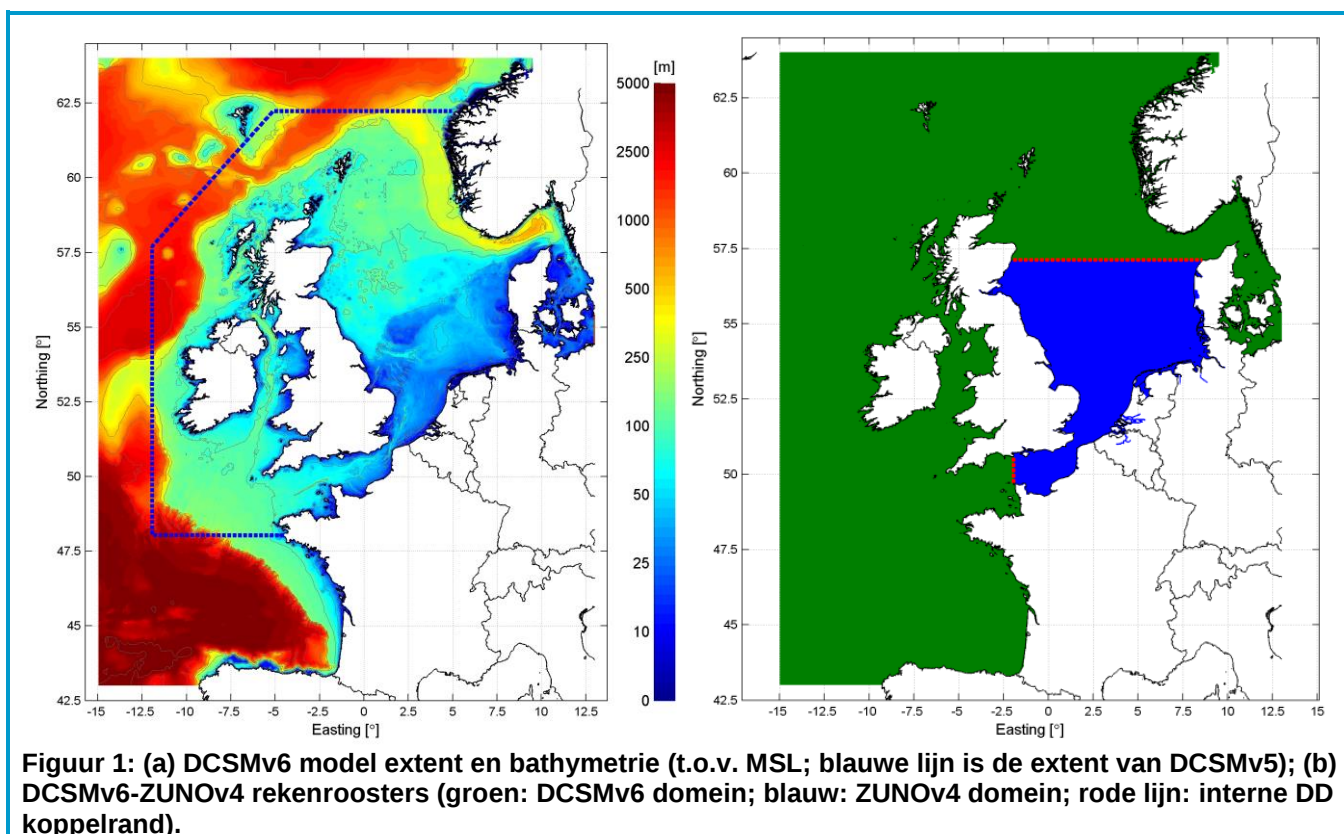


MODELBESCHRIJVING	DUTCH CONTINENTAL SHELF MODEL (DCSMv6) & DUTCH CONTINENTAL SHELF - Zuidelijk Noordzee MODEL (DCSMv6-ZUNOV4)
VERSIE	5 ^e generatie schematisaties
SOFTWARE	2017 SIMONA Release 2016, Linux, 64 bits, double precision; 2016 SIMONA Release 2014, Linux, 64 bits, single precision; 2015 SIMONA Release 2014, Linux, 64 bits, single precision; 2014 SIMONA Release 2013, Linux, 64 bits, single precision; 2013 SIMONA Release 2011 – patch 8, Linux, 32 bits, single precision;
RELEASES	2017 waqua-dcsmv6-j17-v1; waqua-dcsmv6_kf-j17-v1; waqua-dcsmv6_zunov4-j17-v1; waqua-dcsmv6_zunov4_kf-j17-v1; 2016 waqua-dcsmv6-j16-v1; waqua-dcsmv6_kf-j16-v1; waqua-dcsmv6_zunov4-j16-v1; waqua-dcsmv6_zunov4_kf-j16-v1; 2015 waqua-dcsmv6-j15-v1; waqua-dcsmv6_kf-j15-v1; waqua-dcsmv6_zunov4-j15-v1; waqua-dcsmv6_zunov4_kf-j15-v1; 2014 waqua-dcsmv6-j14-v1; waqua-dcsmv6_kf-j14-v1; waqua-dcsmv6_zunov4-j14-v1; waqua-dcsmv6_zunov4_kf-j14-v1; 2013 waqua-dcsmv6-j13-v1; waqua-dcsmv6_kf-j12-v1; waqua-dcsmv6_zunov4-j13-v1; waqua-dcsmv6_zunov4_kf-j13-v1;



Figuur 1: (a) DCSMv6 model extent en bathymetrie (t.o.v. MSL; blauwe lijn is de extent van DCSMv5); (b) DCSMv6-ZUNOV4 rekenroosters (groen: DCSMv6 domein; blauw: ZUNOV4 domein; rode lijn: interne DD koppeland).

Geografische ligging

Voor het gebied van het noordwest Europese continentale plat zijn twee modellen ontwikkeld: het Dutch Continental Shelf Model, versie 6 (DCSMv6) en het DCSMv6 - Zuidelijk Noordzee Model, versie 4 (DCSMv6-ZUNOV4).

DCSMv6-ZUNOV4 is gebaseerd op DCSMv6, alleen is in de Zuidelijke Noordzee, de Nederlandse estuaria (Oosterschelde, Westerschelde, etc.) en de Waddenzee het rooster verder verfijnd.

