

D-Flow FM 2D Maas



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 2D hydrodynamische model van de Maas binnen de D-HYDRO Suite. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen. De tekst in deze factsheet geldt voor de meest recent ontwikkelde modellen. Veranderingen ten opzichte van eerdere modellen (binnen de zesde generatie) zijn te vinden in de "Release notes".

Geografische ligging

De modelschematisatie van de Maas loopt vanaf de stuw Lixhe, net over de grens met België, tot meetstation Keizersveer. Voor de Bedijkte Maas, meer specifiek stroomafwaarts vanaf Boxmeer (linker oever) en Molenhoek (rechteroever) vormen de bandijken de grens van het model. Wateren als het Oude Maasje (met keersluis Schipdiep), de Afgedamde Maas (met De Kromme Nolkering), het Maas-Waalkanaal (met Keersluis Heumen) en de Kraaijenbergse Plassen (met keersluis Cuijk) vallen binnen het modeldomein, zodat hun bergende werking wordt meegenomen, maar ze worden bij hoogwater afgesloten met keersluizen. Stroomopwaarts vanaf Boxmeer en Molenhoek, wordt de begrenzing van overstromingen bepaald door een natuurlijke begrenzing met hoger gelegen gebieden. Daarnaast zijn de volgende beleidsmatige begrenzingen van de overstroming, en daarmee van de Maas-modellen, vastgesteld: 1) de Vlaamse dijken langs de Gemeenschappelijke Maas, 2) de westelijke dijk van het Julianakanaal en 3) de spoorlijn Maastricht-Luik. Het Julianakanaal zelf valt wel binnen het modeldomein, maar wordt tijdens hoogwater afgesloten door keersluis Limmel, zodat de bergende werking van het kanaal wordt meegenomen. Langs het Limburgse deel van de Maas bevinden zich verschillende primaire waterkeringen ter bescherming van dorpen en steden, de Maaskeringen. De Maaskeringen hebben een lagere normering t.o.v. van de primaire waterkeringen langs het Brabantse deel van de Maas. Deze Maaskeringen zijn daarom overstroombaar in extreme situaties.

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-HYDRO modelschematisaties van de Maas zijn ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

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

Deze modelschematisaties zijn 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).

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

De actuele (*jxx*) modelschematisaties:

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit Water Management Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over waterstanden, overstromingsdreiging, watertekorten (niet vrijgegeven voor berekening van stoftransport, olieverspreiding, oppervlaktestroming).
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS.

De beleidsmodelschematisatie (*benoxx/hrxxx*) en de eventueel afgeleide deelmodelschematisaties:

1. Beheer en onderhoud van het beheergebied, zijnde o.a. op diepte houden, onderhoud krib/kribvakken/uiterwaarden.
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.
5. Beleidsondersteuning en verkenning, zijnde o.a. doorrekenen van klimaatscenario's, bepalen waterstanden voor toetsen en ontwerpen van dijken en aanpassing stuwprogramma's.

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 het Draaiboek Baselinemaatregelen (WSP, 2025). Dit draaiboek wordt meegeleverd met schematisatie aanvragen of is op te vragen via IPLO. De belangrijkste bron voor de boven water liggende gegevens is het Digitaal Topografisch Bestand (DTB)-NAT 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

Het ongestructureerde rekenrooster is zoveel mogelijk uitgelijnd met stroombanen, waar vierhoekige roostercellen de voorkeur hebben boven driehoeken. Het rekenrooster sluit naadloos aan op de rekenroosters van naburige modelschematisaties. De volgende resolutie van het rekenrooster is toegepast:

- In het zomerbed zijn er ca. 8 gridcellen. Deze hebben een aspectratio van maximaal 1:4 en zijn in de lengterichting 40 meter.
- In het winterbed wordt gericht op cellen met een aspect ratio van 1:1. Deze hebben dezelfde resolutie als de lengterichting van het zomerbed: 40 meter.

Het rekenrooster bestaat in totaal uit 400484 cellen en 809126 randlinks. Het aantal flow links hangt af van de gebruikte enclosure. De vigerende versie van het rooster is grid-maas_40m-v1_net.nc.

Voor het model maas-j25_6-v1a en de maas-hr2023_6(_mknov)-v2b-modellen is overgestapt op het rooster maas_40m_v2020_1.61_net.nc. Dit rekenrooster bevat de uitbreiding van het modeldomein in de breedte tot het overstroomde gebied bij een afvoer van 6000 m³/s bij Borgharen (Ottevanger & Plieger, 2020).

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 de beleidsmodelschematisaties (*benoxx/hrxxx*) wordt daar bovenop in de Baselineschematisatie de vegetatielegger opgenomen. Waar aanwezig overschrijft deze de ecotopenkartering. Daarnaast zijn nog specifieke vergunningen en planmaatregelen met vegetatie opgenomen. Deze overschrijven op hun beurt de vegetatielegger.

- Voor het zomerbed van de rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in twee trajecten ingedeeld. Op basis van bodemlodingen is voor het Maas traject vanaf stuw Monsin tot stuw Linne (Maas, Bovenmaas, Gemeenschappelijke Maas) gekozen voor een ruwhedsformulering voor grind (Manning) en voor de Zandmaas een alluviale formulering volgens Van Rijn.
- Het zomerbed is daarnaast opgedeeld in kalibratietrajecten. Hun begrenzing wordt bepaald door de LMW-meetstations. Tussen alle meetstations geldt een andere kalibratiefactor, met uitzondering van de stations direct bovenstrooms van de stuwen, resulterend in 26 kalibratietrajecten. Voor elk traject zijn d.m.v. kalibratie op waterstanden vijf kalibratiefactoren bepaald, die elk gelden bij een andere afvoer (van lage tot zeer hoge afvoer). Bij tussenliggende afvoeren wordt de kalibratiefactor lineair geïnterpoleerd. Bij afvoeren die buiten het gekalibreerde bereik liggen wordt de factor van het laagste, dan wel het hoogste afvoerniveau aangehouden. Het traject Monsin-Lixhe is pas sinds het maas-j25-model toegevoegd. Voor dit traject zijn de kalibratiefactoren overgenomen van de al aanwezige sectie van Eijsden-LMW *Maastricht_SintPieter*. Tussen alle trajecten is een geleidelijke overgang in kalibratiefactor over een afstand van 2 km gehanteerd. De kalibratiefactoren zijn bepaald met het totaalmodel en overgenomen in de deelmodellen.

Kunstwerken (kenmerken)

- Stuwen bij Borgharen, Linne, Roermond, Belfeld, Sambeek, Grave en Lith. Met real-time-control (RTC) wordt de kruinhoogte van iedere stuw gedurende een simulatie continue aangepast zodat de waterstanden bovenstrooms van de stuw in overeenstemming zijn met het stuwprogramma.
- Keringen bij Mookerplas (keersluis Mook), Kraaijenbergse Plassen (keersluis Cuijk), Maas-Waalkanaal (keersluis Heumen), Heusdensch Kanaal (Kromme Nolkering) en vanaf het j19-model aangevuld met keringen bij het Julianakanaal (keersluis Limmel), en het Oude Maasje (keersluis Schipdiep). Met RTC worden deze keringen gesloten en geopend tijdens afvoergolven.
- Retentiegebieden zijn onderdeel van het winterbed. De inlaatdrempel is een (vaste) overlaat. Het leegstromen van retentiegebieden (evenals overige uiterwaarden) via duikers zit niet in het model verwerkt.
- In de *maas-hr2023(_mknov)_6-v2a* modellen voor het Beoordelings en Ontwerp Instrumentarium (BOI2023) en in de beheer- en onderhoud modellen sinds beno22, zijn 6 nieuwe kunstwerken toegevoegd in de in- en uitlaatkanalen van maatregelen Elerweerd, Heerenlaak en Contelmo. Deze kunstwerken zorgen ervoor dat de maatregelen niet te vroeg meestromen en dat ze niet te veel afvoer trekken. Deze kunstwerken worden niet aangestuurd met D-RTC, maar hebben een vaste instelling.

