

# D-Flow FM 3D Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal



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/](http://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.

In deze factsheet wordt een beschrijving gegeven van het 3D hydrodynamische model van het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal (NZK/ARK) binnen de D-HYDRO Suite. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde generatie modellen.

## Geografische ligging

De modelschematisatie van het NZK/ARK loopt vanaf de Prinses Irenesluizen bij Wijk bij Duurstede tot aan het sluisencomplex bij IJmuiden en omvat (op grove wijze) de grachten van Amsterdam. De Vecht en de Amstel zijn niet opgenomen in het model. Daar waar het model aansluit op de Vecht en de Amstel zijn debietrandvoorwaarden voorgeschreven. Het model is begrensd op de oevers. Het gebied wordt weergegeven in het Rijks-Driehoeks coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

## Toepassingen

Voor de beoogde modeltoepassingen (studies t.b.v. ingrepen/maatregelen in systeem, vergunningverlening, operationele voorspellingen en systeemanalyses) is in Verbruggen en van der Baan (2020) geëvalueerd in hoeverre het huidige D-HYDRO model hiertoe in staat is. Samengevat is beoordeeld dat het model ingezet kan worden voor de volgende toepassingen:

1. Berekenen van relatieve effecten op zout(indringing) en temperatuur, mits de onderzochte aanpassing/maatregel geen significant effect heeft op de voorgeschreven randvoorwaarden
2. Simulatie van 3D waterbeweging en 3D stroming onder verschillende hydrologische omstandigheden

De modelschematisatie is ook in staat gebleken om absolute zoutgehalten en temperaturen grotendeels te reproduceren. Voor zout wordt echter opgemerkt dat de absolute waardes in het oostelijke gedeelte van het NZK en op het ARK overschat worden. Met betrekking tot de absolute temperatuur zijn er enkele opvallende verschillen geobserveerd die gerelateerd lijken te zijn aan warmtelozingen en de gekozen aanpak voor de temperatuur bij de debietrandvoorwaarden.

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. waterkwaliteitsmodellering (waarin o.a. details in de wateruitwisseling met omliggende gebieden 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. Aanleg en onderhoud, zijnde o.a. het effect van maatregelen/ontwikkelingen op de zoutindringing, mits de onderzochte aanpassing/maatregel geen significant effect heeft op de voorgeschreven randvoorwaarden (met name de zoutlek in IJmuiden).
2. Vergunningverlening, zijnde o.a. mogelijke inzet voor de Emissie-Immisietoets en de beoordeling van specifieke gevallen.
3. Verkeer- en watermanagement, zijnde o.a. het (op termijn) toepassen in operationele en BOS systemen.
4. Kennis en netwerkqualiteit, zijnde o.a. verkennen van effect klimaatscenario's, onderzoeken systeemgedrag, etc, mits het te onderzoeken scenario geen effect heeft op de voorgeschreven randvoorwaarden (zeespiegelstijging heeft bijvoorbeeld invloed op het schutverlies en zoutlekrandvoorwaarde bij IJmuiden).

### **Geografische brongegevens**

De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisaties van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een speciale ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de aparte factsheet van Baseline NL. Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstsificatie 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 (Bas2FM) 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:

- Over de breedte van het ARK zijn tenminste 6 cellen toegepast, resulterend in een celbreedte van 15-20 m. Deze cellen hebben een aspect ratio van maximaal 1:5 (op rechte stukken zonder zijgeulen). De lengte varieert van ongeveer 20-100 m.
- Op het NZK varieert de afmetingen van de rekencellen van 30x20 m tot 80x25 m (grootste lengte in stroomrichting).

In de verticaal is een uniforme Z-lagen schematisatie toegepast. Z-lagen zijn meer geschikt voor een vrij zwak dynamisch systeem als het NZK/ARK dan het gebruik van sigma-lagen. De huidige laagdikte van het NZK/ARK model is circa 1 m, wat neerkomt op maximaal 25 verticale lagen (in de Velserkom).

