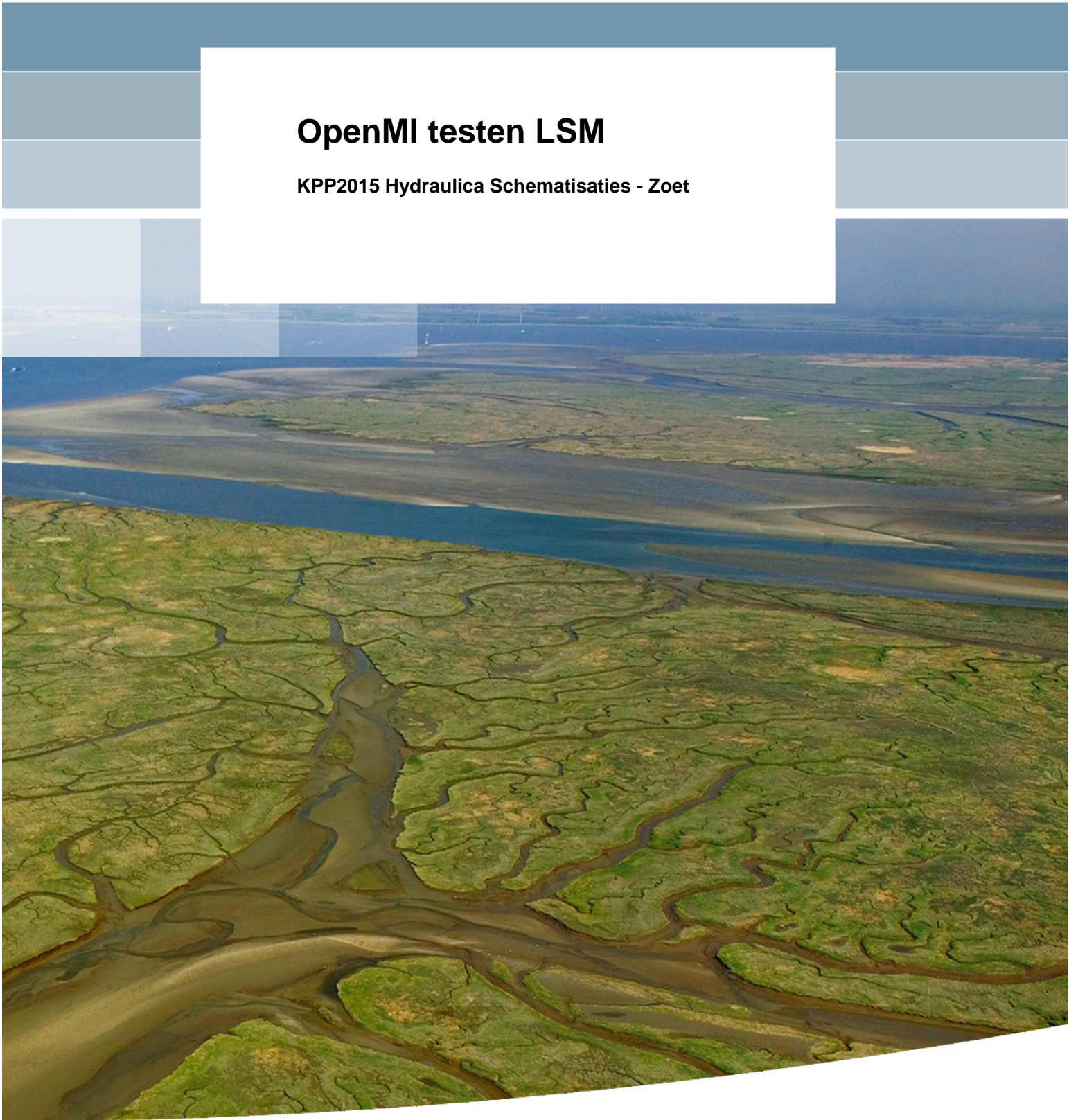


## **OpenMI testen LSM**

**KPP2015 Hydraulica Schematisaties - Zoet**





## **OpenMI testen LSM**

**KPP2015 Hydraulica Schematisaties - Zoet**

Quanduo Gao  
Geert Prinsen

1220072-015



**Titel**

OpenMI testen LSM

**Opdrachtgever**

Rijkswaterstaat, Water  
Verkeer en Leefomgeving,  
locatie Lelystad

**Project**

1220072-015

**Kenmerk**

1220072-015-ZWS-0005

**Pagina's**

35

**Trefwoorden**

OpenMI, Landelijk SOBEK Model LSM, koppeling

**Samenvatting**

In het kader van het KPP-Modelschematisaties zoet, deelproject LSM zijn testen voor de OpenMI koppelingen van deelmodellen van LSM uitgevoerd. In 2014 zijn testen voor drie deelmodellen uitgevoerd (Gao, 2014). De lange termijn visie voor LSM gaat niet uit van één grote LSM-schematisatie (de huidige situatie), maar van OpenMI-koppeling van deelmodellen die bij de waterschappen of Rijkswaterstaat in beheer zijn (Ruijgh en Prinsen, 2015). Eén van de vragen daarbij is hoe de performance van een dergelijk gekoppeld LSM is. In deze studie zijn daarom testen uitgevoerd voor OpenMI-composities waarbij LSM is opgesplitst in 7 of meer deelmodellen. In die OpenMI compositie is gebruik gemaakt van SOBEK-2 deelmodellen van LSM in combinatie met nieuwe SOBEK-3 deelmodellen voor de Rijkswateren. De evaluatie van de modelperformance vindt plaats voor de rekentijd en voor de inhoudelijke resultaten (waterstanden etc.). Hierbij is aangegeven hoe goed de resultaten van de OpenMI compositie in diverse deelmodellen overeenkomen met de resultaten van het huidige LSM (in SOBEK-2) of de originele SOBEK-3 deelmodellen.




De belangrijke conclusies van de studie zijn als volgt:

- De OpenMI-koppeling van de SOBEK-2 en SOBEK-3 deelmodellen werkt technisch goed;
- De berekende waterstanden komen redelijk overeen met het originele LSM of de afzonderlijk gedraaide deelmodellen. Er zijn locaties met grote verschillen, maar deze worden verklaard door verschillen in randvoorwaarden of modellering van kunstwerken.
- Ook voor een groot aantal deelmodellen in de OpenMI-compositie is de rekentijd nog acceptabel. Er zijn testen gedaan voor 7 tot 14 deelmodellen. De rekentijd loopt wel op bij meerdere deelmodellen, maar niet buitenproportioneel.

**Referenties**

Q. Gao, 2014: OpenMI testen LSM, Deltares rapport, 1209449-009-ZWS-002.

E.F.W. Ruijgh en G.F. Prinsen, 2015: Visie op de toekomst van het Landelijk SOBEK model LSM, Deltares memo, 1220072-015-ZWS-003

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec 2015	Quanduo Gao		Carine Wesselius		Gerard Blom	
		Geert Prinsen					

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1 Algemene beschrijving	1
1.2 Doelstelling en werkwijze	1
1.3 Constructie van de OpenMI-compositie	2
1.4 Projectorganisatie	2
1.5 Leeswijzer	2
<b>2 Deelmodellen voor OpenMI</b>	<b>3</b>
2.1 Opdelen deelmodellen	3
2.2 Grote rivieren en meren	3
2.3 Regionale wateren	3
2.4 Aanpassing netwerk voor waterstandregelaar	4
2.5 Optimaliseren modelschematisatie voor RgNBB	4
2.6 Dummy-tak voor aansturing van de kunstwerken in de regionale wateren	5
<b>3 Koppeling in OpenMI</b>	<b>7</b>
3.1 Inleiding	7
3.2 Methoden voor koppeling van deelmodellen	7
3.3 Complete koppeling tussen deelmodellen	8
3.4 Beperkingen van de koppeling tussen de grote rivieren en regionale wateren	9
<b>4 Modelsimulaties en vergelijking berekende waterstanden</b>	<b>11</b>
4.1 Modelsimulatie	11
4.2 Modelperformance	12
4.3 Modelversies voor OpenMI	13
4.4 Modelperformance: Rekentijd	13
4.5 Vergelijking berekende waterstanden Rijntakken- en Maaslocaties	14
4.6 Vergelijking berekende waterstanden Overige RWS wateren (RWSW)	16
4.7 Vergelijking berekende waterstanden voor Regionale wateren Midden Oost (RgMO)	18
4.8 Vergelijking berekende waterstanden voor Regionale Wateren Midden West (RgMW)	19
4.9 Vergelijking berekende waterstanden voor de regio Noord-Brabant (RgNBB)	20
4.10 Discussie	21
<b>5 Performance testen met meer deelmodellen</b>	<b>23</b>
5.1 Inleiding	23
5.2 OpenMI composities met verschillend aantal deelmodellen	23
<b>6 Beheer van de OpenMI compositie - LSM</b>	<b>31</b>
<b>7 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>33</b>
7.1 Conclusies	33
7.2 Aanbevelingen	34
<b>8 Referenties</b>	<b>35</b>

## Bijlage(n)

<b>A</b>	<b>Gebiedsschematisatie van de deelmodellen van SOBEK-3</b>	<b>A-1</b>
A.1	Gebiedsschematisatie voor de Maas in SOBEK-3	A-1
A.2	Gebiedsschematisatie voor de Rijntakken in SOBEK-3	A-1
A.3	Gebiedsschematisatie voor de Twentekanalen in SOBEK-3	A-2
<b>B</b>	<b>Gebiedsschematisatie van deelmodellen van SOBEK-2</b>	<b>B-1</b>
B.1	Gebiedsschematisatie van RWS-wateren (RWSW)	B-1
B.2	Gebiedsschematisatie van Regionale wateren Midden-Oost (RgMO)	B-2
B.3	Gebiedsschematisatie van de regionale wateren Noord-Brabant (RgNBB)	B-4
<b>C</b>	<b>Koppeling deelmodellen</b>	<b>C-1</b>
C.1	Koppeling het deelmodel Rijntakken met RWSW	C-1
<b>D</b>	<b>Complete lijst koppelingslocaties</b>	<b>D-1</b>
<b>E</b>	<b>Vergelijking berekende waterstanden voor de Rijntakken en Maas</b>	<b>E-1</b>
<b>F</b>	<b>Vergelijking berekende waterstanden voor RWSW</b>	<b>F-1</b>
<b>G</b>	<b>Vergelijking berekende waterstanden voor RgMO</b>	<b>G-1</b>
<b>H</b>	<b>Vergelijking berekende waterstanden voor RgMW</b>	<b>H-1</b>
<b>I</b>	<b>Vergelijking berekende waterstanden voor RgNBB</b>	<b>I-1</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemene beschrijving

Het Landelijk SOBEK Model (LSM) is ontwikkeld in het kader van het project Deltamodel en het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium sinds medio 2010. In het achtergronddocument LSM 1.3 (Prinsen en Wesselius, 2015) is de historie van LSM kort beschreven en zijn de wijzigingen ten opzichte van vorige versies en de resultaten van de laatste versie LSM 1.3 beschreven.

De huidige versie van LSM is één grote modelschematisatie in SOBEK-2. Deze schematisatie is in 2011 en 2012 opgebouwd door het aan elkaar plakken van schematisaties van de regionale waterbeheerders en Rijkswaterstaat. Ondertussen zijn er van diverse gebieden nieuwere schematisaties beschikbaar. Voor de Rijkswateren heeft RWS voor de Rijntakken, de Maas en het Twentekanaal geactualiseerde modellen in SOBEK-3. Voor andere rijkswateren wordt gewerkt aan nieuwe modellen in SOBEK-3. Van diverse modellen van regionale waterbeheerders zijn nieuwere schematisaties in SOBEK-2 beschikbaar. Deze updates van schematisaties, hetzij in SOBEK-2, hetzij in SOBEK-3, zijn echter nog niet in LSM opgenomen. Om elke keer van deelmodellen nieuwe modelversies in het huidige LSM op te nemen vraagt knip- en plakwerk van SOBEK schematisaties. Dat is een foutgevoelige werkwijze. Bovendien moet steeds het beheer van de randen van de deelmodellen worden nagelopen, omdat dat beheer in LSM vaak is toegevoegd ten opzichte van het originele model.

Het is nu mogelijk om de meerdere SOBEK modellen via OpenMI te koppelen. OpenMI (Open Modelling Interface) is een techniek om informatie tussen modellen uit te wisselen op tijdstapbasis, waarbij de modellen dus gelijktijdig rekenen en informatie die ze van elkaar nodig hebben opvragen en uitwisselen (Gregersen, 2007). Hierdoor kan het LSM in principe worden opgebouwd als een OpenMI-koppeling van de losse modellen van de waterbeheerders (zowel RWS als de waterschappen). In dat geval is het niet nodig om bij aanpassingen in een regionaal model dezelfde aanpassingen ook in LSM over te nemen, maar hoeft er alleen een nieuw regionaal model in OpenMI gehangen te worden en de uitwisselingslocaties van dit nieuwe model met de andere modellen aangepast te worden. Het beheer van LSM wordt daardoor in principe eenvoudiger, omdat het beheer van de individuele modellen bij de verantwoordelijke waterbeheerder kan blijven liggen, en alleen de koppelingen tussen de verschillende modellen goed beheerd moeten worden.

Om te testen of de koppeling via OpenMI in de praktijk toepasbaar en hanteerbaar is, is in het project KPP-Modelschematisaties zoet budget gereserveerd voor diverse OpenMI testen met LSM. In het KPP-2014 zijn een aantal principe-testen (Prinsen, 2014) en succesvolle OpenMI-testen voor drie deelmodellen uitgevoerd (Gao, 2014).

Het nu voorliggende rapport gaat over de koppeling van 7 en meer deelmodellen van LSM via OpenMI. Hierbij zijn er drie deelmodellen (Rijntakken, Maas en Twentekanaal) in het Deltashell-framework (SOBEK-3) worden doorgerekend. De overige deelmodellen zijn SOBEK-2 deelmodellen.

## 1.2 Doelstelling en werkwijze

In het KPP-2014 is gebleken dat een OpenMI compositie voor LSM bestaande uit 3 deelmodellen bevredigend werkt.

Gegeven het aantal verschillende regionale beheerders (ruim 20) willen we nu onderzoeken of een OpenMI compositie bestaande uit veel meer dan drie deelmodellen ook nog in de praktijk realiseerbaar en toepasbaar is, vergelijkbare resultaten geeft en of de rekentijd niet excessief toeneemt bij een toenemend aantal deelmodellen.

Om dat te onderzoeken zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

- Het opknippen van het SOBEK-2 LSM in vier of meer deelmodellen voor heel Nederland exclusief Rijntakken, Maas en Twentekanalen. Deze laatste 3 modellen zijn als SOBEK-3 model gekoppeld in de OpenMI compositie.
- Het koppelen van de deelmodellen in de OpenMI. De berekende waterstanden worden met het LSM of de alleenstaande modellen van SOBEK-3 vergeleken.
- Dit is gebeurd voor composities bestaande uit 6 tot maximaal 14 deelmodellen.

### 1.3 Constructie van de OpenMI-compositie

In de OpenMI compositie moeten de SOBEK-3 deelmodellen gebruik maken van dezelfde SOBEK-3 versie. Dit is op zich een ongewenste situatie, immers de modellen hoeven niet in dezelfde SOBEK-3 versie gekalibreerd te zijn. Het ook een tijdelijke beperking, in de toekomst zal het mogelijk gemaakt worden om verschillende SOBEK-3 versies tegelijk onder een OpenMI-compositie te gebruiken. Voor de hier gerapporteerde OpenMI-testen is het ook geen principiële beperking, maar vooral een praktische beperking.

Voor het opzetten van de OpenMI compositie zijn als eerste de drie gebruikte SOBEK-3 deelmodellen allen naar dezelfde SOBEK-3 versie omgezet. In deze studie is versie 'SOBEK-3.3.1.2-special' gebruikt. De deelmodellen zijn in aparte folders geplaatst. De user interface van SOBEK 2.13 is gebruikt om de SOBEK-2 deelmodellen te preprocessen (parsen). Voor elk SOBEK-2 deelmodel zijn de folders met de datafiles (WORK en CMTWORK) veilig gesteld zodat ze in de OpenMI compositie gebruikt kunnen worden. Alle deelmodellen worden onder de OpenMI-omgeving (versie 1.4.1.0) gekoppeld. Voor de OpenMI compositie is de lijst met koppelpunten en uit te wisselen informatie opgesteld. Bijlage C bevat de informatie over de OpenMI koppelingen.

### 1.4 Projectorganisatie

De projectleider is ir. G.F. Prinsen van Deltares. Het project is uitgevoerd door Q. Gao, met assistentie van ir. S. Hummel, de Deltares expert op het gebied van OpenMI. De begeleider van het onderzoek vanuit RWS-WVL is ir. M. Scholten.

### 1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 en bijbehorende bijlagen (Bijlage A, B en C) worden de deelmodellen beschreven waarin ruime aandacht aan netwerkoverlap wordt besteed. Daarbij wordt ook opgelet op de uitwisseling van gegevens tussen de grote rivieren en regionale wateren omdat dit van belang is voor de regionale waterbalans. In hoofdstuk 3 wordt er over de koppelingsmethoden en beperkingen ervan beschreven en in Bijlage D worden de complete koppelingslocaties gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 wordt de performance van OpenMI beoordeeld op basis van de rekentijd en de vergelijking van de berekende waterstanden. Ten slotte bevat hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen.

## 2 Deelmodellen voor OpenMI

### 2.1 Opdelen deelmodellen

In eerste instantie is gewerkt met een OpenMI koppeling van 7 deelmodellen waarvan de deelmodellen Maas, Rijntakkenmodel en Twentekanalen uit SOBEK-3 bestaan. De overige 4 deelmodellen zijn uitgesneden uit het LSM. Dit zijn RWSW (RWS wateren), RgMO (Regionale wateren Midden-Oost), RgMW (Regionale wateren Midden-West) en RgNBB (Regionale wateren Noord-Brabant). De vier deelmodellen kunnen alleen met SOBEK-2 worden gedraaid.

De schematisaties voor de drie deelmodellen in SOBEK-3 worden in bijlage A beschreven. De schematisaties voor de overige deelmodellen in SOBEK-2 worden in bijlage B gepresenteerd.

Voor de OpenMI test met 7 modellen is uitgebreid gecontroleerd hoe de resultaten qua waterstanden van het gekoppelde model zich verhouden met de resultaten van de originele modellen. Na het afronden van de OpenMI-test voor 7 deelmodellen is het SOBEK-2 deelmodel RgMO (Regionale wateren Midden-Oost) nog gesplitst in meerdere deelmodellen. Hierbij lag de focus op de vraag hoe het aantal deelmodellen de performance (rekentijd) van de OpenMI-compositie beïnvloedt.

### 2.2 Grote rivieren en meren

In de loop van de tijd zijn er voor diverse deelmodellen nieuwere versies gemaakt. Het meest duidelijk is dit voor de Maas en de Rijntakken. De nieuwe schematisaties zijn in SOBEK-3 ontwikkeld, terwijl LSM een SOBEK-2 schematisatie is. LSM wordt vooral bij landelijke toepassingen in het kader van het Deltaprogramma-Zoetwater en het Nationaal Water model gebruikt. De nieuwe Maas- en Rijntakken modellen richten zich op de WTI toepassingen.

Bij de koppeling van de deelmodellen Rijntakken, Maas en RWSW dient bij de modelranden rekening te houden met enige overlap in riviertakken. Dit is de typische manier van koppelen bij deelmodellen die met elkaar in open verbinding staan, zonder kunstwerk ertussen.

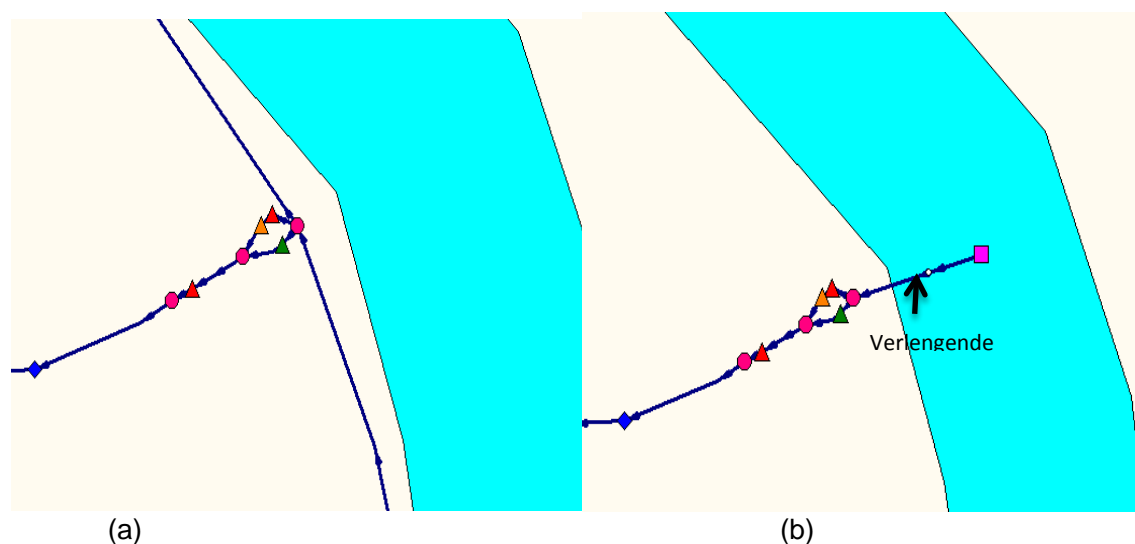
Bijvoorbeeld voor het Rijntakken model is ervoor gezorgd dat er een overlap is met het Rijn-MaasMonding (RMM) model en ook met het IJssel- en Vechtdelta model. De details worden beschreven in bijlage C.

### 2.3 Regionale wateren

De deelmodellen RgMO, RgME en RgNBB beschrijven de waterbeweging in regionale wateren. Er zijn ook diverse locaties waar regionale wateren aan de grote rivieren verbonden zijn. Anders dan de koppeling van de schematisaties van de grote rivieren en meren, is voor de koppeling van regionale wateren aan de grote rivieren op vrijwel alle locaties een kunstwerk aanwezig. In het model is dat kunstwerk vaak geschematiseerd als een pomp (ook al is het in de werkelijkheid soms een stuw of een onderlaat). Bij het opknippen van deelmodellen zijn de kunstwerken in de schematisatie van de regionale wateren gebleven. Er is dus niet of nauwelijks een overlap tussen de grote rivieren en regionale wateren. Typisch bevatten de deelmodellen van grote rivieren hooguit laterale debieten op een dergelijk scheidingpunt. Voor het deelmodel RWSW zijn locaties voor laterale debieten toegevoegd zodat wateruitwisseling met de regionale wateren mogelijk is.

## 2.4 Aanpassing netwerk voor waterstandregelaar

Voor een aantal locaties wordt de waterstand in regionale wateren geregeld met een set kunstwerken die uit een pomp en stuw (of onderlaat) bestaat. Figuur 2.1 (a) geeft als voorbeeld de scheidingslocatie de rivier Linge bij het Pannerdensch Kanaal weer. De koppeling met de Rijn wordt gelegd via twee takken: op de ene tak ligt een pomp en op de andere tak een stuw. Na het afknippen van een deelmodel wordt een extra tak aan het deelmodel toegevoegd waarmee water kan worden uitgewisseld tussen de grote rivier en het regionale water (Figuur 2.1 (b)). Op deze manier wordt de ongewenste situatie voorkomen dat aan een SOBEK-boundary in een deelmodel meerdere takken verbonden zijn. Die situatie is niet gewenst omdat in een dergelijk geval geen debietrandvoorwaarde naar dat deelmodel kan worden doorgegeven. Of andersom, het debiet dat uit dat deelmodel naar het andere deelmodel moet worden doorgegeven is niet simpel af te leiden uit het debiet van één tak (want het is de som van 2 takdebieten).



Figuur 2.1 Scheidingpunt van deelmodellen (a): situatie voor opknippen, (b): situatie na opknippen

## 2.5 Optimaliseren modelschematisatie voor RgNBB

Het model van de regionale wateren in Noord-Brabant is tamelijk gevoelig voor droogval, zoals ook met eerdere LSM berekeningen opgemerkt is. De OpenMI-compositie van modellen gebruikt een afwijkende dll-versie van de rekenkern die daar nog gevoeliger voor blijkt dan de stand-alone gebruikte executable. In het uit LSM gesneden model voor Noord-Brabant (RgNBB) is omwille van de rekestijd een aantal aanpassingen uitgevoerd om de rekestijd te versnellen. Het betreft het toevoegen van stuwen in een aantal takken om droogval te voorkomen, waardoor het model sneller rekest zonder dat het model wezenlijk andere resultaten geeft. Tabel 2.1 geeft aan om welke locaties het gaat.

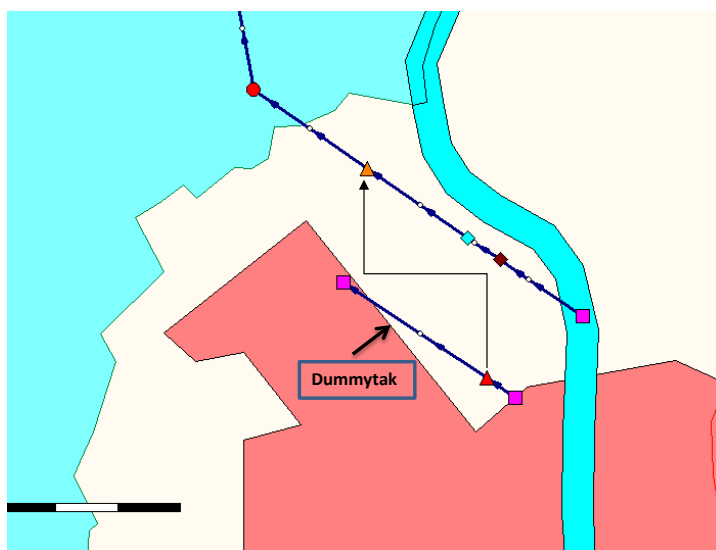
Tabel 2.1 Nieuwe stuwen in deelmodel RgNBB.

Reachsegment(ID)	Weir(ID)	Drempelhoogte [m]	Breedte [m]	Locatie op de tak [m]
PMGM_GRM_G_570	19	22	2	360
PMGM_8	22	24	14	325
PMGM_10	24	24.5	12	296
PMGM_GRM_G_340	312	27.8	2	671
PMGM_11	17	23.5	12	458
PMTR_NBO_1209	7	18	1	1075
PMTR_NBO_1325	8	26	2	390
PMTR_23	291	25	2	584

## 2.6 Dummy-tak voor aansturing van de kunstwerken in de regionale wateren

Bij de huidige OpenMI versie 1.4.1 is er geen uitwisseling van gegevens mogelijk tussen de meetpunten van de deelmodellen. Dus is het wenselijk dat het kunstwerk is opgenomen in hetzelfde deelmodel waar ook het meetpunt is opgenomen dat gebruikt wordt voor de sturing van het kunstwerk. Dat is echter niet altijd mogelijk: bijvoorbeeld de sturing van Gouda in LSM gebruikt de afvoer van Lobith om bij lage rivierafvoeren (en dus zoutindringing tot bij Gouda) de inlaat Gouda uit te kunnen schakelen. Echter, de inlaat Gouda en Lobith zitten in verschillende deelmodellen. Daarom zijn de volgende dummy-takken in het deelmodel voor de regionale wateren toegevoegd.

- In RgNBB is er een pompstation bij Zuid-Willemsvaart Maastricht. Het station bestaat uit 2 pompen, beide worden aangestuurd door het debiet van een meetpunt dat zich ten zuiden van Maastricht bevindt. Hiervoor wordt een dummy-tak voor de Maas opgenomen in RgNBB (Figuur 2.2). De dummy-tak heeft een lengte van ongeveer 1800 m; initieel heeft de tak een waterstand van 44 m +NAP. De bovenstroomse rand is gekoppeld aan de Maasafvoer, iets bovenstrooms van Maastricht. De benedenstroomse rand heeft een constante waterstand van 44 m +NAP. Het meetpunt ligt op een afstand van 300m van de bovenstroomse rand en stuurt het kunstwerk dat de inlaat van de Zuid-Willemsvaart bij Borgharen schematiseert (door middel van een pomp).



Figuur 2.2 Weergave voor aansturing pomp in de Zuid-Willemsvaart met een waarnemingspunt in een dummy tak.

- In RgMW zijn er twee pomplocaties die door het debiet van Boven-Rijn aangestuurd worden. Hiervoor is een dummy tak voor de Boven-Rijn in het deelmodel RgMW opgenomen. De dummy tak heeft een lengte van ongeveer 2000m; initieel heeft de tak een waterstand van 8,5m+NAP. De bovenstroomse rand van deze dummy tak wordt via OpenMI gekoppeld aan de afvoer bij Lobith in het Rijntakkenmodel. De benedenstroomse rand van de dummy tak heeft een constante waterstand van 8,5m. Een meetpunt ligt op een afstand van 350m van de bovenstroomse rand. Op basis van het debiet op dit meetpunt worden in RgMW de volgende pompen aangestuurd:
  1. Gouda: op deze locatie zijn in het deelmodel RgMW 4 pompen aanwezig waarvan twee worden aangestuurd door het debiet van Lobith. De pompen worden de in het deelmodel aangestuurd door het debiet volgens het meetpunt op de dummy tak.
  2. Doorvoer Krimpenerwaard: In RgMW wordt de pomp getriggerd met het debiet volgens het meetpunt op de dummy tak.
- Daarnaast zijn er 9 pompstations in RgMW die aangestuurd worden door het debiet bij ARK\_Irenesluis\_KWA die zich in het deelmodel RWSW bevindt. Hiervoor is er een tweede dummy tak in RgMW opgenomen. De bovenrand wordt gekoppeld aan de bovenstroomse van de sluis ARK\_Irenesluis\_KWA, de benedenrand heeft een constante waterstand. Het debiet van het meetpunt op de dummy tak wordt gebruikt om de 9 pompstations aan te sturen.

