

SOBEK 3 Rijntakken



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

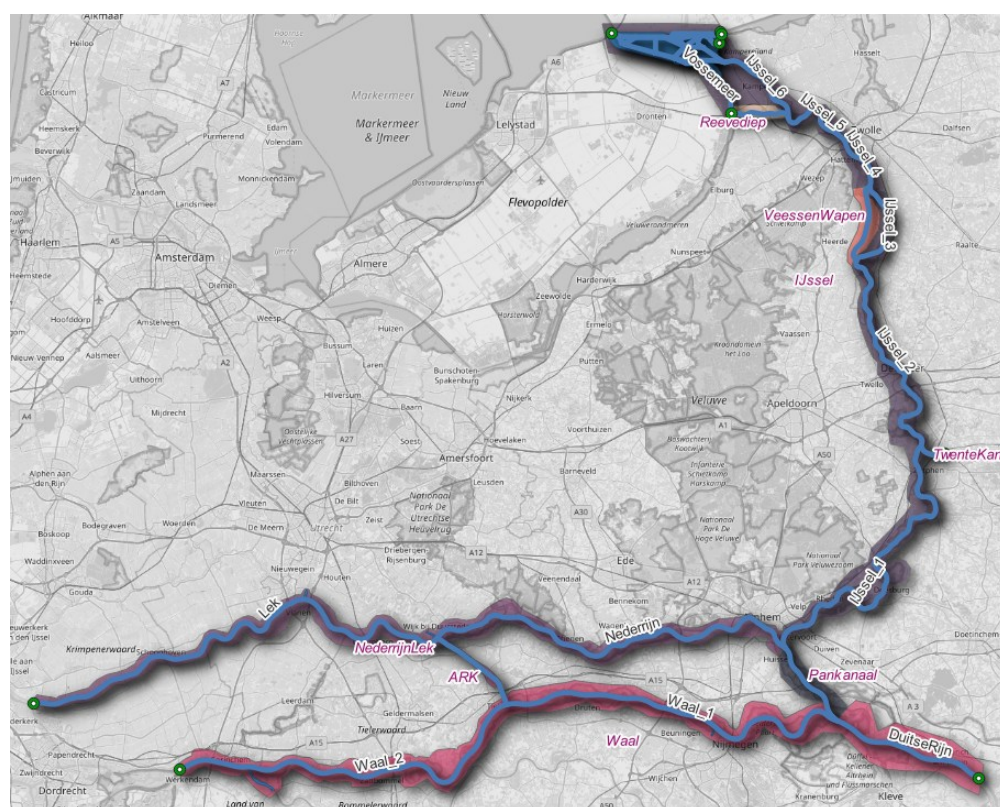
De ontwikkeling van de nieuwe, zesde generatie, modelschematisaties van de door Rijkswaterstaat beheerde watersystemen resulteert in een set schematisaties voor alle Rijkswateren en een aantal aangrenzende gebieden.

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 model-item 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 1D hydrodynamisch model van de Rijntakken binnen de D-HYDRO Suite (SOBEK 3). Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie van de Rijntakken loopt van Dornick, net over de grens met Duitsland, tot Hardinxveld op de Boven-Merwede, Krimpen aan de Lek op de Lek en tot aan de Ketelbrug (grens tussen het Ketelmeer en IJsselmeer). De bandijk en hoge gronden vormen de grens van het model. In de IJsseldelta ligt de grens op de kering tussen IJsselmuiden en de Ramspolkering. Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Toepassingen

De SOBEK-3 modelschematisaties van de Rijntakken zijn ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Simulatie van diepte- en breedtegemiddelde waterbeweging en diepte- en breedtegemiddelde stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden

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

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

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

De actuele (jxx) modelschematisaties (zie Tabel 1):

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit WaterManagement 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.

Geografische brongegevens

Het 1D model is afgeleid van het corresponderende D-HYDRO 2D model (Tabel 1) en de Baseline database. De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisaties van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de aparte factsheet van Baseline NL.

De geografische gegevens in Baseline worden via een automatische procedure geprojecteerd op het rekenrooster van de 2D modelschematisatie. Dit betreft de bodemligging, locaties van uitvoerpunten, lateralen, kunstwerken en debietraaien, lijnelementen, ecotopenkartering en begrenzingen. Zie hiervoor de aparte factsheet van de D-Flow FM 2D modellen van de Rijntakken. Dit wordt vervolgens via het hulpprogramma FM2Prof omgezet naar dwarsprofielen en winterbedruwheden voor de 1D schematisatie.

