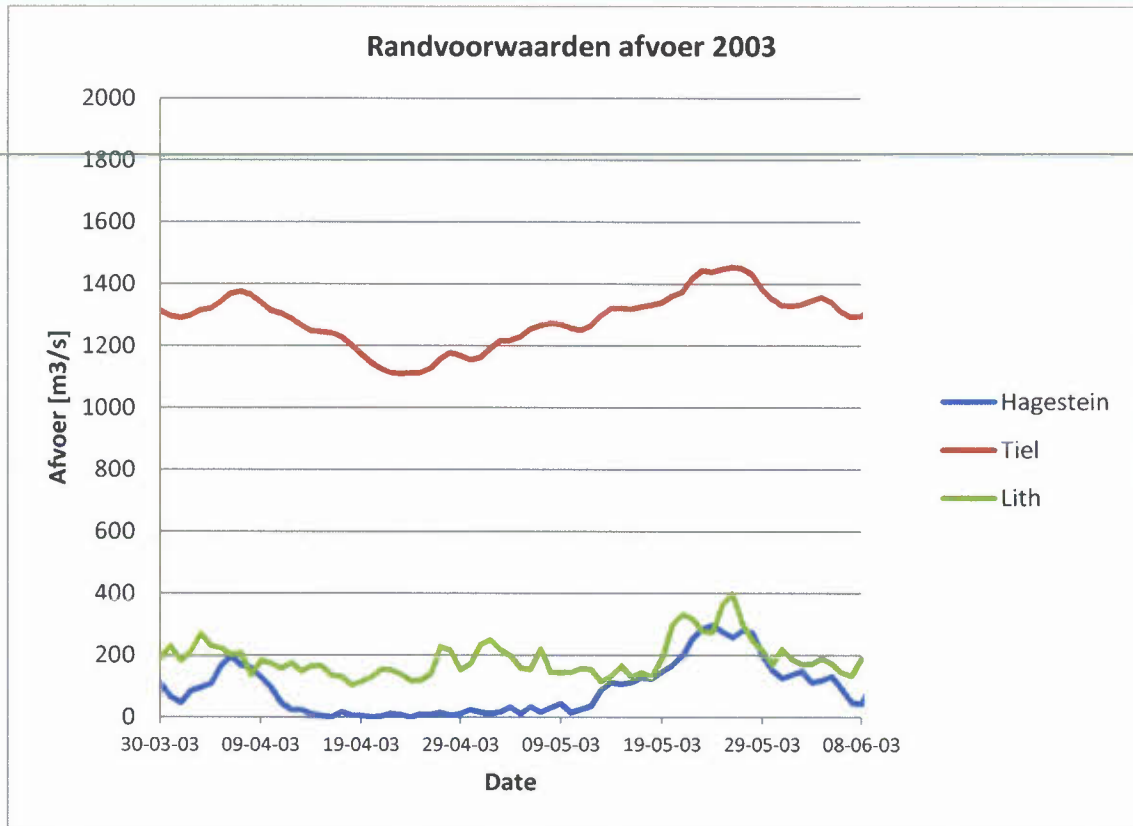
### 3.2.2 Trends en systeemwerking

Kennis van de afvoerverdeling binnen de Rijnmaasmonding wordt tot op heden gebaseerd op simulaties met SOBEK-RE NDB. Binnen de afvoervalidatie is een opzet gemaakt voor een afvoerverdeling voor twee type condities bepaald met de 5<sup>de</sup> generatie modellen. De afvoerverdeling is bepaald voor een langere tijd met min of meer gelijke condities. Het afleiden van de afvoerverdeling is ook gebruikt voor een vergelijking tussen de twee modellen maar is idealiter de basis voor het afleiden van nieuwe afvoerverdelingsfiguren op basis van de 5<sup>de</sup> generatie modellen.

