

D-Flow FM 2D IJsselmeer IJssel-Vechtdelta



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/

**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 2DH (dieptegemiddeld) hydrodynamische model van het IJsselmeer en de IJssel-Vechtdelta (YM-IJVD) binnen de D-HYDRO Suite. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

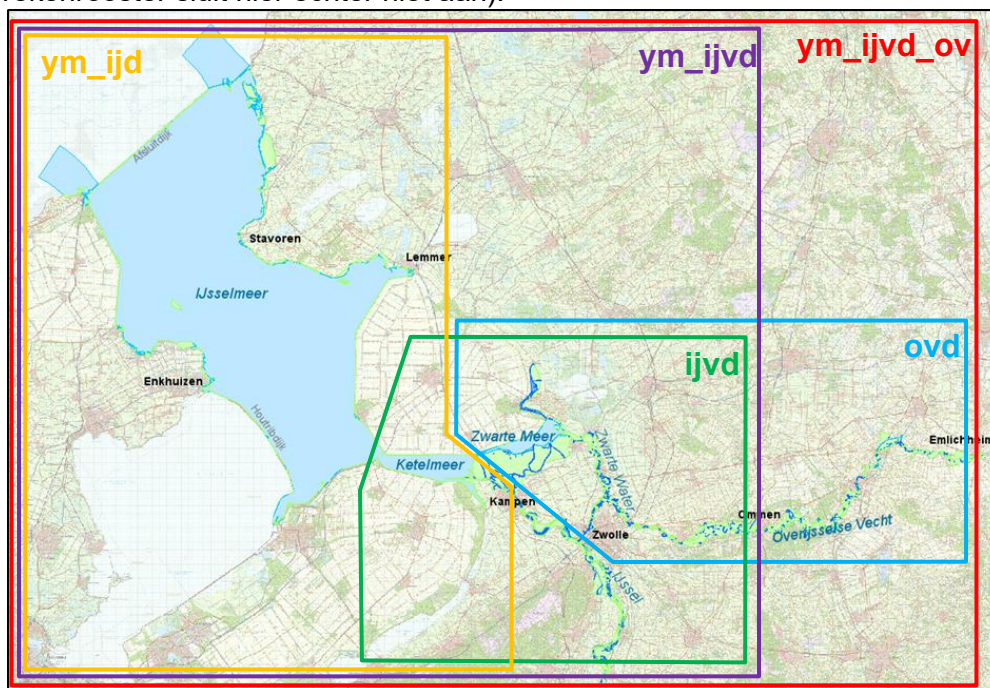
Geografische ligging

De modelschematisatie van het **ym-ijvd** (Figuur 1) omvat het IJsselmeer, het Ketelmeer, het Vossemeer, het Reevemeer (het gedeelte van het oorspronkelijke Drontermeer ten noorden van de Reevesluis), het Zwarte Meer, het Vollenhovermeer, het Zwarte Water, de rivieren IJssel tussen Ketelmeer en Olst), de Overijsselse Vecht tussen Zwarte Water en Ommen en het Meppelerdiep.

Het model grenst aan (en sluit daar ook naadloos aan op) de volgende andere zesde generatie modellen:

- Het 2D D-Flow-FM model van de Rijntakken bij Olst (tussen Ketelbrug, Ramspolbrug en Olst is er overlap met het 2D D-Flow-FM model van de Rijntakken),
- het 2D D-Flow-FM model van de Overijsselse Vechtdelta bij Ommen (tussen Ramspolbrug en Ommen is er overlap met het 2D D-Flow-FM model van de Overijsselse Vechtdelta),
- het 2D D-Flow-FM model van het Markermeer bij de Houtribdijk waarin doorgangen via de Krabbersgatsluizen bij Enkhuizen en de Houtribsluizen bij Lelystad,
- het 2D D-Flow-FM model van de Veluwerandmeren vanaf het Drontermeer bij de Reevesluis.

In het noorden, bij de Afsluitdijk grenst het model aan D-Flow FM modellen van de Noordzee en de Waddenzee (het rekenrooster sluit hier echter niet aan).



