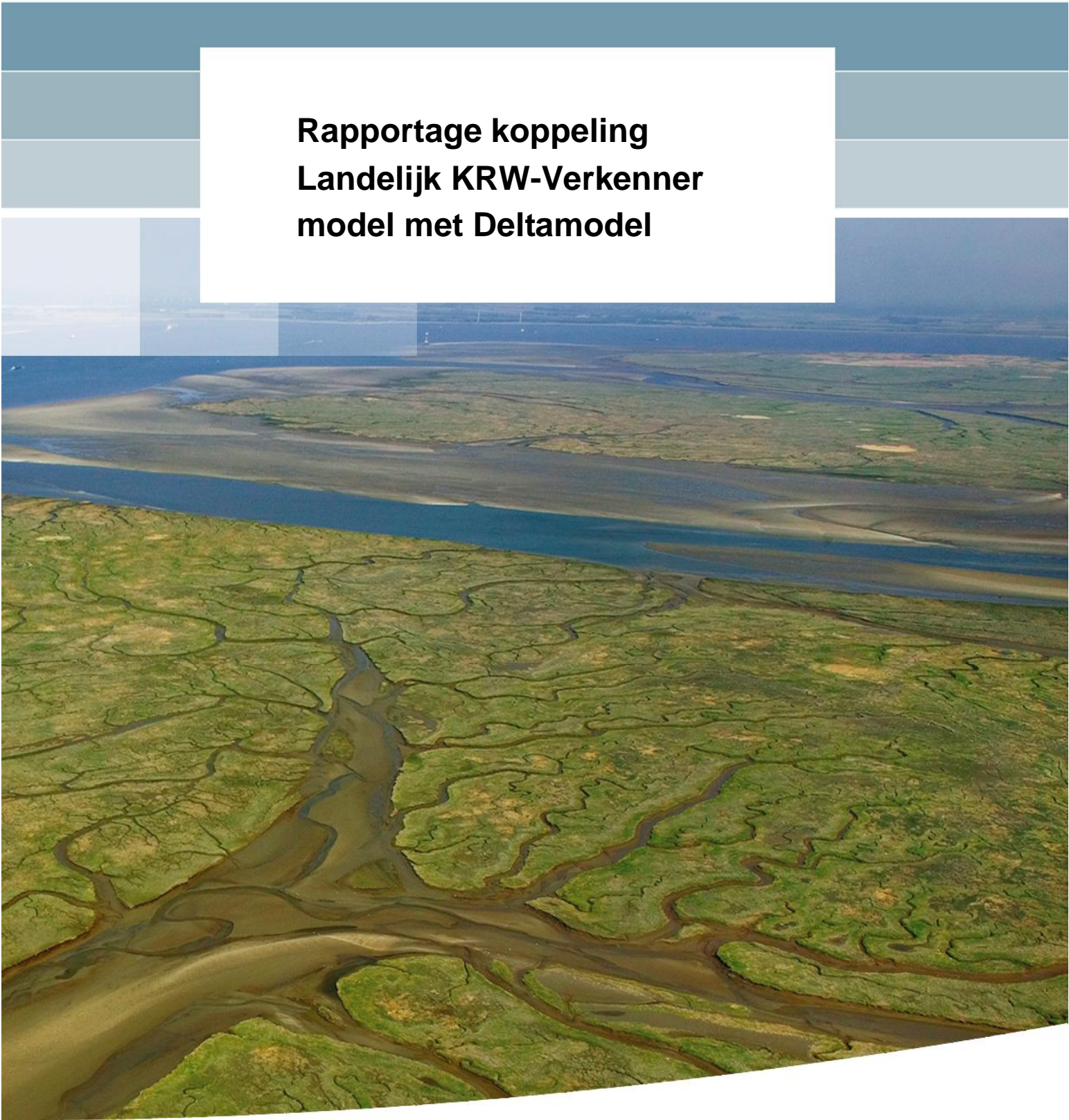


**Rapportage koppeling
Landelijk KRW-Verkenner
model met Deltamodel**



Rapportage koppeling Landelijk KRW-Verkenner model met Deltamodel

Joost van den Roovaart
Edwin Snippen
Peter Cleij
Erwin Meijers
Martijn Visser
Marc Weeber

1209471-000

Titel

Rapportage koppeling Landelijk KRW-Verkenner model met Deltamodel

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS - WVL	1209471-000	1209471-000-ZWS-0004	80

Trefwoorden

Landelijk KRW-Verkenner Model, Landelijk Sobek Model, Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, Landelijk Hydrologisch Model, Deltamodel, waterkwaliteitsinstrumentarium.

Samenvatting

Zowel vanuit het project Deltamodel als vanuit de projecten Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) en KRW-Verkenner bestaat een behoefte om deze modellen te koppelen om zo een stap te zetten naar een meer samenhangend waterinstrumentarium.

In het project is een koppeling tussen enerzijds de hydrologie: Deltamodel, Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en Landelijk Sobek Model (LSM) en anderzijds de waterkwaliteit: KRW-Verkenner / Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM) en STONE tot stand gebracht. Dit project heeft een forse impact op de verbetering van de actualiteit, reproduceerbaarheid en kwaliteit van de waterkwaliteitsberekeningen die met de KRW-Verkenner kunnen worden gemaakt. Als belangrijkste punten kunnen worden genoemd:

- Gebruik van actuele LHM versies, waardoor verbeteringen in de hydrologie sneller kunnen worden meegenomen in de waterkwaliteitsberekeningen;
- Gebruik klimaatscenario's KNMI, waardoor voor een brede range aan scenario's, waaronder lange termijn scenario's, ook de effecten op de waterkwaliteit kunnen worden doorgerekend;
- Gebruik LSM, waardoor voor veel gebieden een meer gedetailleerde schematisering van de oppervlaktewaterlichamen kan worden doorgerekend
- Er zijn conversietools gebouwd voor het omzetten van de schematisatie en de waterbeweging van SOBEK naar een KRW-Verkenner input, die ook door waterbeheerders zijn te gebruiken;
- Een bijdrage aan een efficiënter beheer en gebruik van modellen en schematisaties door een centraal te onderhouden samenhangend modelsysteem.

Er is in het project veel aandacht besteed aan het definiëren, uitvoeren en documenteren van allerlei testen. In totaal zijn tientallen testen uitgevoerd op alle relevante onderdelen van de modelkoppelingen en dataflows, vaak meerdere malen. Deze testresultaten geven een goede indruk van de kwaliteit en robuustheid van modelresultaten en zijn input geweest voor het vaststellen van een aantal verbeterpunten. Een groot deel van deze verbeterpunten is opgelost binnen het project. Daarnaast is een aantal resterende verbeterpunten geformuleerd.

De samenwerking die binnen het project tot stand is gekomen tussen de bij de verschillende modellen betrokken personen (zowel binnen Deltares als tussen Alterra, Deltares en RWS – WVL) is zeer waardevol en een goede basis voor de verdere gezamenlijke ontwikkeling van het waterinstrumentarium.

Deltares


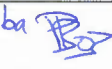

Titel

Rapportage koppeling Landelijk KRW-Verkenner model met Deltamodel

Opdrachtgever RWS - WVL **Project** 1209471-000 **Kenmerk** 1209471-000-ZWS-0004 **Pagina's** 80

Referenties

Roovaart, J.C. van den, E. Snippen, P. Cleij, E. Meijers, M. Visser, M. Weeber, Rapportage koppeling Landelijk KRW-Verkenner model met Deltamodel, Deltares rapport 1209471-000-ZWS-0004, december 2014.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2014	Joost van den Roovaart		Timo Kroon		Gerard Blom	
		Edwin Snippen					
		Peter Cleij					
		Erwin Meijers					
		Martijn Visser					
		Marc Weeber					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Opdracht	2
1.3 Leeswijzer	2
2 Activiteiten	3
2.1 Inleiding	3
2.2 Aanpassen MOZART en koppeling LSM - LHM	4
2.3 Tools 1D-Flow naar KRW-Verkenner	4
2.4 Update Landelijk KRW-Verkenner Model	6
2.5 Update Deltamodel	8
3 Testprocedures	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Toelichting absoluut en relatief rekenen in de KRW-Verkenner	15
3.3 Stap 1: Inbouw LSM	17
3.4 Stap 2: Tijdsaggregatie in WQint	17
3.5 Stap 3: Uitvoer KRW-Verkenner resultaten	18
3.6 Stap 4: Ruimtelijke aggregatie	19
3.7 Stap 5: Inbouwen van LHM in Deltamodel	20
3.8 Stap 6: integratie test	21
4 Conclusies en aanbevelingen	27
4.1 Conclusies	27
4.2 Aanbevelingen	28
4.3 Beperkingen en mogelijkheden	28
5 Referenties	31
Bijlage(n)	
A Kernteam en overleggen	A-1
B Testen van opname van LSM in het Deltamodel	B-1
B.1 Inleiding	B-1
B.2 Beschrijving verificatie testen	B-2
B.3 Testresultaten (stand van zaken 17 november 2014)	B-3
B.4 Resultaten (stand van zaken 24 november 2014)	B-4
B.5 Conclusies en aanbevelingen	B-7
C Aggregatie Script	C-1
C.1 Clear Schematisation	C-1
C.2 Conversion Tool	C-2
D Preprocessing Script	D-1
D.1 Stromingsdiagram KRW-verkenner	D-1

D.2	Initiële gedeelte van het script	D-3
D.3	Dynamisch gedeelte van het script	D-3
E	Bestandsformaten KRW-Verkenner	E-1
E.1	Bestand WFDnodes.csv:	E-1
E.2	Bestand WFDNodeData.csv:	E-1
E.3	Bestand WFDLinks.csv:	E-1
E.4	Bestand WFDLinksData.csv:	E-2
E.5	Bestand WFDSources.csv:	E-2
E.6	Bestand WFDSourcesData.csv:	E-2
F	Testen van inbouwen van LHM in Deltamodel	F-1
F.1	Inleiding	F-1
F.2	Beschrijving verificatie testen	F-1
F.3	Testresultaten (stand van zaken 13 november 2014)	F-3
F.4	Resultaten	F-5
F.5	Conclusies en aanbevelingen	F-11
G	Script Integratie test	G-1
G.1	Invoer	G-1
G.2	Werking	G-2
G.3	Uitvoer	G-3
H	Details integratie test stap 2: WQint	H-1
H.1	Versie	H-1
H.2	Config testen	H-1
H.3	Format testen	H-2
H.4	Aantal testen	H-4
H.5	Resultaten op meetlocaties	H-7
I	Koppeling MOZART – LSM in LKM schematisatie	I-1

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Deltamodel is ontwikkeld om de keuzes in het Deltaprogramma te onderbouwen. Met het afronden van de eerste fase van het Deltaprogramma is het werken met modellen in het waterbeheer niet ten einde. Modelleren is aan de orde bij de verdere uitwerking van het Deltaprogramma (zoals in het rivierengebied en in de zoetwatervoorziening), bij uitvoeringsprogramma's, maar ook bij bijvoorbeeld de Veranderingsopgave Natte Kunstwerken (VONK). Daarnaast is er behoefte om de waterkwaliteitsvraagstukken beter in beeld te krijgen (implementatie Kaderrichtlijn Water – KRW-Verkenner).

De ontwikkeling van het Deltamodel heeft bijgedragen aan de opbouw van een samenhangend modelsysteem voor beleidsgerelateerde activiteiten binnen RWS op het gebied van water. Breed wordt de grootste winst van het Deltamodel genoemd dat in een breed scala van deels overlappende modellen, software en schematisaties, ordening is gekomen in het beleidsinstrumentarium voor waterbeheer in Nederland. In het Deltamodel zijn verschillende modeltreinen nu aan elkaar gekoppeld waarbij randvoorwaarden en invoer op elkaar zijn afgestemd tot een samenhangend geheel. Dat heeft grote voordelen voor de uniformiteit, consistentie in de uitkomsten en draagvlak van modellen. Het draagt bovendien bij aan een efficiënter beheer en gebruik van modellen en schematisaties door een centraal te onderhouden samenhangend modelsysteem. Het uniformeren en koppelen van bestaande modellen en schematisaties is geen eenvoudige zaak en ook de realisatie van de koppeling van het Deltamodel, LHM en de KRW-Verkenner is een forse inspanning geweest. Het realiseren van deze koppeling kan dan ook worden gezien als een belangrijke stap in de route naar een meer samenhangend en toekomstbestendig waterinstrumentarium.

In 2012 is in een landelijke pilot met de KRW-Verkenner (van den Roovaart et al, 2012) en in 2013 bij de update van het Landelijk KRW-Verkenner Model (Cleij et al, 2014) een aantal knelpunten geïdentificeerd die met enkele aanpassingen in het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) – dat in dit rapport consequent wordt aangeduid als Landelijk Hydrologisch Model (LHM) - en de KRW-verkenner, en door aansluiting van het Landelijk KRW-Verkenner Model (LKM) op het Landelijk SOBEK Model (LSM), opgelost kunnen worden. Door tevens het LKM aan te sluiten op de LHM- en LSM-implementaties binnen het Deltamodel wordt zo een eerste belangrijke stap gezet naar een verbetering van de aansluiting van het waterkwaliteitsinstrumentarium op het hydrologische instrumentarium binnen het Deltamodel. Hiermee kan in analyses ten behoeve van bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn Water in de toekomst gebruik gemaakt worden van de meest recente versies van LHM, LSM en hydrologische tijdreeksen, inclusief de tijdsreeksen voor klimaatverandering.

In het werkplan Beheer en Onderhoud Deltamodel 2014 is dit als een van de mogelijkheden voor hergebruik van het Deltamodel voorgesteld. Op 3 april 2014 is het werkplan besproken met RWS - WVL en DGRW. Vervolgens is besloten om vanuit de KPP-projecten Deltamodel en KRW-Verkenner gezamenlijk te investeren om de koppeling tussen het Deltamodel en het LKM te leggen.

Voor de uitvoering van het project is een kernteam ingesteld, waarin betrokkenen van de verschillende projecten en modelsystemen zitting hebben. Daarnaast zijn voor de gedefinieerde clusters van activiteiten kleinere projectgroepen ingesteld. Op een aantal momenten is een breed overleg gehouden tussen RWS – WVL en Deltares, waarin de stand van zaken, planning en knelpunten zijn besproken. Bijlage A geeft een overzicht van de projectstructuur en overlegmomenten.

1.2 Opdracht

Het project is gefinancierd vanuit twee KPP-projecten: Deltamodel (1209387) en KRW-Verkenner (1209471). De gezamenlijke opdracht is als volgt geformuleerd vanuit WVL:

- Maak de aansluiting tussen de hydrologie (Deltamodel, LHM en LSM) en waterkwaliteit (KRW-Verkenner, LKM en STONE).
- Maak een uitvoerfile vanuit LHM en LSM (berekend op het NMDC).
- Zorg ervoor dat KRW-Verkenner (buiten NMDC) daar gebruik van kan maken.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de activiteiten die zijn uitgevoerd om de koppeling van het LKM met de implementatie van LHM en LSM binnen het Deltamodel mogelijk te maken.

Hoofdstuk 2 beschrijft de aanpak om de koppeling van het LKM met het Deltamodel te realiseren. Hoofdstuk 3 beschrijft de resultaten van de testen die zijn uitgevoerd. De rapportage eindigt met conclusies en aanbevelingen voor verdere verbetering van de koppeling.

Aanvullende informatie is opgenomen in de bijlagen van dit document. De bijlages B en F zijn ook als aparte memo's binnen het project opgeleverd.

De werking van de KRW-verkenner is op hoofdlijnen beschreven op de Public WIKI Deltares: (<https://publicwiki.deltares.nl/display/KRWV/De+werking+van+de+Verkenner>).

Meer informatie over het Deltamodel is beschikbaar op de site van de Helpdesk Water <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/deltamodel/>.

2 Activiteiten

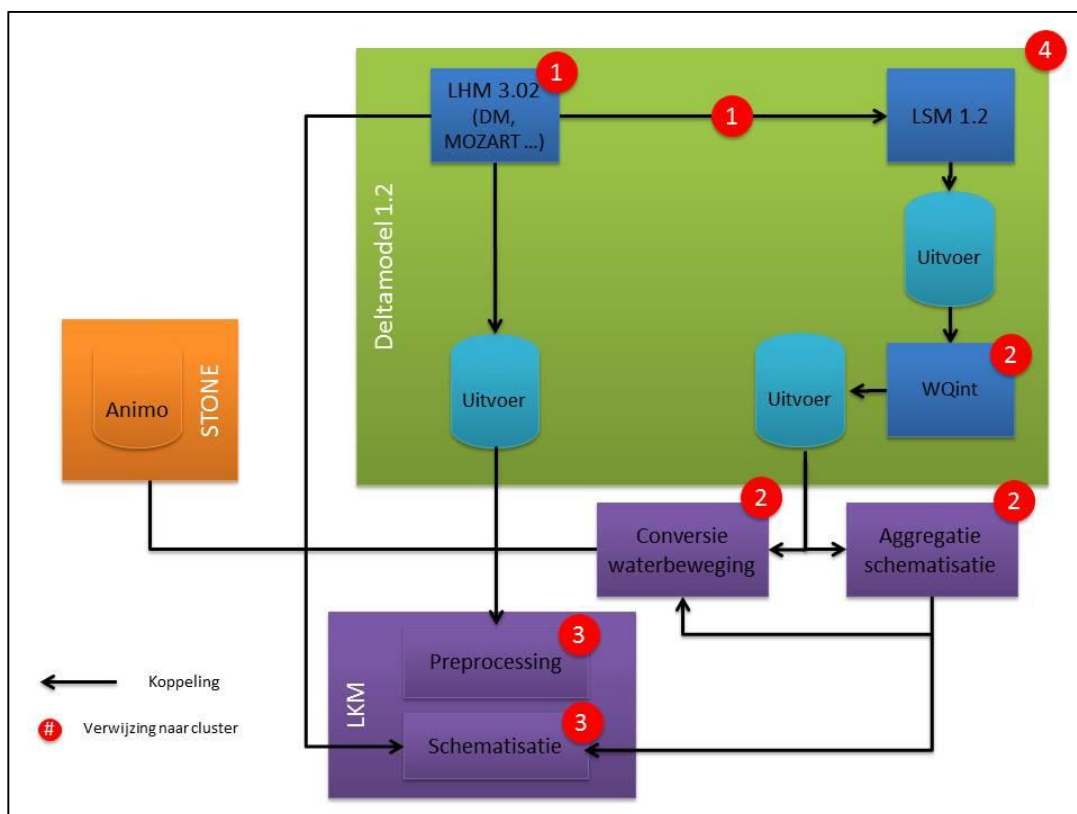
2.1 Inleiding

De huidige versie van het LKM sluit wat betreft schematisatie en hydrologie aan op versie 2.2 van het LHM. De LKM-schematisatie is hierbij een afgeleide van de gekoppelde schematisaties van de LHM deelmodellen Distributiemodel (waterverdelingsnetwerk) en MOZART (overig oppervlaktewater). In de nieuwe situatie zal het LKM aansluiten op de Deltamodel-implementaties van LHM 3.0.2 en LSM 1.2 en zal het Distributiemodel-deel van de LKM-schematisatie vervangen zijn door een afgeleide van de LSM 1.2 schematisatie. De situatie wijzigt niet wat betreft het gebruik van de STONE uitspoelingsgegevens. Ook in de nieuwe situatie zal nog gebruik worden gemaakt van de STONE hydrologie om de STONE modelresultaten voor uit- en afspoeling om te zetten naar cijfers die aansluiten op de LHM hydrologie.

Ten behoeve van de aansluiting van het LKM op de Deltamodel implementaties van LHM 3.0.2 en LSM 1.2 is een aantal activiteiten uitgevoerd, die als volgt zijn ingedeeld in clusters (zie Figuur 2.1):

1. Aanpassen MOZART en koppeling LSM - LHM
2. Tools SOBEK 1D-Flow naar KRW-Verkenner (t.b.v. LSM)
3. Update LKM
4. Update Deltamodel

De activiteiten in deze vier cluster zijn nader toegelicht in de paragrafen 2.2 t/m 2.5.



Figuur 2.1 Overzicht aansluiting LKM op Deltamodel

2.2 Aanpassen MOZART en koppeling LSM - LHM

In LKM 1.1 is gebruik gemaakt van een gecompleteerde en gecorrigeerde versie van de LSW-routing (compatibel met LHM 2.2). Deze versie van de LSW-routing is (met enkele aanpassingen) overgenomen in de nieuwe LHM versie, waardoor o.a. een betere aansluiting van het LKM op het LHM wordt verkregen. In deze nieuwe LSW-routing komen echter overschrijdingen van de districtsgrenzen voor waar de huidige MOZART versie niet mee om kan gaan. Dit heeft bijvoorbeeld als ongewenst effect dat het bovenstroomse deel van een beek niet afstroomt naar het benedenstroomse deel, maar stopt bij een districtsgrens en via een district slozing direct loost op een knoop uit het DM-netwerk. Op deze manier is voor een aantal beken in o.a. Noord-Brabant de logica van het bekensysteem doorbroken, en lozen bovenstroomse delen van beken op bijvoorbeeld het Wilhelminakanaal, terwijl deze beken daar in de praktijk via syphons onderdoor lopen.

Om het gebruik van de nieuwe LSW-routing mogelijk te maken is voor LHM 3.0.2 de MOZART modelcode aangepast en kunnen nu in een extra invoerfile de district-overschrijdende afvoerrelaties tussen LSW's worden opgegeven.

De aangepaste MOZART-code kan echter niet omgaan met situaties waarin een waterloop begint in district A, doorloopt in district B en vervolgens weer uitkomt in (een ander deel van) district A. Omdat dergelijke situaties wel voorkomen in de LSW-schematisatie is de indeling van LSW's in districten en de LSM-routing op enkele punten (verder) aangepast, waarbij ook bestaande districten zijn opgesplitst. De aanpassingen zijn in meer detail beschreven in de Veranderingsrapportage NHI 3.0.2 (Hoogewoud et al, 2014). Het resultaat is onderdeel van LHM release 3.0.2. De aanpassingen zijn gefinancierd vanuit het project Deltamodel; de oplevering van de aanpassingen in de nieuwe release van LHM is gefinancierd door NHI.

Als gevolg van de nieuwe districten is ook de koppeling van LSM met LHM via de districtswateren aangepast (koppelingsfile *DMMZTOSOBKID.txt*).

2.3 Tools 1D-Flow naar KRW-Verkenner

2.3.1 Inleiding

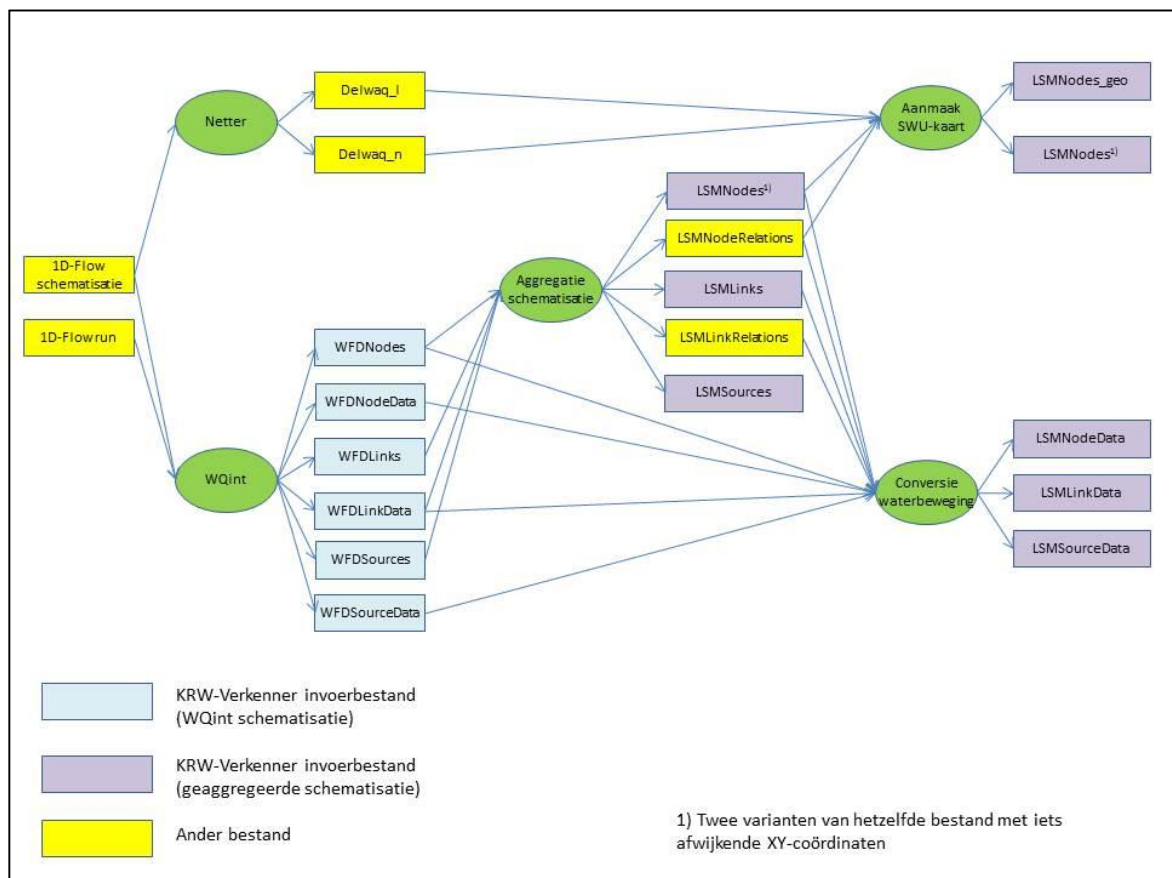
Het inbouwen van de LSM-schematisatie in de LKM-schematisatie betekent dat de LSM-schematisatie en waterbeweging omgezet moeten worden naar KRW-Verkenner formaat. Bij deze conversie is uitgegaan van de SOBEK functionaliteit voor de conversie van een 1D-Flow schematisatie en waterbeweging naar Delwaq formaat via het koppelingsprogramma WQint, in combinatie met de standaard Netter functionaliteit voor de generatie van de Delwaq shapefiles en nieuw ontwikkelde functionaliteit. Zie voor een overzicht: Figuur 2.2.

2.3.2 Netter

Via Netter kan een 1D-Flow schematisatie worden omgezet in een Delwaq schematisatie en kunnen de bijbehorende shapefiles *Delwaq_n.shp* en *Delwaq_l.shp* worden uitgevoerd.

2.3.3 WQint

Een 1D-Flow toepassing levert als resultaat uitvoer op basis van daggemiddelde waarden. Het koppelingsprogramma WQint wordt gebruikt om de resultaten van een 1D-Flow toepassing naar invoer voor de KRW-Verkenner te converteren. Hiervoor is een kleine aanpassing doorgevoerd in de softwarecode van WQint waardoor na het draaien van het koppelingsprogramma 6 bestanden worden weggeschreven in een geaggregeerde tijdstap (kwartaal-basis).



