



D-Water Quality 3D Noordzee



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

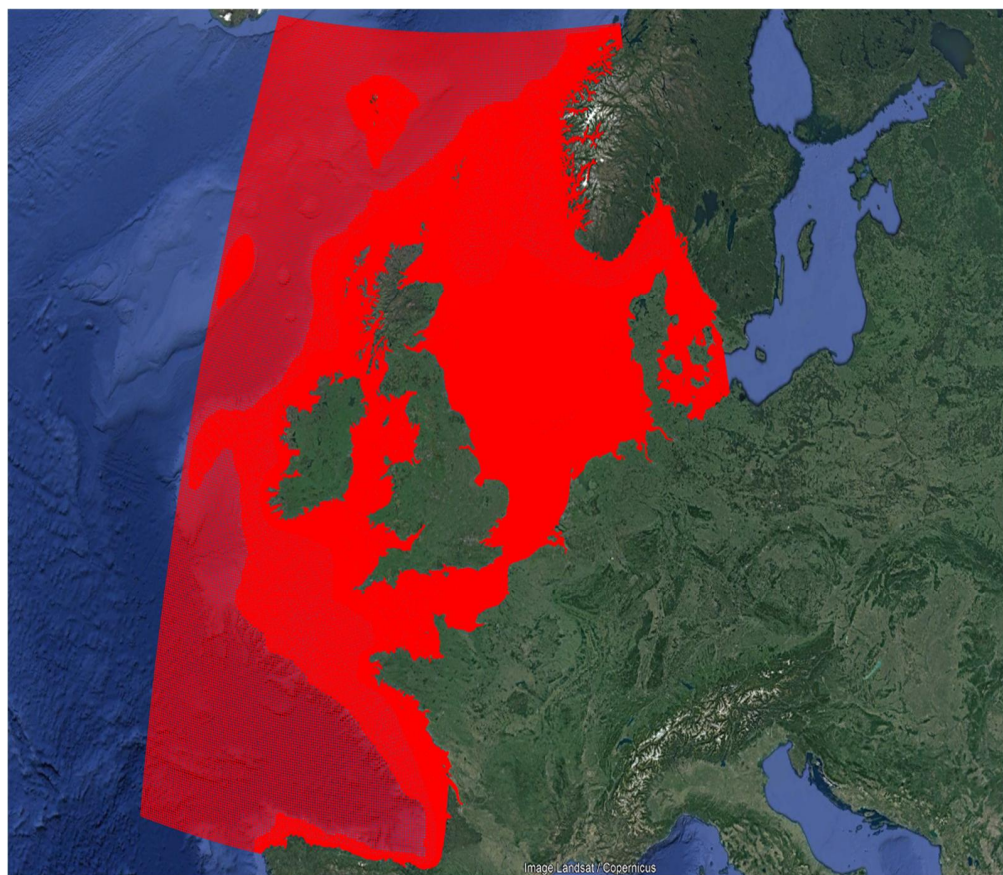
De ontwikkeling van de nieuwe, zesde generatie, modelschematisaties van de door Rijkswaterstaat beheerde watersystemen resulteert in een set schematisaties voor alle Rijkswateren en een aantal aangrenzende gebieden.

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/



Leeswijzer

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 en wordt gevolgd door paragrafen waarin meer details staan over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen van Rijkswaterstaat. De algemene inleiding geeft in vier paragrafen informatie over de rol van hydrodynamische modellen bij Rijkswaterstaat, over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Deze informatie is vooral bedoeld voor een bredere groep van geïnteresseerden.

Vanaf paragraaf “rekenrooster”, is de factsheet vooral bedoeld voor mensen die beschikken over een modelleerachtergrond. De opvolgende paragrafen bevatten informatie over de beschikbare modellen en de onderliggende uitgangspunten en modelleerkeuzes. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf “Referenties”.

De factsheets zijn conform een uniform template opgezet. Dit met als doel dat de lezer eenvoudig zijn weg kan vinden in de beschrijven voor de verschillende gebieden en deze onderling ook kan vergelijken.

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 beschrijft de D-Water Quality (waterkwaliteit en ecologie) modelschematisatie van de Noordzee online gekoppeld aan een 3D D-Flow FM hydrodynamische modelschematisatie. Het Noordzee model wordt ook Dutch Continental Shelf Model – Flexible Mesh (3D DCSM-FM) genoemd.

! Attentie ! Deze D-Water Quality modelschematisatie maakt gebruik van de 2021 intermediate versie de DCSM-FM hydrodynamische modelschematisatie, welke niet als eigenstandige hydrodynamische RWS-schematisatie beschikbaar voor uitlevering. In 2023 wordt de release van de hydrodynamica en de waterkwaliteit schematisaties geharmoniseerd.

Release/versie	RWS 3D hydrodynamica schematisatie	Referentie
2020 release	dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1	Zijl et al., (2020)
2021 intermediate versie	-	Zijl & Groenenboom (2021), Zijl & Laan (2022)
2022 release	dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j22_6-v1a	Zijl et al., (2023)

Geografische ligging

DCSM-FM omvat het Noordwest-Europese Continentaal Plat, inclusief de gehele Noordzee, Ierse Zee en Waddenzee: 15° W tot 13° O en 43° Z tot 64° N. Het model wordt weergegeven in sferische coördinaten (WGS 84).