Figuur 1 Naamgeving van het IJsselmeer IJssel-Vechtdelta gebied

Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Toepassingen

De 2D D-Flow FM modelschematisatie van het YM-IJVD is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

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

De 2D 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 en slib studies
2. Scheepvaartbegeleiding-doeleinden
3. Inundatieberekeningen
4. Operationeel waterbeheer van sluizen en stuwen (sturing van sluizen/stuwen op basis van waterstanden / stroming)
5. Waterverdelingsstudies
6. Gedetailleerde stofverspreidingsstudies waaronder temperatuur en zout/chloride

RWS heeft daarom, rekening houdend met het bovenstaande, de modelschematisatie vrijgegeven voor gebruik binnen de volgende kerntaken bij Rijkswaterstaat:

1. Watermanagement, waaronder de werkzaamheden vanuit WaterManagement Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over waterstanden, overstromingsdreiging (niet vrijgegeven voor berekening van stoftransport, olieverspreiding, oppervlaktestroming), met inachtneming dat de resultaten van het model sterk afhankelijk zijn van een juiste representatie van de wind, de IJssel- en Overijsselse Vechtafvoer en de afvoer door de spuisluizen in de Afsluitdijk.
2. Operationele toepassingen, zijnde het gebruik binnen de operationele systemen van RWS, het 2D model is hierbij met name relevant voor de operationele bepaling van waterstanden.

Voor andere toepassingen zal het 2D D-Flow FM model eerst verder gevalideerd en eventueel verbeterd en of uitgebreid moeten worden.

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 aparte factsheet van Baseline NL. Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstspecificatie 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 (zie ook links in Figuur 2), begrenzingen, ecotopenkartering, lijnelementen, kunstwerken en lateralen, uitvoerpunten en debietraaien.

Rekenrooster

Op het rivierengedeelte is het ongestructureerde rekenrooster zoveel mogelijk uitgelijnd met stroombanen, daarom hebben (uitgerekte) rechthoekige roostercellen daar de voorkeur boven driehoeken. Op de meren, waar geen dominante stroomrichting is (IJsselmeer, Ketelmeer en Zwarte Meer), worden juist met name driehoeken gebruikt om de grillige oeverlijn goed te kunnen volgen, snel in en uit te kunnen zoomen om rekentijd te besparen. Het gecombineerde grid heeft de naam *grid-ym_ijvd_ov_6-2019_6-v1*. Het rekenrooster sluit naadloos aan op de rekenroosters van naburige modelschematisaties. De volgende resolutie van het rekenrooster is toegepast:

Overijsselse Vecht / Zwarte Water / Meppelerdiep

- In het zomerbed zijn er 6-10 cellen van minimaal 5 meter breedte. Deze hebben een aspectratio van maximaal 1:4 en zijn in de lengterichting 20 meter.
- In het winterbed is geprobeerd om zoveel mogelijk cellen met een aspect ratio van 1:1 te gebruiken. Deze hebben dezelfde resolutie als de lengterichting van het zomerbed: 20 - 25 meter.

IJssel

- In het zomerbed zijn er 6-10 cellen van minimaal 10 meter breedte. Deze hebben een aspectratio van maximaal 1:4 en zijn in de lengterichting 40 meter.
- In het winterbed is geprobeerd om zoveel mogelijk cellen met een aspect ratio van 1:1 te gebruiken. Deze hebben dezelfde resolutie als de lengterichting van het zomerbed: 40 meter.

Meren

- 50 m resolutie driehoekige rekencellen bij de rand naar 400 m in het midden in het IJsselmeer.
- 50 m resolutie driehoekige rekencellen in het Ketelmeer en het Zwarte Meer en voor het Kampereiland.

Het horizontale rekenrooster bestaat in totaal uit 849.344 elementen (rekencellen) en 658.555 nodes (hoekpunten).

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-Flow FM-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte (zie ook links in Figuur 2)

- 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 overlaten aanwezig voor de schematisatie van steile gradienten 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.
- Het zomerbed van de rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in trajecten ingedeeld, waarbij de trajectgrenzen gevormd worden door overgangen in de samenstelling van het bodemmateriaal.
- Voor de ruwheid van het IJsselmeer wordt een Manning ruwheid met een constante waarde van 0.022 m^{1/3}/s gebruikt. Voor de rest van de meren wordt een andere constante waarde van 0.0263 m^{1/3}/s gebruikt. Dit is een standaard waarde die aan meren wordt toegekend en komt overeen met de ruwheid die in het Onafhankelijk Onderzoek YM-IJVD (Waterloopkundig Laboratorium 1997, zie ook E.1.7 in Genseberger, Eijsberg-Bak, Fujisaki & Thiange 2019) is gebruikt.