Figuur 2.2 Omzetting 1D-Flow schematisatie en waterbeweging naar KRW-Verkenner formaat.

De werking van WQint heeft een aantal randvoorwaarden. De gebruiker moet hier kennis van hebben:

- WQint schrijft als output voor de KRW-Verkenner vaste bestandsnamen in de workdir weg. In Sobek is dat de CMTWORK.
- WQint begint met het wegschrijven van een periode als de startdatum wordt bereikt. Voorbeeld: Bij een aggregatie van kwartalen en een jaar simulatie die begint op 12 feb dan zal WQint beginnen met kwartaal 2 op 1 april.
- WQint middelt over het aantal dagen in de periode, ook al is deze periode niet afgerond. Voorbeeld. Een simulatie die slechts 10 maanden bevat zal bij een jaaraggregatie het gemiddelde over deze 10 maanden geven.
- De KRW-Verkenner kan in tegenstelling tot SOBEK geen dubbele verbindingen aan tussen twee dezelfde segmenten. Dit is een presentatie kwestie in de KRW-Verkenner. Deze worden door WQint samengevoegd tot een enkele link, waarbij de flows bij elkaar opgeteld worden.

- Aansturing van WQint verloopt via een ini file. Daarin zijn een aantal opties meegenomen. Onderstaand veld geeft de extra keywords die nodig zijn om WQint op de juiste manier aan te sturen:

```
[Input files]
Timestamp=@delwaq4.inp
```

```
[Couple Options]
InterfaceWFDEplorer=-1
```

```
[InterfaceWFDEplorer]
Period=
NeglectZeroBoundaries=-1
```

2.3.4 Ruimtelijke aggregatie

Het WQint resultaat voor de LSM-schematisatie is door het hoge detailniveau van de LSM-schematisatie niet direct geschikt voor inbouw in het Landelijk KRW-Verkenner Model. Daarvoor is nog een ruimtelijke aggregatie nodig. Hiervoor is een aggregatietool (R-script) ontwikkeld die de nodes van een WQint schematisatie (Delwaq segmenten) aggregereert tot trajecten met een bepaalde maximale lengte en er voor zorgt dat de links qua richting de dominante afvoerrichting volgen. Meer details over dit script zijn te vinden in Bijlage B.

2.3.5 Conversie waterbeweging

Het WQint resultaat voor de 1D-Flow waterbeweging dient nog te worden omgezet naar waterbeweging voor de geaggregeerde schematisatie. Hiervoor is een tool (R-script) ontwikkeld die tevens de positieve debieten op de links omzet in relatieve debieten en de volumes en wateroppervlaktes van de WQint nodes aggregereert tot volumes en oppervlaktes voor de geaggregeerde nodes.

2.3.6. Aanmaak SWU-kaart

Voor de inbouw van de LSM-schematisatie in de LKM-schematisatie is een KRW-Verkenner kaart met de surface water units (SWU's) van de geaggregeerde LSM-schematisatie nodig. Voor het aanmaken van deze kaart is een tool (ArcGIS model) ontwikkeld die de Delwaq segmenten van *Delwaq_1* en *Delwaq_n* shapefiles van een 1D-Flow toepassing omzet in polygonen die de SWU's van de geaggregeerde WQint schematisatie representeren.

2.4 Update Landelijk KRW-Verkenner Model

2.4.1 Inleiding

De update van het LKM betreft de update van de schematisatie en de preprocessing van de LHM, STONE en nu ook de LSM uitvoer.

2.4.2 Update LKM schematisatie

De update van de LKM 1.1 schematisatie naar een schematisatie die aansluit op LHM 3.0.2 en LSM 1.2 betrof de volgende activiteiten:

- Omzetten van de de LHM 3.0.1 LSW-kaart in de nieuwe LKM basins-kaart;
- Aanpassen van de districtsindeling van de nieuwe LKM basins-kaart aan de nieuwe districtsindeling van LHM 3.0.2;

- Update van de LKM 1.1 SWU-kaart voor het MOZART-deel van de LKM schematisatie gegeven de veranderingen in de LHM 3.0.1 t.o.v. de LHM 2.2 LSW-kaart;
- Aanmaak van de LKM-routing voor het MOZART-deel van de LKM-schematisatie o.b.v. de LHM 3.0.2 LSW-routing;
- Conversie van LSM 1.2 schematisatie naar KRW-Verkenner formaat met ruimtelijke aggregatie met maximum aggregatielengte van 5000 m (SWU-, link- en puntbrondefinities);
- Koppelen van het MOZART-deel van de LKM-schematisatie met de geaggregeerde LSM-schematisatie o.b.v. de koppeling van LSM 1.2. met LHM 3.0.2 (via districtswater nodes voor af- en aanvoer en dummy DM nodes; zie Bijlage J);
- Aanmaak van speciale 'buitenland nodes' (SWU's) voor de aanvoer van water via grensoverschrijdende waterlopen van de LSM-schematisatie, met koppeling aan het overige deel van de LKM-schematisatie.
- Aanmaak van speciale buitenland nodes (SWU's) voor de aanvoer van water via grensoverschrijdende waterlopen, zoals geïmplementeerd in LHM 3.0.2 als extra watertoevoer naar de districtswateren van een aantal grensdistricten, met koppeling aan het overige deel van de LKM-schematisatie;
- Aanmaak van de nieuwe LKM SWU-kaart bestaande uit SWU's MOZART-deel schematisatie, LSM nodes, buitenland nodes, districtswater nodes en dummy DM nodes;
- Aanmaak van het nieuwe LKM link bestand met links van het MOZART-deel van de schematisatie, links LSM-deel van de schematisatie, links van de koppeling van het MOZART- en het LSM-deel van de schematisatie en links van koppeling van de buitenland nodes met het MOZART- en het LSM-deel van de schematisatie;
- Aanmaak van het nieuwe LKM bestand met puntbron definities (vooralsnog alleen voor waterlozingen), bestaande uit puntbronnen voor de verwerking van de laterale en boundary debieten uit LSM en de verwerking van de extra watertoevoer naar de districtswateren voor een aantal grensdistricten;
- Aanmaak van diverse 'fixed flow' bestanden in de vorm van tijdsafhankelijke relatieve debieten voor de links van het MOZART-deel van de schematisatie, de koppeling MOZART - LSM en de koppeling van de buitenland nodes.

2.4.3 Update LKM preprocessing

Achtergrondinfo over het preprocessing script is te vinden in Bijlage C. De update van het LKM 1.1 preprocessing script betrof de volgende wijzigingen:

- De functie voor de aanmaak van SWU kaarten (shapefiles) met zomer-, resp. wintergemiddelde watervolumes en oppervlaktes per SWU is verwijderd;
- De verwerking van LHM uitvoerbestand *knoopbalans.csv* (waterbalans Distributiemodel) is verwijderd;
- De speciale behandeling van district-0 LSW's uit de LHM 2.2 LSW-kaart is ongedaan gemaakt (dit betrof LSW's waarvoor in de oude schematisatie niet werd gerekend, zoals Zuid-Limburg);
- Een nieuwe functie voor het bepalen van een langjarig-gemiddeld wateroppervlak en watervolume van een LSW is toegevoegd;
- De berekening van de verdeling van de LSW watervolumes over de basin-node en de SWU's binnen een LSW-afwateringsgebied is aangepast (met gebruik van de langjarig-gemiddelde wateroppervlakten per LSW i.p.v. het kwartaal-specifieke cijfer);
- Nieuwe functionaliteit, die ontbrekende DW_DM flows in de LHM uitvoer toevoegt aan de internal-flows file, is toegevoegd;

- Een nieuwe functie voor de opsplitsing van meerjarige LHM uitvoerbestanden (*lswvalue.out*, *lswwaterbalans.out* en *NwDwExD_DwSim.txt*) in jaarfiles is toegevoegd;
- Controles op consistentie van de invoergegevens, o.a. op (on)volledigheid data voor LSW's, zijn toegevoegd;
- Functionaliteiten voor de verwerking van de tijdsafhankelijke LSM data gegenereerd door de conversietool voor de WQint waterbeweging (internal flows, puntbrondebieten en watervolumes) zijn toegevoegd;
- Functionaliteit voor de verwerking van de fixed-flow bestanden voor de koppeling MOZART - LSM en de koppeling van de buitenland nodes met de rest van de schematisatie is toegevoegd;
- Functionaliteiten voor het bepalen van de buitenlandse-aanvoer debieten op de districtswateren van een aantal grensdistricten en toekennen van deze debieten aan de puntbronnen van de corresponderende buitenland nodes, zijn toegevoegd;
- Functionaliteit voor de verwerking van tijdsafhankelijke watervolumes van LSW's en geaggregeerde nodes van de LSM schematisatie tot invoer voor de KRW-Verkenner is toegevoegd;
- Alle uitvoerfiles worden nu als punt-komma delimited files weggeschreven.

2.5 Update Deltamodel

2.5.1 Inleiding

Update van modules en invoer en uitbreiding van de configuratie van het Deltamodel om nieuwe en aangepaste componenten binnen de FEWS omgeving op te nemen. Het betreft:

- Opnemen van LHM versie 3.0.2;
- Toevoegen extra workflowstap t.b.v. export WQint files;
- Opnemen van KNMI-14 neerslag en verdampingsdata op de OpenDap server bij NMDC-KNMI;
- Aanpassingen LSM 1.2.

2.5.2 Opnemen van LHM versie 3.0.2

In het kader van beheer en onderhoud zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd in de schematisatie en code. De wijzigingen betreffen zowel kleine verbeteringen in de schematisatie als het herstellen van software bugs. Een volledige omschrijving hiervan is opgenomen in de veranderingsrapportage LHM 3.0.2 (Hoogewoud et al, 2014). Als belangrijkste zaken worden genoemd:

- Aanpassen van de modelcode MOZART en de schematisatie van de LSW's ten behoeve van aansluiting van de KRW-verkenner op LHM;
- Enkele aanpassingen in het waterverdelingsnetwerk, op basis van ervaringen in deelprogramma Zoetwater;
- Bug fixes in de modelcode van MetaSWAP en een kleine update van de bodemschematisatie;
- Opnemen van de laatste versie van de modelcode iMODFLOW.

Binnen dit project wordt de nieuw uitgebrachte LHM versie 3.0.2 opgenomen in het Deltamodel. Concreet betekent dit het overbrengen van de nieuwe software en databestanden behorende bij LHM versie 3.0.2 naar de Rekenfaciliteit Deltamodel, en het faciliteren van het draaien van het model binnen de FEWS omgeving.

Dit overbrengen is niet triviaal; het behelst het correct overzetten van vele honderden bestanden en tevens de aansturing via FEWS gelijk stellen met de aansturing van de LHM versie zoals deze op de LHM-testserver is opgeleverd.

2.5.3 Toevoegen extra workflowstap tbv export WQint files

De workflow van WQint is ingebouwd in het Deltamodel als aparte stap (los van de LTM workflow waar ook WQint wordt gebruikt). Deze workflow kan per scenario worden gestart. Door de workflow worden de volgende files gearchiveerd in de export folder in de map DPZW:

- WFDNodes.csv
- WFDNodesData.csv
- WFDLinks.csv
- WFDLinksData.csv
- WFDSources.csv
- WFDSourceData.csv
- Wqinrstp.log
- Wqint.ini

De details van de formats van de eerste zes van de bovengenoemde bestanden zijn te vinden in bijlage D.

2.5.4 KNMI-14 neerslag en verdampingsdata

Deze actie betreft het opnemen van KNMI-14 neerslag en verdampingsdata op de OpenDap server bij NMDC-KNMI. In het Deltamodel zijn de Deltascenario's geïmplementeerd welke voor de hydrologische parameters neerslag, verdamping en temperatuur gebaseerd zijn op de KNMI'06 scenario's (Bruggeman, 2013). Voor de koppeling van het Deltamodel naar waterkwaliteit is een uitbreiding nodig van de datasets op de opendap server importdata Deltamodel. In eerste instantie zijn alleen de reeksen nodig voor de referentiesituatie. Voor volgend jaar wordt een uitbreiding verwacht voor de scenarioreeksen (2050, 2100). Hiervoor is gebruik gemaakt van de nieuwe KNMI scenario's die in 2014 zijn opgeleverd (KNMI, 2014).

KNMI14 schetst vier mogelijke scenario's voor het toekomstige klimaat in Nederland voor verdamping en neerslag in 2050 en 2100. De KNMI14 scenario's zijn gebaseerd op de laatste wetenschappelijke inzichten. De scenario's wijken logischerwijs dan ook af van de in 2006 gepubliceerde KNMI06 scenario's. Gelijktijdig met deze scenario's zijn echter ook nieuw geïnterpoleerde neerslag en verdampingsgrids voor de referentiesituatie beschikbaar gekomen. Temperatuurgegevens voor de KNMI14 scenario's zijn nog niet beschikbaar. Daarom zijn de temperatuurgegevens niet veranderd en dus nog gebaseerd op KNMI06 en zijn beschikbaar voor de oude referentieperiode 1961 - 1995.

De periode waarvoor beide referentiesituaties (KNMI06 en KNMI14) beschikbaar zijn verschilt en kent een overlap. KNMI06 is beschikbaar voor 1961 – 1995, KNMI14 voor 1981 – 2010, ze overlappen dus voor de periode 1981 – 1995. Binnen het project Deltamodel is ervoor gekozen om de referentieperiode van KNMI06 en KNMI14 aan elkaar te koppelen, zodat één lange reeks ontstaat. Voor de overlap-periode is in overleg met DP Zoetwater gekozen de KNMI14 referentiesituatie te gebruiken. De verschillen tussen beide datasets in de overlap-periode zijn in een memo beschreven.

De twee reeksen kennen verschillende roosters. De KNMI'06 reeksen zijn daarom in een aparte map van de KNMI'14 gezet om geïmporteerd te kunnen worden in het Deltamodel. Hiermee blijven de reeksen die voor het Deltaprogramma gebruikt zijn behouden en kan indien nodig de berekening met oude reeksen gedaan worden. Dit vraagt wel een aanpassing in de configuratie van het Deltamodel.

De volgende structuur is aangehouden:

Release 3/KNMI_06

Release 3/KNMI_14

KNMI'06 bevat de volgende tijdreeksen:

- Neerslag 1-1-1960 t/m 31-12-1979 map release 1
- Temperatuur 1-1-1960 t/m 31-12-1979 map release 1
- Verdampingsreeksen 1-1-1960 t/m 31-12-1979 map release 2

KNMI'14 bevat de volgende tijdreeksen:

- Neerslag 1-1-1980 t/m 31-12-2009
- Verdamping 1-1-1980 t/m 31-12-2009

De wijzigingen zijn doorgevoerd op:

<http://opendap-dm2.knmi.nl:8080/thredds/catalog/deltamodel/restricted/>

2.5.5 Aanpassingen LSM 1.2

Om binnen het Deltamodel gebruik te kunnen maken van de nieuwe KNMI-'14 reeksen¹ is uitbreiding nodig in de invoer tabellen van het Landelijk Sobek Model. Hierbij kon tegelijkertijd de verbetering van de getijrandvoorwaarden gerealiseerd worden die geconstateerd is bij de validatie van LSM-Light ten behoeve van het project VONK (Wesselius, 2014). Gekozen is om de zeerandvoorwaarden voor LSM en LSM-Light zo mogelijk compleet en correct te maken, voor de gehele periode tussen 1961 tot 2013 (Gao, 2013 en Bijlage B).

De aanpassingen zijn doorgevoerd in zowel het grote LSM-model als LSM-Light (beide krijgen hetzelfde versie nummer 1.2) en worden meegenomen in dezelfde release om de consistentie te behouden binnen het Deltamodel. De wijzigingen in beide modellen zijn beschreven in de achtergronddocumentatie LSM (Prinsen, maart 2013 en Prinsen, augustus 2013). Verschillen in naamgeving van rekenpunt locaties die reeds bestonden in de voorgaande versie kon in deze stap uiteindelijk niet worden gerealiseerd.

Door de splitsing van districten komt het voor dat niet elk lozingspunt van een district vanuit LHM 3.0.2 op een aparte lateral in SOBEK gekoppeld kan worden. Het gaat uiteindelijk om een beperkt aantal punten in de Achterhoek en Twente.

Voor deze punten zouden idealiter laterals toegevoegd moeten worden om te voldoen aan het principe dat elke lozing uitkomt op een aparte lateral. Dat zal betekenen dat er ook op Delwaq niveau een paar lateralen bijkomen en we dus met een gewijzigde LSM-Delwaq schematisatie te maken krijgen. Deze situatie is vergelijkbaar met de oude situatie, waarbij binnen een district meerdere lozingen op dezelfde lateral samengevoegd werden.

¹ In deze eerste stap is alleen de functionaliteit geïmplementeerd om gebruik te kunnen maken van deze reeksen voor de referentiesituatie (huidige klimatologische omstandigheden)

Het uitgangspunt was om LSM alleen aan te passen op de randvoorwaarden en tabellen om berekeningen tot 2010 mogelijk te maken binnen het Deltamodel. Gegeven het krappe tijdpad is ervoor gekozen om in deze stap de uitbreiding van de laterals nog niet door te voeren.

De aanpassing van laterals heeft wel gevolgen voor de LKM-schematisatie (met name voor de koppeling met de KRW-waterlichamen) en de koppeling naar LTM. Met de nieuwe indeling van districten en de routing in LHM die een stuk uitgebreider is maken we al een flinke stap vooruit in de richting van een meer realistische waterbeweging voor LHM-KRW.

De aansluiting van het LKM op het LSM loopt via de omzetting van de LSM-schematisatie en waterbeweging naar een KRW-Verkenner schematisatie en randvoorwaarden voor een KRW-Verkenner waterbeweging. Hierbij vindt zowel een ruimtelijke als een temporele aggregatie plaats. De KRW-Verkenner variant van de LSM-schematisatie kent minder detail dan de originele Sobek schematisatie en de tijdstap voor de waterbeweging is terug gebracht tot een kwartaal. Voor deze omzettingen wordt gebruik gemaakt van enkele generieke tools die een Sobek 1D-Flow schematisatie en waterbeweging omzetten in een (geaggregeerde) KRW-Verkenner schematisatie en een set aan (geaggregeerde) randvoorwaarden voor een KRW-Verkenner waterbeweging (zie Bijlage 1).

De KRW-Verkenner variant van de LSM-schematisatie is vervolgens gecombineerd met het MOZART-deel van de LKM-schematisatie (inclusief districtswateren), nadat dit deel geüpgraded is van LHM 2.2 naar LHM 3.0.2.

De KRW-Verkenner variant van de LSM-waterbeweging, samen met de nieuwe LKM-schematisatie, is vervolgens invoer voor het preprocessing script dat de MOZART waterbeweging (inclusief de uitwisseling van water met DM) en de LSM waterbeweging combineert tot een set aan randvoorwaarden voor de LKM waterbeweging.

Wat betreft de LSM-waterbeweging krijgt het preprocessing script hierbij te maken met volgende bestanden als invoer:

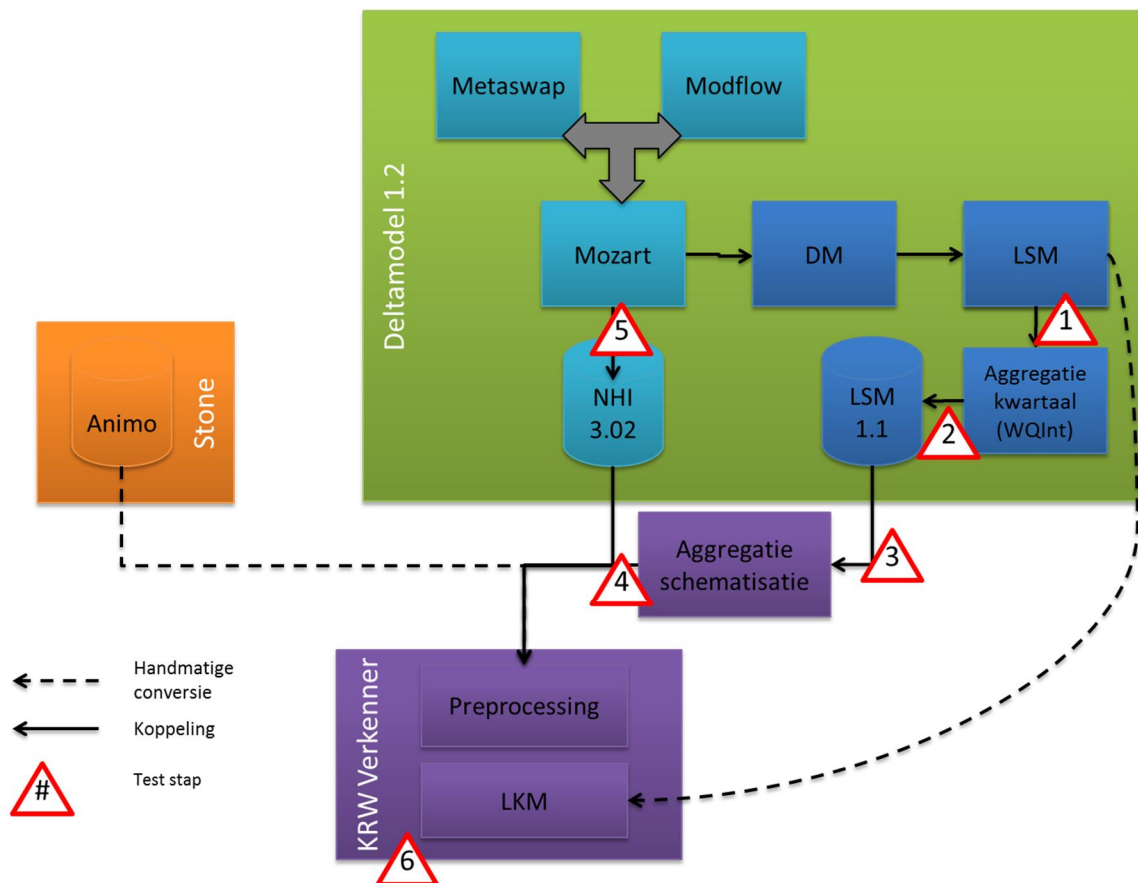
- *LSMSourceData.csv*
Bestand met de LSM lateral en boundary debieten (inclusief buitenlandse aanvoer), omgezet naar KRW-Verkenner waterremissies voor de KRW-Verkenner puntbronnen.
- *LSMLinkData.csv*
Bestand met de LSM netwerk-debieten, omgezet in kwartaal-gemiddelde stromingsdebieten tussen de SWU's van de KRW-Verkenner LSM-schematisatie.
- *LSMNodeData.csv*
Bestand met LSM-Delwaq watervolumes, omgezet naar kwartaal-gemiddelde watervolumes en wateroppervlaktes van de SWU's van de KRW-Verkenner LSM-schematisatie (formaat conform de nieuwe versie van de KRW-Verkenner, waarbinnen dit type invoerbestand wordt geïntroduceerd).

Hierbij is het preprocessing script o.a. verantwoordelijk voor het omzetten van de laterale LSM debieten in debieten die uitwisseling van water met de MOZART districten representeren volgens de links van de LKM-schematisatie, en het combineren van de internal flows van het LSM-deel van de LKM-schematisatie met de internal flows van het MOZART-deel van de LKM-schematisatie (inclusief districtswateren). Hierbij is uitgegaan van een LKM-schematisatie met de DM-nodes, die water uitwisselen met de districten, als virtuele nodes. Deze 'dummy' DM-nodes zijn hierbij gekoppeld aan de SWU's van het LSM-deel van de LKM-schematisatie conform de links en fracties uit het bestand dat LSM 1.2 koppelt aan de MOZART districten van LHM 3.0.2 (*DMMZTOSOBEKID_obese.txt*).

3 Testprocedures

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de testprocedure van de koppeling van DM en KRW-Verkenner. Bij deze koppeling wordt het Landelijk Sobek Model geconverteerd naar een KRW-Verkenner schematisatie. De testprocedure is opgesplitst in een aantal stappen (zie Figuur 3.1). Bij iedere stap horen een aantal functionele testen. De stappen 1 t/m 5 zijn functionele testen, stap 6 is een integratietest.



Figuur 3.1 Overzicht testprocedures in workflow van koppelingsprocedure. De nummers in de driehoekjes geven de verschillende testen weer.

De volgende 6 stappen zijn functioneel getest:

- Stap 1: Inbouw LSM: dit is een test op geschiktheid van LSM om een Delwaq schematisatie aan te maken.
- Stap 2: Tijdsaggregatie in WQInt: dit betreft een test op de uitvoer na de aggregatie in kwartalen.
- Stap 3: Uitvoer KRW-Verkenner resultaten: betreft het testen van de uitvoer van het DM FEWS export waarin de KRW-Verkenner schematisatie wordt aangeleverd.
- Stap 4: Ruimtelijke aggregatie: dit is een test na aggregatie van de KRW-Verkenner schematisatie uit LSM en voor de integratie met LHM / Mozart uitvoer.

- Stap 5: Inbouwen LHM in Deltamodel.
- Stap 6: Test na integratie van het landelijke en regionale deel van de KRW-Verkenner schematisatie.

Bij stap 6 worden de afvoeren vanuit het model op 14 locaties vergeleken met het LSM resultaat. Hiermee wordt getest of de waterbalans volledig en correct geconverteerd wordt. De locaties waarop wordt getest zijn weergegeven in onderstaande Figuur 3.2 en Tabel 3.1.



Figuur 3.2 Meetlocaties voor integratietest.

Tabel 3.1 Resultaten stap 1: Locaties voor het testen van de afvoer uit LSM

Locatie	Test
Lobith	Instroom debiet
PannerdensKanaal	Verdeling Rijn, Waal, IJssel
Waal	Verdeling Rijn, Waal, IJssel
Kornwerderzand	Uitstroom locatie
Nieuwe Waterweg	Uitstroom locatie, zowel positief als negatief debiet
Den Oever	Uitstroom locatie
Haringvliet	Uitstroom locatie
Eijsden	Instroom debiet
Haarlemmerringvaart	Check op een regionaal water
IJssel	Check debiet
Amstel - Uithoorn	Check op een regionaal water
ARK- Wijk bij Duurstede	Check op een regionaal water
Noordzeekanaal	Uitstroom locatie
Zijkanaal - Twentekanaal	Check op een regionaal water

De vergelijking van de testresultaten wordt bij een aantal stappen uitgevoerd:

- Na stap 2 kunnen de debieten na aggregatie vergeleken worden met de Sobek resultaten. De seizoensgemiddelde debieten moeten overeenkomen.
- Na stap 4 kan de geaggregeerde schematisatie vergeleken worden met de ongeaggregeerde en de referentie Sobek debieten.
- Na stap 5 kunnen de resultaten van de KRW-Verkenner worden vergeleken met de oorspronkelijke debieten na integratie van het landelijke deel (LSM) en het regionale deel (LHM).

De vergelijking op deze debieten is van groot belang om de werking van de scripts te testen en komt op een aantal plaatsen terug. Daarom is een aparte paragraaf gewijd aan de vergelijking van de afvoeren op de meetlocaties.