Het model omvat het gebied van 15° W tot 13° E en van 43° N tot 64° N (zie Figuur 1a). In het zuiden ligt de begrenzing ter hoogte van Coruna in het noordwesten van Spanje en in het noorden ter hoogte van Kristiansund in Noorwegen.

Rekenrooster

De sferische rooster van DCSMv6 is opgegeven in geografische coördinaten (WGS84). De geografische resolutie is in het gehele model gelijk, te weten 1/40 graad in de longitudinale (west-oost) richting en 1/60 graad in de laterale (zuid-noord) richting en met de oorsprong op 43° noorderbreedte en 13° westerlengte. Dit komt, gaande van zuid naar noord, overeen met een roosterafmeting van ca. 2.0 tot 1.2 km in de west-oost richting en 1.85 km in de zuid-noord richting. Daarmee is het rooster een factor 5 x 5 finer dan dat van het vorige generatie DCSMv5 model.

Gridcellen waarin meer dan 50 procent land zit, worden niet meegenomen in het model. In totaal omvat DCSMv6 ongeveer 850.000 actieve rekencellen.

Het DCSMv6-ZUNOV4 model bestaat uit twee aparte rekenroosters, gekoppeld door middel van horizontale domein decompositie (DD). Domein decompositie is het dynamisch (in twee richtingen) koppelen van meerdere rekenroosters in een berekening. Het buitenste rekenrooster wordt afgedekt door het DCSMv6 rooster, het binnenste model domein wordt afgedekt door het ZUNOV4 rooster (zie Figuur 1b). Bij de interne koppelranden is een variabele verfijningsfactor van toepassing tussen de twee roosters. Deze factor loopt van 1:1 tot 1:4. In totaal omvat DCSMv6-ZUNOV4 ongeveer 1.100.000 actieve rekencellen.

