

D-Flow FM 2D Deelmodel RMM



Modelschematisaties zijn numerieke wiskundige modellen van het watersysteem. Voor de uitvoering van haar kerntaken rondom de Nederlandse hoofdwatersystemen gebruikt en ontwikkelt Rijkswaterstaat modelschematisaties.

De ontwikkeling van de nieuwe, zesde generatie, modelschematisaties van de door Rijkswaterstaat beheerde watersystemen resulteert in een set schematisaties voor alle Rijkswateren en een aantal aangrenzende gebieden.

De modelschematisaties van deze watersystemen sluiten naadloos op elkaar aan. Daarmee wordt het mogelijk om op termijn één model voor het gehele hoofdwatersysteem te ontwikkelen.

De modelschematisaties zijn gebaseerd op de D-HYDRO Suite software, waarmee Rijkswaterstaat haar modellen op de laatste stand van de techniek baseert.

Contactgegevens:

Voor vragen n.a.v. deze publicatie kunt u terecht bij het Informatiepunt Leefomgeving:
iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/



Source: Esri, DeLorme, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Introductie

Rijkswaterstaat maakt ten behoeve van haar kerntaken gebruik van verschillende modelschematisaties van de Rijkswateren en het Hoofdwatersysteem. Deze modelschematisaties worden o.a. ingezet voor de operationele verwachtingen, vergunningverlening, planstudies en het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium. Modelschematisaties omvatten toepassingen voor waterbeweging, golven, morfologie, waterkwaliteit en ecologie.

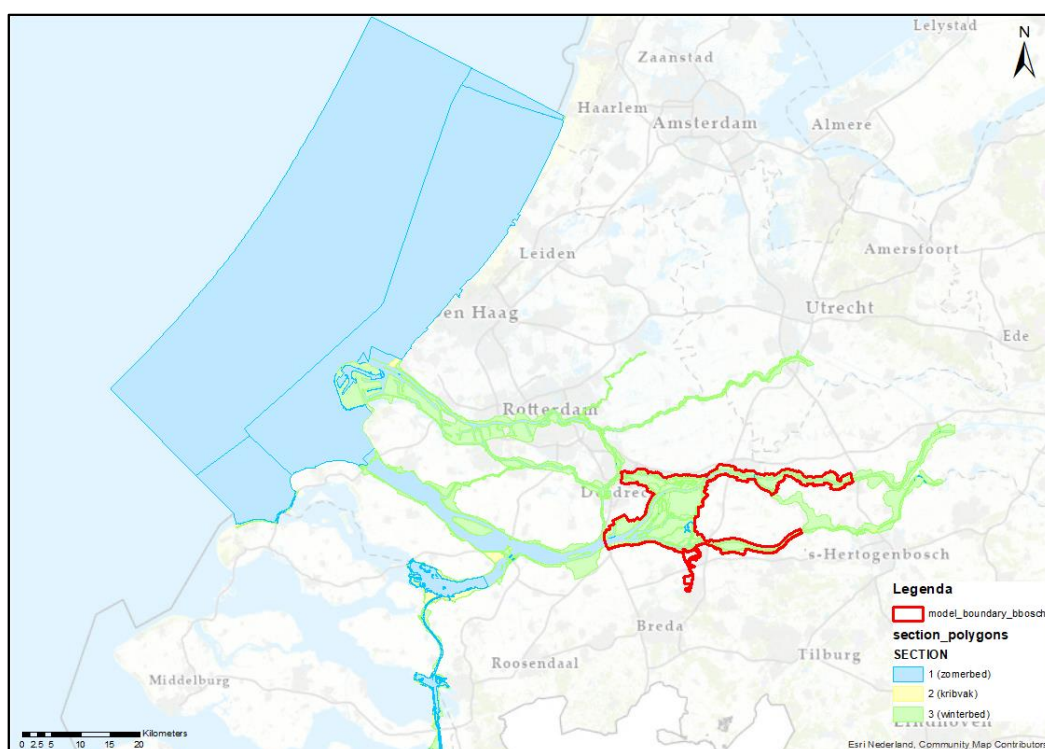
Deze factsheet geeft een kort en bondig overzicht van een bestaande modelschematisatie(s) (model-invoer) en de bijbehorende gebiedsschematisatie(s) voor het betreffende watersysteem. Elke factsheet start met een algemene inleiding voor een breder publiek met informatie over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Daarna volgen meer details over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen en is vooral bedoeld voor personen die beschikken over een modelleerachtergrond. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf "Referenties".