Het rekenrooster bestaat in totaal uit 23.850 rekencellen en 53.017 flow links. De eerste versies van het rooster zijn `nzk_ark_j15_5-v1_corr_net.nc` (situatie 2015) en `nzk_ark_j19_6-v1_corr_net.nc` (situatie 2019).

## 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

- Volgt uit Baseline en wordt geprojecteerd op de hoekpunten van het rooster. De bodemhoogte is op een aantal locaties in het model vervolgens aangepast: grachten van Amsterdam (niet opgenomen in Baseline), sluzen bij IJmuiden (om te garanderen dat de zoutlekrandvoorwaarden correct worden meegenomen in het model) en ter plaatse van de Oranjesluizen en de Prinses Irenesluizen (geprojecteerde bodemhoogte kwam niet overeen met de werkelijkheid).

### Overlaten

- Op basis van Baseline zijn fixed weirs (overlaten) gespecificeerd. Deze fixed weirs representeren voornamelijk dijken rondom het NZK en ARK. Aangezien het netwerk vrijwel overal de oevers volgt ligt het grootste gedeelte van deze fixed weirs (net) buiten het netwerk. In overleg met RWS is besloten om voorsnog het netwerk niet uit te breiden tot voorbij de fixed weirs. Op dit moment wordt er voor het NZK en ARK geen modeltoepassingen voorzien waarbij overstrooming over de dijken gemodelleerd moet worden. Een gedeelte van de fixed weirs liggen wel binnen het netwerk, maar ook die hebben in de berekening over het algemeen weinig betekenis, aangezien de kruin van de meeste fixed weirs ver boven het peil van het NZK/ARK ligt.

### Landgebruik en bodemruwheid

- De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaarten van RWS-CIV beschreven. Deze zijn opgenomen in de Baseline-schematisatie. In het grootste gedeelte van het NZK/ARK model is een Nikuradse ruwheid van 0,15 m gespecificeerd.

### Kunstwerken

- Het NZK/ARK systeem wordt op een aantal locaties afgebakend door scheepvaartsluizen (IJmuiden, Oranjesluizen, Prinses Irenesluizen, Prinses Beatrixsluizen, etc.). Hoewel de sluiscolken zijn opgenomen in het netwerk van het model, worden de processen in de sluzen (in- en uitvaren, menging, etc.) niet expliciet gemodelleerd. Het actieve gedeelte van het D-HYDRO model begint bij de binnendeuren (vanuit het NZK/ARK systeem gezien). Aangezien de processen in de scheepvaartsluizen bij IJmuiden van groot belang zijn voor de zoutlast is er een methode opgezet om de water- en zoutuitwisseling ter plaatse van de binnendeuren te reproduceren.

### Brugpijlers

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

### Hoogwatervrije gebieden

- N.v.t.

### Modelgrenzen

- De gesloten modelranden worden gevormd door banddijken.

## Modelkarakteristieken

### Open randen

- N.v.t.

### Laterale lozingen en onttrekkingen

Op meer dan 200 locaties wordt water onttrokken aan of geloosd op het watersysteem. De grootste posten zijn lozingen/onttrekkingen via gemalen/inlaatsluizen (spui-maalcomplex IJmuiden, Irenesluizen, gemaal Halfweg, Zaangemaal, etc.). Op enkele locaties zijn debietrandvoorwaarden gedefinieerd ter plaatse van open verbindingen (bijvoorbeeld bij de Amstel).