In paragraaf 3.3 t/m 3.9 zijn de stappen 1 t/m 6 beschreven, waarbij zowel het doel van de test, een korte beschrijving van de test als de testresultaten worden gegeven. Voor detailinformatie wordt in een aantal gevallen verwezen naar de betreffende bijlagen (B, F, G en H). In paragraaf 3.2 wordt een toelichting gegeven op het onderscheid van absolute en relatieve debieten in de KRW-Verkenner en het ontbreken van waterberging in de KRW-Verkenner.

3.2 Toelichting absoluut en relatief rekenen in de KRW-Verkenner

Absolute versus relatieve debieten

In de KRW-Verkenner kun je de afvoeren hard opdrukken (absolute waarde) of laten berekenen (relatief). De absolute waarde zorgt ervoor dat er exact die hoeveelheid water over een link stroomt.

Daarnaast hebben we de mogelijkheid om relatieve waarden door te geven. De uitstroom wordt dan uitgedrukt in een % van het wateroverschot op een node.

Sluit de waterbalans?

De Verkenner creëert altijd een sluitende waterbalans. Tijdens het oplossen van de balans worden aan alle nodes een vrijheidsgraad toegevoegd als deze niet aanwezig is. Dit is rekenkundig nodig om de balans op te kunnen lossen. Na het oplossen worden alle vrijheden opgeheven die gelijk aan nul zijn.

In het geval van een balans die volledig met absolute waarden wordt doorgegeven krijg je een merkwaardig fenomeen. Als er nergens in het model bergingsverandering is, dan zullen overal de inkomende debieten gelijk zijn aan de uitgaande debieten.

Dit is in LSM niet het geval. Over een periode van een kwartaal zullen de waterstanden wel iets veranderen. Dit resulteert in een waterschijf die mogelijk extra wordt afgevoerd of juist uit de berging komt. De KRW-Verkenner voegt deze schijf water dus toe als de balans niet sluit en maakt hem op deze manier weer sluitend. De vrijheidsgraad per node wordt hiervoor gebruikt. Het gaat in de praktijk om relatief kleine beetjes water, waarbij het IJsselmeer wel de meest extreme voorbeeld is.

Bij een dalende waterstand wordt extra water toegevoegd om toch aan de hogere afvoeren te kunnen voldoen. En bij een stijgende waterstand wordt extra water "over de rand" gegoid.

Hoe pakt dit dan uit als er relatief gerekend wordt?

De vrijheidsgraad zit in de uitgaande debieten. Deze worden als een verhouding opgedrukt. Het uitstromende debiet is daarmee afhankelijk van het instromende water. Er wordt dus geen extra water onttrokken of aangevoerd. Bergingsveranderingen worden hiermee weggepoetst.

Waarom relatief rekenen?

Er zijn twee redenen voor:

1. De KRW-Verkenner kan niet omgaan met berging (of peilfluctuaties). Door middel van relatieve debieten zorg je ervoor dat de balans weer sluit zonder extra water toe te voegen of weg te halen. Er zijn wensen om de KRW-Verkenner dynamisch te maken en berging op een correcte manier mee te nemen. Budget voor deze actie is momenteel niet beschikbaar.
2. De schematisatie van de het LKM (Landelijk KRW-Verkenner model) bestaat uit 2 hydrologische componenten, namelijk LSM en Mozart. Beide worden in elkaar geschoven door middel van de DM LSM koppeling. De kans dat deze exact past is erg klein. Door te rekenen met relatieve debieten wordt de fout verkleind daar waar de modellen gekoppeld zijn. Voorwaarde is wel dat er getoetst wordt op de uiteindelijke debieten. Dat hebben we afgevangen door integratietest IT 3 en IT4 in te voeren en op 14 locaties de afvoeren te bekijken.

Integratietesten: wanneer absoluut en wanneer relatief?

Integratietest 1 en 2 maken gebruik van absolute debieten. Daar importeren we rechtstreeks het resultaat van WQint in de Verkenner. Sluit de balans niet, dan wordt er extra water aangevoerd of afgevoerd. Dit extra water zie je niet terug in de fluxen op de 14 meetlocaties. De debieten moeten dan ook exact overeenkomen op deze locaties. En dat doen ze ook, op enkele afrondingsverschillen na.

Integratietest 3 en 4 maken gebruik van relatieve debieten. Daar gaan de debieten afwijken. Dat zien we ook terug in de resultaten.

3.3 Stap 1: Inbouw LSM

Doel

Het LSM moet geschikt zijn voor het genereren van een KRW-Verkenner schematisatie. Dat vereist een aantal instellingen en extra bestanden die noodzakelijk zijn. Daarnaast is uitgebreid getest of het LSM goed is ingebouwd in het Deltamodel. Deze informatie is in Bijlage B opgenomen.

Testen

De belangrijkste zaken om te checken zijn:

1. Ntrdlwq.poi file is aanwezig en gevuld.
Dit bestand bevat de informatie die nog is om een waterkwaliteits schematisatie aan te maken op basis van het hydrodynamische netwerk van Sobek. Dit bestand wordt in de volgende stap gebruikt om de KRW-Verkenner schematisatie aan te maken.
2. Bijzondere instellingen Delwaq Netwerk aanmaken.
Bij het aanmaken van het waterkwaliteitsnetwerk is een aantal opties gebruikt:
 - Delwaq segments op het fijnste niveau, combine compoundgrid = enabled.
 - Delwaq segments op Connection nodes. Dit vereist een aanpassing in de file ntrpluv.ini. Nodes van het type 12 FLOW - Connection Node moet het keyword Allow Delwaq=-1 gezet worden. Tevens geldt deze instelling voor node type 35 Flow-RR Connection on Flow Connection Node.

Testresultaat

De onderstaande testen zijn met goed gevolg uitgevoerd.

Tabel 3.2 Testresultaten stap 1.

Nr.	Testen	Resultaat
1	NTRDLWQ2.poi	File is aanwezig, bevat de juiste hoeveelheid segmenten
2	Delwaq segmenten op connection nodes	Zijn aanwezig

3.4 Stap 2: Tijdsaggregatie in WQint

Doel

Het doel van deze stap is om de 1D Sobek Flow schematisatie om te zetten naar een complete, direct in te lezen KRW-Verkenner schematisatie. De Sobek waterbalans wordt hierbij geaggregeerd. Het resultaat is nog niet geschikt voor het de Landelijk KRW-Verkenner schematisatie. Hiervoor moeten nog een ruimtelijke aggregatie en een integratie plaatsvinden met het regionale deel (Mozart) van het LHM.

Na het draaien van het koppelingsprogramma worden 6 bestanden weggeschreven. De bestanden worden aan een aantal tests onderworpen. Tot slot vindt een integratietest plaats.

Testen

De test van de WQint functionaliteit bestaat uit vier onderdelen:

1. Configuratie: Testen om de configuratie mogelijkheden van WQInt te testen. Denk hierbij aan het eenvoudig opgeven van aggregatieperiode, output opties, etc.

2. Format: Check de files op basis van het afgesproken format en of het bestand ingelezen kan worden.
3. Aantal: Testen op het te verwachten aantal records in de bestanden.

Inhoud: Testen op een aantal specifieke locaties in het model, waarbij naar het resultaat van de tijdsaggregatie gekeken wordt. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 3.3.

De functionele testen zijn uitgevoerd op een stand-alone versie van LSM 1.2 (d.d. 8 oktober 2014) op het 4^e kwartaal van 1998. Hierbij is de WQint versie 2.3.2.0 d.d. 23 juli 2014 gebruikt.

Testresultaat

In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven. Uitgebreide testbeschrijvingen zijn terug te vinden in bijlage C.

Tabel 3.3 Testresultaten stap 2.

Nr.	Testen	Resultaat
1	Configuratie	Via de ii file is de tijdsaggregatie in te stellen. Tevens het negeren van 0 debieten is mogelijk.
2	Format	Het format van de files is correct, bevat de juiste headers en is direct in te lezen in de KRW-Verkenner
3	Aantal	WQint schrijft de juiste hoeveelheid nodes, uitwisselingen en lozingen weg
4	Inhoud	De resultaten van de KRW-Verkenner komen over een met de kwartaal gemiddelde Sobek uitvoer op alle locaties.

3.5 Stap 3: Uitvoer KRW-Verkenner resultaten

Doel

Het doel van deze stap is om de export van KRW-Verkenner bestanden te testen, die door WQint gegenereerd worden.

De export workflow van FEWS-DM moet 7 bestanden bevatten. Dit zijn:

- WFDnodes.csv
- WFDNodeData.csv
- WFDLinks.csv
- WFDlinksData.csv
- WFDSources.csv
- WFDSourcesData.csv
- WFDexplorer.tim

Testen

De test bestaat uit een tweetal onderdelen:

1. Check op het aanwezig zijn van deze 7 bestanden.
2. Test of de bestanden in te lezen zijn in de KRW-Verkenner.

Testresultaat

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de uitgevoerde testen weergegeven.

Tabel 3.4 Testresultaten stap 3.

Nr.	Testen	Resultaat
1	Aanwezigheid files	Alle 7 de bestanden zijn aanwezig voor de KRW-Verkenner
2	Bestanden in te lezen door KRW-Verkenner	Alle bestanden zijn in te lezen in de Interface van de KRW-Verkenner. Vervolgens kan de KRW-Verkenner er ook mee rekenen.

3.6 Stap 4: Ruimtelijke aggregatieDoel

Tijdens deze stap wordt de ruimtelijke schematisatie van de KRW-Verkenner geaggregeerd en in de positieve stroomrichting (afvoer) geprojecteerd. Dit wordt op een aantal aspecten getest.

Testen

Deze test bestaat uit 5 onderdelen:

1. Stroomrichtingen.
2. Volumens geaggregeerde nodes.
3. Lozingslocaties.
4. Vergelijking van het resultaat op meetlocaties - absoluut.
5. Vergelijking van het resultaat op meetlocaties – relatief.

Testresultaten

Op basis van LSM 1.2 2 d.d. 8 oktober zijn de volgende testresultaten behaald.

Tabel 3.5 Testresultaten stap 4.

Nr.	Testen	Resultaat
1	Stroomrichting	Visuele inspectie geeft aan dat de omkering waar nodig goed is uitgevoerd.
2	Aggregatie van volumes	Het format van de files is correct, bevat de juiste headers en is direct in te lezen in de KRW-Verkenner
3	Aggregatie lozings	WQint schrijft de juiste hoeveelheid nodes, uitwisselingen en lozings weg
4	Resultaten op meetlocaties (absoluut)	De resultaten van de KRW-Verkenner komen over een met de kwartaal gemiddelde Sobek uitvoer op alle locaties.
5	Resultaten op meetlocaties (relatief)	Afwijkingen zijn waar te nemen op locaties waar grote bergingsveranderingen optreden. Afwijkingen zijn verklaarbaar

3.7 Stap 5: Inbouwen van LHM in Deltamodel

Doel

Overbrengen van nieuwe modules is niet triviaal. Voor LHM behelst dit het correct overzetten van vele honderden bestanden en tevens de aansturing via FEWS exact gelijkrekken met de aansturing van LHM stand-alone. Het is dan ook cruciaal dat de correcte overzetting van LHM 3.0.2 goed getest wordt. Voor LSM zijn dit minder bestanden, maar is het doel van testen vergelijkbaar.

In terminologie van model-evaluatie spreken we hier over verificatie: het zeker weten dat het model correct is geïnstalleerd op een computer, draait en de verwachte uitkomsten geeft (Van Waveren et al, 1999). Het betreft hier geen inhoudelijke validatie van de uitkomsten van LHM 3.0.2, hierover is bij oplevering van LHM 3.0.2 al uitvoerig gerapporteerd (Kroon et al, 2014).

Testen

De tests vergelijken de berekeningsresultaten van het Deltamodel met de opgeleverde LHM versie 3.0.2, beschikbaar op de LHM server. Er is gekozen parameters te vergelijken die een integrator zijn van het LHM model, en daarmee het instrumentarium over de volledige breedte toetsen. Zo toetsen testen 1 en 2 het Modflow gedeelte, test 3 MetaSwap, test 4 en 5 Mozart, test 6 zout in LHM, en test 7 tenslotte DM. Ook wordt het model zowel voor droge als natte omstandigheden geverifieerd. De volgende testen zijn uitgevoerd:

1. LG3 (gemiddelde van laagste 3 grondwaterstanden op 14^e en 28^e van de maand) in het 1/10 droog jaar 2003.
2. HG3 (idem, maar hoogste 3) in het natte jaar 1998.
3. Verdampingsreductie (potentiële minus actuele gewasverdamping) op 1 september 2003, wanneer deze naar verwachting maximaal is.
4. Watervraag peilbeheer per LSW in 1^e decade september 2003 (DEM_WMTOTAL), wanneer deze naar verwachting maximaal is.
5. Drainage per LSW in 2^e decade september 1998 (DRAINAGE_SH), wanneer deze naar verwachting maximaal is.
6. Zoutvracht per LSW in 2^e decade september 1998 (TO_DW), wanneer deze naar verwachting maximaal is (grootste zoutvracht tijdens afvoerpieken).
7. Tijdsverloop afvoeren / aanvoeren DM op vijf locaties (Inlaat Friesland, doorvoer Groningen, Inlaat Kromme Rijn en Afvoer Dieze) in 2003.

Testresultaten

LHM 3.0.2 is succesvol opgenomen in het Deltamodel. Gesignaleerde verschillen zijn verklaarbaar vanuit verschillen in meteorologie tussen LHM 3.0.2 en het Deltamodel. De gedetailleerde bevindingen per test zijn uitgebreid beschreven in Bijlage F.

3.8 Stap 6: integratie test

Doel

Verifiëren of de uitkomsten van Sobek en KRW-Verkenner gedurende verschillende stappen nog overeen komen.

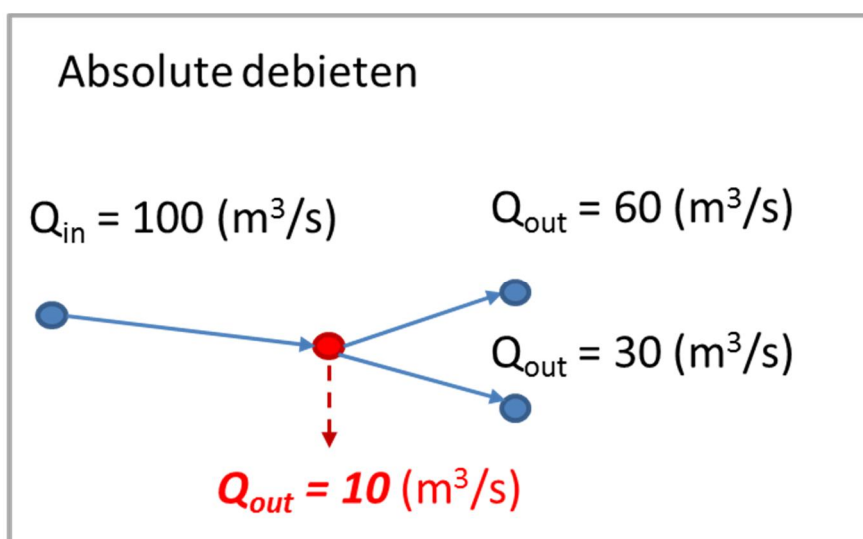
Testen

De resultaten van het LKM worden op een aantal momenten vergeleken met de afvoeren van het LSM 1.2 model. In totaal wordt er op 4 momenten gekeken naar de uitvoer van de LKM schematisatie:

Tabel 3.6 Integratie teststappen

Test	Stap	Omschrijving	Verwachting
IT1	2: WQint	Rechtstreeks uit WQint, ruimtelijk 1 op 1 met LSM 1.2	Exacte resultaten
IT2	4: Aggregatie	Ruimtelijke aggregatie LSM	Exacte resultaten
IT3	4: Aggregatie	Ruimtelijke aggregatie LSM, relatieve afvoeren	Afwijkingen in resultaat. Veroorzaakt door andere afhandeling waterbalans in KRW-Verkenner
IT4	6: Pre-processing LKM	Gekoppelde geaggregeerde LSM en Mozart schematisatie, relatieve afvoeren	Afwijkingen in resultaat. Veroorzaakt door andere afhandeling waterbalans in KRW-Verkenner

De integratie testen 1 en 2 moeten een exacte overeenkomst vertonen met het resultaat uit LSM. In Figuur 3.3 wordt schematisch een voorbeeld uitgewerkt. De node in het midden ontvangt $100 \text{ m}^3/\text{s}$ van de bovenstroomse node. Totale uitstroom is gelijk aan $90 \text{ m}^3/\text{s}$. Er wordt dus $10 \text{ m}^3/\text{s}$ geborgen in de vorm van een stijgende waterstand.

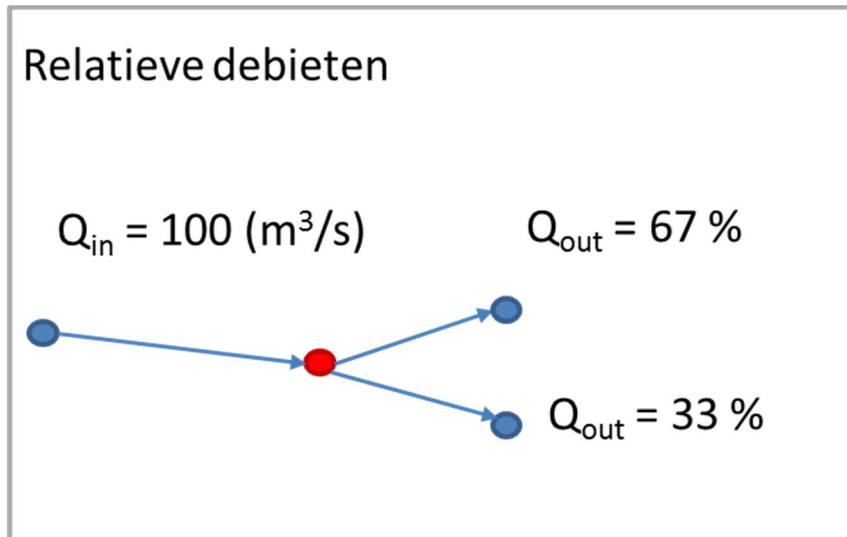


Figuur 3.3 KRW- Verkenner resultaat bij absolute debieten.

De Verkenner krijgt in dit geval de absolute debieten op de links opgedrukt. Er zit geen vrijheidsgraad in de uitstromende debieten naar andere nodes.

En aangezien de KRW-Verkenner van een steady state solver gebruik maakt, zal de balans sluitend gemaakt worden door een onttrekking toe te voegen van $10 \text{ m}^3/\text{s}$, aangegeven in Figuur 3.3 door de rode pijl.

Bij de testen 3 en 4 worden de afvoeren in de KRW-Verkenner schematisatie op een andere manier afgehandeld. De afvoer wordt als percentage van het uitstromende debiet ingesteld. Figuur 3.4 geeft deze situatie weer. De uitgaande debieten zijn nu vervangen door de verhouding van de absolute uitstromingen; in dit geval 67% en 33%.



Figuur 3.4 KRW-Verkenner resultaat bij relatieve debieten.

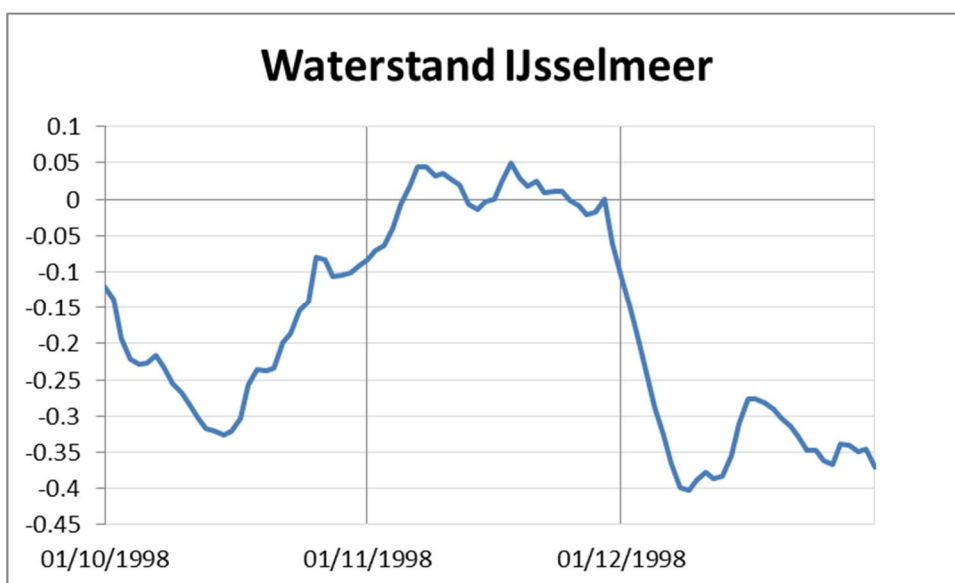
Tijdens de berekening van de Verkenner is er nu wel een vrijheidsgraad op de uitstromende debieten. Er zal nu $67 \text{ m}^3\text{/s}$ en $33 \text{ m}^3\text{/s}$ over beide links stromen. De berging van de node wordt hiermee wel genegeerd, wat een punt van verbetering is voor de Verkenner. Hierdoor zal het resultaat na het relatief maken van de afvoeren dus gaan afwijken van het resultaat van het LSM model.

Waar zullen de verschillen het grootst zijn?

Op locaties waar de waterstand aan het begin van een kwartaal sterk afwijkt van de waterstand aan het eind van een kwartaal zullen de afwijkingen aanwezig zijn. Een mooi voorbeeld is bijvoorbeeld het IJsselmeer (Figuur 3.5). Daar neemt in het vierde kwartaal de waterstand af van -0.12 m NAP naar -0.37 m NAP , dus 25 cm .

In LSM zal dus in deze periode een *hogere* afvoer terug te zien zijn dan in de KRW-Verkenner; er moet immers een waterschijf van 25 cm worden afgevoerd bovenop de inkomende debieten (IJssel, lokale lozingen, etc.). De integratie test wordt uitgevoerd door middel van een R script. Bijlage G geeft een uitgebreide beschrijving van dit script. De uitvoering van de integratie testen gaat als volgt:

- Haal de Sobek resultaten op. Converteer deze naar een tekstbestand.
- Voor iedere stap: Importeer de KRW-Verkenner bestanden in de KRW-Verkenner User Interface.
- Reken een periode (bijvoorbeeld kwartaal 4 voor 1998) door. Bewaar de onderliggende resultaat files van de KRW-Verkenner
- Draai het R script om de resultaten per stap te vergelijken met de Sobek uitvoer.



Figuur 3.5 Waterstand in het IJsselmeer, LSM 4^e kwartaal 1998 (op de y-as weergegeven het peil in m).

Testresultaten

De integratie test is uitgevoerd op basis van uitvoer van LHM 3.0.2 en LSM 1.2 gedraaid op de Test omgeving en laat zien dat de workflow goed doorlopen wordt.

Resultaat na stap 2: WQint

Een uitgebreide beschrijving van de testen en de resultaten is opgenomen in Bijlage H. Hieronder is in Tabel 3.7 het resultaat na WQint weergegeven en vergeleken met de debieten in Sobek. De kolom IT1 bevat het verschil tussen WQint en Sobek uitgedrukt in een percentage. Dit verschil is nagenoeg 0 voor alle locaties.

Tabel 3.7 Resultaat na stap 2: WQint.

Meetlocatie	WFD_link	0. LSM Debiet (m3/s)	1. WQint Debiet (m3/s)	IT1 (diff %)
Lobith	L296	3444.00	3444.00	0.0%
Waal	L294	2335.00	2335.00	0.0%
PannerdensKanaal	L1532	1109.00	1109.00	0.0%
IJssel	L634	405.30	405.30	0.0%
Eijsden	L253	470.50	470.50	0.0%
Den Oever	L3544	670.20	670.20	0.0%
Kornwerderzand	L3540	424.10	424.09	0.0%
Nieuwe Waterweg	L2	1999.00	1998.52	0.0%
Haringvliet	L2763	1643.00	1643.00	0.0%
Zijkanaal - Twentekanaal	L3493	-0.41	-0.41	0.0%
Noordzeekanaal	L9037	123.60	123.60	0.0%
Amstel - Uithoorn	L8018	1.18	1.18	0.0%
Haarlemmerringvaart	L7018	-11.03	-11.04	0.1%
ARK- Wijk bij Duurstede	L2712	12.47	12.47	0.0%

Resultaten na stap 4: Aggregatie - Absoluut

Een uitgebreide beschrijving van de testen en de resultaten is opgenomen in Bijlage I. In de volgende tabel (Tabel 3.8) is de ruimtelijke aggregatie uitgevoerd. De debieten zijn nog wel als absolute waarden beschikbaar. De kolom IT2 bevat het verschil tussen de uitvoer van de KRW-Verkenner en het Sobek debiet. Ook deze zijn te verwaarlozen. De kleine afwijkingen (orde 0.1 %) worden veroorzaakt door afrondingsverschillen.

Tabel 3.8 Resultaat na stap 4: Ruimtelijke aggregatie, absolute debieten.

Meetlocatie	WFD_link	0. LSM Debiet (m3/s)	2. Aggr. Abs. Debiet (m3/s)	IT2 (diff %)
Lobith	L296	3444.00	3444.00	0.0%
Waal	L294	2335.00	2335.00	0.0%
PannerdensKanaal	L1532	1109.00	1109.00	0.0%
IJssel	L634	405.30	405.30	0.0%
Eijsden	L253	470.50	470.50	0.0%
Den Oever	L3544	670.20	670.20	0.0%
Kornwerderzand	L3540	424.10	424.09	0.0%
Nieuwe Waterweg	L2	1999.00	1998.52	0.0%
Haringvliet	L2763	1643.00	1643.00	0.0%
Zijkanaal - Twentekanaal	L3493	-0.41	-0.41	0.0%
Noordzeekanaal	L9037	123.60	123.60	0.0%
Amstel - Uithoorn	L8018	1.18	1.18	0.0%
Haarlemmerringvaart	L7018	-11.03	-11.04	0.1%
ARK- Wijk bij Duurstede	L2712	12.47	12.47	0.0%

Resultaten na stap 4: Aggregatie - Relatief

Tabel 3.9 Resultaat na stap 4: Aggregatie, relatieve debieten.

