

## Memo

**Aan**

Edwin Paree

**Kopie aan**

Martin Scholten, Ernst Lofvers, Jurre de Vries,  
Nathalie Dees (medeauteur), Bob Smits (review)

**Datum**

23 augustus 2022

**Ons kenmerk**

11208040-011-ZKS-0001

**Aantal pagina's**

1 van 11

**Contactpersoon**

Roy van Weerdenburg

**Doorkiesnummer**

+31(0)88 335 7527

**E-mail**

roy.vanweerdenburg@deltares.nl

**Onderwerp**

Modelparameters Ecotopenkaart Waddenzee 2022

## 1 Inleiding

Deltares is in de zomer van 2022 door Rijkswaterstaat-CIV gevraagd om gegevens aan te leveren voor het opstellen van de ecotopenkartering voor de Waddenzee. Dit betreft een actualisatie van de gegevens die in 2021 werden aangeleverd. Deze opdracht wordt door Deltares uitgevoerd binnen het kader van KPP Waddenzee Kennisontwikkeling morfologie en baggerhoeveelheden 2022.

De gevraagde gegevens worden afgeleid uit de resultaten van hydrodynamische modelsimulaties. De resultaten worden gebruikt voor de karakterisering van habitats bij het opstellen van de ecotopenkaart. Voor de volgende abiotische parameters worden ruimtelijke data uit modelberekeningen afgeleid:

1. De maximaal optredende stroomsnelheid;
2. Het jaargemiddelde zoutgehalte bij hoog water;
3. De zoutvariatie bij hoogwater;
4. De orbitaalsnelheid van golven in een representatieve periode.

In vergelijking met de gegevens die in 2021 werden aangeleverd ontbreken nu de jaargemiddelde droogvalduur en de maximaal optredende bodemschuifspanning door stroming. Voor de jaargemiddelde droogvalduur geldt dat die nu op een andere manier dan uit hydrodynamische modelsimulaties wordt bepaald. De maximaal optredende bodemschuifspanning wordt niet langer gebruikt voor het opstellen van de ecotopenkartering.

De actualisatie die ten opzichte van 2021 wordt doorgevoerd betreft een update van de bodemligging en van de hydrodynamische randvoorwaarden in de modelschematisaties. Vervolgens worden de abiotische parameters op dezelfde manier als in 2021 uit de modelresultaten bepaald.

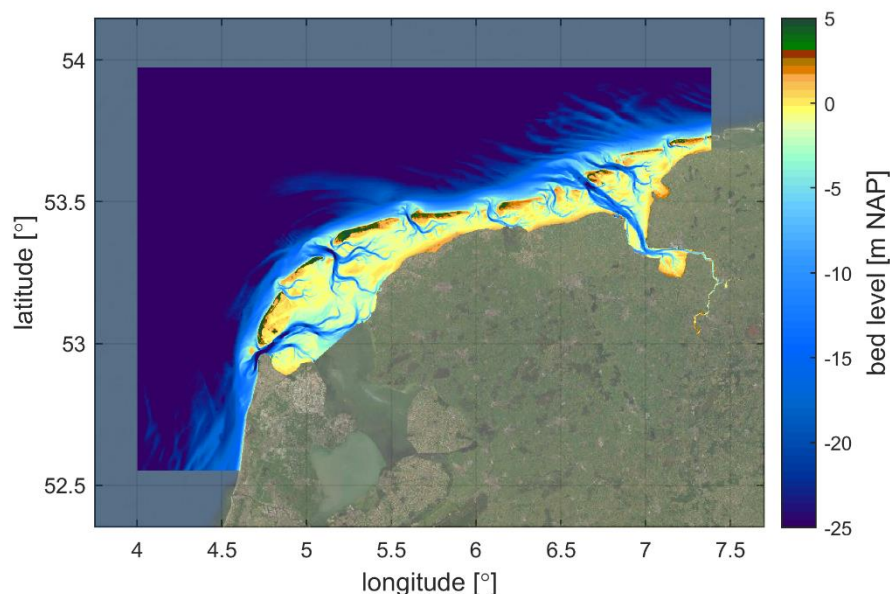
In dit memo worden de methode (Hoofdstuk 2) en de resultaten (Hoofdstuk 3) toegelicht. Om de resultaten te reproduceren (bijvoorbeeld bij een volgende actualisatie van de ecotopenkaart) zijn de afzonderlijke stappen in de methode uitgebreid beschreven. Afsluitende opmerkingen en aanbevelingen zijn opgenomen in Hoofdstuk 4. Samen met dit memo worden de ruimtelijke data van abiotische parameters als ASCII bestanden opgeleverd aan Rijkswaterstaat-CIV.