Het model wordt als volgt aangestuurd (meer informatie in Verbruggen en van der Baan (2020)):

- Het grootste gedeelte van de debietrandvoorwaarden zijn gebaseerd op het Boezemmodel van Waternet. Dit model omvat naast het NZK/ARK systeem ook de Vecht, de Amstel en andere kleinere waterstromen. De debietrandvoorwaarden in het Boezemmodel die aan het NZK/ARK systeem liggen zijn zonder bewerking opgelegd aan het D-Flow FM model. Op de locaties waar het Boezemmodel verder rijkt dan het D-Flow FM model zijn koppelpunten gedefinieerd. De door het Boezemmodel berekende afvoertijdseries op deze koppelpunten zijn meegenomen in het D-Flow FM model.
- Voor het schematiseren van de spui-maaldebieten bij IJmuiden is gebruik gemaakt van dagrapporten van RWS. In deze dagrapporten worden volumes en bijbehorende tijden gerapporteerd. Op basis van het verval over het spui-maalcomplex zijn de spuivolumes omgerekend naar realistische debietsvariaties.
- Het Boezemmodel bleek de inlaatdebieten bij Schellingwoude niet nauwkeurig te representeren, waardoor ook voor deze debietrandvoorwaarden is gekozen om gebruik te maken van dagrapporten van RWS.
- Op basis van schutgegevens aangeleverd door RWS zijn lozingen en onttrekkingen gegenereerd die de gemiddelde water- en zoutuitwisseling ter plaatse van de binnendeuren van de scheepvaartsluizen van IJmuiden zo goed mogelijk weergeeft. In deze uitwisseling zijn de volgende processen meegenomen: kolkuitwisseling gedurende de tijd dat de deur open staat (deur-open-tijd), nivelleerdebieten en uitwisseling ten gevolge van scheepsbeweging. De verticale schematisatie van de lozingen en onttrekkingen is gebaseerd op hoge resolutie Delft3D4 simulaties voor de verschillende sluisgolken (en de bijbehorende voorhavens).
- De industriële (warmte)lozingen in het model zijn gebaseerd op het oorspronkelijke D-Flow FM model van Arcadis (van Banning et al., 2016). Het gaat in totaal om 12 actieve industriële onttrekkingen en lozingen. De karakteristieken van de lozingen (debieten en temperatuursverhogingen) zijn gebaseerd op de destijds vergunde debieten. De lozingen zijn op een eenvoudige manier in het model ingebracht (onverdund, lozingen en onttrekking op -2 m NAP); er zijn geen near-field analyses uitgevoerd.

De waterbalans (bestaande uit bovengenoemde posten) is vervolgens als volgt gecorrigeerd:

- De debietrandvoorwaarden bij de Prinses Irenesluis zijn gecorrigeerd op basis van de gemeten debieten bij Maarsse
- De debietrandvoorwaarden ter plaatse van Nigtevecht zijn gecorrigeerd op basis van de gemeten debieten bij Weesp
- Vervolgens is de waterbalans op basis van de gemeten waterstand sluitend gemaakt door per 1-3 dagen een correctie toe te passen op de spui-maaldebieten bij IJmuiden.

### Meteo

- De meteorandvoorwaarden (wind, luchttemperatuur, luchtvochtigheid en bewolgingsgraad) zijn gebaseerd op meetgegevens bij meetpunt Schiphol. Deze gegevens worden tijdsvarierend en uniform in de ruimte opgelegd. De volumeverandering ten gevolge van verdamping (en neerslag) worden niet meegenomen, omdat dit een effect kan hebben op de vooraf sluitend gemaakte waterbalans.

### Zout en temperatuur

- Zowel zout als temperatuur worden door het model berekend. De belangrijkste zoutlast in het model komt van de scheepvaartsluizen bij IJmuiden, zoals hierboven beschreven. Voor de overige debietrandvoorwaarden is een zoutgehalte van 0,3 psu aangehouden. Opgemerkt wordt dat het zoutgehalte bij gemaal Spaarndam hoger kan zijn dan 0,3 psu, omdat er regelmatig relatief brak water wordt geloosd vanuit het Hoogheemraadschap Rijnland. Metingen van het zoutgehalte bij gemaal Spaarndam zijn echter niet beschikbaar, waardoor dit niet is meegenomen in de modelschematisatie.
- De watertemperatuur in het model wordt vooral beïnvloed door de meteorandvoorwaarden. Voor alle debietrandvoorwaarden is de gemeten temperatuur bij Diemen aangehouden. Eventuele ruimtelijke verschillen van de temperatuur op de instroomranden van het model worden in de modellering dus niet meegenomen.