In deze factsheet wordt een beschrijving gegeven van het 2D hydrodynamische deelmodel van de Rijn-Maasmonding binnen de D-HYDRO Suite. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen. Voor de factsheet over het gehele model is een aparte factsheet beschikbaar (van der Wijk, 2022)

Geografische ligging

De modelschematisatie van het deelmodel van de Rijn-Maasmonding omvat het gebied rondom de Biesbosch (Figuur 1). De bovenstroomse randen zijn Zaltbommel (Waal) en Heesbeen (Bergsche Maas). De benedenstroomse randen zijn de Moerdijkbrug (Hollands Diep) en Groothoofd bij Dordrecht (Beneden Merwede).

In het bedijkte deel van de Rijn Maasmonding vormt de bandijk de grens van het gebied.



Figuur 1 Geografische ligging van het deelmodel in de Rijn-Maasmonding

Toepassingen

De 2D D-HYDRO modelschematisaties van de Rijn-Maasmonding zijn ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Waterloopkundige aanpassingen in het beheergebied
2. Simulatie van dieptegemiddelde waterbeweging en dieptegemiddelde stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden

Deze modelschematisatie is niet ontwikkeld voor onderstaande toepassingen en er wordt zodoende een voorbehoud gemaakt ten aanzien van de inzet van de modelschematisatie voor het volgende:

1. morfologische studies (waarin o.a. de bodemligging dynamisch varieert),
2. scheepvaartbegeleiding (waarin o.a. diepte variërende stroming en dwarsstroming een rol speelt),
3. stofverspreiding-, zoutindringing- en temperatuurstudies (waarin o.a. gelaagdheid en horizontale en verticale uitwisseling een rol speelt).

Het deelmodel is alleen beschikbaar voor beheer- en onderhoud en is afgeleid van het vigerende totaalmodel voor beheer en onderhoud. RWS heeft daarom, rekening houdend met het bovenstaande, deze modelschematisatie vrijgegeven voor gebruik binnen de volgende kerntaken bij Rijkswaterstaat:

1. Beheer en onderhoud van het beheergebied, zijnde o.a. op diepte houden, onderhoud krib/kribvakken/uiteerwaarden.

2. Vergunningverlening, zijnde o.a. Waterwetvergunning voor ingrepen in de rivier en toetsing aan het Rivierkundig Beoordelingskader
3. Effectbepaling van maatregelen, zijnde o.a. waterloopkundige aanpassingen in het gebied zoals bijvoorbeeld verruiming/verdieping van de rivieren, dijkverlegging, aanpassing strekdammen, natuurontwikkeling, etc.
4. Nieuwe aanleg projecten, zijnde o.a. natuurontwikkelingsprojecten, inpoldering, aanleg strekdammen en havens, etc.

Geografische brongegevens

De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisaties van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een speciale ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de factsheet van Baseline NL. Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstspecificaties Invoer Baseline. De belangrijkste bron voor de boven water liggende gegevens is het Digitaal Topografisch Bestand (DTB) van RWS-CIV. Voor de onderwatergegevens wordt gebruik gemaakt van lodingen van de Meetdienst van RWS-CIV. De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven.

De geografische gegevens in Baseline worden via een automatische procedure geprojecteerd op het rekenrooster van de modelschematisatie. Dit betreft de bodemligging, locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen.

Rekenrooster

Ten opzichte van het totaalmodel (zie factsheet D-Flow FM 2D RMM) is het rekenrooster met een factor 2 verfijnd. Deze verfijning is in twee stappen uitgevoerd. Ten eerste is het rooster rmm_v1p7_net.nc automatisch verfijnd met de methode CellsAndFaces in RGFGRID. Vervolgens zijn enkele locaties in het verfijnde rooster handmatig aangepast om de roosterkwaliteit (met name de orthogonaliteit) te verbeteren en cellen te wijzigen die de tijdstap significant limiteren.

De vigerende versie van het rooster is bb_fact2_009a_net.nc.

Schematisatie-elementen

Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigen. In de D-HYDRO-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

- De bodemhoogte is geprikt uit het bodemhoogtemodel van Baseline op de hoekpunten van de roostercellen. De hoogte op de flow links (gebruikt voor doorstroomoppervlak) is het gemiddelde van de aangrenzende hoekpunten. De hoogte op de waterstandspunten (gebruikt voor de volume berekening) is het minimum van de aangrenzende flow links.

