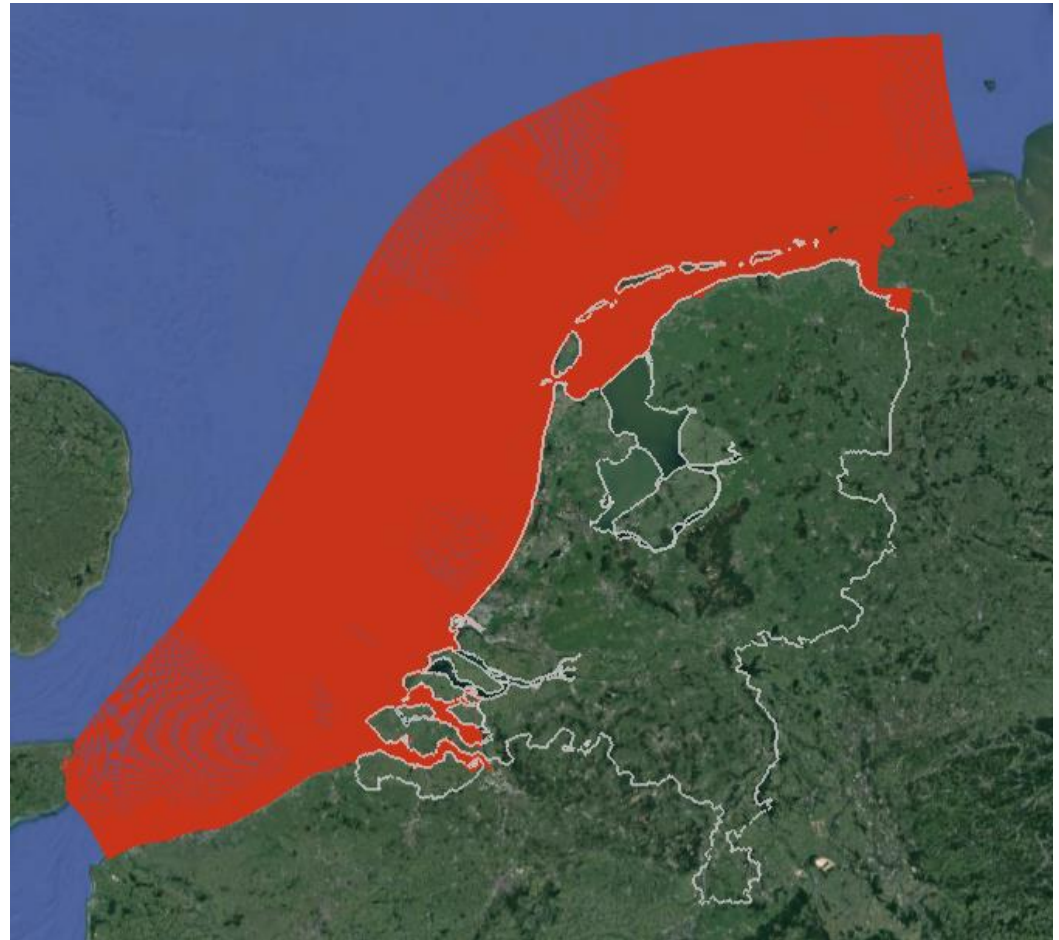


SWAN-Kuststrook



Modelschematisaties zijn numerieke wiskundige modellen van het watersysteem. Voor de uitvoering van haar kerntaken rondom de Nederlandse hoofdwatersystemen gebruikt en ontwikkelt Rijkswaterstaat modelschematisaties, voor onder andere waterbeweging (hydrodynamica) en golven.

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 golfmodellen zijn gebaseerd op SWAN (Simulating Waves Nearshore), de spectrale rekensoftware voor het berekenen van windgedreven golven in kustgebieden, estuaria, meren en rivieren.

Contactgegevens:

Voor vragen n.a.v. deze publicatie kunt u terecht bij het Informatiepunt Leefomgeving: iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/modelschematisaties/

Introductie

Rijkswaterstaat maakt ten behoeve van haar kerntaken gebruik van verschillende modelschematisaties van de Rijkswateren en het Hoofdwatersysteem. Deze modelschematisaties worden o.a. ingezet voor de operationele verwachtingen, vergunningverlening, planstudies en het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium. Modelschematisaties omvatten toepassingen voor waterbeweging, golven, morfologie, waterkwaliteit en ecologie.