### Overige fysica

- N.v.t.

### Numerieke instellingen

De numerieke instellingen van het model zijn zoveel als mogelijk gebaseerd op de generieke specificaties (Minns et al, 2019). Van deze instellingen is afgeweken voor de windschuifspanningsformulering. In het NZK/ARK model is gekozen voor de formulering van Wüest and Lorke (2003), via ICdtyp = 6. Het onderscheidende van deze formulering ten opzichte van de meest gebruikte Smith and Banke formulering (ICdtyp = 2), is dat bij lage windsnelheden een veel hogere windschuifspanning wordt berekend. Deze formulering is gebaseerd op metingen bij enkele meren, waaronder het meer van Geneve. In vergelijkbare projecten met koelwatermodellering bleek dit een belangrijke verbetering te zijn.

### **Kalibratie**

#### Methodiek

Uit gevoeligheidsimulaties is gebleken dat de prestatie van het model met betrekking tot zout en temperatuur met name gevoelig was voor de schematisatie van zoutlast bij IJmuiden en de waterbalans. Numerieke instellingen als verticale/horizontale resolutie, viscositeit, etc, bleken nauwelijks een effect te hebben. Voor de ontwikkeling van het model is daarom geen klassieke kalibratie uitgevoerd waarbij bijvoorbeeld bodemruwheden zijn gevarieerd. In overleg met RWS richtte de 'kalibratie' zich daarentegen op de volgende onderdelen:

- Corrigeren van lozingen/onttrekking op basis van gemeten debieten bij Weesp en Maarssen, zoals hierboven beschreven
- Analyseren en verbeteren van mogelijke inconsistenties in de debietrandvoorwaarden (bijvoorbeeld bij de Schellingwoude), zoals hierboven beschreven
- Corrigeren van de deur-open-tijden (DOT) bij de scheepvaartsluizen bij IJmuiden, omdat de data een grote onzekerheid bevat en deze parameter bepalend is voor de zoutlast. Uiteindelijk is de DOT gebaseerd op 60% van de gerapporteerde schutduur (waarvan bekend was dat deze langer is dan de DOT).

De kalibratie is uitgevoerd voor de periode 1 januari 2015 t/m 1 oktober 2015. Dit jaar is gekozen, omdat het een recent jaar is waar twee 100-puntenmetingen zijn verricht. Gedurende een 100-puntenmeting worden in de loop van enkele dagen op ongeveer 100 locaties in het Noordzeekanaal en Amsterdam-Rijnkanaal zout- en temperatuurprofielen gemeten. Een dergelijke meting geeft een goed ruimtelijk beeld van de horizontale en verticale verdeling van het zout en de watertemperatuur.

In de kalibratie zijn de gemodelleerde waterstanden, debieten, zoutgehalten en watertemperatuur vergeleken met metingen.

#### Resultaten

Voor alle meetlocaties geldt dat de waterstand zowel op korte termijn (pseudo getij) als op langere termijn (van dagen tot weken) goed wordt weergegeven in het model. Bij Weesp is de Root Mean Square Error (RMSE) 0.04 m.

In onderstaande tabellen wordt de RMSE getoond als kwantitatieve graadmeter voor de vergelijking van de meetdata en de modelresultaten voor zout en temperatuur.

Voor zout is de RMSE over het algemeen kleiner dan 1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl). Laag in de verticaal wordt hierop afgeweken in het Binnenspuikanaal. Hier wordt de trend van het zout wel gevolgd, maar toont het modelresultaat niet de gemeten kortstondige pieken in de zoutconcentratie. Ook bij de NDSM-pier wijkt het model iets meer af. Ook hier wordt de trend wel gevolgd door de modelresultaten, maar wordt deze vrij constant overschat met ongeveer 1,5 psu (ongeveer 750 mg/l Cl).