Kunstwerken

- De drie stuwen op de Overijsselse Vecht (Vilsteren, Plaggenmars en Vechterweerd) zijn gemodelleerd als regelbare kunstwerken. Met D-Real-time-control (D-RTC) wordt de bovenkant van de stuw in de kalibratie- en validatie gestuurd op de bovenstrooms gemeten waterstanden of het gehanteerde streefpeil. In de overige modellen, e.g., RWsOS Meren en BOI wordt gestuurd op de streefpeilen per stuwpaand.
- Het inlaatwerk bij de nevengeul bij Vilsteren (stuw Plaggenmars) wordt gemodelleerd met een regelbaar kunstwerk en wordt gestuurd op basis van het waterstand.
- De Kadoelerkeersluis en de Meppelerdiepsluis worden bij hoge waterstanden gesloten. Gemaal Zedemuden is als pomp opgenomen direct naast de Meppelerdiepsluis.
- Stormvloedkering Ramspol sluit het Zwarte Meer af van het Ketelmeer bij hoogwater en een sterke noordwestenwind. De regels en triggers in D-RTC zijn verder verbeterd in de v2d-versie. Daarnaast is de FEWS-switch toegevoegd zodat de operators de standaardbesturing kunnen omzeilen en het kruinhoogtepeil direct kunnen aansturen (Fujisaki, 2025).
- Voor de Stevinsluizen en de Lorentzsluizen naar de Waddenzee bij de Afsluitdijk zijn vanaf de dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2b_rwsos sturingsregels meegenomen. De spuidebieten worden in D-RTC berekend en vervolgens aan het hydraulische (flow) model opgelegd (Domhof, 2023).
- De Krabbersgatsluis en de Houtribsluizen bij de Houtribdijk naar het Markermeer, de Reevesluis naar het Drontermeer en de Spooldersluis aan het Zwolle-IJsselkanaal liggen op de rand van het model en zijn daarom niet als regelbare kunstwerken in de modellering meegenomen.
- Het hoogwaterkanaal Veessen-Wapenveld is opgenomen in het model. Er bevinden zich 60 schuiven bij de inlaat (stroomopwaarts), die in het model zijn geschematiseerd als 30 algemene kunstwerken. De schuiven worden aangestuurd via D-RTC. De implementatie is identiek aan die in het Rijntakkenmodel.
- Het nieuwe gemaal “Den Oever” (tijdelijke naam, totdat de officiële name bekend is) is toegevoegd aan het model dflowfm2d-ym_ijvd-j19_6-v2d_rwsos. Hoewel ze zijn geschematiseerd als laterale punten in plaats van als pompen of algemene kunstwerken. De maximale capaciteit van het gemaal is 275 m³/s. Daarom is de pompcapaciteit, waarvoor FEWS de tijdreeksen kan specificeren, verdeeld over 10 laterale punten om een te sterke tijdstapreductie te voorkomen. Ze zijn gelegen ten oosten van Spui-Stevin in Den Oever (Fujisaki, 2025).