Deze factsheet geeft een kort en bondig overzicht van een bestaande modelschematisatie(s) (model-invoer) en de bijbehorende gebiedsschematisatie(s) voor het betreffende watersysteem. Elke factsheet start met een algemene inleiding voor een breder publiek met informatie over het gemodelleerde gebied, over de mogelijke toepassingen en over de geografische brongegevens. Daarna volgen meer details over de uitgangspunten en aannames bij de opzet en ontwikkeling van de modellen en is vooral bedoeld voor personen die beschikken over een modelleerachtergrond. Per modelitem wordt dit op hoofdlijnen nader toegelicht. Voor nadere details wordt verwezen naar de modelrapportages onder de paragraaf "Referenties".

In deze factsheet wordt een beschrijving gegeven van het SWAN golfmodel van de kuststrook van de Nederlandse en Vlaamse kust. Deze modelschematisatie is onderdeel van de zesde-generatie modellen.

Geografische ligging

De modelschematisatie van SWAN-Kuststrook bevat de kuststrook langs de Nederlandse en Vlaamse kust tot ongeveer 100 km offshore. Het model loopt van Calais in Frankrijk tot het eiland Spiekeroog in Duitsland en omvat tevens de Westerschelde tot de grens met België, de Oosterschelde, de haven van Rotterdam (tot voorbij de Maeslantkering) en de Waddenzee. Het gebied wordt weergegeven in het WGS84 coördinatenstelsel en het verticale referentievlak is ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil (NAP).

Toepassingen

SWAN-Kuststrook is ontwikkeld voor onderstaande toepassingen:

1. Voor operationele toepassing om golfverwachtingen af te kunnen geven.
2. Voor de scheepvaartbegeleiding en is toeleverend aan de PROTIDE ('PRObabilistic TIdal window DEtermination') applicatie¹.

De SWAN-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 en slibstudies
2. Golfberekeningen in havens (SWAN is niet geschikt om diffractie van de golven te berekenen)

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

De actuele (j22) modelschematisatie voor operationele toepassingen:

1. Watermanagement, zijnde o.a. de werkzaamheden vanuit Water Management Centrum Nederland ten aanzien van waterberichtgeving over golven en golfoploop.
2. Operationele toepassingen, zijnde o.a. het gebruik binnen de operationele systemen van RWS.

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 (Rijkswaterstaat & Deltares, 2021). Er zijn diverse data bronnen gebruikt om deze database te vullen en er is gewerkt conform de Dienstspecificaties Invoer Baseline. De belangrijkste bron voor de boven water liggende gegevens is het Digitaal Topografisch Bestand (DTB)-NAT van RWS-CIV. Voor de onderwatergegevens wordt gebruik gemaakt van lodingen van de Meetdienst van RWS-CIV. De aanwezige vegetatie in het gebied wordt met de ecotopenkaart van RWS-CIV beschreven.

De geografische gegevens in Baseline worden via een automatische procedure geprojecteerd op het rekenrooster van de modelschematisatie. Dit betreft de bodemligging, obstakels, locaties van uitvoerpunten, en begrenzingen.

Rekenrooster

Het rekenrooster van SWAN-Kuststrook is kromlijng met een resolutie variërend van ongeveer 35 m nabij de kust tot orde 2600 m in dieper water. Het rekenrooster bestaat uit 991 x 310 cellen. De basis van het rooster van SWAN-Kuststrook is WAQUA-ZUNO (h29-03_mv2), waarvan een uitsnede is gemaakt die net wat groter is in lengte- en breedterichting dan WAQUA-Kuststrook. De westrand van SWAN-Kuststrook raakt het K13-platform. Het rekenrooster van SWAN-Kuststrook is gespecificeerd in geografische coördinaten (WGS 84).