Meetlocatie	WFD_link	0. LSM Debiet (m3/s)	3. Agg. Rel. Debiet (m3/s)	IT3 (diff %)
Lobith	L296	3444.00	3445.00	0.0%
Waal	L294	2335.00	2335.00	0.0%
PannerdensKanaal	L1532	1109.00	1109.00	0.0%
IJssel	L634	405.30	406.50	0.3%
Eijsden	L253	470.50	470.70	0.0%
Den Oever	L3544	670.20	634.30	5.4%
Kornwerderzand	L3540	424.10	399.79	5.7%
Nieuwe Waterweg	L2	1999.00	2015.52	0.8%
Haringvliet	L2763	1643.00	1673.00	1.8%
Zijkanaal - Twentekanaal	L3493	-0.41	-0.42	0.9%
Noordzeekanaal	L9037	123.60	121.00	2.1%
Amstel - Uithoorn	L8018	1.18	1.18	0.1%
Haarlemmerringvaart	L7018	-11.03	-11.11	0.7%
ARK- Wijk bij Duurstede	L2712	12.47	12.49	0.2%

Het resultaat van de KRW-Verkenner gaat, zoals verwacht, afwijken van het LSM resultaat op het moment dat er gebruikt wordt gemaakt van relatieve afvoeren. Zoals eerder beschreven zijn de verschillen het grootst op de locaties waar berging een rol speelt (IJsselmeer, Haringvliet). De grootste verschillen zijn terug te vinden op het IJsselmeer, zie Tabel 3.9.

Resultaten na stap 6: Pre-processing LKM

In deze stap wordt het regionale deel van de LKM schematisatie (Mozart) gekoppeld aan het landelijke deel van de LKM schematisatie (LSM). In deze stappen zullen de afwijkingen weer iets anders zijn. Op hoofdlijnen moeten de afvoeren overeenkomen (zie Tabel 3.10).

Tabel 3.10 Resultaten na stap 6: Preprocessing LKM.

Meetlocatie	WFD_link	0. LSM	4. LKM	IT4 (dif%)
Lobith	L296	3444.00	3445.00	0.0%
Waal	L294	2335.00	2335.00	0.0%
PannerdensKanaal	L1532	1109.00	1109.00	0.0%
IJssel	L634	405.30	411.90	1.6%
Eijsden	L253	470.50	470.70	0.0%
Den Oever	L3544	670.20	649.50	3.1%
Kornwerderzand	L3540	424.10	408.39	3.7%
Nieuwe Waterweg	L2	1999.00	2014.52	0.8%
Haringvliet	L2763	1643.00	1673.00	1.8%
Zijkanaal - Twentekanaal	L3493	-0.41	-0.41	0.6%
Noordzeekanaal	L9037	123.60	119.00	3.7%
Amstel - Uithoorn	L8018	1.18	1.13	4.2%
Haarlemmerringvaart	L7018	-11.03	-10.85	1.7%
ARK- Wijk bij Duurstede	L2712	12.47	12.49	0.2%

De verschillen zijn wederom het grootst bij de locaties waar berging een grote rol speelt. Ook zijn lokaal wat verschillen terug te zien. De opvallende afwijking van 4.2% bij Amstel – Uithoorn wordt veroorzaakt door de koppeling van Mozart (de LSW's) aan het LSM. In plaats de lozingen rechtstreeks uit het LSM gebruiken we nu de afvoeren van Mozart. Mozart heeft ook berging in het systeem. Deze komt nu ook niet meer door, waardoor een grotere afwijking kan ontstaan dan in integratietest 3.

Conclusie

De integratie test is goed doorlopen. De resultaten zijn volgens verwachting.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Als belangrijkste conclusie kan worden gesteld:

Er is voldaan aan de doelstelling, zoals bij de start van het project is geformuleerd en de geplande koppeling tussen de hydrologie (Deltamodel, LHM en LSM) en waterkwaliteit (KRW-Verkenner / LKM en STONE) is tot stand gebracht.

Daarnaast worden de volgende (detail)conclusies getrokken:

- Er zijn uitvoerfiles gegenereerd vanuit zowel LHM als LSM berekend op het NMDC. De workflows draaien goed onder FEWS en op de Acceptatieomgeving.
- LHM 3.0.2 is succesvol opgenomen in het Deltamodel. Gesignaleerde verschillen zijn verklaarbaar vanuit verschillen in meteorologie tussen LHM 3.0.2 en het Deltamodel, dit is getoetst bij experts uit het LHM team. Enkele aanpassingen zijn verricht voor het correct doorlopen van de workflow. Er zijn nodata-cellen geconstateerd in enkele KNMI14 neerslag grids, die leiden tot foute modeluitkomsten. Hiertoe is een extra interpolatiestap ingebouwd in de verwerking van KNMI14 gegevens tot Deltamodel invoer
- LSM 1.2 is succesvol opgenomen in het Deltamodel. De resultaten van de LSM berekening in het Deltamodel zijn vrijwel identiek aan de stand-alone LSM 1.2 som. De nu nog gesignaleerde verschillen zijn verklaarbaar vanuit verschillen in de meteo-invoer.
- De KRW-Verkenner kan de uitvoerfiles van LHM en LSM oppakken en daar buiten het NMDC gebruik van maken.
- In een integratietest zijn de dataflows voor de KRW-Verkenner op verschillende momenten in het proces en op een aantal specifieke locaties in het watersysteem voor een aantal parameters vergeleken. De verschillen zijn klein en aanvaardbaar, gezien de impact op de waterkwaliteitsberekeningen. De oorzaken van de verschillen zijn verklaarbaar.
- Er is in het project veel aandacht besteed aan het definiëren, uitvoeren en documenteren van allerlei testen. In totaal zijn tientallen testen uitgevoerd op alle relevante onderdelen van de modelkoppelingen en dataflows, vaak meerdere malen. Deze testresultaten geven een goede indruk van de kwaliteit en robuustheid van modelresultaten en zijn input geweest voor het vaststellen van een aantal verbeterpunten. Een groot deel van deze verbeterpunten is opgelost binnen het project. De resterende verbeterpunten zijn opgenomen in paragraaf 4.2.
- De samenwerking die binnen het project tot stand is gekomen tussen de bij de verschillende modellen betrokken personen (zowel binnen Deltares als tussen Alterra, Deltares en RWS – WVL) is zeer waardevol en een goede basis voor de verdere gezamenlijke ontwikkeling van het waterinstrumentarium.

4.2 Aanbevelingen

Naar aanleiding van de uitgevoerde werkzaamheden worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- De ervaring leert dat bij de implementatie van LHM in het Deltamodel nog veel handmatige stappen nodig zijn. Aanbevolen wordt om in de toekomst de testen binnen het project LHM uit te breiden met specifieke testen voor toepassing in het Deltamodel (en desgewenst ook voor RWsOS Waterbeheer). Bij het uitvoeren van deze testen kan gebruik gemaakt worden van de opendap data op de NMDC server.
- De ervaring leert dat voor het implementeren van een nieuwe versie van het LSM in het Deltamodel nog veel handmatige stappen nodig zijn. Aanbevolen wordt om daarom structureel goed te controleren of de invoer correct is. Een klein verschil als de gekozen interpolatie-optie kan grote verschillen in resultaten tot gevolg hebben. De benodigde instellingen voor stand-alone berekeningen zijn in Bijlage B vastgelegd.
- Aanbevolen wordt om in de toekomst het beheer van LSM te verbeteren en uit te breiden met specifieke testen voor toepassing in het Deltamodel (en desgewenst ook voor RWsOS Waterbeheer).
- Aanbevolen wordt om bij de testen voor LSM stand-alone ook gebruik te maken van de opendap data op de NMDC server.

4.3 Beperkingen en mogelijkheden

Dit project heeft een forse impact op de verbetering van de actualiteit, reproduceerbaarheid en kwaliteit van de waterkwaliteitsberekeningen die met de KRW-Verkenner kunnen worden gemaakt. Als belangrijkste punten kunnen worden genoemd:

- Gebruik actuele LHM versies:
 - Dit betekent dat er direct kan worden afgetapt van de laatste LHM-versies (met meest recente jaren) voor het maken van waterkwaliteitsberekeningen.
 - Verbeteringen en uitbreidingen in LHM kunnen na implementatie in het Deltamodel gemakkelijker worden meegenomen in de waterkwaliteitsberekeningen.
 - Enkele specifieke verbeteringen in de nieuwe versie van LHM, die een positief effect hebben op de kwaliteit van de KRW-Verkenner berekeningen zijn de aangepaste routing binnen MOZART en de aanpassing waardoor de routing over de districtsgrenzen heen kan lopen.
 - De buitenlandse aanvoer is in de nieuwe LHM-versie anders geschematiseerd waardoor deze beter aansluit bij de werkelijkheid.
- Gebruik klimaatscenario's KNMI:
 - De basisreeks voor hydrologische berekeningen met LHM en LSM wordt uitgebreid naar de tijdreeks die ook door KNMI gehanteerd wordt (1980-2010). Hierdoor kan een grote stap worden gemaakt met het bepalen van de effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit.

- o De basisreeksen voor 2050 en 2085 met veranderende klimatologische omstandigheden zijn nog niet volledig beschikbaar en zijn nog niet ingebouwd. Voorzien is dat dit initiatief op zeer korte termijn gestart wordt. Hierdoor wordt het mogelijk dat in de nabije toekomst ook de effecten van hydrologische maatregelen uit het Deltaprogramma kunnen worden doorvertaald naar mogelijke consequenties voor de waterkwaliteit.
- Gebruik LSM:
 - o Een belangrijk voordeel van het gebruik van LSM is dat voor een groot deel van de wateren (het hoofdnetwerk en een aantal grote boezemsystemen) een gedetailleerdere schematisering in het LKM kan worden opgenomen, waardoor voor meer individuele oppervlaktewaterlichamen de waterkwaliteit kan worden berekend.
 - o De conversietools die worden gebouwd voor het omzetten van de schematisatie en de waterbeweging naar een KRW-Verkenner input, zijn ook door waterbeheerders te gebruiken, wanneer zij een regionale KRW-Verkenner toepassing maken voor (delen van) hun eigen beheersgebied.

Hoewel het project kan worden gezien als een grote stap in de richting van een samenhangend waterinstrumentarium, waarbij de kwantiteit en kwaliteit in samenhang worden meegenomen, bestaat nog een aantal belemmeringen, die idealiter in de nabije toekomst in samenwerking met de verschillende betrokken partijen zouden moeten opgelost. De belangrijkste zaken worden hieronder kort beschreven:

- STONE:

De berekende uit- en afspoeling in STONE is gebaseerd op een eigen verouderde hydrologie, die afwijkt van de LHM hydrologie. Binnen dit deelproject is STONE niet gewijzigd, waardoor de hydrologische berekeningen binnen de KRW-verkenner weliswaar ge-update zijn, maar nog niet volledig consistent zijn met de gehanteerde waarden voor uit- en afspoeling in STONE. Aanbevolen wordt deze logische vervolgstap spoedig op te pakken als vervolg op dit project. Er ligt een uitgewerkt plan voor deze aanpassing.
- Regio:

Het detailniveau van de schematisering in de LSW's is ongewijzigd t.o.v. het LHM. Voor de toepassing in de KRW-verkenner betekent dit dat individuele waterlichamen niet altijd expliciet zijn gemodelleerd. Ook betekent dit dat de routing van wateraanvoer niet overal voldoende gedetailleerd is voor de gewenste waterkwaliteitsberekeningen. Hoewel de resultaten van dit project een aanzienlijke verbetering oplevert voor de KRW-verkenner, blijft verdere verbetering van de aansluiting van de waterkwantiteit en waterkwaliteit gewenst.

Geadviseerd wordt om dit binnen het LHM project op te pakken, waar naar verwachting de komende jaren samen zal worden gewerkt met de regionale waterbeheerders aan verdere verbetering van regionale gebiedsschematisaties van het oppervlaktewater.

- Complexiteit schematisatie:

Het oppervlaktewater binnen LHM is momenteel verdeeld over deelmodellen DM en MOZART en bovendien gekoppeld met LSM. In de schematisatie wordt een districtslaag gehanteerd voor de uitwisseling van local surface waters (MOZART) en het netwerk (DM). Deze schematisatie levert voor de koppeling met waterkwaliteitsberekeningen extra complexiteit op. Het is denkbaar dat LHM in de toekomst zonder deze (administratieve) schematisatie van districtswateren gaat rekenen, mogelijk in combinatie met een overgang naar RTC-tools. Dit zou voor de waterkwaliteitsberekeningen meer eenduidigheid opleveren. Aanbevolen wordt om deze functionaliteit voor de waterkwaliteit mee te nemen bij verdere ontwikkeling van het LHM.

- Socio-economische scenario's:
Binnen de Deltascenario's zijn naast veranderingen in klimatologische omstandigheden ook socio-economische scenario's afgeleid. Binnen dit project is de socio-economische component niet gewijzigd.

5 Referenties

Bruggeman, W. en E. Dammers, april 2013, Deltascenario's voor 2015 en 2100. Nadere uitwerking 2012 en 2013, Deltares, PBL, CPB, LEI en KNMI.

Cleij, P. et al (2014), Update Landelijk KRW-Verkenner Model, Deltares-rapport 1208780-000-ZWS-0011.

Deltamodel informatie:

<http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/deltamodel/>

Gao, Q., november 2013. Afleiding zeerandvoorwaarden op basis van lineaire regressie, Deltares memo 1209387-000-ZWS-0012.

Hoogewoud, J.C., G. Prinsen, J. Hunink, F. van der Bolt, T. Kroon, P. van Walsum en A. Veldhuizen (2014). Veranderingsrapportage NHI 3.0.2; Beschrijving van de veranderingen in NHI 3.0.2. Deltares, Utrecht.

Kroon, T. (2014). Protocol van Overdracht NHI versie 3.0.2. Deltares, Utrecht.

KRW-Verkenner informatie: <http://www.krwverkenner.nl>

Prinsen, G.F., augustus 2013. Achtergronddocument LSM light, Deltares rapport 1207765-000-ZWS-0008, Delft.

Prinsen, G.F., maart 2013. Achtergronddocument LSM 1.04, Deltares rapport 1207764-004-ZWS-0001, Delft.

Roovaart, J.C van den et al (2012), Landelijke pilot KRW-Verkenner 2.0, Deltares-rapport 1205716-000-ZWS-0011.

Waveren, R.H. van, S. Groot, H. Scholten, F.C. van Geer, J.H.M. Wösten, R.D. Koeze en J.J. Noort (1999). Good Modelling Practice Handbook. Stowa rapport 99-05, RWS-RIZA rapport 99.036.

Wesselius, C., 23 september 2014, Validatie LSM-light tbv VONK, Deltares memo 1210360-000-ZWS-0010.

A Kernteam en overleggen

Voor de noodzakelijke afstemming en communicatie is een kernteam ingesteld waarin de vertegenwoordigers zitten vanuit het LHM, de KRW-Verkenner en het Deltamodel:

- Edwin Snippen: PL Deltamodel
- Wim de Lange en Timo Kroon: PL NHI
- Joost van den Roovaart: PL KRW-Verkenner
- Peter Cleij: Landelijk KRW-Verkenner model
- Frank van der Bolt: Pre-processing Landelijk KRW-Verkenner model (Alterra)
- Geert Prinsen: Landelijk Sobek Model, Mozart
- Erwin Meijers: Landelijk KRW-verkenner model
- Marc Weeber: ontwikkelteam Deltamodel, KRW-Verkenner
- Martijn Visser: ontwikkelteam Deltamodel, DP Zoetwater.

Per cluster zijn teams ingericht om de uitvoering te verzorgen. Het kernteam bewaakt de voortgang en inhoudelijke aansluiting van de verschillende deelactiviteiten. Verslagen zijn beschikbaar.

Daarnaast is een aantal maal een breder overleg tussen RWS – WVl en Deltares georganiseerd om de stand van zaken door te nemen en de planning zo nodig bij te stellen.

B Testen van opname van LSM in het Deltamodel

B.1 Inleiding

November 2014 is een nieuwe versie van het Landelijk Sobek Model (LSM) opgeleverd: versie 1.2. Van deze schematisatie bestaan momenteel nog twee varianten: de moederversie (LSM) met langere rekentijd en gedetailleerde boezemstelsels en een van de moederversie afgeleide snellere variant (LSM-light) met een uitsnede van de kleinere boezemstelsels en de Zeeuwse Wateren (Prinsen, augustus 2013).

Beide versies zijn opgenomen in het Deltamodel. Concreet betekent dit het overbrengen van de schematisatie behorende databestanden in de vorm van een SOBEK case bij LSM en LSM-light versie 1.2 naar de Rekenfaciliteit Deltamodel en het faciliteren van het draaien van het modelinstrumentarium binnen de FEWS omgeving. Dit overbrengen is niet triviaal; hiervoor moeten diverse bestanden correct overgezet worden, en moet de aansturing van LSM stand-alone met de aansturing via FEWS gelijkgetrokken worden. Daarnaast zijn er aanpassingen geweest in de koppelingstabel tussen LHM en LSM, waarmee de lozingen en onttrekkingen van Mozart- districten op DM-knopen omgezet worden naar laterale debieten in LSM. Het is dan ook cruciaal dat de overzetting van LSM 1.2 goed wordt getest. In terminologie van model-evaluatie spreken we hier over verificatie: het zeker weten dat het model correct is geïnstalleerd op een computer, draait en de verwachte uitkomsten geeft (Van Waveren et al, 1999).

De aanpassingen in de LSM-light zijn wel doorgevoerd in de schematisatie zelf, maar nog niet in het Deltamodel.

Dit memo beschrijft de uitgevoerde tests en evalueert de correcte implementatie van LSM en LSM-light versie 1.2 in het Deltamodel.

B.1.1. Veranderingen LSM 1.2 ten opzichte van LSM 1.1

De aanleiding voor de veranderingen in LSM 1.2 is een uitbreiding van de randvoorwaarden reeksen ten behoeve van de KNMI'14 scenario's. Uit de validatie met LSM-light (versie 1.1) voor het project Veranderingsopgave Natte Kunstwerken bleek in situaties met (extreme) droogte en storm de berekende waterstanden aanzienlijk kunnen afwijken (orde grootte decimeters) van de gemeten waterstanden (Wesselius, 2014). De randvoorwaarden zijn daarom aangepast zodat per jaar een realistische randvoorwaarde beschikbaar is voor het model. In het kader van beheer en onderhoud zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd. Hier worden de belangrijkste aanpassingen samengevat en zullen in een update van de achtergrondrapportage LSM (Prinsen, maart 2013) uitgebreid worden beschreven.

Voor LSM (zowel stand-alone als in het Deltamodel) zijn aangepast:

- Updaten getijrandvoorwaarden: nieuwe locaties en langere tabellen (Gao, 2014);
- Updaten Rijn en Maas randvoorwaarden (verlenging tabellen i.v.m. lange tijdreeks Deltamodel);
- Weerstandsdefinities die afhankelijk zijn van afvoer en locatie op de reach opgeschoond
- Opschonen bestanden (bv. overtollige kunstwerkdefinities, controller definities en profieldefinities verwijderd, en profielbeschrijvingen van YZ-profielen bestaande uit vele honderden punten ingedikt).

In het Deltamodel is aanvullend aangepast:

- Omzetten LSM1.2 naar gebruik van Sobek 2.13.002
- Vervangen van LSM1.2 files in het Sobek project onder de Modules folder;
- Aansluiten lateralen LSM aan LHM 3.0.2 door update koppelingstabel LHM-LSM;
- Aansluiten op de FEWS-Configuratie;
- Toevoegen import locaties voor check KRW Verkenner.

B.2 Beschrijving verificatie testen

In de verificatietesten worden de berekeningsresultaten van het Deltamodel vergeleken met de opgeleverde LSM versie 1.2, beschikbaar op een lokale PC. Er is gekozen locaties te vergelijken verspreid over het LSM model, en daarmee het instrumentarium over de volledige breedte toetsen. Het model wordt zowel voor droge (2003) als natte omstandigheden (1998) geverifieerd. Hierbij wordt aangesloten bij de aanpak die gevolgd is voor de validatie LSM (Wesselius, 2014) en de integratietesten die voor de koppeling KRW-Verkenner nodig zijn. Omdat het hier gaat om correcte opname van het LSM. Gegeven randvoorwaarden aan tijd en budget zijn de FEWS workflows die een rol spelen in de effectmodules die aansluiten op het LSM model en het aanmaken van scenarioberekeningen met het Deltamodel niet getest. De voortgang gedurende de verschillende stappen in het implementatieproces wordt daarnaast gemonitord met een subset van de hier beschreven testen.

De volgende testen worden onderscheiden:

1. Check op de Sobek versies;
2. Vergelijking Sobek invoer (incl. lateralen invoer LHM);
3. Tijdsverloop waterstanden en afvoeren op karakteristieke locaties voor natte periode 1998 (Q4);
4. Tijdsverloop waterstanden en afvoeren op karakteristieke locaties voor droge periode 2003;
5. Vergelijking LSM en LSM-light.

Bij correcte implementatie van LSM 1.2 moeten de verschillende berekeningsresultaten (Deltamodel en SOBEK stand-alone) maximaal afrondingsverschillen zijn. Als criterium zijn hiervoor maximale verschillen van respectievelijk 5 cm voor waterstanden, en 1 m³/s voor de verschillende testen gehanteerd.

Berekeningen met het Deltamodel worden uitgevoerd op de Testomgeving bij Deltares; SOBEK berekeningen worden uitgevoerd op een stand-alone laptop bij Deltares.

Runs SOBEK stand-alone:

- 1998 4^e kwartaal
- Heel 1998
- Heel 2003

Runs Deltamodel

- 1998 4^e kwartaal
- Heel 1998
- Heel 2003

B.3 Testresultaten (stand van zaken 17 november 2014)

De eerste testresultaten lieten verschillen zien tussen de Deltamodel berekening en de SOBEK berekening op een lokale PC. Het betreft zowel kleine verschillen als gevolg van verschillen in invoer, als grotere verschillen als gevolg van *uitwisseling cases* tussen Deltamodel en de stand-alone versie van LSM.

Om een vergelijkbare berekening te doen moeten de volgende instellingen worden gecontroleerd:

- Zelfde Sobek versie;
- Dezelfde standaard numerieke instellingen;
- Zelfde simulatieperiode;
- Meteo files;
- Randvoorwaarden (rivierafvoeren en getijranden);
- Lateralen;

Hieronder worden de geconstateerde verschillen toegelicht.

- Boundlat.dat
 - o In de stand-alone som is deze opnieuw gevuld met de getijranden voor 1998. In in het Deltamodel is een file met 1-regelige tabellen in de case opgenomen en FEWS regelt dat voor het maken van de run de getijtabellen voor de gewenste periode in deze file gezet wordt.
- Boundary.dat
 - o Korte tabellen voor Rijn en Maas (alleen 1998) ipv de volledige 1961-2012 tabel
- Koppelingstabel/conversietabel LHM-LSM
 - o Naar aanleiding van de aanpassingen in LHM 3.02 voor de koppeling met KRW is een klein aantal districten opgesplitst in kleinere districten. Daarom is de koppelingstabel voor het omzetten van LHM resultaten (districtslozingen en –onttrekkingen op DM-knopen) naar LSM laterale debieten aangepast (file DmMzToSobekId.txt).
 - o Een foutje voor district 462 in Schieland is gecorrigeerd (som van onttrekkingsfracties was 2, is gecorrigeerd door schaling naar 1, het effect zal gering zijn, want zodra de fractie 1 bereikt werd, werden de resterende laterals niet meer gevuld, dus kregen waarde nul; alleen de ruimtelijke verdeling is dus nu aangepast).
- Lateral.dat
 - o gevuld met data van 1998 op basis van de LHM3.02 som gemaakt met de laatste KNMI meteodata (KNMI2014 huidig) en de nieuwe koppelingstabel
 - o Controle van enkele laterals met een & in het id.
- Profile.def
 - o De YZ profieldefinities zijn opgeschoond met de CleanYZProfiles tool, om zo het aantal punten per cross-sectie en dus het geheugenbeslag te verminderen. YZ-crosssecties met meer dan 300 punten zijn overdreven gedetailleerd.
 - o De YZ profielen blijken gevoelig voor de optie lu 1 / lu 0 in combinatie met globale frictie en al of niet opgeven YZ-frictie (CRFR). Daarom is het nu zo ingesteld dat we er geen last van hebben.
- Friction.dat
 - o is al in LSM 1.1 geüpdatet voor enkele riviertakken met frictie afhankelijk van Q en locatie op de reach, maar die update was nog niet goed doorgekomen in de Deltamodel versie

- Nodes.dat
 - o Enkele dubbele punten in de storage beschrijving van connection nodes+storage+lateral flow zijn verwijderd;
 - o En een enkele correctie van een onzinnig maaiveld (+999999)
- NtrDlwq.Poi
 - o Laatste versie van Erwin t.b.v. de koppeling met de KRW verkenner
- Struct.dat
 - o Opgeschoond
- Struct.def
 - o Opgeschoond
- Control.def
 - o Opgeschoond
- Trigger.def
 - o Opgeschoond
- Network.* files
 - o Bij saven van het network ontstaan verschillen, doordat de laatste decimalen van coördinaten van de punten verschillen (een precision issue), maar voor de berekeningen heeft dit een te verwaarlozen effect.

B.4 Resultaten (stand van zaken 24 november 2014)

B.4.1 Verificatietest 1: Controle Sobek versies

De stand-alone test is uitgevoerd met de standaard versie SOBEK 2.13.002. Er zijn geen afwijkende versies van executables gebruikt. Het enige verschil ten opzichte van de standaard SOBEK versie is de toegevoegde switch SkipStructimestepreduction=1 in de Sobeksim.ini. waardoor de rekentijd versneld wordt.

Deze instellingen zijn stand-alone en in het Deltamodel identiek gemaakt.