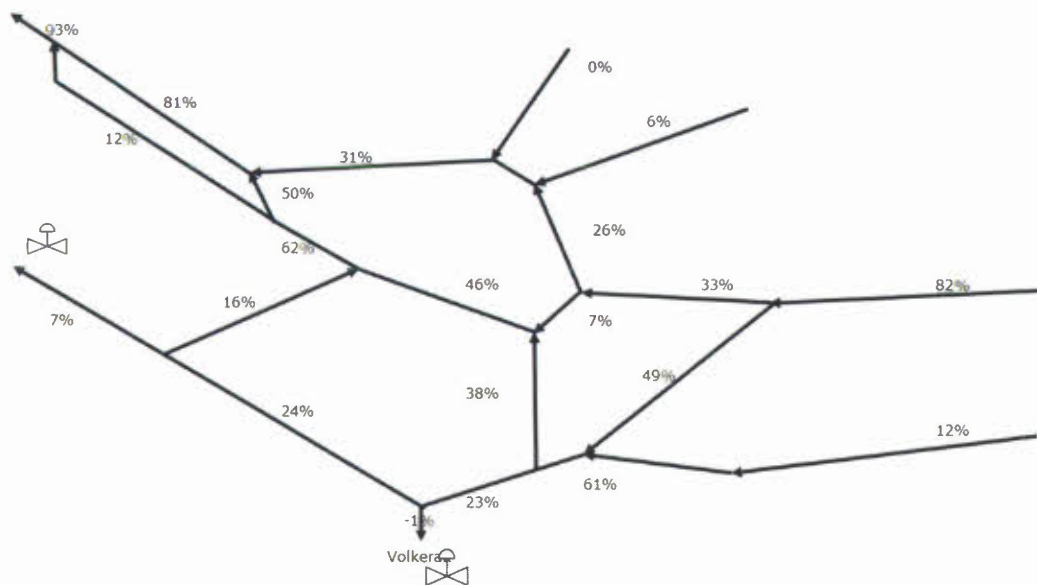
#### 2003, 04-04-2003 tot en met 01-06-2003 (gemiddeld tot lage afvoer );

In de rapportage van de afvoervalidatie (van der Wijk & Fujisaki, 2016) is geconcludeerd dat bij deze casus het SOBEK3 model significant beter presteert dan het WAQUA model. Voor de systeemanalyse is het daarom aan te bevelen om het SOBEK3 model te gebruiken. De afvoerverdeling is nu gebaseerd op een langere periode met min of meer gelijke condities. De afvoer bij Lobith schommelt tussen de 1400 en 2000 m<sup>3</sup>/s. Er is geen sprake van hoge opzetten op zee in deze periode (van der Wijk & Fujisaki, 2016). Onder deze condities staan de Haringvlietsluizen een gedeeltelijk open tijdens eb (Huismans, 2016). Uit deze afvoerverdeling valt te concluderen hoe onder gemiddeld tot lage afvoercondities (zoals geclassificeerd in Mens (2016)) zonder noemenswaardige windopzet het water zich over langere tijd verspreiden binnen de Rijnmaasmonding. Dit kan worden gedaan omdat uit de validatie is gebleken dat het model in staat is om onder deze condities de afvoer goed te reproduceren.

Onder deze condities is te zien dat het grootste deel van de afvoer zich via de Nieuwe Merwede en Dordtsche Kil naar de Oude Maas begeeft (Figuur 3.3). Water dat over de Beneden Merwede stroomt gaat bijna exclusief richting de Noord en Nieuwe Maas. In totaal gaat er slechts 7% van de afvoer bij deze condities via het Haringvliet.



Figuur 3.3 Gemeten randvoorwaarden voor de rivierafvoer in 2003.



