

D-FLOW FM 2D MAAS



Modelschematisaties zijn numeriek 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. De bandijk en hoge gronden vormen de grens van het model. 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/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.
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 (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021). 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)-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 353.898 cellen en 695.248 flow links. De vigerende versie van het rooster is maas_40m_v2020_1.0_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 gepikt 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 rivier wordt met de formulering van alluviale ruwheden berekend. Het zomerbed is in twee trajecten ingedeeld. Op basis van bodemlodingen is voor de Grensmaas gekozen voor een ruwheidsformulering voor grind (Manning) en voor de Zandmaas een alluviale formulering volgens Van Rijn.

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.

Brugpijlers

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

Hoogwatervrije gebieden

- In de Maasvallei liggen dijkkringen binnen en langs de rivier. Deze dijkkringen kunnen bij hoge rivierwaterstanden instromen en dragen daardoor bij aan de topvervlakking. In de Bedijkte Maas worden primaire keringen in het beno-model als oneindig hoog veronderstelt.

Modelgrenzen

- De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken. Daar waar bandijken ontbreken wordt de modelgrens gevormd door hoge gronden. Deze begrenzing is vastgesteld in de Waterwet & de Beleidslijn Grote Rivieren.

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 25 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 onderstaande tabel 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: Verschil tussen model en meting (in meter) na kalibratie voor de kalibratievensters. Ieder 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

Diverse validaties zijn uitgevoerd om de kwaliteit van de kalibratie te controleren. Hierbij is zowel 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-meetnet.

Resultaten

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten van de validatie weergegeven. Wederom is dit het (RMS-) gemiddelde over alle stations. Voor de (korte) validatievensters is de bias tussen 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: Verschil tussen model en meting (in meter) na kalibratie voor de validatievensters en de gehele perioden. Ieder waarde is het RMS-gemiddelde over de statistieken van alle meetstations. (De Jong, 2021b)

	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			

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Op de Grensmaas 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 Grensmaas 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 (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*: 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 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 rekentijdstepverkleining 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.

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

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.

Praktisch gebruik van het model

- 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 mdv-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 *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 versiesModelschematisaties

In de Release notes is een uitgebreidere toelichting opgenomen van iedere modelschematisatie.

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
<i>dflowfm2d-maas-j93_6-v1a</i>	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021-04
<i>dflowfm2d-maas-j95_6-v1a</i>	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021-04
<i>dflowfm2d-maas-j10_6-v1a</i>	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021-04
<i>dflowfm2d-maas-j14_6-v1a</i>	2021	6.1.2	D-HYDRO 2021-04
<i>dflowfm2d-maas-j19_6-v2a</i>	2021	6.2.1	D-HYDRO 2021-04
<i>dflowfm2d-maas-beno19_6-v1a</i>	2022	6.2.1	D-HYDRO 2022-01 patch01
<i>dflowfm2d-maas-beno_mknov19_6-v1a</i>	2022	6.2.1	D-HYDRO 2022-01 patch01
<i>dflowfm2d-maas-hr2023_6-v1a</i>	2022	6.2.1	D-HYDRO 2022-01 patch01
<i>dflowfm2d-maas-hr_mknov2023_6-v1a</i>	2022	6.2.1	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 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 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 Maas-modellen. Deze zijn ingedeeld in de typen: historisch opgetreden afvoergolven (hist), hydraulische randvoorwaarden (hr), en testsommen voor bijvoorbeeld de actualisatie van het model (test).

Naam	Type	Beschrijving	Max. afvoer(en) Borgharen Dorp (m ³ /s) (S=stationair, D=dynamisch)	Referentie
HW1993	hist	3 maanden rondom hoogwater 1993	3000	De Jong (2021b)
HW1995	hist	3 maanden rondom hoogwater 1995	2700	De Jong (2021b)
HW2010-2011	hist	3 maanden rondom hoogwater 2010-2011	2300	De Jong (2021b)
Jaarsom 2014-2015	hist	12 maanden	1200	De Jong (2021b)
WBI2017	hr	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	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	hr	Afvoergolven ten behoeve van BOI2023	D1300, D1700, D2100, D2500, D2800, D3200, D3600, D4100, D4500, D5000, D6000	De Jong (2022)
hr2023_stationair	test	Stationaire sommen behorend bij dynamische sommen van hr2023	S1300, S1700, S2100, S2500, S2800, S3200, S3600, S4100, S4500, S5000, S6000	De Jong (2022)

De volgende QH-relaties worden gebruikt binnen deze randvoorwaardensets. Allen zijn afgeleid op basis van de getijgemiddelde afvoer en de getijmaximale waterstand.

Naam	Zeewaterstand	RMM-model	Referentie
j15	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	j15_5	Van der Wijk (2016)
beno15	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	beno15_5	Van der Wijk (2016)
Keizersveer_Qh_bnd_j19	Gemiddeld getij, geen storm, geen zeespiegelstijging	j19_6-v2a	Van der Wijk (2022)
Keizersveer_Qh_bnd_j19_zs	Gemiddeld getij, geen storm, met 5 cm zeespiegelstijging	j19_6-v2a	Van der Wijk (2022)

RGWM-regressierelaties

Voor het afleiden van laterale afvoeren met behulp van de Randvoorwaarden Generator Watermodellen (RGWM; Tanis, 2020) zijn de volgende relaties beschikbaar.

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).

Naam	Beschrijving	Referentie
rgwm-maas-j19_operationeel-v1.yml	Ten behoeve van het afleiden van operationeel en historische randvoorwaarden	O.b.v. Van der Veen (2018), De Jong (2020a)
rgwm-maas-stationair_hoog-v1.yml	Voor stationaire hoge afvoeren (groter dan 1500 m ³ /s bij Borgharen)	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)
rgwm-maas-stationair_laag-v1.yml	Voor stationaire lage afvoeren (lager of gelijk aan 1500 m ³ /s bij Borgharen)	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)
rgwm-maas-synthetisch-v1.yml	Voor (hoge) afvoergolven	De Jong, Van der Deijl, Spruyt (2021)

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, Vissers, 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 toegevoerd 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 Maaskades niet overstroombaar (mknov). De kades zijn hiervoor gemodelleerde 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)

Dit model is opgebouwd door het inmixen van de mknov-maatregel in dflowfm2d-maas-hr2023_6-v1a

Referenties (alfabetisch)

- Deijl, E. 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
- 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
- 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
- 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 CONCEPT
- 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
- 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.
- 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 (2021). Factsheet Baseline-NL v2021-v1.
- Tanis, H. (2020). Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) 2.2.1. Gebruikershandleiding RGWM.
- Veen, R. van der (2018). Actualisatie beschrijving laterale toestroming Maas. Kenmerk P180510R
- 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



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.