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 SWAN-schematisatie zijn de volgende schematisatie-elementen meegenomen:

¹ PROTIDE= applicatie dat tijpoorten berekent voor diepstekende zeeschepen, zie ook <https://iplo.nl/thema/water/applicaties-modellen/watermanagementmodellen/protide/>

Bodemhoogte

De bodemhoogte is gebaseerd op de ruwe bodemgegevens uit de Baselineboom en is vertaald naar de hoekpunten van de roostercellen.

Obstakels

Obstakels zijn elementen in de SWAN-schematisatie waarmee golftransmissie (en eventueel reflectie) kan worden uitgerekend voor elementen die te klein zijn om in de bodem te schematiseren, zoals kades en kribben. In het model zijn orde 700 obstakels aanwezig voor de schematisatie van steile gradiënten in de bodem.

Landgebruik en bodemruwheid

- Voor de SWAN modelschematisatie wordt geen rekening gehouden met landgebruik.
- De bodemruwheid heeft een uniforme waarde voor de JONSWAP wrijvingscoëfficiënt.

Kunstwerken

Er zijn geen kunstwerken in het gebied zelf opgenomen in het model.

Brugpijlers

Er zijn geen brugpijlers meegenomen in de SWAN-modelschematisatie.

Hoogwatervrije gebieden

Deze modelschematisatie bevat geen hoogwatervrije gebieden.

Modelgrenzen

Het model wordt aan de landzijde begrensd door banddijken/duinen. Aan de zeezijde is een open rand waarbij op de zijde bij het Kanaal en aan de Noordzeezijde golfrandvoorwaarden worden opgelegd.

Modelkarakteristieken

Open randen

De golfrandvoorwaarden, in de vorm van 3-uurlijkse 2d spectra op 35 locaties, zijn afkomstig van het regionale ECMWF-WAM model (0.1° resolutie).

Laterale lozingen en onttrekkingen

SWAN maakt geen gebruik van lozingen en onttrekkingen.

Meteo

Operationele toepassing: Voor operationeel gebruik binnen RWsOS wordt gebruik gemaakt van ruimtelijke en tijdsafhankelijke windvelden in netcdf formaat, gebaseerd op KNMI's meteorologisch model HARMONIE, maar aangepast naar pseudowind om rekening te houden met de winddrag formulering van SWAN (Hwang met afkapping bij 30 m/s).

Waterstanden

Operationele toepassing: Waterstanden zijn afkomstig uit het operationele 2D waterbewegingsmodel (D-HYDRO DCSSM-FM 100m). De modellen worden offline gekoppeld.

Stroming

Operationele toepassing: Stroming is afkomstig uit het operationele 2D waterbewegingsmodel (D-HYDRO DCSSM-FM 100m). De modellen worden offline gekoppeld.

Zout en temperatuur

Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisatie.

Kunstwerken (sturing)

Niet van toepassing voor deze SWAN modelschematisatie

Overige fysica

- Er wordt rekening gehouden met golfvoortplanting, golfgroei, refractie, diepte-geïnduceerd breken, whitcapping, bodemwrijving en drie-golf en vier-golf wisselwerkingen (Deltares, 2021).
- De berekeningen zijn niet-stationair, het frequentiebereik is 0.03 – 1.0 Hz, de richtingsresolutie 8°, en belangrijke instellingen zijn ST6 whitcapping en Battjes-Janssen (1978) breken; winddrag volgens afgekapte Hwang-formulering (2011), waarbij de winddrag boven 30 m/s wordt afgekapt.

Numerieke instellingen

- Gebruik is gemaakt van de instellingen zoals vastgesteld in Deltares (2017 & 2018). Er worden maximaal 20 iteraties uitgevoerd.

Kalibratie

Methodiek

De kalibratie op basis van vier stormachtige perioden uit 2013/2014 was onderdeel van de eerdere modelontwikkeling en is beschreven in Deltares (2018). De perioden zijn gepresenteerd in Tabel 1.

Voor de kalibratie zijn verschillende fysica instellingen gevarieerd in een gevoeligheidsanalyse, waarbij met name is gekeken naar de instellingen voor whitcapping. In deze kalibratie zijn de fysische en numerieke instellingen gekozen, zoals in deze factsheet gepresenteerd

In Deltares (2021, 2023) zijn opnieuw gevoeligheidsanalyses uitgevoerd, zie Tabel 1, maar dan met beperkte variaties en op basis van andere periodes dan in Deltares (2018). Op basis van deze laatste gevoeligheidsanalyses zijn de fysica en numerieke instellingen alleen in beperkte mate aangepast.