B.4.2 Verificatietest 2: Vergelijking Sobek invoer

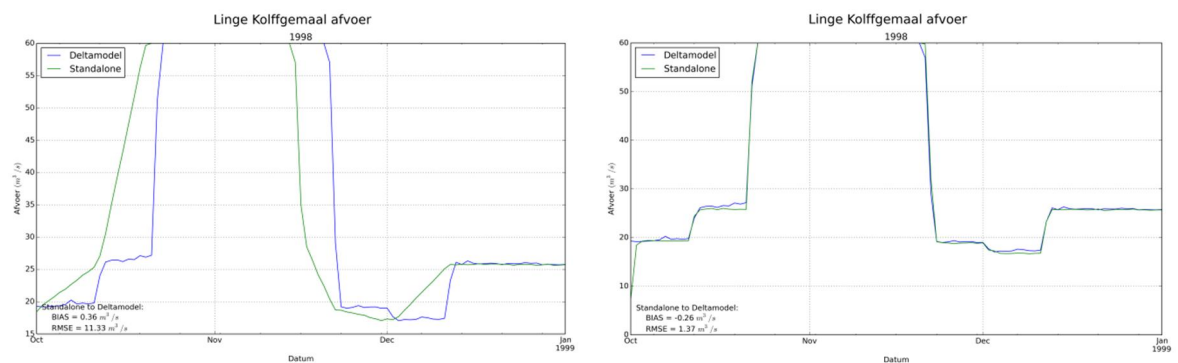
De volgende invoer is vergeleken:

- Initiële condities: de gebruikte restart files zijn identiek.
- De simulatieperiode en uitvoerinstellingen (Settings.dat) zijn identiek.
- Randvoorwaarden
 - o Boundary.dat
 - o Boundlat.dat
- Lateralen
 - o Lateral.dat

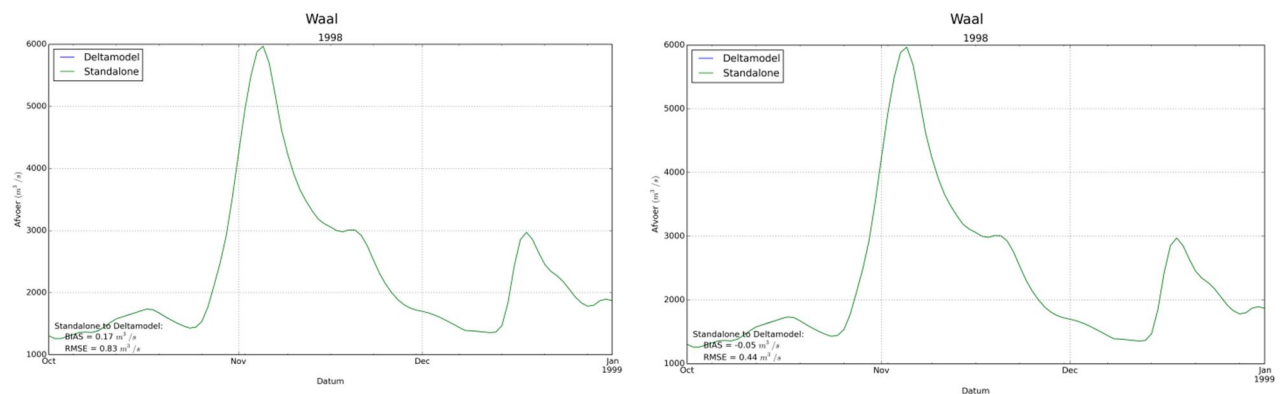
De randvoorwaarden en lateralen files zijn door de verschillende manier van genereren verschillend, maar de data zijn hetzelfde. Het enige geconstateerde verschil bleek een interpolatieoptie (lineaire interpolatie vs. blokinterpolatie) voor de lateralen die afkomstig zijn uit LHM. De andere verschillen zijn alleen de volgorde van de data in de invoerfiles, maar dat heeft geen effect op de resultaten. Het effect treedt vooral op in de regionale systemen, waarbij de invloed van de lateralen het grootst is. Op de grote rivieren is het effect gering. In de figuren in de volgende paragraaf wordt dit nader toegelicht.

B.4.3 Verificatietest 3: Tijdsverloop afvoeren en waterstanden op karakteristieke locaties voor het nat jaar 1998 (Q4)

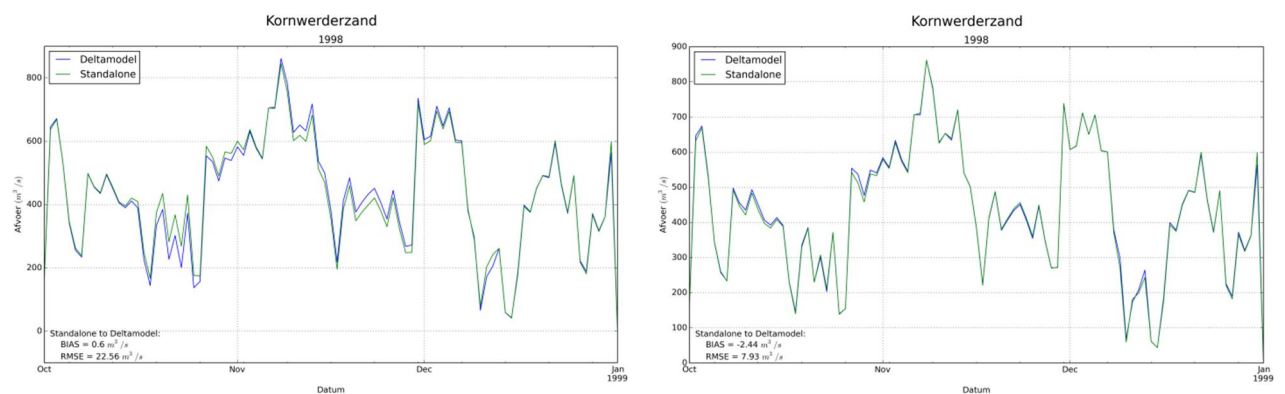
Na het gelijkschakelen van de interpolatieoptie in de Lateral.dat file in het Deltamodel en de stand-alone som zijn de resultaten vrijwel gelijk. Er zijn nog wel verschillen in de gebruikte meteo data in de stand-alone som en in het Deltamodel, dus vandaar dat er nog kleine verschillen in de regionale netwerken optreden.



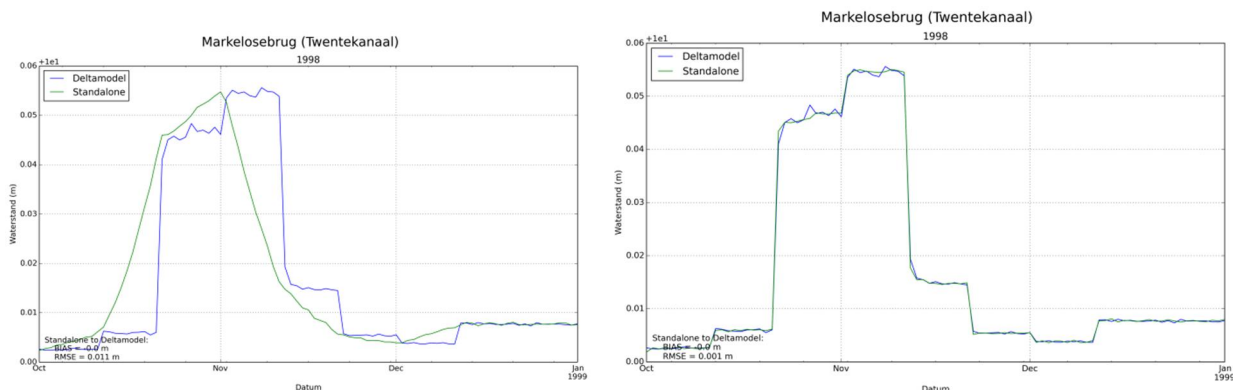
Figuur B.1 Afvoer Linge-Kolffgemeal; links met verschillende interpolatieopties voor lateralen, rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.



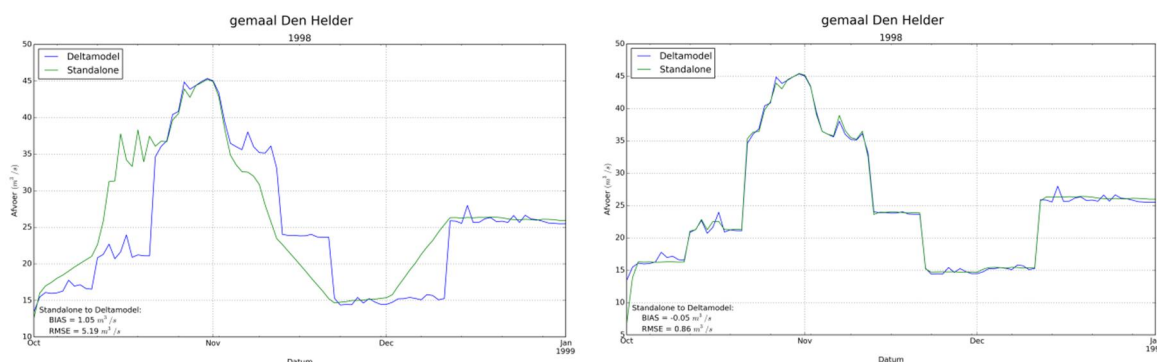
Figuur B.2 Afvoer Waal bij Nijmegen, links met verschillende interpolatieopties voor de lateralen, en rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.



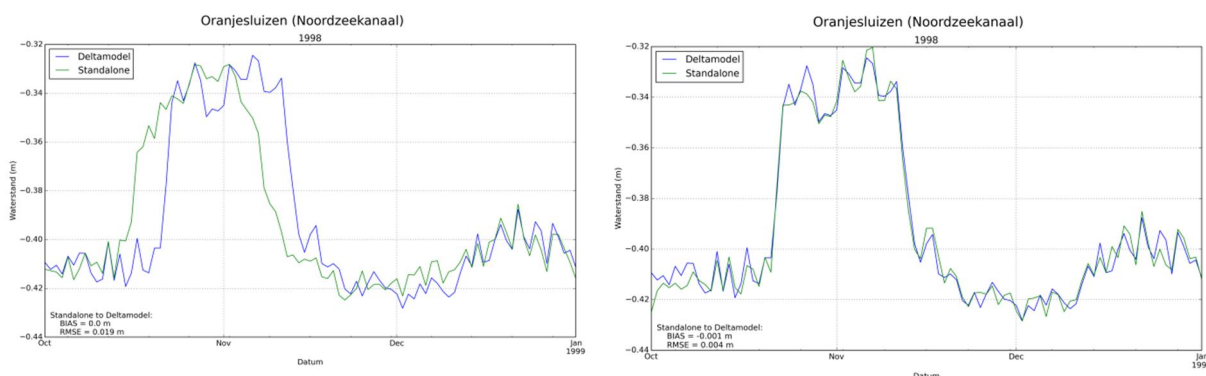
Figuur B.3 Afvoer Kornwerderzand, links met verschillende interpolatieopties voor lateralen, en rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.



Figuur B.4 Waterstanden Markelosebrug Twentekanaal, links met verschillende interpolatieopties voor lateralen, en rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.



Figuur B.5 Afvoer Den Helder, links met verschillende interpolatieopties voor lateralen, en rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.



Figuur B.6 Waterstanden Oranjesluizen Noordzeekanaal, links met verschillende interpolatieopties voor lateralen, en rechts met gelijkgetrokken interpolatieopties.

De conclusie uit de figuren is dat, na het gelijktrekken van de interpolatieoptie voor de laterale debieten, de verschillen tussen de LSM som in het Deltamodel en de stand-alone LSM som gering zijn. De stand-alone som maakt nog gebruik van de oorspronkelijke meteorologische data voor neerslag op en verdamping van open water, terwijl de som in het Deltamodel gebruik maakt van een op een andere manier geïnterpoleerde meteodata (KNMI gebruikt inmiddels meer stations voor de interpolatie, waardoor er kleine verschillen tussen de nieuwe en de oude meteodata zijn ontstaan). Hierdoor kunnen de nog resterende verschillen in resultaten verklaard worden. De conclusie is dat LSM correct is ingebouwd in het Deltamodel.

B.4.4 Verificatietest 4: Tijdsverloop afvoeren en waterstanden op karakteristieke locaties voor droog jaar 2003

Voor de controle van het juist functioneren van LSM in het Deltamodel is de vorige test voldoende. Op verzoek van de KRW-verkenner is op de A-omgeving een test voor Q3-2003 uitgevoerd. Dit leidde tot dezelfde conclusie als verificatietest 3.

B.4.5 Verificatietest 5: Vergelijking LSM en LSM-light

Deze test is voor eerdere versies van LSM en LSM-light al uitgevoerd (zie achtergronddocument LSM-light 1.09), maar moet voor LSM 1.2 en LSM-light 1.2 nog uitgevoerd worden om te verifiëren dat de uitbreiding van de randvoorwaarden voor LSM-light ook goed is geïmplementeerd voordat LSM-LT in het Deltamodel kan worden ingebouwd.

B.4.6 Conclusie

De modelsoftware en invoerbestanden van LSM 1.2 zijn correct overgezet naar het Deltamodel. Geen van de getoetste parameters laat significante afwijkingen zien ten opzichte van stand-alone berekeningen.

B.5 Conclusies en aanbevelingen

LSM 1.2 is succesvol opgenomen in het Deltamodel. De workflows draaien correct onder FEWS en op de Acceptatieomgeving.

De resultaten van de LSM berekening in het Deltamodel zijn vrijwel identiek aan de stand-alone LSM 1.2 som. De nu nog gesignaleerde verschillen zijn verklaarbaar vanuit verschillen in de meteo-invoer.

De ervaring leert dat voor LSM er nog veel handmatige stappen nodig zijn om een nieuwe versie te implementeren in het Deltamodel. Er moet daarom goed gecontroleerd worden of de invoer hetzelfde is. Een klein verschil als de gekozen interpolatieoptie kan grote verschillen in resultaten tot gevolg hebben. De benodigde instellingen voor stand-alone berekeningen zijn in dit memo vastgelegd.

Aanbevolen wordt om in de toekomst het beheer van LSM te verbeteren en uit te breiden met specifieke testen voor toepassing in het Deltamodel (en desgewenst ook voor RWsOS Waterbeheer). Aanbevolen wordt om bij de testen voor LSM stand-alone ook gebruik te maken van de opendap data op de NMDC server.

De volgende kanttekeningen moeten nog worden gemaakt ten aanzien van de uitgevoerde testen:

- Verificatietest 4. Deze test is een extra test die is uitgevoerd om de uitkomsten van de koppeling KRW Verkenner inhoudelijk te kunnen beoordelen en de vergelijkingen in dit memo consistent te maken met de LSM-validatie van VONK.
- Inbouwen van LSM-light 1.2 en vergelijken van LSM en LSM-light (verificatietest 5).
- Vervanging scenario's KNMI'14.

C Aggregatie Script

De ruimtelijke aggregatie wordt uitgevoerd door middel van een R script. Het script bevat twee stappen:

1. Clear_Schematisation_tool.R
2. Conversion_tool.R

Beide scripts maken gebruik van functies die in het "functions_clear_schematisation_tool.R" script opgenomen zijn.

C.1 Clear Schematisation

De eerste stap wordt gezet met de Clear_schematisation_Tool. Dit script bepaalt op basis van een maatgevende afvoer periode de positieve stroomrichting. In dit geval wordt gekozen voor 1998 periode 4, wat bekend staat als een nat kwartaal. Voor deze periode worden:

- Nodes geaggregeerd volgens een bepaalde regels. Dit zijn:
 - Nodes mogen geaggregeerd worden als ze 1 inkomende en 1 uitgaande link hebben. Het zijn dan tussenliggende nodes in de schematisatie.
 - Nodes met meer dan 2 verbindingen mogen **niet** geaggregeerd worden.
 - De nieuwe geaggregeerde node mag geen lengte hebben groter dan een bepaald criterium. Dit staat ingesteld op 5000 m.
- Links hergedefinieerd. Links tussen geaggregeerde nodes worden verwijderd. Alleen de begin en eind link blijven over.
- De richting van de links wordt bepaald door het grootste debiet.

De gebruiker kan een paar zaken instellen in het script:

Veld	Omschrijving
workdirectory	Werk dir van het script
input_dir	Input dir van de ruwe bestanden. Deze komen rechtsreeks uit WQint of via de FEWS export
output_dir_clearschem	Outputdir van de geaggregeerde nodes en links
period	Definitie van het afvoer periode. In dit geval periode 4.
year	Definitie van het afvoer jaar. In dit geval 1998
aggregation_length	Maximale lengte van een geaggregeerd segment. In dit geval 5000 m.

Na het draaien van het script zullen de volgende bestanden terug te vinden zijn:

Bestand	Omschrijving
LSWNodes.csv	Geaggregeerde SWU nodes voor de KRW-Verkenner
LSWLinks.csv	Geaggregeerde link file voor de KRW-Verkenner
LSWSources.csv	Geaggregeerde Sources file voor de KRW-Verkenner
LSWNodesRelations.csv	Relatietabel met originele Node ID en geaggregeerde NodelD. Wordt gebruikt in stap 2 van de aggregatie procedure
LSWLinkRelations.csv	Relatietabel met daarin origineel LinkID en de geaggregeerde Links.

C.2 Conversion Tool

Nadat alle relaties tussen de ongeaggregeerde en geaggregeerde schematisatie bekend zijn kan het tweede deel worden gedraaid. Door middel van het Conversion_tool.R script worden afzonderlijke jaren geaggregeerd en omgedraaid. Belangrijkste input is:

- WFD input bestanden uit WQint
- De relatietabellen uit de vorige stap.

Het script voert vervolgens de volgende bestanden uit:

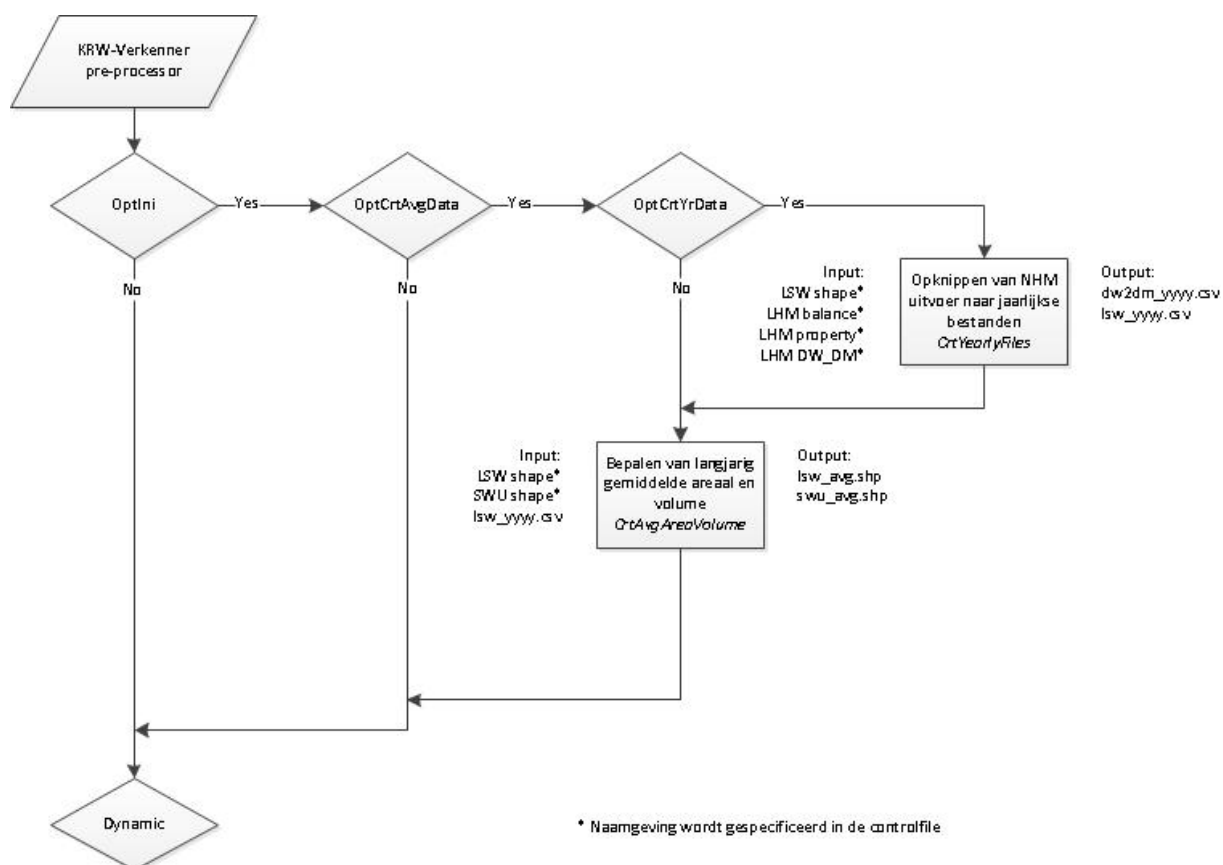
Bestand	Omschrijving
LSWAggrNodes.csv	Geaggregeerde Nodes
LSWNodeData.csv	Geaggregeerde volumes
LSWLinkData.csv	Relatieve flows op de geaggregeerde links
LSWAggrLinkData	Absolute flows op de geaggregeerde links
LSWSourceData.csv	Data op de lozingen en onttrekkingen
LSWNodesRelations.csv	Relatietabel met originele Node ID en geaggregeerde NodeID. Wordt gebruikt in stap 2 van de aggregatie procedure
LSWLinkRelations.csv	Relatietabel met daarin origineel LinkID en de geaggregeerde Links.

D Preprocessing Script

D.1 Stromingsdiagram KRW-verkenner

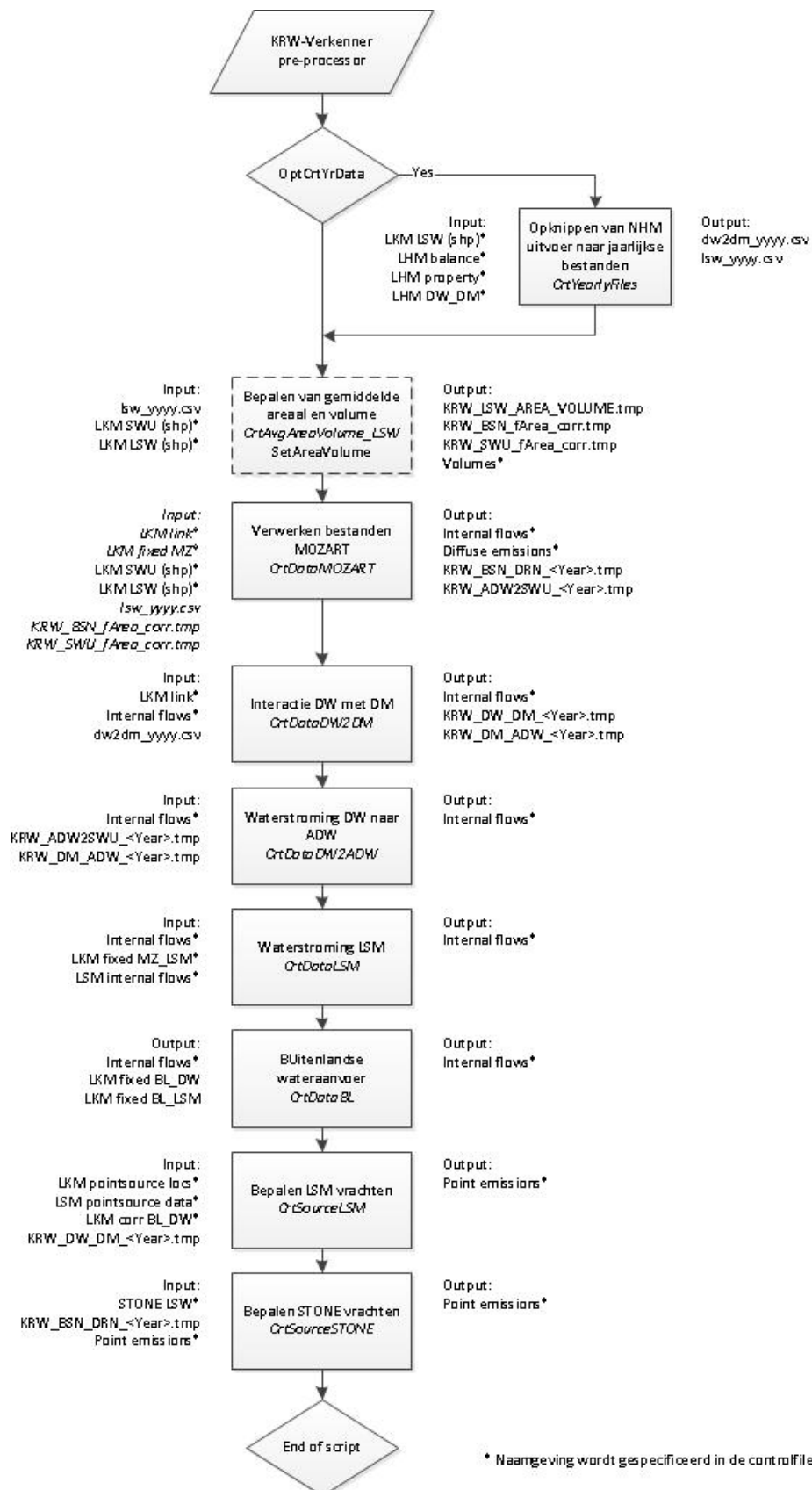
Alle datastromen en bewerkingen zijn vastgelegd in een R-script, dat op basis van standaarduitvoerfiles van het LHM aangevuld met standaard- of bewerkte (opgeschaalde) files voor de diffuse af- en uitspoeling van de bodem (STONE) de voor de LKM benodigde invoerfiles aanmaakt.

Het huidige script wordt aangestuurd via een zogenaamde controlfile. In deze controlfile wordt gezocht op speciale keywords die kunnen verwijzen naar bepaalde files/opties. Het huidige script bestaat uit twee onderdelen. Het eerste deel (initial) betreft een eenmalige actie, hier worden output bestanden van het LHM model opgeknipt in jaarlijks files (om het hanteerbaar te maken binnen de R-omgeving). Verder wordt er een langjarig gemiddelde areaal en volume van LSW en SWU nodes bepaald. Het stromingsdiagram van het initiële gedeelte is weergegeven in Figuur D.1.



Figuur D.1 Stromingsdiagram KRW-Verkenner script (initial)

Het tweede gedeelte (dynamic) van het huidige script zal bij iedere toepassing van de KRW-Verkenner opnieuw doorlopen moeten worden. In Figuur D.2 is het stromingsdiagram van het dynamische gedeelte weergegeven.



Figuur D.2 Stromingsdiagram KRW-Verkenner script (dynamic)

D.2 Initiële gedeelte van het script

Het initiële gedeelte voor het aanmaken van de KRW verkenner inputbestanden is optioneel. Door het keyword 'OptIni' op 'Yes' of 'No' te zetten in de controlfile wordt het initiële gedeelte van de procedure wel of niet doorlopen. Het initiële gedeelte bestaat uit een tweetal routines:
CrtYearlyFiles
CrtAvgAreaVolume

CrtYearlyFiles

Het LHM model levert een drietal invoerfiles voor de KRW verkenner:
LHM balance, MOZART forcering;
LHM property, MOZART areaal en volume
LHM DW_DM, MOZART forcering op DM.

Omdat de files te groot te groot zijn om in een keer in te lezen is ervoor gekozen de files op te knippen in jaarlijkse files. Deze procedure is apart aan te sturen door het keyword 'OptCrtYrData' op 'Yes' of 'No' te zetten in de controlfile. De periode waarover jaarlijkse files aangemaakt worden is te sturen met de keywords 'TimStart' en 'TimEnd'. De opgeknipte bestanden worden allen geplaatst in een gespecificeerde directory (keyword 'DirYearlyData').

Na het opknippen van de files 'LHM balance' en 'LHM property' in jaarlijkse files worden jaarlijkse bestanden gecombineerd. Een aantal LSW eenheden ontbreekt in de MOZART uitvoer. Voor deze ontbrekende LSW-eenheden zijn nabijgelegen LSW eenheden geselecteerd die worden vermenigvuldigd met een factor (gebaseerd op het areaal) waarna de ontbrekende LSW eenheden worden toegevoegd.

CrtAvgAreaVolume_LSW

Deze routine maakt een bestand aan met daarin voor iedere LSW een langjarig gemiddelde areaal en volume. Selectie van LSW's zijn gebaseerd op de gespecificeerde shapefile 'Inp LKM LSW'. De arealen en volumes zijn afkomstig van de files 'LSW property'.

CrtAvgArea_SWU

Deze routine maakt een bestand aan met daarin voor iedere SWU een langjarig gemiddelde areaal. De arealen afkomstig van de shapefile 'Inp LKM SWU'.