Figuur 3.4 Afvoerdelingfracties voor de 2003 casus over 2 maanden bepaald met behulp van SOBEK3, afvoer bij Lobith valt tussen de lage en gemiddelde afvoercondities

2011, 31-03-2011 tot en met 19-06-2011 (lage afvoer Figuur 3.5):

In de rapportage van de afvoervalidatie (van der Wijk & Fujisaki, 2016) is gesteld dat er vraagtekens geplaatst kunnen worden bij de restafvoer in SOBEK over het Haringvliet. Daarom wordt voor deze casus gebruik gemaakt van WAQUA voor de afvoerverdeling (Figuur 3.6). De afvoerverdeling is nu gebaseerd op een langere periode met min of meer gelijke condities. De afvoer bij Lobith schommelt tussen de 900 en 1300 m<sup>3</sup>/s (Figuur 3.5). Er is geen sprake van noemenswaardige windopzet op zee (van der Wijk & Fujisaki, 2016). Onder deze condities staan de Haringvlietsluizen nagenoeg dicht (Huisman, 2016), alleen bij de iets hogere afvoer (>1100 m<sup>3</sup>/s bij Lobith) zullen de sluisen een kleine beetje openen tijdens eb. Uit deze afvoerverdeling valt te concluderen hoe onder lage tot zeer lage rivierafvoer condities (zoals geclassificeerd in Mens (2016)) zonder opzet op zee het water zich verspreid in de Rijnmaasmonding over langere tijd. Binnen de Rijnmaasmonding kan dit worden gedaan met de modellen omdat uit de validatie bleek dat de modellen redelijk tot goed in staat waren om de afvoer te reproduceren (van der Wijk & Fujisaki, 2016). Er zijn wel kanttekeningen te plaatsen bij de afvoer over het Haringvliet ten opzichte van de metingen wat meegenomen dient te worden in de analyse.

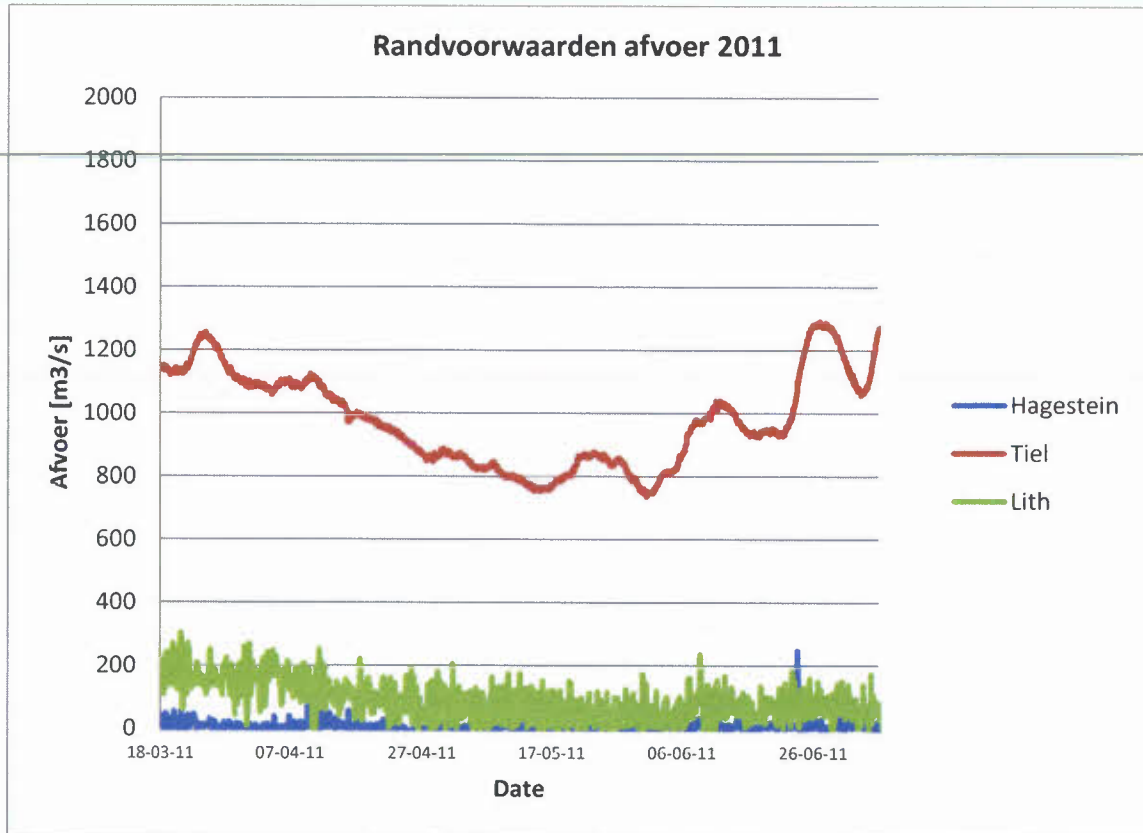
Het valt op in de afvoerverdeling dat de bijdrage van de Lek gedurende deze periode zeer beperkt is (1% van de totale afvoer, Figuur 3.6). Net als bij de periode van 2003 gaat ook hier minder dan 10% over het Haringvliet. De dominante route voor de rivierafvoer is eveneens de Nieuwe Merwede, Dordtsche Kil en Oude Maas. Van de afvoer over de Nieuwe Waterweg is slechts een klein deel afkomstig van de Nieuwe Maas en komt het merendeel van het water van de Oude Maas.