Rekenrooster

De knopen-takken structuur van de SOBEK-3-schematisatie is gebaseerd op de ligging van de rivieras in baseline-rijn-j22_6-v1. Naast de grote rivieren en het Ketelmeer zijn de hoofdwater- en nevengeulen Veessen-Wapenveld, het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal, het Twentekanaal vanaf Eefde en het Reevediep opgenomen. Het rekenrooster heeft een afstand van ongeveer 500 meter, met uitzondering nabij kunstwerken waar een afstand van 10 m is gebruikt aan beide zijde van het kunstwerk. De randvoorwaarden van het model liggen bij Dornick (afvoerrand), Hardinxveld, Krimpen a/d Lek en Ketelbrug.

Schematisatie-elementen

Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigen. Het uitgangspunt was om de kunstwerken zo volledig mogelijk over te

nemen uit het corresponderende D-HYDRO 2D model. In de SOBEK-3-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Dwarsprofielen

- De dwarsprofielen zijn bepaald door optimaliseren van de volumetrische overeenkomst (minimaliseren van het verschil van bergend- en stroomvoerend volume) met het 2D model op basis van het hulpprogramma FM2PROF.

Kunstwerken

- De drie **stuwen op de Neder-Rijn en Lek (Driel, Amerongen en Hagestein)** zijn gemodelleerd als regelbare *general structures*. Met Real Time Control (RTC) wordt de onderkant van de vizierschuiven in de kalibratie- en validatiemodellen gestuurd op de bovenstrooms gemeten waterstanden of de gemeten afvoer. Afwijking van 2D: Bij alle stuwen zijn ook winterbedstuwen meegenomen als *Simple Weirs*. Dit zijn fictieve stuwen die stroming over het winterbed langs de stuwen bij hoge afvoer mogelijk maakt. De hoogte en breedte van deze stuwen is gebaseerd op het hoogtemodel in Baseline.
- Bij het stuwcomplex Amerongen is naast de stuw ook een waterkrachtcentrale aanwezig (**WKC Amerongen**). De WKC is in de geometrie van het model opgenomen. Voor de RWSOS-toepassing (sobek-rijn-j24_6-v1a2_rwsos) wordt (nog) geen gebruik gemaakt van de sturing van de WKC; de WKC staat in het model dicht. De afvoer die in werkelijkheid door de WKC gaat, stroomt in het model door de stuw zelf.
- Het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal verbindt bij lage afvoeren de Waal met de Lek. Het kanaal kan aan weerszijden worden afgesloten door twee kunstwerkcomplexen: de **Prinses Marijkesluis** bij de verbinding met de Lek en de **Prins Bernhardsluis** bij de verbinding met de Waal. Het complex van de Prinses Marijkesluizen bestaat uit de sluiskolken zelf en de **keerschuijf Ravenswaaij**. Bij stijgende afvoer sluit eerst de Prins Bernhardsluis, bij nog hogere afvoer gaat ook de Prinses Marijkesluis dicht. Op dat moment treedt ook een **gemaal bij de Marijkesluis** in werking, dat de waterstand op het Betuwepand op peil houdt.
- Afwijking van 2D: De **regelwerken Pannerden en Hondsbroeksche Pleij** zijn niet opgenomen in het 1D model.
- Het **inlaatwerk hoogwatergeul Veessen-Wapenveld** reguleert de instroom van de hoogwatergeul Veessen-Wapenveld, die bedoeld is om waterstanden op de IJssel te verlagen bij hoge afvoeren. Onder normale omstandigheden staat het inlaatwerk dicht. Bij hoge waterstanden wordt het inlaatwerk in 4 stappen volledig geopend. Ook het sluiten van het inlaatwerk is in het model opgenomen.
- Afwijking van 2D: Leeg laten lopen van hoogwatergeul Veessen-Wapenveld na een passerende hoogwatergolf d.m.v. lateraal aangestuurd door RTC. Op het laagste punt wordt in de hoogwatergeul bij een waterstand lager dan 2,60 m +NAP op de IJssel, water onttrokken uit de hoogwatergeul. Dit water stroomt niet terug naar de IJssel en “verdwijnt” uit het model. Terugstroom zorgt mogelijk voor foutieve waterstanden op de IJssel en is niet wenselijk.
- Afwijking van 2D: Het **inlaatwerk van de nevengeul bij Lent** is niet in het 1D model opgenomen
- Afwijking van 2D: Duikers en inlaatsluizen zijn niet in het 1D model opgenomen.
- Afwijking van 2D: Overlaat Reevediep. Deze is geschematiseerd als een *simple weir* met een kruinhoogte van 1,50 m +NAP en een breedte van 500 m.