D.3 Dynamisch gedeelte van het script

CrtYearlyFiles

Indien gewenst kan de routine voor het opknippen van LHM modeluitvoer in jaarlijkse files opnieuw worden doorlopen in het dynamisch gedeelte van het script. Zie Initiële gedeelte voor de aansturing.

CrtAreaVolume_LSW

Deze routine maakt een bestand aan met daarin voor iedere LSW per jaar en per periode een gemiddelde areaal en volume. Selectie van LSW's zijn gebaseerd op de gespecificeerde shapefile 'Inp LKM LSW'. De arealen en volumes zijn afkomstig van de files 'Inp LKM property'.

SetAvgAreaVolume

In deze routine wordt het areaal en volume per Basin en per SWU bepaald voor elke periode. Als eerste stap wordt de relatie tussen LSW en SWU vastgesteld in een dataframe op basis van de shapefile 'SWU shape'. Hiervoor wordt systeem 'VL' en 'KL' geselecteerd en worden LSW's waarvan uitvoer vanuit het LHM model ontbreekt verwijderd (op basis van bestand 'Inp LHM LSW nodata'). Dit betreffen de LSW's van de Waddeneilanden. Per LSW kunnen meerdere SWU eenheden worden gekoppeld. Aan deze dataframe wordt een TAG toegevoegd aan de hand van de 'Inp LKM LSW' en wordt het gemiddelde areaal en volume per LSW en SWU toegevoegd (resultante van CrtAvgAreaVolume_LSW en CrtAvgArea_SWU).

Er vindt een correctie plaats van het areaal SWU voor systeem 'VL'. Waarbij het areaal van SWU met systeem 'VL' en TAG 'P' een nieuw areaal krijgt van 0.47 keer het areaal van de LSW. Het areaal van SWU met systeem 'VL' en TAGS 'V' of 'O' wordt overschreven door 0.57 keer het areaal van de LSW.

Het minimum areaal en volume van een LSW en SWU wordt gesteld op respectievelijk 1m^2 en 1m^3 .

Vervolgens worden de arealen van een LSW en een SWU gecorrigeerd, waarbij wordt gesteld dat het areaal van een Basin tenminste een minimale fractie bedraagt van de LSW. Hierbij wordt de minimale fractie gespecificeerd met 'MinFracLSW' (Default: 0.7).

Bepaling van fractie areaal voor LSW:

$$fArea_{LSW} = MinFrac_{LSW} \quad : Area_{SWU} > (1 - MinFrac_{LSW}) * Area_{LSW}$$

$$fArea_{LSW} = \frac{(Area_{LSW} - Area_{SWU})}{Area_{LSW}} \quad : Area_{SWU} = < (1 - MinFrac_{LSW}) * Area_{LSW}$$

Bepaling van fractie areaal voor SWU:

$$fArea_{SWU} = (1 - fArea_{LSW}) * \left(\frac{Area_{SWU}}{Area_{sumSWU}} \right)$$

Bepaling van areaal voor SWU:

$$Area_{SWU} = fArea_{SWU} * Area_{LSW}$$

Voor de correctie van het volume SWU wordt de volgende formule toegepast:

$$Volume_{SWU} = \frac{(1 - fArea_{LSW})^{-1} * F}{(1 - fArea_{LSW})^{-1} * F - 1} * \frac{Area_{SWU}}{Area_{LSW}} * Volume_{LSW}$$

Met F:

TAG	Zomer	Winter
P	1.47	2.10
V	1.47	2.10
O	1.91	1.81

Als laatste stap moet het areaal en het volume van de BSN worden aangepast. Dit gebeurt als volgt:

$$Area_{BSN} = fArea_{LSW} * Area_{LSW}$$

$$Volume_{BSN} = Volume_{LSW} - Volume_{SWU}$$

CrtDataMOZART

Routine voor aanmaak van MOZART forcering. Routine schrijft vier bestanden weg:

Out internal flows (stp 1)

Out Diffuse emissions (stp 1)

KRW_BSN_DRN_<Year>.tmp

KRW_ADW2SWU_<Year>.tmp

Out internal flows (stp 1)

Als invoer ontvangt de routine CrtDataMOZART het bestand 'Inp LKM fixed MZ'. Dit bestand wordt per jaar en periode gekopieerd naar een tijdelijke file Out internal flows (stp 1).

De term FROM_DW (uitvoer MOZART) wordt toegevoegd aan de internal flows.

Out Diffuse emissions (stp 1)

relatie LSW naar SWU:

In het eerste gedeelte van deze routine worden relaties tussen LSW en SWU eenheden vastgesteld voor de afvoer situatie. Vanwege bijzondere links kan deze relatie niet worden bepaald met de 'Inp LKM link' file, maar moet deze relaties worden bepaald met behulp van de 'Inp LKM SWU'.

relatie ADW naar SWU:

De relatie voor de aanvoer situatie, van ADW naar SWU, wordt wel vastgesteld met de 'Inp LKM link' file en gecombineerd met de relatie LSW naar SWU. Per LSW wordt een enkele SWU eenheid geselecteerd voor de wateraanvoer vanuit een district.

Per jaar wordt vervolgens de LSW forcering ingelezen en geaggregeerd naar kwartalen. De eenheden worden omgezet van m^3 naar $m^3 s^{-1}$, waarbij de neerslag en verdamping worden gecorrigeerd voor het oppervlak.

LSW input:

- PRECIP, gecorrigeerd voor oppervlak LSW;
- DRAINAGE_SH;
- DRAINAGE_DP.

LSW output:

- ALLOC_AGRIC;
- ALLOC_GRHOUSE;
- INFILTR_SH;
- INFILTR_DP.

LSW_evap:

- EVAPORATION, gecorrigeerd voor oppervlak LSW.

SWU input:

- PRECIP, gecorrigeerd voor oppervlak SWU;
- URBAN_RUNOFF.

SWU output:

- ALLOC_PUBWAT;
- ALLOC_INDUS.

SWU evap:

- EVAPORATION, gecorrigeerd voor oppervlak SWU.

Daarnaast worden de drainage gegevens weggeschreven naar een tijdelijk bestand 'KRW_BSN_DRN_<Year>.tmp'. Deze gegevens zijn later nodig voor correctie van de STONE belasting:

- DRAINAGE_SH;
- DRAINAGE_DP.

De wateraanvoeren van DW naar SWU worden ook naar een tijdelijk bestand weggeschreven 'KRW_ADW2SWU_<Year>.tmp'. Deze worden later gebruikt voor bepaling van de aanvoer situatie DW naar ADW.

CrtDataDW2DM

Deze routine voert de KRW-verkenner met informatie over waterstroming tussen DW en DM. Het bestand 'Out internal flows (stp 1)' dient als invoer en wordt aangevuld met de waterstromen uit het invoerbestand 'Inp LHM DW_DM'. Doordat alleen waterstromen groter dan nul zijn weggeschreven zijn voor alle ontbrekende waterstromen de waarde nul ingevuld. De waterstroming DW naar DM en DM naar ADW worden weggeschreven naar de 'Out internal flows (stp 2)'.

De waterstroming van DM naar ADW wordt ook nog apart weggeschreven naar een tijdelijk bestand 'KRW_DM2ADW_<Year>.tmp' voor de bepaling van de waterstroming DW naar ADW.

CrtDataDW2ADW

Voor de bepaling van de waterstroming DW naar ADW worden twee tijdelijke bestanden ingelezen: 'KRW_ADW2SWU_<Year>.tmp' en 'KRW_DM2ADW_<Year>.tmp'. De waterstroom DW naar ADW wordt bepaald door het verschil in waterstroom ADW2SWU minus DM2ADW. De resulterende waterstroom wordt toegevoegd aan de 'Out internal flows (stp 3)'.

CrtDataLSM

Deze routine heeft twee invoerbestanden waarin de LSM waterstroming wordt gespecificeerd, 'Inp LKM fixed MZ_LSM' en 'Inp LSM internal flows'. Beide bestanden worden gekopieerd naar 'Out internal flows (stp 4)'

CrtDataBL

In deze routine worden twee invoerbestanden ('Inp LKM corr BL_DW' en 'Inp LKM fixed BL_LSM') gekopieerd en per jaar en periode weggeschreven naar de 'Out internal flows (stp 5)'. Als dit succesvol is afgerond wordt de file 'Out internal flows' definitief aangemaakt en weggeschreven in de directory 'DirResults'.

CrtSourceLSM

Deze routine kent vier invoerfiles:

- KRW_DW_DM_<Year>.tmp
- 'Inp LKM pointsource locs'
- 'Inp LSM pointsource data'
- 'Inp LKM corr BL_DW'

Als eerste wordt het bestand 'Inp LSM pointsource data' gekopieerd naar het tijdelijke bestand 'Out Point emissions (stp 1)'. Hierbij wordt de EmissionTypeID voor nodes van het buitenland op 'BuitenlandseAanvoer' gezet.

Voor de buitenlandse aanvoer op districten worden voor geselecteerde nodes (bestand 'Inp LKM corr BL_DW') de wateraanvoer bepaald door de totale afvoer van de betreffende districten te corrigeren met een factor. Deze waterstromen worden toegevoegd aan het bestand 'Out Point emissions (stp 1)'. Als dit succesvol is afgerond wordt de file 'Out point emissions' definitief aangemaakt en weggeschreven in de directory 'DirResults'.

CrtSourceSTONE

In deze routine wordt de uit- en afspoeling van het STONE model toegevoegd aan de KRW verkenner. Hiervoor zijn reeds jaarlijkse bestanden met uit- en afspoelingscijfers voor de jaren 1990-2010 beschikbaar. Deze waarden dienen nog wel gecorrigeerd te worden voor de hydrologie van het NHM model. Hiervoor dient het tijdelijk weggeschreven bestand 'KRW_BSN_DRN_<Year>.tmp'. Na de correctie voor de hydrologie worden de uitspoelingscijfers weggeschreven naar het bestand 'Out Diffuse emissions (stp 2)'. Als dit succesvol is afgerond wordt de file 'Out Diffuse emissions' definitief aangemaakt en weggeschreven in de directory 'DirResults'.

E Bestandsformaten KRW-Verkenner

E.1 Bestand WFDnodes.csv:

Dit zijn de Delwaq segmenten uit het LSM. Voor ieder segment moeten een aantal attributen worden uitgevoerd. Dit zijn:

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving	Opmerking
NODEID	Tekst	[-]	Delwaq segment nummer	
NAME	Tekst	[-]	Nvt	Optioneel
TAG	Tekst	[-]	Nvt	Optioneel
WFDTYPE	Tekst	[-]	Nvt	Optioneel
WATERVOL	Float	[m ³]	Default 0.999	Optioneel, overbodig door tijdreeks
WATERHSURF	Float	[m ²]	Default 0.999	Optioneel, overbodig door tijdreeks
X	Float	[m]	X coördinaat (Xseg), in dit geval in RD stelsel	
Y	Float	[m]	Y coördinaat (Yseg), , in dit geval in RD stelsel	
LENGTH	Float	[m]	Lengte van een segment. Bij punten waarde -1	Niet noodzakelijk voor KRW-Verkenner, wel nodig voor verwerking van het LKM

E.2 Bestand WFDNodeData.csv:

Variabele volumes en oppervlakten uit Sobek. Over de periode moet het gemiddelde volume en oppervlak worden berekend. Deze moeten vervolgens in KRW-Verkenner formaat worden gezet:

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving
NodeID	Tekst	[-]	Delwaq segment
Volume	Float	[m ³]	Periode gemiddelde volume
Surf	Float	[m ²]	Periode gemiddelde Surf
Year	Float	[-]	Jaartal
Period	Float	[-]	Periode nummer, van 1 tot 4

E.3 Bestand WFDLinks.csv:

Dit zijn de interne links tussen de Delwaq segmenten. De randen worden hier dus buiten gehouden.

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving
LINKID	Tekst	[-]	Exchange nummer
TAG	Tekst	[-]	Default "SOBEK"
NodeFrom	Tekst	[-]	From node
NodeTo	Tekst	[-]	To node

E.4 Bestand WFDLinksData.csv:

De geaggregeerde debieten op de links in zowel positief als negatieve richting. Op iedere link komen dus potentieel 2 flows per tijdstap voor. De KRW-Verkenner hanteert het volgende formaat:

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving
LinkId	Text	[-]	ID van link
FlowType	Text	[-]	A (absoluut) of R (relatief/fractie). In deze koppeling dus default "A"
Value	Float	[m ³ /s]	Absoluut debiet (m3/s)
Year	Float	[-]	Jaartal
Period	Float	[-]	Periode nummer, van 1 tot 4 of 0 voor jaargemiddelde data

E.5 Bestand WFDSources.csv:

Deze file bevat de locaties van de puntbronnen. De KRW-Verkenner verwacht de volgende velden:

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving
SOURCEID	Tekst	[-]	Sobek ID van boundary of lateral
NAME	Tekst	[-]	Naam van de lozing (optioneel)
NODEID	Tekst	[-]	To segment
DefaultEmissionTypeld	Tekst	[-]	Sobek Type

E.6 Bestand WFDSourcesData.csv:

Dit zijn de wateremissies van de punt bronnen. Formaat in KRW-Verkenner:

Veld	Type	Eenheid	Omschrijving
SOURCEID	Tekst	[-]	Sobek ID van boundary of lateral
EMISSIONTYPEID	Tekst	[-]	Sobek Type
VARIABLEID	Tekst	[-]	Default: "Q"
VALUE	Float	[m ³ /s]	Debiet in m3/s per periode
REMEFF	Float	[%]	Verwijderingspercentage (=0)
YEAR	Float	[-]	Jaartal
PERIOD	Float	[-]	Periode nummer, van 1 tot 4 of 0 voor jaargemiddelde data

F Testen van inbouwen van LHM in Deltamodel

F.1 Inleiding

Op 1 oktober 2014 is een nieuwe versie van het NHI opgeleverd; NHI versie 3.0.2 (Hoogewoud et al, 2014), hier verder aangeduid met NHI. Deze versie wordt opgenomen in het Deltamodel. Concreet betekent dit het overbrengen van de nieuwe software en databestanden behorende bij LHM versie 3.0.2 naar de Rekenfaciliteit Deltamodel en het faciliteren van het draaien van het modelinstrumentarium binnen de FEWS omgeving. Dit overbrengen is niet triviaal; het behelst het correct overzetten van vele honderden bestanden en tevens het gelijktrekken van de aansturing van LHM stand-alone met de aansturing via FEWS. Het is dan ook cruciaal dat de overzetting van LHM 3.0.2 goed wordt getest. In terminologie van model-evaluatie spreken we hier over verificatie: het zeker weten dat het model correct is geïnstalleerd op een computer, draait en de verwachte uitkomsten geeft (Van Waveren et al, 1999). Het betreft hier geen inhoudelijke validatie van de uitkomsten van LHM 3.0.2, hierover is bij oplevering van LHM 3.0.2 al uitvoerig gerapporteerd (Hoogewoud et al, 2014). Dit memo beschrijft de uitgevoerde tests en evalueert de correcte implementatie van LHM versie 3.0.2 in het Deltamodel.

F.1.1 Veranderingen LHM 3.0.2 ten opzichte van LHM 3.0.1

Een overzicht van de veranderingen van LHM 3.0.2 is beschreven in het Protocol van Overdracht NHI 3.0.2 (Kroon, 2014). Hier worden de belangrijkste aanpassingen samengevat. In het kader van beheer en onderhoud zijn verschillende wijzigingen doorgevoerd in de schematisatie en code. De wijzigingen betreffen zowel kleine verbeteringen in de schematisatie als het herstellen van software bugs:

- Aanpassen van de modelcode MOZART en de schematisatie van de LSW's ten behoeve van aansluiting van de KRW-verkenner op LHM.
- Enkele aanpassingen in het waterverdelingsnetwerk, op basis van ervaringen in deelprogramma Zoetwater.
- Bug fixes in de modelcode van MetaSWAP en een kleine update van de bodemschematisatie
- Opnemen van de laatste versie van de modelcode iMODFLOW

Voor een uitgebreide omschrijving van de veranderingen wordt verwezen naar de veranderingsrapportage NHI 3.02 (Hoogewoud et al, 2014).

F.2 Beschrijving verificatie testen

In de verificatietesten worden de berekeningsresultaten van het Deltamodel vergeleken met de opgeleverde LHM versie 3.0.2, beschikbaar op de LHM server. Er is gekozen parameters te vergelijken die een integrator zijn van het LHM model, en daarmee het instrumentarium over de volledige breedte toetsen. Zo toetsen testen 1 en 2 het Modflow gedeelte, test 3 MetaSwap, test 4 en 5 Mozart, test 6 zout in LHM, en test 7 tenslotte DM. Ook wordt het model zowel voor droge als natte omstandigheden geverifieerd. Omdat het hier gaat om correcte opname van het LHM. Gegeven randvoorwaarden aan tijd en budget worden de FEWS workflows die een rol spelen in het aanmaken van scenarioberekeningen met het Deltamodel niet getest.

De voortgang gedurende de verschillende stappen in het implementatieproces wordt daarnaast gemonitord met een subset van de hier beschreven testen. Dit gebeurt met name door het vergelijken van grondwaterstanden op specifieke tijdstappen.

De volgende testen worden onderscheiden:

1. LG3 (gemiddelde van laagste 3 grondwaterstanden op 14^e en 28^e van de maand) in het 1/10 droog jaar 2003
2. HG3 (idem, maar hoogste 3) in het natte jaar 1998
3. Cumulatieve verdampingsreductie (potentiële minus actuele gewasverdamping) groeiseizoen (1 april – 1 oktober) 2003. Dit is een kleine aanpassing ten opzichte van eerdere versies van dit document, waarin deze test slechts een enkel moment betrof. Deze aanpassing is gedaan vanwege gebleken technische voordelen, inhoudelijk betreft het een verbetering, omdat over meerdere tijdstappen wordt vergeleken.
4. Watervraag peilbeheer per LSW in 1^e decade september 2003 (DEM_WMTOTAL), wanneer deze naar verwachting maximaal is.
5. Drainage per LSW in 2^e decade september 1998 (DRAINAGE_SH), wanneer deze naar verwachting maximaal is.
6. Zoutvracht per LSW in 2^e decade september 1998 (TO_DW), wanneer deze naar verwachting maximaal is (grootste zoutvracht tijdens afvoerpieken).
7. Tijdsverloop afvoeren / aanvoeren DM op vijf locaties (Inlaat Friesland (1124), doorvoer Groningen (1047), Inlaat Kromme Rijn (4034) en Afvoer Dieze (5015)) in 2003

Bij correcte implementatie van LHM 3.02 moeten de verschillende berekeningsresultaten (Deltamodel en LHM stand-alone) maximaal afrondingsverschillen zijn. Als criterium zijn hiervoor maximale verschillen van respectievelijk 1 cm, 1 cm, 1 mm, 0,1 m³, 0,1 m³, 1 kg, 0,1 m³/s voor de 7 testen gehanteerd. De eerste drie testen worden op 250x250 cel vergeleken; testen 4, 5 en 6 op LSW-niveau (In Nederland worden ruim 8500 LSW's gehanteerd). Test 7 kent 5 locaties, maar vergelijkt modelresultaten voor 36 decaden (1 jaar).

Berekeningen met het Deltamodel worden uitgevoerd op de Testomgeving bij Deltares; LHM berekeningen worden uitgevoerd op de NHI rekenserver bij Deltares.

Runs NHI-server:

- NHI 3.0.2 opgeleverd
- s:\runs\NHI302\NHI302_1998\
- s:\runs\NHI302\NHI302_2003\
- Meteorologie Deltamodel
- s:\runs\NHI302\NHI302_1998_KLIMAFEWS\
- s:\runs\NHI302\NHI302_2003_KLIMAFEWS\

Runs Deltamodel

- LHM 3.0.2 opgeleverd
- Meteorologie Deltamodel

F.3 Testresultaten (stand van zaken 13 november 2014)

De eerste ervaring met toepassing van LHM 3.02 in de rekenfaciliteit is dat berekeningen niet (helemaal) correct verliepen. Dit had te maken met de volgende zaken, die zijn aangepast tijdens het testen in de ontwikkelomgeving:

- 1 In LHM 3.02 zijn enkele aanpassingen in Metaswap verricht, o.a. om sneller te kunnen rekenen (zie Kroon, 2014 en Hoogewoud et al, 2014). Door de wijzigingen zijn enkele invoerbestanden van Metaswap (“init_svat” en “init_post.bda”) te groot geworden om te kunnen worden ingelezen als ZIP-bestanden. Binnen de rekenfaciliteit is daarom een aanpassing verricht om deze bestanden alsnog in te kunnen lezen.
- 2 In de rekenfaciliteit worden aan het begin van de berekening bestanden ingelezen voor een koude start (en bij langjarig doorlopende berekeningen wordt een warme start gebruikt). Het voor de koude start gebruikte bestand voor de initiële conditie van Metaswap is met behulp van het ontwikkelteam LHM aangepast om goede rekenresultaten te krijgen voor Metaswap.
- 3 De laatste dag van het jaar werd niet goed berekend in het Distributiemodel, door een ongelukkige combinatie van de aansturingsscripts rond LHM en het Deltamodel. Hiervoor is een wijziging in de aansturingsscripts doorgevoerd voor toepassing in de rekenfaciliteit.

Na deze aanpassingen zijn de verschillen in berekeningsresultaten in LHM 3.02 (stand-alone) en het Deltamodel verder getest. De testresultaten laten verschillen zien tussen de twee versies. Het betreft zowel kleinere verschillen als gevolg van verschillen in meteorologie, maar ook grotere verschillen als gevolg van *nodata*. Deze worden hieronder toegelicht.

F.3.1 Verschillen meteorologie LHM 3.0.2 – Deltamodel

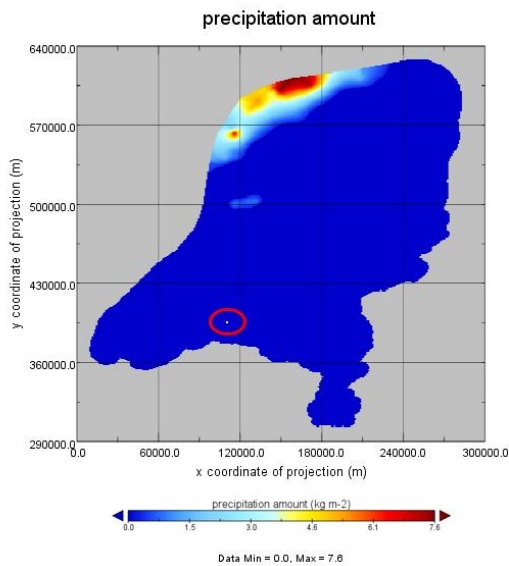
Monitoring van het implementatieproces laten verschillen zien tussen grondwaterstanden berekend door LHM 3.0.2 en het Deltamodel, in de orde van centimeters tot lokaal decimeters. De oorsprong van deze verschillen blijkt te liggen in de opgelegde meteorologie.

De opgeleverde versie LHM 3.0.2 maakt, anders dan het Deltamodel, geen gebruik van de KNMI14 referentie bestanden, maar gebruikt de gegevens die in 2011 voor LHM versie 2.2 beschikbaar zijn gesteld door het KNMI. De verschillen worden veroorzaakt door een verschillend aantal meegenomen meteostations in de gebiedsdekkende interpolatie (zie ook memo vergelijking KNMI06 – KNMI14). Door deze verschillen blijkt een exacte verificatie-vergelijking tussen LHM 3.0.2 en het Deltamodel niet mogelijk. Met expert-judgement kan wel goed worden ingeschat of buiten deze verschillen in meteorologie om beide modellen vergelijkbare resultaten geven. Dit lijkt het geval, op het volgende punt na.

F.3.2 Nodata leidt tot extreme grondwaterstanden

Naast bovengenoemde kleinere verschillen is voor de gehanteerde periode een zeer groot verschil (meters) naar voren gekomen, als gevolg van een *nodata*-cel in KNMI14 neerslaggrids binnen het Deltamodel.

Op een locatie onder Breda zijn extreem hoge grondwaterstanden geconstateerd in het Deltamodel. Deze bleken veroorzaakt door een *nodata*-cel in het KNMI neerslag grid dat binnen het Deltamodel wordt verwerkt (Figuur 1). Waarom een *nodata*-cel tot extreem hoge grondwaterstanden leidt is niet verder onderzocht. Na deze constatering is binnen FEWS ingezet op een methode in FEWS om *nodata*-cellen te voorkomen.



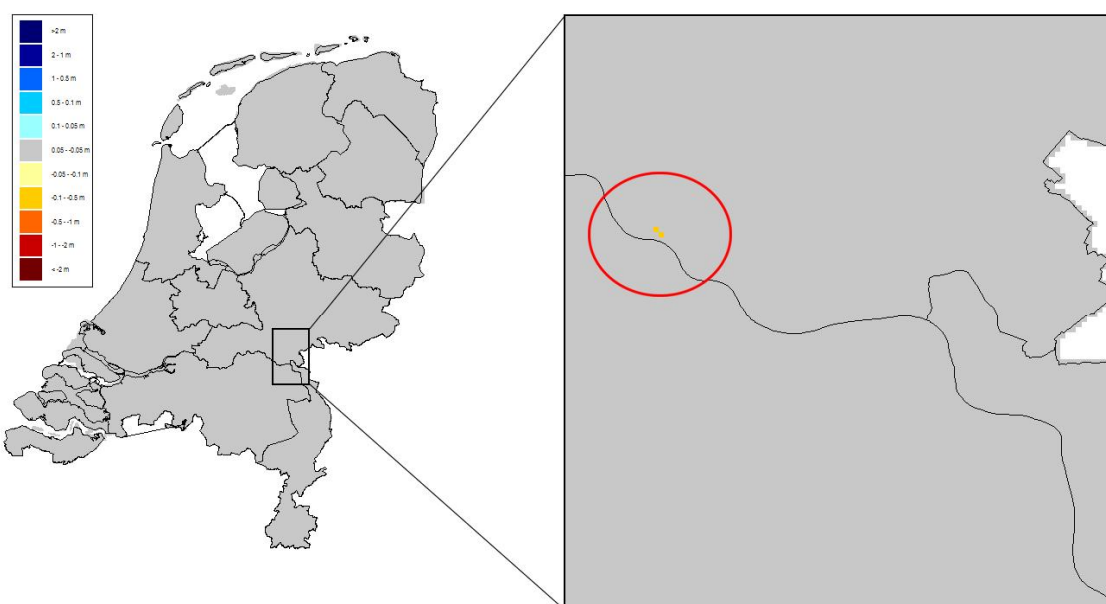
Figuur F.1 KNMI14 REF, neerslag 22 juni 2003, nodata-cel zichtbaar als omcirkeld wit puntje.

F.3.3 Verificatietest 1: LG3 2003 LHM 3.0.2 – Deltamodel met opgelegde meteorologie

Om uit te sluiten dat buiten bovengenoemde resultaten nog verschillen optreden in LHM 3.0.2 in het Deltamodel en de stand-alone versie, is de meteorologie die wordt gebruikt door LHM 3.0.2 stand-alone hard toegepast in het Deltamodel. De normale procedure, waarbij de meteorologie van het Deltamodel direct afkomstig is van de KNMI14 gegevens is daarbij overgeslagen. Het resultaat is beoordeeld voor de grondwaterstanden.