2003 en 2011 vergeleken met elkaar (gemiddeld/lage afvoer tegenover (zeer) lage afvoer:

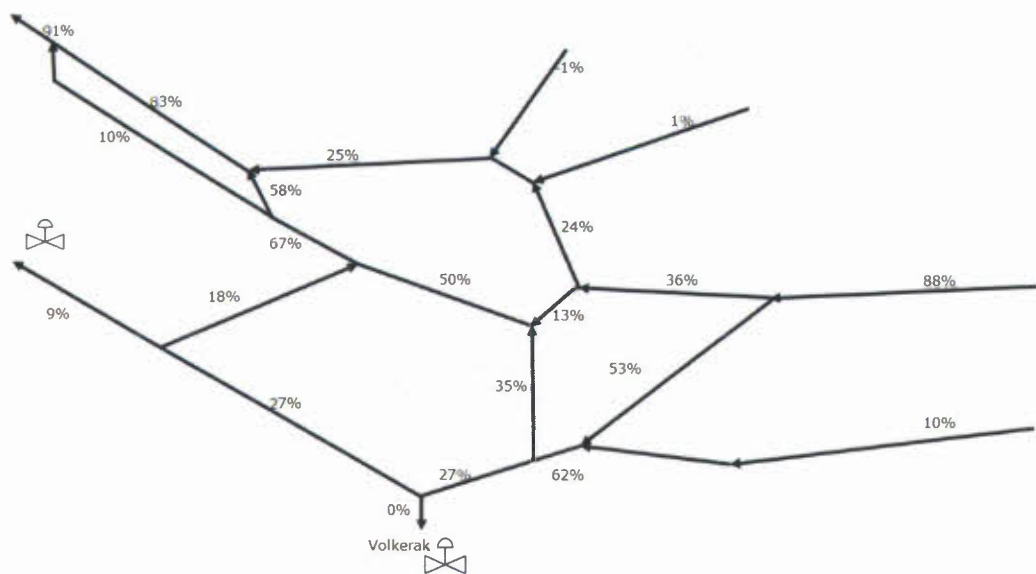
Indien de resultaten van de 2003 en 2011 casus met elkaar worden vergeleken vallen er een aantal zaken op. Het is hierbij belangrijk om te realiseren dat een deel van de verschillen kunnen komen door het gebruik van een andere schematisatie en model programmatuur (j98 tegenover j15 & SOBEK tegenover WAQUA).