Brugpijlers

- Afwijking van 2D: Brugpijlers zijn niet opgenomen in het 1D model

Hoogwatervrije gebieden

- Hoogwatervrije lijnen en vlakken worden in het 2D model gebruikt om gebouwen in uiterwaarden te schematiseren, en voor watervrije ophogingen. Bij het afleiden van dwarsprofielen worden hoogwatervrije gebieden niet meegenomen in de bepaling van de profielbreedte. Hierdoor veroorzaken hoogwatervrije gebieden een smaller profiel.

Modelgrenzen

- De modelranden worden gevormd door randknopen (*Boundary nodes*). Deze knopen liggen op dezelfde plek als de randvoorwaarden van het 2D model, en hebben dezelfde naam als de randvoorwaarden van het 2D model.

Modelkarakteristieken

Open randen

- Bovenrand op de DuitseRijn bij Dornick (t.h.v. rkm 848). Hier wordt een afvoertijdreeks toegepast, die is afgeleid van de Qf-relatie voor Lobith of van synthetische afvoergolven bij Lobith.
- Benedenranden op de Waal bij Hardinxveld (t.h.v. rkm 961), op de Lek bij Krimpen aan de Lek (t.h.v. rkm 989) en op het Ketelmeer bij de Ketelbrug. Hier worden tijdseries van waterstanden opgelegd. De tijdseries zijn afgeleid van gemeten waterstanden bij de LMW-stations Werkendam (vertaald naar locatie Hardinxveld), Krimpen a/d Lek en Kamperhoek of Ramspolbrug.
- Voor berekeningen met een stationaire afvoer of een standaard afvoergolf wordt op de benedenranden een Qh-relatie opgelegd. Deze Qh-relaties zijn afgeleid met behulp van het D-HYDRO-model van de Rijn-Maas-monding (Van der Wijk, 2015, 2022).
- Bij de Ramspolbrug is op dit moment geen randvoorwaarde opgelegd, omdat de hiervoor benodigde gegevens niet beschikbaar zijn (dit betekent dat de opgelegde afvoer hier nu altijd 0 m³/s is). Het weglaten van deze randvoorwaarde heeft naar verwachting geen grote invloed op de modelresultaten voor de Rijntakken.
- Het Twentekanaal bij Eefde is een open rand. Deze wordt echter niet gebruikt, omdat afvoer van het Twentekanaal via laterale zijstromen wordt opgelegd. Dit betekent dat de opgelegde afvoer hier nu altijd 0 m³/s is.

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 Rijntakken zijn niet fysiek geschematiseerd, maar zijn met behulp van onttrekkingen of zijdelingse toestromingen in het model opgenomen. Voor de Oude IJssel en het Twentekanaal zijn voor de historische periodes metingen beschikbaar, de andere lateralen zijn afgeleid met behulp van de Randvoorwaarden Generator Watermodellen (Tanis, 2020) en worden gebaseerd op een combinatie van (historische) metingen van grote beken en toepassing van regressierelaties. Voor de standaardberekeningen geldt een relatie tussen de afvoer bij Lobith en die van Oude IJssel en Twentekanaal.

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 (inzigging en indringing).

Numerieke instellingen

- Er is gebruik gemaakt van standaardinstellingen.
- De minimale tijdstap is 5 minuten.

Kalibratie

Methodiek

Het 1D model is afgeleid van en gekalibreerd op het corresponderende 2D model (van den Hoek, 2024; zie Tabel 1) volgens de methodiek die in verschillende pilotstudies is ontwikkeld. De profielen en winterbedruwheden zijn met het programma “FM2PROF” afgeleid van het D-HYDRO 2D model. De zomerbedruwheden en afvoerverdeling op de Pannerdense- en IJsselpop zijn gekalibreerd op het 2D model

a.d.h.v. een monotoon stijgende afvoerserie. Er wordt bij optimalisatie geen onderscheid gemaakt tussen periodes of afvoervensters: de afwijking van zowel de afvoerdeling als de waterstanden wordt geoptimaliseerd over het gehele afvoerbereik.