Het gebruik van dummy takken komt op als oplossing bij de OpenMI compositie, maar wordt niet specifiek veroorzaakt door OpenMI. Eigenlijk is de opbouw van de deelmodellen in LSM hier debet aan. In veel deelmodellen die zijn gebruik bij het samenstellen van LSM zijn meetreeksen als randvoorwaarden op belangrijke inlaat- en uitlaatpunten opgedrukt. Omdat het deelmodel daarmee niet bruikbaar is voor andere jaren en/of andere scenario's, is bij de constructie van LSM voor deze locaties een kunstwerk en sturing toegevoegd zodat het LSM wel geschikt is voor andere jaren en andere scenario's.

Voor de in LSM te koppelen modellen van (regionale) waterbeheerders is het dus wenselijk dat op de randen het kunstwerk in de schematisatie is opgenomen, en dat in situaties waar sturing van dat kunstwerk afhankelijk is van informatie van buiten het gemodelleerde deelnetwerk (bv. de afvoer bij Lobith) ook die gegevens al via een dummy tak in de schematisatie is opgenomen.

## 3 Koppeling in OpenMI

### 3.1 Inleiding

De zeven deelmodellen die in hoofdstuk 2 en de bijlagen zijn beschreven, worden via het OpenMI-framework gekoppeld. De verschillende deelmodellen wisselen gegevens uit via OpenMI: debieten en waterstanden. Typisch gaan er debieten van model A naar model B terwijl er andersom waterstanden van model B naar A gaan.

Zoals o.a. beschreven door Gregersen (Gregersen, 2007) is OpenMI een techniek om informatie tussen modellen uit te wisselen op tijdstapbasis via run-time memory. De modellen rekenen dus gelijktijdig, en vragen informatie die ze van elkaar nodig hebben op en wisselen deze uit. OpenMI staat voor Open Modelling Interface. OpenMI is gebaseerd een 'vraag en antwoord' mechanisme tussen modelcomponenten die met elkaar volgens afgesproken standaarden kunnen communiceren en data uitwisselen. OpenMI is een open, interface-gebaseerde standaard. Een modelcode die via deze standaard met andere modelcodes kan communiceren wordt OpenMI-compliant genoemd. Zowel SOBEK-2 als SOBEK-3 zijn OpenMI-compliant. Voor LSM betekent het idee van OpenMI koppeling van deelmodellen dat niet alle regionale modellen in dezelfde SOBEK versie beschikbaar hoeven te zijn, dat je niet alle deelmodellen in 1 groot model in dezelfde SOBEK versie hoeft te converteren, en dat de deelmodellen veel herkenbaarder zijn voor de regionale beheerders.

Hierdoor kan het LSM in principe worden opgebouwd als een OpenMI-koppeling van de losse modellen van de waterbeheerders (zowel RWS als de waterschappen). In dat geval is het niet nodig om bij aanpassingen in een regionaal model dezelfde aanpassingen ook in LSM over te nemen, maar hoeft er alleen een nieuw regionaal model in OpenMI gehangen te worden en de uitwisselingslocaties van dit nieuwe model met de andere modellen aangepast te worden. Het beheer van LSM wordt daardoor in principe eenvoudiger, omdat het beheer van de individuele modellen bij de verantwoordelijke waterbeheerder kan blijven liggen, en alleen de koppelingen tussen de verschillende modellen goed beheerd moeten worden.

In de gebruikte versie OpenMI 1.4.1 is het uitwisselingsmechanisme tussen de deelmodellen in elke tijdstap sequentieel. Op elk moment is er dus slechts één deelmodel echt aan het rekenen, de andere modellen wachten. Dat is qua rekentijd niet heel erg efficiënt. Daarom zijn er stappen gezet om OpenMI 2.0 te ontwikkelen, waarin de gebruiker (meer) mogelijkheden heeft om het rekenproces te sturen en er meerdere deelmodellen echt tegelijk kunnen rekenen. Vorig jaar uitgevoerde testen wezen echter uit dat er eerst nog een aantal issues bij OpenMI 2.0 opgelost moeten worden voordat een LSM compositie goed gedraaid kan worden. OpenMI 1.4.1 is dus qua performance nog niet optimaal, maar uit de testen met een verschillend aantal deelmodellen kan wel een indruk de (verschillen in) performance afgeleid worden.

### 3.2 Methoden voor koppeling van deelmodellen

Er zijn verschillende koppelingsmethoden te onderscheiden, te weten:

- een volledig impliciete koppeling; of
- een externe koppeling, al of niet iteratief.

Een volledig impliciete methode van koppelen betekent dat de deelmodellen worden samengevoegd tot een modelsysteem waardoor een nieuw model wordt gecreëerd met uniforme dataset.

Dat is in feite de manier waarop het huidige LSM is opgezet. Deze methode is robuust en rekenefficiënt, maar het uniformeren van de datasets en het samenvoegen van de schematisaties is niet eenvoudig als de deelmodellen worden beheerd door verschillende eigenaren die verschillende belangen hebben.

In OpenMI wordt gewerkt met een externe koppeling. Voor deze koppeling geldt dat de deelmodellen met verschillende software (SOBEK-2, SOBEK-3) kunnen worden doorgerekend. Tijdens de simulatie in het OpenMI-raamwerk wordt alleen een beperkte set gegevens tussen de deelmodellen uitgewisseld (waterstanden en debieten op een beperkt aantal locaties). De OpenMI koppeling kan iteratief of niet-iteratief zijn. Het verschil tussen de iteratieve en de niet-iteratieve koppeling is het al of niet toestaan van iteraties tussen de deelmodellen voor dezelfde tijdstap. Bij de standaard koppeling is dat niet het geval, bij de externe iteratieve koppeling wel.

Eerder is in een memo geconcludeerd (Prinsen, 2014) dat de iteratieve methode qua modelresultaat stabiel is dan de standaard externe koppeling. Dit gaat echter gepaard met een flinke toename van de rekentijd. Om gebruik te maken van een externe koppeling wordt daarom aanbevolen:

- een ruime overlap in de schematisatie te hanteren bij deelmodellen die via een open verbinding gekoppeld worden;
- een kleine overlap is voldoende als de deelmodellen gescheiden worden bij een kunstwerk.

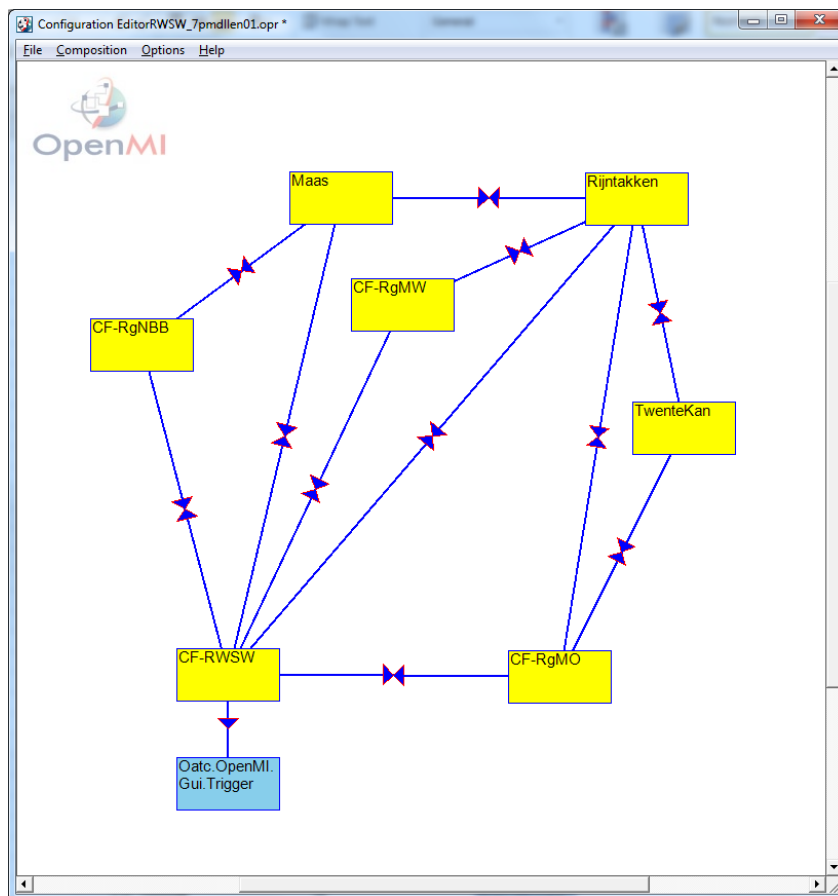
De eerste aanbeveling is in deze studie meegenomen bij koppeling tussen deelmodellen Maas, Rijntakken en RWSW (zie bijlage C). De tweede aanbeveling is in de studie flexibel toegepast (zie paragraaf 2.3).

### 3.3 Complete koppeling tussen deelmodellen

De zeven deelmodellen worden geïntegreerd met het OpenMI framework, versie 1.4.1.0. De OpenMI compositie voor de externe koppeling van de deelmodellen zonder iterator wordt in Figuur 3.1 weergegeven. Hierdoor is een nieuw LSM ontstaan, die verder in dit rapport wordt aangeduid K-LSM (geKoppelde versie van LSM). De lijst met koppelingslocaties en uitgewisselde grootheid tussen de deelmodellen wordt in tabellen in bijlage D beschreven.

Bij het opzetten van de compositie met deelmodellen moet eenmalig de lijst met koppelingslocaties goed worden opgesteld. Dat is een klus die nauwgezet moet worden gedaan en die voor LSM enkele dagen tijd heeft gekost. Daarna is het bij update van een deelmodel, of het opknippen van een deelmodel in twee kleinere deelmodellen een relatief kleine actie om de tabel met OpenMI uitwisselingslocaties weer up-to-date te maken.





Figuur 3.1 OpenMI compositie van koppeling van zeven LSM deelmodellen

### 3.4 Beperkingen van de koppeling tussen de grote rivieren en regionale wateren

Zoals beschreven in paragraaf 2.6 is het noodzakelijk om dummytakken te gebruiken om de sturing van een aantal kunstwerken in het oorspronkelijke LSM goed te kunnen reproduceren. Verder is er voor gezorgd dat er geen overlap is tussen twee deelmodellen bij een splitsingspunt waar een regionale afwatering of inlaat zit. Afhankelijk van de precieze situatie kan het debiet in regionale wateren sterk worden beïnvloed door de waterstand van het randenpunt; in gevallen waar een pomp ligt maakt het meestal heel weinig uit, maar er zijn ook verbindingen waarbij geen pomp maar een stuw of onderlaat (bv. inlaat Kromme Rijn) of een open verbinding (Oude IJssel) is.

Verder moet bij het opgeven van de koppelingslocaties in OpenMI goed worden opgelet, omdat in de SOBEK-uitvoer met debieten op reachsegmenten (ReachSeg.His) niet alle reachsegmenten zijn opgenomen die in de user-interface zichtbaar zijn. Omdat het debiet tussen twee rekenpunten wordt berekend, is in de HIS-file alleen voor het eerste reachsegment na elk rekenpunt (gezien in positief gedefinieerde takrichting) een debiet opgenomen.

Laterale debieten worden in LSM standaard bij het rekenpunt met het laagst gelegen bodemniveau toegevoegd (dat kan het benedenstroomse rekenpunt of het bovenstroomse rekenpunt zijn).

Bij de OpenMI-koppeling worden gegevens elke tijdstap uitgewisseld. Zoals weergegeven in Figuur 3.1 wordt RWSW door OpenMI getriggerd.

Dit betekent dat RWSW de gegevens van de andere 6 deelmodellen vraagt en dat deze 6 deelmodellen eerst worden doorgerekend, volgens het principe “ask first, computer last”. Bij de eerste tijdstap hebben de 6 deelmodellen bij koppelingslocaties de condities van RWSW nodig, maar op dat moment zijn alleen nog de initiële waarden beschikbaar. In vergelijking met de volledig impliciete koppeling zoals in de huidige LSM-schematisatie voor heel Nederland is dit dus afwijkend. Dit proces is zogenaamde ‘time-lagged’ benadering, waardoor er verschillen met het oorspronkelijke LSM zullen ontstaan.

Alle genoemde beperkingen zullen een verschil veroorzaken. De doelstelling van deze studie is om te onderzoeken hoe groot deze verschillen zijn, en wat de verschillen zijn tussen de impliciete methode en de via OpenMI gekoppelde deelmodellen.

## 4 Modelsimulaties en vergelijking berekende waterstanden

### 4.1 Modelsimulatie

Dit hoofdstuk gaat in op de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen en vergelijkt deze met eerdere berekeningen.

De modelsimulaties zijn gemaakt voor zowel de alleenstaande deelmodellen Maas en Rijntakken als het via OpenMI gekoppelde LSM (K-LSM). De simulatieperiode en tijdstappen zijn als volgt:

- Simulatieperiode: vanaf 01-12-1994 t/m/ 01-03-1995
- Simulatietijdstap: 10 minuten
- Uitvoertijdstap: 1 uur, gemiddelde waarde voor de Rijntakken, Maasmodel en Twentekanal; 1 dag voor de overige 4 deelmodellen.

Opgemerkt wordt dat de SOBEK-3 deelmodellen Maas en Rijntakken zijn geactualiseerd voor de gebiedssituatie van 2013, terwijl modelsimulaties zijn gedaan voor het hoogwater van 1995. Vandaar dat de berekende resultaten niet vergelijkbaar zijn met de gemeten waarden (debiet of waterstand). En omdat in het SOBEK-2 LSM model oudere versies van de schematisaties van Maas en Rijntakken zijn opgenomen, zullen ook hierdoor enige verschillen ontstaan tussen de gekoppelde som en de SOBEK-2 LSM som die mogelijk invloed hebben op de resultaten van de SOBEK-2 deelmodellen in OpenMI compositie.

Bij de simulaties voor het stand-alone Maas- en Rijntakkenmodel zijn de laterale afvoeren overgenomen van de bij modelkalibratie (de Jong 2014; Berends, 2014).

De simulatieperiode is gekozen omdat voor deze periode de randvoorwaarden voor de SOBEK-3 modellen van Rijntakken en de Maas beschikbaar zijn. Ook voor LSM zijn voor deze periode de data beschikbaar. Verder zijn de buitenwaterstanden voor deze periode in de verschillende modellen consistent met elkaar gemaakt.

Bij de simulatie van het gekoppelde K-LSM, zijn de lateralen van de deelmodellen Maas en Rijntakken als volgt aangepast:

- Alle lateralen, die overeenkomen met de zijtakken van de deelmodellen voor de regionale wateren, zijn gekoppeld met de in het andere deelmodel berekende afvoeren van de zijtakken.
- Voor het Maasmodel en Rijntakken model zijn de overige lateralen (die niet overeenkomen met de zijtakken van andere deelmodellen) gehandhaafd in de schematisatie.

Daarbij zijn voor dezelfde simulatieperiode de volgende modelsimulaties uitgevoerd:

- het stand-alone SOBEK-3 Maasmodel;
- het stand-alone SOBEK-3 Rijntakkenmodel;
- het stand-alone LSM in SOBEK-2 user-interface.

De simulatietijdstappen van de bovenstaande drie modellen zijn dezelfde als voor K-LSM.

## 4.2 Modelperformance

De berekende waterstanden van de koppelingslocaties worden als volgt vergeleken:

- Voor Maaslocaties wordt de vergelijking gegeven tussen het via OpenMI gekoppelde en het stand-alone SOBEK-3 Maas model;
- Voor Rijntakkenlocaties wordt de vergelijking gegeven tussen het via OpenMI gekoppelde en het stand-alone SOBEK-3 Rijntakkenmodel;
- Voor alle andere koppelingslocaties wordt de vergelijking gedaan tussen het SOBEK2-LSM en het gekoppelde deelmodel uit K-LSM.

De modelperformance wordt beoordeeld op de volgende (statistische) waarden:

1. Rekeningtijd;
2. Gemiddelde afwijking (Bias) voor diverse locaties;
3. Standaard deviatie (StDev) voor diverse locaties; en
4. RMSE (Root Mean Square Error) voor diverse locaties.

De statistieken worden bepaald door de verschillen in resultaten van de deelmodellen ten opzichte van het LSM, het alleenstaande Rijntakken- en Maasmodel. Het verschil  $\Delta x$  is gedefinieerd als volgt:

$$\Delta x = x_{(deelmodel)} - x_{(alleen)} \quad (4.1)$$

waarin  $\Delta x$  het verschil is van de berekende parameter (waterstand of debiet), alleen: alleenstaand model; deelmodel: gekoppeld deelmodel. Het aantal gegevens per uur is ( $n=$ ) 2160, per dag ( $n=$ ) 90.

Het verschil van de maximale waterstand

$$Max.DH = x_{(deelmodel,max)} - x_{(alleen,max)} \quad (4.2)$$

De gemiddelde afwijking (Bias) is als volgt gedefinieerd:

$$Bias = \overline{\Delta x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \Delta x_k \quad (4.3)$$

De standaard deviatie is gedefinieerd als:

$$StDev = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left( \frac{\Delta x_k - \overline{\Delta x}}{n} \right)^2} \quad (4.4)$$

De Root Mean Square Error (RMSE) is gedefinieerd als:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\Delta x_k)^2} \quad (4.5)$$

De modelperformance van de berekende waterstanden wordt per deelmodel gegeven.

#### 4.3 Modelversies voor OpenMI

Verschillende versies zullen tot verschillende berekende resultaten leiden. In deze studie zijn de volgende modelversies gebruikt:

In OpenMI zijn de gebruikte modelversies als volgt:

OpenMI versie: 1.4.1.0  
 SOBEK-3 versie: SOBEK-3.3.1.2-special  
 SOBEK-2(cf-dll.dll): 1.1.0.34647  
 Hierin is cf-dll.dll het rekenhart voor SOBEK-2.

Om de berekende waterstanden van de 4 deelmodellen met het LSM te vergelijken, is gebruik gemaakt van eerder gemaakte LSM sommen in de SOBEK-2 userinterface. Deze sommen zijn gedraaid met SOBEK-2(delftflow.exe) versie 1.1.0.27106.

Opgemerkt wordt dat de vergelijking tussen modelresultaten om diverse redenen verschillen kan geven:

- De som die met het stand-alone LSM gedraaid is, gebruikt niet dezelfde versie van de executable als de dll die in OpenMI wordt gebruikt. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan. Het is gebleken dat het in OpenMI gebruikte SOBEK-2 rekenhart (cf-dll.dll) gevoeliger is voor droogvalproblematiek dan de oudere versie van de executable waarmee LSM stand-alone in SOBEK-2 is gedraaid.
- In het Noord-Brabant deelmodel zijn enkele aanpassingen gedaan, om droogval problemen en lange rekentijden te voorkomen. Dit kan ook regionaal leiden tot verschillen in resultaten.
- De SOBEK-3 deelmodellen Rijntakken en Maas zijn gebaseerd op recentere informatie dan de in LSM stand-alone opgenomen schematisaties van Rijntakken en Maas. Hierdoor kunnen in de vergelijking van resultaten van LSM-stand-alone en OpenMI resultaten op een aantal locaties verschillen ontstaan, ook op locaties in regionale deelnetwerken die sterk onder invloed staan van de waterstand op Rijn of Maas.

De berekende waterstanden van de vier deelmodellen (RWSW, RgMO, RgMW en RgNBB) doorgerekend in de OpenMI-compositie worden vergeleken met de resultaten van het stand-alone SOBEK-2 LSM.

#### 4.4 Modelperformance: Rekening

Het LSM en de OpenMI-composities zijn gedraaid op een HP laptop "Probook 6570b" die 4 processoren heeft. De kloksnelheid is 2.6 GHz. De rekening is te vinden in de file SIMULATE.REP. De rekening van het K-LSM (gekoppeld via OpenMI) is verkregen door het noteren van de start- en einde tijdstippen van de modelberekening.

- Rekening K-LSM: 7 uren 55 minuten
- Rekening LSM: 11 uren

Zoals bekend is SOBEK intern niet geparalleliseerd, en wordt bij een SOBEK berekening dus slechts één processor gebruikt. Ook OpenMI maakt bij het doorrekenen van de compositie gebruik van slechts één processor. Wat dat betreft is er dus geen verschil tussen SOBEK-2 of de OpenMI compositie. Opgemerkt wordt dat de rekening wel beïnvloedt wordt door de belasting van de computer.

Als er veel andere processen actief zijn (al of niet op andere processoren) is er toch vertragende invloed merkbaar door zwaarder geheugengebruik en schijfgebruik.

De kleinere rekentijd van K-LSM lijkt verrassend, maar komt doordat de maatregelen voor het deelmodel RgNBB zijn genomen om tijdstapknijpen (en langere rekentijd) door droogval te voorkomen. Deze vergelijking is dus niet helemaal eerlijk door zowel andere modelcode versies (exe versus dll) als aanpassingen in de schematisatie om de rekentijd te verkorten.

In het volgende hoofdstuk wordt daarom een eerlijker vergelijking gedaan van OpenMI composities met een verschillend aantal deelmodellen. In al deze composities is de versnelling voor Noord-Brabant meegenomen, en alle composities zijn met dezelfde SOBEK versie (dll) gedraaid.

#### 4.5 Vergelijking berekende waterstanden Rijntakken- en Maaslocaties

Voor 14 locaties langs de rivieren worden de berekende waterstanden van het K-LSM met het alleenstaande Rijntakken/Maasmodel vergeleken. De benedenranden van de deelmodellen worden niet apart vergeleken, omdat die benedenranden in het stand-alone model (Rijntakken, Maas) zijn opgedrukt terwijl ze in het K-LSM dynamisch worden berekend en dus zullen afwijken van de in het stand-alone model opgedrukte meetreeks. Bovendien leidt de gebruikte koppelingsmethode (niet iteratief) tot een "time-lag" van 1 rekentijdstep.

In bijlage E wordt de vergelijking van de tijdreeksen voor waterstanden weergegeven. Tabel 4.1 geeft de modelperformance voor de Rijntakkenlocaties. De maximale waterstand is door het K-LSM (gekoppelde deelmodellen) onderschat. De gemiddelde bias is negatief. Langs de Waal is het verschil bovenstrooms van de locatie Zaltbommel klein; stroomafwaarts wordt het verschil groter. Bij de locatie Vuren is het verschil in de maximale waterstand ongeveer 5cm, en geeft het K-LSM hogere waarden dan het Rijntakkenmodel. In de laatste rij ( $\bar{x}$ ) wordt de gemiddelde waarde getoond.

Langs de rivier de IJssel is het verschil in de maximale waterstanden bij de locatie Kampen-Bovenhaven vrij groot. Dit komt vermoedelijk door de invloed van de benedenstroomse randen. Langs de rivier Nederrijn-Lek tot Hagestein-Boven is het verschil in de maximale waterstand klein. Benedenstrooms van de stuw Hagestein wordt de waterstand beïnvloed door de benedenstroomse rand waardoor het verschil ook groot wordt.

Voor het stand-alone model zijn de gemeten waterstanden opgelegd op de locaties voor de benedenranden, terwijl in het gekoppelde K-LSM de waterstanden bij deze locaties door het model dynamisch bepaald worden. De waterstanden zijn afhankelijk van zowel de waterbeweging in het Noordelijk Deltabekken, als ook de benedenstroomse randen bij de locaties Maasmond en Haringvliet. Beide locaties liggen op de zee. Daarbij speelt de wind ook een rol bij opwaaiing van de benedenstroomse randen van de Maas en de Rijntakken. In het LSM is wel de rand opgedrukt, maar wordt zonder wind gerekend.

Tabel 4.1 Modelperformance voor Rijntakken.

Locatie	Max.DH [m]	Bias [m]	Stdev [m]	RMSE [m]
1. Lobith	-0.002	-0.011	0.006	0.013
2. Pannerdensche Kop	-0.002	-0.013	0.007	0.015
3. Nijmegen haven	-0.006	-0.016	0.009	0.018
4. Tiel Waal	-0.005	-0.027	0.021	0.035
5. Zaltbommel	0.003	-0.073	0.086	0.113
6. Vuren	0.053	-0.149	0.197	0.247
7. IJsselkop	-0.005	-0.029	0.018	0.034
8. Doesburg	-0.002	-0.011	0.006	0.013
9. Olst	-0.106	-0.356	0.206	0.411
10. Kampen-Bovenhaven	-0.238	-0.262	0.100	0.281
11. Driel-boven	-0.009	-0.032	0.045	0.055
12. Amerongen-boven	-0.008	-0.063	0.084	0.105
13. Hagestein-boven	-0.027	-0.172	0.218	0.277
14. Schoonhoven	-0.028	-0.180	0.100	0.206
$\bar{x}$	-0.027	-0.100	0.079	0.130

Voor de Maaslocaties worden in de bijlage E de tijdreeksen vergeleken.

Tabel 4.2 toont de modelperformance voor de locaties op de Maas. Het verschil in de maximale waterstand wordt stroomafwaarts groter. Het grootste verschil in de maximale waterstand bevindt zich bij de locatie Heesbeen.

Boven Borgharen-Dorp is er bijna geen verschil. Benedenstrooms van Borgharen wordt het verschil tussen de stand-alone SOBEK-3 model en het SOBEK-3 model in de OpenMI compositie langzaam groter. Dit wordt waarschijnlijk verklaard door de laterale debieten afkomstig uit deelmodellen. Desondanks zijn de standaard afwijkingen en de RMSE tot de locatie Gennep klein. Benedenstrooms van Gennep worden de verschillen groter. De gemiddelde waarden zijn te vinden in de laatste rij van Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Modelperformance voor de Maas

Locatie	Max.DH	Bias	Stdev	RMSE
1.Eijsden-grens	0.000	0.000	0.028	0.028
2.Sint-Pieter-Noord	0.000	-0.005	0.097	0.097
3.Julianakanaal-Boven	0.000	0.000	0.112	0.112
4.Borgharen-Dorp	-0.001	-0.020	0.079	0.082
5.Elslo	-0.003	-0.022	0.067	0.071
6.Stevensweert	0.000	-0.010	0.023	0.025
7.Linne-beneden	-0.003	-0.009	0.025	0.026
8.Belfeld-beneden	-0.041	-0.039	0.035	0.052
9.Well-dorp	-0.014	-0.016	0.016	0.022
10.Sambeek	0.002	-0.008	0.039	0.040
11.Gennep	0.012	0.005	0.046	0.046
12.Grave-beneden	0.022	0.022	0.078	0.081
13.Megen-dorp	0.022	0.028	0.093	0.097
14.Lith-boven	0.051	0.034	0.121	0.126
15.Lith-dorp	0.067	-0.094	0.247	0.265
16.Heesbeen	0.208	-0.105	0.323	0.339
$\bar{x}$	0.020	-0.015	0.089	0.094

#### 4.6 Vergelijking berekende waterstanden Overige RWS wateren (RWSW)

Voor het deelmodel RWSW worden de berekende waterstanden bij de koppelingslocaties aan RWSW zijde vergeleken met de LSM resultaten. De locaties bevinden zich in het Noordelijk Deltabekken, het IJsselmeergebied, Volkerak-Zoommeer, Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal.

In bijlage F worden de resultaten van deze vergelijking van de berekende waterstanden voor 45 locaties grafisch weergegeven. Bij deze locaties vinden er koppelingen plaats tussen RWSW en de Maas/Rijntakken enerzijds, en koppelingen tussen RWSW en regionale wateren anderzijds. Tabel 4.3 geeft de modelperformance voor de stroomgebieden RWSW. In het NDB is het verschil in de maximale waterstand grootst bij de locaties Tiel (Waal), Nieuwegein (Lek) en Keizersveer (Maas). Deze locaties liggen niet ver af van de koppelingslocaties met het Maas- en Rijntakkenmodel.

Voor het IJsselmeergebied zijn de waterstandverschillen bij Vechtmond en Zwarte Water sluizen opvallend. Onderzoek geeft eraan dat in LSM tijdens hoogwater bij de IJssel er veel water via Spooldesluizen naar het Zwarte Water stroomt. Dit komt omdat in het LSM er geen kering in het model is opgenomen, dat is een fout in de LSM modelschematisatie. Op deze locatie is in de OpenMI compositie geen koppeling gelegd tussen het RWSW deelmodel en het Rijntakken model.

Verder zijn er opvallende verschillen langs NZK en ARK. Dit wordt verklaard door de verschillende versies van de SOBEK-2 executable en de dll, waardoor verschillen tijdens het itereren ontstaan bij de sturing van de kunstwerken bij IJmuiden.



Tabel 4.3 Modelperformance voor RWSW.