Toepassingen

Deze modelschematisatie is ontwikkeld voor volgende toepassingen:

1. Effect van variaties en/of verandering in waterbeweging op (ecologische) waterkwaliteit
2. Transport en stofverspreiding nutriënten (N, P, Si)
3. Seizoenspatronen en seizoensgemiddelden van nutriënten (N, P, Si)
4. Seizoenspatronen en seizoensgemiddelden van chlorofyl (algen) en primaire productie
5. Zuurstofuitputting als gevolg van stratificatie door zout- en (met name) temperatuurverschillen

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,
2. Scheepvaartbegeleiding,
3. Inundatieberekeningen,
4. Sedimentdynamiek en processen in de waterbodem

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

1. Beleidsondersteuning en verkenningen ten aanzien van eutrofiëring
2. Beleidsondersteuning en verkenning, zijnde o.a. scenariostudies en studies naar de impact van maatregelen en effecten van ruimtelijke inrichting op waterkwaliteit en ecologie

Geografische brongegevens

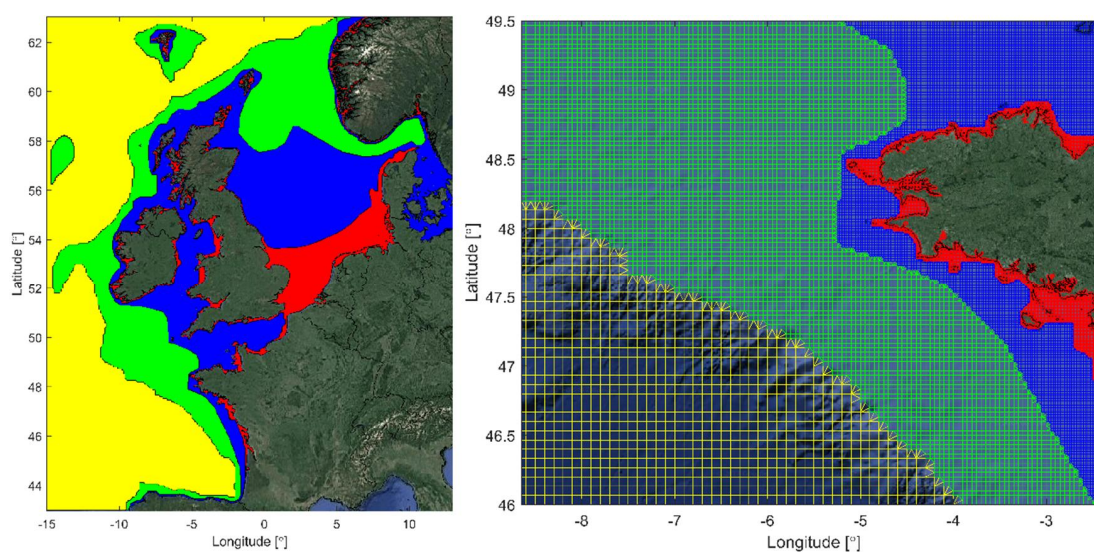
De onderliggende geografische gegevens voor de modelschematisaties van Rijkswaterstaat zijn verzameld in de bijbehorende Baseline-NL databases. Baseline is een speciale ArcGIS database voor hydrodynamische modelontwikkeling bij Rijkswaterstaat. Zie hiervoor de factsheet van Baseline NL (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021). Voor de Nederlandse wateren is de bathymetrie gerefereerd naar NAP, daarbuiten naar Mean Sea Level.

Rekenrooster

Startpunt voor het rooster is een regelmatig uniform vierhoekig rooster met cellen van $1/10^\circ$ in de oost-west richting en $1/15^\circ$ in de noord-zuid richting, waarbij in drie stappen op lijnen met gelijke dieptes wordt verfijnd (zie Figuur 1). De gehanteerde lijnen van gelijke dieptes zijn 800 m, 200 m en 50 m. De gebieden met verschillende resolutie worden met behulp van driehoekige cellen met elkaar verbonden. Het rooster is zo ontworpen dat het een toenemende resolutie heeft bij afnemende waterdiepte:

- De grootste cellen hebben een grootte van $1/10^\circ$ in de oost-west richting en $1/15^\circ$ in de noord-zuid richting – hetgeen overeenkomt met 4 x 4 nautische mijlen of 4,9-8,1 km bij 7,4 km afhankelijk van de latitude.
- De kleinste cellen komen overeen met 0,5 nm x 0,5 nm of 840 m x 930 m in de nabijheid van de Nederlandse wateren (rode gebied).

Het rekenrooster bestaat in totaal uit ongeveer 630.000 nodes en is gespecificeerd in geografische coördinaten (WGS 84).



Figuur 1 Overzicht (links) en detail (rechts) van het DCSM-FM netwerk, waarbij de kleuren de celgrootte aangeven (geel: ~4 nm; groen: ~2 nm; blauw: ~1 nm; rood: ~0,5 nm).

Verticale laagverdeling

Het verticale grid bestaat uit 20 equidistante σ -lagen in de bovenste 100 m en daaronder (maximaal 30) z-lagen ('vaste' lagen). De dikte van deze z-lagen neemt vanaf 100 m diepte richting de bodem exponentieel toe met een factor 1,19. Verder is modelparameter Numtopsiguniform gelijk aan 1, wat inhoudt dat in elke rekencel minimaal 20 σ -lagen worden gebruikt.

Schematisatie-elementen

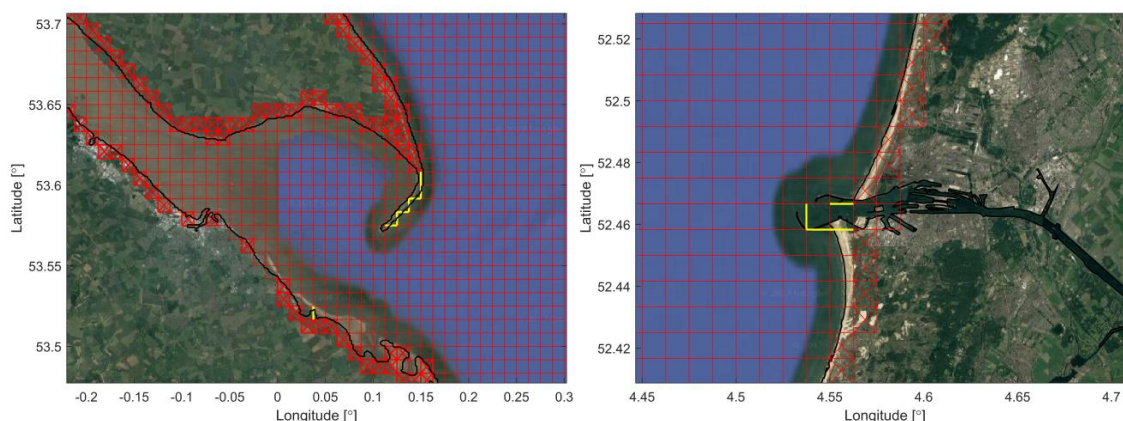
Schematisatie-elementen zijn elementen die op een vaste positie in het gebied liggen en waarvan de ligging tijdens de berekeningen niet wijzigen. In de D-HYDRO-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

Bodemhoogte

De bodemhoogte is voornamelijk gebaseerd op gegevens van het European Marine Observation and Data Network (EMODnet, versie oktober 2016). De reductiematrix die gebruikt is voor het omzetten van deze gegevens van LAT naar MSL is gebaseerd op een 19-jarige berekening met het vorige generatie Noordzeemodel DCSMv6 (WAQUA). De bodemhoogte in grote delen van de Nederlandse wateren is gebaseerd op de ruwe bodemgegevens uit Baselineboom Nederland_5/j16_5-w1.