Brugpijlers

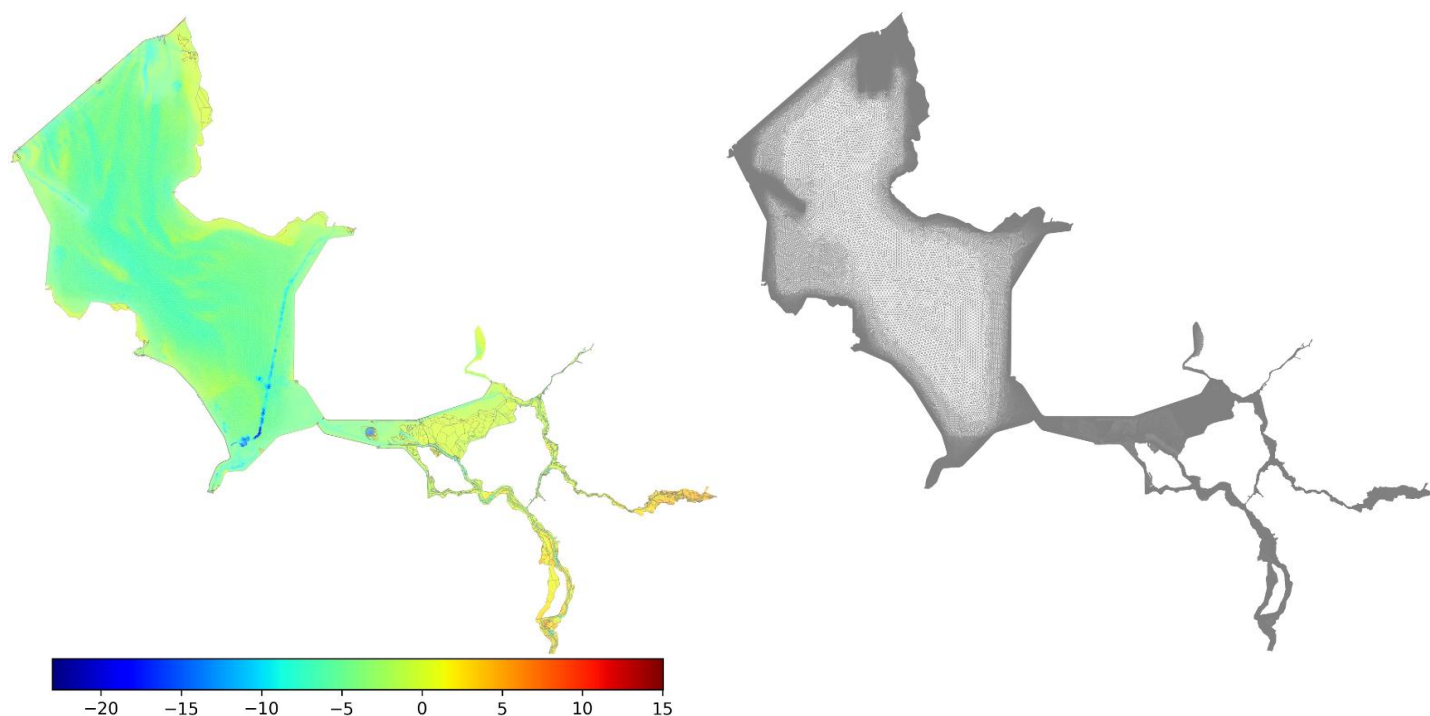
De energieverliezen door brugpijlers worden gemodelleerd met een lokale weerstand.

Hoogwatervrije gebieden

Hoogwatervrije lijnen en vlakken kunnen worden gebruikt om gebouwen in uiterwaarden te schematiseren en voor vergunningsvrije gebieden.

Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken.



Figuur 2 Bodemhoogte in m +NAP voor modelversie *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a* (links) en rekenrooster (rechts).

ModelkarakteristiekenOpen randen

Er liggen bovenranden op de IJssel bij Olst, op de Overijsselse Vecht bij Ommen en op het Meppelerdiep bij Meppel. Hier worden afvoertijdreeksen (uurwaarden) toegepast.

Laterale lozingen en onttrekkingen

Per groep van spuiokers wordt water onttrokken nabij de Stevinsluizen en de Lorentzsluizen op de Afsluitdijk. Verder wordt er op 29 locaties water onttrokken of toegevoegd aan het watersysteem. De zijriviertjes, beken en kanalen van de Overijsselse Vechtdelta zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen. Voor de verschillende locaties zijn voor de historische periodes metingen beschikbaar, de andere lateralen zijn afgeleid met behulp van de Randvoorwaarden Generator Watermodellen (Tanis, 2020) en worden gebaseerd op een combinatie van (historische) metingen van gemeten lateralen en toepassing van regressierelaties. Op 6 polygonen wordt, binnen het IJsselmeer en Ketelmeer, water onttrokken of toegevoegd als meerpeilcorrectie aan het watersysteem, maar alleen voor operationele toepassing.

Daarnaast zijn vanaf *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2c* de lateralen van de Regge/Linderbeek, Ommerkanaal en Zedemuden als polygoon opgelegd in plaats van punt, om zo de beperking in rekentijdstap die hierdoor optreedt op te heffen.