Vergelijking van de LG3 van het jaar 2003 tussen LHM 3.0.2 en het Deltamodel, gevoed met LHM 3.0.2 meteorologie, laat over het algemeen verwaarloosbare verschillen zien. Met uitzondering van enkele modelcellen langs de Maas onder Nijmegen vallen de verschillen binnen numerieke afrondingsfouten (Figuur F.2, Tabel F.1). De reden van de enkele afwijkingen is nog onbekend.

De minimale verschillen wijzen op een juiste opname van LHM 3.0.2 in het Deltamodel. Verschillen in de andere modelonderdelen (MetaSWAP, MOZART, DM) zouden via terugkoppelingen tot uitdrukking moeten komen in andere grondwaterstanden, en daarmee in het getoonde verschilbeeld. Verdere verificatie (paragraaf F.4.4) is evenwel nodig om volledig uitsluitel te kunnen geven.



Figuur F.2 Verschil LG3 2003 LHM 3.0.2 – Deltamodel LHM meteo.

Tabel F.1 Verschillen LG3 2003 LHM 3.0.2 – Deltamodel LHM meteo.

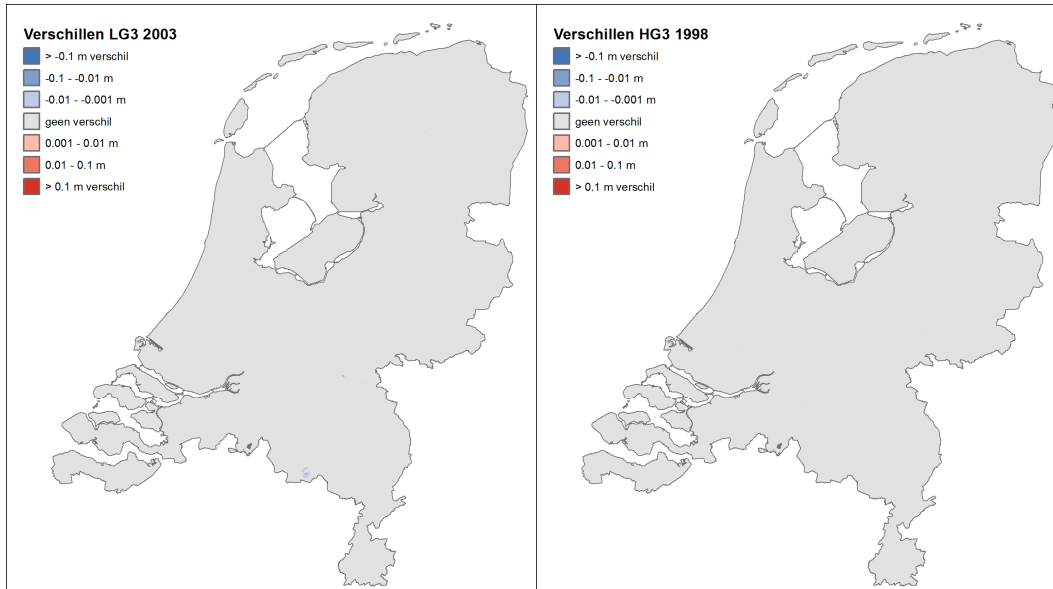
Aantal cellen	585917
Gemiddeld verschil	0.000001
Standaarddeviatie verschil	0.000467
0 percentiel verschillen	-0.303576
25%	-0.000001
50% (mediaan)	0.000000
75%	0.000001
100% (maximum)	0.038332

F.4 Resultaten

F.4.1 Verdere verificatie van juiste overzetting LHM 3.0.2 modelbestanden en software naar het Deltamodel

In deze stap is een vergelijking gemaakt tussen LHM 3.0.2, met opgelegde meteorologie afkomstig van het Deltamodel, en het Deltamodel.

F.4.1.1 Verschillen grondwaterstanden (MODFLOW)



Figuur F.3 Verschillen LG3 2003 (links) en HG3 1998 LHM 3.0.2, Deltamodel meteo versus Deltamodel.

Vergeleken grondwaterstanden laten verwaarloosbare verschillen zien tussen beide modellen (Figuur F.3, Tabel F.2). Juiste overname van software en basisbestanden van MODFLOW is daarmee geverifieerd. Enkele cellen laten significante afwijkingen zien, die vooralsnog niet verklaard kunnen worden (zie ook Figuur F.2).

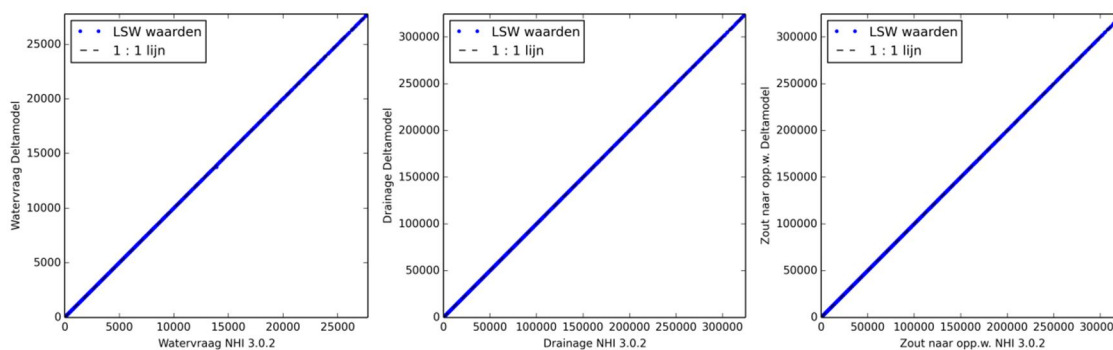
F.4.1.2 Verschillen cumulatieve verdampingsreductie groeiseizoen 2003 (Metaswap).



Figuur F.4 Verschillen cumulatieve verdampingsreductie LHM 3.0.2, Deltamodel meteo versus Deltamodel.

De vergeleken verdampingsreductie laat verwaarloosbare verschillen zien tussen beide modellen (Figuur F.4, Tabel F.2). Juiste overname van software en basisbestanden van Metaswap is daarmee geverifieerd.

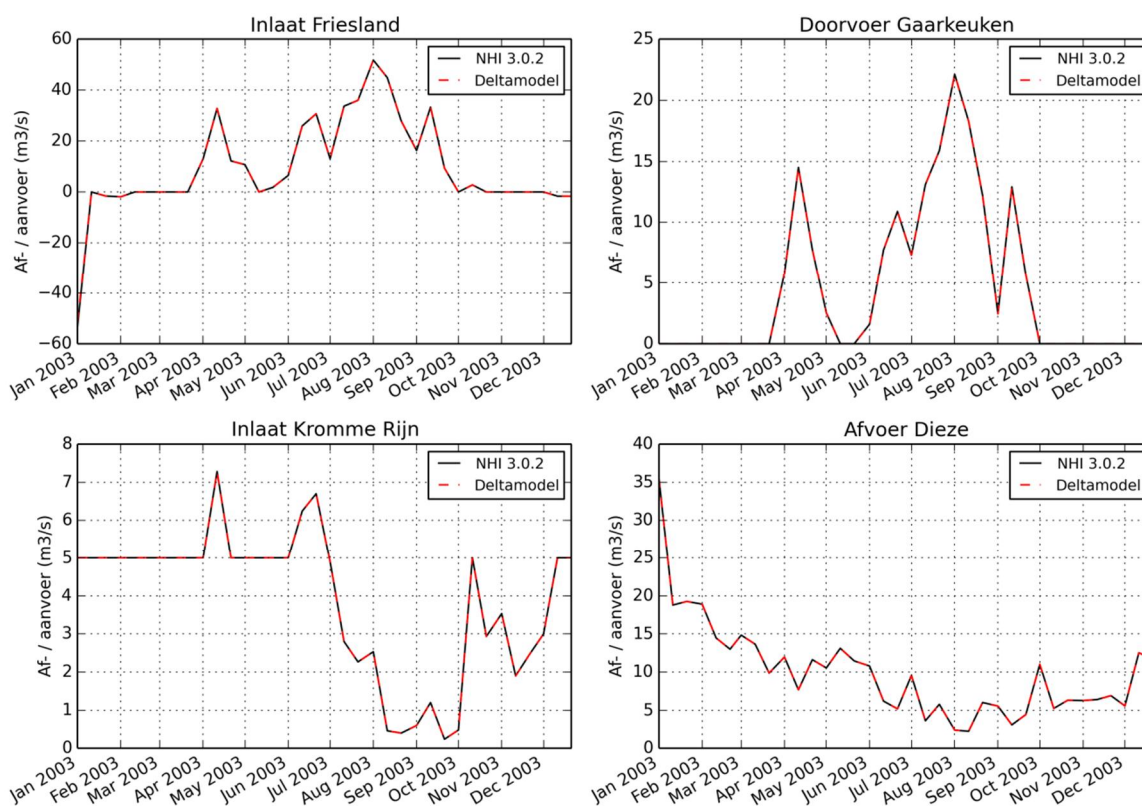
F.4.1.3 Watervragen, drainage, zoutuitspoeling per LSW (Mozart)



Figuur F.5 Verschillen watervraag 2003 (links), drainage 1998 (midden) en zoutvracht naar oppervlaktewater (rechts) LHM 3.0.2, Deltamodel meteo versus Deltamodel.

Verschillen tussen beide modellen voor wat betreft watervraag voor peilbeheer in eerste decade september 2003, drainage in tweede decade september 1998, en zoutvracht naar oppervlaktewater in tweede decade september 1998 zijn verwaarloosbaar (Figuur F.5, Tabel F.2). Juiste overname van software en basisbestanden van Mozart is daarmee geverifieerd.

F.4.1.4 Tijdsverloop afvoeren / aanvoeren hoofdsysteem (DM)



Figuur F.6 Verschillen af- en aanvoeren hoofdsysteem voor vier verschillende locaties LHM 3.0.2, Deltamodel meteo versus Deltamodel.

Beide modellen laten verwaarloosbare verschillen zien voor wat betreft af- en aanvoeren gedurende het jaar 2003 (Figuur F.6, Tabel F.2).

In eerste tijdstep zijn verschillen te zien die samenhangen met een andere initialisatie ('warm state') van DM in LHM 3.0.2 versus het Deltamodel. Deze andere initialisatie hangt alleen samen met de gekozen manier van testen en zal geen invloed hebben op verdere berekeningen. Juiste overname van software en basisbestanden van DM is daarmee geverifieerd.

F.4.1.5 Conclusie

Modelsoftware en invoerbestanden van LHM 3.0.2 zijn juist overgezet naar het Deltamodel. Geen van de getoetste parameters laat significante afwijkingen zien ten opzichte van LHM 3.0.2.

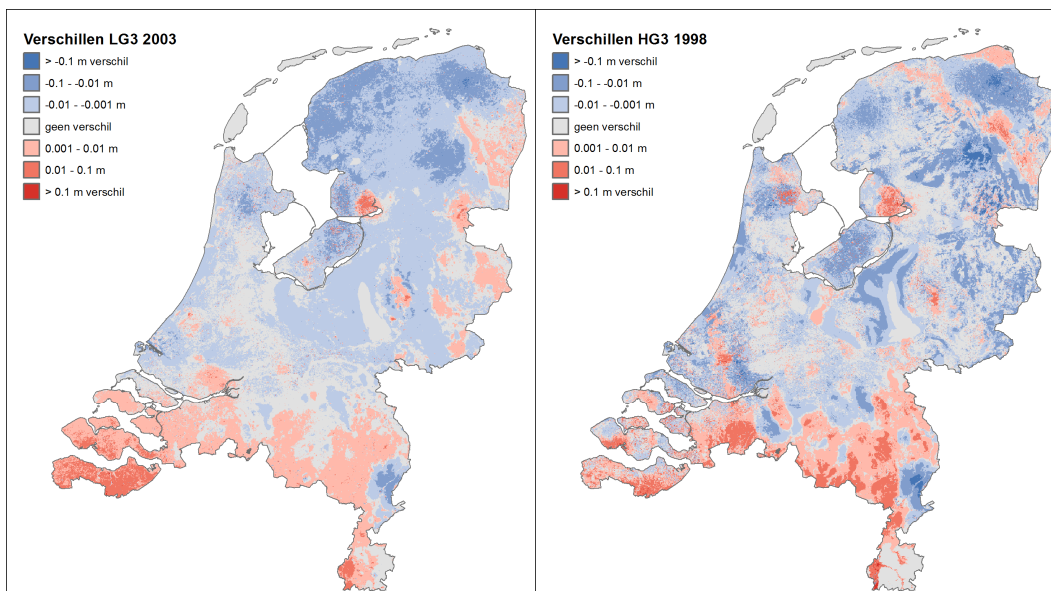
Tabel F.2 Samenvatting testverschillen LHM 3.0.2, Deltamodel meteo – Deltamodel.

	LG3 2003	HG3 1998	Verd. reductie 2003	Vraag peilbeheer 2003	Drainage 1998	Zoutvracht 1998	Af- aanv. hoofdsys. 2003
Aantal waarden	585917	585917	585917	8513	8513	8513	144
Gemiddeld verschil	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.012
Standaarddeviatie	0.001	0.000	0.4	2.1	1.9	0.0	0.146
0%	-0.921	-0.021	-256.6	-184.9	-86.4	0.0	-0.010
25%	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
50% (mediaan)	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
75%	0.000	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
100% (maximum)	0.250	0.021	67.3	44.9	86.4	0.0	1.746

F.4.2 Toetsing van juiste implementatie Deltamodel inclusief KNMI14 meteorologie

In deze stap is een vergelijking gemaakt tussen het opgeleverde LHM 3.0.2 en het Deltamodel. Vooraf aan deze vergelijking is bekend dat de opgelegde meteorologie afwijkt tussen beide modellen. Verschillen die te herleiden zijn tot – beperkte – verschillen in de meteorologie worden daarom verwacht. Deze verschillen worden geduid met expert judgement, mede vanuit het LHM ontwikkelteam.

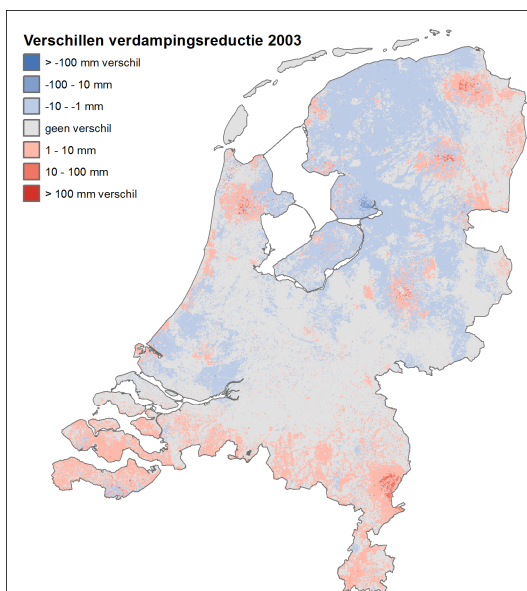
F.4.2.1 Verschillen grondwaterstanden (MODFLOW)



Figuur F.7 Verschillen LG3 2003 (links) en HG3 1998 LHM 3.0.2 versus Deltamodel.

Vergeleken grondwaterstanden laten kleine verschillen zien tussen beide modellen (Figuur F.7, Tabel F.3).

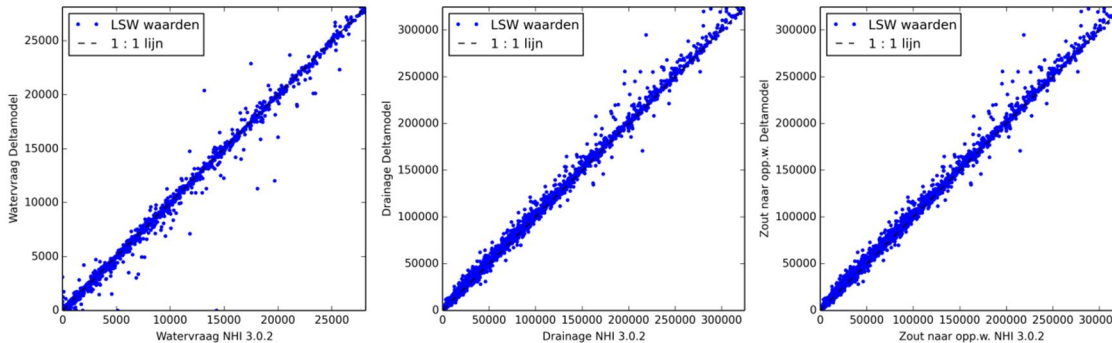
F.4.2.2 Verschillen cumulatieve verdampingsreductie groeiseizoen 2003 (Metaswap)



Figuur F.8 Verschillen cumulatieve verdampingsreductie LHM 3.0.2 versus Deltamodel.

De vergeleken verdampingsreductie laat kleine verschillen zien tussen beide modellen (Figuur F.8, Tabel F.3)

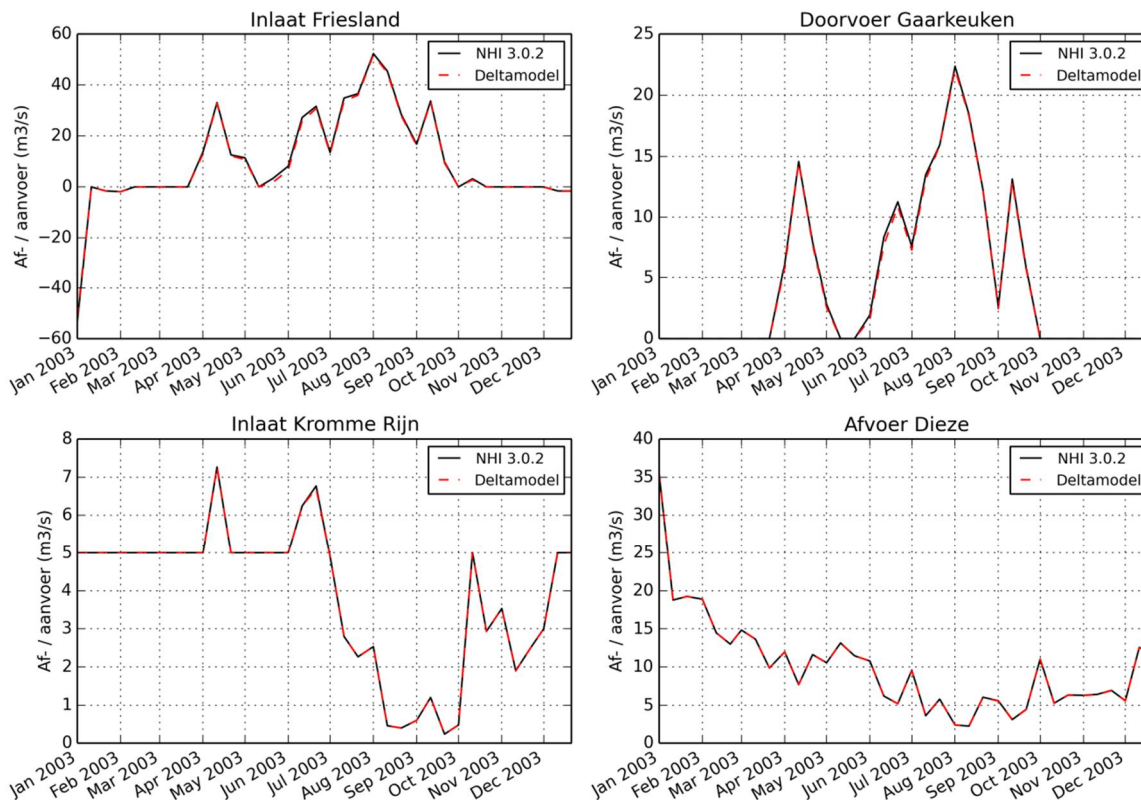
F.4.2.3 Watervragen, drainage, zoutuitspoeling per LSW (Mozart)



Figuur F.9 Verschillen watervraag 2003 (links), drainage 1998 (midden) en zoutvracht naar oppervlaktewater (rechts) LHM 3.0.2 versus Deltamodel.

Verschillen tussen beide modellen voor wat betreft watervraag voor peilbeheer in eerste decade september 2003, drainage in tweede decade september 1998, en zoutvracht naar oppervlaktewater in tweede decade september 1998 zijn beperkt (Figuur F.9, Tabel F.3).

F.4.2.4 Tijdsverloop afvoeren / aanvoeren hoofdsysteem (DM)



Figuur F.10 Verschillen af- en aanvoeren hoofdsysteem voor vier verschillende locaties LHM 3.0.2 versus Deltamodel.

DM-resultaten voor beide modellen laten verwaarloosbare verschillen zien voor wat betreft af- en aanvoeren gedurende het jaar 2003 (Figuur F.6, Tabel F.2).

Opgeschaald tot de interactie met het hoofdsysteem heeft de verschillende opgelegde meteorologie blijkbaar geen significante invloed.

F.4.2.5 Conclusie

Modelsoftware en invoerbestanden van LHM 3.0.2 zijn juist overgezet naar het Deltamodel. Geen van de getoetste parameters laat significante afwijkingen zien ten opzichte van LHM 3.0.2 die niet verklaard kunnen worden vanuit verschillen in opgelegde meteorologie tussen beide modellen.

Tabel F.3 Samenvatting testverschillen LHM 3.0.2, Deltamodel meteo – Deltamodel.

	LG3 2003	HG3 1998	Verd. reductie 2003	Vraag peilbeheer 2003	Drainage 1998	Zoutvracht 1998	Af- aanv. hoofdsys. 2003
Aantal waarden	585917	585917	585917	8513	8513	8513	144
Gemiddeld verschil	-0.002	-0.005	-0.4	-45.5	1727.4	0.0	-0.113
Standaarddeviatie	0.009	0.023	2.4	913.5	10111.7	0.0	0.320
0%	-1.027	-0.999	-275.3	-43872.9	-132287.0	0.0	-1.624
25%	-0.004	-0.005	-1.1	0.0	-5.2	0.0	-0.045
50% (mediaan)	-0.001	-0.001	-0.2	0.0	272.2	0.0	0.000
75%	0.000	0.000	0.4	0.0	1256.3	0.0	0.000
100% (maximum)	0.415	0.290	95.2	31923.8	407289.6	0.0	1.549

F.5 Conclusies en aanbevelingen

LHM 3.0.2 is succesvol opgenomen in het Deltamodel. Gesignaleerde verschillen zijn verklaarbaar vanuit verschillen in meteorologie tussen LHM 3.0.2 en het Deltamodel, dit is getoetst bij experts uit het NHI team. Enkele aanpassingen zijn verricht voor het correct doorlopen van de workflow. Er zijn *nodata*-cellen geconstateerd in enkele KNMI14 neerslag grids, die leiden tot foute modeluitkomsten. Hiertoe is een extra interpolatiestap ingebouwd in de verwerking van KNMI14 gegevens tot Deltamodel invoer.

Na doorvoeren van de laatste wijzigingen in de testfase zijn omwille van tijdige oplevering de uitgevoerde testen niet meer opnieuw herhaald.

De ervaring leert dat bij de implementatie van LHM er nog veel handmatige stappen nodig zijn om een nieuwe versie te implementeren in het Deltamodel. Aanbevolen wordt om in de toekomst de testen binnen het project LHM uit te breiden met specifieke testen voor toepassing in het Deltamodel (en desgewenst ook voor RWsOS Waterbeheer). Bij deze testen kan gebruik gemaakt worden van de opendap data op de NMDC server.

G Script Integratie test

De integratie testen worden uitgevoerd door middel van een R-script. Dit script is te hanteren door iemand met ervaring met R.

Voordat de integratietest wordt uitgevoerd moet de mapping file worden gecheckt. Dit is een handmatige actie waarbij Sobek link id's moeten worden gekoppeld aan KRW-Verkenner links. Dit is het meest eenvoudig uit te voeren in GIS.

G.1 Invoer

Het script leest een aantal bestanden in die ieder in een uitvoer directory moeten worden geplaatst. Dit zijn:

Bestand	Omschrijving	Locatie
segmentFile.txt	Bestand dat de segment volgorde beschrijft die de waterbalans module van de KRW-Verkenner ingaat.	Rundir Water flowmodel ²
Wbout_yyyy_p.txt	Uitvoer van de waterbalans rekenkern. Bevat alle flows voor alle links.	Rundir Water flowmodel \ Temp ³
WFD_links file	Input bestand van de KRW-Verkenner wat de links beschrijft.	Input folder.

Daarnaast is er 1 generieke file die waarin de koppeling met de meetlocaties beschreven is. Dit is de "mapping.csv" file en bevat de volgende informatie:

MeetlocID	LSM_id	WFD_link	LinkDir	SobekRev
Lobith	R_RT_001_20	L296	1	1
PannerdensKanaal	R_RT_004_1	L1532	1	1
Waal	R_RT_002_1	L294	-1	1
Kornwerderzand	656	L3544	-1	1
Nieuwe Waterweg	R_NDB_1_4	L2	1	1
Den Oever	646	L3544	-1	1
Haringvliet	R_NDB_98_20	L2763	1	1
Eijsden	R_MS_002_19	L253	1	1
Haarlemmerringvaart	RL_462-058-01863_1	L7108	-1	-1
IJssel	R_YSV_P_5576558_20	L634	1	1
Amstel - Uithoorn	WN_3_11	L8018	1	1
ARK- Wijk bij Duurstede	R_ARK_0_3	L2712	1	1
Noordzeekanaal	WN_CH1273_16	L9037	1	1
Zijkanaal - Twentekanaal	TW_2_2	L3493	-1	-1

² c:\Users\<user>\AppData\Local\Deltares\WFD-Explorer-2.#.#\Plugins\WfdExplorer\WaterFlowModel0D\

³ Na de run wordt dit bestand bewaard in de Temp folder. Om de bestanden gedurende een berekening uniek te houden wordt een yyyy_p suffix aan de naam toegevoegd.

Waarbij:

- LSM_id: Referentie naar de Sobek uitvoerlocatie in de Reachseg.his file
- WFD_link: Representatieve link in de KRW-Verkenner schematisatie
- LinkDir: Factor die aangeeft wat de richting is van de WFD link ten opzichte van de Sobek branch. 1 geeft aan dat ze dezelfde richting hebben, -1 geeft een tegengestelde richting aan.
- SobekRev: De meeste Sobek links zijn in de afvoerrichting geplaatst. Een aantal echter niet. Deze moeten in de vergelijkingen omgedraaid worden om deze goed te kunnen vergelijken met de afvoerrichting van de Verkenner. -1 geeft aan dat deze gespiegeld moeten worden.