Model bathymetrie

De model bathymetrie van DCSMv6 is opgebouwd op basis van de vergride NOOS (NOOS, North West Shelf Operational Oceanographic System, samenwerkingsverband van landen die liggen aan de Noordzee, www.noos.cc) bathymetrie data set. Deze bathymetrie dekt echter een kleiner gebied dan het DCSMv6 model domein, waardoor voor overige gebieden ETOPO2 bathymetrie data is geïnterpoleerd naar het rekenrooster. Gedurende de kalibratie zijn er aanpassingen gemaakt aan de oorspronkelijke bathymetrie om de waterstandsrepresentatie (getijvoortplanting) te verbeteren,

De model bathymetrie van het ZUNOV4 domein is opgebouwd uit verschillende bronnen. Voor de Nederlandse Wateren is gebruik gemaakt van de Kuststrook Fijnv6 model bathymetrie. In alle andere gebieden in het ZUNOV4 domein is gebruik gemaakt van de NOOS bathymetrische dataset.

In beide modellen is de bathymetrie gedefinieerd op de hoeken van de roostercellen. Dieptes ter plekke van de celmidden zijn gedefinieerd door gebruik te maken van de gemiddelde waarde van de omliggende waarden op de hoeken van de cellen. De dieptes zijn opgegeven ten opzichte van Mean Sea Level (MSL).

Modelaansturing

Ter plaatse van de noord-, zuid- en westrand van het DCSMv6 domein zijn open randen gedefinieerd waar op 205 locaties waterstanden worden opgelegd. De getijwaterstanden zijn gespecificeerd in termen van de amplitudes en fases van 38 harmonische componenten. Hieraan wordt de opzet toegevoegd die geschat wordt door middel van een Inverse Barometer Correctie (IBC) op basis van de lokale luchtdruk.

Voor meteorologische oppervlakte aansturing worden ruimtelijk en in de tijd variërende windsnelheid en luchtdruk uit het HIRLAM meteorologisch model van het KNMI gebruikt. Voor het berekenen van de wind drag coëfficiënt (benodigd om de windsnelheden om te rekenen tot een oppervlakteschuifspanning) wordt de Charnock relatie gebruikt, met een Charnock coëfficiënt van 0.025, wat overeenkomt met de relatie en waarde die in het HIRLAM meteorologische model gebruikt worden. Als alternatief wordt er ook gebruik gemaakt van ECWMF (HRES) meteorologisch aansturing. In dat geval wordt gebruik gemaakt van door het ECMWF uitgerekende tijd- en plaatsafhankelijke waarden van de Charnock parameter.

Tevens wordt de interne getij-opwekking (Tide Generating Forces of getij potentiaal) tijdens de simulaties meegenomen.

In het ZUNOV4 model domein zijn vier beweegbare keringen en vier beweegbare spuisluizen geschematiseerd. De vier keringen zijn:

- de Maeslantkering,
- de Hartelkering,
- de Oosterscheldekering en
- de Eemskering (Emssperrwerk).

De vier spuisluizen zijn:

- Haringvlietsluizen,
- Kornwerderzand,
- Den Oever
- Lauwersmeer

Aansturing vindt plaats door middel van opgegeven tijdreeksen, behalve voor de Haringvlietsluizen die op basis van de LPH'84 tabel aangestuurd worden.

Daarnaast zijn er in het ZUNOV4 domein 8 locaties waar debieten (rivierafvoer of afvoer door sluiscomplexen) worden opgegeven. In het DCSMv6 model domein zijn geen beweegbare keringen en sluisen geschematiseerd.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de modelschematisaties wordt verwezen naar literatuur 1,2 en 4.