## 2 Methode

### 2.1 Modelschematisaties

De stroomsnelheden en saliniteit worden bepaald uit resultaten van het Dutch Wadden Sea Model (DWSM) in Delft3D-Flexible Mesh (FM) (Van Weerdenburg & Zijl, 2019). De standaard versie van dit model betreft een 3D schematisatie (10 verticale  $\sigma$ -lagen) met ongeveer 200 m horizontale resolutie in het interessegebied (versie dflowfm3d-waddenzee\_200m-j17\_6-v1<sup>1</sup>). Dit is de versie die wordt gebruikt om het jaargemiddelde en de variatie in zoutgehalte te bepalen. Voor het bepalen van de stroomsnelheden wordt een aangepaste 2D versie van dit model gebruikt met ongeveer 100 m x 100 m horizontale resolutie in het interessegebied. Deze 2D schematisatie is in feite een uitsnede van het DCSM-FM 100m model (Zijl & Groenenboom, 2020; versie dflowfm2d-noordzee\_100m-j17\_6-v1). Voor het bepalen van de orbitaalsnelheid van golven wordt gebruik gemaakt van het SWAN-Kuststrook model (versie swan-kuststrook-j16\_5-v1; Gautier et al., 2018).

Het modeldomein van DWSM loopt van IJmuiden tot de Duitse Waddenzee en bevat de Nederlandse Waddenzee, het Eems-Dollard estuarium en een brede strook van de Noordzee langs de Nederlandse Waddeneilanden (Figuur 2.1). Op de open modelranden worden in DWSM tijdseries met waterstandsvariaties als randvoorwaarde opgelegd. Deze tijdseries zijn afgeleid uit het DCSM-FM 100m model (Zijl & Groenenboom, 2020). Randvoorwaarden voor saliniteit voor de 3D versie van DWSM zijn afgeleid uit het 3D DCSM-FM model (Zijl et al., 2018). Meteorologische forcering van het model (d.w.z., windcondities en atmosferische druk) is gebaseerd op ERA5 data. De standaard modelversie (versie dflowfm3d-waddenzee\_200m-j17\_6-v1) gebruikt de resultaten van HiRLAM modelsimulaties door het KNMI als meteorologische forcering, maar omdat deze data niet beschikbaar is voor de beoogde simulatieperiode wordt nu ERA5 data gebruikt.



Figuur 2.1 Modeldomein van het DWSM model met aangegeven de bodemhoogte ten opzichte van NAP.

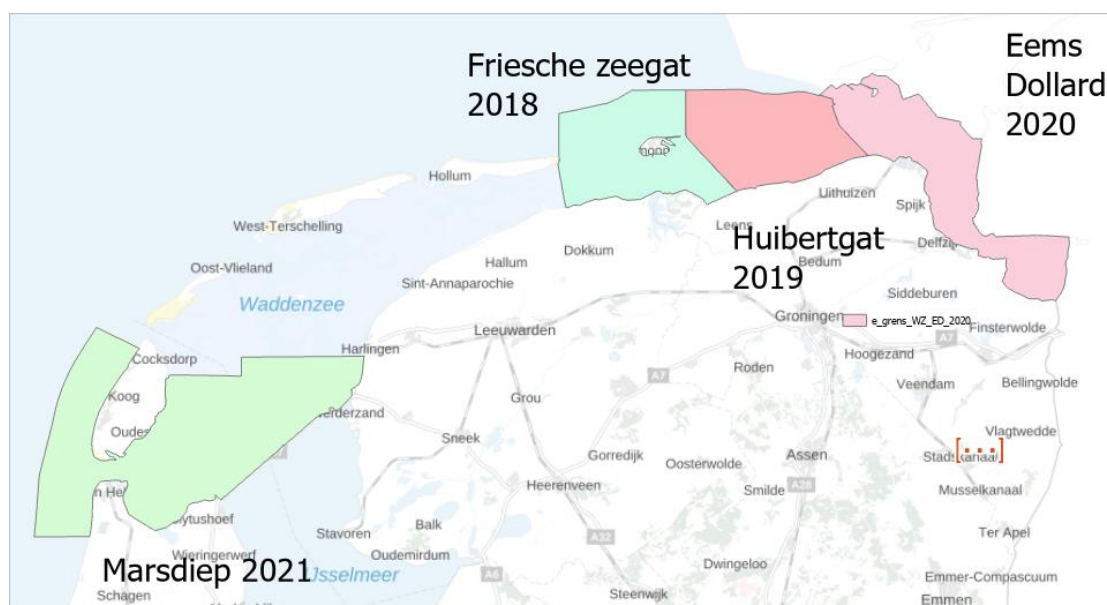
De orbitaalsnelheden worden bepaald uit modelresultaten van het SWAN-Kuststrook model. Dit is een golfmodel van de Nederlandse kustzone, inclusief de Waddenzee en het Eems-Dollard estuarium. De resolutie van de modelschematisatie varieert van ongeveer 2600 m in