Overlaten

- In het model zijn vele tienduizenden overlaten aanwezig voor de schematisatie van steile gradiënten in de bodem. Deze worden automatisch uit de Baseline-schematisatie afgeleid.

Landgebruik en bodemruwheid

- De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaarten van RWS-CIV beschreven. Deze zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie.
- Voor het zomerbed van de rivieren wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend volgens van Rijn.
- Voor het zomerbed van het getijdegedomineerd wordt gewerkt met Manning-ruwheden

De grens van afvoer- en getijdegedomineerd ligt bij de stations Dordrecht (Beneden Merwede), Moerdijk (Nieuwe Merwede) en Keizersveer (Maas). Alleen de Amer wordt dus met Manning-ruwheden bechreven.

Kunstwerken (kenmerken)

- In het deelmodel zijn geen kunstwerken opgenomen, er zijn wel enkele objecten in de Biesbosch die als niet overstroombare “structure” zijn geschematiseerd maar die niet worden aangestuurd met een Real-Time Controller. Feitelijk zijn deze objecten als overlaat geschematiseerd. Het gaat om de:
 - Wilhelminasluis
 - Helsluis
 - Ottersluis
 - Spieringsluis
 - Biesboschsluis
 - Schipdiep

Brugpijlers

- Voor het berekenen van de energieverliezen door brugpijlers worden deze geschematiseerd met een lokale weerstand.

Modelgrenzen

- De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken.

Modelkarakteristieken

Open randen

- De locatie van de open randen komt overeen met de locaties in het voorgaande, WAQUA, deelmodel. De locaties zijn:
 - bovenrand Waal WL_934.8_QL_Zaltbommel
 - bovenrand Maas MA_230.61_QL_Heesbeen
 - beneden-rand Beneden Merwede BE_976.00
 - beneden-rand Nieuwe Merwede HD_983.41_R_LMW-CI_Moerdijkbrug
- Voor de 2 benedenstroomse randen van het deelmodel (Dordrecht, Moerdijkbrug) worden waterstanden uit het gehele model gebruikt als randvoorwaarden (Beneden Merwede en Nieuwe Merwede). Op de bovenstroomse randen (Zaltbommel, Heesbeen) wordt een afvoerreeks uit het gehele model opgelegd. Er worden ook lateralen uit het gehele model overgenomen die in het gebied van het deelmodel liggen. Voor het model voor gebruik binnen BenO en beleid wordt alleen gebruik gemaakt van theoretische randvoorwaarden.

Meteo

- Voor theoretische condities wordt een uniform windveld opgelegd.

Zout en temperatuur

- In het deelmodel wordt zout niet meegenomen in de berekeningen.

Overige fysica

- Er is geen rekening gehouden in de interactie met het grondwater (inzijging en indringing).

Numerieke instellingen

In de deelmodellen zijn de numerieke instellingen gelijk gehouden aan die in het totaalmodel op onderstaand punt na:

- De horizontale eddy viscositeit is verhoogd van 0.1 naar 0.4 m²/s.

Kalibratie

Omdat de deelmodellen een directe afgeleide van het totaalmodel vormen zijn deze modellen niet opnieuw gekalibreerd.

Validatie

Methodiek

Om de resultaten van de deelmodellen te valideren is een verschilanalyse met het totaalmodel dflowfm2d-rmm_vzm-beno19_6-v1c uitgevoerd (Visser, 2023). Hiertoe is zowel met het totaalmodel als met de deelmodellen dezelfde reeks van 6 stationaire standaardberekeningen uitgevoerd. De resulterende waterstanden en afvoeren uit de verschillende modellen zijn vervolgens met elkaar vergeleken.