Modelkarakteristieken

Voor het draaien van het DCSMv6 model en het DCSMv6-ZUNOV4 model worden de volgende instellingen aangehouden:

- tijdstap DCSMv6: 120 s
- tijdstap DCSMv6-ZUNOV4: 60 s
- Ruimtelijk variërende bodemruwheid (Manning)
- Uniform eddy viscositeit van $10 \text{ m}^2/\text{s}$, behalve langs de open randen waar hogere waarden gebruikt worden
- Deze barotrope modellen worden alleen in 2D-mode (WAQUA) gedraaid

Nauwkeurigheid

DCSMv6 en DCSMv6-ZUNOV4 zijn beide gekalibreerd en gevalideerd met behulp van waterstandmetingen op meer dan 100 locaties in het modelgebied. Er is gebruik gemaakt van jaarsommen over 2007 voor kalibratie en jaarsommen voor 2008 voor validatie. Er zijn ook nog voor aanvullende periodes gevalideerd.

Er is alleen gekalibreerd voor waterstanden (en niet voor bijvoorbeeld stroomsnelheden). Kalibratie (in de vorm van het reduceren van onzekerheid in bodemdiepte en bodemruwheid) is uitgevoerd met behulp van OpenDA-DUD (zie literatuur 3). Uiteindelijk zijn voor het DCSMv6 model en het DCSMv6-ZUNOV4 model, respectievelijk 100 en 73 secties bepaald waarin de bodem en de bodemruwheid zijn aangepast om een optimale representatie van de waterstand te krijgen.

Kalibratie en Validatie resultaten DCSMv6, literatuur 2:

Table 5.9 Comparison of water level representation during the calibration and validation period, at 13 locations along the Dutch coast, for tide, surge, total water level signal, high waters, low waters and maximum water levels.

	RMSE tide	RMSE surge	RMSE total	RMSE high waters	RMSE low waters	max(prd)-max(obs)
Calibration (2007)	4.3	6.4	7.7	7.3	7.3	28
Validation (2008)	4.8	6.4	8.0	7.9	7.5	21

Kalibratie en Validatie resultaten DCSMv6-ZUNOV4, literatuur 2:

Table 6.9 Comparison of water level representation of DCSMv6-ZUNOV4 during the calibration and validation period, at 13 locations along the Dutch coast, for tide, surge, total water level signal, high waters, low waters and maximum water levels.

	RMSE tide	RMSE surge	RMSE total	RMSE high waters	RMSE low waters	max(prd)-max(obs)
Calibration (2007)	4.1	6.2	7.5	6.9	7.4	24
Validation (2008)	4.5	6.4	7.8	7.6	7.6	20

Overige opmerkingen

De schematisaties draaien binnen het operationele RWSOS-Noordzee systeem van Rijkswaterstaat. In 2013 heeft het DCSMv6 model het DCSMv5 model vervangen als het primaire operationele getij-opzet model voor de Nederlandse kustwateren.

Er zijn over de periode 2015-2016 aanvullende analyses gedaan naar: stromingsvalidatie (literatuur 7), het effect van EMODNET bathymetrie en Self-Attraction and Loading (literatuur 9), de impact en verbetering van ECMWF meteorologische forcering (literatuur 10, 14 & 17), het relatief windeffect (invloed van stroming op windschuifspanning en waterstanden) (literatuur 16) en de representatie van de 18,6-jaarlijkse knoopcycclus (literatuur 15).

Randvoorwaarden

Voor de schematisaties zijn de volgende pakketten van randvoorwaarden beschikbaar:

- Randvoorwaarden-dcsm-2007 (kalibratie)
- Randvoorwaarden-dcsm-2008 (validatie)
- Randvoorwaarden-dcsm-2013_2014_2015 (validatie)

De eerste set wordt gebruikt voor kalibratie van het model voor 2007.

De tweede set met randvoorwaarden wordt gebruikt voor validatie voor het jaar 2008.

Deze sets bevatten een ruimtelijk variërende windveld met 3-uurlijkse gegevens.

De derde set met randvoorwaarden beslaat een langere periode van 2013 tot en met de eerste helft van 2015, inclusief de december 2013 Sinterklaasstorm. De meteorologische aansturing is gebaseerd op Hirlam 7.2 ruimtelijk variërende windveld met urengegevens.