Locatie	Max.DH	bias	stdev	RMSE
Noordelijk Deltabekken				
1.Rotterdam (Nieuwe Maas)	0.023	-0.012	0.007	0.014
2.Maassluis Oost (Nieuwe Waterweg)	0.022	-0.013	0.007	0.015
3.Maassluis West (Nieuwe Waterweg)	0.015	-0.012	0.006	0.013
4.Westland (Nieuwe Waterweg)	0.008	-0.007	0.003	0.007
5.Beneluxtunnel (Nieuwe Maas)	0.026	-0.015	0.008	0.017
6.Moerdijk (Hollandsch Diep)	0.018	-0.001	0.018	0.017
7.Tiel	0.123	-0.039	0.056	0.068
8.Beneden Merwede	0.066	-0.012	0.026	0.029
9.Spui (NDB)	0.022	-0.008	0.012	0.014
10.Nieuwegein (Lek)	0.126	-0.039	0.055	0.067
11.Ameide (Lek)	-0.040	0.073	0.077	0.106
12.Vreeswijk (Lek)	-0.046	0.067	0.073	0.099
13.Vianen (Lek)	-0.040	0.102	0.106	0.147
14.Gouda (Hollandsche IJssel)	0.019	-0.010	0.010	0.014
15.Gouderak (Hollandsche IJssel)	0.020	-0.009	0.010	0.013
16.Capelle aan de IJssel (Hollandsche IJssel)	0.021	-0.009	0.010	0.013
17.Keizersveer	-0.252	0.023	0.138	0.139
18.Drimmelen(Beneden Maas)	-0.080	0.007	0.055	0.055
$\bar{x}$	0.003	0.005	0.038	0.047
IJsselmeergebied				
19.Stavoren (IJsselmeer)	-0.028	-0.004	0.014	0.014
20.Lemmer (IJsselmeer)	-0.028	-0.004	0.014	0.014
21.Urk (IJsselmeer)	-0.028	-0.004	0.014	0.014
22.Volendam (Markermeer)	0.007	-0.010	0.008	0.012
23.Wortman (Markermeer)	0.017	-0.010	0.008	0.012
24.Blocq van Kuffeler (Markermeer)	0.006	-0.010	0.008	0.012
25.Ketelhaven (Ketelmeer)	-0.043	-0.003	0.016	0.016
26.Schardam (Markermeer)	0.007	-0.010	0.008	0.012
27.Haandrik (Overijsselsche Vecht)	-0.087	0.008	0.020	0.022
28.Gramsberg (Overijsselsche Vecht)	0.007	0.000	0.005	0.005
29.Ommerkanaal (Overijsselsche Vecht)	0.005	-0.005	0.019	0.020
30.Vechtmond (Zwarte Water)	-0.275	0.097	0.060	0.114
31.Zwartsluis (Zwarte Water)	-0.248	0.060	0.060	0.085
32.Kampen (IJssel)	0.062	-0.019	0.036	0.041
33.Lovink (Randmeren)	-0.008	-0.002	0.021	0.021
34.Eem monding (Randmeren)	-0.007	-0.010	0.008	0.013
$\bar{x}$	-0.040	0.005	0.020	0.027
Volkerak-Zoommeer				
35.Volkerak-Zuid (bij Benedensas)	-0.002	-0.002	0.004	0.004

36.Volkerak-Noord (bij Dintelsas)	-0.002	-0.002	0.004	0.004
$\bar{x}$	-0.002	-0.002	0.004	0.004
Noordzeekanaal (NZK), Amsterdam-Rijnkanaal (ARK)				
37.Zaandam (NZK)	0.138	-0.044	0.045	0.063
38.Zijkanaal B (NZK)	0.137	-0.044	0.045	0.063
39.Spaarndam (NZK)	0.137	-0.044	0.045	0.063
40.Irenesluizen-Zuid (ARK)	0.039	-0.004	0.125	0.124
41.Utrecht Zuid (ARK)	0.136	-0.045	0.045	0.063
42.Irenesluizen-Noord (ARK)	0.136	-0.045	0.044	0.063
43.Utrecht Noord (ARK)	0.130	-0.041	0.044	0.060
44.Tolhuis (ARK)	0.140	-0.046	0.045	0.065
45.Utrecht Midden (ARK)	0.136	-0.045	0.045	0.063
$\bar{x}$	0.125	-0.040	0.054	0.070

#### 4.7 Vergelijking berekende waterstanden voor Regionale wateren Midden Oost (RgMO)

In bijlage G worden de berekende waterstanden voor 26 locaties grafisch weergegeven. Deze locaties bevinden zich in de stroomgebieden van RgMO waarbij er koppelingen zijn tussen RgMO en Rijntakken, of koppelingen tussen RgMO en RWSW.

Tabel 4.4 geeft de modelperformance voor de locaties in RgMO. Opvallende verschillen zijn er voor de locaties bij Zwolle en Linge-Oost. Deze twee locaties bevinden zich resp. bij de koppelingslocaties met het Zwarte Water en het Pannerdensch Kanaal.

Tabel 4.4 Modelperformance voor RgMO

	max.DH	Bias	Stdev	RMSE
1.Eem monding	-0.006	-0.008	0.007	0.149
2.Zwolle	-0.326	0.118	0.068	0.010
3.Linge-Oost	-0.662	0.349	0.202	0.136
4.Valleikanaal	-0.001	0.219	0.335	0.402
5.Coevorden Kanaal	0.011	-0.001	0.005	0.398
6.Coevorden Sluis	0.067	-0.005	0.015	0.005
7.Zedemuden	0.016	-0.010	0.006	0.016
8.Kolffgemaal	0.000	0.000	0.001	0.011
9.Kuijckgemaal	-0.064	0.180	0.267	0.001
10.Betuwe_ Maurikse Wetering.West	0.039	-0.039	0.000	0.321
11.Betuwe_ Linge Oost	0.001	0.000	0.001	0.039
12.Betuwe_ Maurikse wetering Oost	0.039	-0.039	0.000	0.001
13.Hooglandgemaal	0.000	0.000	0.001	0.039
14.Fluessen	0.000	0.000	0.001	0.001
15.Woudagemaal	0.000	0.000	0.000	0.001
16.Tacozijsluis	0.000	0.000	0.000	0.000
17.Wortman (Noordersluis)	0.002	0.000	0.001	0.000
18.Lovink	0.000	0.000	0.000	0.001
19.Blocq van Kuffeler	0.002	-0.001	0.001	0.001
20.Inlaat NOP-Lemmer	0.003	-0.002	0.002	0.001
21.Vissering	0.002	-0.002	0.001	0.003
22.Ommerkanaal	0.000	0.000	0.000	0.002
23.Aadorp	0.000	0.001	0.003	0.000
24.Vianen sluis	-0.001	0.000	0.001	0.004
25.Ameidesluis	-0.001	0.000	0.001	0.001
26.Oude IJssel	0.002	-0.008	0.030	0.001
$\bar{x}$	-0.034	0.029	0.037	0.059

#### 4.8 Vergelijking berekende waterstanden voor Regionale Wateren Midden West (RgMW)

Bijlage H geeft de berekende waterstanden voor 34 locaties grafisch weer. Deze locaties bevinden zich in de stroomgebieden van RgMW waarbij er koppelingen plaatsvinden tussen RgMW en Rijntakken, of koppelingen tussen RgMW en RWSW.

Tabel 4.5 geeft de modelperformance voor de stroomgebieden in RgMW. De meeste verschillen bevinden zich bij de locaties die worden gekoppeld aan het Noordzeekanaal.

Tabel 4.5 Modelperformance voor RgMW.

Locatie	max.DH	Bias	stdev	RMSE
1.De Aanvoerder_KWA(Utrecht)	0.145	-0.055	0.043	0.069
2.Utrecht_Zuidersluis	0.005	-0.006	0.003	0.007
3.Koekoekinlaat (Lek)	-0.003	0.005	0.002	0.005
4.Nieuwegein_Noord	0.137	-0.045	0.045	0.063
5.KrommeRijn (inlaat)	0.145	-0.171	0.142	0.222
6.Edam	-0.007	-0.010	0.008	0.012
7.Monnickendam	-0.007	-0.010	0.008	0.012
8.Gemaal Schilthuis-Nieuwe Maas	0.028	-0.014	0.009	0.017
9.Ringvaart-Abraham Kroes	0.002	-0.002	0.000	0.002
10.Gouda	0.000	0.000	0.000	0.000
11.Heemstede	0.000	0.000	0.000	0.000
12.Amstel	0.000	0.000	0.001	0.001
13.Zijkanaal_C	0.137	-0.044	0.045	0.063
14.Zaangemaal-NZK	0.138	-0.044	0.045	0.063
15.Nauerna-NZK	0.137	-0.044	0.045	0.063
16.Woerdense Verlaat	0.141	-0.046	0.045	0.064
17.Weerds sluis	0.131	-0.041	0.044	0.059
18.Wieringen	-0.026	-0.004	0.013	0.014
19.Gemaal Zaaijer	0.000	0.000	0.000	0.000
20.Wateringsche sluis	0.000	0.000	0.000	0.000
21.Gemaal Westland	0.001	-0.001	0.000	0.001
22.Schardam	-0.007	-0.010	0.008	0.012
23.Hornsluis	-0.007	-0.010	0.008	0.012
24.Vlaardingen-sluis	0.000	0.000	0.000	0.000
25.Schiedam-sluis	0.000	0.000	0.000	0.000
26.Krimpenerwaard (inlaat)	0.005	-0.001	0.002	0.002
27.Gouderak	-0.001	0.001	0.000	0.001
28.Krimpenerwaard-Veurink	-0.001	0.001	0.001	0.001
29.ARK-Utrecht_Zuid.	0.009	-0.008	0.002	0.009
30.Utrecht_ARK	0.021	-0.018	0.004	0.019
31.Koninginnesluis Vreeswijk	0.005	-0.006	0.003	0.007
32.Inlaat Bernisse	0.000	0.000	0.002	0.002
33.Nieuwe Meer	0.000	0.000	0.001	0.001
34.Utrecht_Midden.	0.136	-0.045	0.045	0.063
$\bar{x}$	0.037	-0.018	0.017	0.026

#### 4.9 Vergelijking berekende waterstanden voor de regio Noord-Brabant (RgNBB)

In bijlage I worden de berekende waterstanden voor 14 locaties vergeleken en grafisch weergegeven. Deze locaties bevinden zich in de stroomgebieden van RgNBB waarbij er koppelingen plaatsvinden tussen RgNBB en Maas, of koppelingen tussen RgNBB en RWSW.

Tabel 4.6 geeft de modelperformance voor de stroomgebieden in RgNBB. De meeste verschillen bevinden zich bij de locaties die worden gekoppeld aan de Maas.

Tabel 4.6 Modelperformance K-LSM voor stroomgebieden RgNBB.

Locaties	Max.DH	bias	stdev	RMSE
1.Zuidwillemsvaart-Maastricht	-0.167	0.134	0.230	0.265
2.Benedensas	-0.004	-0.002	0.004	0.004
3.Dintelsas	-0.003	-0.002	0.004	0.004
4.Geertruidenberg	-0.080	0.006	0.055	0.055
5.Kanaal Wessem-Nederweert	0.550	-0.148	0.179	0.232
6.GrootMolenbeek	-0.154	0.233	0.223	0.322
7.Neerbeek	0.013	0.355	0.373	0.513
8.Grave-Boven	-0.481	0.472	0.341	0.581
9.ZuidWillemsvaart-Den Bosch	0.000	0.000	0.001	0.001
10.Dommel	-0.357	0.098	0.117	0.152
11.Aa	-0.374	0.633	0.436	0.767
12.Niers	-0.415	0.168	0.336	0.374
13. Hollandsch Diep	0.020	-0.001	0.018	0.018
14.Swalm	-0.029	0.383	0.411	0.560
$\bar{x}$	-0.106	0.166	0.195	0.275

#### 4.10 Discussie

Voor de meeste locaties zijn de verschillen gering. Er zijn echter een aantal aandachtspunten:

- 1 Verschillen op het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal;
- 2 Verschillen bij de benedenstroomse randen van Maas en Rijntakken model; en
- 3 Verschillen bij de koppelpunten van de regionale wateren Noord-Brabant aan het Maasmodel

Deze drie punten worden achtereenvolgens besproken.

Als eerste de verschillen op Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal. In paragraaf 4.6 is al geconstateerd dat door andere versies van SOBEK-2 executable en de SOBEK-2 cf\_dll.dll er bij de sturing van IJmuiden verschillen optreden. In de oude LSM stand-alone som waren de peilen op NZK vrij glad, terwijl de peilen in de OpenMI-compositie meer variëren. Deze verschillen werken door tot op het Amsterdam-Rijnkanaal en bedragen orde 10-15 cm.

De verschillen bij de benedenstroomse randen van het Rijntakken model en het Maasmodel tussen de stand-alone SOBEK-3 modellen en de in de OpenMI compositie gekoppelde modellen zijn vrij groot. De verschillen lopen op van orde 20 cm (Heesbeen, Maasmodel), 25 cm (Keizersveer, RWSW deelmodel), 25 cm (Kampen, Rijntakken deelmodel), 25 cm (Vechtmonding, Zwarte Water in het RWSW deelmodel), tot 30 cm bij Zwolle (RgMO deelmodel). Voor IJssel en Vechtmonding is al het issue genoemd van de kering bij Spoolde (tussen IJssel en Zwarte Water) die in LSM open staat, terwijl dat in de praktijk niet zo is.

Verder speelt voor de benedenranden op de Maas en Rijntakken dat ze in de SOBEK-3 deelmodellen zijn opgelegd, terwijl in de OpenMI compositie de benedenrand wordt berekend door het benedenstroomse deelmodel, en met een rekentijdstep vertraging (10 minuten) doorgegeven. Hoewel dit niet in detail is geanalyseerd, wordt het mogelijk geacht dat de combinatie van deze aspecten een verschil van 20-30 cm kan verklaren.

Voor het deelmodel Noord-Brabant wordt geconstateerd dat de berekende waterstanden op de Grote Molenbeek nabij de Maas, bij de lozing van het Peelkanaal-Noord op de Maas bij Grave, en bij de koppelingen van Dommel, Aa en Niers met het Maasmodel vrij fors zijn, tot 35 a 40 cm verschil in maximale waterstand. Voor de Grote Molenbeek worden die verschillen verklaard door de aanpassingen in het model RgNBB, waar een aantal extra stuwen zijn gelegd om droogval te voorkomen. Verder blijken er verschillen bij de koppeling van Dommel en Aa met het Drongelens kanaal en de Maas. In het originele LSM worden de sluisen en stuwen in het Drongelens kanaal (Crevecoeur en de Bovenlandsche sluis) met controllers aangestuurd die een bovenstrooms peil proberen te handhaven, op basis van het aangeleverde model door de waterschappen Dommel, en Aa en Maas. In het SOBEK-3 deelmodel van de Maas is het Drongelens kanaal ook meegenomen in de schematisatie. Echter, daar wordt gebruik gemaakt van een vaste stuwinstelling. Uit de resultaten blijkt dat hierdoor het peil op het Drongelens Kanaal en bij Den Bosch wel tot een meter kan verschillen. De maximale waterstanden zijn tot orde 35 a 40 cm verschillend. Maar duidelijk is dat het verschil in sturing van kunstwerken een belangrijke verklarende factor van de verschillen in berekende waterstanden is. Uit vergelijking met metingen en/of overleg met de waterbeheerders moet blijken wat de correcte wijze van modelleren van de stuwen en sluisen in het Drongelens Kanaal is.

## 5 Performance testen met meer deelmodellen

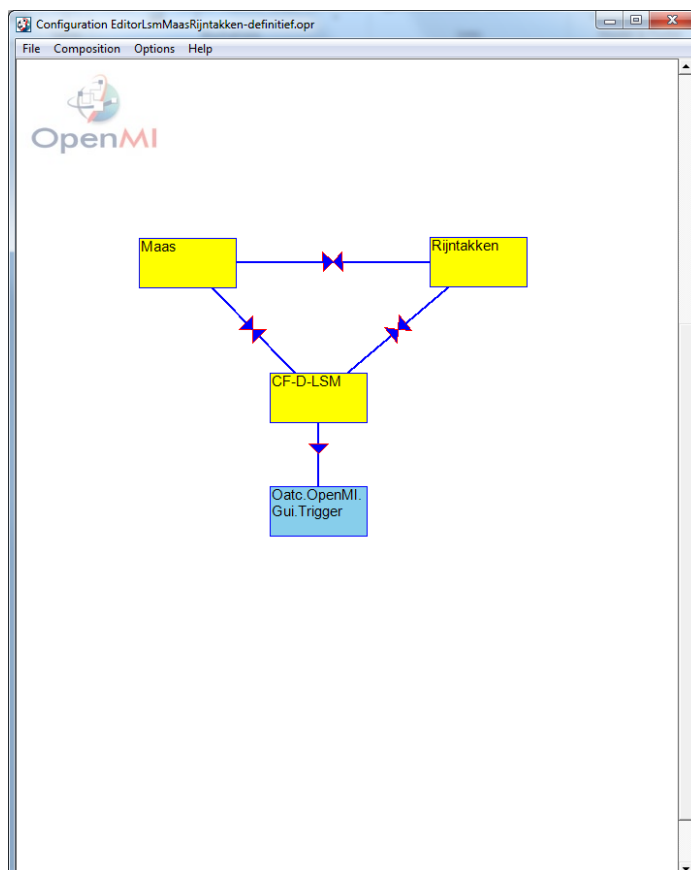
### 5.1 Inleiding

In de vorige hoofdstukken en de bijlagen is uitgebreid ingegaan op de compositie van 7 deelmodellen die in OpenMI is gedraaid. De berekende waterstanden van deze compositie zijn vergeleken met eerdere berekeningen van LSM en/of de oorspronkelijke deelmodellen voor dezelfde rekenperiode.

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op testen die als doel hebben te onderzoeken of OpenMI nog werkbaar is bij een toenemend aantal deelmodellen.

### 5.2 OpenMI composities met verschillend aantal deelmodellen

In het KPP-2014 (Gao, 2014) is gewerkt met een compositie bestaande uit 3 deelmodellen: Rijntakken, Maas, en overig LSM (D-LSM). De compositie wordt getoond in Figuur 5.1. De rekentijd van deze compositie voor de simulatieperiode 1 december 1994 tot 1 maart 1995 bedraagt 7 uur en 7 minuten.



Figuur 5.1 OpenMI compositie van koppeling van drie deelmodellen

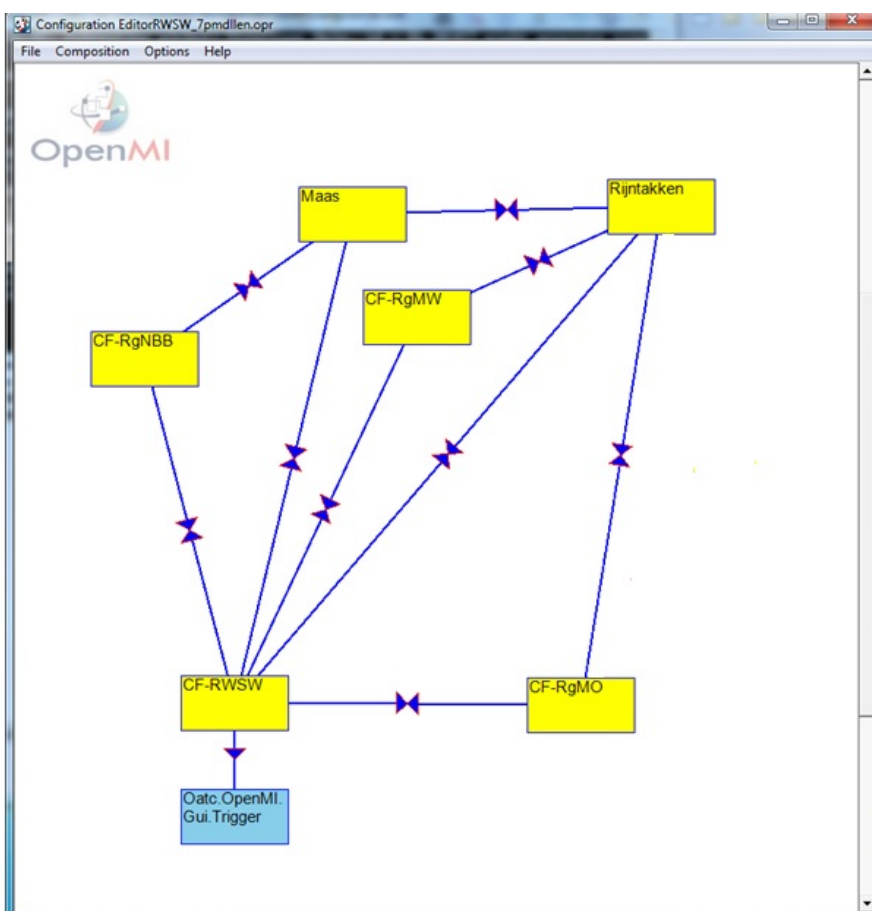
De OpenMI testen in 2015 hebben gefocust op de compositie van 7 deelmodellen, maar er zijn aanvullende berekeningen gemaakt met 6, 9, 11, 13 en 14 deelmodellen.

Deze samenstelling van deze deelmodellen wordt hierna toegelicht.

De compositie met zes deelmodellen bestaat uit deelmodellen voor achtereenvolgens:

1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren(RWSW);
4. Regio Middenwesten(RgMW);
5. Regio Noord-Brabant(RgNBB); en
6. Regio Middenoosten (RgMO).

De compositie wordt getoond in Figuur 5.2 en de rekentijd voor dezelfde rekenperiode bedraagt 7 uur en 30 minuten.



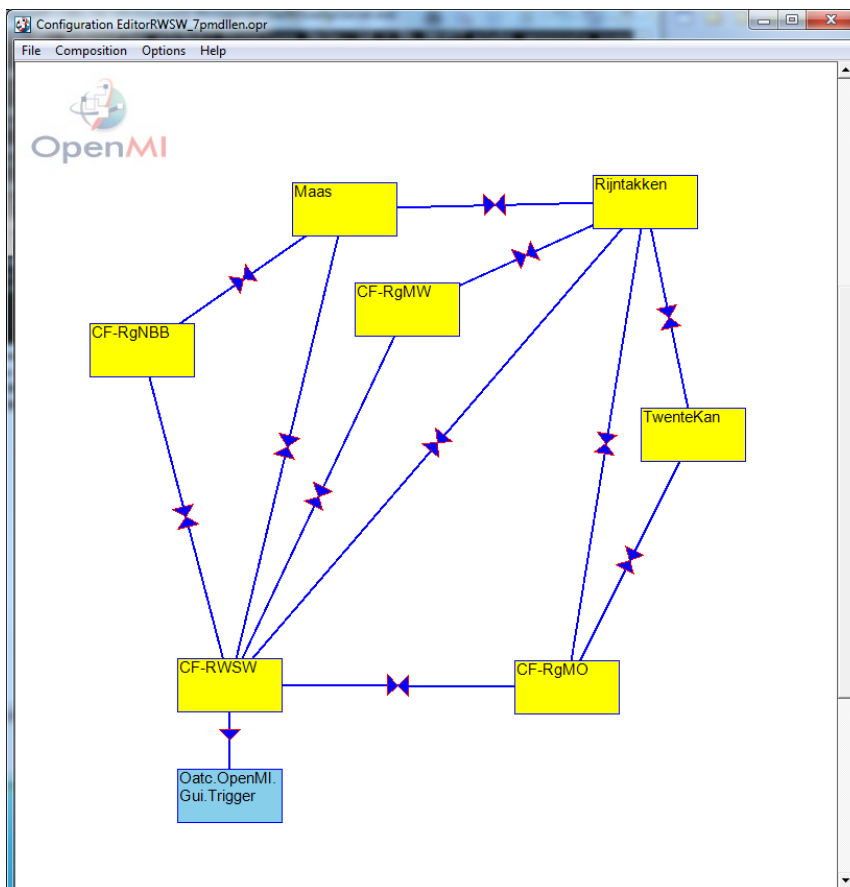
Figuur 5.2 OpenMI compositie van koppeling van zes deelmodellen



De compositie met zeven deelmodellen is verkregen door de Regionale Wateren Midden-Oost te splitsen in twee delen: Twentekanalen en de rest. Deze compositie bestaat dus uit de volgende deelmodellen:

1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren (RWSW);
4. Regio Middenwesten (RgMW);
5. Regio Noord-Brabant (RgNBB);
6. Twentekanalen; en
7. Regio Middenoosten (RgMO).

Figuur 5.3 geeft de OpenMI compositie weer. De rekestijd voor dezelfde rekenperiode bedraagt 7 uur en 57 minuten.



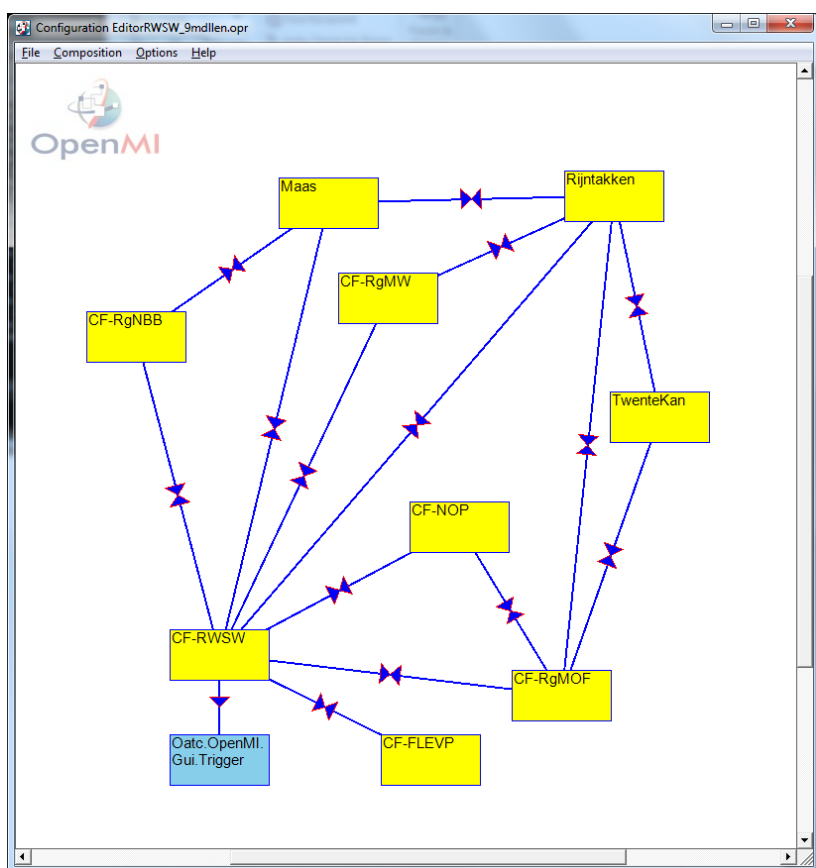
Figuur 5.3 OpenMI compositie van koppeling van zeven deelmodellen

De compositie met negen deelmodellen is verkregen door de Regionale Wateren Midden-Oost te splitsen in drie delen: de Flevopolders, de Noord-Oost polder en de rest. Deze compositie bestaat dus uit de volgende deelmodellen:

1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren (RWSW);
4. Regio Middenwesten (RgMW);

5. Regio Noord-Brabant (RgNBB);
6. Twentekanalen;
7. Flevopolders;
8. Noord-Oost polder; en
9. Regio Middenoosten (RgMOF).

De compositie wordt getoond in Figuur 5.4 en de rekestijd voor dezelfde rekenperiode bedraagt 6 uur en 54 minuten. Opvallend is dat de rekestijd korter is dan de compositie met zeven deelmodellen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deze run 's nachts gemaakt is, met geen andere actieve processen op de rekenPC.



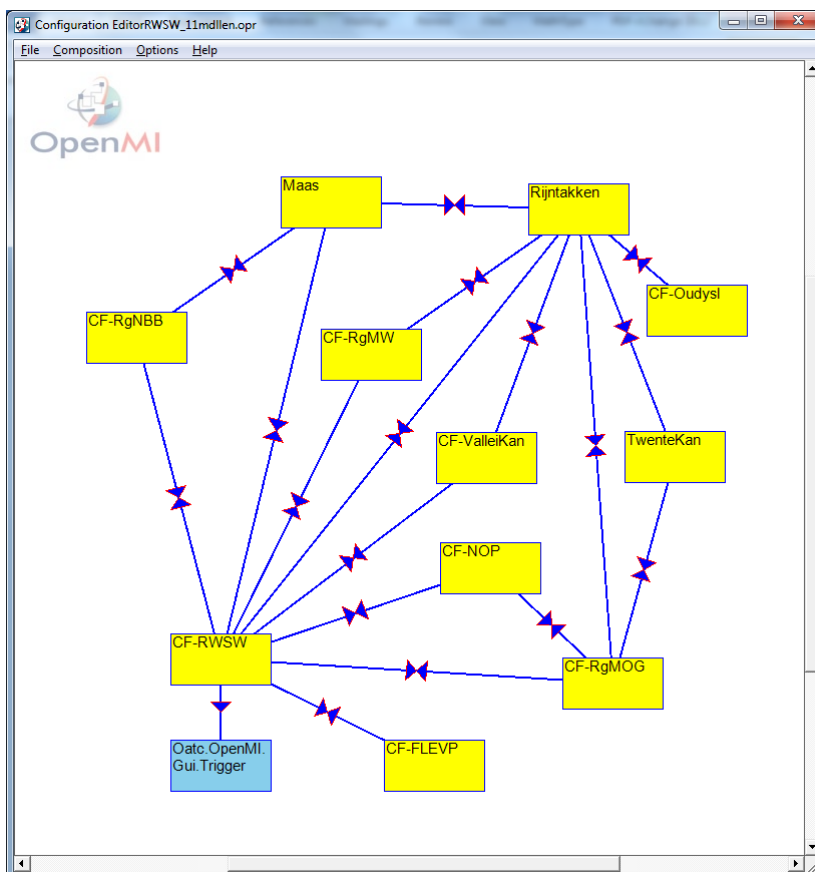
Figuur 5.4 OpenMI compositie van koppeling van negen deelmodellen

De compositie met 11 deelmodellen is geconstrueerd uit de compositie met 9 deelmodellen door het afsplitsen van een deelmodel voor de Oude IJssel en voor het Valleikanaal uit het deelmodel Regionale wateren Midden-Oost. De compositie bestaat uit:

1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren (RWSW);
4. Regio Middenwesten (RgMW);
5. Regio Noord-Brabant (RgNBB);
6. Twentekanalen;
7. Flevopolders;
8. Noord-Oost polder;
9. Oude IJssel;

10. Valleikanaal; en
11. Regio Middenoosten (RgMOG).

Figuur 5.5 toont de OpenMI compositie. De compositie is 's nachts gedraaid (zonder andere actieve processen op de PC) en de rekentijd voor dezelfde rekenperiode bedraagt 6 uur en 50 minuten. Deze rekentijd is marginaal korter dan de rekentijd van de compositie met negen deelmodellen (6 uur 54 minuten).