<sup>1</sup> Factsheet D-Flow FM 3D & D-Water Quality Slib Waddenzee

dieper water tot 35 m nabij de kust. De resolutie in de Waddenzee is gemiddeld ongeveer 300 m. De forcering van het SWAN-Kuststrook model is afkomstig uit (model)data die op de MATROOS<sup>2</sup> server beschikbaar is. De golftrandvoorwaarden volgen uit dataset knmi\_ecmwf\_hres\_waves. Als meteorologische forcering worden modelresultaten van het HARMONIE-model van het KNMI (knmi\_harmonie40) gebruikt. Waterstanden en stroomsnelheden die worden opgelegd in het golfmodel komen uit de modelschematisatie van de Noordzee die operationeel werd gebruikt gedurende de gekozen simulatieperiode (dcsmv6\_zunov4\_zuno\_hirlam).

### Bodemdata

Voor de bodemligging in de verschillende modelschematisaties wordt een Baselineprojectie op het modelrooster als uitgangspunt gebruikt. Hiervoor is Baseline versie baseline-nl-j22\_6 gebruikt. In deze versie zijn lodingen en LiDAR data van de Waddenzee tot en met 2021 verwerkt. Voor de ecotopenkaart is het echter van belang dat in de modelschematisaties dezelfde bodemligging wordt gebruikt als bij het opstellen van de ecotopenkaart. Daarom is door Rijkswaterstaat-CIV een dataset aangeleverd met de bodemligging in het Marsdiep (situatie 2021), het Friesche Zeegat (situatie 2018), het Huibertgat (situatie 2019) en het Eems-Dollard estuarium (situatie 2020; zie Figuur 2.2). De bodemligging uit Baseline is met de bodemligging in die dataset overschreven in de verschillende modelschematisaties. De aangeleverde data verschilt ten opzichte van de bodemligging uit Baseline in delen van het Friesche Zeegat en het Huibertgat, omdat de aangeleverde bodemdata afkomstig is van een minder recente bodemopname dan de bodemdata in Baseline.



Figuur 2.2 Kaart met daarop aangegeven de gebieden waarvoor bodemdata is aangeleverd door Rijkswaterstaat-CIV, en voor welk jaar die bodemdata representatief is.

<sup>2</sup> De MATROOS server is bereikbaar via <https://matroos.rws.nl/>

## 2.2 Uitgevoerde modelberekeningen

De parameters worden bepaald op basis van modelresultaten voor een periode die representatief is voor gemiddelde condities. Welke periode representatief is wordt bepaald op basis van de gemeten hydrodynamische condities op een aantal karakteristieke punten.