Kalman filters

Voor zowel DCSMv6 als DCSMv6-ZUNOV4 zijn Kalmanfilters ontwikkeling waarmee gemeten waterstanden uit een netwerk van 32 stations geïntegreerd worden met de hier beschreven procesmodellen (zie literatuur 7).

Literatuur

1. Zijl et al., DCSM v6 model setup and calibration of tidal propagation Z4632, Deltares, April 2009
2. Zijl, Development of the next generation Dutch Continental Shelf Flood Forecasting models, 1205989-003-ZKS-0002, Deltares, Juli 2013
3. Zijl et al., Improved water-level forecasting for the Northwest European Shelf and North Sea through direct modelling of tide, surge and non-linear interaction, Ocean Dynamics, Volume 63, Number 7, July 2013
4. Zijl, Noordzee modellen - release 2013, memo, 1207716-003-ZKS-0002, Deltares, November 2013
5. Zijl, Noordzee modellen - release 2014, memo, 1209448-003-ZKS-002-vv0.2, Deltares, 2014.
6. Zijl, Noordzee modellen - release 2015, memo, 1220073-003-ZKS-0002, Deltares, 2015.

7. Tiessen en Zijl, Stromingsvalidatie DCSMv6 en DCSMv6-ZUNOV4, memo, 1209448-003-ZKS-0004, Deltares, januari 2015.

8. Zijl, Evaluation of the North Sea tide-surge models during the 2014/2015 storm season, memo, 1220073-003-ZKS-0006, Deltares, December 2015

9. Apecechea en Zijl, DCSM combined with ECMWF-EPS meteorological forcing, memo, 1220073-003-ZKS-0007, Deltares, December 2015

10. Zijl, Improved DCSMv6-ECMWF meteorological forcing, memo, 1220073-003-ZKS-0008, Deltares, December 2015

11. Zijl et al., Application of data assimilation for improved operational water level forecasting on the northwest European shelf and North Sea, Ocean Dynamics DOI 10.1007/s10236-015-0898-7, 2015

12. Zijl, Noordzee modellen - release 2016, memo, 1230072-003-ZKS-0002, Deltares, July 2016.

13. Zijl, Impact of EMODnet bathymetry and SAL on DCSMv6 results, memo, 1230072-003-ZKS-0005, Deltares, December 2016.

14. Zijl, Improved DCSMv6-ECMWF meteorological forcing, memo, 1230072-003-ZKS-0006, Deltares, December 2016.

15. Zijl, Representation of the 18.6-year nodal cycle in DCSMv6, memo, 1230072-003-ZKS-0007, Deltares, December 2016

16. Zijl, The impact of relative wind effect on water levels, memo, 1230072-003-ZKS-0008, Deltares, December 2016

17. Zijl, Release 2017 and improved DCSMv6-ECMWF meteorological forcing, memo, 11200570-003-ZKS-0003, Deltares, September 2017

DISCLAIMER:

De schematisaties zijn opgezet en gekalibreerd met de eerder genoemde softwareversies. Hierbij waren de software versies nog in ontwikkeling en is dus niet gebruik gemaakt van een officiële software-release. Voor uitlevering van de schematisaties wordt gebruik gemaakt van officiële software-releases van Baseline, SIMONA en SobekRe/3. De resultaten van de kalibratie-som kunnen hierdoor enigszins afwijken van hetgeen is vastgelegd in de rapportage over de modelopzet en de kalibratie. 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 daarin of het gebruik ervan door derden. Deltares en RWS behouden zich het recht voor om de inhoud van dit document te allen tijde zonder nadere aankondiging te wijzigen.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Postbus 17
8200 AA Lelystad
T+31 (0)320 298 411
www.rijkswaterstaat.nl

Deltares

Postbus 177
2600 MH Delft
T+31 (0)15 285 85 85
info@deltares.nl
www.deltares.nl