Voor de kalibratie zijn verschillende fysica instellingen gevarieerd in een gevoeligheidsanalyse. De volgende varianten zijn gedraaid voor Deltares (2023):

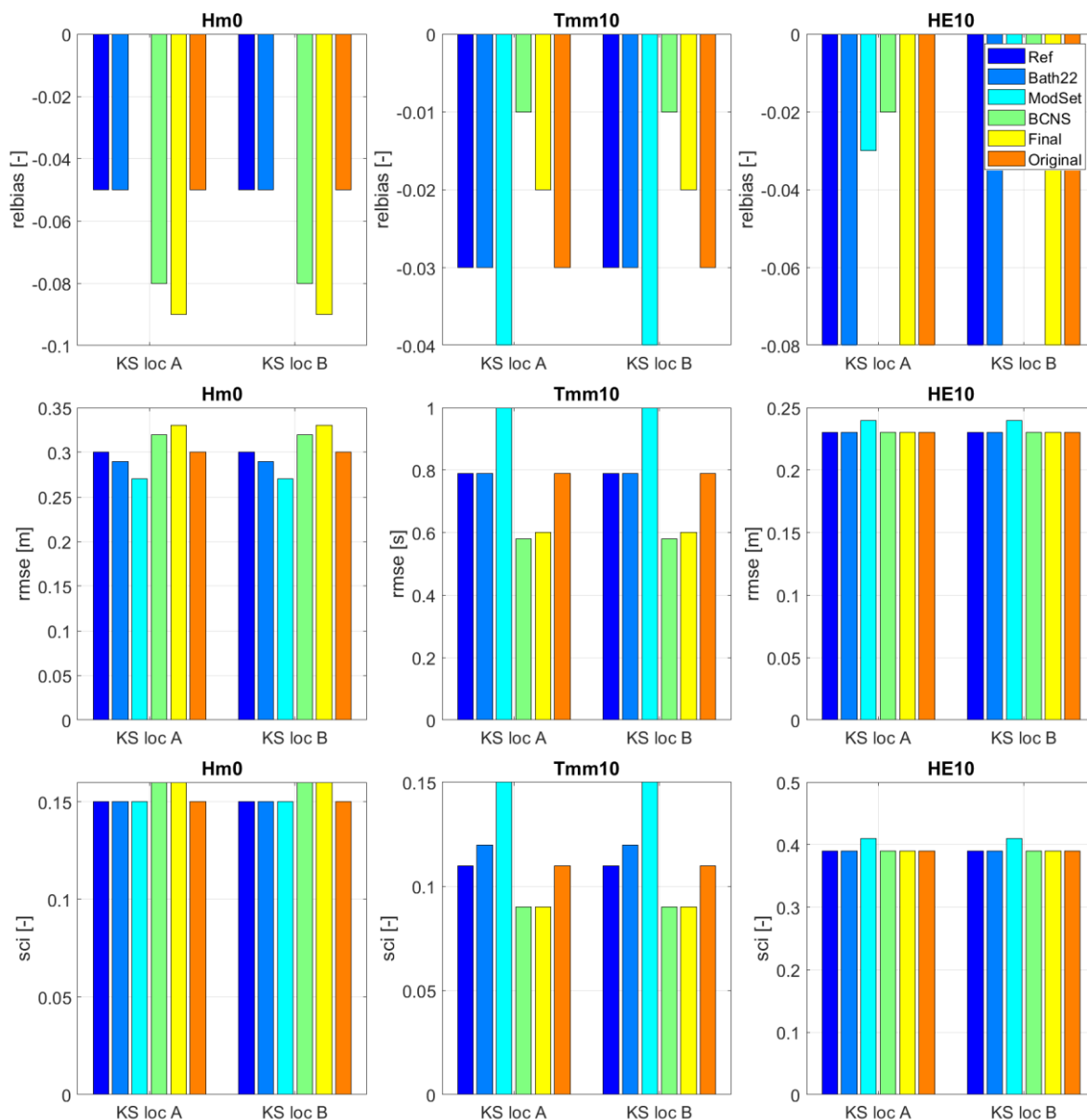
- | | | |
|-------------|--------------------------|--|
| • Ref) | Referentie instellingen | Model instellingen zoals gekozen in Deltares (2021)
Bodem swan-ks-emodnetbaseline2018 |
| • Bath22) | Geactualiseerde bodem | Als Ref) maar dan met een geactualiseerde bodem |
| • ModSet) | Model instellingenRogers | Als Ref) maar dan met de whitcapping formulering volgens Rogers (2012) |
| • BCNS) | Golfrandvoorwaarden | Niet relevant voor SWAN-NS |
| • Final) | Uiteindelijke combinatie | De op alle punten geüpdatet modelschematisatie (geactualiseerde bodem en model instellingen volgens Ref) |
| • Original) | Basis Case | De oude modelschematisatie (j15-v1) |