Droge punten en dunne dammen

Cellen die op land liggen zijn verwijderd uit het rekendomein met behulp van droge punten. Dit is gedaan op basis van een land-zee begrenzing die grotendeels is afgeleid van de World Vector Shoreline¹, behalve in gebieden waar Baseline-gegevens beschikbaar waren, d.w.z. Nederland en aangrenzende gebieden in België en Duitsland. Daarnaast zijn stromingsblokkerende elementen, die klein zijn ten opzichte van een rekencel, geschematiseerd door het plaatsen van dunne dammen. Deze dunne dammen verhinderen de stroming tussen twee naastgelegen rekencellen (zie bijv. de schematisatie van de strekdammen nabij het Humber-Estuarium en de haven van IJmuiden in Figuur 2).



Figuur 2 Het rekenrooster (rood), de land-zee begrenzing (zwart), droge punten (rode kruizen) en dunne dammen (geel) in het Humber Estuarium (links) en rond de haven van IJmuiden (rechts).

Overlaten

- N.v.t.

Landgebruik en bodemruwheid

- Er wordt geen rekening gehouden met aanwezige vegetatie en ecotopen.
- De bodemruwheid wordt gespecificeerd als Manning ruwheidscoëfficiënt, waarbij een opdeling is gemaakt in 60 verschillende vakken waartussen bi-lineair geïnterpoleerd wordt. De waarde van de bodemruwheid varieert tussen $0,012 \text{ s/m}^{1/3}$ en $0,050 \text{ s/m}^{1/3}$.

Kunstwerken

- De Oosterscheldekering is verdeeld over drie secties met een gemiddelde drempelhoogte per sectie. Alle schuiven worden oneindig hoog verondersteld.
- Overige kunstwerken: het Ems-sperwerk, de Thames barrier, de Haringvlietsluizen en de Maeslant- en Hartelkering zijn niet in het model opgenomen.

Brugpijlers

Het model bevat geen brugpijlers.

Hoogwatervrije gebieden

¹ Global Self-consistent Hierarchical High-resolution Geography, GSHHG is released under the GNU Lesser General Public license, and is developed and maintained by Dr. Paul Wessel, SOEST, University of Hawai'i, and Dr. Walter H. F. Smith, NOAA Laboratory for Satellite Altimetry. For further contributions please read <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/shorelines/data/gshhg/latest/readme.txt>

Het model bevat geen hoogwatervrije gebieden.

Modelgrenzen

De gesloten modelranden worden gevormd door bandijken en de land-zee overgangen gebaseerd op World Vector Shoreline.

Modelkarakteristieken - hydrodynamica

Open randen

Op 209 steunpunten op de open randen in het noorden, westen en zuiden van het domein worden waterstanden opgedrukt. Ook op de open rand in het oosten (Oostzee; 61 steunpunten) worden waterstanden opgedrukt. (In DCSM-FM 0.5nm is deze rand gesloten). De waterstanden die worden opgedrukt op de open randen bestaan uit:

- *Getij*: Dit wordt opgelegd op basis van 30 harmonische componenten. Deze zijn overgenomen uit het globale getij model FES2012². De jaarlijkse en halfjaarlijkse componenten S_a en S_{sa} worden bij de 3D modellering niet meegenomen.
- *Opzet*: De windopzet langs het grootste deel van de open rand kan verwaarloosd worden vanwege de grote diepte ter plaatse. Dit geldt echter niet voor het effect van de lokale luchtdruk. Dit wordt benaderd met een zogenaamde Inverse Barometer Correctie, die een functie is van de tijd- en ruimtelijke variërende lokale luchtdruk.
- De barokliene bijdrage aan de waterstand wordt opgelegd aan de hand van tijdseries van het dagelijkse zeeniveau uit de heranalyse van de Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS³) met het globale model GLORYS12v1⁴. Dit model, en daarmee de resulterende waterstanden, bevatten geen getij en windopzet.

Voor het 3D model worden op deze steunpunten tevens zout-, temperatuur- en snelheidsprofielen afkomstig uit CMEMS opgedrukt. Deze waarden worden door D-Flow FM naar de laagverdeling van 3D DCSM-FM geïnterpoleerd:

- *Saliniteit*: Randvoorwaarden voor saliniteit worden aangemaakt op basis van dagelijkse resultaten uit dezelfde heranalyse van CMEMS. De saliniteitsprofielen beslaan de gehele modeldiepte, bestaande uit 50 lagen met een niet-uniforme verdeling. De lagen hebben een dikte van 1 m aan het wateroppervlak en de laagdikte neemt toe tot 450 m op 5,7 km diepte.
- *Watertemperatuur*: Randvoorwaarden voor watertemperatuur worden aangemaakt op basis van dagelijkse resultaten uit dezelfde heranalyse van CMEMS. De diepteprofielen zijn identiek aan die van saliniteit.

Lozingen en onttrekkingen

(NB: deze zijn afwijkend ten opzichte van modelschematisatie "dflowfm3d-noordzee_0.5nm-j17_6-v1")

- *Afwijking*: Langs de volledige kustlijn in het model zijn 319 rivierafvoerlocaties toegevoegd met dagelijkse data van ICG-EMO (OSPAR, 2022).
- *Afwijking*: Voor de toevoer vanuit de Baltische zee zijn twee debieten gedefinieerd op ondiepe gedeelten in het Kattegat: Dars sill and Drogden sill (OSPAR, 2022). Deze debieten zijn maandgemiddelde waarden uit het lokale hydrodynamisch model van DHI.