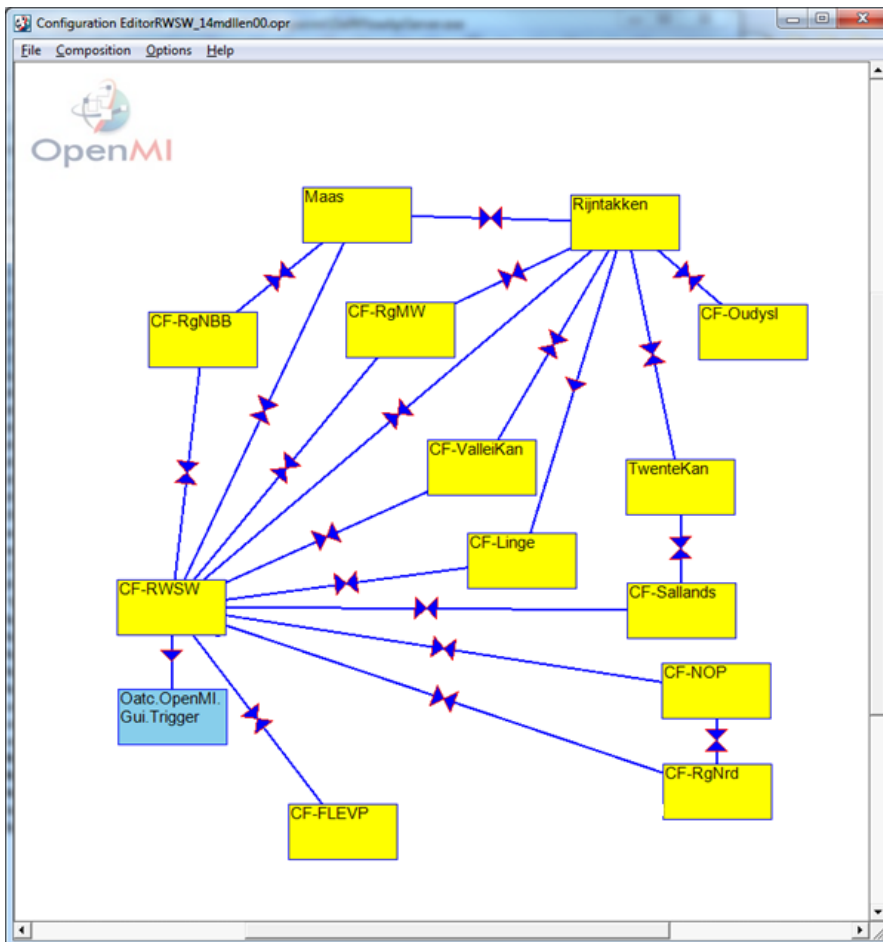
Figuur 5.5 OpenMI compositie van koppeling van elf deelmodellen

De compositie met 13 deelmodellen is geconstrueerd uit de compositie met 11 deelmodellen door het afsplitsen van een deelmodel voor de Linge en een deelmodel voor de Sallandse Wetering en de Haandrik-Overijsselsch Kanaal uit het deelmodel Regionale wateren Midden-Oost. De compositie bestaat uit:

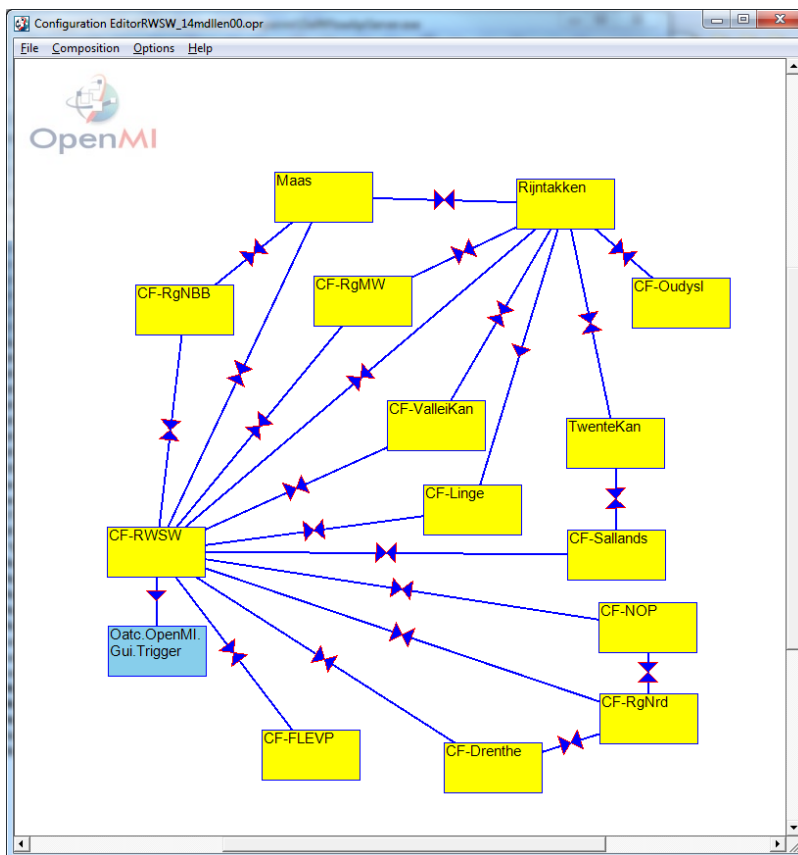
1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren (RWSW);
4. Regio Middenwesten (RgMW);
5. Regio Noord-Brabant (RgNBB);
6. Twentekanalen;
7. Flevopolders;
8. Noord-Oost polder;
9. Oude IJssel;
10. Valleikanaal;
11. Linge;

- 12. Sallandse Wetering en Haandrik-Overijsselsch Kanaal;
- 13. Regio Noord (RgNrd).

De compositie wordt getoond in Figuur 5.6 en de rekestijd voor dezelfde rekenperiode bedraagt 9 uur.



Figuur 5.6 OpenMI compositie van koppeling van dertien deelmodellen



Figuur 5.7 OpenMI compositie van koppeling van veertien deelmodellen

Tenslotte is de compositie met 14 deelmodellen geconstrueerd uit de compositie met 13 deelmodellen door het deelmodel voor regio noord (Groningen, Friesland, Drenthe) te splitsen in een deelmodel voor Groningen-Friesland en een deelmodel voor Drenthe. De compositie bestaat uit:

1. Rijntakken;
2. Maas;
3. Rijkswaterstaat wateren(RWSW);
4. Regio Middenwesten(RgMW);
5. Regio Noord-Brabant(RgNBB);
6. Twentekanalen;
7. Flevopolders;
8. Noord-Oost polder;
9. Oude IJssel;
10. Valleikanaal;
11. Linge;
12. Sallandse Wetering en Haandrik-Overijsselsch Kanaal;
13. Drenthe;
14. Regio Noord (RgNrd).

Figuur 5.7 toont de OpenMI compositie met 14 deelmodellen. De rekentijd ('s nachts) van deze compositie voor dezelfde rekenperiode bedraagt 9 uur en 9 minuten. Dit is slechts marginaal meer dan de rekentijd voor de compositie met 13 deelmodellen.

Tabel 5.1 Vergelijking rekentijden voor composities met verschillend aantal deelmodellen

Aantal deelmodellen	Rekentijd	Opmerking
3	7 uur 7 min.	
6	7 uur 30 min.	
7	7 uur 57 min.	
9	6 uur 54 min.	's nachts gedraaid, geen andere processen actief
11	6 uur 50 min.	's nachts gedraaid, geen andere processen actief
13	9 uur	
14	9 uur 9 min.	's nachts gedraaid, geen andere processen actief

In Tabel 5.1 worden de rekentijden voor de diverse OpenMI-composities samengevat. De rekentijden voor de composities met 9 en 11 deelmodellen zijn opvallend lager dan de composities voor 7 deelmodellen of 13 deelmodellen. Een mogelijke verklaring is het feit dat deze composities 's nachts doorgerekend zijn, zonder andere actieve processen. Hoewel de OpenMI compositie slechts gebruik maakt van 1 processor van de 4 beschikbare in de PC, blijkt dat bij intensief gebruik van de PC de rekentijd toch oploopt. Dat moet dan zitten in het geheugengebruik en geheugenmanagement, en schijfgebruik.

Belangrijk is de constatering dat de OpenMI compositie ook voor veel deelmodellen werkt, en dat dit niet ten koste blijkt te gaan van een buitenproportionele toename van de rekentijd. Een toename van 2 uur of 28% procent bij het gaan van 3 deelmodellen naar 14 deelmodellen valt mee. Eerdere testen met zeer kleine SOBEK modellen gaven aan dat de rekentijd voor OpenMI composities bij 6 deelmodellen flink hoger was dan de rekentijd voor 2 of 3 deelmodellen (Talsma, 2012)

Zoals eerder opgemerkt wordt hier niet met de rekentijd van de LSM stand-alone executable vergeleken, omdat de beschikbare sommen hiervoor met een andere versie zijn gemaakt dan de SOBEK-dll versie die nu in de OpenMI-testen is gebruikt.

Belangrijk bij de OpenMI-testen en vergelijking van rekentijden is ook dat de composities met dezelfde opties zijn doorgerekend. Bijvoorbeeld het al of niet gebruik van de optie `Skipstructimestepreduction=1` bleek bij LSM-stand alone testen met SOBEK-2 een flink verschil in rekentijd te verklaren.

Een interessante vraag is nog of het zinvol is om alle modellen naar SOBEK-3 om te zetten; als SOBEK-3 sneller rekent dan SOBEK-2, of als de OpenMI communicatie met SOBEK-3 sneller zou zijn dan met SOBEK-2, dan zou dat zinvol kunnen zijn. Op basis van de nu uitgevoerde OpenMI-testen kan die vraag echter niet beantwoord worden.

## 6 Beheer van de OpenMI compositie - LSM

Tot op heden is LSM één grote schematisatie in SOBEK-2, die ontstaan is door het aan elkaar plakken van vele deelmodellen tot één groot model. De gedachte uit het oogpunt van beheer is dat het qua beheer en onderhoud handiger is om dichterblijven bij de modellen van de waterbeheerders, en niet alles in één groot model aan elkaar te plakken. Als LSM wordt opgebouwd door een OpenMI compositie van individuele modellen van de waterbeheerders, kan bij een update van één van die modellen dat nieuwe model in de compositie worden gehangen, en de lijst met koppelingslocaties worden gecontroleerd en aangepast waar nodig. Op die manier zou een update van LSM eenvoudiger en sneller gerealiseerd kunnen worden.

Voor versiebeheer van LSM kan gedacht worden dat het voldoende is om de OpenMI compositie in SVN op te slaan, en te verwijzen naar de juiste versies van de deelmodellen die reeds in SVN zijn opgenomen. Dat zou namelijk ruimte in SVN schelen, omdat modellen niet dubbel worden opgeslagen.

Er zijn echter twee mitsen en maren aan deze gedachte.

Ten eerste vereist het verwijzen naar de versie nummers van deelmodellen een nauwgezette werkwijze. Het vereist in ieder geval dat bij updates van deelmodellen altijd netjes het versienummer wordt aangepast (zoals het hoort); als dat niet gebeurt, kan het zijn dat het LSM wordt aangepast omdat een deelmodel is aangepast terwijl dat niet netjes uit de registratie blijkt. Verder betekent het dat bij uitleveringen van LSM goed alle links naar deelmodellen moeten worden nagelopen om de juiste files mee te leveren, hetgeen mogelijk een tijdrovend proces is.

Ten tweede, zoals aangegeven in hoofdstuk 2, zijn er bij het koppelen van de deelmodellen van LSM in de OpenMI compositie voor sommige deelmodellen nog kleine aanpassingen in de schematisatie gedaan. Dit betreft onder andere de dummy takken die gebruikt worden om bepaalde gegevens van het ene deelmodel naar het andere door te sluisen, om daarvan gebruik te maken bij de sturing van kunstwerken. Bijvoorbeeld, de rivierafvoer bij Lobith wordt doorgegeven aan het deelmodel waarin de inlaat Gouda is opgenomen. Ook wordt de afvoer bij Lobith doorgegeven aan het deelmodel waarin de Irenesluis-ARK is opgenomen. In het deelmodel Linge is een extra tak toegevoegd om op het koppelpunt Doornenburg met het deelmodel Rijntakken één debiet door te kunnen geven; in het oorspronkelijke LSM takten op dit koppelpunt 2 takken aan. Waar nodig is bij koppeling van zijtakken uit deelmodellen aan een ander deelmodel een lateraal debietlocatie toegevoegd.

Daarom wordt aanbevolen om in eerste instantie zowel de LSM-OpenMI compositie als de (aangepaste) deelmodellen van LSM in SVN op te slaan.





## 7 Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

Op basis van de onderhavige studie zijn volgende conclusies getrokken:

- De koppeling van het K-LSM met de zeven deelmodellen werkt, ook met 3 SOBEK-3 (Deltashell) deelmodellen en 4 deelmodellen die in SOBEK-2 draaien.
- Uit een vergelijking van de OpenMI-resultaten met de stand-alone modellen van Maas en Rijntakken blijkt dat de berekende waterstanden redelijk goed overeen komen voor het bovenstroomse gedeelte. De verschillen treden veelal op bij de locaties nabij de benedenstroomse randen, omdat daar in het ene geval waterstanden zijn opgedrukt en in de OpenMI-compositie de waterstanden door een ander model worden berekend.
- Waterstandsverschillen treden ook op bij de koppelingslocaties tussen de grote rivieren/meren en de regionale wateren. In een aantal gevallen komt dit door verschillen in de schematisatie. In Noord-Brabant zijn bij de Grote Molenbeek een aantal stuwen toegevoegd om de rekestijd te verkorten. Verder blijkt er een verschil in sturing van stuwen in het Drongelens Kanaal in het LSM en in het stand-alone SOBEK-3 Maasmodel die waterstandsverschillen op het Drongelens Kanaal en in Den Bosch veroorzaakt.
- De rekestijd van de OpenMI composities zijn slecht te vergelijken met rekestijden van het stand-alone LSM in SOBEK-2, omdat de stand-alone LSM sommen zijn gemaakt met een oudere versie van de code, en omdat in de schematisatie van het deelmodel Noord-Brabant door kleine aanpassingen van de schematisatie de rekestijd verkort is.
- De rekestijden van OpenMI composities met een verschillend aantal deelmodellen kunnen wel onderling vergeleken worden. Het blijkt dat de OpenMI composities ook voor veel deelmodellen goed werken, en dat de rekestijd toeneemt bij meerdere deelmodellen. Omdat de rekestijden gemeten zijn op een PC waarop soms wel, maar ook soms niet andere processen draaiden, zijn de hier gerapporteerde rekestijden indicatief. Een compositie met 14 deelmodellen blijkt orde 25% meer rekestijd te vragen dan een vergelijkbare compositie met 3 deelmodellen.
- Omdat de gebruikte OpenMI versie 1.4.1 de deelmodellen (per rekestijdstap) na elkaar afhandelt, rekent er steeds één deelmodel en wachten de andere deelmodellen. OpenMI 2.0 zou het mogelijk maken om als gebruiker hier meer sturing op te hebben, en te kunnen forceren dat er meerdere deelmodellen tegelijk rekenen. Echter, OpenMI 2.0 is vorig jaar nog niet robuust genoeg gebleken voor de LSM testen.
- Bij het opzetten van de OpenMI compositie blijkt het nodig om op een aantal plekken kleine aanpassingen te doen aan de schematisatie. Een van de redenen is dat de sturing van kunstwerken in deelmodel A in een aantal gevallen afhankelijk is van afvoeren of waterstanden uit een ander deelmodel.
- Het is wenselijk om in dergelijke gevallen de deelmodellen zodanig te construeren dat deze manier van sturing al in het deelmodel is opgenomen.
- Zolang dat niet het geval is, zal het bij het versiebeheer van LSM als OpenMI compositie nodig zijn om zowel de compositie met uitwisselingslocaties als de afzonderlijke eventueel aangepaste deelmodellen in het versiebeheersysteem op te slaan.
- Bij het opzetten van een OpenMI-compositie met veel deelmodellen moet eenmalig de lijst met koppelingslocaties goed worden opgesteld. Dat is een klus die nauwgezet moet worden gedaan en die voor LSM enkele dagen tijd heeft gekost. Daarna is het bij update van een deelmodel, of het opknippen van een deelmodel in twee deelmodellen een relatief kleine actie om de tabel met OpenMI uitwisselingslocaties weer up-to-date to maken.

## 7.2 Aanbevelingen

Het is gebleken dat er bepaalde locaties in LSM zijn die nog erg gevoelig zijn voor droogval. Dit is vooral het geval in de regio Noord-Brabant. Bij dreigende droogval wordt intern de rekentijdstep geknepen, waardoor de rekentijd flink toe kan nemen. Het is daarom gewenst om de modelschematisatie van het LSM te controleren op deze punten, en waar nodig te verbeteren. Ook een verbeterpunt geconstateerd nabij Zwolle, waarbij in het LSM een open verbinding is tussen de IJssel en het Zwarte Water, terwijl in werkelijkheid de verbinding afgesloten is door een sluis.

Verder wordt aanbevolen de modellering van de stuwen in het Drongelens Kanaal in het SOBEK-3 Maasmodel te verifiëren met de regionale waterbeheerder.

## 8 Referenties

Q. Gao, 2014. Koppeling LSM via OpenMI, Deltares rapport, 1209449-009-ZWS-002.

J.B. Gregersen, P.J.A. Gijsbers and S.J.P. Westen, 2007. OpenMI: Open modelling interface. Journal of Hydroinformatics, 09-3 2007, pp. 175-191.

G.F. Prinsen en C. Wesselius, 2015. Achtergronddocument LSM, Deltares rapport 1220072-015-ZWS-0002.

G.F. Prinsen, 2014. OpenMI testen LSM, Deltares memo, 1209449-009-ZWS-001

E.F.W. Ruijgh en G.F. Prinsen, 2015. Visie op de toekomst van het Landelijk SOBEK model LSM, Deltares memo, 1220072-015-ZWS-003

J. Talsma, B.P.J. Becker, Q. Gao en E.F.W. Ruijgh, 2012. Coupling of Multiple Channel Flow Models with OpenMI. 10<sup>th</sup> International Conference on Hydroinformatics, HIC 2012 Hamburg.



## A Gebiedsschematisatie van de deelmodellen van SOBEK-3

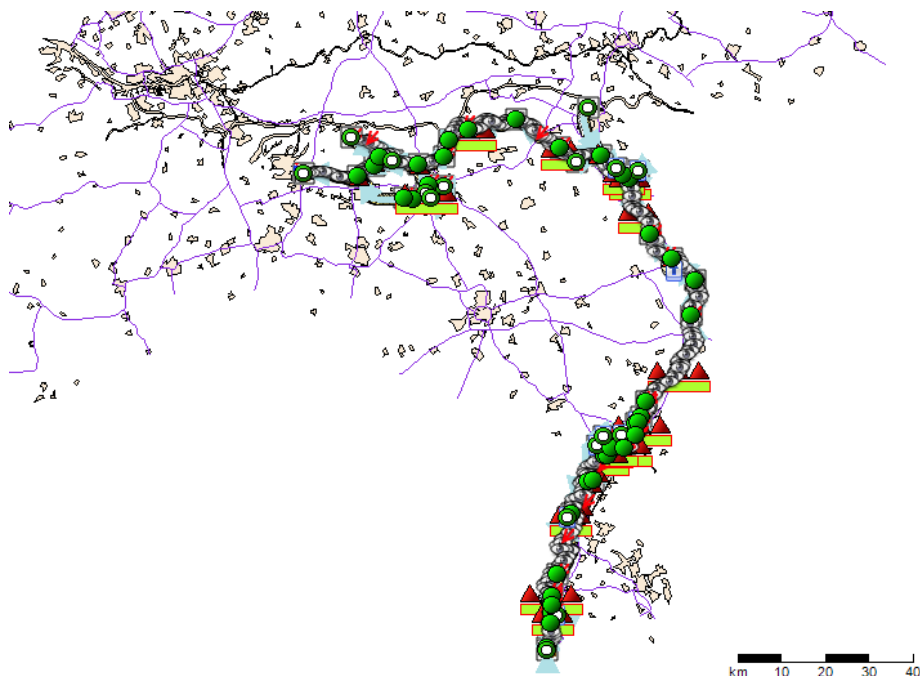
Dit hoofdstuk beschrijft de gebiedsschematisaties van de drie deelmodellen van SOBEK-3.

### A.1 Gebiedsschematisatie voor de Maas in SOBEK-3

Het Maasmodel is ontwikkeld voor waterstandsvoorspelling, morfologische studie en het bepalen van maatgevend hoogwater. De modelschematisatie voor de Maas loopt vanaf Eijsden(km. 2.56) tot Keizersveer(km 247.61). In de schematisatie zijn het Julianakanaal, het Lateraalkanaal en het afwateringskanaal Drongelen ook opgenomen.

De schematisatie van de Maas (versie SOBEK-maas-j13\_5-v2) in SOBEK-3 wordt in Figuur A.1 weergegeven. Dit model is geactualiseerd voor de gebiedssituatie van 2013. Langs de hoofdgeulen zijn er 7 compound-kunstwerken om de waterpeilen te regelen. De bovenstroomse rand van het Maasmodel bevindt zich bij Eijsden-grens en de benedenstroomse rand bij Keizersveer. Er zijn 36 lateralen in het model opgenomen om met inlaten en lozingen rekening te houden. Verder zijn 9 retentiegebieden gemodelleerd waarbij het moment van in- en uitstromen met kunstwerken kan worden bepaald.

De gridafstand is ongeveer 500m en het totaal aantal rekenpunten is 782.



Figuur A.1 Gebiedsschematisatie voor de Maas in SOBEK-3.

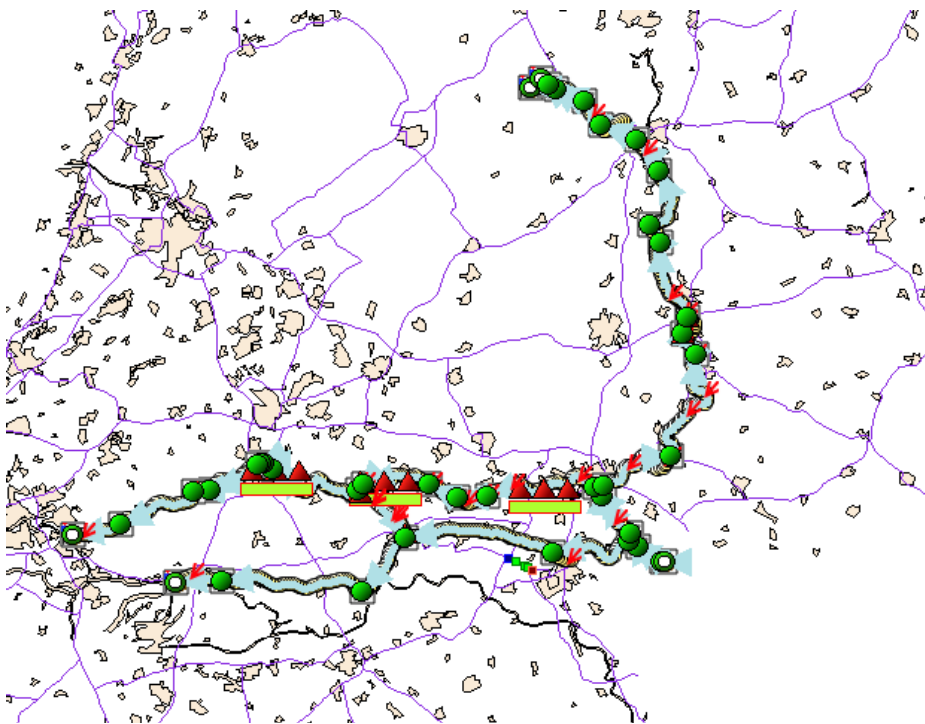
### A.2 Gebiedsschematisatie voor de Rijntakken in SOBEK-3

Net zoals het Maas model wordt het Rijntakkenmodel ingezet voor waterstandsvoorspelling, beleidsanalyses, morfologische studie en dagelijkse adviespraktijken binnen het beheersgebieden van verschillende instanties.

De schematisatie voor de Rijntakken (SOBEKrijn-j14\_5-v2) in SOBEK-3 wordt in Figuur A.2 weergegeven. Dit model is geactualiseerd voor de gebiedssituaties van 2014.

De bovenstroomse rand bevindt zich bij Lobith en de benedenstroomse randen bevinden zich respectievelijk bij Werkendam-buiten, Krimpen a/d Lek, Keteldiep en Kattendiep. Het model bestaat uit de Bovenrijn van Lobith (km. 861) tot Pannerdensch Kop (km. 867), het Pannerdensch Kanaal van Pannerdensch-Kop tot IJsselkop (km 878.6), de Waal van Pannerdensch Kop tot Boven-Hardinxveld((km 961), de Nederrijn-Lek van IJsselkop tot Krimpen a/d Lek (km 988.6), de IJssel van de IJsselkop tot de monding in het Ketelmeer (km1006) en het Betuwepand ARK tussen de Prinses Marijkesluizen en de Prins Bernhardsluizen.

Langs de tak Nederrijn-Lek zijn er drie compound-kunstwerken opgenomen om de waterpeilen te regelen. Er zijn 23 lateralen om water in te laten dan wel te lozen. De rekenpuntsafstand is ongeveer 500m en er zijn in totaal 728 rekenpunten.



Figuur A.2 Gebiedsschematisatie voor de Rijntakken in SOBEK-3

### A.3 Gebiedsschematisatie voor de Twentekanalen in SOBEK-3

De primaire functie van de Twentekanalen is scheepvaart, de secundaire functie van de kanalen is de aan- en afvoer van water voor omliggende waterschappen. De Twentekanalen verbinden de steden Hengelo, Almelo en Enschede met de rivier de IJssel. Het kanaal bestaat uit een voorpand, drie kanaalpanden en een zijkanaal. De kanaalpanden worden gescheiden door sluis-gemaalcomplexen waarmee de waterpeilen in de kanaalpanden worden gehandhaafd.

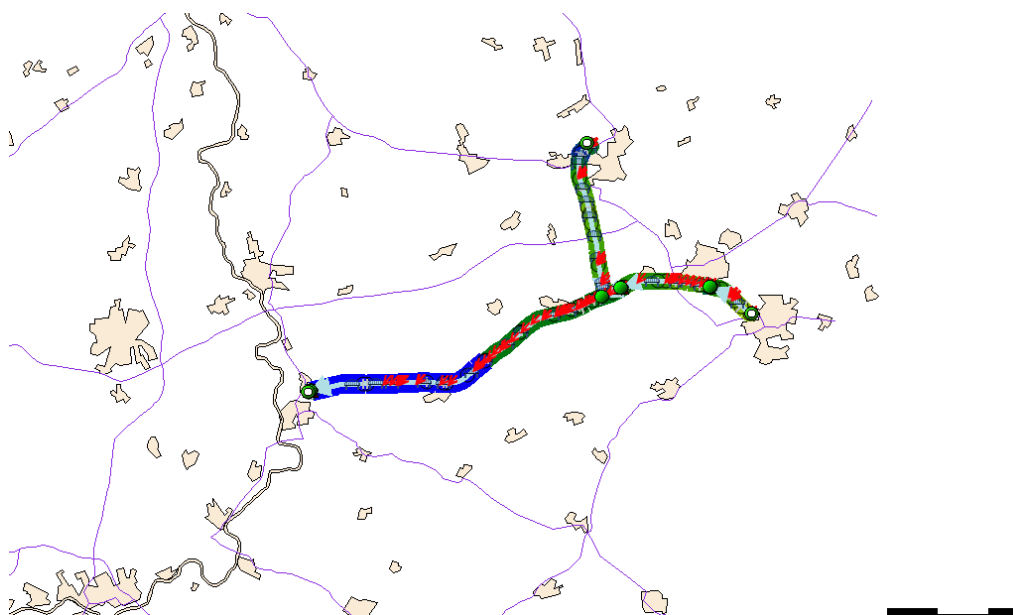
Het voorpand loopt van de IJssel tot aan het sluis-gemaalcomplex Eefde en staat in directe verbinding met de IJssel. Het kanaalpand Eefde-Delden loopt vanaf Eefde tot het sluis-gemaalcomplex Delden en heeft een lengte van 33 km.

Het peil op dit pand wordt gehandhaafd op +10,0 m NAP door het sluis-gemaalcomplex Eefde. Het zijkanaal naar Almelo heeft een lengte van ongeveer 15 km en maakt een

onderdeel van dit pand. Door middel van sluis Aadorp staat het zijkanaal in verbinding met het kanaal Almelo-De Haandrik.

Het kanaalpand Delden-Hengelo loopt vanaf Delden tot het sluis-gemaalcomplex Hengelo. Dit pand heeft een lengte van ongeveer 9km en een streefpeil van +16,0 m NAP. Het pand Hengelo-Enschede is het laatste pand van de Twentekanalen. Dit pand heeft een lengte van ongeveer 5km en een streefpeil van +25,0 m NAP. Het waterpeil wordt geregeld door het sluis-gemaal complex Hengelo.