Tabel 1 Gebruikte perioden voor de gevoeligheidsanalyses.

Studie	Periode	Naamgeving
Deltares (2018)	25-31 oktober 2013	Periode B
	26 nov- 5 december 2013	Periode C
	3-17 februari 2014	Periode D
	10-21 april 2014	Periode F
Deltares (2021)	7-11 februari 2016	Storm 1
	10-16 januari 2017	Storm 2
	27 okt – 1 nov 2017	Storm 3
Deltares (2023)	26 nov – 5 dec 2021	Anonymous
	30 jan – 3 feb 2022	Corrie
	18 – 23 februari 2022	Eunice
	28 jan – 28 feb 2023	Feb2023

Resultaten

Figuur 2 toont de prestaties van de verschillende varianten door middel van de statistische parameters relatieve bias, scatter index en root-mean-square error, die berekend zijn op basis van de vergelijking van de modelresultaten met de metingen op locatie set A (op Noordzee) en locatie set B (nabij de kust) over de vier hindcast periodes van Deltares (2023). Op basis van deze vergelijking is gekozen om de nieuwe bodem en de modelinstellingen volgens *Ref)* te gebruiken in de uiteindelijke modelschematisatie *Final)*.



Figuur 1 Overzicht van de prestaties van de varianten door middel van statistische parameters, berekend over de vier storm periodes en locatie set A en locatie set B (van boven naar beneden: relatieve bias, scatter index, root-mean-square error rmse). Van links naar rechts significante golfhoogte H_{m0} , golfperiode $T_{m-1,0}$ en laagfrequente golfhoogte HE10.

Validatie

Methodiek

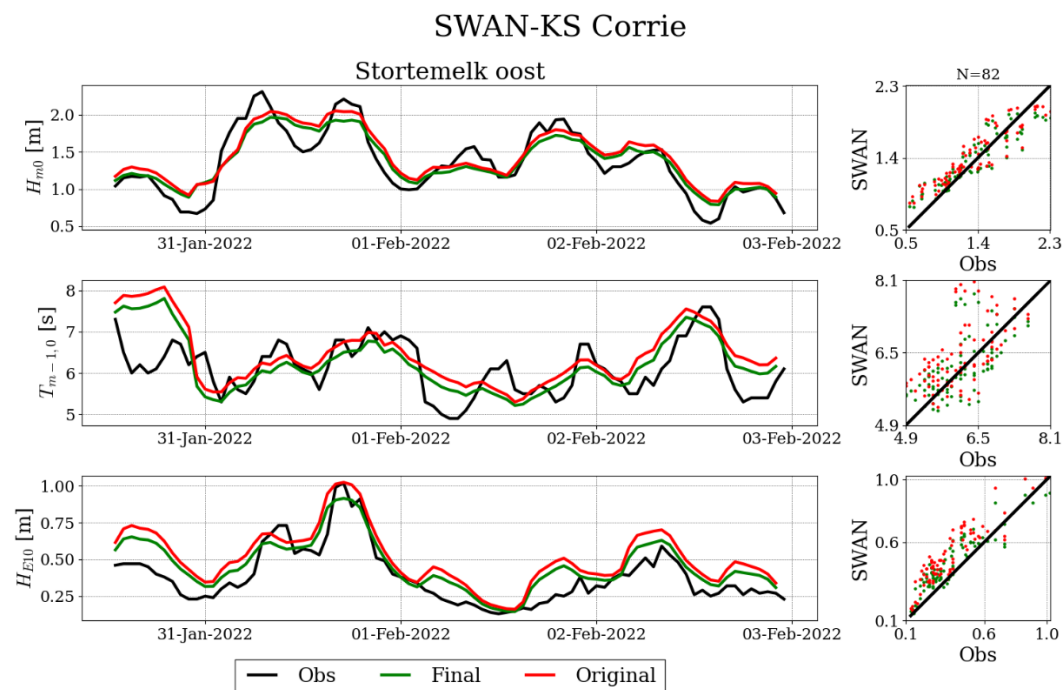
Voor de periodes uit Deltares (2023), zie Tabel 1, zijn de swan-kuststrook-j22_6-v1a resultaten vergeleken met metingen. Er is onderscheid gemaakt tussen twee verschillende locatie sets. Locatie set A bevat 6 locaties op dieper water, verder van de Nederlandse kust, locatie set B bevat 7 locaties in ondieper water, nabij de Nederlandse kust.