Over het algemeen is het model in staat om de temperatuur te voorspellen tot op 1 graad Celsius nauwkeurig.

Tabel 1: kalibratieresultaten met betrekking tot zout

Locatie	Hoogte	Typische RMSE <sup>1</sup> [psu]
Binnenspuikanaal	-1,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-10,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 1000 mg/l Cl)
Sparndammerpolder	-1,4 m NAP	<0,5 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<0,5 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
NDSM-pier	-1,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
Diemen	-1,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)*

\*RMSE is niet de meest relevante parameter voor Diemen, aangezien er vrijwel geen sprake was van zoutintrusie gedurende de kalibratieperiode.

Tabel 2: kalibratieresultaten met betrekking tot temperatuur

Locatie	Hoogte	Typische RMSE [°C]
Binnenspuikanaal	-1,4 m NAP	<2 °C
	-6,4 m NAP	<1 °C
	-10,4 m NAP	<1 °C
NDSM-pier	-1,4 m NAP	<1 °C
	-6,4 m NAP	<1 °C
Diemen	-1,4 m NAP	<1 °C

## Validatie

### Methodiek

De validatie is uitgevoerd voor de periode 1 januari 2018 t/m 1 januari 2019. Deze periode is gekozen, omdat ook in dit jaar veel metingen beschikbaar zijn en omdat het vanwege de lage afvoer een interessant jaar is met betrekking tot zoutindringing.

### Resultaten

De validatieresultaten op basis van 2018 met betrekking tot waterstanden zijn vergelijkbaar met de kalibratieresultaten voor 2015, zie hierboven.

In onderstaande tabellen wordt de RMSE getoond als kwantitatieve graadmeter voor de vergelijking van de meetdata en de modelresultaten voor zout en temperatuur.

Over het algemeen is de RMSE kleiner dan 1 psu op het NZK. Echter, in de zomermaanden is sprake van een onderschatting van de zoutwaarde van 1-2 psu (mogelijk doordat het ontbreken van de werking van het bellenscherm in de moding van het ARK). Dit resulteert in een typische RMSE over de gehele validatieperiode tot 2 psu op een aantal locaties (ongeveer 1000 mg/l Cl). Op het ARK wordt een hogere RMSE waargenomen. Het model is hier wel in staat de pieken in zoutintrusie te voorspellen, maar de afname van de zoutwaarde tussen deze pieken (het 'zoetspoelen') wordt onderschat, wat leidt tot een vrij hoge RMSE tot 4 psu (ongeveer 2000 mg/l Cl).

<sup>1</sup> Deze afgeronde RMSE waarden zijn representatief voor periodes waarin de metingen betrouwbaar worden geacht. Bij meerdere meetlocaties zijn er periodes met onbetrouwbare metingen geobserveerd. Deze onbetrouwbare metingen zijn in deze beschouwing genegeerd.

Over het algemeen is het model in staat om de temperatuur te voorspellen tot op 2 grad Celsius nauwkeurig. Waar de trend goed gevolgd wordt, lijkt sprake te zijn van een onderschatting van de temperatuur van 1-2 °C over langere periodes.

Tabel 3: validatieresultaten met betrekking tot zout

Locatie	Hoogte	Typische RMSE [psu]
Binnenspuikanaal*	-1,4 m NAP	<0,5 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-10,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 1000 mg/l Cl)
Zijkanaal C1	-1,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-4,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 1000 mg/l Cl)
Sparndammerpolder	-1,4 m NAP	<0,5 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
NDSM-pier	-1,4 m NAP	<1 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)
	-6,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 250 mg/l Cl)
Diemen	-1,4 m NAP	<2 psu (ongeveer 500 mg/l Cl)*
	-6,5 m NAP	<4 psu (ongeveer 2000 mg/l Cl)