Meteo

- *Impulsflux*: Bij de ontwikkeling van het model is gebruik gemaakt van tijd- en ruimteafhankelijke windsnelheden (op 10 m hoogte) en luchtdruk (op MSL) afkomstig van het meteorologische model ERA5⁵ van het European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF⁶). Het tijdsinterval van deze gegevens is 1 uur. In de modellering wordt de windsnelheid ten opzichte van de stroomsnelheid

2 Generated using AVISO+ Products. <https://www.aviso.altimetry.fr/en/data/products/auxiliary-products/global-tide-fes/description-fes2012.html>

3 This model encloses and is generated using E.U. Copernicus Marine Service Information. (<https://marine.copernicus.eu/>)

4 https://resources.marine.copernicus.eu/product-detail/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/

5 <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>

6 Deze modelschematisatie maakt gebruik van informatie van de 'Copernicus Atmosphere Monitoring Service'. De European Commissie en ECMWF zijn niet aansprakelijk voor oneigenlijk gebruik van gegevens uit Copernicus.

beschouwd bij het bepalen van de windschuifspanning (relatieve windeffect). De lokale windsnelheidsafhankelijke windschuifspanningscoëfficiënt wordt berekend met een Charnock-formulering. De dimensieloze Charnock-coëfficiënt is overgenomen uit ERA5, zodat deze waarde en formulering consistent zijn met wat in het meteorologisch model gebruikt wordt om de windsnelheid op 10 m hoogte af te leiden.

- **Warmteflux:** Om de warmte-uitwisseling tussen het water en de atmosfeer te modelleren wordt een warmtefluxmodel gebruikt. Voor dit model worden tijd- en ruimteafhankelijke zonnestraling (korte golf) en atmosferische retourstraling (lange golf) direct opgelegd vanuit ERA5. Warmteuitwisseling door het lucht-water oppervlak door verdamping en convectie wordt berekend op basis van luchttemperatuur op 2 m hoogte, dauwpunt en windsnelheid uit ERA5.
- **Massaflux:** De massaflux door het lucht-water oppervlak wordt opgelegd met tijd- en ruimteafhankelijke neerslag en verdamping uit ERA5.

Zout en temperatuur

- Transport van saliniteit en temperatuur wordt meegenomen in de modelberekening.

Kunstwerken

- Voor de Oosterscheldekering worden de gemeten (en voor de lekopening gecorrigeerde) schuifstanden opgelegd.

Overige fysica

- Aangezien het DCSM-FM een groot modeldomein omvat, wordt via de optie *TidalForcing* de opwekking van getij door getijopwekkende krachten binnen het modeldomein gesimuleerd.
- Verticale turbulentie wordt berekend op basis van het k-ε-model.

Numerieke instellingen

- De modelopzet van dit zesde-generatie Rijkswaterstaatmodel is gebaseerd op de generieke technische en functionele specificaties zoals beschreven in Minns et al. (2019). Op uitzonderingen in Tabel 1 na worden de standaardinstellingen voor de zesde-generatie D-HYDRO-modellen gebruikt.

Initiële condities

Initiële condities voor temperatuur en saliniteit zijn afgeleid van 3D CMEMS data⁷.

Tabel 1: Overzicht van keywords waarvan de instelling gewijzigd is ten opzichte van 3D DCSM-FM (dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1)

Parameter	dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1	Deze modelschematisatie
Vertadvtypmom3onbnd	1	0
Zerozbninflowadvection	2	0
Logprofkepsbndin	2	0
jasfer3D	0	1
DtMax	120	100
Dtfacmax	1.5	1.1

Kalibratie – hydrodynamica

Methodiek

Voor de intermediate versie is geen nieuwe kalibratie uitgevoerd. Kalibratie van de voorgaande versie is beschreven in Zijl et al. (2020), zie ook factsheet *D-Flow FM 3D Noordzee*.

⁷ https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_PHY_001_030/description

Resultaten

Voor de intermediate versie is geen nieuwe kalibratie uitgevoerd. Resultaten van de voorgaande versie zijn beschreven in Zijl et al. (2020), zie ook factsheet *D-Flow FM 3D Noordzee*.

Validatie – hydrodynamica

Methodiek

Methodiek voor validatie hydrodynamica model is beschreven in Zijl en Groenenboom (2021).