- Bij iets hogere afvoercondities (2003) gaat er slechts een klein beetje meer afvoer door de Haringvlietsluizen en proportioneel zelfs minder door de Haringvlietsluizen. Dit is niet in lijn der verwachting wat de vermoedens en twijfels over de afvoeren over het Haringvliet in 2011 verder versterkt (van der Wijk & Fujisaki, 2016).
- In 2011 stroomt er slechts 1% ten opzichte van 6% in 2003 van de totale afvoer via de Lek naar de Rijnmaasmonding. Dit zorgt er ook voor dat er minder water via de Nieuwe Maas naar de Maasmond stroomt, het verschil in afvoer over de Lek is direct te relateren aan het verschil in afvoer over de Nieuwe Maas.
- Als gevolg van de lagere afvoer over de Maas en de naar alle waarschijnlijkheid te hoge afvoer door de Haringvlietsluizen in 2011 is de waterstand op het Haringvliet voor deze situatie gemiddeld lager dan voor 2003. Als gevolg hiervan gaat er ten opzichte van de 2003 casus relatief meer water via de Nieuwe Merwede naar de zuidrand, en minder via de Beneden Merwede.

Op basis van de afvoervalidatie is te concluderen dat voor in ieder geval lage tot gemiddelde afvoercondities een betrouwbare afvoerverdeling is op te zetten mits de Haringvlietsluizen juist worden aangestuurd in de modellen. Op basis van verschillende condities kan over 2 getijdeperiodes een aantal betrouwbare afvoerverdelingsfiguren worden gemaakt. Dit kan worden gedaan met zowel SOBEK3 als WAQUA. Deze figuren kunnen daarna worden gebruikt om inzicht te krijgen in de werking van het systeem.



Figuur 3.5 Gemeten randvoorwaarden voor de rivierafvoer in 2011.



Figuur 3.6 Afvoerverdelingfracties voor de 2011 casus voor 2,5 maanden bepaald met behulp van WAQUA, afvoer is in het lage niveau bij Lobith

## 4 Aanbevelingen

Er volgen een aantal aanbevelingen voor toekomstig werk omtrent systeemanalyse Rijnmaasmonding of gerelateerde projecten.

Het gecreëerde data overzicht (Tabel 2.1) met een kwalitatieve analyse biedt de mogelijkheid om snel de juiste data set op basis van locatie voor projecten in de Rijnmaasmonding te kiezen. Het is aan te raden dit overzicht te gebruiken en te blijven aanvullen en bij te houden. Na overleg met Rijkswaterstaat is de aanbeveling om het overzicht te baseren op condities en vervolgens een sortering op basis van locatie door te voeren. Dit betekent dat het overzicht er meer uit zou zien als Tabel 2.2. In 2017 wordt vermoedelijk dit overzicht op basis van condities gemaakt, tot die tijd is het gemaakte overzicht te gebruiken.

Daarnaast is het raadzaam om de grootschalige campagnes van het Havenbedrijf Rotterdam en Wageningen Universiteit te ontsluiten en op te nemen in het overzicht. Deze bevatten ook zoutmetingen tegelijk met de stromingsmetingen en zijn een duidelijke toevoeging bij de beschikbare data.

Ten tweede voldoen de grootschalige afvoermetingen niet geheel voor het maken van een afvoerverdeling op basis van metingen. Dit is gebaseerd op de volgende tekortkomingen van de metingen:

- Als niet alle splitsingspunten tegelijk zijn gemeten kunnen er afwijkingen optreden op één tak tussen twee splitsingspunten;
- Binnen één splitsingspunt is over één getijdeperiode de massabalans lang niet altijd sluitend (van der Wijk & Fujisaki, 2016). Dit kan komen door de inherente onnauwkeurigheid van ADCP metingen, de onnauwkeurigheid in de interpolatie van snelheidsmetingen naar debiet of andere onnauwkeurigheden.

Het is daarom raadzaam om op basis van een gevalideerd model afvoerverdelingsfiguren te maken voor verschillende condities (rivierafvoer, getij en windopzet). Ondanks dat niet alle condities zijn gevalideerd met de modellen is, met oog op de beschikbare resultaten (Kranenburg & Schueder, 2015; Verbeek, 2015; van der Wijk & Fujisaki, 2016), te concluderen dat tijdens getijgedomineerde condities tot gemiddelde rivierafvoeren de modellen op het gebied van afvoerproductie redelijk tot goed presteren.