De schematisatie voor de Twentekanalen in SOBEK-3 (Twentkanaal\_x3-hydr-cntr-Mainfr) wordt in Figuur A.3 weergegeven. Het model is geactualiseerd voor de gebiedssituaties van 2010. De kunstwerken bestaan uit drie gemaal- en sluiscomplexen en 14 bruggen. De modelranden zijn Enschede Haven, sluis Aadorp en de verbinding Eefde-IJssel. De rand Enschede Haven is een gesloten rand ( $Q=0$ ). De waterafvoer uit het omliggende gebied wordt bij de lateraal debietlocatie 'Usselerstroom' opgegeven.



Figuur A.3 Gebiedsschematisatie voor de Twentekanalen in SOBEK-3.





## B Gebiedsschematisatie van deelmodellen van SOBEK-2

Er is uitgegaan van de LSM versie zoals die vorig jaar voor de OpenMI testen is gebruikt. Dit is LSM versie 1.1. Dat is weliswaar niet de laatste versie, maar voor de testen met OpenMI is dat van ondergeschikt belang.

Ter wille van de onderhavige studie zijn volgende deelmodellen uit het LSM afgeknipt:

- Overige Rijkswaterstaat wateren, afgekort as RWSW;
- Regionale wateren Midden-Oost, afgekort as RgMO;
- Regionale wateren Midden-West, afgekort as RgMW;
- Regionale wateren Noord-Brabant, afgekort as RgNBB.

Deze deelmodellen, samen met de SOBEK-3 modellen van Rijntakken, Maas en Twentekanalen zijn in een OpenMI compositie samengevoegd tot K-LSM (via OpenMI gekoppeld LSM). Er is gebruik gemaakt van OpenMI, versie 1.4.1.0.

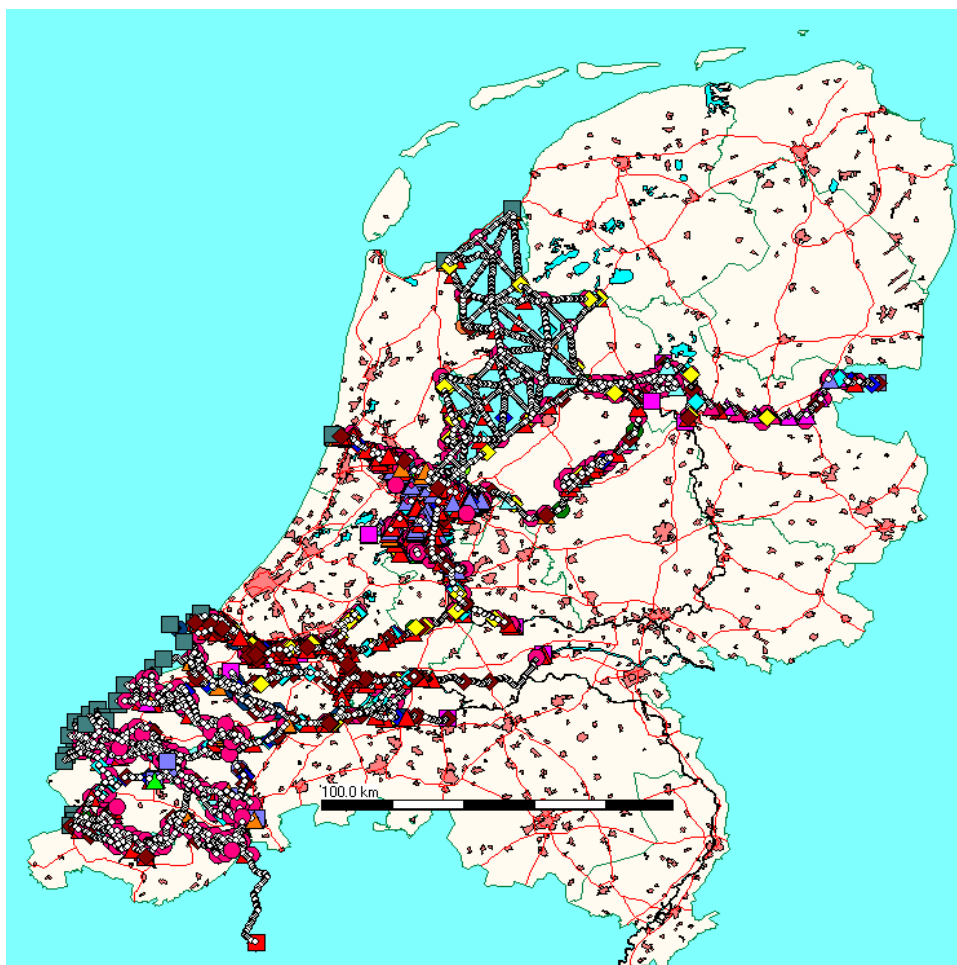
In dit hoofdstuk worden de schematisaties van de 4 SOBEK-2 deelmodellen worden beschreven.

### B.1 Gebiedsschematisatie van RWS-wateren (RWSW)

Figuur B.1 geeft de schematisatie van RWS-wateren (RWSW) in SOBEK-2 weer. Dit gebied omvat volgende Rijkswaterstaat wateren:

- Zuidwestelijke delta: Westerschelde vanaf Antwerpen tot Vlissingen, Oosterschelde vanaf N659 tot Scheldedelta, ongeveer 13 km buiten de Oosterscheldekeringen, Grevelingenmeer.
- Noordelijk Deltabekken: Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Spuikanaal, Oude Maas, Haringvliet, Hollandsch Diep, de Lek vanaf Hagestein beneden(km. 947); de Waal vanaf Tiel (km. 913) en de Bergsche Maas vanaf Dongelen(km 235).
- Volkerak-Zoommeer;
- ARK en NZK: het Amsterdam-Rijnkanaal, Noordzeekanaal, de Utrechtse Vecht en de kanalen van Amsterdam;
- Het IJsselmeergebied: het Markermeer, IJsselmeer en de randmeren, Zwarte Meer, Zwarte Water en Overijsselse Vecht.

Dit deelmodel bestaat uit 1044 takken, 772 knopen, 60 modelranden en 1045 lateralen. Het gebied wordt beïnvloed door zowel hoge afvoer van de grote rivieren, als door stormvloed van de zee. Daarbij ontvangt dit gebied laterale afvoeren tijdens natte periode van verschillende zijtakken. Langs de kustlijn is aantal sluizen en keringen aanwezig om stormvloed te keren. In het deelmodel worden de keringen geschematiseerd als 'general structure' die open kan staan bij eb en gesloten is bij vloed.



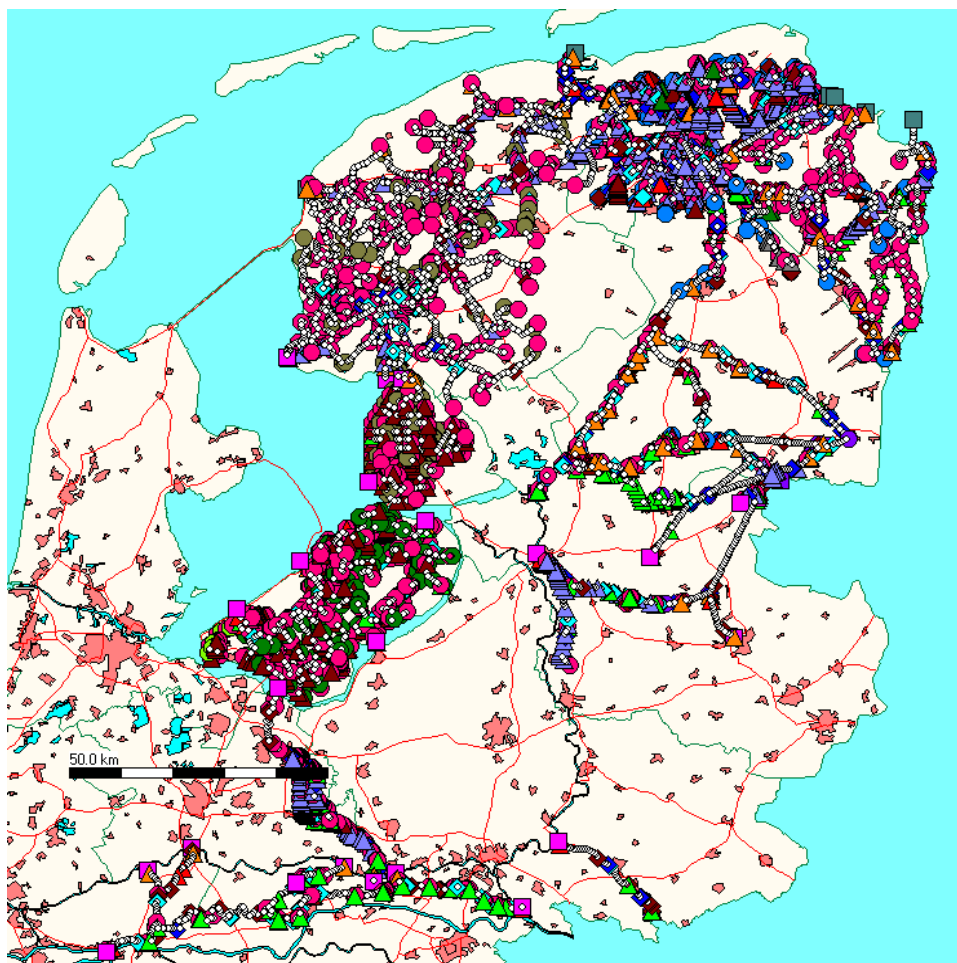
Figuur B.1 Gebiedsschematisatie voor RWSW.

## B.2 Gebiedsschematisatie van Regionale wateren Midden-Oost (RgMO)

Figuur B.2 geeft de schematisatie van de Regionale wateren Midden-Oost (RgMO) in SOBEK-2 weer. Dit gebied omvat volgende regionale wateren:

- Flevoland en Noordoostpolder;
- wateren van provincies Groningen, Friesland en Drenthe;
- Sallandse Wetering en Overijsselsch Kanaal vanaf Aadorp tot Coevorden;
- Valleikanaal vanaf Nederrijn tot het Eemmeer;
- de Linge vanaf Pannerdensch Kanaal tot Boven Hardinxveld; en
- de Oude IJssel.

Dit deelmodel bestaat uit 2455 takken, 2145 knopen, 41 modelranden en 3686 lateralen. De gebieden worden kenmerkt door verschillende knopen welke als waterregelaars worden genoemd. Tijdens natte perioden voert het deelmodel overtollig water af naar het IJsselmeer, het Markermeer en de Rijntakken. Uit deze wateren wordt in droge perioden water ingelaten.



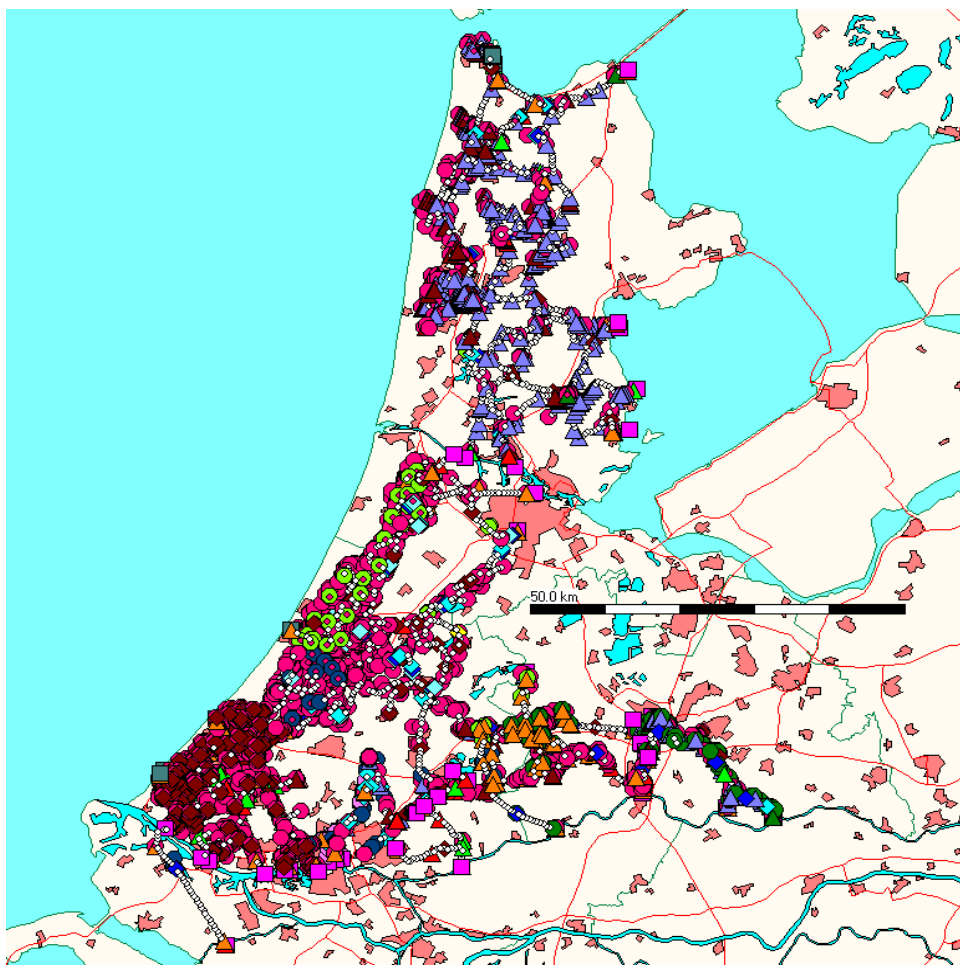
Figuur B.2 Gebiedsschematisatie van RgMO.

### B.3 Gebiedsschematisatie van Regionale wateren Midden-West (RgMW)

Figuur B.3 geeft schematisatie RgMW van de regionale wateren in SOBEK-2 weer. De stroomgebieden bevinden zich aan de noordelijke oever van de Nieuwe Maas/Nieuwe Waterweg en ten westen van het Amsterdam-Rijn Kanaal. De regionale wateren worden door volgende waterschappen beheerd: Delfland, Schieland en Krimpenerwaard, Rijnland, De Stichtse Rijnlanden en Hollands Noorderkwartier.

Dit deelmodel bestaat uit 2291 knopen, 2570 takken, 50 modelranden en 2040 lateralen. Net zoals de andere regionale deelmodellen wordt dit gebied gekenmerkt door afwatering in natte periode en inlaat tijdens droge perioden.

De regionale wateren zijn verbonden met het IJsselmeer, Markermeer, Noorseekanaal Amsterdam-Rijnkanaal, Nieuwe Maas en Nieuwe Waterweg.



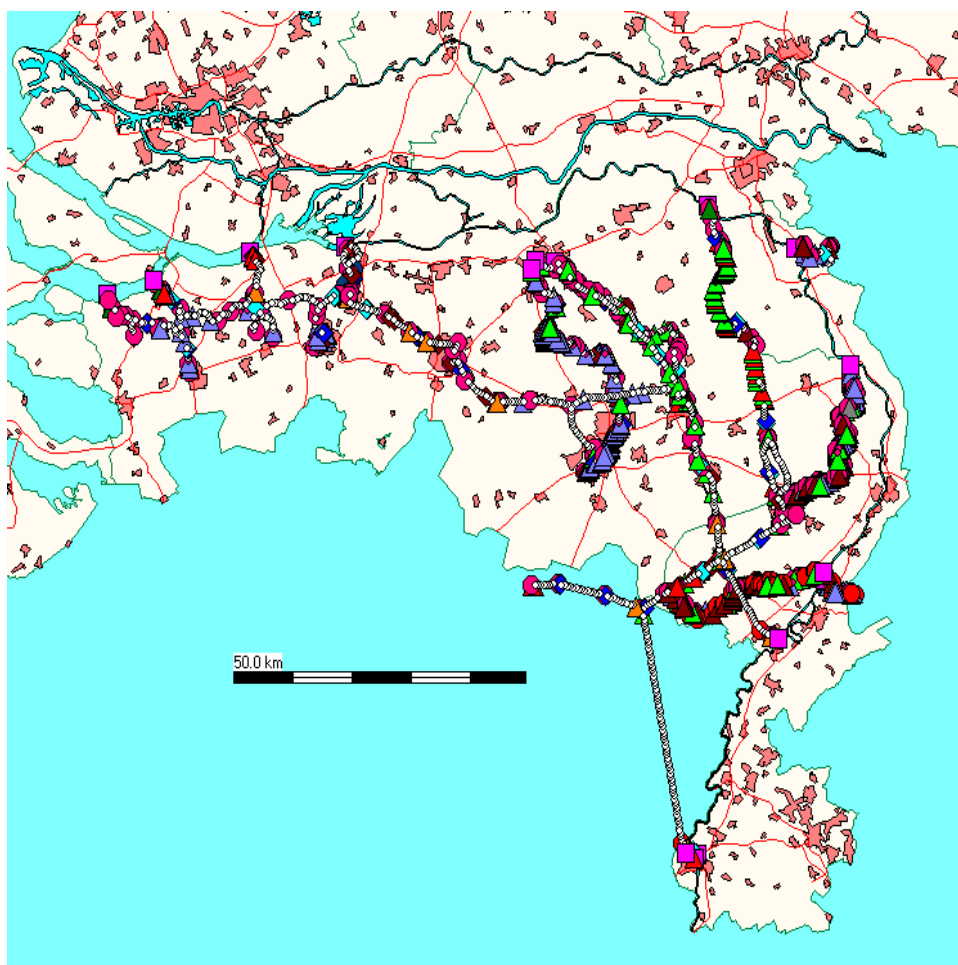
Figuur B.3 Gebiedsschematisatie van RgMW.

### B.3 Gebiedsschematisatie van de regionale wateren Noord-Brabant (RgNBB)

Figuur B.4 geeft de schematisatie van de Regionale Wateren Noord-Brabant (RgNBB) weer. De beheerders van de regionale wateren zijn de waterschappen Brabantse Delta, De Dommel, en Aa en Maas. De regionale wateren zijn verbonden met de Maas, het Hollands Diep en het Volkerak-Zoommeer.

Dit deelmodel bestaat uit 434 knopen, 512 takken, 16 modelranden en 1777 lateralen. Net zoals andere regionale wateren wordt dit gebied gekenmerkt door lozingen in natte perioden, en waterinlaat in droge perioden.

In de regionale wateren in Noord-Brabant is een relatief groot verval in hoogte. Om de peilen te handhaven en de waterverdeling te sturen zijn er 567 kunstwerken in dit deelmodel aanwezig.



Figuur B.4 Gebiedsschematisatie van RgNBB.






## C Koppeling deelmodellen

De uitwisselingen tussen de deelmodellen bevinden zich zowel bij de modelranden, als bij zijtakken die zijn opgenomen in de deelmodellen.

Bij koppeling van de SOBEK-3 deelmodellen Rijntakken, Maas en het SOBEK-2 deelmodel RWSW dient bij de modelranden rekening te houden met enige overlap in riviertakken. De overlappenden bevinden zich altijd in het deelmodel RWSW.




### C.1 Koppeling het deelmodel Rijntakken met RWSW

Als overlap tussen het deelmodel RWSW en het Rijntakkenmodel is een stuk Rijntakken in RWSW aanwezig (Figuur C.1). Voor de IJssel begint de overlap (aangegeven met gebroken lijn ) van de locatie Kampen en eindigt bij de locaties resp. Keteldiep en Kattendiep. Het beginpunt wordt aangegeven met symbolen  en eindpunt met . De locatie Kampen is de bovenstroomse rand van RWSW, en is een rekenpunt in het deelmodel Rijntakken. De locaties Keteldiep en Kattendiep zijn de benedenstroomse randen van het Rijntakkenmodel, en zijn rekenpunten in het deelmodel RWSW.



Figuur C.1 Overlap tussen RWSW en Rijntakkenmodel bij Kampen; overlap zit tussen het vierhoekige punt (Kampen) en de ronde punten (Keteldiep/Kattendiep).


Bij de koppeling met het deelmodel RWSW wordt het debiet van het Rijntakkenmodel bij de locatie Kampen aan RWSW doorgegeven als de bovenrandvoorwaarde, terwijl het deelmodel Rijntakken de waterstanden bij de locaties Keteldiep en Kattendiep van RWSW ontvangt als benedenstroomse randvoorwaarden.

Op de riviertak Nederrijn-Lek bevindt de bovenstroomse rand van deelmodel RWSW zich bij de Hagestein Beneden. De locatie Krimpen a/d Lek is de benedenstroomse rand van het deelmodel Rijntakken. In RWSW is er dus een ruime overlap van Hagestein tot Krimpen aan de Lek (gebroken lijn  in Figuur C.2). Het symbool  geeft de bovenstroomse rand van RWSW weer, terwijl  de benedenstroomse rand van het Rijntakkenmodel aangeeft.

Bij de koppeling geeft het Rijntakkenmodel het debiet bij de locatie Hagestein-Beneden aan het deelmodel RWSW als bovenstroomse Q-randvoorwaarde. Het Rijntakkenmodel ontvangt de waterstand bij Krimpen a/d Lek als benedenstroomse randvoorwaarde.



Figuur C.2 Overlap riviertak voor RWSW en Rijntakkenmodel op de Lek. Er is overlap tussen Hagestein (vierhoekig punt) en de ronde punten bij Krimpen a/d Lek.



Voor de Waal is de overlap tussen de deelmodellen RWSW en het Rijntakkenmodel aanzienlijk: het gaat om het traject tussen de locaties Tiel en Werkendam-buiten (gebroken lijn  in Figuur C.3). In het deelmodel Rijntakken is de locatie Boven-Hardinxveld de benedenstroomse rand, in het deelmodel RWSW is dit een rekenpunt. De bovenstroomse rand van deelmodel RWSW bevindt zich bij de locatie Tiel (Figuur C.3), terwijl deze een rekenpunt is in het Rijntakkenmodel.

Bij de koppeling geeft het Rijntakkenmodel het debiet door aan het deelmodel RWSW als bovenstroomse Q-randvoorwaarde, terwijl de waterstand van locatie Boven-Hardinxveld in RWSW ontvangen wordt als benedenrand voor het Rijntakkenmodel.



Figuur C.3 Overlap voor de riviertak de Waal.

## C.2 Koppeling het deelmodel Maas met RWSW

De overlap van het deelmodel RWSW met het deelmodel Maas wordt weergegeven in Figuur C.4 (gebroken lijn ). De bovenstroomse rand van het deelmodel RWSW bevindt zich bij de rivierkilometer 234 (aangegeven met , nabij de aflaat van Drongelens Kanaal).



In het deelmodel Maas bevindt de benedenstroomse rand bij de locatie Keizersveer (aangegeven met ●), die een rekenpunt is in RWSW.

Bij de koppeling geeft het Maasmodel het debiet op de Bergsche Maas door aan het deelmodel RWSW als bovenstroomse Q-randvoorwaarde, terwijl de waterstand van RWSW bij locatie Keizersveer wordt doorgegeven aan het deelmodel Maas als benedenstroomse randvoorwaarde.



Figuur C.4 Overlap voor het deelmodel Maas. Er is overlap tussen Keizersveer (rond punt) en de bovenstroomse RWSW rand (vierhoekig punt)

### C.3 Koppeling de deelmodellen Maas en Rijntakken

Water kan via het Maas-Waalkanaal van Waal naar de Maas worden gestuurd en andersom. Er is geen overlap bij koppeling tussen deze twee deelmodellen. Bij de koppeling geeft het Rijntakkenmodel de waterstand bij Nijmegen aan het Maasmodel, terwijl het debiet van de stuw bij Weurt berekent met het Maasmodel wordt doorgegeven aan het Rijntakkenmodel.

In de 5<sup>de</sup> generatiemodel voor de Maas wordt het Maas-Waalkanaal geschematiseerd, maar zonder stuw. Voor koppeling met de Rijntakken wordt een compound pomp geplaatst. Water wordt naar de Waal gestuurd met een debiet resp.  $2.0\text{m}^3/\text{s}$  en  $3\text{m}^3/\text{s}$ .

### C.4 Principe voor uitwisseling tussen de grote rivier en regionale wateren

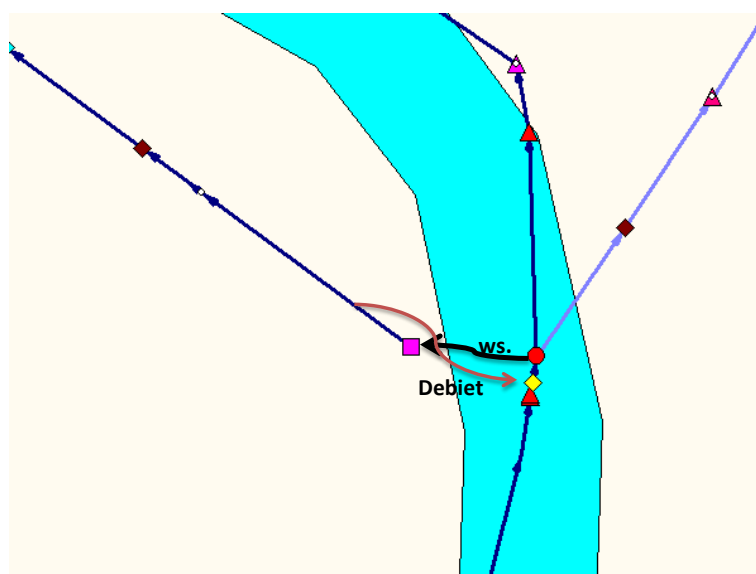
De deelmodellen RgMO, RgME en RgNBB beschrijven de waterbeweging in de regionale wateren. Er zijn ook diverse locaties waar regionale wateren aan de grote rivieren verbonden worden. Op vrijwel alle locaties is dit gebeurd door middel van een waterregelaar die in het model is geschematiseerd als een kunstwerk. Bij het afknippen van deelmodellen zijn deze kunstwerken in de regionale wateren gebleven. Er is niet of nauwelijks een overlap tussen de grote rivieren en de regionale wateren. Typisch bevatten de deelmodellen van grote rivieren hooguit laterale debietlocaties op een dergelijk scheidingspunt. Voor het deelmodel RWSW zijn laterale debietlocaties toegevoegd zodat wateruitwisseling met de regionale wateren mogelijk is.

Voor de interacties met de modellen van de regionale wateren is er geen overlap gemaakt tussen de regionale wateren enerzijds en het Rijntakkenmodel en Maasmodel anderzijds.

Bij de koppeling van de deelmodellen via OpenMI worden wel gegevens tussen de regionale wateren en grote rivieren uitgewisseld. Dit gebeurt als volgt:

- De waterstand bij het uitwisselingspunt van de grote rivieren wordt als randvoorwaarde voor de regionale wateren gebruikt.
- Het debiet van de regionale wateren bij het reachsegment waar water uitgewisseld wordt als laterale discharge voor de grote rivieren gebruikt.

In een aantal gevallen is in het Rijntakken- en Maasmodel bij dergelijke punten een laterale discharge locatie toegevoegd.



Figuur C.5 Uitwisseling gegevens tussen de Maas en de Zuid-Willemsvaart bij de scheidingslocatie Borgharen.

Figuur C.5 geeft een schematische weergave voor de uitwisseling van de gegevens bij de scheidingslocatie Borgharen tussen de Maas en de Zuid-Willemsvaart. Hierin dient er rekening mee te worden gehouden hoe de richting van de riviertak is gedefinieerd. Als de riviertak van het regionale water, zoals in Figuur C.5, van de Maas af is gericht, gaat het om een inlaat. Om een positief debiet in die tak een onttrekking aan het Maasmodel te laten zijn, moet in OpenMI de koppelingsoptie "Linear Conversion" gebruikt worden, met waarde "-1" voor Key "A". Op deze manier wordt het takdebiet uit het deelmodel als lateraal debiet met het juiste teken in het Rijntakken of Maasmodel opgenomen. Als de tak naar de rivier is gericht, dan is een positief debiet een lozing. In dat geval hoeft deze koppelingsoptie niet gebruikt te worden en heeft het lateraal debiet hetzelfde teken als het takdebiet.

## D Complete lijst koppelingslocaties

De koppelingslocaties tussen de deelmodellen worden samengevat in de onderstaande tabellen:

Tabel D.1:	5 locaties tussen de deelmodellen Rijntakken en RWSW,
Tabel D.2:	1 locatie tussen de deelmodellen Rijntakken en TwenteKan.
Tabel D.3:	9 locaties tussen de deelmodellen Rijntakken en RgMO,
Tabel D.4:	19 locaties tussen de deelmodellen RWSW en RgMO,
Tabel D.5:	1 locatie tussen de deelmodellen RgMO en TwenteKan,
Tabel D.6:	39 locaties van de deelmodellen RWSW naar RgMW, 38 locaties van RgMW naar RWSW,
Tabel D.7:	11 locaties van Maas naar RgNBB, 10 locaties van RgNBB naar Maas.
Tabel D.8:	4 locaties tussen RWSW en RgNBB
Tabel D.9:	1 locatie tussen RWSW en Maas,
Tabel D.10:	1 locatie tussen Maas en Rijntakken,
Tabel D.11:	2 locaties van Rijntakken naar RgMW, 1 locatie van RgMW naar Rijntakken.

Deze tabellen zijn opgesteld op basis van de compositie met 7 deelmodellen.