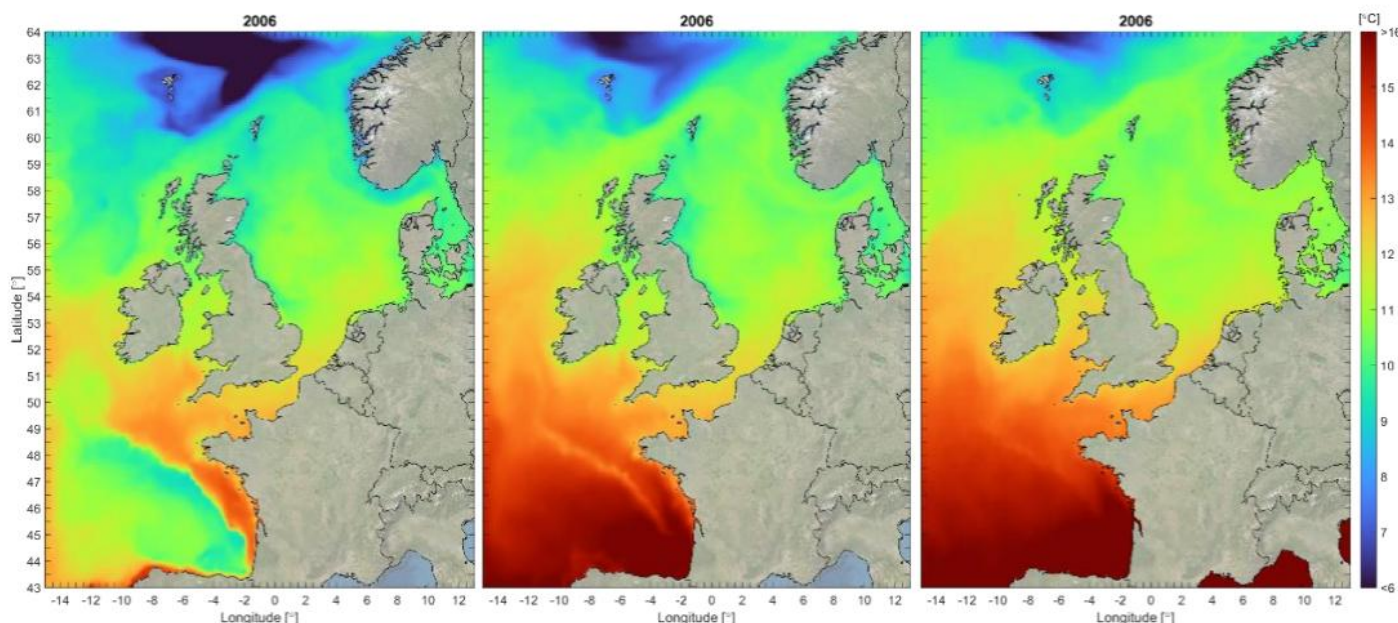
Resultaten

De intermediate versie van het hydrodynamisch model is aanvullend gevalideerd voor de periode 2006-2012 (Zijl en Groenenboom, 2021). Deze versie geeft een betere representatie van oppervlaktewatertemperatuur, stratificatie en verticale menging in diepere wateren (> 200 m, Figuur 1). Dit is van belang voor de aanvoer van nutriënten vanuit de oceaan naar de Noordzee. De waterstanden voor de Nederlandse kust worden goed gereproduceerd. Deze versie van het hydrodynamisch model reproduceert ook de watertemperatuur, stratificatie in de Noordzee (vooral verder van de kust) en saliniteit in Nederlandse kustwateren goed. Dit is belangrijk om de beschikbaarheid van nutriënten nabij het wateroppervlak goed te kunnen simuleren.

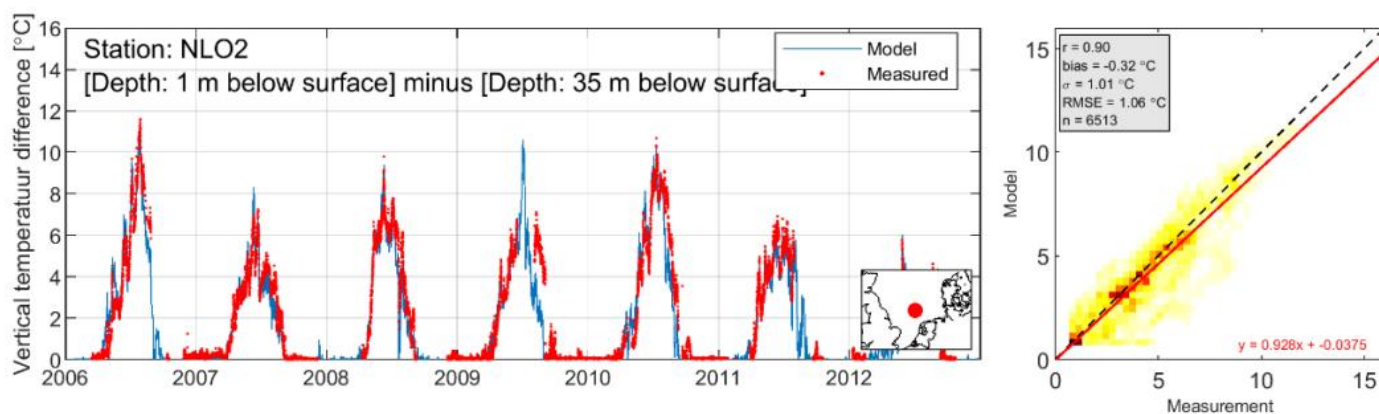
20 σ -lagen

50 z- σ -lagen

CMEMS



Figuur 1: Jaargemiddelde (2006) oppervlaktetemperatuur in 3D DCSM-FM met 20 sigma-lagen (links), 3D DCSM-FM met 50 z-sigma-lagen (midden) en CMEMS (rechts) (Zijl en Groenenboom, 2021).



Figuur 2: Tijdserie en scatterplot (periode: 2006-2012) van de temperatuurstratificatie in station NLO2 (Zijl en Groenenboom, 2021).

Modelkarakteristieken - waterkwaliteit

Instellingen

- Voor de opzet van het waterkwaliteitsmodel is gebruik gemaakt van de invoer van het originele hydrodynamische en waterkwaliteitsmodel op basis van Delft3D 4 (Van der Kaaij et al., 2017).
- De waterkwaliteitsvariabelen worden berekend door middel van een online koppeling van het hydrodynamische model (in D-Flow FM) met D-Water Quality. Bij een online koppeling vindt communicatie tussen beide modellen op tijdstapniveau plaats.
- Toestandsvariabelen voor waterkwaliteit die worden berekend door dit model zijn: zuurstof, ammonium, nitraat, fosfaat, silicium, stofdeeltjes van koolstof, stikstof, fosfaat en silicium, verschillende algensoorten zoals kiezelwieren, dinoflagellaten, groenwieren en Phaeocystis en mosselen in de Waddenzee en Ensis langs de rest van de kustlijn.
- Met behulp van de algenmodule BLOOM worden de processen met betrekking tot algen berekend. Denk hierbij aan fotosynthese, respiratie, sterfte en sedimentatie van algen.
- Het lichtklimaat onder water wordt benaderd als een ruimtelijk variabele slibconcentratie in het water op basis van satellietdata (Nechad et al. 2010). Op dit ruimtelijk veld is een seizoensvariatie toegepast middels een cosinusfunctie met hogere concentraties in de winter en lagere concentraties in de zomer.
- Waterkwaliteitsprocessen in het sediment worden meegenomen als temperatuurs-afhankelijke eerste-orde afbraak van gesedimenteerde organische materiaal.