De locatie van de laterale punten bij Spui-Stevin aan de oostzijde is in de v2d-versie iets verplaatst. Tien laterale punten voor het gemaal Den Oever zijn toegevoegd. De operationele regels voor gemaal Den Oever zijn onbekend, en daarom kan de FEWS-operator de pompcapaciteit rechtstreeks aansturen via de FEWS-tijdreeksen (Fujisaki, 2025).

Meteo

Voor de de windforcering (richting en snelheid) zijn verschillende typen invoer gebruikt:

- op basis van uniforme tijdreeksen van KNMI meetstation Rotterdamse Hoek en Wijdenes (uniform over het hele oppervlak) en
- ruimtelijk variërende windvelden van het KNMI HARMONIE model.

Zout en temperatuur

De invloed van temperatuur en zoutgehalte op de dichtheid van water wordt niet meegenomen in het model.

Overige fysica

- Infiltratie: om het leeglopen van de uiterwaarden te faciliteren bijoperationeel gebruik wordt er een infiltratie functionaliteit gebruikt. De infiltratie vindt plaats in een bepaald deel van het winterbed met een constante infiltratiesnelheid van 100 mm/dag (Fujisaki, 2023b)..

Numerieke instellingen

Voor dit model is aangesloten bij de generieke instellingen (Minns ea. 2023) voor de zesde-generatie modelschematisaties.

Kalibratie

Het IJVD model is samengesteld uit een deel van het Rijntakken model (Olst-Ketelbrug) en een deel van het OVD model (Ommen-Ramspol). Deze delen zijn gekalibreerd en gevalideerd voor verschillende afvoerstandigheden. De resulterende kalibratie waarden zijn uit het Rijntakken en OVD model overgenomen in het IJVD model.

Validatie

Waterstanden - methodiek

Het model is gevalideerd op waterstanden. Hierbij is een vergelijking gemaakt met gemeten waterstanden. De validatie is uitgevoerd voor twee verschillende stormperiodes (12-19 januari 2018 en 13-20 maart 2018) met verschillende windrichtingen en een verschillend stormverloop. Vanwege de dominante invloed van de wind in dit gebied, moet er in acht genomen worden dat de resultaten van het model sterk afhankelijk zijn van een juiste representatie van de wind in ruimte en tijd. De validatie is uitgevoerd voor verschillende windforceringen. Enerzijds met het ruimtelijke windmodel Harmonie, anderzijds met uniforme wind waarbij gemeten wind is toegepast. Voor de januari storm was dat station Rotterdamsehoek, voor de stormperiode in maart station Wijdenes.

Waterstanden - resultaten

Uit de validatie op waterstanden is het volgende gebleken:

- De resultaten voor twee historische stormperiodes zijn acceptabel. Wel bleek het lastig om te zorgen voor een correcte waterbalans.
- In de aanloop naar de storm (16 tot 18 januari) doet de uniforme wind het beter, echter op de stormdag zelf doen de ruimtelijk variërende windvelden van HARMONIE het beter.
- Voor de maart storm in 2018 zijn er veel slingeren in zowel de meting als de modellen, dat maakt de beoordeling lastig. Ook hier zijn na inspelen de waterstanden enigzins te hoog (2 tot 3 cm).

Tabel 1: Verschil tussen model en meting (in centimeter) voor de verschillende stations en verschillende winforcering voor de stormperiode in januari 2018

station	Bias		Standaardafwijking	
	HARMONIE	Rotterdamse Hoek	HARMONIE	Rotterdamse Hoek
Den Oever	-5.6	-3.8	6.5	10.4
Kornwerderzand	-5.3	-1.9	6.2	11.1
Lemmer	0	-1.5	8.0	15.4
Rotterdamse Hoek	-0.2	-2.2	3.1	7.5
Kamperhoek	-0.1	-3.7	5.4	6.6
Houtrib Noord	1.2	-1	6.3	11.8
Krabbersgat Noord	-2.5	-3.1	5.0	9.0
gemiddelde over alle 7 stations	-1.8	-2.5	5.8	10.3
RMS gemiddelde alle 7 stations	3.1	2.7	6.0	10.6