Brugpijlers

- Brugpijlers worden in de modelschematisatie weergegeven door een lokaal verhoogde weerstand.

Hoogwater vrije gebieden

- De hoogwaterkeringen bij Mookerplas (keersluis Mook), Kraaijenbergse Plassen (keersluis Cuijk), Maas-Waalkanaal (keersluis Heumen), Heusdensch Kanaal (Kromme Nolkering), het Julianakanaal (keersluis Limmel), en het Oude Maasje (keersluis Schipdiep) worden in de beno-modelschematisaties als niet-overstroombaar verondersteld.
- In de Maasvallei (Bovenstrooms van Boxmeer en Molenhoek) liggen primaire waterkeringen in de uiterwaarden en langs de rivier. Deze keringen kunnen bij hoge rivierwaterstanden overstromen en dragen daardoor bij aan de topvervlakking. In de mknov-varianten (Maaskeringen niet overstroombaar) van beno-modelschematisaties worden deze primaire keringen niet-overstroombaar verondersteld.

Modelgrenzen

- De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken. Daar waar bandijken ontbreken wordt de modelgrens gevormd door hoger gelegen gebieden, hoge en steile taluds van o.a. spoorwegen of snelwegen en vastgestelde beleidsgrenzen. De modelbegrenzing van de zesde generatie modellen is overgenomen van de vijfde generatie modellen, aangevuld met het Julianakanaal en Maas-Waalkanaal. Met ingang van het j25-model en de *hr2023-v2*-modellen (vanaf 2025) is de modelgrens uitgebreid met ongeveer 200 km², zodat de schematisaties ten minste de hoger gelegen gebieden bevatten welke bij een afvoer van 6.000 m³/s overstromen (Van Lente & Da Silva, 2021). De uitbreidingen bevinden zich zowel in Nederland als in België, van Lixhe tot en met Mook (rivierkilometer 1.76 tot en met 165.25), maar liggen

vooral tussen rivierkilometer (rkm) 2 t/m 20 en tussen rkm 70 t/m 150. De gebieden in Duitsland zijn, in overleg met RWS, vanwege de relatieve kleine omvang niet in de modeluitbreiding opgenomen. Op een paar kleine gebieden na is de modelbegrenzing dekkend en op diverse locaties zelfs groter dan de Geometrische begrenzing rivierbed grote rivieren, zoals vastgesteld in Bgr2025.

Modelkarakteristieken

Open randen

- Bovenrand in het zomerbed bij stuw Lixhe in België. Hier wordt een afvoertijdreeks toegepast, gelijk aan de afvoer bij Eijsden. Deze tijdreeks is afkomstig uit metingen (Qf-relatie te Eijsden), handmatig gecorrigeerd op basis van de ADCP-meting bij St. Pieter, of afgeleid uit synthetische afvoergolven bij Borgharen.
- Benedenrand in het zomerbed bij meetpunt Keizersveer (rkm 247,6). Hier wordt een waterstandtijdreeks opgelegd voor berekeningen van historische perioden, of een Qh-relatie voor synthetische afvoergolven. De Qh-relatie is afgeleid op basis van het scenario zonder stormopzet en de getijgemiddelde afvoer en de getijmaximale waterstand (zie sectie Randvoorwaardensets).

Laterale lozingen en onttrekkingen

- Op 89 locaties wordt, buiten de open randen, water onttrokken of toegevoegd aan het watersysteem. De zijriviertjes, beken en kanalen van de Maas zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen. De randvoorwaarden van deze lateralen zijn afgeleid met de RGWM (Tanis, 2020) en worden gebaseerd op een combinatie van (historische) metingen van grote beken en toepassing van regressierelaties.

Meteo

- In het model wordt geen gebruik gemaakt van meteorandvoorwaarden (wind, luchtdruk, neerslag, verdamping)

Zout en temperatuur

- In het model wordt geen gebruik gemaakt van zout en temperatuur

Overige fysica

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

Numerieke instellingen

Gebruik is gemaakt van de instellingen zoals vastgesteld in generieke specificaties (Minns et al., 2020).

- Invoer en uitvoer van het model wordt gespecificeerd op Midden-Europese Tijd (MET).

Kalibratie

Methodiek

De ruwheid in het zomerbed bestaat uit een achtergrond ruwheid, vermenigvuldigd met een kalibratiefactor. Tijdens een kalibratie op waterstanden bij LMW-meetstations is deze kalibratiefactor aangepast tot de bias tussen meting en model is gereduceerd tot maximaal enkele millimeters. Tussen alle meetstations geldt een andere kalibratiefactor, met uitzondering van de stations direct bovenstrooms van de stuwen, resulterend in 26 kalibratietrajecten. Tussen alle trajecten is een geleidelijke overgang in kalibratiefactor over een afstand van 2 km gehanteerd.

Daarnaast is de kalibratiefactor ook afhankelijk gemaakt van de rivierafvoer. Voor ieder kalibratietraject is een representatieve afvoerraai halverwege het traject gedefinieerd. De afvoerafhankelijkheid is opgedeeld in 5 afvoerniveaus: Laag (L, bij 100 m³/s), Midden 1 (M1, bij 800 m³/s), Midden 2 (M2, bij 1700 m³/s), Hoog 1 (H1, bij 2250 m³/s) en Hoog 2 (H2, bij 2700 m³/s).

Voor ieder afvoerniveau is een kalibratieperiode gekozen met de juiste afvoer(golf), goede kwaliteit data, en zo recent mogelijk. Voor de laagste afvoeren (L en M1) is gekalibreerd op metingen in 2015, voor hogere afvoeren

(M1 en M2) is gekalibreerd op hoogwaters in 2010 en 2011 en voor zeer hoge afvoeren (H2) is gekalibreerd op het hoogwater 1995. Gezamenlijk vormen deze kalibraties een set van afvoerafhankelijk kalibratiefactoren voor toepassing in de zesde-generatie modellen.

Omdat sinds de zeer hoge afvoeren (H2) in 1995 veel is veranderd aan het winterbed van de rivier is onderzoek uitgevoerd naar de toepasbaarheid van dit kalibratieniveau voor de actuele geometrie. Hieruit is geconcludeerd dat H2 weliswaar afwijkingen introduceert door minder mate van stationariteit, maar nog steeds de beste optie is in de kalibratie (De Jong, 2021c). Wel is op basis van dit onderzoek ervoor gekozen op het traject Heesbeen-Keizersveer een handmatige aanpassing door te voeren omdat de lage ruwheden mogelijk niet representatief zijn voor zeer hoge afvoeren (met terugwerkende kracht verwerkt in De Jong, 2021b).