Open randen

Concentraties op de open randen zijn afgeleid van CMEMS hindcast data⁸ op dezelfde wijze als voor temperatuur en saliniteit. Conversie van CMEMS-variabelen naar D-Water Quality toestandsvariabelen wordt beschreven in Zijl et al. (2021, Tabel 6.2).

Lozingen

Debieten en concentraties van waterkwaliteitsvariabelen van 319 rivierlozingen zijn afgeleid van de daggemiddelde waarden uit de ICG-EMO dataset, zoals beschreven door OSPAR (2022).

Debieten en concentraties van waterkwaliteitsvariabelen vanuit de Baltische zee over de Dars and Drogden ondiepten zijn gebaseerd op Deense meetgegevens (Stiig Markager pers. comm.).

Initiële condities en inspeelperiode

Initiële concentraties van nitraat, fosfaat, silicaat en detritus zijn gebaseerd op dezelfde modeldata uit CMEMS, die ook zijn gebruikt voor concentraties op de modelranden. In de Noordzee zijn deze waarden voor fosfaat en nitraat overschreven door ruimtelijk geïnterpoleerde winterconcentraties voor 2006-2020 uit EMODnet. De waarden uit de CMEMS modeldata waren hier te laag ten opzichte van meetwaarden. De initiële concentraties van ammonium, bodemdetritus en biomassa van mosselen en Ensis zijn gebaseerd op de modelresultaten van Van der Kaaij et al. (2017). De inspeelperiode van het model is 3 jaar.

Kalibratie waterkwaliteit

Methodiek

Geen kalibratie uitgevoerd.

Resultaten

Niet van toepassing.

Validatie waterkwaliteit

Methodiek

Het model is gevalideerd voor gebruik door de OSPAR-werkgroep voor ecologische modellering: ICG-EMO. Hierbij is voornamelijk gekeken naar wintergemiddelde nutriëntenconcentraties en groeiseizoengemiddelde chlorofylconcentraties voor de jaren 2009-2012.

Gesimuleerde concentraties van opgeloste anorganische stikstof (ammonium+nitraat, genoteerd DIN), opgelost anorganisch fosfor (orthofosfaat, genoteerd DIP of PO₄) en chlorofyl-a zijn vergeleken met beschikbare metingen op de MWTL-metstations langs de Walcheren-, Noordwijk-, Terschelling- en Rottumerplaattraaien voor de jaren 2009-2012. Model *goodness-of-fit* statistieken (RMSE en bias) op deze

⁸ https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_BGC_001_029/description

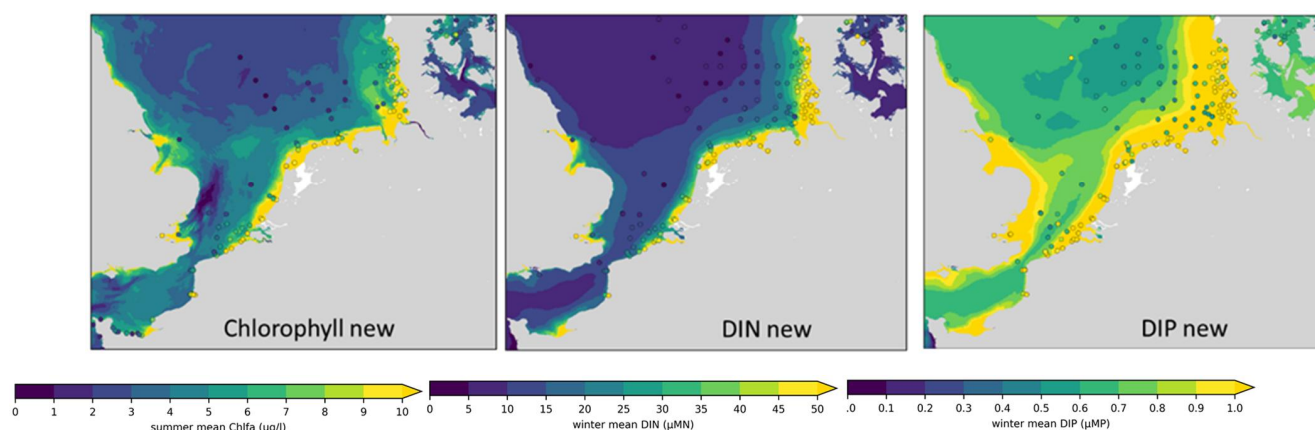
stations worden gegeven in Tabel 2. Meerjarige gemiddelde gesimuleerde winter-, nabij-wateroppervlak DIN- en DIP-concentraties en groeiseizoen chlorofyl-a-concentraties zijn ruimtelijk vergeleken met waarnemingen uit de ICES COMPEAT-database⁹ (Figuur 4). Tenslotte zijn tijdreeksen gebruikt die het model vergelijken met waarnemingen op de MWTL-stations, zoals die in Figuur 5, voor een diepere analyse van de modelprestaties.

Resultaten

Voor stikstofconcentraties komen de wintergemiddelde concentraties in het model goed overeen met de beschikbare metingen. Voor fosfaat komen de concentraties ook redelijk overeen met metingen hoewel in sommige gebieden, zoals de Duitse bocht, het model concentraties overschat. Voor chlorofyl-a worden de gemeten concentraties redelijk goed benaderd door het model in de kustwateren maar worden concentraties overschat in de centrale Noordzee.