\*Op deze locatie zijn de meetgegevens slechts beschikbaar tot eind april

Tabel 4: validatieresultaten met betrekking tot temperatuur

Locatie	Hoogte	Typische RMSE [°C]
Binnenspuikanaal*	-1,4 m NAP	<1 °C
	-6,4 m NAP	<1 °C
	-10,4 m NAP	<0,5 °C
Zijkanaal C1	-1,4 m NAP	<1 °C
	-4,4 m NAP	<2 °C
Sparndammerpolder	-1,4 m NAP	<1 °C
	-6,4 m NAP	<2 °C
NDSM-pier	-1,4 m NAP	<2 °C
	-6,4 m NAP	<1 °C
Diemen	-1,4 m NAP	<2 °C
	-6,5 m NAP	<2 °C

\*Op deze locatie zijn de meetgegevens slechts beschikbaar tot eind april

### Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

- Op basis van vergelijkingen met de beschikbare zoutmetingen (100-punten metingen, stationsmetingen) kan geconcludeerd worden dat het D-HYDRO model goed presteert in het grootste gedeelte van het Noordzeekanaal. In het oostelijke gedeelte van het Noordzeekanaal (vanaf ongeveer km 13-15) wordt de verticale menging in het model onderschat. Dit leidt tot een overschatting van het zoutgehalte nabij de NDSM pier, het Binnen-IJ en in de mond van het ARK. Deze onderschatting van de verticale menging wordt mogelijk veroorzaakt door het feit dat scheepmenging niet gemodelleerd wordt, door lokale windeffecten of door de schematische manier waarop industriële lozingen zijn ingebracht.
- Op basis van de vergelijkingen met de beschikbare temperatuursmetingen (100-punten metingen, stationsmetingen) kan geconcludeerd worden dat het D-HYDRO model in staat is om de temperatuur goed weer te geven. Wel zijn er enkele opvallende verschillen geobserveerd die gerelateerd lijken te zijn aan warmtelozingen en de voorgeschreven temperatuur bij de debietrandvoorwaarden (vooral in 2018).
- Voor alle meetlocaties geldt dat de waterstand zowel op korte termijn (schommelingen met een periode van enkele uren) als op langere termijn (van dagen tot weken) goed wordt weergegeven in het model. Het verhang op het ARK wordt in het model overschat (+25%), terwijl het verhang in het oostelijke gedeelte van het NZK zeer goed wordt weergegeven. In het westelijke gedeelte van het NZK lijkt het model het verhang te onderschatten (-75%), hoewel dit gebaseerd is op metingen vlakbij het spui-maal complex, waar lokale effecten een rol kunnen spelen (dichtheidsverschillen, snelheidshoogte).
- De debieten worden bij Weesp en Maarssen goed weergegeven. Dit is naar verwachting, aangezien de waterbalans op basis van deze metingen is gecorrigeerd.

## Modelgebruik

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

- **Gebiedsinformatie:** Aanpassing aan gebiedsinformatie in principe enkel en alleen door het aanpassen van de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (zie ook RWS (2020), Elorche & Vreeken (2011) en Vos (2007)). 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 debietrandvoorwaarden en meteo-informatie).
- **Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties (afvoerruilen 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.
- **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

De rekentijd van het model voor het doorrekenen van 100 dagen op 2 nodes met 4 cores (dus 8 partities ) op een Linux rekencluster (hardware Deltares h6 met Intel quad-core Xeon E3-1276 v3 processor per node, 3.6 GHz per core) bedraagt ca. 24 uur. De rekentijd lijkt ook redelijk goed te schalen op meer processoren. Zo kunnen op 20 processoren ruim 160 dagen modeltijd in 24 uur worden gesimuleerd.

### Koppelingen en relaties met andere modellen

- Boezemmodel van Waternet: Dit Sobek model wordt als basis gebruikt voor de debietrandvoorwaarden van het D-HYDRO model.
- Baseline NL (hieruit wordt de schematisatie van het NZK/ARK gemaakt).