Resultaten

In Tabel 1 is de exacte periode van kalibratie en validatie gegeven met het verschil tussen model en metingen voor deze periode. Deze samenvatting bevat de bias (gemiddeld verschil) en standaarddeviatie, deze is gemiddeld (d.m.v. root mean square) over de 31 tot 34 meetstations. Voor gekalibreerde condities is de bias bij de meeste stations en afvoerniveaus voor het kalibratievenster beperkt tot enkele centimeters. Enkele stations hebben een grotere afwijking, waarvoor een verklaring is gegeven in De Jong (2021b).

Tabel 1 Verschil tussen model en meting (in meter) na kalibratie voor de kalibratievensters. Iedere waarde is het (root-mean-square-) gemiddelde over de bias en standaarddeviatie van alle meetstations. (De Jong, 2021b)

	Kalibratievenster		
	Periode	Bias	Stdev
L	mei '15	0,091	0,088
M1	feb '15	0,007	0,033
M2	nov '10	0,072	0,180
H1	jan '11	0,037	0,142
H2	feb '95	0,035	0,076

Validatie

Methodiek

Door De Jong (2021) zijn diverse validaties uitgevoerd om de kwaliteit van de kalibratie te controleren. Hierbij is gekeken hoe het model presteert tijdens perioden (validatievensters) waarin de afvoeren vergelijkbaar waren met de afvoerniveaus van de kalibratie, maar is ook de kwaliteit van het model getoetst tijdens de gehele periode van de randvoorwaarden (12 maanden voor 2014-2015, 3 maanden voor de andere perioden). Er is met name vergeleken tussen waterstanden en afvoeren bij de meetstations van het LMW (Landelijk Meetnet Water).

Aanvullend is het model door Van der Deijl (2024) gevalideerd voor het zomerhoogwater van juli 2021. De afwijkingen tussen berekende en gemeten waterstanden zijn vergelijkbaar met eerdere validaties bij hoge afvoeren. Toepassing van zomerruwheden en een zomervegetatiekartering leidt niet tot eenduidig betere resultaten voor dit zomerhoogwater; herkalibratie is daarom nog niet aan de orde en zomervegetatie heeft geen aantoonbare meerwaarde voor de modelprestaties zolang andere aanbevelingen en modelverbeteringen niet eerst worden doorgevoerd (Van der Deijl, 2024).

Resultaten

In Tabel 2 zijn de uitkomsten van de validaties weergegeven. Wederom is dit het (RMS-) gemiddelde over alle stations. Voor de (korte) validatievensters is de bias enkele centimeters, tot iets meer dan een decimeter. Deze grotere verschillen worden veroorzaakt door grote veranderingen in geometrie tussen het kalibratiejaar en het validatiejaar (zie onderstaande passage over niet-stationariteit). Voor de gehele periode is de bias beperkt tot enkele centimeters (gemiddeld over alle stations).

Tabel 2 Verschil tussen model en meting (in meter) na kalibratie voor de validatievensters en de gehele perioden. Iedere waarde is het RMS-gemiddelde over de statistieken van alle meetstations (De Jong, 2021b; Van der Deijl, 2024).

	Validatievenster				Gehele periode	
	Periode	Bias	Stdev		Bias	Stdev
L	jul '14	0,048	0,091	HW1993	0,090	0,128
M1	jan '15	0,011	0,040	HW1995	0,097	0,110
M2	dec '94	0,164	0,122	2010-2011	0,046	0,125
H1	jan '95	0,141	0,135	2014-2015	0,033	0,087
H2	dec '93	0,084	0,119	HW2021	0,03	
				HW2021_zomerveg	0,07	

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Op de Gemeenschappelijke Maas is bij zeer lage afvoeren (lager dan 100 m³/s) de afwijking tussen model en metingen te groot en kan de waterstand niet gekalibreerd worden via de (kalibratie)ruwheid. Daardoor zijn de berekende waterstanden op de Gemeenschappelijke Maas te laag bij lage afvoeren.

Sinds 1995 is er veel veranderd in het stroomgebied van de Maas. Hierdoor kan het zijn dat de berekende kwaliteit in het ene jaar, afwijkt van de kwaliteit in een ander modeljaar (naar dit proces wordt verwezen als de niet-stationariteit). Hoe groter het verschil in geometrie met het kalibratie- of validatiejaar, hoe minder er (zonder aanvullende validaties) gezegd kan worden over de kwaliteit van het model. De kwaliteit van het model voor een golf als 1995 is voor de huidige geometrie niet te zeggen. Deze niet-stationariteit en het effect van de extrapolatie hiervan naar extreme afvoeren (hoger dan 2700 m³/s) dient meegenomen te worden als mogelijke onzekerheid bij toepassingen met hoge en extreem hoge afvoeren.

Zolang niet vergeleken kan worden met metingen, kan de afwijking bij extreme condities enkel ingeschat worden. Op basis van analyse van beschikbare gegevens, wordt ingeschat dat de waterstanden bij extreme condities tussen -0,1 en +0,4 m te hoog worden berekend (De Jong, 2021c). Dit is een combinatie van een onderschatting ten gevolge van de verwachte extrapolatiefout en een overschatting door de verwachte stationariteitsfout.

De afvoerverdeling tussen zomer- en winterbed is geen onderdeel geweest van de kalibratie en validatie omdat hier onvoldoende informatie over bekend is. Alle mogelijke fouten in geometrie, discretisatie, numerieke benadering zijn verdisconteerd in de kalibratiefactor van het zomerbed. De afvoerverdeling tussen zomer- en winterbed kan hiermee zijn beïnvloed.

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 (WSP, 2024). Voor snelle tests naar 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 (afvoerraaien 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 afvoerraaien 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.

Op het rekencluster van Deltares¹ heeft een parallelle berekening (hele model, maatgevende afvoergolf) op 1 node (4 cores) een rekentijd van 0,7 tot 1,0 uur per gesimuleerde dag.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van Maas hieruit aangemaakt).
- Het rooster van de Maas sluit aan op het rooster van het Rijntakken-model en loopt over in het rooster van het RMM-model.
- Ten behoeve van vergunningverlening is de beleidsmodelschematisatie *dflowfm2d-maas-beno22_6-v2b* van de Maas opgesplitst in 3 deelmodellen van ca. 80-100 km met een 4 keer (2x2) fijnere roosterresolutie. De opzet en het gebruik van de deelmodellen wordt toegelicht in een aparte factsheet (Rijkswaterstaat en Deltares, 2024).
- Instellingen en andere modelkeuzes zijn zoveel mogelijk gelijk gehouden tussen de modellen voor de Rijn, de Maas en de Rijn-Maasmonding.

Praktisch gebruik van het model

- Het model kan gerund worden via de opgeleverde DIMR-versie (Windows of Linux). Het runnen via de (2D3D) GUI van D-HYDRO is (praktisch) niet mogelijk. Het is wel mogelijk om het model in de 2D3D GUI te openen, maar daar worden nog niet alle functionaliteiten ondersteund.
- Bij het model worden meerdere initiële condities meegeleverd voor afvoeren van 50 m³/s en van 250 tot 1500 m³/s in stappen van 250 m³/s (bij de recente modellen). Er kan gewisseld worden tussen de condities door het aanpassen van de *IniFieldFile* en de *StructuresFile* in het *mdu*-bestand, voor respectievelijk het initiële waterstandsveld en de initiële stand van de stuwen .
- Voor het postprocessen van de bestanden kan gebruikt gemaakt worden van de tool *dflowoutput* (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, 2026).
- Voor verdere toelichting over het opzetten of gebruiken van een D-HYDRO modelschematisatie voor de Maas, zie de "handleiding opzet nieuwe D-HYDRO modelschematisatie voor Rijn of Maas" (Spruyt et al., 2025). Deze handleiding is bedoeld om gebruikers op weg te helpen die aan de slag gaan met schematisaties in Baseline 6 en D-HYDRO.