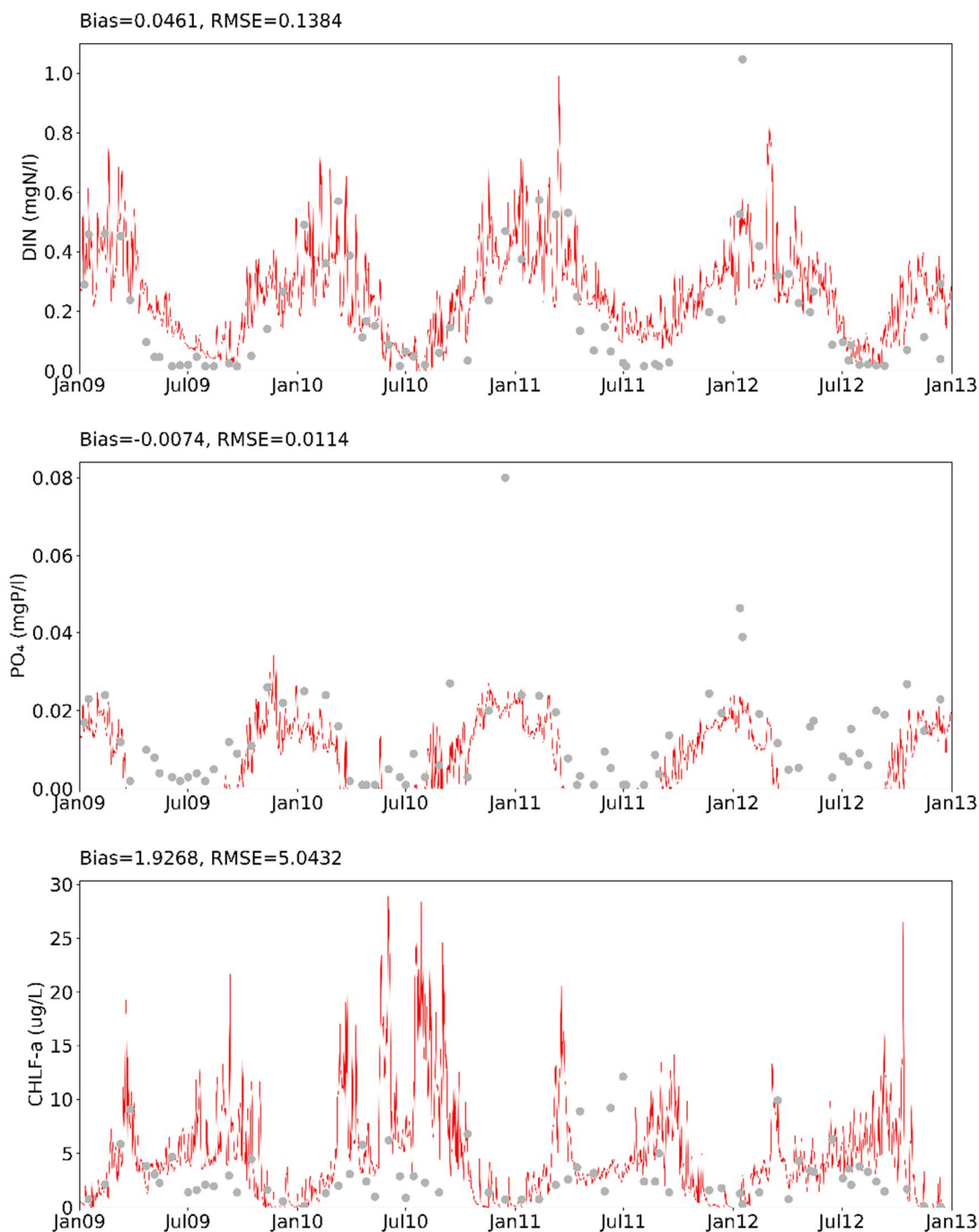
Tabel 2: Statistische vergelijking van gemeten en gesimuleerde tijdreeksen van anorganische nutriënten (ammonium+nitraat, orthofosfaat) en chlorofyl-a over de periode 2009-2012 langs Walcheren-, Noordwijk-, Terschelling- en Rottumerplaatraaien. Metingen zijn die van het nationale meetnet MWTL

Validatie anorganische Nutriënten en Chlorofyl 2009-2012						
MWTL Station	DIN (mg N/L)		DIP (mg P/L)		Chl-a (µg/L)	
	RMSE	bias	RMSE	bias	RMSE	bias
Walcheren 2 km	0.149	-0.035	0.125	-0.039	9.3	-3.9
Walcheren 20 km	0.107	0.014	0.038	-0.015	5.8	-1.2
Walcheren 70 km	0.044	0.005	0.064	-0.021	2.1	-0.44
Noordwijk 2 km	0.177	-0.025	0.031	-0.014	9.2	0.25
Noordwijk 10 km	0.149	0.019	0.014	-0.010	6.0	2.4
Noordwijk 20 km	0.138	0.046	0.011	-0.007	5.0	1.9
Noordwijk 70 km	0.045	0.000	0.339	-0.071	2.2	-0.03
Terschelling 10 km	0.114	0.051	0.033	-0.010	2.6	0.33
Terschelling 100 km	0.041	-0.020	0.018	-0.012	1.1	0.10
Terschelling 135 km	0.030	-0.020	0.012	-0.009	0.97	-0.11
Terschelling 175 km	0.024	-0.018	0.068	-0.018	0.61	0.03
Terschelling 235 km	0.041	-0.028	0.058	-0.022	1.1	-0.05
Rottumerplaat 3 km	0.196	0.004	0.026	-0.019	5.6	-3.1
Rottumerplaat 50 km	0.072	0.064	0.032	-0.011	1.7	0.41
Rottumerplaat 70 km	0.060	0.053	0.047	-0.013	1.3	0.43



Figuur 4: Vergelijking van seizoensgemiddelde concentraties van chlorofyl- en nutriënten voor 2009-2012 tussen de beschikbare validatiemetingen (bolletjes) en het model (achtergrondkleur). Chlorofyl-a is gemiddeld over het groeiseizoen (maart-september); DIN en DIP zijn gemiddeld over de winterperiode (december-februari).

⁹ https://ocean.ices.dk/core/compeat?assessmentperiod=20062014_Test



Figuur 5: Tijdreeks voor nabij-wateroppervlak DIN (boven), DIP (midden) en chlorofyl-a (onder) concentraties op station Noordwijk 20 km. Rode lijn=gesimuleerde resultaten; grijze stippen=metingen.