Resultaten

De verschillen in modelresultaten laten zien dat de berekende waterstanden in het deelmodel over het algemeen lager liggen dan de berekende waterstanden in het totaalmodel. De verschillen in maximale waterstand voor de grote rivieren varieert tussen de -10 en 5 centimeter. In de Biesbosch is het verschil tussen de -5 en 0 centimeter. De grootste verschillen treden op bij simulaties met hoge afvoer zonder opzet. Voor bepaalde locaties kunnen de verschillen veel groter zijn door een verschil in droogvallen van watergangen tussen het totaal- en deelmodel.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Het deelmodel is naar verwachting minstens zo nauwkeurig als het totaalmodel (dflowfm2d-rmm_vzm-beno19_6-v1c). De onzekerheden in het totaalmodel zijn beschreven in de betreffende factsheet (van der Wijk, 2022). Omdat het deelmodel een fijnere resolutie heeft kan een meer gedetailleerde weergave van de geometrie en de ruwheid van de rivier worden bereikt. Deze fijnere resolutie resulteert waarschijnlijk in een betere weergave van de stromingspatronen in de Biesbosch ten opzichte van het totaalmodel. De kwaliteit van het fijne rooster in termen van orthogonaliteit en gladheid is iets achteruit gegaan ten opzichte van het grove rooster. Hierdoor wordt een iets grotere numerieke fout geïntroduceerd, maar ten opzichte van andere onzekerheden is de invloed hiervan klein.

Modelgebruik

Wat mag er wel of niet worden gewijzigd in de modelschematisatie:

- *Gebiedsinformatie*: Aanpassing aan gebiedsinformatie in principe enkel en alleen aanpassen in de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (Rijkswaterstaat, 2021b). Voor snelle tests naar mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de D-HYDRO GUI.
- *Rooster*: bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan het rooster worden gedaan. Dit is wel toegestaan in het kader van onderzoeksvragen.
- *Randvoorwaarden*: voor de beoogde toepassing van het model wordt een set standaardrandvoorwaarden meegeleverd. Bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen deze niet worden aangepast. Binnen sommige officiële toepassingen zijn andere randvoorwaarden nodig (bijv. voor D-FAST). In deze gevallen mag de standaardinvoer worden aangepast, eventueel in overleg met RWS. Ook in het kader van onderzoeksvragen mogen randvoorwaarden worden aangepast.
- *Uitvoerlocaties*: er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties (afvoerradien en/of uitvoerpunten) worden toegevoegd. Ten alle tijden dienen de reeds aanwezige uitvoerlocaties, die nodig zijn voor de correcte werking van het model, behouden te blijven (m.n. voor sturing kunstwerken en afvoerradien voor werking kalibratiefactoren).
- *Numerieke instellingen*: bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen er geen veranderingen aan de numerieke instellingen worden gedaan. Dit is wel toegestaan in het kader van onderzoeksvragen.

Te verwachten rekentijden

Het model maakt gebruik van automatische rekentijdstapverkleining op basis van het CFL-criterium. Hierdoor heeft een model een langere rekentijd bij hoge afvoeren dan bij lage afvoeren.

De berekeningen voor het RMM totaalmodel en deelmodel zijn uitgevoerd op het Linux-rekencluster van Deltares¹ op 8 partities (2 nodes met 4 cores) en de berekeningen voor het RMM deelmodel op 4 partities (1

¹ Cluster Hydrax6, queue normal-e3-c7: Cores 920/1850 (HT), Intel Xeon CPU E3-1276 v3 @ 3.60 GHz

nodes met 4 cores). In Tabel 0.1 is per standaardberekening van 15 dagen de rekentijd in uren en de gemiddelde tijdstap in seconden weergegeven.

Tabel 0.1 Overzicht reketijden in uren en gemiddelde tijdstap in seconden per standaardberekening op het Cluster Hydrax6, queue normale3-c7.

berekeningen RMM totaalmodel (op 8 partities)			berekeningen RMM deelmodel (op 4 partities)		
	Rekentijd (u)	Gem. tijdstap (s)		Rekentijd (u)	Gem. tijdstap (s)
tba	11	6.83	tba	31	2.69
tbb	10	8.49	tbb	25	3.45
tbc	8	10.66	tbc	19	7.25
tbd	11	6.51	tbd	31	2.69
tbe	11	7.37	tbe	25	3.45
tbf	11	7.64	tbf	25	3.45

De reketijden bij de standaardberekeningen met een hoge afvoer (tba, tbb, tbd, tbe en tbf) zijn langer dan de rekentijd bij de lagere afvoer (tbc). Dit beeld is ook gezien bij de beno deelmodellen van de Rijn.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van RMM hieruit aangemaakt).
- Het rooster van het deelmodel van de Rijn-Maasmonding sluit aan op het rooster van het Rijntakken- en Maasdeelmodel.