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

Beschikbare versies

Modelschematisaties

Tabel 3 toont het overzicht van de beschikbare en vervangen (grijs) modelschematisaties. In de Release notes is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Tabel 3 Beschikbare Maas-modelschematisaties

Modelschematisatie	Type	Jaar	Software	
			Baseline	D-HYDRO Suite 2D3D (DIMR)
dflowfm2d-maas-j93_6-v1a	K/V	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021.04
dflowfm2d-maas-j95_6-v1a	K/V	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021.04
dflowfm2d-maas-j10_6-v1a	K/V	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021.04
dflowfm2d-maas-j14_6-v1a	K/V	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021.04
dflowfm2d-maas-j19_6-v2a	A	2021	6.2.1	D-HYDRO 2021.04
dflowfm2d-maas-beno19_6-v1a	B	2022	6.2.1	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-beno_mknov19_6-v1a	B	2022	6.2.1	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2a	H	2025	6.3.2	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2b	H	2026	6.3.2	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2a	H	2025	6.3.2	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2b	H	2026	6.3.2	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-j21_6-v1a	V	2023	6.3.0	D-HYDRO 2022.01 patch01
dflowfm2d-maas-j21_6-v1b	V	2024	6.3.0	D-HYDRO 2023.02
dflowfm2d-maas-beno22_6-v2a	B	2023	6.3.1	D-HYDRO 2023.01
dflowfm2d-maas-beno22_6-v2b	B	2024	6.3.1	D-HYDRO 2023.01
dflowfm2d-maas-j23_6-v1a	A	2023	6.3.2	D-HYDRO 2023.01
dflowfm2d-maas-j25_6-v1a	A	2025	7.0.1	D-HYDRO 2025.01

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 ditzelfde 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 j23 staat voor seizoen 2023-2024) (zie ook Rijkswaterstaat, 2021a).
- 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

Tabel 4 toont de beschikbare en vervangen (grijs) randvoorwaardensets voor de zesde-generatie Maas-modellen. Deze zijn ingedeeld in de typen: historisch opgetreden afvoergolven (hist), hydraulische randvoorwaarden (hr), beheer en onderhoudsmodel voor vergunningsverleningen (beno) en testsommen voor bijvoorbeeld de actualisatie van het model (test).

Tabel 4 Beschikbare en vervangen (grijs) randvoorwaardensets voor de zesde-generatie Maas-modellen

Naam	Type	Beschrijving	Max. afvoer(en) Borgharen Dorp (m ³ /s) (S=stationair, D=dynamisch)	Referentie
HW1993	hist	3 maanden rondom hoogwater 1993	3039	De Jong (2021b)
HW1995	hist	3 maanden rondom hoogwater 1995	2746	De Jong (2021b)
HW2010-2011	hist	3 maanden rondom hoogwater 2010-2011	2240	De Jong (2021b)
Jaarsom 2014-2015	hist	12 maanden	1200	De Jong (2021b)
HW2021	hist	1 maand rondom hoogwater 2021	3276	Van der Deijl (2023a)
20210701_20220630	hist	1 maand (juli) voor hoogwater 2021	3276	Van der Deijl (2024)
WBI2017 ²	test	Conversie van randvoorwaarden toegepast op WAQUA in WBI2017	D1300, D2260, D3275, D3394, D3800, D3950, D4000, D4600, D5000, D5500, D6000, D6500	De Jong (2021a)
JAMM 2020 ²	test	Set randvoorwaarden ten behoeve van controle van een model bij actualisatie	S50, S250, S1500, S2302, S2776, S3224, S4118, S5000 D2302, D2776, D3224, D4118, D5000	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)
hr2023 ²	hr	Afvoergolven ten behoeve van BOI2023	D1300, D1700, D2100, D2500, D2800, D3200, D3600, D4100, D4500, D5000, D6000	De Jong (2022)
hr2023_stationair ²	test	Stationaire sommen behorend bij dynamische sommen van hr2023	S1300, S1700, S2100, S2500, S2800, S3200, S3600, S4100, S4500, S5000, S6000	De Jong (2022)
hr2023_v2 ³	hr	Afvoergolven ten behoeve van BOI2023 op basis van GRADE 3.0 55% percentiel waarde op uurbasis	D1300*, D1700*, D2100*, D2500*, D2800*, D3200*, D3600*, D4100*, D4500*, D5000*, D6000*	Van der Deijl et al. (2026)
hr2023_v2_stationair ³	test	Stationaire sommen behorend bij dynamische sommen van hr2023-v2	S1300*, S1700*, S2100*, S2500*, S2800*, S3200*, S3600*, S4100*, S4500*, S5000*, S6000*	Van der Deijl et al. (2026)
t1 t1_5zs	test	Set randvoorwaarden ten behoeve van controle van een model bij actualisatie ⁴	S50, S250, S1300, S1700, S2100, S2500, S2800, S3200, S4100, S4500, S5000, S6000 D1300, D1700, D2100, D2500, D2800, D3200, D3600, D4100, D4500, D5000, D6000	Van der Deijl (2023b)
beno22	beno	Randvoorwaarden ten behoeve van vergunningverlening.	S_750, S1300, S1700, S2100, S2500, SD3200, SD4100	Van der Deijl (2023b)
BI	BI	Randvoorwaarden ten behoeve van de betrekkinglijnen	S_50, S_125, S_250, S_500, S_750, S1000, S1300, S1500	

* randvoorwaarden in de hr2023-v2 set zijn op basis van GRADE 3.0 55% percentiel waarde op uurbasis. De duur en vorm van de afvoergolf is afwijkend aan de gelijknamige randvoorwaarden in de overige sets welke nog gebaseerd zijn op hr2023-v1.

² Grijs randvoorwaarden voor WBI2017, JAMM2020 en hr2023-v1 zijn niet meer actueel

³ De hr2023_v2 modellen worden pas formeel als de resultaten van de hr2023-berekeningen door het Ministerie van IenW zijn vrijgegeven binnen BOI2023

⁴ Blauwgrijze randvoorwaarden zijn alleen beschikbaar, niet getest en geen standaard onderdeel van de testsommen

Binnen deze randvoorwaardensets worden de Qh-relaties uit Tabel 5 gebruikt. De hydrodynamische Qh-relaties zijn afgeleid op basis van de getijgemiddelde afvoer en de getijmaximale waterstand. De combinatie van de gemiddelde afvoer en de maximale waterstand leidt echter met name bij lage rivierafvoeren tot een onderschatting van stroomsnelheden en daarmee tot een onderschatting van (getijgemiddeld) sedimenttransport. Daarom is voor gebruik in morfologische modellen een aparte set Qh-relaties (_morfo) afgeleid voor de zichtjaren 2035, 2075 en 2125 op basis van de gemiddelde afvoer en gemiddelde waterstand over enkele getijcycli. Hiermee wordt het getijgemiddelde sedimenttransport beter benaderd.