Tabel 1: Verschil tussen model en meting (in centimeter) voor de verschillende stations en verschillende winforcering voor de stormperiode in maart 2018

station	Bias		Standaardafwijking	
	HARMONIE	Wijdenes	HARMONIE	Wijdenes
Den Oever	-1.9	-1.5	3.2	4.4
Kornwerderzand	2.5	0.6	2.4	3.1
Lemmer	3.2	-2.5	3.0	5.1
Rotterdamse Hoek	-1.2	-1.6	2.3	2.9
Kamperhoek	-3.5	0.1	3.1	3.1
Houtrib Noord	-2.7	-1.0	2.6	3.2
Krabbersgat Noord	-0.6	-1.0	2.8	3.6
gemiddelde over alle 7 stations	2.6	1.5	2.8	3.7
RMS gemiddelde alle 7 stations	-1.9	-1.5	3.2	4.4

Verificatie met Reevediep

Waterstanden & afvoerverdeling- methodiek

Om de schematisatie te testen en te controleren voor de werking van de bypass Reevediep zijn er vier fictieve scenario's met het model gemodelleerd. De randvoorwaarden zijn gekozen uit de beschikbare BOI standaardrandvoorwaarden voor dit gebied (zie Randvoorwaardensets onder). De waterstanden langs de IJssel en de afvoerverdeling bij de IJssel en het Reevediep zijn vergeleken met het referentiemodel zonder Reevediep.

Waterstanden & afvoerverdeling - resultaten

Uit de verificatie op waterstanden is het volgende gebleken:

- De resultaten voor extremere situaties specifiek voor verificatie van de werking van Reevediep (scenario bo1 t/m bo3) en voor het gehele gebied (scenario bo4) laten zien dat het model robuust is en dat de rivierverruimende maatregelen in het model functioneren.
- Tijdens hoge afvoer voor de IJssel met ruim 2600 m³/s, wordt grofweg 20% van het debiet omgeleid via het Reevediep.
- De sterke open water wind van 38,5 m/s kan de waterstand opstuwten tot ongeveer 1,4 m in Olst ongeacht de hoogte van de afvoer.
- De gradiënt van de waterstandstijging langs de IJssel is meer lineair met de afstand tot het meer bij lage afvoer, maar wordt minder relevant bij hogere afvoer (meer plaatselijk effect rond de Reevediep inlaat).

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Zie allereerst de voorgaande beschrijving. Voor waterstanden is getracht met de twee gebruikte historische stormperiodes het model te toetsen door validatie op typisch te verwachten "normale" condities (en niet op extreme condities zoals binnen BOI).

In het algemeen wordt daarom aanbevolen ter verdere toetsing en verbetering van nauwkeurigheid en modelonzekerheid :

- Op het Ketelmeer worden de waterstanden licht overschat waardoor de Ramspolkering eerder sluit. Op het gebied oostelijk van Ramspol doen beide windformuleringen het slecht. Probleem is de sterke waterstandsval achter de kering na sluiting in het model, en verder onderzoek is nodig.
- Het is aan te bevelen om tijdens het inspelen de relatief hoge afvoer van de Regge/Linderbeek mee te nemen om te voorkomen dat de gemodelleerde waterstanden langs de Zwarte Water en de Zwarte Meer in enkele uren snel stijgen.

Modelgebruik

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

- **Gebiedsinformatie:** Aanpassingen aan de gebiedsinformatie mogen in principe enkel en alleen verricht worden in de gebiedsschematisatie via Baseline. Dit m.b.v. Baseline maatregelen en dan door een projectie vanuit Baseline naar de invoer voor de modelschematisatie. Voor snelle tests naar een mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de D-HYDRO GUI (versie voor 2D3D).

- **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:** deze kunnen (en moeten) worden aangepast naar de gewenste situatie (dit geldt o.a. voor open randen, lateralen en meteo-informatie). Hiervoor zijn een aantal standaard randvoorwaarden sets beschikbaar bij het model. *Randvoorwaarden afkomstig van derden (o.a. KNMI, ECMWF) kunnen niet zondermeer worden uitgeleverd.*
- **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 de sturing van kunstwerken en de afvoerradien voor de 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

Voor de 2D D-Flow FM modelschematisatie is nagegaan wat de rekentijden en het effect van parallelisatie zijn op moderne hardware, dit is met name voor operationele toepassing belangrijk. De gemiddelde rekestijd van het model voor een week simulatie tijdens een stormperiode duurt zo'n 12 uur met 16 rekenprocessoren. Vanwege de rekestijd wordt aanbevolen om, indien mogelijk, de *_zonderMD* (zonder Meppelerdiep) modellen te gebruiken (zie Release notes onder).