Nauwkeurigheid en modelonzekerheid

Nutriënten

De ruimtelijke en temporele patronen van anorganische opgeloste nutriëntconcentraties worden over het algemeen goed gereproduceerd door het model. DIN-winterconcentratiegradiënten van hogere waarden nabij de kust naar lagere concentraties verder uit de kust worden zeer goed door het model weergegeven. De gesimuleerde ruimtelijke gradiënt in winter-DIP-concentraties is minder steil dan die in waarnemingen: winter-DIP-concentraties worden overschat op locaties op 30-70 km van de Duitse en Deense kust. Over het algemeen onderschat het model de DIP-concentraties op alle meetstations voor 2009-2012. Dit komt vooral doordat de DIP-opname in het groeiseizoen wordt overschat, terwijl de DIN-opname op sommige locaties (bijv. Noordwijk 20 km) enigszins wordt onderschat.

Het model is in staat om de timing te reproduceren in de daling van opgeloste anorganische voedingsstoffen als gevolg van de voorjaarsbloei van algen en in de toename van concentraties aan het einde van het groeiseizoen. Op sommige locaties begint de toename van de concentraties in de herfst iets te vroeg.

Chlorofyl

Het model reproduceert goed de timing en intensiteit van de voorjaarsbloei op MWTL-stations, evenals de ruimtelijke gradiënten en gemiddelde concentraties tijdens het groeiseizoen nabij de kust. Gemiddelde concentraties in het groeiseizoen worden systematisch overschat op locaties verder uit de kust.

Over het algemeen presteert het model goed voor variabelen langs de Nederlandse kust. Toepassing op andere gebieden of studies met andere waterkwaliteitsvariabelen vereisen meer model-datavergelijkingen vereisen om de prestaties en limieten van het model te beoordelen.

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 (Dienstspecificaties Invoer Baseline). 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 is 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

De rekentijd van de online gekoppelde D-Water Quality modelschematisatie bedraagt op 5 nodes met 4 cores (20 partities) op het Deltares' Linux rekencluster (queue: normal-e3-c7) circa 16 dagen/simulatiejaar.

Koppelingen en relaties met andere modellen

De D-Water Quality modelschematisatie is gebaseerd op de hydrodynamische 3D DCSM-FM modelschematisatie *dflowfm3d-noordzee_0_5nm-j17_6-v1* (Zijl et al., 2020), waarbij deze is bijgewerkt met z-sigma verticale representatie (Zijl en Groenenboom, 2021).

Verder zijn rivierdebieten en -concentraties, initialisatie van waterkwaliteitsvariabelen en de anorganische sedimentforcering gewijzigd zodat deze gelijk zijn aan de modelaanpak zoals is toegepast binnen het OSPAR-project. De gelijke modelaanpak in relatie tot forcering had tot doel om een vergelijking tussen meerdere modellen uit verschillende landen mogelijk te maken.

Praktisch gebruik van het model

Informatie over D-Water Quality software (waterkwaliteitsmodule onder D-HYDRO Suite Software) is te vinden via de online User Manual: <https://content.oss.deltares.nl/delft3d/>

De mappenstructuur van het D-HYDRO-model is uitgelijnd met de generieke mappenstructuur voor D-HYDRO-modelschematisaties (de Jong, 2020). Hierdoor is het mogelijk om het model eenvoudig aan te sluiten op de Sommengenerator Watermodellen (SGWM).

De meteorologische gegevens zijn afkomstig van ECMWF en worden niet bij het model mee uitgeleverd. De bestanden voor de gebruikte slibconcentraties om het lichtklimaat onder water te berekenen, zijn erg groot en filetransfer kan daardoor enige tijd in beslag nemen.

Beschikbare versies

Modelschematisaties

Modelschematisatie	Jaar	Software
	Baseline	D-HYDRO Suite
dflowfm3d_dwaq-noordzee_0_5nm-j17_6-v1	2023	n.v.t.
		2021.03

- 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:

Naam	Type	Beschrijving	Karakteristiek	Referentie
Jaarsom 2006-2009	hist	periode 2006-2009 - 2006-2008 voor inspelen - 2009 voor (scenario)vergelijking	Geharmoniseerd voor toepassing door alle OSPAR landen	OSPAR (2022)

Release notes

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

j17_6-v1

Dit is de eerste release van de zesde generatie D-Water Quality modelschematisatie Noordzee met OSPAR randvoorwaarden voor (rivier)lozingen. In het kader van Wind op Zee (WOZEP) wordt gewerkt aan de volgende release. Deze release wordt eind 2023 verwacht.

Referenties (alfabetisch)

de Jong, J. (2020): Toepassing van D-HYDRO: Mappenstructuur en sommengenerator water modellen (SGWM). Deltares, memo 11205259-002-ZKS-0004. <nog in de maak>

van der Kaaij et al. (2017): Modelondersteuning MER winning suppletie- en ophoogzand Noordzee 2018 – 2027, Deltares, 1230888-002-ZKS-0006.

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.

Nechad, B., Ruddick, K. G., & Park, Y. (2010). Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of total suspended matter in turbid waters. Remote Sensing of Environment, 114(4), 854-866.

OSPAR (2022). ICG-EMO report on model comparison for historical scenarios as basis to derive new threshold values. Publication 895/2022. (<https://www.ospar.org/documents?v=48846>)

Prins et al. (2021): Coherent assessment framework for eutrophication : model results Deltares, Deltares, 11206044-000-ZKS-0002.

Zijl et al. (2020): Development of a 3D model for the NW European Shelf (3D DCSM-FM), Deltares, 11205259-015-ZKS-0003.

Zijl, F., Groenenboom, J. (2021). 3D DCSM-FM Consolidatie z-sigma versie en uitlijnen met standaard settings. Deltares, memo 11206814-004-ZKS-0007, Delft.

Zijl et al. (2021): Potential ecosystem effects of large upscaling of offshore wind in the North Sea. Bottom-up approach, Deltares, 11203731-004-ZKS-0015.

Zijl, F., Laan, S. (2022). Validatie oceaan 3D DCSM-FM. Deltares, memo 11206814-004-ZKS0009, Delft.

Zijl et al. (2023): 3D DCSM-FM: a sixth-generation model for the NW European Shelf : 2022 release, Deltares, 11208054-004-ZKS-0003.



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.