Tabel 5 Beschikbare Qh-relaties voor de Maas modelschematisaties

Naam	Zeewaterstand	RMM-model	Referentie	methode
j15	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	j15_5	Van der Wijk (2016)	Getijgemiddelde afvoer en waterstand
beno15	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	beno15_5	Van der Wijk (2016)	Getijgemiddelde afvoer en waterstand
Keizersveer_Qh_bnd_j19	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	j19_6-v2a	Van der Wijk (2022)	Getijgemiddelde afvoer en waterstand
Keizersveer_Qh_bnd_j19_zs	Gemiddeld getij, geen storm, met 5 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden	j19_6-v2a	Van der Wijk (2022)	Getijgemiddelde afvoer en waterstand
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2035	Gemiddeld getij, geen storm, met 5 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	Getijgemiddelde afvoer en maximale waterstand
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2075	Gemiddeld getij, geen storm, met 50 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	Getijgemiddelde afvoer en maximale waterstand
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2125	Gemiddeld getij, geen storm, met 105 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	Getijgemiddelde afvoer en maximale waterstand
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2035_morfo	Gemiddeld getij, geen storm, met 5 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	gemiddelde afvoer en gemiddelde waterstand over enkele getijcycli
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2075_morfo	Gemiddeld getij, geen storm, met 50 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	gemiddelde afvoer en gemiddelde waterstand over enkele getijcycli
Maas_Qh_bnd_hr2023_zj2125_morfo	Gemiddeld getij, geen storm, met 105 cm zeespiegelstijging t.o.v. 2011 slotgemiddelden, uitgangspunten BOI2023 (Oosterlo, 2026)	dflowfm2d-rmm_vzm-hr2023_6-v2a	Van der Deijl et al., (2026)	gemiddelde afvoer en gemiddelde waterstand over enkele getijcycli

Behalve voor de historische randvoorwaardensets en de nieuwe BOI2023-afvoergolven⁵, geeft Tabel 6 voor al de beschikbare randvoorwaardensets aan welke randvoorwaarden voor de bovenrand, benedenrand en lateralen worden gebruikt. Daarnaast wordt aangegeven welke initiële condities of inspelcondities voor de betreffende afvoeren beschikbaar zijn.

⁵ De hr2023_v2 randvoorwaarden (dynamische BOI2023-afvoergolven) worden pas formeel en aan deze tabel toegevoegd als de resultaten van de hr2023-berekeningen door het Ministerie van IenW zijn vrijgegeven binnen BOI2023

Tabel 6 Overzicht van opgenomen randvoorwaarden, hoogte van afvoeren op de modelranden, gebruikte relaties en bijbehorende initiële condities voor de beschikbare randvoorwaarden sets (exclusief historische en hr2023_v2 randvoorwaarden).

Naam *	t1	beno	bl	Bovenrand afvoer (start) in m ³ /s	Bovenrand afvoer (max) in m ³ /s	Gebruikte regressie voor lateralen (.yml)	Benedenrand afvoer (max) in m ³ /s	Initiële condities **	Ingespeelde condities**
QH***	act/5zs	5zs	act						
Q_25				25,00	25,00	geen lateralen	25,00		Q_25
Q_250				250,00	250,00	geen lateralen	250,00		Q_250
Q_500				500,00	500,00	geen lateralen	500,00		Q_500
Q_750				750,00	750,00	geen lateralen	750,00		Q_750
Q1000				1000,00	1000,00	geen lateralen	1000,00		Q1000
Q1250				1250,00	1250,00	geen lateralen	1250,00		Q1250
Q1500				1500,00	1500,00	geen lateralen	1500,00		Q1500
S_50				69,86	69,86	rgwm-maas-stationair_laag-v1	116,93	Q_25	S_50
S_125						rgwm-maas-stationair_laag-v1			
S_250				269,10	269,10	rgwm-maas-stationair_laag-v1	355,49	Q_250	S_250
S_500						rgwm-maas-stationair_laag-v1			
S_750				767,24	767,24	rgwm-maas-stationair_laag-v1	943,73	Q_750	S_750
S1000						rgwm-maas-stationair_laag-v1			
S1300				1311,37	1311,37	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	1542,26	Q1250	S1300
S1500				1510,31	1510,31	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	1748,20	Q1500	
S1700				1709,25	1709,25	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	1953,98	Q1500	
S2100				2100,28	2100,28	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	2356,62	Q1500	S2100
S2500				2496,46	2497,46	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	2785,27	Q1500	
S2800				2794,85	2794,85	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	3107,68	Q1500	
S3200				3192,71	3192,71	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	3537,57	Q1000	S3200
S3600				3590,86	3590,86	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	3950,21	Q1500	
S4100				4088,55	4088,55	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	4466,01	Q1500	S4100
S4500				4486,53	4486,53	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	4908,87	Q1500	
S5000				4984,01	4984,01	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	5462,40	Q1500	
S6000				5980,25	5980,25	rgwm-maas-stationair_hoog-v2	6542,25	Q1500	S6000
D1300				250,00	1311,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q_250	
D1700				500,00	1711,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q_500	
D2100				750,00	2108,85	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q_750	
D2500				750,00	2504,21	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q_750	
D2800				1000,00	2804,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1000	
D3200				1000,00	3204,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1000	
D3600				1250,00	3604,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1250	
D4100				1250,00	4104,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1250	
D4500				1500,00	4504,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1500	
D5000				1500,00	5003,05	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1500	
D6000				1500,00	6003,00	rgwm-maas-synthetisch-v1		Q1500	

t1 testsommen voor modelactualisaties of aanpassingen
t1_5zs aan programmatuur. QH 5zs wordt gebruikt voor testen van beno-modellen.

beno beheer en onderhoudsmodel voor vergunningsverlening

bl betrekkinglijnen

* (afvoer Borgharen in m³/s)

Q stationair zonder lateralen

S stationair met lateralen

D Dynamische afvoer met lateralen

** (bijgeleverde initiële condities)

maas-*schematisatiennaam*_initial_water_level_****.ini

maas-*schematisatiennaam*_initial_water_level_****.xyz

maas-*schematisatiennaam*_ucx_****.xyz

maas-*schematisatiennaam*_ucy_****.xyz

maas-*schematisatiennaam*_structures_****.ini

*** (gebruikte QH-randvoorwaarde)

act actueel (Keizersveer_Qh_bnd_j19)

5zs met 5cm zeespiegelstijging (Keizersveer_Qh_bnd_j19_zs)

RGWM-regressierelaties

Voor het afleiden van laterale afvoeren met behulp van de Randvoorwaarden Generator Watermodellen (RGWM; Tanis, 2020) zijn relatiebestanden beschikbaar (zie Tabel 7). Zoals beschreven in Van der Deijl (2023) is de relatie `rgwm-maas-stationair_hoog-v1.yml` aangepast naar `rgwm-maas-stationair_hoog-v2.yml`. Ook is de overgang tussen de lage en hoge stationaire afvoeren veranderd van 1500 naar 1300 m³/s bij Borgharen. Bij gebruik van `rgwm-maas-stationair_hoog-v1` krijgen de lateralen voor alle stationaire berekeningen met een afvoer lager dan 2302 m³/s bij Borgharen dezelfde afvoer toebedeeld door de RGWM. Hetzelfde geldt voor de afvoeren groter dan 5000 m³/s, bij deze niveaus krijgen alle lateralen dezelfde afvoer toebedeeld als voor de afvoer van 5000 m³/s. `rgwm-maas-stationair_hoog-v2.yml` is daarom aangevuld met o.a. de afvoeren van 1300 en 6000 m³/s zodat het gehele bereik in de relaties wordt gespecificeerd en er geen extrapolatie nodig is. Voor BOI wordt gebruik gemaakt van de nieuwe randvoorwaarden met een golfvorm gebaseerd op GRADE 3.0 55% percentiel waarde op uurbasis te Borgharen. Deze golfvorm is aangeleverd door BOI. Hiervoor zijn door Van der Deijl et al. (2026) nieuwe randvoorwaarden voor het D-HYDRO model afgeleid en is het relatiebestand `rgwm-maas-stationair_hoog-v3.yml` opgesteld voor specifiek deze golfvorm.