Tabel 1 Op welke 2D modellen het 1D model is gebaseerd.

1D model	Corresponderend 2D model
sobek-rijn-j22_6-v1a1	dflowfm2d-rijn-j22_6-v1a
sobek-rijn-j22_6-v1a2 ¹	dflowfm2d-rijn-j22_6-v1a
sobek-rijn-j24_6-v1a1	dflowfm2d-rijn-j24_6-v1a

Resultaten

In Tabel 2 is de bias en standaardafwijking opgenomen, gemiddeld per tak over de stations van sobek-rijn-j24_6-v1a1 t.o.v. het corresponderend 2D model. We zien dat de gemiddelde afwijking tussen het 1D en 2D model enkele cm is, met een standaardafwijking in de orde van 8 cm. De afvoerdeling op de splitsingspunten is gemiddeld genomen tot op 10 m³s⁻¹ gelijk aan het 2D model met uitschieters tot 200 m³s⁻¹ rond het volstromen van de uiterwaarden. De verschillen zijn groter op de nevengeulen van Veessen-Wapenveld en Reevediep.

Tabel 2 Gemiddelde statistieken in waterstanden tussen het 1D en 2D model, BIAS±(standaardafwijking) in meters

Kalibratie Waterstanden						
	Lek	IJssel	Waal	Bovenrijn	Pannerdens Kanaal	Nederrijn
Alle uitvoerpunten (436 stations)	0.00±(0.05)	-0.01±(0.08)	-0.04±(0.08)	-0.03±(0.10)	-0.02±(0.12)	-0.02±(0.09)
Bij LMW stations (38 stations)	-0.01±(0.05)	-0.01±(0.06)	-0.04±(0.06)	-0.02±(0.11)	-0.01±(0.11)	0.00±(0.08)

Tabel 3 Gemiddelde statistieken in afvoerdeling voor Pannerdense Kop, IJsselpop, Veessen-Wapenveld en Reevediep in m³/s

Kalibratie Afvoerdeling								
	WL_869.00	PK_869.00	NR_880.00	IJ_880.00	IJ_962.00	VW_962.00	IJ_991.00	RD_991.00
Bias	-10	10	4	-1	24	-25	16	-16
Standaardafwijking	56	39	21	30	82	83	55	43
Maximum absoluut verschil	201	131	72	90	330	30	182	204

Validatie

Methodiek

Met het 1D model zijn alle standaardberekeningen gedraaid en vergeleken met het dflowfm2d-rijn-j24_6-v1a (van der Hoek, 2024).

Resultaten

In Tabel 4 zijn de resultaten opgenomen en vergeleken met de kalibratieresultaten. De afwijkingen zijn vergelijkbaar met kalibratie. Uit de validatie komt sterk naar voren dat het 1D en 2D model rondom het volstromen van de uiterwaarden van elkaar afwijken, met name op de Waal. Dit is een aandachtspunt voor toekomstige modelverbetering.

Tabel 4 Gemiddelde statistieken in waterstanden tussen het 1D en 2D model, BIAS±(standaardafwijking) over alle LMW stations

	BR	WL	PK	NR	LE	IJ
Kalibratie	-0.02±(0.11)	-0.04±(0.06)	-0.01±(0.11)	0.00±(0.08)	-0.01±(0.05)	-0.01±(0.06)
D_6000	0.04 ±(0.03)	0.00 ±(0.04)	0.02 ±(0.05)	0.02 ±(0.06)	0.00 ±(0.03)	0.02 ±(0.04)
D_8000	0.01 ±(0.08)	-0.03 ±(0.09)	0.04 ±(0.05)	0.07 ±(0.08)	0.04 ±(0.04)	0.04 ±(0.03)
D10000	-0.10 ±(0.17)	-0.06 ±(0.12)	-0.04 ±(0.14)	0.00 ±(0.18)	0.00 ±(0.11)	0.01 ±(0.06)

¹ De hoofdaanleiding voor een actualisatie van sobek-rijn-j22_6-v1a1 was het openen van het Reevediep. Daarnaast zijn er verbeteringen betreffende de modelstabiliteit en schematisatie doorgevoerd (Maas, Gensen & Berends, 2023).