### 2.2.1 Representatieve periode voor stroomsnelheden

De stroomsnelheden worden bepaald uit modeluitvoer voor de twee spring-doodtij periodes van 3 februari tot 4 maart 2019. De getijcondities tijdens deze spring-doodtij periodes zijn representatief voor het getij tussen 1 januari 2013 en 31 december 2019. Dit is bepaald aan de hand van de volgende stappen:

1. Op basis van de gemeten waterstanden is de gemiddelde hoogwaterstand en de gemiddelde laagwaterstand in de periode van 2013 tot en met 2019 bepaald bij Oudeschild, Nes en Eemshaven (Tabel 2.1). Deze drie meetstations liggen respectievelijk in de Westelijke Waddenzee, in de Oostelijke Waddenzee en in het Eems estuarium en daarmee verspreid over het interessegebied. Het verschil tussen de gemiddelde hoogwaterstand en de gemiddelde laagwaterstand is de gemiddelde getijslag. In vergelijking met de methode die in 2021 werd gevolgd voor het afleiden van abiotische parameters uit de modelresultaten is de gebruikte meetreeks van 2013-2017 nu uitgebreid tot en met 2019.
2. Vervolgens is de periode van één synodische maand (d.w.z., 29 dagen, 12 uur en 44 minuten) gezocht in 2019 waarbinnen de gemeten gemiddelde hoogwaterstand en gemiddelde laagwaterstand het beste overeen komen met de gemeten gemiddelden over de periode van 7 jaar (Tabel 2.2). Dit is beoordeeld aan de hand van de kleinste kwadratische fout. De start van de synodische maand valt daarbij samen met hoogwater. De gekozen periode loopt van 9:20 op 3 februari tot 22:04 op 4 maart 2019.

Tabel 2.1 Gemiddelde hoog- en laagwaterstand bij meetstations Oudeschild, Nes en Eemshaven tussen 2013 en 2019 op basis van gemeten waterstanden.

| Locatie    | gemiddelde hoogwaterstand [m NAP] | gemiddelde laagwaterstand [m NAP] |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Oudeschild | 0,629                             | - 0,755                           |
| Nes        | 1,053                             | - 1,158                           |
| Eemshaven  | 1,231                             | -1,375                            |

Tabel 2.2 Gemiddelde hoog- en laagwaterstand en gemiddelde getijslag bij meetstations Oudeschild, Nes en Eemshaven in de synodische maand (d.w.z. twee spring-doodtij cycli) van 3 februari tot 4 maart 2019 op basis van gemeten waterstanden.

| Locatie    | gemiddelde hoogwaterstand [m NAP] | verschil met meerjarig gemiddelde [m] | gemiddelde laagwaterstand [m NAP] | verschil met meerjarig gemiddelde [m] |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Oudeschild | 0,646                             | 0,017                                 | - 0,718                           | 0,037                                 |
| Nes        | 1,058                             | 0,005                                 | - 1,119                           | 0,039                                 |
| Eemshaven  | 1,252                             | 0,022                                 | - 1,330                           | 0,045                                 |

## 2.2.2 Saliniteit in 2019

De gemiddelde saliniteit bij hoogwater en de variatie in saliniteit worden bepaald op basis van een 3D modelsimulatie voor 2019. Door een volledig jaar te simuleren worden seizoensvariaties meegenomen in het gemiddelde en de variatie.

Er zijn acht zoetwaterafvoeren en spuidebieten in de modelsimulaties opgenomen (Tabel 2.3). De grootste afvoeren (d.w.z., groot effect op saliniteit) in het interessegebied zijn daarmee in het model opgenomen. Voor een aantal van de spuidebieten is de temporele resolutie van data voldoende om de fasering van lozingen ten opzichte van de getijcyclus goed te reproduceren. Voor Noordpolderzijl, Spijksterpompen en DeDrieDelfzijlen is alleen het gespuide volume per dag beschikbaar, waardoor variaties op de tijdschaal van de getijcyclus ontbreken. Er zijn nog meer zoetwaterafvoeren in de Waddenzee en in het Eems-Dollard estuarium dan die in het model zijn opgenomen, maar voor deze zijn op dit moment geen data beschikbaar.