De RGWM-relaties resulteren in twee sets laterale instromingen rondom Den Bosch. De eerste set zijn de lozingen op de Maas van de Dieze en het Drongelens Kanaal, de tweede set zijn de lozingen op deze kanalen door de Aa, Dommel en Zandleij. De tweede set kan voor alle afvoeren voldoende accuraat bepaald worden met lineaire relaties. De eerste set wordt bij hoge afvoer (en neerslag) beïnvloed door lozingsbeperkingen van de Dieze (geen vrij verval) en de inzet van retentiegebieden. Voor hoge afvoeren kan daarom geen gebruik gemaakt worden van de afvoer door Dieze en Drongelens Kanaal zoals berekend door RGWM en dient een hydraulisch model (SOBEK 3) gebruikt te worden (De Jong, Van der Deijl, Spruyt, 2021).

Tabel 7 Beschikbare RGWM-relatiebestanden(.yml) voor het bepalen van de laterale toestromingen en onttrekkingen langs de Maasmodellen.

Naam (.yml)	Beschrijving	Referentie
<code>rgwm-maas-j19_operationeel-v1</code>	Ten behoeve van het afleiden van operationeel en historische randvoorwaarden	O.b.v. Van der Veen (2018), De Jong (2020a)
<code>rgwm-maas-operationeel_6-v2025_01</code>	Ten behoeve van het afleiden van operationeel en historische randvoorwaarden	O.b.v. Van der Veen (2018), De Jong (2020a), Kusters (2025)
<code>rgwm-maas-stationair_hoog-v1⁶</code>	Voor stationaire hoge afvoeren (groter dan 1500 m ³ /s bij Borgharen)	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)
<code>rgwm-maas-stationair_hoog-v2</code>	Voor stationaire hoge afvoeren (groter dan 1300 m ³ /s bij Borgharen) op basis van de golfvorm hr2017 / hr2023-v1	Van der Deijl (2023b)
<code>rgwm-maas-stationair_hoog-v3</code>	Voor stationaire hoge afvoeren (groter dan 1300 m ³ /s bij Borgharen) op basis van GRADE 3.0 55% percentiel waarde op uurbasis	Van der Deijl et al. (2026)
<code>rgwm-maas-stationair_laag-v1</code>	Voor stationaire lage afvoeren (lager of gelijk aan 1300 m ³ /s bij Borgharen)	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)
<code>rgwm-maas-synthetisch-v1</code>	Voor (hoge) afvoergolven	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)

⁶ Grijze RGWM-relatie is niet meer actueel

Release notes

dflowfm2d-maas-j93_6-v1a (De Jong, 2021b)

De basis van deze schematisatie is j95_6, met hierop als enige aanpassing het verwijderen van noodkades. De bovenrand ligt bij Eijsden. Deze schematisatie is gebruikt voor de validatie op HW1993. Bij toepassing wordt geadviseerd enkel gebruik te maken van de kalibratie op HW1995 (kalibratieversie 'gekalibreerd' met niveau H1j95 en H2), omdat toepassing van de kalibratiefactoren gebaseerd op meer recentere afvoergolven resulteren in een grotere afwijking met metingen.

dflowfm2d-maas-j95_6-v1a (De Jong, 2021b)

Het uitgangspunt voor alle modellen is de Baseline-schematisatie van het jaar 1995. Deze is door RWS-ZN opgebouwd in Baseline 5 en door Deltares vertaald naar een Baseline-6 schematisatie. Het model bevat de gecorrigeerde zomerbedbodem van 1995. Dit betekent dat de zomerbedbodem is afgeleid van singlebeam-metingen, met een correctie voor het verschil tussen de oude singlebeam- en de modernere multibeam-meetmethode. Deze bodem wordt beschouwd als multibeam bodem 1995. De winterbedruwheden zijn afkomstig van de herziene ecotopenkartering 1997 (ecotopen eerste cyclus, revisie 2010, versie 2.0), maar zijn lokaal aangepast aan de situatie in 1995. De schematisatie j95_6 is op vele fronten verbeterd ten opzichte van j95_5 (toevoegen oeverlijn, breuklijn bij plassen, aanpassen resolutie hoogtepunten enz.). De bovenrand ligt bij Eijsden. Deze schematisatie is gebruikt voor de kalibratie op HW1995. Bij toepassing wordt geadviseerd enkel gebruik te maken van de kalibratie op HW1995 (kalibratieversie 'gekalibreerd' met niveau H1j95 en H2), omdat het model dan betere resultaten geeft dan bij gebruik van kalibratieniveaus die afkomstig zijn van kalibratie op recentere jaren.

dflowfm2d-maas-j10_6-v1a (De Jong, 2021b)

De j10_6 schematisatie is gebaseerd op j95_6 waarin met Baseline-maatregelen de actualisatie is uitgevoerd van 1995 naar 2010. De bovenrand ligt bij Eijsden. Deze schematisatie is gebruikt voor de kalibratie op HW2011.

dflowfm2d-maas-j14_6-v1a (De Jong, 2021b)

De j14_6 schematisatie is gebaseerd op j10_6 waarin met Baseline-maatregelen de actualisatie is uitgevoerd van 2010 naar 2014. Deze schematisatie bevat de ecotopenkartering 2012 met een (fijne) resolutie van 5x5 m. De bovenrand ligt bij Eijsden. Deze schematisatie is gebruikt voor de kalibratie op 2014-2015.

dflowfm2d-maas-j19_6-v2a (Van der Deijl, De Jong, Visser, 2021)

De basis voor dit model is het kalibratie-validatie-model van j14. Naast het bijwerken van de geometrie op basis van een bijgewerkte baseline-schematisatie, bevat het actuele j19-model de volgende toevoegingen:

- Operationele sturing is geïmplementeerd voor alle stuwen en keersluizen in het model. Bij de stuwen betekent dit dat de hoogte van de stuw continue wordt bijgesteld zodat de waterstanden bovenstrooms van iedere stuw voldoen aan één of meerdere gestelde criteria. De keersluizen worden gesloten als lokaal een waterstand of afvoer wordt overschreden.
- De bovenstroomse modelrand is een halve kilometer verplaatst van Eijsden naar Lixhe. Dit is een meer logische locatie voor een modelrand omdat hier een stuw ligt. Omdat de verplaatsing maar beperkt is, kunnen randvoorwaarden bij Eijsden zonder conversie opgelegd worden bij Lixhe.
- Geometrie is toegevoegd van aangetakte kanalen: het Julianakanaal en het Maas-Waalkanaal. Deze kanalen staan geheel of gedeeltelijk in vrije verbinding met de Maas. Pas bij hoge afvoeren sluiten de keersluizen. Deze keersluizen zijn toegevoegd aan de real-time-control (RTC) van het model.