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van het YM-IJVD hieruit aangemaakt).
- Het rooster van het YM-IJVD sluit aan op het rooster van de Veluwerandmeren (Reevesluis), het Markermeer (Houtribdijk en Krabbersgatsluizen) en de Noordzee (Stevensluizen en de Lorentzsluizen).
- Van het IJsselmeer tot aan Roggebotsluis en Zwarte Water is een 3D schematisatie met zout beschikbaar.

Praktisch gebruik van het model

- Het model kan gerund worden via de opgeleverde DIMR-versie (Windows of Linux). Het is mogelijk om het model in de 2D3D GUI te openen, maar daar worden nog niet alle functionaliteiten ondersteund. Het runnen via de (2D3D) GUI van D-HYDRO Suite is hierdoor (praktisch) niet mogelijk, ook vanwege de rekestijd.

Beschikbare versies

Modelschematisaties

Modelschematisatie	Type	Jaar	Software	
			Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm2d-ym_ijvd-j19_6-v2a	A	2022	6.3.1	2022.02
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a	A	2022	6.3.1	2022.02
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_fase1	A	2022	6.3.1	2022.02
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_fase2	A	2022	6.3.1	2022.02
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2b_rwsos	A	2023	6.3.0	2023.01
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2c_rwsos	A	2024	6.3.1	2024.03
dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2d_rwsos	A	2025	6.3.1	2025.01

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving. In grijs zijn de schematisaties aangegeven die intussen zijn vervangen door een nieuwere versie.

- De kolom '**modelschematisatie**' verwijst naar de naam van de modelschematisatie: Hieraan is te zien welke geometrie de schematisatie het beste representeert. De schematisatie van het jaar 20XX wordt het best gerepresenteerd door het jXX model.
- De kolom '**type**' model verwijst naar het gebruik van het model: K=kalibratie, V=validatie, A=actueel, B=beno, H=HR.
- 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

Hieronder volgt een overzicht van de beschikbare randvoorwaardensets:

Type	Naam	Beschrijving	Karakteristieken Wijdenes
hist	jan2018	Storm januari 2018 (7 dagen)	max 24 m/s (NW) bij Rotterdamse Hoek
hist	mar2018	Storm maart 2018 (7 dagen)	max 16 m/s (W→Z→W) bij Wijdenes
test	bo1	lage afvoer en een hoog peil met wind (10 dagen)	max 38,5 m/s (NNW)
test	bo2	hoge afvoer en een hoog peil met wind (10 dagen)	max 38,5 m/s (NNW)
test	bo3	hoge afvoer en een laag peil zonder wind (10 dagen)	geen
test	bo4	lage afvoer en een laag peil met wind (robustheid test) (10 dagen)	max 48 m/s (Z→W→N→E→Z)

Release notes

dflowfm2d-ym_ijvd-j19_6-v2a

Dit betreft de actuele j19 situatie gebaseerd op *baseline-ym_ijvd-j19_6-v2*. De Roggebotsluis is dicht en er is geen aantakking aan de IJssel.

dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a

Het bevat vier verschillende modelgebieden die allemaal op *baseline-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a* zijn gebaseerd. Het verschil is de omvang van het *enclosure.pol* polygoon:

- metRD_metMD: met Reevediep en Meppelerdiep (standaard),
- metRD_zonderMD: met Reevediep en zonder Meppelerdiep (voor operationele toepassing na voltooiing van het project Ruimte voor de Rivier IJsseldelta),
- zonderRD_metMD: zonder Reevediep en met Meppelerdiep (gelijk aan dflowfm2d-ym_ijvd-j19_6-v2a),
- zonderRD_zonderMD: zonder Reevediep of Meppelerdiep (voor operationele toepassing vanaf oktober 2022).

Zonder Meppelerdiep is gemaakt voor operationele toepassingen vanwege een tijdstapprobleem in het model bij gemaal Zedemuden.