Voor de composities met meer dan 7 deelmodellen is het model RgMO opgesplitst in deelmodellen. De in onderstaande tabellen gebruikte koppelingen voor het model RgMO blijven dan nog steeds gebruikt worden, maar worden bij het betreffende deelmodel van RgMO gelegd. Voor een paar deelmodellen van RgMO geldt dat ze onafhankelijk van de andere deelmodellen van RgMO zijn; voor deze deelmodellen zoals bijvoorbeeld Flevoland, de Oude IJssel, en de Linge blijven alleen de koppelingen zoals al in de tabellen zijn opgenomen van belang en komen er geen nieuwe koppelingen bij.

Voor andere deelmodellen van RgMO, die wel onderling gekoppeld zijn, zoals het deelmodel Friesland/Groningen en het deelmodel Drenthe, zijn extra koppelingslocaties toegevoegd.

Tabel D.1 Gegevensuitwisseling tussen deelmodel Rijntakken en RWSW.

model_providing="Rijntakken"			model_accepting="CF-RWSW"	
Locatie	SOBEK (Rijntakken)	id	Richting	Boundary (RWSW)
1. IJssel	997.00_IJ		(Debiet)->	20_31
2. Waal	914.00_WA		(Debiet)->	N_ARK_6144
3. Lek	Hagesteinbeneden		(Debiet)->	N_RT_007
4. IJssel	981.00_IJ		(ws)->	R_YSV_P_62068_24
5. Nederrijn	Wijk_bij_Duurstede		(ws)->	N_ARK_0
model_providing="CF-RWSW"			model_accepting="Rijntakken"	
locatie	SOBEK id (RWSW)		richting	Boundary (Rijntakken)
1.Keteldiep	N_YSV_5581965		(ws)->	Keteldiep
2.Kattendiep	N_YSV_5581966		(ws)->	Kattendiep
3.Hardixveld	N_NDB_38		(ws)->	Hardixveldboven
4.Krimpen a/d Lek	N_NDB_26		(ws)->	Krimpen
5.IJssel	R_YSV_P_21070_7		(debiet, LC)->	Ysssel7
Nederrijn	R_ARK_0_1		(debiet, LC)->	NED_3

Tabel D.2 Gegevensuitwisseling tussen deelmodel Rijntakken en TwenteKanalen.

model_providing="Rijntakken"			model_accepting="TwenteKan"	
Locatie	SOBEK (Rijntakken)	id	Richting	Boundary (TwenteK)
1.IJssel	Eefdebeneden		(ws)->	IJssel_Twentekanalen
model_providing="TwenteKan"			model_accepting="Rijntakken"	
Locatie	SOBEK (TwenteK)	id	Richting	Boundary (Rijntakken)
1.IJssel	RS, 25_5		(debiet)->	TWENTKA

Tabel D.3 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen Rijntakken en RgMO.

<b>model_providing="Rijntakken"</b>		<b>model_accepting="CF-RgMO"</b>	
<b>Locatie</b>	<b>SOBEK id (Rijntakken)</b>	<b>Richting</b>	<b>Boundary (RgMO)</b>
1.IJssel	901.00IJ	(ws)->	R_RT_008_38
2.PK	873_PK	(ws)->	16
3.Nederrijn	902_NR	(ws)->	R_RT_005_22
4.Nederrijn	907_NR	(ws)->	191
5.Betuwe	BetuwARK_2960	(ws)->	644
6.Betuwe	BetuwARK_2960	(ws)->	176
7.Betuwe	BetuwARK_6907	(ws)->	Onl_DM6049
8.Betuwe	BetuwARK_6907	(ws)->	180
9.Nederrijn	914_NR	(ws)->	15_23
<b>model_providing="CF-RgMO"</b>		<b>model_accepting="Rijntakken"</b>	
<b>locatie</b>	<b>SOBEK id (RgMO)</b>	<b>richting</b>	<b>Lateral(Rijntakken)</b>
1.PK	RS, 41	(debiet,LC)->	PANKAN
2.IJssel	RS, 22	(debiet)->	OUDEYS
3.Linge	RS, Onl_DM3008_1_3	(debiet)->	LINGE1
4.ValleiKanaal	RS, 29	(debiet,LC)->	ValleiKan
5.Betuwe	RS, 1611	(debiet,LC)->	De WeteringARK
6.Betuwe	RV_12	(debiet)->	MaurikscheWetering-oost
7.Betuwe	RS, 33	(debiet,LC)->	MaurikscheWetering-Wost
8.Betuwe	RS, RV_BenedenLinge1A_1	(debiet)->	ARK-vanLinge
9.Betuwe	RS, 1617	(debiet,LC)->	ARK-naarLinge

Tabel D.4 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgMO en RWSW.

model_providing="CF-RgMO"		model_accepting="CF-RWSW"	
Locatie	SOBEK id (RgMO)	richting	Lateral(RWSW)
1.ljsselmeer	RS, 682	(debiet,LC)->	4
2.ljsselmeer	RS, 491_1	(debiet,LC)->	5
3.ljsselmeer	RS, 65_1	(debiet,LC)->	7
4.ljsselmeer	RS, NO_2005	(debiet,LC)->	6
5.ljsselmeer	RS, NO_249	(debiet)->	8
6.Ketelmeer	RS, 137_1	(debiet)->	9
7.Markermeer	RS, ZZ_O_TW-0155	(debiet)->	10
8.Markermeer	RS, 135_1	(debiet)->	11
9.Makermeer	RS, R_Mak_71_6	(debiet)->	12
10.Veluwemeer	RS, 40	(debiet)->	13
11.Zwarte Water	RS, RW_1	(debiet)->	14
12.Zwarte Water	RS, RW_352	(debiet)->	15
13.OV.Vecht	RS,onl_DM1014_s2	(debiet)->	16
14.OV.Vecht	RS, COE_3_1	(debiet)->	17
15.OV.Vecht	RS,18	(debiet)->	31
16.OV.Vecht	RS,Onl_DM1011_45	(debiet)->	32
17.Lek	RS,RV_Zouwel_1	(debiet,LC)->	34
18.Lek	RS, RV_Merwedekanaal3_1"	(debiet,LC)->	35
19.Beneden Merwede	RS,31	(debiet)->	38

model_providing="CF-RWSW"		model_accepting="CF-RgMO"	
Locatie	SOBEK id (RWSW)	richting	H.Boundary(RgMO)
1.IJsselmeer	N_YSV_P_P_7	(ws)->	N_YSV_P_P_7
2.IJsselmeer	R_YSV_P_P_23_1	(ws)->	R_YSV_P_P_23_1
3.IJsselmeer	N_YSV_P_P_8	(ws)->	N_YSV_P_P_8
4.IJsselmeer	N_YSV_P_P_8	(ws)->	65_1
5.IJsselmeer	N_YSV_P_40496	(ws)->	N_YSV_P_40496
6.IJsselmeer	R_YSV_P_P_2_2	(ws)->	R_YSV_P_P_2_2
7.Markermeer	671	(ws)->	671
8.Markermeer	R_MAK_113_2	(ws)->	R_MAK_113_2
9.Gooi-Eemmeer	N_MAK_62	(ws)->	N_MAK_62
10.Veluwemeer	410	(ws)->	410
11.Zwarte Water	N_YSV_P_2945	(ws)->	N_YSV_P_2945
12.Zwarte Water	N_YSV_P_2947	(ws)->	N_YSV_P_2947
13.OV.Vecht	Onl_DM1105	(ws)->	Onl_DM1105
14.OV.Vecht	N_YSV_P_4	(ws)->	N_YSV_P_4
15.OV.Vecht	N_YSV_P_3	(ws)->	N_YSV_P_3
16.OV.Vecht	Onl_DM1104	(ws)->	Onl_DM1104
17.Lek	45_22	(ws)->	45_22
18.Lek	30	(ws)->	30
19.Beneden Merwede	R_NDB_39_2	(ws)->	R_NDB_39_2

Tabel D.5 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgMO en TwenteKanaal.

model_providing="CF-RgMO"		model_accepting="TwenteKan"	
locatie	SOBEK id (RgMO)	richting	Lateral(RWSW)
1.TwenteKan.	RS,TW6	(debiet,LC)->	33
model_providing="TwenteKan"		model_accepting="CF-RgMO"	
locatie	SOBEK id (RWSW)	richting	H.Boundary(RgMO)
1.TwenteKan.	Sluis Aadorp	(ws)->	Sluis Aadorp

Tabel D.6 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgMW en RWSW

model_providing="CF-RgMW"		model_accepting="CF-RWSW"	
locatie	SOBEK id (RgMW)	Richting	Lateral(RWSW)
1.Ijsselmeer	RS, 116_3	(debiet)->	39
2.Markermeer	RS, 120_3	(debiet)->	48
3.Markermeer	RS, 119_4	(debiet)->	50
4.Markermeer	RS, 364	(debiet)->	164
5.Markermeer	RS, 138_4	(debiet)->	51
6.NZK	RS, WN_CH1547_12	(debiet)->	53
7.NZK	RS,WN_CH1468_4	(debiet)->	54
8.NZK	RS, WN_CH1466_5	(debiet)->	55
9.SpuiKan.	RS, 42_7	(debiet,LC)->	167
10.Amstel	RS, 228	(debiet)->	60
11.Amstel	RS, RL_Nieuwe_meer_1	(debiet,LC)->	61
12.Rijnland	RS, WN_CH_1500_1	(debiet)->	75
13.Rijnland	Cal.P. RL_1340	(WS)->	H.Boundary(RL_1340)
14.ARK	RS,SRO_KRRIJUTR_6 4921_1	(debiet)->	96



15.ARK	RS,5	(debiet)->	99
16.ARK	RS,SRO_101	(debiet)->	100
17.ARK	RS,34	(debiet)->	101
18.ARK	RS,37	(debiet,LC)->	102
19.ARK	RS,SRO_BR00006960 _S5	(debiet)->	103
20.Lek	RS,Onl_DM4016_1_1	(debiet,LC)->	104
21.Lek	RS,23	(debiet)->	105
22.HOIJ	RS,30	(debiet)->	112
23.HOIJ	RS,33	(debiet)->	113
24.HOIJ	RS,54	(debiet)->	127
25.HOIJ	RS,36	(debiet)->	129
26.NWW	RS,677	(debiet)->	130
27.NWW	RS,672	(debiet,LC)->	131
28.NWW	RS,645	(debiet)->	132
29.N.Maas	RS,151_5	(debiet)->	133
30.N.Maas	RS,D_CH_523_s1	(debiet)->	134
31.N.Maas	RS, D_CH_514_1	(debiet,LC)->	145
32.N.Maas	RS,148_1	(debiet)->	148
33,N.Maas	RS,SL_RB_173	(debiet)->	157
34.N.Maas	RS,SL_RB_137	(debiet)->	158
35.N.Maas	RS,SL_RB_43	(debiet)->	159
36.Lek	RS, SRW_DM_12_1	(debiet,LC)->	165
37.ARK	RS,SRO_KRRIJUTR_9 999_4	(debiet)->	166
38.ARK	RS, 828	(debiet,LC)->	168

model_providing="CF-RWSW"		model_accepting="CF-RgMW"	
locatie	SOBEK id (RWSW)	richting	H.Boundary(RgMW)
1.Dummytak (Irenesluis)	RS, 293	(Debiet->)	Q.Boundary(26)
2.IJsselmeer	47	(ws)->	47
3.Markermeer	49	(ws)->	49
4.Markermeer	R_MAK_2945_1	(ws)->	R_MAK_2945_1
5.Markermeer	R_MAK_56_1	(ws)->	R_MAK_56_1
6.Markermeer	R_MAK_2954_1	(ws)->	R_MAK_2954_1
7.NZK	WN_NOD225	(ws)->	WN_NOD225
8.NZK	WN_NOD224	(ws)->	WN_NOD224
9.NZK	WN_NOD218	(ws)->	WN_NOD218
10.SpuiKan.	Onl_DM6029_Bernisse	(ws)->	Onl_DM6029_Bernisse
11.Amstel	WN_BSI_HTrVrt_U	(ws)->	WN_BSI_HTrVrt_U
12.Amstel	RL_1645	(ws)->	RL_1645
13.Amstel	Rs,46	(Debiet->)	Lateral(1)
14.ARK	246	(ws)->	246
15.ARK	247	(ws)->	247
16.ARK	269	(ws)->	269
17.ARK	R_ARK_46_5	(ws)->	R_ARK_46_5
18.ARK	WN_NOD166	(ws)->	16
19.ARK	WN_NOD166	(ws)->	17
20.ARK	270	(ws)->	270
21.Lek	219	(ws)->	219
22.Lek	Onl_DM6036	(ws)->	Onl_DM6036
23.HOIJ	220	(ws)->	220
24.HOIJ	429	(ws)->	429

25.HOIJ	302	(ws)->	302
26.HOIJ	253	(ws)->	253
27.NWW	426	(ws)->	426
28.NWW	R_NDB_4_5	(ws)->	R_NDB_4_5
29.NWW	R_NDB_4_4	(ws)->	R_NDB_4_4
30.N.Maas	N_NDB_13	(ws)->	N_NDB_13
31.N.Maas	146	(ws)->	146
32.N.Maas	414	(ws)->	414
33.N.Maas	N_NDB_19	(ws)->	N_NDB_19
34.N.Maas	N_NDB_23	(ws)->	N_NDB_23
35.ARK	WN_NOD168	(ws)->	WN_NOD168
36.N.Maas	N_NDB_24	(ws)->	N_NDB_24
37.N.Maas	R_NDB_25_4	(ws)->	N_NDB_25_4
38.Lek	30	(ws)->	30
39.Stompwijk	WN_NOD263	(ws)->	WN_NOD263

Tabel D.7 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgNBB en de Maas

model_providing=" CF-RgNBB "		model_accepting="Maas"	
Locatie	SOBEK id (RgNBB)	Richting	Lateral id (Maas)
1. Borgharen	RS,21_1	(Debiet,LC)->	Z_Willemsvaart
2. Wessems	RS,Onl_DM5005_1_4	(Debiet)->	NeerdweertKan
3. Swalm	RS,10	(Debiet)->	Swalm
4. Hanssum	RS,11	(Debiet)->	Neerbeek
5. Wanssum	RS,31_1	(Debiet)->	GrooteMolenbeek
6. Nier	RS,PNMI_NOM_60_3	(Debiet)->	Niers
7. Grave	RS,21	(Debiet)->	DeRaam
8 's Hertogenbosch	RS,AA_184	(Debiet)->	AA
9 's Hertogenbosch	RS,ZWLM_GP_59_2	(Debiet)->	ZWALM_GP
10 's Hertogenbosch	RS,15	(Debiet)->	Dommel
model_providing="Maas"		model_accepting=" CF-RgNBB "	
Locatie	SOBEK id (Maas)	Richting	H.Boundary id (RgNBB)
1.Dummytak	11.00_MA(Kalkmaas3)	(Debiet)->	(Q. Boundary) 175
2.Borgharen	Kalkmaas4_2308	(ws)->	182
3.Wessems	Zandmaas01_0	(ws)->	Onl_DM6005
4.Swalm	Zandmaas07_3342	(ws)->	185
5.Hanssum	Zandmaas07_3899	(ws)->	188
6.Wanssum	Zandmaas11_554	(ws)->	R_MS_013_2
7.Niers	Zandmaas13_0	(ws)->	R_MS_013_46
8.Grave	Zandmaas16_0	(ws)->	R_MS_016_20
9. 's Hertogenbosch	AA_1990	(ws)->	AA_121
10. 's Hertogenbosch	BosscheBroek_3051	(ws)->	6
11. 's Hertogenbosch	AA_3980	(ws)->	D_CONN14051

Tabel D.8 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgNBB en RWSW

<b>model_providing=" CF-RgNBB "</b>		<b>model_accepting="CF-RWSW"</b>	
<b>Locatie</b>	<b>SOBEK id (RgNBB)</b>	<b>Richting</b>	<b>Lateral id (RWSW)</b>
1.Amer	RS,BD_BD_wk_1	(Debiet,LC)->	163
2.HODI	RS,52_3	(Debiet,LC)->	162
3.Volkerak	RS,2	(Debiet)->	161
4.Volkerak	RS,BD_BD_26_3	(Debiet)->	160
<b>model_providing=" CF-RWSW "</b>		<b>model_accepting="CF-RgNBB"</b>	
<b>Locatie</b>	<b>SOBEK id (RWSW)</b>	<b>Richting</b>	<b>H.Boundary id (RgNBB)</b>
1.Amer	N_NDB_56	(ws)->	N_NDB_56
2.HODI	N_NDB_52	(ws)->	N_NDB_52
3.Volkerak	ZW_R_P_VOLK_001_4	(ws)->	ZW_R_P_VOLK_001_4
4.Volkerak	ZW_N_P_VOLK_1	(ws)->	ZW_R_P_VOLK_1

Tabel D.9 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen Maas en RWSW.

<b>model_providing=" Maas"</b>		<b>model_accepting="CF-RWSW"</b>	
<b>Locatie</b>	<b>SOBEK id (Maas)</b>	<b>Richting</b>	<b>QBoundary id (RWSW)</b>
1.Bergsche Maas	236.00_BM	(Debiet)->	N_MS_021
<b>model_providing=" CF-RWSW "</b>		<b>model_accepting="Maas"</b>	
<b>Locatie</b>	<b>SOBEK id (RWSW)</b>	<b>Richting</b>	<b>H.Boundary id (Maas)</b>
1.Keizersveer	N_MS_022	(ws)->	Keizersveer

Tabel D.10 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen Maas en Rijntakken

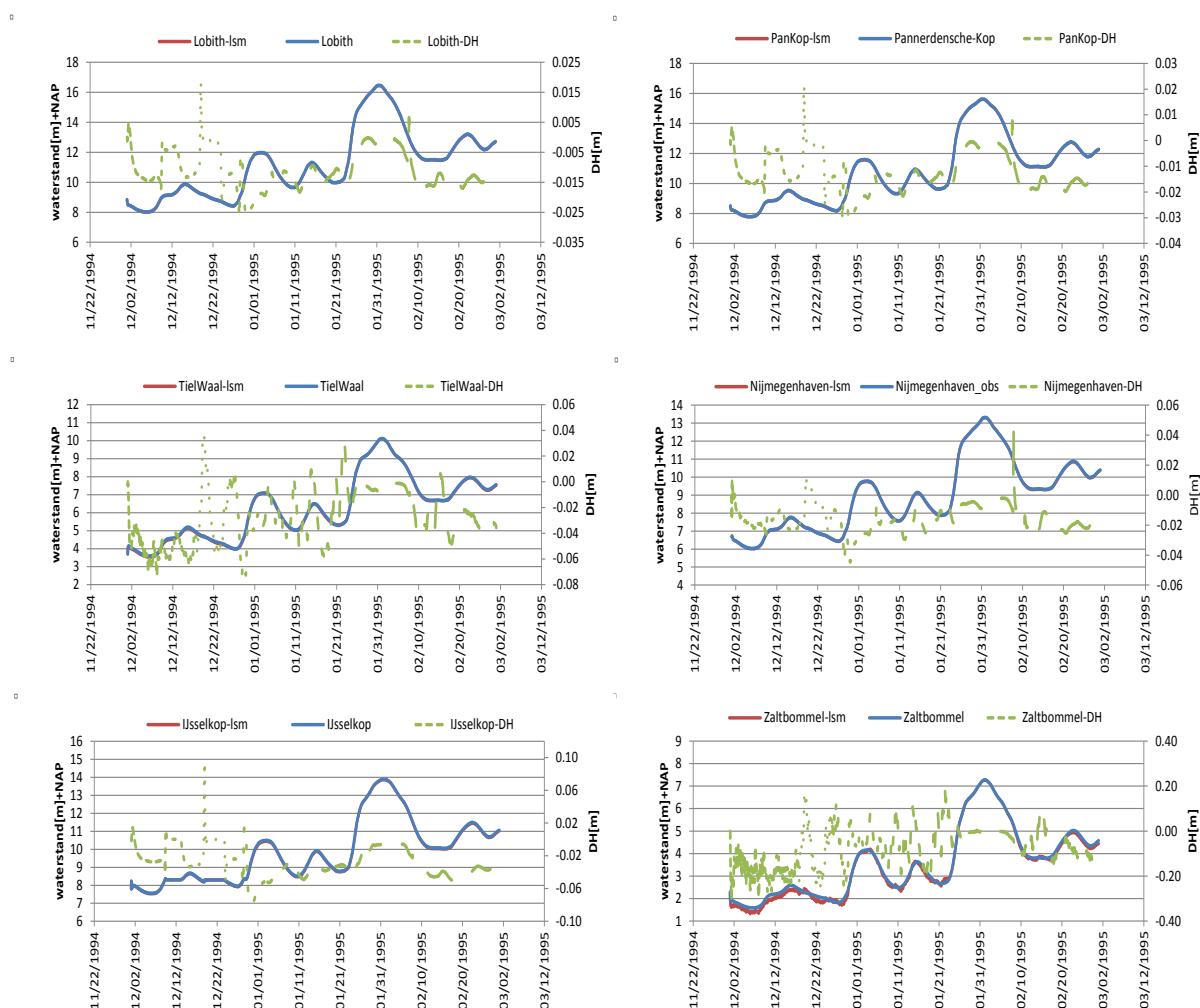
<b>model_providing=" Maas"</b>		<b>model_accepting="Rijntakken"</b>	
Locatie	<b>SOBEK id (Maas)</b>	<b>Richting</b>	<b>Lateral id (RT)</b>
1.Bergsche Maas	730_Maaswaal	(Debiet,LC)->	Maas-Waalkan
<b>model_providing=" Rijntakken "</b>		<b>model_accepting="Maas"</b>	
Locatie	<b>SOBEK id (RT)</b>	<b>Richting</b>	<b>H.Boundary id (Maas)</b>
1.Keizersveer	Waal2_13565.0 883.00_WA	(ws)->	Sluis Weurt

Tabel D.11 Gegevensuitwisseling tussen deelmodellen RgMW en Rijntakken

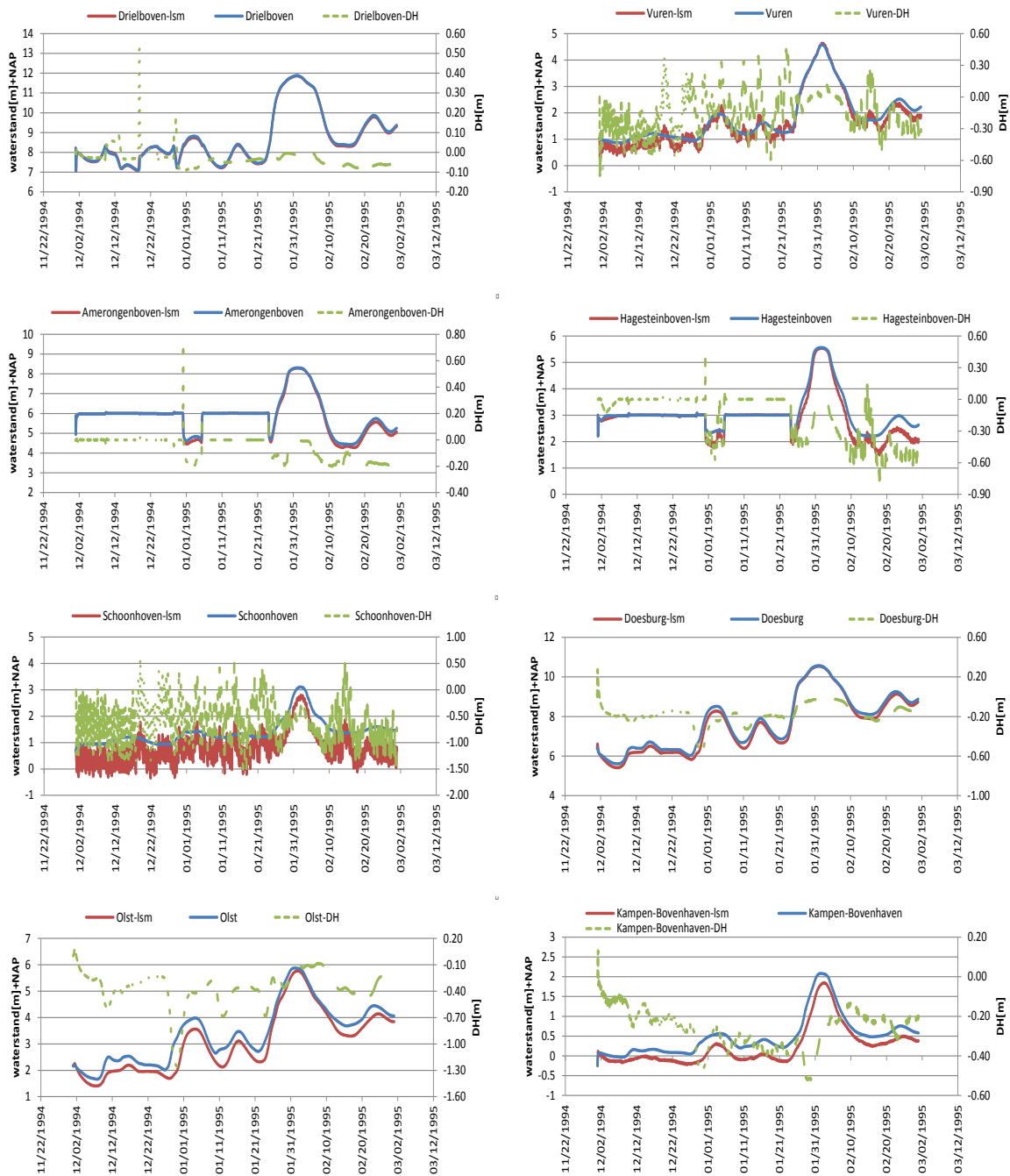
<b>model_providing=" CF-RgMW"</b>		<b>model_accepting="Rijntakken"</b>	
Locatie	<b>SOBEK id (RgMW)</b>	<b>Richting</b>	<b>Lateral id (RT)</b>
1.Nederrijn	RS,SRO_BR00001922_1	(Debiet,LC)->	KrommeRijn_12356
<b>model_providing=" Rijntakken "</b>		<b>model_accepting="CF-RgMW"</b>	
Locatie	<b>SOBEK id (RT)</b>	<b>Richting</b>	<b>H.Boundary id (RgMW)</b>
1.Dummytak (Lobith)	862_BR	(debiet)->	201
2.Nederrijn	Nederrijn5_10472	(ws)->	InlaatKrommeRijn_DM

## E Vergelijking berekende waterstanden voor de Rijntakken en Maas

In deze en de volgende bijlagen worden de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen vergeleken met de resultaten van LSM of de afzonderlijke deelmodellen. In alle figuren zijn de rode en blauwe lijn de modelresultaten (weergegeven op de linker- en rechteras), en de groene stippellijn het verschil in waterstand (DH, weergegeven op de rechteras).

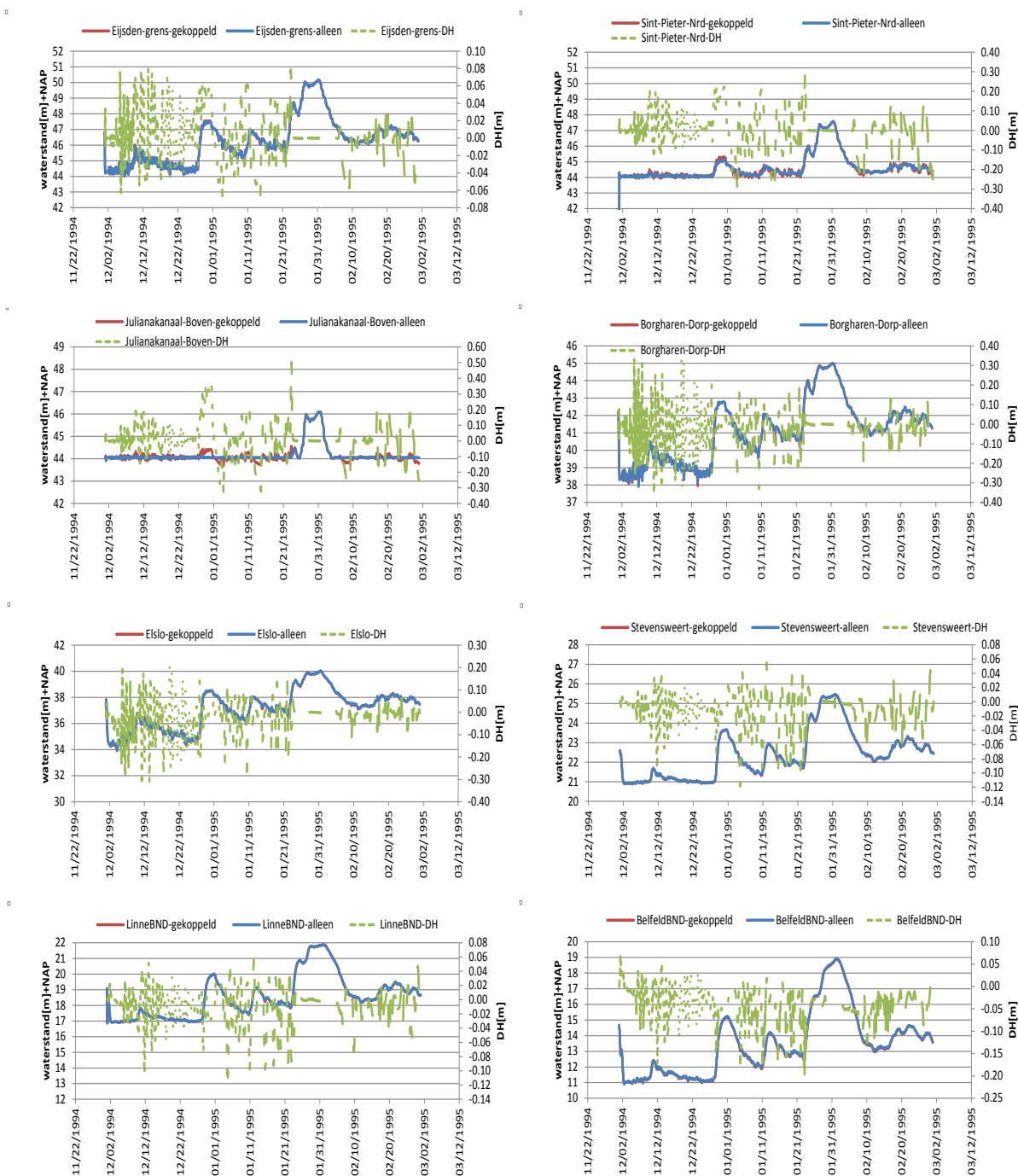


Figuur E.1 Van boven naar beneden: Lobith, Pannerdensche Kop, Nijmegen haven, Tiel Waal, Vuren, Zaltbommel, Boven-Hardinxveld, IJsselkop.