De actuele modellen zijn nu nog niet gevalideerd voor hoge rivierafvoeren waardoor de prioritering van Schroevers (2016) uitgebreid kan worden met een hoge rivierafvoer campagne. Dit is zeker verstandig met oog op de ingrepen die hebben plaatsgevonden in de Rijnmaasmonding in de laatste jaren die de afvoerverdeling zullen beïnvloeden. Met een validatie voor hoge rivierafvoeren kunnen met grotere zekerheid ook afvoerverdelingsfiguren worden gemaakt voor hoge rivierafvoeren op basis van modellen.

Tevens kan het raadzaam zijn om naast gedetailleerde afvoeranalyse op splitsingspunten ook te kijken naar metingen op een hogere temporele schaal. Als er langdurige afvoermetingen zijn op enkele cruciale locaties kan de afvoerverdeling over langere tijd worden gevalideerd tussen modellen en metingen.

Als laatste is het duidelijk dat de Haringvlietsluizen een grote invloed hebben op de afvoerverdeling en stroming op de zuidelijke helft van de Rijnmaasmonding. Echter is het ook het gebied waar de grootste afwijkingen optreden ten opzichte van de metingen en de modellen onderling meer afwijken. Dit zorgt ervoor dat in dit gebied de meeste onzekerheid omtrent systeembekendheid en modelresultaten is te vinden. Dit komt ook doordat stroming in het Haringvliet een sterk 3D karakter heeft. Om deze onzekerheid te verkleinen is het aan te raden om in dit gebied in detail te kijken naar de verschillen tussen de modellen beginnend met 3D modellering en de afwijkingen ten opzichte van beschikbare metingen.

## 5 Referenties

- Huisman, Y. (2016). *Systeemanalyse Rijn-Maasmonding analyse relaties noord- en zuidrand en gevoeligheid stuurknoppen. Deelproject Systeemanalyse en Slim Watermanagement*. Deltares rapport 1230077-001-ZWS-0010
- Kranenburg, W.M., Schueder, R. (2015). *OSR-simulaties voor zoutindringing in de Rijn-Maasmonding zomer 2003; Onderdeel KPP Waterkwaliteitsmodelschematisaties 2015*. Deltares rapport 1220070-000-ZKS-0029
- Mens, M. (2016). *Karakterisering van deelgebieden in de Rijn-Maasmonding naar type verziltingsproces*. Deltares memo 1230077-001-ZWS-0012 de dato 20 december 2016
- Schroevens, M. (2016). *Verdeling zouttransport bij splitsingspunt Nieuwe Waterweg – Nieuwe Maas – Oude Maas*. Deltares rapport 1220034-010-ZKS-0003
- Verbeek, M. (2015). *Tidal motion and salt dispersion at a channel junction*. Wageningen Universiteit Thesis Environmental Sciences, Hydrology and Quantitative Water Management: [http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Environmental-Sciences/Hydrology-and-Quantitative-Water-Management-Group/MSc-theses\\_OLD.htm](http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Environmental-Sciences/Hydrology-and-Quantitative-Water-Management-Group/MSc-theses_OLD.htm)
- Van der Wijk, R.M., Fujisaki, A. (2016). *Afvoervalidatie Rijnmaasmonding; Vergelijking tussen ADCP metingen en WAQUA en SOBEK simulaties*. Deltares rapport 1230071-004-ZWS-0028
- Zijl, F., Kerkhoven, D., Visser, A.Z., van der Kaaij, T. (2011). *WAQUA-model Rijnmaasmonding: Modelopzet, kalibratie en verificatie*. Deltares rapport 1202199-005-ZKS-0035
- Zijl, F., Kuijper, C., Schroevens, M., Verlaan, M. (2014). *Advies 3D model Eurogeul, Maasgeul, RijnMaasmonding; 3D model voor navigatie en zoutindringing*. Deltares rapport 1209587-000-ZKS-0004

### Kopie aan

Yann Friocourt, Sacha de Goederen en Ronald Struijk