	BR	WL	PK	NR	LE	IJ
D13000	-0.11 ±(0.14)	-0.03 ±(0.11)	-0.03 ±(0.12)	0.02 ±(0.14)	0.01 ±(0.10)	0.05 ±(0.08)
D16000	-0.10 ±(0.13)	-0.04 ±(0.08)	-0.02 ±(0.14)	0.04 ±(0.12)	0.04 ±(0.07)	0.03 ±(0.07)
S_600	0.02 ±(0.00)	-0.02 ±(0.00)	-0.03 ±(0.00)	-0.04 ±(0.00)	-0.03 ±(0.00)	-0.05 ±(0.00) [0.02 ±(0.00) ⁶]
S_1020	0.02 ±(0.00)	0.02 ±(0.01)	0.00 ±(0.00)	-0.01 ±(0.03)	-0.00 ±(0.01)	0.06 ±(0.00)
S_2000	0.03 ±(0.00)	-0.08 ±(0.00)	-0.01 ±(0.00)	0.00 ±(0.00)	0.01 ±(0.00)	-0.01 ±(0.00)
S_4000	0.03 ±(0.00)	-0.04 ±(0.00)	-0.07 ±(0.00)	0.01 ±(0.00)	0.04 ±(0.00)	-0.07 ±(0.00)
S_6000	0.02 ±(0.00)	0.01 ±(0.00)	0.09 ±(0.00)	0.04 ±(0.00)	-0.04 ±(0.00)	0.04 ±(0.00)
S_8000	-0.17 ±(0.00)	-0.20 ±(0.00)	-0.09 ±(0.00)	-0.19 ±(0.00)	-0.11 ±(0.00)	-0.04 ±(0.00)

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

- Het type validatie dat is uitgevoerd is een zgn. alfatest of kruisvalidatie (Berends, Diermanse & De Jong, 2021). Deze test bepaalt of er geen sprake is van overdeterminatie, d.w.z. of er onder vergelijkbare omstandigheden vergelijkbare resultaten mogen worden verwacht. Omdat de validatieresultaten niet sterk afwijken van de kalibratieresultaten, is deze test succesvol.
- De eerder uitgevoerde validatie op de historische golf van 2018 (Kosters & Berends, 2022) is een zgn. betatest of stationariteitstest: of het model na aanpassing van de schematisatie even nauwkeurig is. Uit deze test blijkt dat de overeenkomst met 2D afneemt na een aanpassingen van de schematisatie. Een herkalibratie na aanpassing is daarom aanbevolen en is onderdeel van de model actualisatie van het 2D en 1D model.
- De volgende testen zijn **niet** uitgevoerd:
 - Gammatest of extrapolatietest: of het model bij afvoeren hoger dan 18.689 m³s⁻¹ of lager dan 500 m³s⁻¹ nog even nauwkeurig is.
 - Deltatest: of het model bij extrapolatie en aanpassing van de schematisatie even nauwkeurig is.

Modelgebruik

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

- Gebiedsinformatie:** Aanpassing aan gebiedsinformatie voor officieel gebruik enkel en alleen aanpassen in de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (Rijkswaterstaat, 2021b) en vervolgens een afleiding naar profielen en ruwheden voor SOBEK3 (via FM2Prof). Voor snelle tests naar mogelijke impact van een aanpassing kan dit ook rechtstreeks via de SOBEK3 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 zonder meer worden uitgeleverd.*
- Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties (afvoerraaian en/of uitvoerpunten) worden toegevoegd. Te allen tijde dienen de reeds aanwezige uitvoerlocaties, die nodig zijn voor de correcte werking van het model, behouden te blijven (m.n. voor sturing kunstwerken en afvoerraaian 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 rekentijdapverkleining op basis van het CFL-criterium. Hierdoor heeft een model een langere rekentijd bij hoge afvoeren dan bij lage afvoeren.