Resultaten

In Tabel 2 zijn de resultaten voor de validatievensters opgenomen. Het gaat hier om de statistiek over alle hindcast periodes en voor de locaties uit locatie set A (locaties op de Noordzee) en locatie set B (nabij de kust). Daarnaast is in Figuur 3 de tijdserie voor Stormmelk Oost (Waddenzee) van de belangrijkste golfparameters gegeven voor storm Corrie.

Tabel 2 Verschil in golfcondities tussen model en meting, voor golfhoogte H_{m0} , golfperiode $T_{m-1,0}$ en laag-frequente golfhoogte $HE10$.

	H_{m0}			$T_{m-1,0}$			$HE10$		
	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [m]	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [s]	SCI [-]	relBias [-]	RMSE [m]
locatie set A	0.15	-0.05	0.29	0.12	-0.03	0.79	0.39	-0.08	0.23
locatie set B	0.2	-0.04	0.27	0.12	-0.02	0.72	0.52	-0.07	0.19



Figuur 2 Resultaten voor Stortemelk Oost (Waddenzee) voor de hindcast periode Corrie (30 januari – 3 februari 2022), waarbij de nieuwe modelschematisatie ('Final') vergeleken is met de oude modelschematisatie ('Original').

Modelgebruik

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

- **Gebiedsinformatie:** Aanpassing aan gebiedsinformatie in principe enkel en alleen aanpassen in de gebiedsschematisatie via Baseline m.b.v. maatregelen en dan een projectie naar invoer voor de modelschematisatie (Rijkswaterstaat, 2021).
- **Rooster:** bij officieel gebruik van de modelschematisatie mogen 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 waterstanden en meteo-informatie). *Randvoorwaarden afkomstig van derden (o.a. KNMI, ECMWF) kunnen niet zondermeer worden uitgeleverd.*
- **Uitvoerlocaties:** er kunnen indien gewenst uitvoerlocaties worden toegevoegd.
- **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 rekestijden

De rekestijd van het model voor het doorrekenen van 24 uur niet-stationair met 1 node met 4 cores (dus 4 partities) op een Linux rekencluster (hardware Deltares Linux cluster normal-e3-c7 met Intel quad-core Xeon CPU Er-1276 v3 @ 3.60GHz) met OpenMP bedraagt ca. 48 minuten.

Koppelingen en relaties met andere modellen

- Baseline NL (via clipcontouren wordt de schematisatie van SWAN-Kuststrook aangemaakt).

Praktisch gebruik van het model

- De bodem is gemaakt met Bas2SWAN versie 2.68. De obstakels zijn gemaakt met een oudere Bas2SWAN versie rond het jaar 2017.
- Voor de bodem is er gewerkt met Baseline 6.3.2.
- SWAN software (versie 41.31A.1) betreft een special door Deltares gecompileerde Linux-versie, 64 bit, OpenMP

Beschikbare versies

Modelschematisaties

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

Modelschematisatie	Jaar	Software	
		Baseline	SWAN
swan-kuststrook-j16_5-v1	2018	-	41.20.A7 (Deltares-versie)
swan-kuststrook-j22_6-v1a	2023	6.3.2	41.31A.1 (Deltares-versie)

De schematisaties zijn weergegeven op volgorde van actualiteit van de gebiedsbeschrijving.