Praktisch gebruik van het model

- Bij het model worden meerdere initiële condities meegeleverd. Er kan gewisseld worden tussen de condities door het aanpassen van de IniFieldFile en de StructuresFile in het mdu-bestand.
- Voor het postprocessen van de bestanden kan gebruikt gemaakt worden van de tool *dfmoutput* (onderdeel van D-HYDRO) voor bijvoorbeeld het samenvoegen van partities en berekenen van HIS-statistieken (zoals max13 en last25).
- Voor verdere toelichting over het gebruik van D-HYDRO, zie de manual (Deltares, 2021)

Beschikbare versies

Modelschematisaties

In de **Error! Reference source not found.** is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm2d-rmm-beno19_6_20m_bbosch-v1a	2023	6.3.1	D-HYDRO 2022.01_PATCH01

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving. De dik gedrukte schematisaties zijn de vigerende versies. In grijs zijn de schematisaties aangegeven die intussen zijn vervangen door een nieuwere versie voor hetzelfde schematisatiejaar.

- De kolom '**modelschematisatie**' verwijst naar de naam van de modelschematisatie: Hieraan is te zien welke geometrie de schematisatie het beste representeert. Het jaar verwijst naar de start van het hoogwaterseizoen (dus j10 staat voor seizoen 2010-2011) (zie ook Rijkswaterstaat, 2021a).
- De kolom '**jaar**' verwijst naar het jaar waarin de modelschematisatie is opgeleverd.
- De kolom '**software**' verwijst naar de versies waarmee de modelschematisatie is opgebouwd en getest.

Randvoorwaardensets

De volgende randvoorwaardensets zijn beschikbaar voor de zesde-generatie Rijn-Maasmonding-modellen.

Naam	Type	Beschrijving	Referentie
St. sommen	test	Set randvoorwaarden ten behoeve van controle van een model bij actualisatie (tba t/m tbf)	Van der Wijk et al. (2022)

RGWM-regressierelaties

Voor het afleiden van laterale afvoeren met behulp van de Randvoorwaarden Generator Watermodellen (RGWM; Tanis, 2020) zijn voor verschillende WBI condities relaties beschikbaar. Hierbij worden voor 2 lateralen op de Maas randvoorwaarden gegenereerd.

Release notes

dflowfm2d-rmm-beno19_6_20m_bbosch-v1a

Dit deelmodel is afgeleid van het totaalmodel dflowfm2d-rmm_vzm-beno19_6-v1c dat de beleidsmatige staat van de rivier in de (nabije) toekomst beschrijft (van der Wijk et al., 2022). Dit omvat het toepassen van de vegetatielegger en toekomstige maatregelen (alleen in het overlapgebied met de rivieren). De geometrie van het model is afgeleid vanuit de landsdekkende database baseline-nl_land-beno19_6-v1.

Referenties (alfabetisch)

Deltares (2021). *D-Flow Flexible Mesh. Computational Core and User Interface. User Manual. Version: 0.9.1. In te zien op:*

https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf

Kosters, A. (2022). *Zesde generatie beno deelmodellen Rijn. Baseline en D-HYDRO beno19_6. Deltares rapport 11208053-003-ZWS-0011.*

Rijkswaterstaat (2021a) *Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat Versie 2.0. In voorbereiding*

Rijkswaterstaat (2021b) *Dienstspecificaties. Deze variant voor Baseline 6 is nog in voorbereiding*

Rijkswaterstaat & Deltares. *Factsheet Baseline-NL.*

Tanis, H. (2020). *Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) 2.2.1. Gebruikershandleiding RGWM.*

Visser, T. (2023) *11208053-004-ZWS-0017_v1.0-Zesde generatie RijnMaasmonding beno-deelmodel van de Biesbosch.docx.*

van der Wijk, R., Veenstra, J., van der Kaaij, T., Visser, T. (2022) *11208053-004-ZWS-0007_v0.1-Actualisatie 2D D-Flow FM model van de Rijn-Maasmonding Opzet j19, BenO19 en HR2023 model.docx.*



Deltares

DISCLAIMER:

Bij gebruik van de modelschematisatie met de meest recente software-releases, kunnen de resultaten enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage van de betreffende modelschematisatie. Overige verschillen kunnen veroorzaakt worden door het gebruik van andere hardware.

Hoewel de informatie in dit document met de nodige zorgvuldigheid is samengesteld, aanvaarden RWS en Deltares geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onnauwkeurigheden in deze informatie en ten gevolge van het gebruik van deze informatie.

Deltares en RWS behouden zich het recht voor om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.