De rekentijd van het model voor een standaardberekening binnen operationele voorspelling, waarbij 6 dagen vooruit wordt gerekend, is met SOBEK 3.7.25 ongeveer 18 s. als de *volumetables* optie wordt gebruikt.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Het D-HYDRO 2D model van de Rijntakken
- Baseline NL (via clipcontouren wordt de deelschematisatie van de Rijntakken hieruit aangemaakt).
- Het rooster van de Rijn sluit aan op het rooster van de Maas en dat van de Overijsselse Vechtdelta en loopt over in het rooster van het RMM-model.

Praktisch gebruik van het model

- Voor verdere toelichting over het gebruik van SOBEK, zie de manual (Deltares, 2022)

Beschikbare versies

Modelschematisaties

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		FM2PROF	SOBEK 3
sobek-rijn-j22_6-v1a1	2022	2.2.2	3.7.19
sobek-rijn-j22_6-v1a1_rwsos	2022	2.2.2	3.7.19
sobek-rijn-j22_6-v1a2	2023	2.2.2	3.7.25
sobek-rijn-j22_6-v1a2_rwsos	2023	2.2.2	3.7.25
sobek-rijn-j24_6-v1a1	2024	2.3.2	3.7.26
sobek-rijn-j24_6-v1a1_rwsos	2024	2.3.2	3.7.26
sobek-rijn-j24_6-v1a2_rwsos	2025	2.3.2	3.7.26

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

- De kolom '**modelschematisatie**' verwijst naar de naam van de modelschematisatie: Hieraan is te zien welke geometrie de schematisatie het beste representeert. De schematisatie van het jaar 20XX wordt doorgaans het best gerepresenteerd door het jXX model. (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 Rijnmodellen.

Naam	Type	Beschrijving	Max. afvoer(en) Lobith (m ³ /s) (S=stationair, D=dynamisch)	Referentie
FM2PROF	Afleiding	Voor het afleiden van profielen en kalibratie op 2D	18689 m ³ s ⁻¹	Berends et al. (2022)
JAMR	test	set randvoorwaarden ten behoeve van controle van een model bij actualisatie*	S_600, S_1020, S_2000, S_4000, S_6000, S_8000, S10000, S13000, S16000, D_6000, D_8000, D10000, D13000, D16000	Kosters (2022)

*randvoorwaarden in de set van hr2023 zijn qua duur en eventuele vorm van de afvoergolf identiek aan de gelijknamige randvoorwaarden in de set van JAMR. Voor de validatie zijn de JAMR ('test') randvoorwaarden gebruikt.

Release notes

Hieronder wordt chronologisch weergegeven welke veranderingen zijn doorgevoerd tussen de verschillende beschikbare modelschematisaties.

sobek-rijn-j22_6-v1a1 (Berends et al., 2022)

De j22_6-v1a1 schematisatie is met behulp van FM2Prof afgeleid uit dflowfm2d-rijn-j22_6-v1a en baseline-rijn-j22_6-v1 en beschrijft zo goed mogelijk de situatie van 2022.

- Afwijking van 2D: De Roggebotsluis** reguleert de stroming op het Vossemeer. Deze sluis wordt verwijderd zodra het Reevediep in gebruik wordt genomen, maar is nu nog opgenomen in de schematisatie om het Reevediep volledig af te kunnen sluiten.
- Afwijking van 2D: Er zijn kunstwerken opgenomen bij de inlaat van het Reevediep en de uitlaat van Veessen-Wapenveld**, die in werkelijkheid niet bestaan als kunstwerk maar als zomerdijk of kade. Deze kunstwerken simuleren deze kades en voorkomen dat deze hoofdwatargeulen op een verkeerd moment instromen. De kade van het Reevediep staat dermate hoog ingesteld, dat instroming niet mogelijk is. Dit moet worden aangepast zodra het Reevediep in gebruik wordt genomen.
 - Afwijking van 2D:** Het 1D model bevat alle lateralen uit het 2D model. Er zijn daarnaast twee lateralen toegevoegd, t.w. "Leegloop_hoogwatergeul_IJ" en "Leegloop_hoogwatergeul_VW". Deze lateralen maken het mogelijk om na een hoogwater de geul in operationeel gebruik te legen.

sobek-rijn-j22_6-v1a1_rwsos (Berends et al., 2022)

Deze schematisatie is gelijk aan sobek-rijn-j22_6-v1a1, alleen zijn t.b.v. RWsOS een aantal aanpassingen gedaan. Een volledig overzicht is gegeven in bijlage E van het hoofdrapport (Berends et al., 2022). De aanpassingen aan de schematisatie zijn als volgt:

1. De bovenrand ligt bij Lobith (t.h.v. rkm 862) i.p.v. Dornick.
2. De benedenrand in de IJsseldelta ligt bij het Keteldiep en Ketelhaven, niet bij Kamperhoek/Rampolbrug en de Ketelbrug

sobek-rijn-j22_6-v1a2 (Maas, Gensen & Berends, 2023)

Ten opzichte van j22_6-v1a1 zijn de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Het model is geüpdatet naar sobek 3.7.25
- Het Reevediep is geopend
- De locatie van lateralen rond Lobith is gewijzigd om dubbeltellen tijdens operationeel gebruik in RWsOS-Rivieren te voorkomen.

sobek-rijn-j22_6-v1a2_rwsos (Maas, Gensen & Berends, 2023)

Deze schematisatie is gelijk aan sobek-rijn-j22_6-v1a2, alleen zijn t.b.v. RWsOS een aantal aanpassingen gedaan. De aanpassingen aan de schematisatie zijn als volgt:

1. De bovenrand ligt bij Lobith (t.h.v. rkm 862) i.p.v. Dornick.
2. De benedenrand in de IJsseldelta ligt bij het Keteldiep en Ketelhaven, niet bij Kamperhoek/Rampolbrug en de Ketelbrug

sobek-rijn-j24_6-v1a1 (Maas & Berends, 2024)

De j24_6-v1a1 schematisatie is met behulp van FM2Prof afgeleid uit dflowfm2d-rijn-j24_6-v1a en baseline-rijn-j24_6-v1 en beschrijft zo goed mogelijk de situatie van 2024. Ten opzichte van j22_6-v1a2 zijn er naast de reguliere actualisatie van profielen en ruwheden de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Nieuwe methode voor dwarsprofielen (FM2PROF 2.3 en hoger) waardoor beter onderscheid is tussen stroomvoering en berging.
- Aanpassing van de gebiedsvakken rondom Veessen-Wapenveld en Reevediep, waardoor de breedte van de profielen bij in- en uitstroom zijn veranderd.
- Nieuwe RTC sturing "VeWa_leegloop", dat gebruikt wordt om Veessen-Wapenveld te legen na een hoogwater.
- Nieuwe RTC sturing "WKC Amerongen", om de werking van de waterkrachtcentrale bij stuw Amerongen na te bootsen. Deze RTC groep is overgenomen uit het 2D model.
- Aanpassing aan de RTC sturing van Driel om het stuurpunt voor de werking van het stuwprogramma aan te passen. Deze aanpassing is overgenomen uit het 2D model.
- Nieuwe LMW stations:
 - o RD_991.50_R_ov_Scheeresluis-beneden-LMW
 - o DM_68.33_L_LMW-H_Reevesluis-noord
 - o DM_70.90_L_LMW-H_Roggebotsluis-zuid-g6
 - o VS_71.2_R_LMW-H_Roggebotsluis-noord

sobek-rijn-j24_6-v1a1_rwsos (Maas & Berends, 2024)

Deze schematisatie is gelijk aan sobek-rijn-j24_6-v1a1, alleen zijn t.b.v. RWsOS een aantal aanpassingen gedaan (Maas & Berends, 2024). De aanpassingen aan de schematisatie zijn als volgt:

1. De bovenrand ligt bij Lobith (t.h.v. rkm 862) i.p.v. Dornick.
2. De benedenrand in de IJsseldelta ligt bij het Keteldiep en Ketelhaven, niet bij Kamperhoek/Rampolbrug en de Ketelbrug

sobek-rijn-j24_6-v1a2_rwsos (Maas, 2025)

Deze schematisatie is gelijk aan sobek-rijn-j24_6-v1a1, alleen zijn t.b.v. RWsOS twee aanpassingen gedaan. Na ingebruikname van sobek-rijn-j24_6-v1a1_rwsos bleek in april 2025 dat er zich ongewenste waterstandsfluctuaties voordoen wanneer de afvoer op de Nederrijn voorbij de 25 m³/s daalt of stijgt. Deze fluctuatie wordt veroorzaakt door de D-RTC sturing “WKC Amerongen”. Om de waterstandsvoorspelling te verbeteren zijn de volgende aanpassingen aan de schematisatie doorgevoerd:

1. Verwijderen van D-RTC sturing “WKC Amerongen”. Bij het aan en uitschakelen van de WKC reageert de stuwsturing te direct met als gevolg onrealistische fluctuaties in de waterstand, bij 25 m³/s op de Nederrijn.
2. Terugzetten van D-RTC sturing “Amerongen” naar sobek-rijn-j22_6-v1a2(_rwsos).