Tabel 2.3 Afvoeren en spuidebieten die in de modelsimulaties zijn opgenomen en de tijdstap waarop data beschikbaar is.

| Locatie          | tijdstap ( $\Delta t$ ) |
|------------------|-------------------------|
| Den Oever        | $\Delta t = 10$ min     |
| Kornwerderzand   | $\Delta t = 10$ min     |
| Cleveringsluizen | $\Delta t = 15$ min     |
| Eems             | $\Delta t = 15$ min     |
| Helsdeur         | $\Delta t = 15$ min     |
| Noordpolderzijl  | $\Delta t = 1$ dag      |
| Spijksterpompen  | $\Delta t = 1$ dag      |
| DeDrieDelfzijlen | $\Delta t = 1$ dag      |

## 2.2.3 Representatieve orbitaalsnelheden in 2020

Voor het bepalen van de representatieve orbitaalsnelheden wordt het SWAN-Kuststrook model gebruikt voor dezelfde simulatieperiode als bij het aanleveren van gegevens voor de ecotopenkaart in 2021, namelijk de maand maart 2020 (Van Weerdenburg, 2021). Deze maand is destijds beoordeeld als een representatieve periode voor jaargemiddelde golfcondities, op basis van gemeten golfcondities bij meetstations Eierlandse Gat en Schiermonnikoog Noord. Voor een uitgebreide beschrijving van de analyse die heeft geleid tot deze beoordeling wordt verwezen naar Van Weerdenburg (2021).

Omdat de simulatieperiode gelijk is gebleven betreft de actualisatie van de representatieve orbitaalsnelheden ten opzichte van de data die in 2021 voor de ecotopenkaart is aangeleverd enkel een actualisatie van de bodemligging in de modelschematisatie.

## 2.3 Verwerking van modeluitvoer

Met behulp van Matlab scripts wordt de modeluitvoer verwerkt tot ruimtelijke data van de benodigde parameters. In deze paragraaf wordt per parameter toegelicht welke stappen nodig zijn voor het genereren van de ruimtelijke data.

### 2.3.1 Stroomsnelheid (maximum)

De grootte van de dieptegemiddelde stroomsnelheid is onderdeel van de modeluitvoer. Per roostercel wordt de 99<sup>e</sup> percentielwaarde bepaald. Die 99<sup>e</sup> percentielwaarde wordt geïnterpreteerd als de maximale stroomsnelheid, omdat het absolute maximum in numerieke modelresultaten mogelijk beïnvloed wordt door numerieke uitschieters. De data op het rekenrooster wordt vervolgens geïnterpoleerd op een regelmatig 100 m x 100 m rooster van het interessegebied.

### 2.3.2 Saliniteit (gemiddelde en variatie)

Om de gemiddelde saliniteit bij hoogwater en de variatie in saliniteit te bepalen worden eerst voor elke roostercel de tijdstappen bepaald waarop de waterstand piekt. Vervolgens wordt de saliniteit op deze tijdstappen geselecteerd en worden per roostercel het tijdsgemiddelde en de standaardafwijking van de dieptegemiddelde saliniteit bij hoogwater bepaald.

De variatie in saliniteit wordt bepaald als:

$$\text{saliniteitsvariatie} = 4 * \sigma / \mu * 100\% \quad (1)$$

waarbij  $\sigma$  de standaardafwijking en  $\mu$  het gemiddelde van de saliniteit bij hoogwater.

Het gemiddelde en de variatie in saliniteit bij hoogwater in 2017 worden geïnterpoleerd op een regelmatig 200 m x 200 m rooster van het interessegebied.

### 2.3.3 Orbitaalsnelheid (RMS)

Met lineaire golftheorie worden per roostercel orbitaalsnelheden bij de bodem bepaald uit de uitvoerparameters van het SWAN-Kuststrook model. De orbitaalsnelheid is namelijk geen standaard uitvoerparameter van het model.

Allereerst wordt de waterdiepte ( $d$ ) bepaald als het verschil tussen de waterstand en de bodemhoogte. Vervolgens wordt het golfgetal ( $k$ ) bepaald volgens de benadering door Fenton (1988). Door deze benadering te gebruiken hoeft de impliciete dispersierelatie niet iteratief opgelost te worden. De fout die gemaakt wordt door deze benadering te gebruiken is altijd kleiner dan 0,05% (Holthuisen, 2007).

$$\alpha = \omega^2 d / g \quad (2)$$

$$\beta = \alpha (\tanh \alpha)^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$kd \approx \frac{\alpha + \beta^2 (\cosh \beta)^{-2}}{\tanh \beta + \beta (\cosh \beta)^{-2}} \quad (4)$$

waarbij  $\omega$  de orbitaalfrequentie ( $\omega = 2\pi/T$ , waarbij  $T$  de golfperiode) en  $g$  de gravitatieconstante.