Standaard worden 4 mappen gebruikt bij de integratietest, voor de verschillende stappen in de integratietesten. De namen spreken voor zich. Tot slot worden de Sobek resultaten ingelezen. De Sobek resultaten zijn afkomstig uit een binair bestand, die alle flows van alle Sobek links bevat. In FEWS wordt een view gecreëerd die alleen de 14 meetlocaties beschikbaar stelt. Voor testen is een script in Python gebruikt die het Sobek resultaat uitleest en in een csv bestand plaatst.

G.2 Werking

Het script bestaat uit een hoofdsript en een functies script.

- Compare_Wabacore_output.R → hoofdsript
- General_Functions.R → functies script

De werking van het script in hoofdlijnen:

- Lees resultaten Flows in.
- Koppel met meetlocaties → resultaat is een gefilterde lijst.
- Koppel met de segmenten file en de links file. De laatste bevat de gedefinieerde richting. Op basis hiervan kan het resultaat van de waterbalans berekening in de gedefinieerde richting worden gezet → flows op de gedefinieerde richting. Per link een positieve en een negatieve.
- Splits positieve flows en negatieve flows in aparte kolommen en aggregereer deze vervolgens per link → resultaat is een tabel met voor alle Links in de KRW Verkenner een positieve en negatieve flow.
- Reken de Netto flow uit. Draai eventueel de positieve en negatieve flow om op basis van de LinkDir veld (voor IT1 en IT2) of met de SobekRev (IT3 en IT4) → Per link een Net_flow.
- Lees Sobek resultaat in en bereken het kwartaalgemiddelde → resultaat is een kwartaalgemiddelde waarde per meetlocatie.
- Koppel KRW-Verkenner resultaat met het Sobek resultaat.
- Reken het verschil tussen Sobek en Net_flow uit → resultaat: Een Diff_Abs en een Dif_rel per station.
- Exporteer naar csv files.

G.3 Uitvoer

De uitvoer van het script bevat een aantal kolommen die nadere beschrijving nodig hebben:

- LinkDir: factor die verklaard wat de richting is van de link in de KRW-Verkenner is ten opzichte van Sobek. Bijvoorbeeld bij Den Oever en Kornwerderzand zijn deze tegengesteld. De LinkDir wordt gebruikt om de NetFlow te berekenen voor de **ongeaggregeerde absolute debiet** die vergeleken wordt met het Sobek debiet.
- SobekRev: Voorondersteld is dat Sobek zijn links in de **afvoer** richting heeft geplaatst. Dit is bij alle locaties het geval op de Haaremerringvaart en het Zijkanaal –Twentekanaal. Hiermee wordt de NetFlow berekend voor de **geaggregeerde relatieve debiet**.
- Pos_flow en Neg_flow: Iedere link heeft twee debieten, een positieve en negatieve. Dit om menging mogelijk te maken. Dit zal je alleen terugzien in getijdegebieden en mogelijk regionale polder boezemsystemen.
- NetFlow: Gebaseerd op het Saldo van Pos_flow en Neg_flow, gecorrigeerd voor de LinkDir/SobekRev factor.
- Sobek_avg_flow: Dit is het tijdsgemiddelde Sobek debiet.
- Diff: Sobek_avg_Flow - NetFlow.

H Details integratie test stap 2: WQint

In de volgende sub paragrafen worden de testen verder beschreven inclusief het resultaat. Deze test is veel uitgebreider beschreven dan de andere tests. In deze stap wordt namelijk functioneel de grootste stap gezet. Het is van groot belang dat deze goed uitgetest is.

De werking van WQint heeft een aantal randvoorwaarden:

- WQint schrijft als output voor de KRW-Verkenner vaste bestandsnamen in de workdir weg. In Sobek is dat de CMTWORK.
- WQint begint met het wegschrijven van een periode als de startdatum wordt bereikt. Voorbeeld: Bij een aggregatie van kwartalen en een jaar simulatie die begint op 12 feb dan zal wqint beginnen met kwartaal 2 op 1 april.
- WQint middelt over het aantal dagen in de periode, ook al is deze periode niet afgerond. Voorbeeld. Een simulatie die slechts 10 maanden bevat zal bij een jaaraggregatie het gemiddelde over deze 10 maanden geven.
- De KRW-Verkenner kan in tegenstelling tot Sobek geen dubbele verbindingen aan tussen twee dezelfde segmenten. Dit is een presentatie kwestie in de KRW-Verkenner. Deze worden door WQint samengevoegd tot een enkele link, waarbij de flows bij elkaar geteld worden.

H.1 Versie

Wijzigingen aan de code van WQINT zijn doorgevoerd in wqint versie 2.3.2. De testen zijn uitgevoerd op een stand-alone versie van LSM 1.2 (dd 8 oktober 2014). Dit is **niet** het resultaat van LSM op de acceptatie omgeving. Deze was nog net beschikbaar op het moment van de test.

H.2 Config testen

WQint wordt aangestuurd via een ini file. Daarin zijn een aantal opties meegenomen. Onderstaand veld geeft de extra keywords die nodig zijn om WQint op de juiste manier aan te sturen:

```
[Input files]
Timestamp=@delwaq4.inp
```

```
[Couple Options]
InterfaceWFDEplorer=-1
```

```
[InterfaceWFDEplorer]
Period=
NeglectZeroBoundaries=-1
```

Keyword	Beschrijving	Resultaat test
Timestamp	Geeft de T0 voor de Sobek WQ door. Noodzakelijk om de relatieve tijden ten opzichte van T0 in WQint te vertalen naar absolute tijden.	Bij start op 25-dec zal de WQint pas op 1 januari beginnen met de aggregatie. Dit werkt naar behoren
InterfaceWFDEplorer	-1: True → schrijf output KRW-Verkenner 0: False → geen output voor KRW-Verkenner Omitted → geen output voor KRW-Verkenner	Werkt
Period	Omitted: QUARTER (kwartalen (1/1-31/3, 4/1 – 30/6, enz.) YEAR: (jaargemiddeld 1/1-31/12) MONTH (maandgemiddeld 1/1-31/1, enz.) DECADE (Decade basis 1/1, 1/11,21/1, enz.)	Werkt, na een aanpassing in de code ook voor MONTH en DECADE.
NeglectZeroBoundaries	-1: True → Nul waarden "0" voor Flows en boundaries worden niet weggeschreven. 0: False → Nul waarden "0" worden wel weggeschreven.	Werkt. Beide typen uitvoer worden gebruikt om de inhoud van de files te testen.

H.3 Format testen

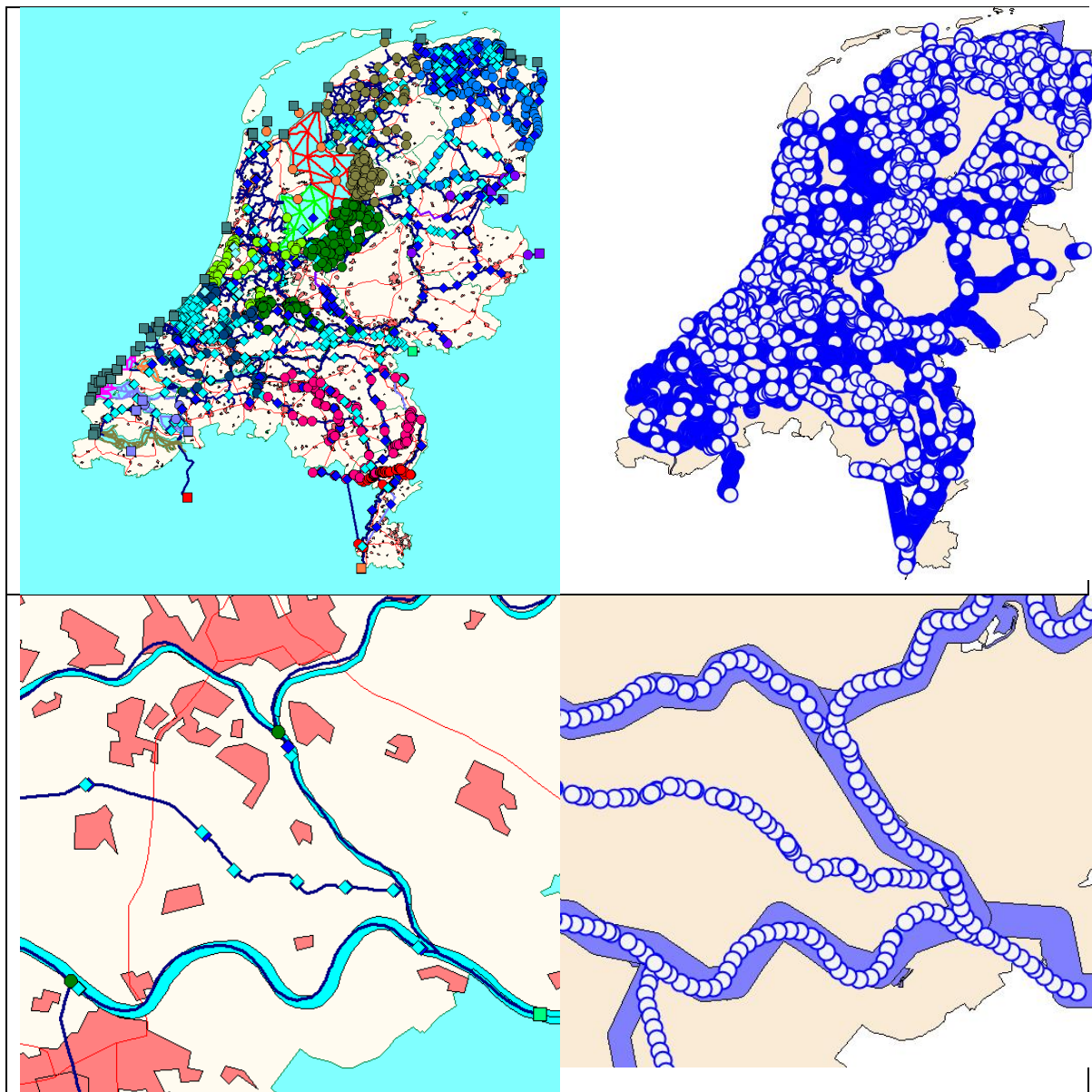
De KRW-Verkenner verwacht ASCII formaat bestanden. De diverse velden worden gescheiden door ";" WQint genereert de files onder de volgende bestandsnamen:

KRW-Verkenner file	Bestandsnaam
Segments	WFDnodes.csv
Volumes	WFDnodesData.csv
Int_exchanges	WFDlinks.csv
Int_flows	WFDlinksData.csv
Boundaries	WFDsources.csv
Bnd_flows	WFDsourcesData.csv

Op deze bestanden worden de volgende testen uitgevoerd:

#	Type	File	Omschrijving	Check en resultaat
1	Format	Integratie	Import alle files in de KRW-Verkenner	KRW-Verkenner herkent het formaat en leest ze rechtstreeks in → goed
2	Format	Alle	Check de velden van de bestanden	Alle bestanden moeten de afgesproken records bevatten → goed

Ad Test 1: Enkele schermafbeeldingen van de schematisatie in de KRW-Verkenner:



File	Header	Compleet
Segments	NODEID; NAME; TAG; WFDTYPE; WATERVOL; WATERHSURF; X; Y; LENGTH	Alle velden zijn wegeschreven, hebalve het WFDtype. Dit wordt later toegevoegd in een vervolgstap.
Boundaries	Sourceld; Name; Nodeld; DefaultEmissionTypeld	Alle velden worden wegeschreven
Int_exchanges	Linkid; Tag; NodeFrom; NodeTo	Alle velden worden wegeschreven. Het Veld Tag krijgt al default label "Sobek"mee.
Volumes	NodelD; Volume; Surf; Year; Period	Alle velden worden wegeschreven.
Int_flows	LinkId; FlowType; Value; Year; Period	Alle velden worden wegeschreven. FlowType staat op "A" wat een absolute waarde voorstelt.
Bnd_flows	Sourceld; EmissionTypeld; Variableld; Value; RemEff; Year; Period	Alle velden worden wegeschreven. EmissionType bevat het Sobek type. VariableID is overal Q. RemEff staat op 0. Correct geïmplementeerd.

Alle bestanden bevatten de juiste informatie en headers.

H.4 Aantal testen

Het is bekend uit hoeveel objecten de schematisatie van het LSM bestaat. Gebaseerd op dat aantal kan voorafgaand een check uitgevoerd worden op de aantallen objecten en verbindingen, los van de inhoud. In onderstaande tabel worden de testen beschreven:

#	Type	File	Omschrijving	Check en resultaat
3	Aantal	Segments	Aantal segmenten in Sobek moet overeen komen met het aantal SWU's in KRW-Verkenner	Check aantal elementen in zowel Sobek als Delwaq_segment file → goed
4	Aantal	Boundaries	Het aantal Sobek boundaries komt overeen met het aantal puntbronnen in de KRW-Verkenner	Vergelijk de boundwq.id uit Sobek met de KRW-Verkenner punt bronnen. Het aantal komt overeen → goed
5	Aantal	Int_exchanges	Het aantal Exchanges in de KRW-Verkenner wijkt af van de Sobek exchanges in de pointer tabel. Sobek omvat de boundaries en de dubbeltellingen.	Filter de dubbele, de spiegelingen en de boundaries uit de Sobek pointer. Vervolgens moet het aantal uitwisselingen weer kloppen. → goed
6	Aantal	Int_flows	Voor iedere internal exchange zijn er per KRW-Verkenner periode 2 flows (een positief, een negatief).	Optioneel kunnen alle nullen weggeschreven worden. → goed
7	Aantal	Volumes	Voor iedere SWU node is er per periode een volume en surface record	Het aantal records is dus een integer (# perioden) maal het aantal SWU nodes → goed
8	Aantal	Bnd_flows	Voor iedere boundary is er per periode een record.	Het aantal records is dus een integer (# perioden) maal het aantal Boundaries → goed

H.4.1 Uitwerking aantal testen

Het Landelijk Sobek model versie 1.2 (Stand-alone) bevat het volgende aantal objecten:

Object	Aantal
Delwaq segmenten	27884
Uitwisselingen	38207; inclusief boundaries
Puntbronnen	9272; bestaande uit 20 typen

Het aantal segmenten moet rechtstreeks overeenkomen met het aantal Delwaq segmenten. De Uitwisselingen van het Landelijk Sobek model komen niet direct overeen met het aantal (Internal) links in de KRW-Verkenner. In het Sobek model zijn de boundaries ook opgenomen in de uitwisselingstabel. Daarnaast is het voor Sobek mogelijk om meerdere uitwisselingen tussen twee dezelfde segmenten te definiëren. De KRW-Verkenner wil de boundaries in een aparte lijst hebben en de dubbele links eruit gefilterd hebben.

LSM is alleen voor kwartaal 4 doorgerekend:

#	Type	File	Omschrijving	Check	Resultaat
3	Aantal	Segments	Aantal segmenten in Sobek moet overeen komen met het aantal SWU's in KRW-Verkenner	Check aantal elementen in zowel Sobek als Delwaq_segment file	Zowel de KRW-Verkenner als de LSM schematisatie hebben 27884segmenten
4	Aantal	Volumes	Voor iedere SWU node is er per periode een volume en surface record	Het aantal records is dus een integer (# perioden) maal het aantal SWU nodes	In totaal $1 * 27884 = 27884$ records.
5	Aantal	Int_exchanges	Het aantal Exchanges in de KRW-Verkenner wijkt af van de Sobek exchanges in de pointer tabel. Sobek omvat de boundaries en de dubbeltellingen.	Filter de dubbele, de spiegelingen en de boundaries uit de Sobek pointer. Vervolgens moet het aantal uitwisselingen weer kloppen.	Sobek pointer bevat na verwijderen van dubbele links, boundaries en reversed links in totaal 28935 links. Deze zijn opgenomen in de Int_exchanges file
6	Aantal	Int_flows	Voor iedere internal exchange zijn er per KRW-Verkenner periode 2 flows (een positief, een negatief).	Check het aantal flows. Optioneel kan de Verkenner de "zero" flows er uit filteren. Voer zowel alle flows uit en de flows exclusief de zero flows.	Inclusief nul flow zijn $2 * 28935 = 57870$ records te verwachten.
7	Aantal	Boundaries	Het aantal Sobek boundaries komt overeen met het aantal puntbronnen in de KRW-Verkenner	Vergelijk de boundwq.id uit Sobek met de KRW-Verkenner punt bronnen. Het aantal komt overeen	De KRW boundary file bevat in totaal 18586 bronnen. Dit is exact tweemaal het aantal puntbronnen in Sobek. Iedere bron komt namelijk als lozing en onttrekking voor.
8	Aantal	Bnd_flows	Voor iedere boundary is er per periode een record.	Het aantal records is dus een integer (# perioden) maal het aantal Boundaries	Voor iedere lozing 1 records, dus 18586 in totaal.

Ad Test 5:

Sobek pointer bevat:

Links	incl. Bound	38207
Internal links	excl. Bound	28935
Boundaries		9272
Duplicates	incl. Bound	0
Duplicates	excl. Bound	0
Reversed	incl. Bound	0
Reversed	excl. Bound	0
WFD int links		28903

Door de wijze van schematisatie in LSM, waarbij op Connection Nodes een volume wordt toegekend, wordt automatisch voorkomen dat er dubbele en gespiegelde verbindingen ontstaan. Dit is wel zo overzichtelijk.

Ad test 6:

Onderstaande tabel geeft de flows weer die WQint weggeschreven heeft (optie alle flows wegschrijven):

Periode	Flows	Zero Flows	# per periode
4	38992	18878	57870

H.5 Resultaten op meetlocaties

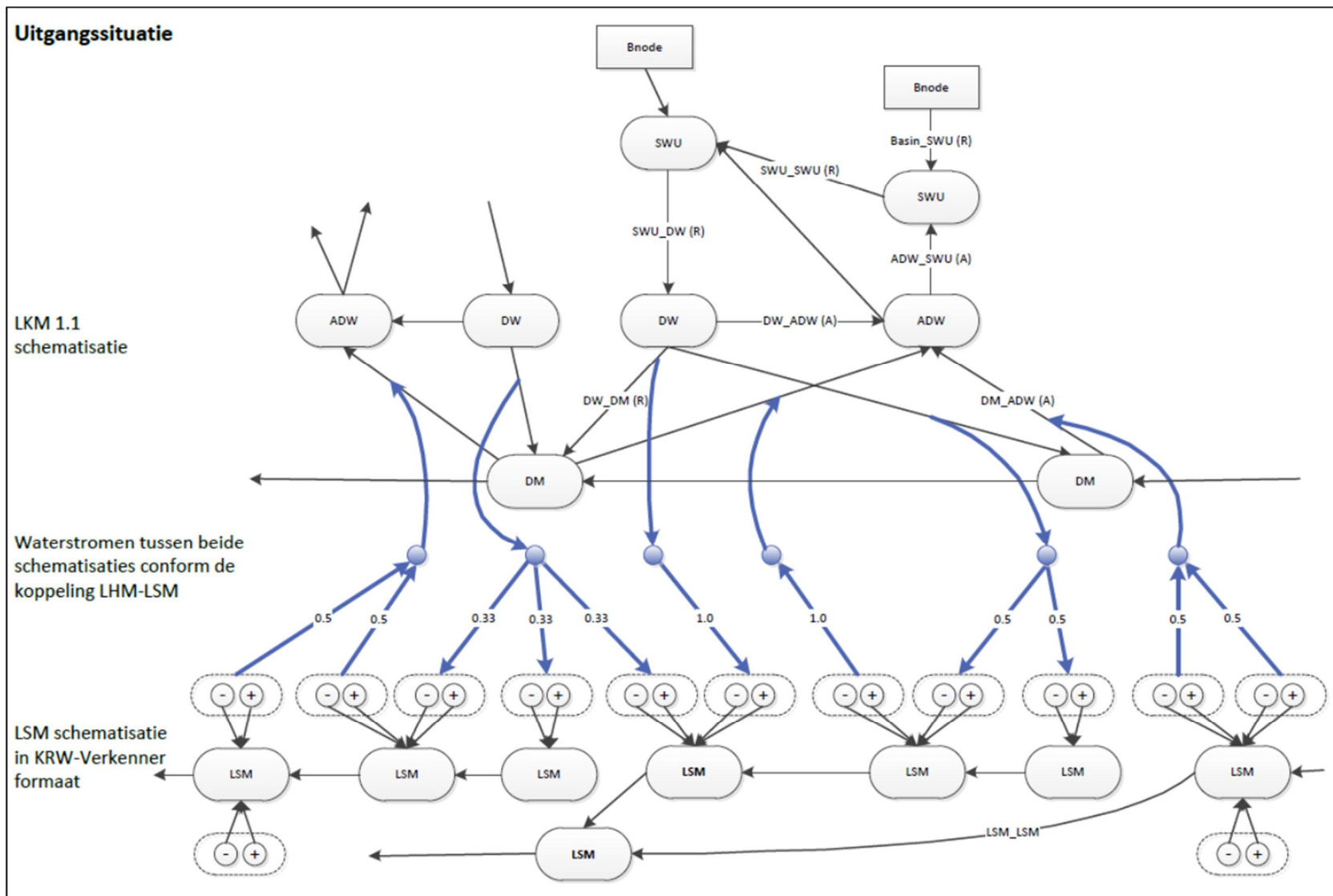
In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven van de KRW-Verkenner schematisatie en vergeleken met de Sobek gemiddelde debieten over het 4^e kwartaal van 1998.

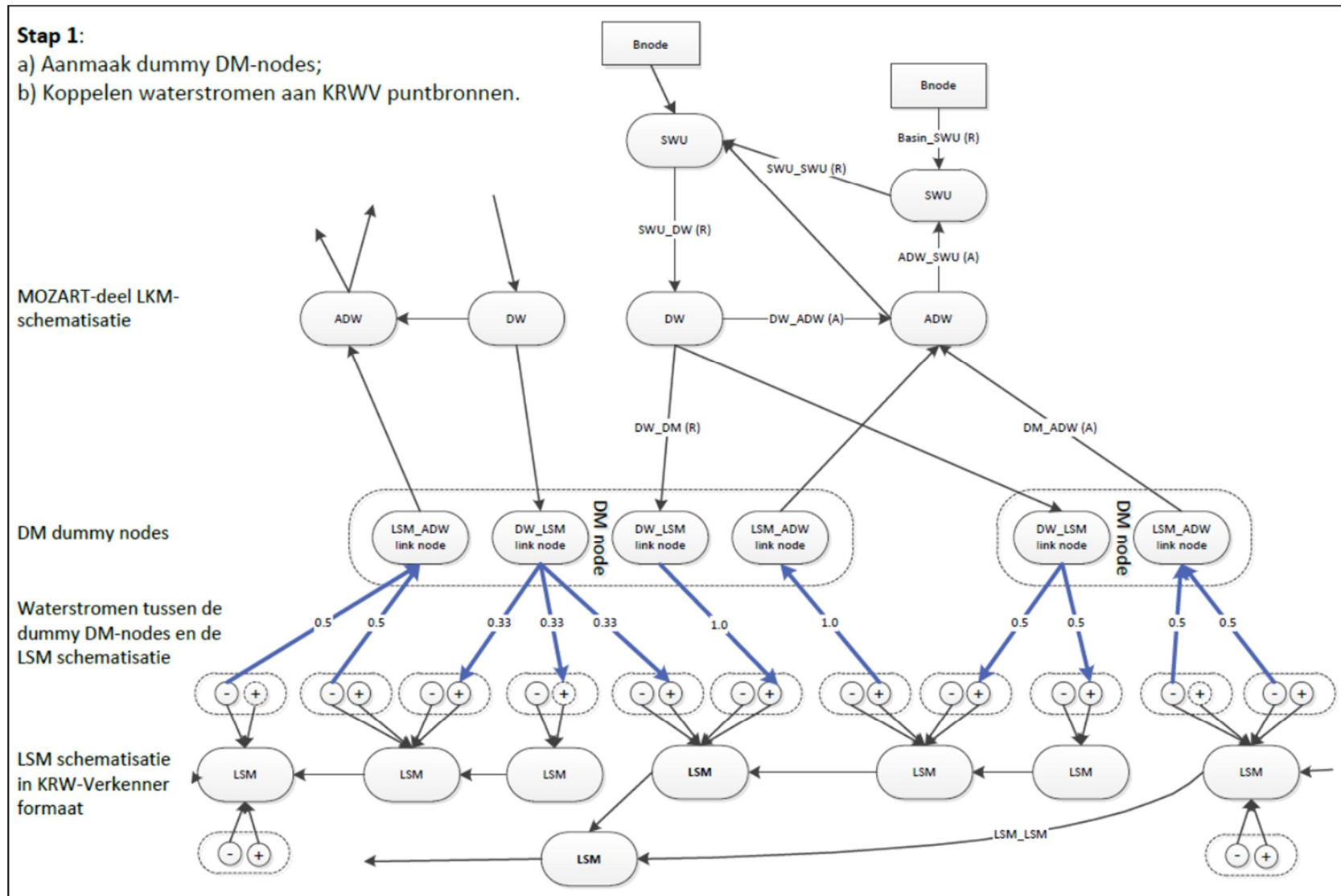
MeetlocID	LinkDir	Pos_flow (m3/s)	Neg_flow (m3/s)	NetFlow (m3/s)	Sobek_avg Flow (m3/s)	Diff_Abs (m3/s)	Diff_Perc (%)
Den Oever	-1	0	-676.6	676.6	676.6	0	0
Kornwerderzand	-1	0	-436.5	436.5	436.5	0	0
ARK- Wijk bij Duurstede	1	12.78	0	12.78	12.79	0.01	0.1
Eijsden	1	470.4	0	470.4	470.4	0	0
Nieuwe Waterweg	1	1949	-12.03	1936.97	1937	0.03	0
Haringvliet	1	1748	0	1748	1748	0	0
Lobith	1	3444	0	3444	3444	0	0
Waal	-1	0	-2335	2335	2335	0	0
PannerdensKanaal	1	1109	0	1109	1109	0	0
IJssel	1	409.5	0	409.5	409.5	0	0
Haarlemmerringvaart	-1	11.91	0	-11.91	-11.91	0	0
Zijkanaal - Twentekanaal	-1	0.4063	0	-0.4063	-0.4063	0	0
Amstel - Uithoorn	1	1.278	0	1.278	1.278	0	0
Noordzeekanaal	1	120.8	0	120.8	120.8	0	0

De verschillen in uitkomsten zijn niet significant en laten zien dat de KRW-Verkenner de waterbalans van het LSM goed overneemt.

I Koppeling MOZART – LSM in LKM schematisatie

In de navolgende figuren is geschetst hoe de koppeling tussen MOZART en LSM binnen de LKM schematisatie tot stand is gekomen als consequentie van de vervanging van de resultaten van het Distributiemodel door de resultaten van LSM.





Stap 2:

- a) Maken links tussen dummy DM-nodes en LSM-nodes;
- b) Verwijderen KRWW puntbronnen van koppeling;
- c) zo nodig samen nemen van meerdere links tussen een dummy DM-node en een LSM-node.

MOZART-deel LKM-schematisatie

Dummy DM-nodes

Links tussen dummy DM-nodes en LSM-nodes

LSM-schematisatie zonder puntbronnen van de koppeling