Ten slotte is de geometrie in het model afgeleid vanuit de landsdekkende database Baseline-NL (baseline-nl_land-j19_6-v1) waardoor de consistentie in de overlapgebieden met Rijntakken en Rijnmaasmonding wordt verbeterd.

dflowfm2d-maas-beno19_6-v1a (Van der Deijl, De Jong, Visser, 2022)

Dit model beschrijft de staat van de rivier in de (nabije) toekomst. Hiervoor wordt het j19-model uitgebreid met maatregelen van Vegetatielegger inclusief Stroomlijn fase 1 en 2, projecten watervergunningen, Maaswerken en overige (plan)maatregelen. Dit model is opgebouwd uit baseline-nl_land-beno19_6-v1.

dflowfm2d-maas-beno_mknov19_6-v1a (Van der Deijl, De Jong, Visser, 2022)

In deze variant van het beno-model zijn de Maaskeringen niet overstroombaar (mknov). De kades zijn hiervoor gemodelleerd als niet overstroombare elementen. Dit model is opgebouwd door het inmixen van de mknov-maatregel in dflowfm2d-maas-beno19_6-v1a.

dflowfm2d-maas-hr2023_6-v1a (Van der Deijl, De Jong, Visser, 2022)

Dit model is vrijwel identiek aan het model dflowfm2d-maas-beno19_6-v1a, met de toevoeging van de BOI2023-uitvoerlocaties. Dit model is opgebouwd uit baseline-nl_land-hr2023_6-v1.

dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v1a (Van der Deijl, De Jong, Visser, 2022)

In deze variant van het hr23-model zijn de Maaskeringen niet overstroombaar (mknov). De kades zijn hiervoor gemodelleerd als niet overstroombare elementen. Dit model is opgebouwd door het inmixen van de mknov-maatregel in dflowfm2d-maas-hr2023_6-v1a

dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2a (van der Deijl en van den Hoek, 2025)

Dit model is vrijwel identiek aan het model dflowfm2d-maas-hr2023_6-v1a, maar het rekenrooster en de Baseline-schematisatie zijn uitgebreid met de 'hogere gelegen gebieden' binnen het overstroomde gebied bij 6000 m³/s bij Borgharen. Daarnaast zijn zes nieuwe kunstwerken toegevoegd in de in- en uitlaatkanalen van maatregelen Elerweerd, Heerenlaak en Contelmo. Ook zijn nieuwe randvoorwaarden opgesteld en meegeleverd (hr2023-v2) op basis van de golfvorm van 55% Grade 3.0. Het model is opgebouwd op basis van baseline-nl_land-hr2023_6-v2 .

dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2a (van der Deijl en van den Hoek, 2025)

In deze variant van het hr2023-model zijn de Maaskeringen niet overstroombaar (mknov). De kades zijn hiervoor gemodelleerd als niet overstroombare elementen. Dit model is opgebouwd door het inmixen van de mknov-maatregel in baseline-nl_land-hr2023_6-v2

dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2b (van der Deijl en van den Hoek, 2026)

De geometrie van dit model is identiek aan het model dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2a. Alleen de Qh-relatie en initiële condities voor 2035 zijn geactualiseerd. Daarnaast is het model uitgebreid met randvoorwaarden en initiële condities voor 2075 en 2125.

dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2b (van der Deijl en van den Hoek, 2026)

De geometrie van dit model is identiek aan het model dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2a. Alleen de Qh-relatie en initiële condities voor 2035 zijn geactualiseerd. Daarnaast is het model uitgebreid met randvoorwaarden en initiële condities voor 2075 en 2125.

dflowfm2d-maas-j21_6-v1a (Van der Deijl, 2023a)

Het j21-model betreft een model opgebouwd voor de validatie van HW2021. Om deze reden vormt schematisatie baseline-maas-j19_6-v2 de basis waarop de actualisatie van 2019 naar 2021 is uitgevoerd. De vegetatie karakteristieken zoals vegetatie hoogte en dichtheid zijn conform het beeld in de winter en er zijn bewust alleen lodingen van voor het hoogwater gebruikt.

dflowfm2d-maas-j21_6-v1b (Van der Deijl, 2024)

De Baselineschematisatie van dit model is identiek aan dflowfm2d-maas-j21_6-v1a. Het model bevat echter nieuwe randvoorwaarden, nieuwe RTC-tijdseries en de modelinvoer voor extra model-varianten voor de gevoeligheidsanalyse kalibratie en vegetatie. De herziene randvoorwaarden en RTC-tijdseries zijn gebaseerd op compleet gevalideerde meetreeksen. Voor de gevoeligheidsanalyse kalibratie wordt o.a. mainchannel_calibration-v2b-zonder_Hoog2.cld gebruikt. Voor de gevoeligheidsanalyse vegetatie worden de zomerkartering (maas-j21_6-w1zva2_trachytopes.arl) en ruwheidscoëfficiënten voor de zomer (roughcombination-all-v1_zomervegetatie.ttd) gebruikt.

dflowfm2d-maas-j23_6-v1a (van den Hoek en van der Deijl, 2023)

Het j23-model betreft het nieuwe actuele model dat zowel tijdens het hoogwaterseizoen van 2023/2024 als dat van 2024/2025 gebruik zal worden. De bijgewerkte geometrie van de schematisatie is afgeleid met een uitsnede ('clip') op basis van baseline-nl_land-j23_6-v1 (Visser, 2023).

dflowfm2d-maas-beno22_6-v2a (Fujisaki, Agtersloot, Becker, 2023)

Dit model beschrijft de staat van de rivier in de (nabije) toekomst. Hiervoor wordt het j22-model uitgebreid met maatregelen van Vegetatielegger inclusief Stroomlijn fase 1 en 2, projecten watervergunningen, Maaswerken en overige (plan)maatregelen. Dit model is opgebouwd uit baseline-nl_land-beno22_6-v1 (Visser, 2022).

dflowfm2d-maas-beno22_6-v2b (Fujisaki, Agtersloot, Becker, 2024)

Dit model is gelijk aan dflowfm2d-maas-beno22_6-v2a. Er zijn alleen extra randvoorwaarden inclusief ingespeelde waterstanden, stuwstanden en stroomsnelheidsvectoren opgesteld voor het extra stationair afvoerniveau van 750 m³/s.

dflowfm2d-maas-j25_6-v1a (van der Deijl en Leemeijer, 2025)

Het j25-model betreft het nieuwe actuele model dat zowel tijdens het hoogwaterseizoen van 2025/2026 als dat van 2026/2027 gebruik zal worden. De bijgewerkte geometrie van de schematisatie is afgeleid met een uitsnede ('clip') op basis van baseline-nl_land-j25_6-v1 (Leemeijer, 2025). Het rekenrooster en de Baseline-schematisatie zijn uitgebreid met de 'hoger gelegen gebieden'. Daarnaast is het kunstwerk voor inlaatwerk Heerenlaak toegevoegd aan het model. Het kunstwerk heeft vaste instellingen en staat voorlopig geheel dicht. De stuwsturing van de stuwen en enkele keersluizen is vernieuwd.