### Praktisch gebruik van het model

- Voor vragen bij het gebruik van het model wordt in eerste instantie verwezen naar de D-HYDRO manual (Deltares, 2020).

## Beschikbare versies

### Modelschematisaties

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

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	D-HYDRO Suite
<b>dflowfm3d-nzk_ark-j15_5-v1a</b>	2020	5.3.3	2020.04 (v1.5.1)
<b>dflowfm3d-nzk_ark-j15_5-v1b</b>	2022	5.3.3	2020.04 (v1.5.1)
<b>dflowfm3d-nzk_ark-j19_6-v1a</b>	2020	6.2	2020.04 (v1.5.1)
<b>dflowfm3d-nzk_ark-j19_6-v1b</b>	2022	6.2	2020.04 (v1.5.1)

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

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

Naam	Type	Beschrijving	Referentie
j15	hist	1 jan 2015 – 31 dec 2015	Verbruggen en van der Baan (2020)
j18	hist	1 jan 2018 – 31 dec 2018	Verbruggen en van der Baan (2020)

## Release notes

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

### j15\_5-v1a

Dit is de eerste officiële 3D D-Hydro schematisatie van het NZK/ARK. Deze schematisatie is gebaseerd op een baseline-nzk\_ark-j15\_5-v1. Voor deze modelschematisatie zijn randvoorwaarden voor 2015 beschikbaar. Een aantal bestanden zijn gebaseerd op baseline-nzk\_ark-j19\_6-v1 (thin dams, dry points), omdat de bestanden vanuit deze baseline projectie veel meer detail bevatten dan op basis van baseline-nzk\_ark-j15\_5-v1.

### j15\_5-v1b

De basis van de j15\_5-v1a zijn een paar wijzingen uitgevoerd: de mappenstructuur is consistent gemaakt met de herziene opslagstructuur voor zesde generatie modelschematisaties. De structuur en keywords in de .mdu zijn consistent gemaakt met de nieuwe specificaties voor zesde generatiemodellen.

### j19\_6-v1a

De basis van deze schematisatie is j15\_5-v1a, waarop een aantal wijzigingen zijn doorgevoerd: De modelschematisatie is volledig gebaseerd op baseline-nzk\_ark-j19\_6-v1. Voor deze modelschematisatie zijn randvoorwaarden voor 2018 beschikbaar.

### j19\_6-v1b

Op basis van de j19\_6-v1a zijn een paar wijzingen uitgevoerd: de mappenstructuur is consistent gemaakt met de herziene opslagstructuur voor zesde generatie modelschematisaties. De structuur en keywords in de .mdu zijn consistent gemaakt met de nieuwe specificaties voor zesde generatiemodellen.

## Referenties

*Deltares (2020). D-FLOW Flexible Mesh. Computational Cores and User Interface. User Manual. Version 0.9.1., SVN Revision 69351, 22 November 2020*

*Elorche M. & Vreeken, M.J. (2011): Dienstspectificaties Invoer Baseline 4 – versie 7.0, Rijkswaterstaat Data ICT Dienst, 8 november 2011.*

*Minns, T., A. Spruyt & D. Kerkhoven (2019): Specificaties zesde-generatie modellen met D-HYDRO - Generieke technische en functionele specificaties. Voorlopig Deltares rapport 11203714-013-ZWS-0001.*

*RWS (2020a): Dataprotocol Baseline 6.2. Oktober 2020.*

*Verbruggen, W., van der Baan, J. (2020): Ontwikkeling zesde-generatie 3D Noordzeekanaal Amsterdam-Rijnkanaal model: Modelbouw, kalibratie en validatie. Deltares conceptrapport 11205258-011-ZWS-0004, v0.1, nov 2020.*

*Vos, T (2007): Baseline maatregelen: Eisen en richtlijnen.*



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.