Referenties (alfabetisch)

- Becker, A. (2012). *Rijn-modellen 5de generatie. Modelopzet, kalibratie en verificatie WAQUA*.
- Berends, K.D., B. Domhof, en A.J. Visser. (2021). *Pilot zesde generatie 1D SOBEK model voor de Rijn: Modelopzet, kalibratie en validatie o.b.v. FM2PROF*. Deltares rapport 11206813-004-ZWS-0002
- Berends, K.D., F. Diermanse, en J. de Jong. 2021. *Naar een conceptuele basis voor omgaan met onzekerheid in stromingsmodellen van Rijkswaterstaat*. Deltares rapport 11206813-018-ZWS-0003
- Berends, K.D., Domhof, B., Visser, Ton, (2022). *Ontwikkeling zesde-generatie Rijntakken model 1D*. Deltares rapport 11208053-003-ZWS-0006
- Beyer, D. (2012). *Rijn-modellen 5de generatie. Memo van RWS Oost-Nederland van 28 september 2012*.
- Deltares (2022). *D-Flow Flexible Mesh. Computational Core and User Interface. User Manual. Version: 2022.02*. In te zien op: https://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf
- Domhof, B. (2022). *Verschilanalyse overstap zesde-generatie modellering Rijn. Effect nieuwe generatie, modelinstellingen en beno-actualisaties*. Deltares rapport 11206813-002-ZWS-0024.
- De Jong, J.S., Van der Deijl, E. en Spruyt, A.S. (2021). *Synthetische randvoorwaarden zesde generatie*. Deltares memo 11205258-002-ZWS-0009 d.d. 15-11-2021.
- Kosters, A. (2022). *Actualisatie zesde generatie Rijnmodellen. Schematisaties j19_6 en beno19_6*. Deltares rapport 11206813-003-ZWS-0004 v0.2.
- Kosters, A., Berends, K.D. (2022). *Validatie Rijntakkenmodellen hoogwater 2018; 2D D-HYDRO en 1D SOBEK*. Deltares rapport 11208053-003-ZWS-0015 v1.0.
- Kosters, A., Spruyt, A.S. en Niesten, I. (2022). *Ontwikkeling zesde-generatie Rijntakken model: Modelbouw, kalibratie en validatie*. Deltares rapport 11206813-003-ZWS-0006.
- Maas, B.F., Gensen, M., & Berends, K.D. (2023). *Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijn 2023: sobek-rijn-j22_6- v1a2*. Deltares: 11209233-003-ZWS-0007
- Maas, B.F., Berends, K.D. (2024). *Actualisatie Modellen Rijn 2024; sobek-rijn-j24_6-v1a1*. Deltares rapport 11210333-003-ZWS-0008.
- Maas, B.F. (2025). *Fix D-RTC sturing WKC Amerongen voor RWsOS*. Deltares memo 11211534-003-ZWS-0003.
- Minns, T., Spruyt, A.S. en Kerkhoven, D. (2021). *Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO: Generieke technische en functionele specificaties (v2-2021)*. Deltares rapport 11206813-018-ZWS-0004 d.d. 23-12-2021.
- Rijkswaterstaat (2021a) *Naamgeving conventies modellen Rijkswaterstaat Versie 2.0. In voorbereiding*
- Rijkswaterstaat (2021b) *Dienstspecificaties. Deze variant voor Baseline 6 is nog in voorbereiding*
- Tanis, H. (2020). *Randvoorwaarden Generator Water Modellen (RGWM) 2.2.1. Gebruikershandleiding RGWM*.
- Van der Wijk, R. (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
- Van der Wijk, R. (2022). *Afleiden QH-relatie Rijn-Maasmonding voor Rijntakken en Maas*. Deltares memo d.d. 1 maart 2022, kenmerk 11206813-006-ZWS-0008



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Deltares

DISCLAIMER:

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

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

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