Er zijn vier modellen voorbereid voor RWsOS-Meren, deze hebben de volgende benaming:

- *dflowfm2d-ym_ijvd-j19_6-v2a*: dit is gelijk aan fase 0 en gebaseerd op *baseline-ym_ijvd-j19_6-v2* (dit dekt scenario 1, 5 en 6 van fase 1).
- *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_fase1*: dit is gelijk aan fase 1 en gebaseerd op *baseline-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a*. Dit is zoals hierboven omschreven. De Roggebotsluis is open en er is geen aantakking op de IJssel (dit dekt scenario 3 en 4 van fase 1).
- *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a_fase2*: dit is gelijk aan fase 2 en gebaseerd op *baseline-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a*. Dit is zoals hierboven omschreven. De Roggebotsluis is verwijderd en er is geen aantakking op de IJssel.
- *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a*: dit is gelijk aan fase 3. Dit betreft de uiteindelijke situatie en is gebaseerd op *baseline-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a*.

dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2b_rwsos

In vergelijking met *dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2a*-versie heeft de *v2b_rwsos*-versie:

- (1) vier sets initiële conditiebestanden voor waterstand, x- en y-snelheden (Fujisaki, 2023a),
- (2) infiltratiefunctie (Fujisaki, 2023b) en
- (3) nieuwe regeling op de laterale uitvoer (spuiranden) van de Afsluitdijk (Domhof, 2023).

Door het meenemen van infiltratie worden ook de piekwaterstanden op de LMW-meetstations lager. In het gedeelte van het model waar meerpeilcorrectie wordt toegepast, zal in operationele toepassing het ontbrekende watervolume naar verwachting worden gecompenseerd (door de meerpeilcorrectie).

dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2c_rwsos

In vergelijking met de *v2b_rwsos*-versie zijn de volgende puntlateralen vervangen door polygoon:

- OV_35.6_L_Beek_Regge-Linderbeek-Hammerwetering
- OV_34.6_R_Beek_Ommerkanaal
- ZW_15.7_R_Gemaal_Zedemuden

Hierdoor neemt de rekentijd voor de reforecast van de situatie rond 5-6 januari 2024 af met ca. 30%. De verschillen in waterstand lopen lokaal (rond Vilsteren) op tot maximaal +1 cm, maar verder benedenstrooms (rond Genemuiden) is dit al minder dan 0,1 mm.

Daarnaast zijn een aantal keywords uit de MDU-file verwijderd die niet zijn opgenomen in de standaardlijst voor de zesde-generatie modellen. Verder is deze versie ook geschikt om te draaien onder AlmaLinux 8.

dflowfm2d-ym_ijvd_rd-j19_6-v2d_rwsos

De volgende punten zijn verbeterd in de nieuwe v2d-versie (Fujisaki, 2025):

1. Verbetering sturing Ramspolkering
2. FEWS-switch Ramspolkering
3. Onderzoek sturingsregels pomp Afsluitdijk
4. Verbeteren van de laterale punten bij de Afsluitdijk

Referenties (alfabetisch)

Alkyon. (2005): Uitbreiding WAQUA schematisatie Markermeer, fase 2.

Bak, C., Fujisaki, A. & Genseberger, M. (2022): D-HYDRO modelschematisatie IJVD. Modelopzet en eerst validatie. Deltares rapport 11206813-009-ZWS-0029_v1.1

Bak, C., & Vlag, D. (1997): Achtergronden hydraulische belastingen dijken IJsselmeergebied, deel 5 WAQUA modellering, concept n24.

Domhof, B. (2023). Implementatie D-RTC Afsluitdijk IJsselmeer D-HYDRO modellen. Deltares memo 11209230-022-ZWS-0001.

Fujisaki, A. (2023a). Generating the standard initial condition for the IJVD D-HYDRO operational model. Deltares memo 11209233-007-ZWS-0009.

Fujisaki, A. (2023b). D-HYDRO testing of the infiltration feature with the IJVD model Version 2. Deltares memo 11209278-013-ZKS-0004.

Fujisaki, A. (2025). Update van de operationele modellen voor de IJsselmeer IJssel-Vechtdelta. Deltares memo 11211534-006-ZWS-0001.

Genseberger, M., C. Eijsberg-Bak, A. Fujisaki & C. Thiange (2019): Ontwikkeling Zesde generatie Markermeeren Veluwerandmeren model, Deltares rapport 11200569-009-ZWS-0013 (versie 3.1).

Minns, T., A. Spruyt & D. Kerkhoven (2023): Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO - Generieke technische en functionele specificaties. Deltares rapport 11208053-012-ZWS-0024.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

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.