Referenties (alfabetisch)

- Deijl, E.C. van der, J.S. de Jong, T. Visser (2022). Actualisatie zesde-generatie Maas-modellen. Schematisaties j19_6, beno19_6, beno_mknov19_6. Deltares rapport 11206813-002-ZWS-0021 v2.0
- Deijl, E.C. van der (2023a). Validatie Hoogwater Maas juli 2021. Deltares rapport 11208053-002-ZWS-0006 v1.0
- Deijl, E.C. van der (2024). Validatie Hoogwater Maas juli 2021. Deltares rapport 11208053-002-ZWS-0006 v2.0
- Deijl, E.C. van der (2023b). Update van de standaardsommen JAMM2022 naar JAMM 2023. Deltares-memo 11209233-002-ZWS-003 v1.0
- Deijl, E.C. van der & A. van den Hoek (2026). Ontwikkeling modellen BOI2023 Maas- schematisaties dflowfm2d-maas-hr2023_6-v2a en dflowfm2d-maas-hr2023_mknov_6-v2a. Deltares rapport 11212773-002-ZWS-0003 v2,
- Deijl, E.C. van der, A. van den Hoek, A.M. & Zijlker T.D. (2026). Nieuwe modelrandvoorwaarden ten behoeve van BOI2023 voor Maas, Rijntakken en RMM. Deltares rapport 11212773-011-ZWS-0003 v2.
- Deijl, E.C. van der & W. Leemeijer (2025). Actualisatie zesde-generatie Maasmodel 2025 - dflowfm2d-maas-j25_6-v1a. Deltares rapport Deltares (2026). D-Flow Flexible Mesh. Computational Core and User Interface. User Manual. Version: 2026.02. In te zien op: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/D-Flow_FM_User_Manual.pdf
- Domhof, B. & J.S. de Jong (2021) Verschilanalyse overstap zesde-generatie modellering Maas. Effect nieuwe generatie, modelinstellingen en beno-actualisaties. Deltares rapport 11206813-002-ZWS-0023 v0.10 concept
- Fujisaki, A., R. Agtersloot, A. Becker. (2023): B&O-modellen en deelmodellen Maas. Deltares-rapport 11208053-002-ZWS-0005, versie 1.0, 10 juli 2023.
- Fujisaki, A., R. Agtersloot, A. Becker. (2024): B&O-modellen en deelmodellen Maas. Deltares-rapport 11208053-002-ZWS-0005, versie 2.0, 2024.
- Hoek, A. van den & E.C. van der Deijl (2023). Actualisatie zesde-generatie Maasmodel 2023. schematisatie dflowfm2d-maas-j23_6. Deltares rapport 11209233-002-ZWS-0005 v1.0
- Jong, J.S. de (2020a) Toepassing van RGWM in RWsOS - Pilot D-HYDRO Maas. Deltares memo 11205258-002-ZWS-0006 d.d. 7 mei 2020
- Jong, J.S. de (2021a) Randvoorwaarden WBI2017 geconverteerd naar D-HYDRO. Deltares memo 11205258-002-ZWS-0014, d.d. 29 januari 2021
- Jong, J.S. de (2021b). Ontwikkeling zesde-generatie Maas-model. Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltares rapport 11200569-003-ZWS-0014, v1.1, d.d. oktober 2021
- Jong, J.S. de (2021c). Advisering in de keuze van kalibratiefactoren voor MHW-afvoeren. Zesde-generatie modellering Maas, Deltares rapport 11206813-002-ZWS-0012 v1.0 d.d. 12 oktober 2021
- Jong, J.S. de, A. Spruyt, E. van der Deijl, A. Kosters (2021). Synthetische randvoorwaarden zesde generatie. Deltares memo 11205258-002-ZWS-0009 d.d. 12 november 2021 v 0.13
- Jong, J.S. de (2022) Randvoorwaarden dynamische afvoergolven Maas-model voor toepassing in BOI. Deltares memo 11206813-002-ZWS-0019 v0.6 d.d. 10 december 2021
- Kosters, A. (2025). Verbetering en versiebeheer operationele yml-bestanden Rijn en Maas. Deltares memo 11211534-016-ZWS-0003 d.d. 7 augustus 2025
- Leemeijer, W. (2025). Werkzaamheden Baseline-NL in 2025 - Opzet baseline-nl_land-j25_6-v1 . Deltares rapport 11211534-015-ZWS-0002_v1.0 d.d 27 mei 2025.
- Minns, T., A. Spruyt & D. Kerkhoven (2020): Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO - Generieke technische en functionele specificaties. Deltares rapport 11203714-013-ZWS-0001.
- Oosterlo, P. (2026). Afvoerstatistiek Rijn en Maas en 1-op-1-relaties ten behoeve van de hydraulische belastingen voor het beoordelen en ontwerpen binnen BOI. memo 17 april 2026
- Ottevanger, W &, R. Plieger (2020) Roosteruitbreiding Maas. Extreem hoogwater. Deltares rapport 11203684-010-ZWS-0001
- Rijkswaterstaat (2021a) Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat Versie 2.0. In voorbereiding
- Rijkswaterstaat & Deltares (2025). Factsheet zesde-generatie modelschematisaties. Baseline-NL v2025-v1. In te zien op: <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/nederland/>
- Rijkswaterstaat & Deltares (2024). Factsheet zesde-generatie modelschematisaties. D-Flow FM 2D deelmodellen Maas. Versie 2024-v3 In te zien op: <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/rivieren/>
- Spruyt, A., A. Kosters, E.C. van der Deijl, T. Visser (2025). Handleiding opzet nieuwe D-HYDRO modelschematisatie voor Rijn of Maas. Deltares rapport 11209233-003-ZWS-0001, v1.0 08-08-2024
- Tanis, H. (2020). Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) 2.3.0. Gebruikershandleiding RGWM.
- Veen, R. van der (2018). Actualisatie beschrijving laterale toestroming Maas. Kenmerk P180510R
- Van Lente & Da Silva (2021). RWS INFORMATIE; Begrenzing rivierbed in lijn met actuele normering. Definitief. 6 augustus 2021.

- Visser T. (2022). *Werkzaamheden Baseline-NL 2022, Actualisatie j22-v1 en beno22*. Deltares rapport 11208053-011-ZWS-0005, 27 september 2022.
- Visser, T. (2023). *Werkzaamheden Baseline-NL in 2023 - Opzet baseline-nl_land-j22_6-v2 en baseline-nl_land-j23_6-v1*. Deltares rapport 11209233-014-ZWS-0002.
- Wijk, R. van der (2016), *Qh-relaties j15 en beno15 voor Keizersveer, Werkendam en Krimpen a/d Lek*. Deltares memo d.d. 8 april 2016, kenmerk 1230071-004-ZWS-0010
- Wijk, R. van der (2022) *Afleiden QH-relatie Rijn-Maasmonding voor Rijntakken en Maas*. Deltares memo 11206813-006-ZWS-0008 v4.0 d.d. 1 maart 2022
- WSP (2025). *Draaiboek Baselinemaatregelen. Schematisatie instructies*.



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.