- 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. (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 SWAN-modelschematisaties van SWAN-Kuststrook.

Naam	Type	Beschrijving	Scenario's	Referentie
Anonymous	hist	26 nov – 5 dec 2021	Final, original, reference, Bath22, ModSet, BCNS	swan-kuststrook-j22_6-v1 Deltares (2023)
Corrie	hist	30 jan – 3 feb 2022	Final, original, reference, Bath22, ModSet, BCNS	swan-kuststrook-j22_6-v1 Deltares (2023)
Eunice	hist	18 – 23 februari 2022	Final, original, reference, Bath22, ModSet, BCNS	swan-kuststrook-j22_6-v1 Deltares (2023)
Feb2023	hist	28 jan – 28 feb 2023	Final, original, reference, Bath22, ModSet, BCNS	swan-kuststrook-j22_6-v1 Deltares (2023)
Storm 1	hist	7 – 11 februari 2016	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2021)
Storm 2	hist	10 – 16 januari 2017	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2021)
Storm 3	hist	27 okt – 1 nov 2017	Whitecapping, breaking, directional resolution, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2021)
Periode B	hist	25 – 31 oktober 2013	Fysica, SWAN versie, invoer, frequentiebereik, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2018)
Periode C	hist	26 nov – 5 dec 2013	Fysica, SWAN versie, invoer, frequentiebereik, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2018)
Periode D	hist	3 – 17 februari 2014	Fysica, SWAN versie, invoer, frequentiebereik, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2018)
Periode F	hist	10 – 21 april 2014	Fysica, SWAN versie, invoer, frequentiebereik, Final	swan-kuststrook-j16_5-v1 Deltares (2018)

Release notes

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

j16_5-v1

De basis van deze schematisatie is een bodem gebaseerd op een combinatie van EMODnet en Baseline-nl-j16_5-w3. Het onnauwkeurige zuidwestelijke deel uit Baseline is vervangen door EMODnet. De obstakels zijn

afkomstig uit Baseline-nl-j16_5-w1 (*swan-ks-j16_5-w1.fxw*). Het gebruikte rooster is h29-03_mv2_SWAN_ext.grd.

j22_6-v1a

De basis van deze schematisatie is j16_5-v1, waarop drie wijzigingen zijn doorgevoerd: (1) de bodem is geactualiseerd naar Baseline-NL j22_6-v1, (2) er zijn kleine wijzigingen doorgevoerd in de fysische instellingen (maximering van de winddrag voor windsnelheden groter dan 30 m/s en een verhoging van de trfac voor triads van 0.05 naar 0.1) en het bestaande obstakelbestand (op basis van j16_5-w1) is aangevuld met een schematisering van de Pollendam (bij Harlingen). Dit obstakelbestand is *swan-ks-j16_5-w1_adjusted.fxw* genoemd. Het gebruikte rooster is h29-03_mv2_SWAN_ext.grd.

Referenties (alfabetisch)

Deltares (2017). SWAN North Sea pilot kuststrook model. Deltares rapport 11200570-000-ZKS-0005, d.d. 15 september 2017.

Deltares (2018). SWAN-Kuststrook. Deltares rapport 11202221-005-ZKS-0005 d.d. september 2018.

Deltares (2021). Update of SWAN-DCSM and SWAN-Kuststrook and validation of the new settings. Deltares rapport 11206814-005-ZKS-0004, d.d. 15 december 2021.

Deltares (2023). Actualization and validation of SWAN-North Sea and SWAN-Kuststrook models. Deltares rapport 11209278-005-ZKS-0005, d.d. 5 juli 2023. (Concept)

Rijkswaterstaat (2021) Dienstspecificaties. Deze variant voor Baseline 6 is nog in voorbereiding

Rijkswaterstaat & Deltares (2021). Factsheet Baseline-NL v2021-v1.



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.