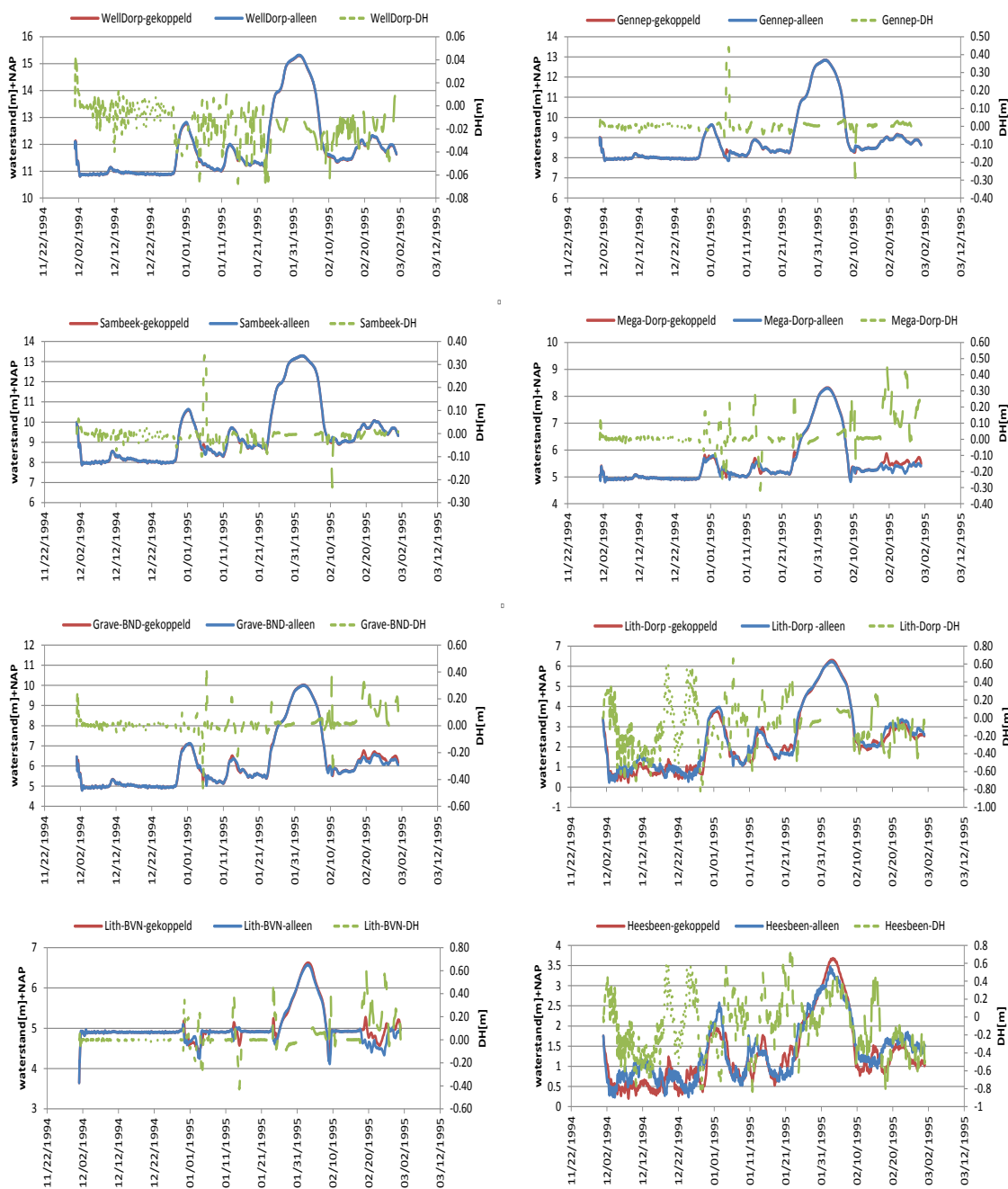


Figuur E.2 Van boven naar beneden: Driel-boven, Vuren, Amerongen-boven, Hagestein-boven, Schoonhoven, Doesburg, Olst, Kampen-Bovenhaven.





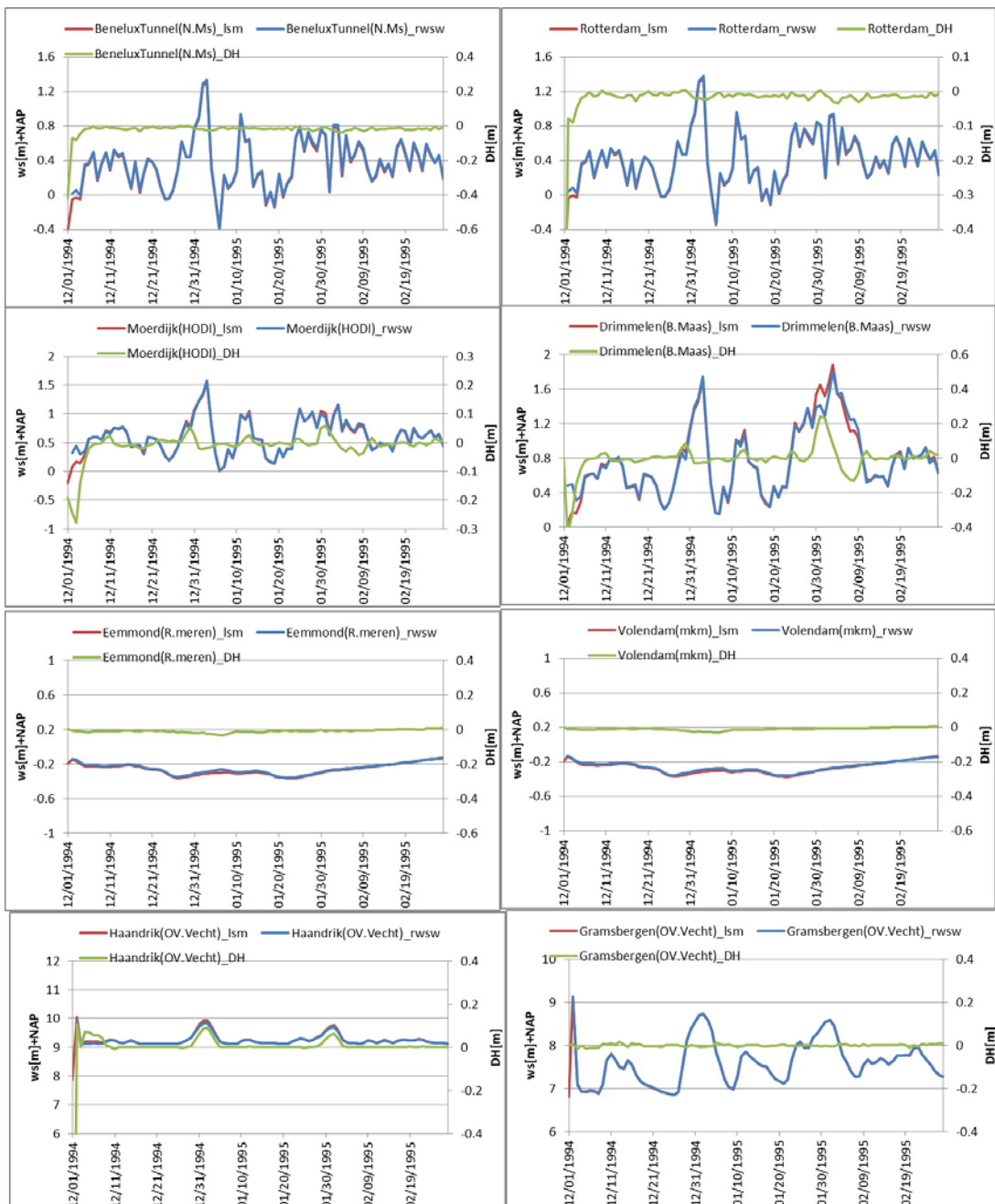
Figuur E.3 Van boven naar beneden: Eijsden grens, Sint-Pieter, Julianakanaal-boven, Borgharen-Dorp, Elslo, Stevensweert, Linne-beneden, Belfeld-beneden.



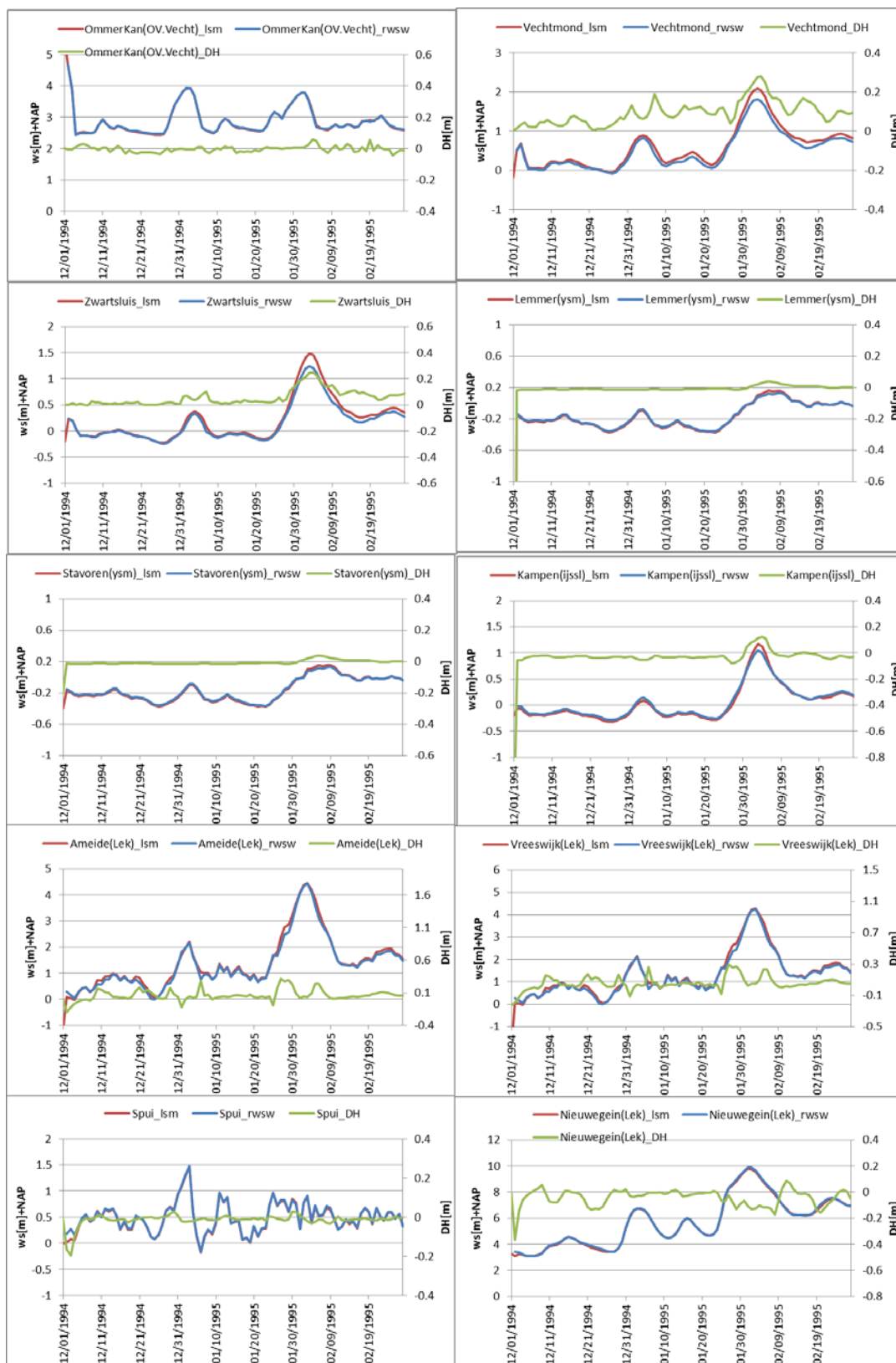
Figuur E.4 Van boven naar beneden: Well-dorp, Gennep, Sambeek, Megen-dorp, Grave-beneden, Lith-dorp, Lith-boven, Heesbeen.

## F Vergelijking berekende waterstanden voor RWSW

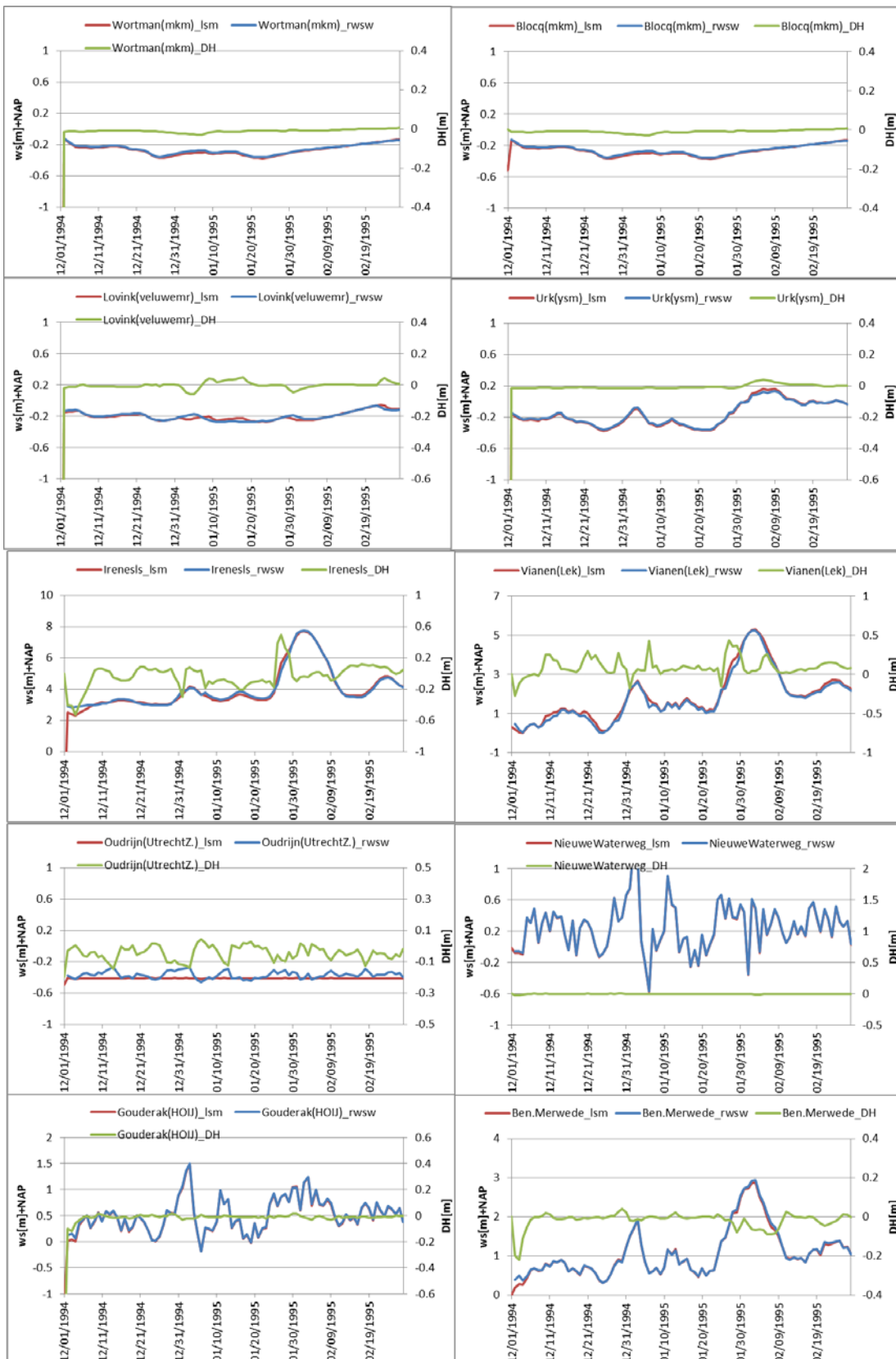
In deze bijlage worden de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen voor RWSW vergeleken met de resultaten van LSM. In alle figuren zijn de rode en blauwe lijn de modelresultaten (weergegeven op de linker-as), en de groene stippellijn het verschil in waterstand (weergegeven op de rechter-as).



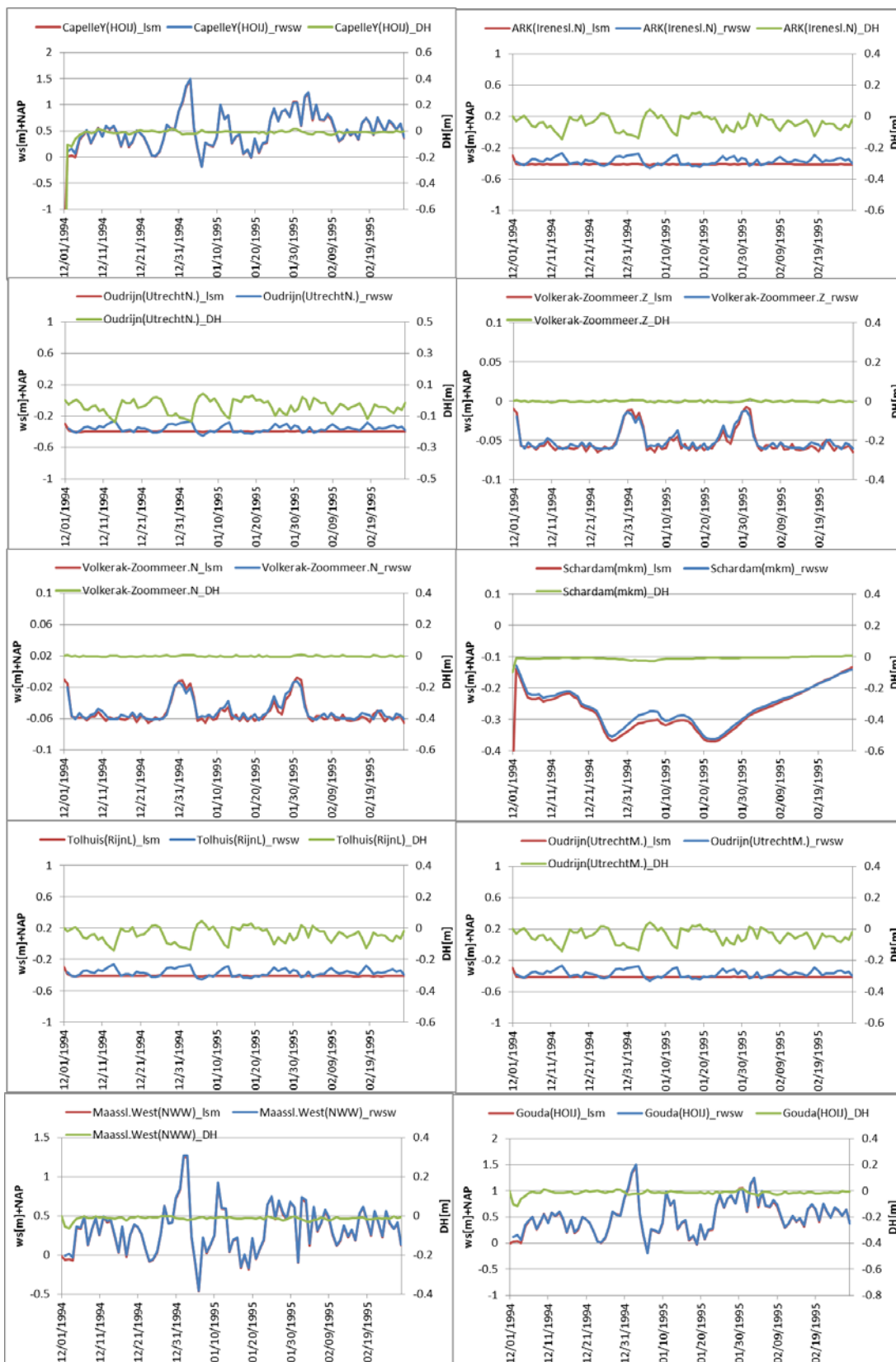
Figuur F.1 Van boven naar beneden: Beneluxtunnel (Nieuwe Maas), Rotterdam, Moerdijk, Drimmelen, Eemmond, Volendam, Haandrik, Gramsbergen.



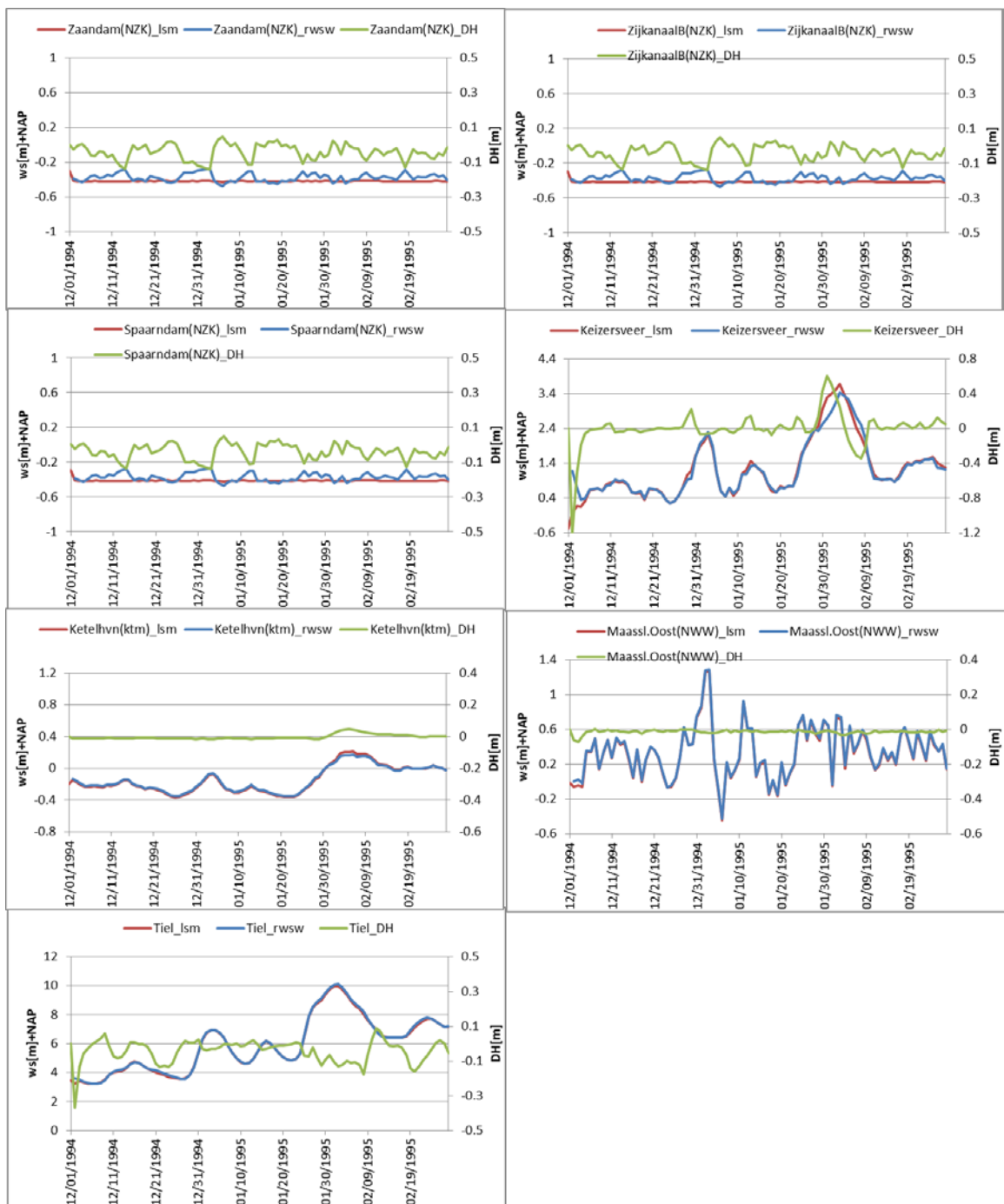
Figuur F.2 Ommerkanaal, Vecht monding, Zwartsluis, Lemmer, Stavoren (IJsselmeer), Kampen (IJssel), Ameide(Lek), Vreeswijk(Lek), Spui (Bernisse, NDB), Nieuwegein(Lek).



Figuur F.3 Wortman (Markermeer), Blocq van Kuffeler (Markermeer), Lovink (Veluwemeer), Urk, Irenesluis, Vianen (Lek), Ouderijn (Utrecht-Zuid), Nieuwe Waterweg, Gouderak (Hollandsche IJssel), Beneden Merwede.



Figuur F.4 Capelle aan de IJssel (Hollandsche IJssel), ARK(Irenesluis Noord), Ouderijn (Utrecht-Noord), Volkerak-Zuid (nabij Benedensas), Volkerak-Noord (nabij Dintelsas), Schardam (Markermeer), Tolhuissluis (Rijnland), Ouderijn(UtrechtM.), Maassluis.West, Gouda (Hollandsche IJssel).



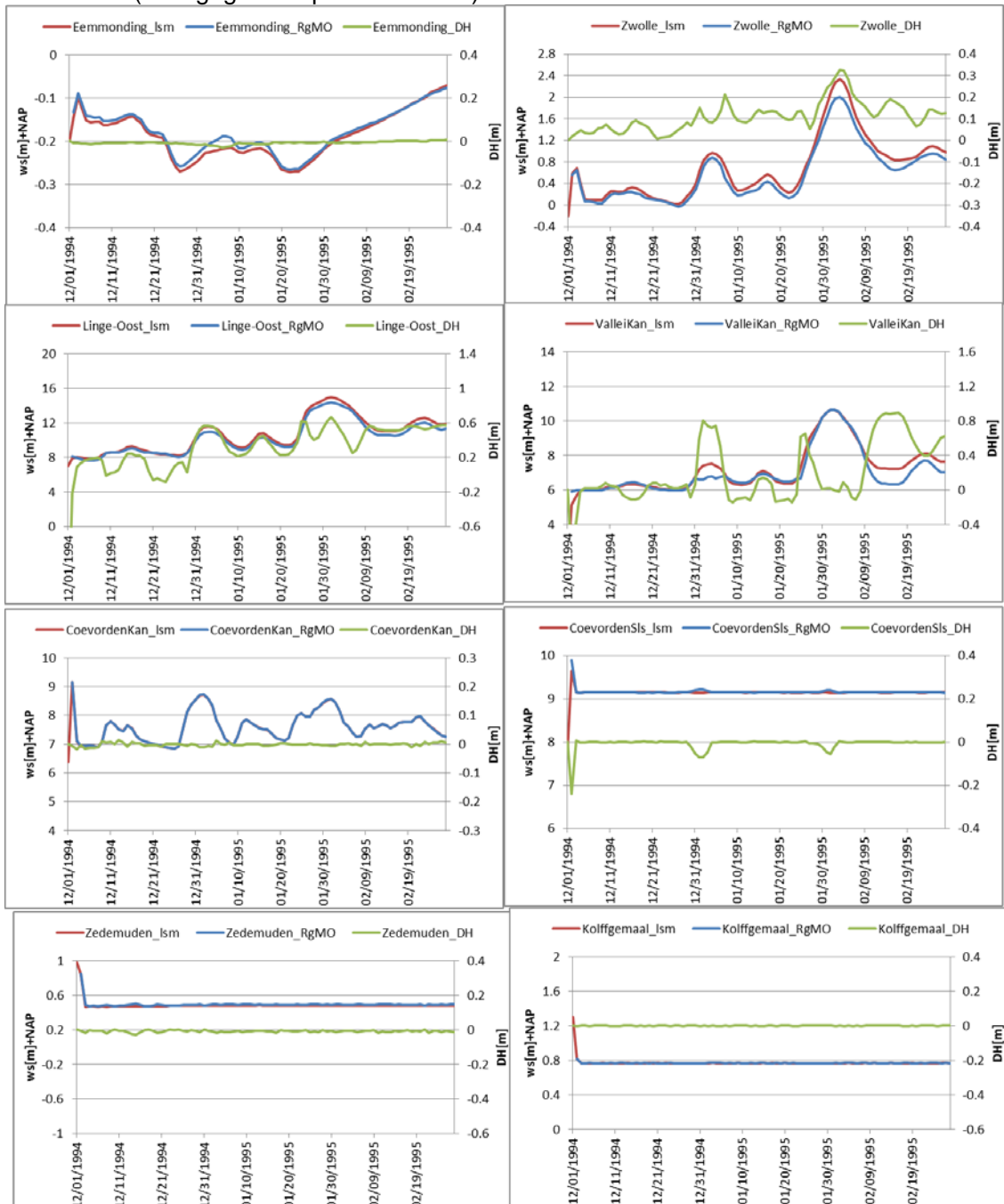
Figuur F.5 Zaandam (NZK), Zijkanaal B.(NZK), Spaardam (NZK), Keizersveer, Ketelhaven (Markermeer), Maassluis-oost (Nieuwe Waterweg), Tiel.



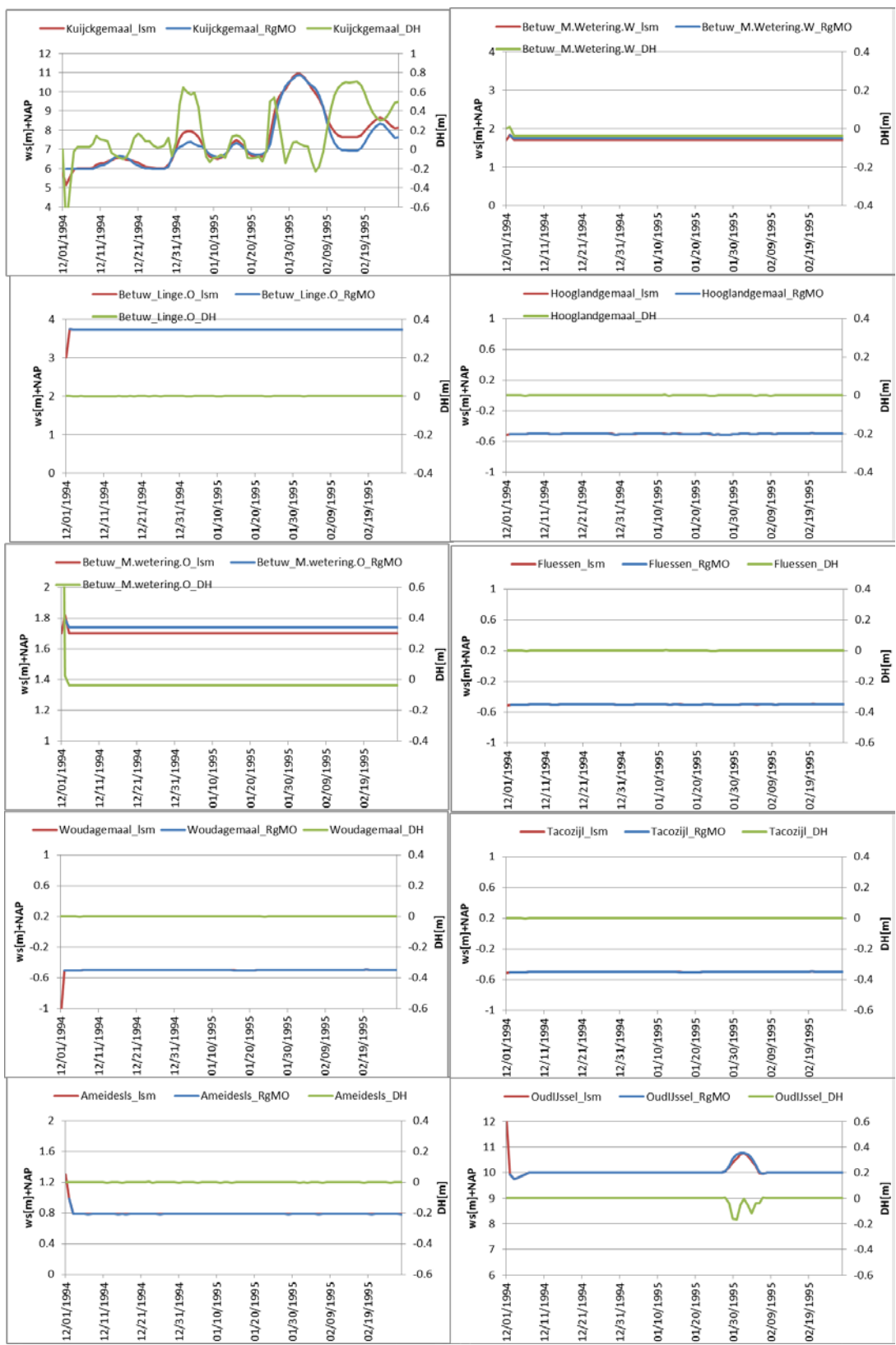


## G Vergelijking berekende waterstanden voor RgMO

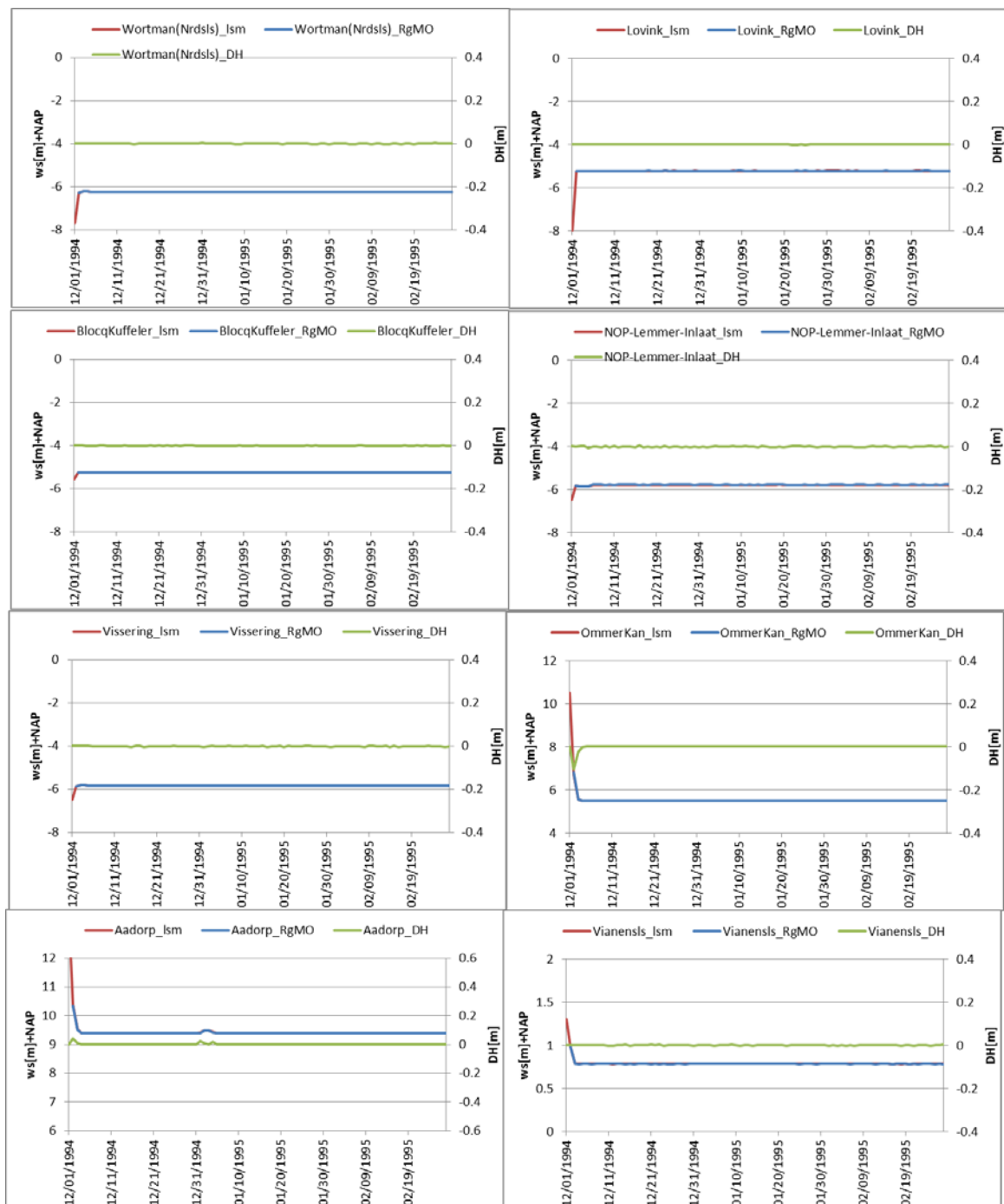
In deze bijlage worden de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen voor regio RgMO vergeleken met de resultaten van LSM. In alle figuren zijn de rode en blauwe lijn de modelresultaten (weergegeven op de linker- en rechteras), en de groene stippellijn het verschil in waterstand (weergegeven op de linker- en rechteras).



Figuur G.1 Van boven naar beneden: Eem monding, Zwolle, Linge-Oost, Valleikanaal, Coevorden, Coevorden sluis, Zedemuden, Kolffemaal.



Figur G.2 Van boven naar beneden: Kuijckgemaal, Betuwe (Maurikse Wetering West), Betuwe (Linge.Oost), Hooglandgemaal, Betuwe (Maurikse Wetering.Oost), Fluessen (Friesland), Woudagemaal, Tacozijl, Ameidesluis, Oude IJssel.

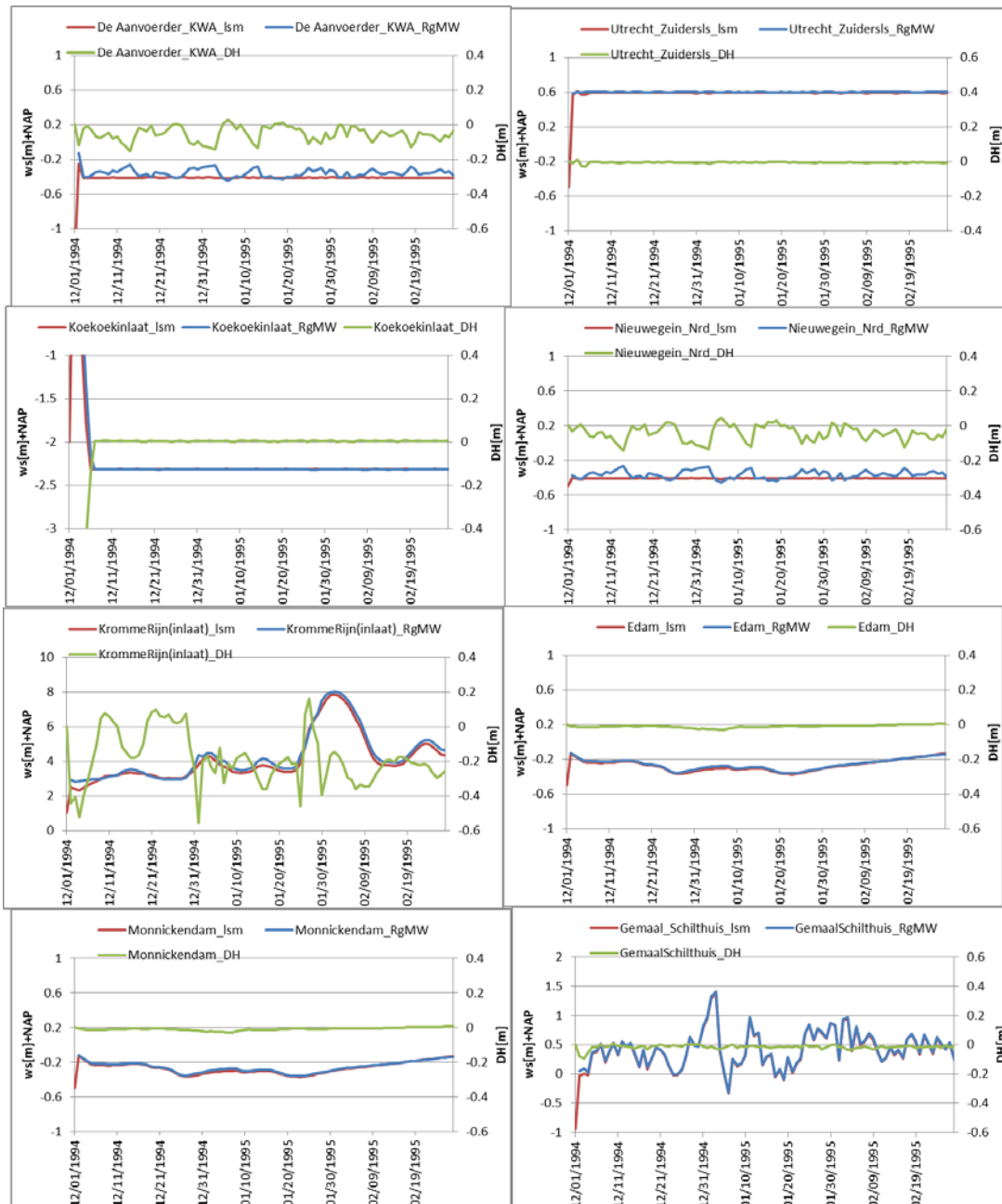


Figuur G.3 Van boven naar beneden: Wortman, Lovink, Blocq van Kuffeler, NOP-inlaat bij Lemmer, Vissering, Ommerkanaal, Aadorp, Vianen sluis.

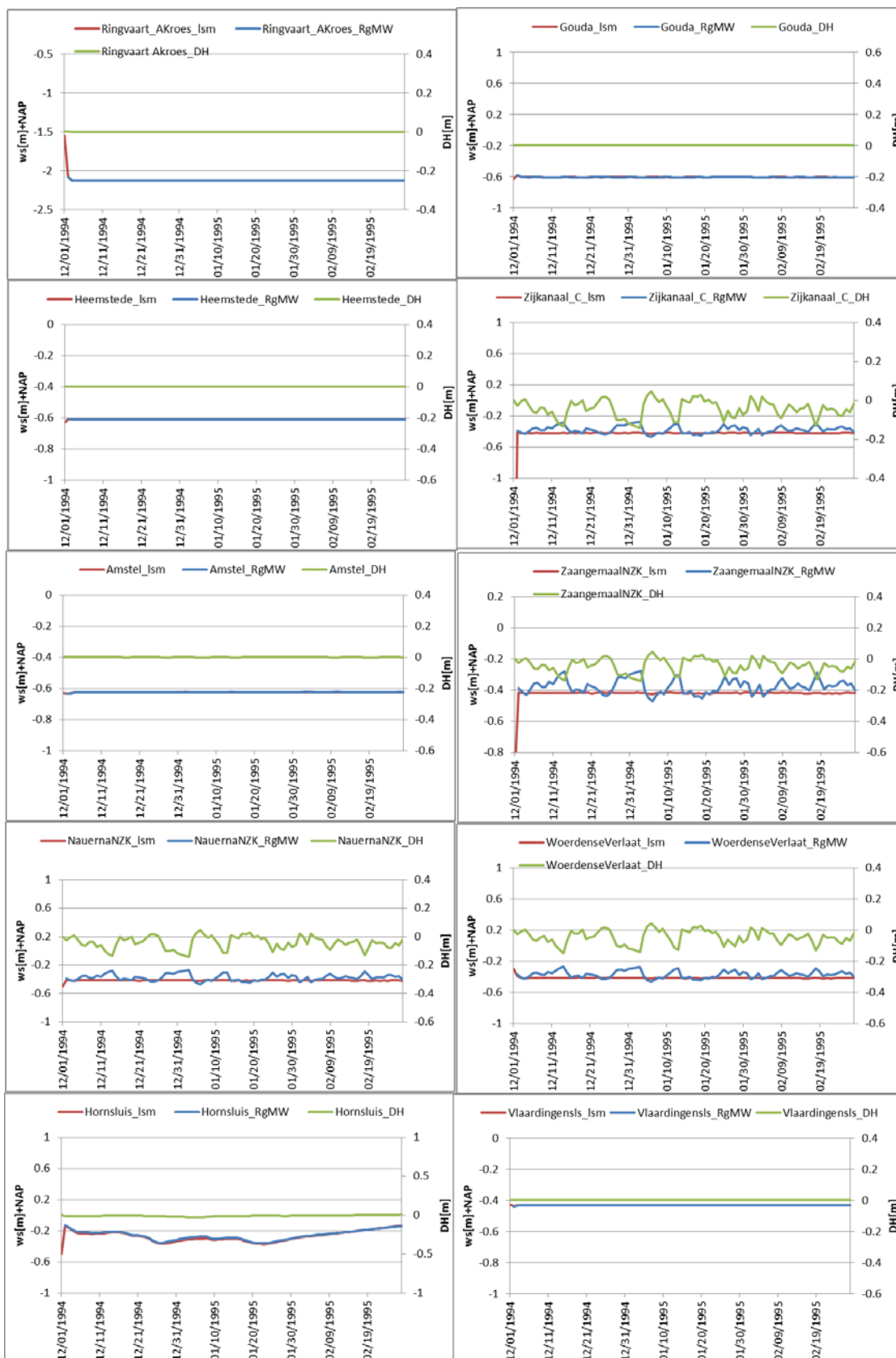


## H Vergelijking berekende waterstanden voor RgMW

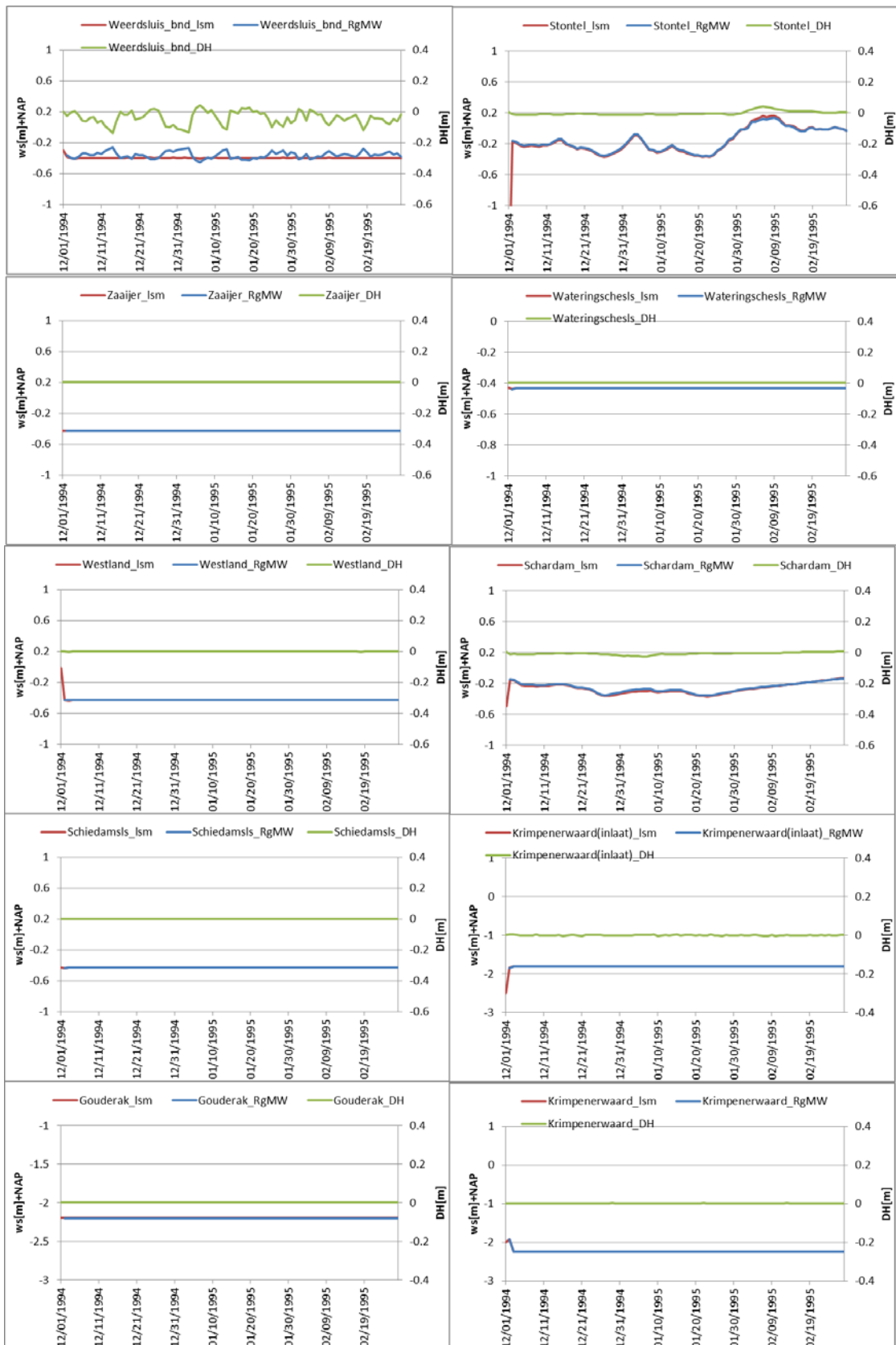
In deze bijlage worden de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen voor RgMW vergeleken met de resultaten van LSM. In alle figuren zijn de rode en blauwe lijn de modelresultaten (weergegeven op de linker-as), en de groene stippellijn het verschil in waterstand (weergegeven op de rechter-as).



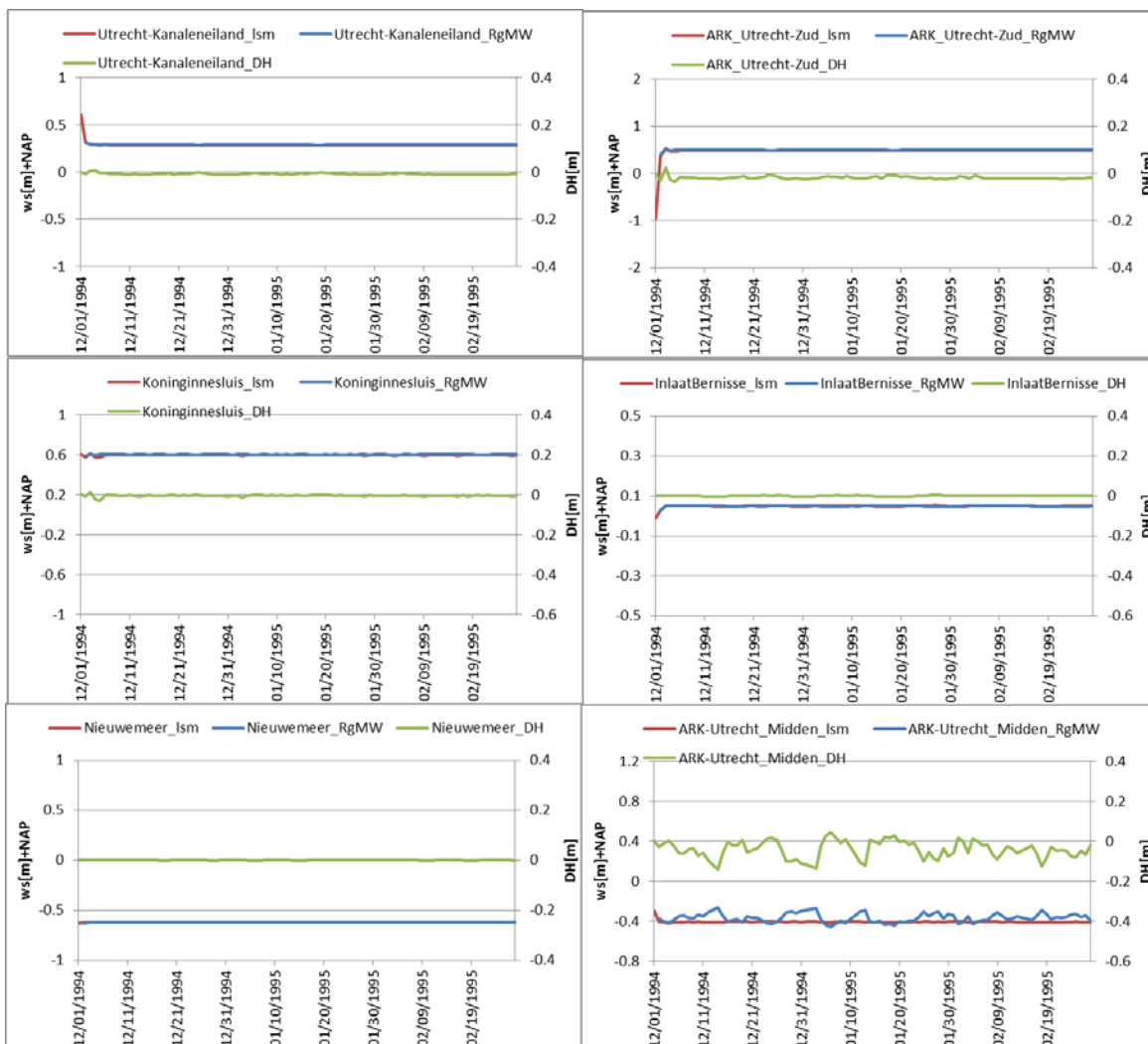
Figuur H.1 De Aanvoerder\_KWA, Utrecht\_Zuid., Koekoek\_inlaat, Nieuwegein\_Noord, Kromme Rijn, Edam, Monnickendam, Sluis\_BoerDL,



Figuur H.2 Van boven naar beneden: Ringvaart Schieland, Gouda, Heemstede, Zijkanaal\_C (NZK), Amstel, Zaangemaal, Nauerna-NZK, Woerdense Verlaat, Hornsluis, Vlaardingensluisen.



Figuur H.3 Weerdsluis, Stontel, Zaaier gemaal en sluis, Wateringsche sluis, Westland gemaal en sluis, Schardam, Schiedam sluis, Krimpenerwaard inlaat, Gouderak sluis, Krimpenerwaard gemaal Veurink.

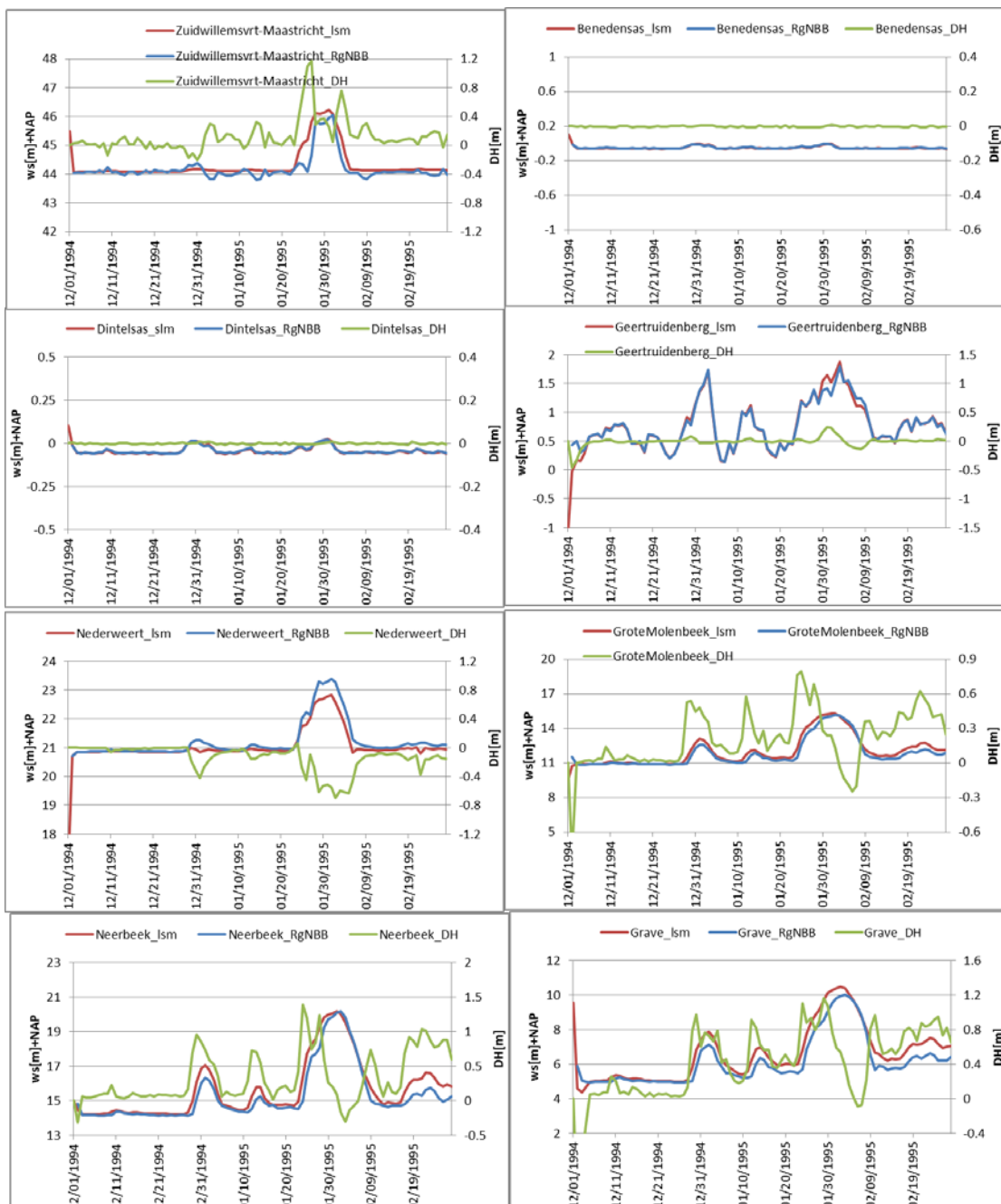


Figuur H.4 Utrecht-Kanaleneiland, ARK\_Utrecht-Zuid, Koninginnesluis Vreeswijk, Bernisse\_inlaat, Nieuwe Meer, ARK\_Utrecht\_Midden.



## I Vergelijking berekende waterstanden voor RgNBB

In deze bijlage worden de resultaten van de OpenMI compositie met 7 deelmodellen voor RgNBB vergeleken met de resultaten van LSM. In alle figuren zijn de rode en blauwe lijn de modelresultaten (weergegeven op de linker-as), en de groene stippellijn het verschil in waterstand (weergegeven op de rechter-as).



Figuur 1.1 Zuidwillemsvaart-Maastricht, Benedensas, Dintelsas, Geertruidenberg, kanaal Wessem-Nederweert, Grote Molenbeek nabij de Maas, Neerbeek nabij de Maas, Grave-beneden.



Figuur I.2 Zuid-Willemsvaart-Den Bosch, Dommel, AA, Hollandsch Diep, Niers, Swalm.