De amplitude van de orbitaalbeweging bij de bodem wordt vervolgens bepaald als:

$$U_{orb} = \frac{\omega * a}{\sinh(kd)} \quad (5)$$

waarbij  $a$  de amplitude van de golf ( $a = H/2$ , waarbij  $H$  de golfhoogte).

In de uitvoer van het operationele golfmodel zijn twee verschillende golfhoogtes beschikbaar, namelijk de significante golfhoogte van windgolven en de significante golfhoogte van swell. De significante golfhoogte van windgolven wordt gebruikt voor het bepalen van de orbitaalsnelheden, waardoor swell golven niet zijn opgenomen in de berekende orbitaalsnelheid. Dit laatste is met name belangrijk voor de Noordzee, waar swell voor een belangrijk deel verantwoordelijk is voor de orbitaalsnelheden. In de Waddenzee worden orbitaalsnelheden echter gedomineerd door windgolven.

De amplitude van de orbitaalbeweging ( $U_{orb}$ ) varieert per tijdstap. Als karakteristieke waarde voor de orbitaalbeweging in een bepaalde periode wordt de RMS (*Root Mean Square*) waarde van de amplitude bepaald. Deze waarde wordt op een regelmatig 100 m x 100 m rooster van het interessegebied geïnterpoleerd.

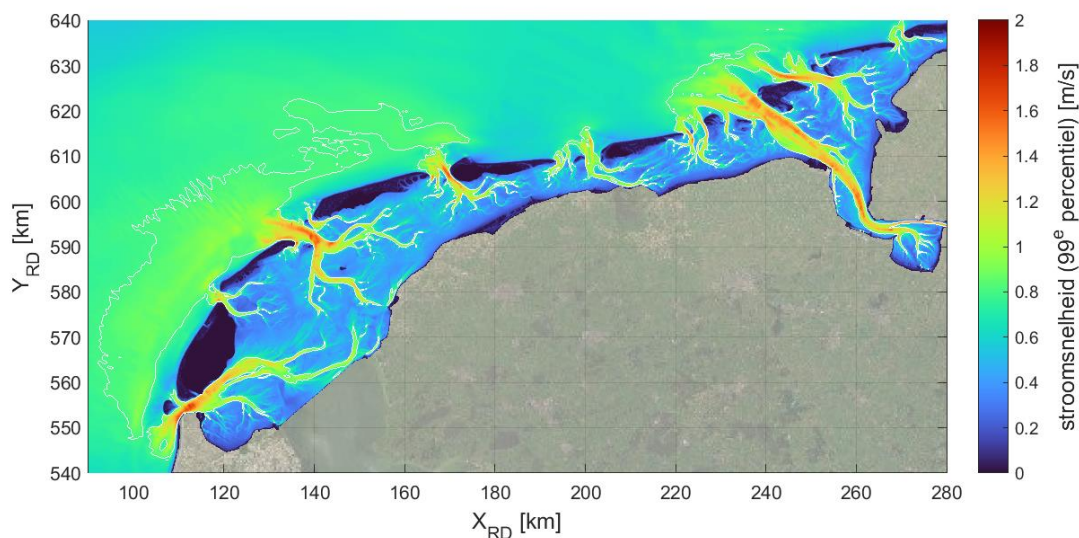
## 3 Resultaten

### 3.1 Stroomsnelheid (maximum)

De 99<sup>e</sup> percentielwaarde voor de magnitude van de stroomsnelheid is weergegeven in Figuur 3.1. In een eerdere versie van de ecotopenkaart voor de Waddenzee is de 0,8 m/s contour gebruikt als overgangswaarde tussen het laagdynamisch en het hoogdynamisch sublitoraal (Rijkswaterstaat CIV, 2020). Daarom is de 0,8 m/s contour ingetekend in Figuur 3.1.

De overgangswaarde van 0,8 m/s wordt overschreden in geulen in de Waddenzee en in bepaalde delen langs de kust van de Waddeneilanden. In een deel van de kustzone blijft de snelheidskarakteristiek echter (net) onder de 0,8 m/s.

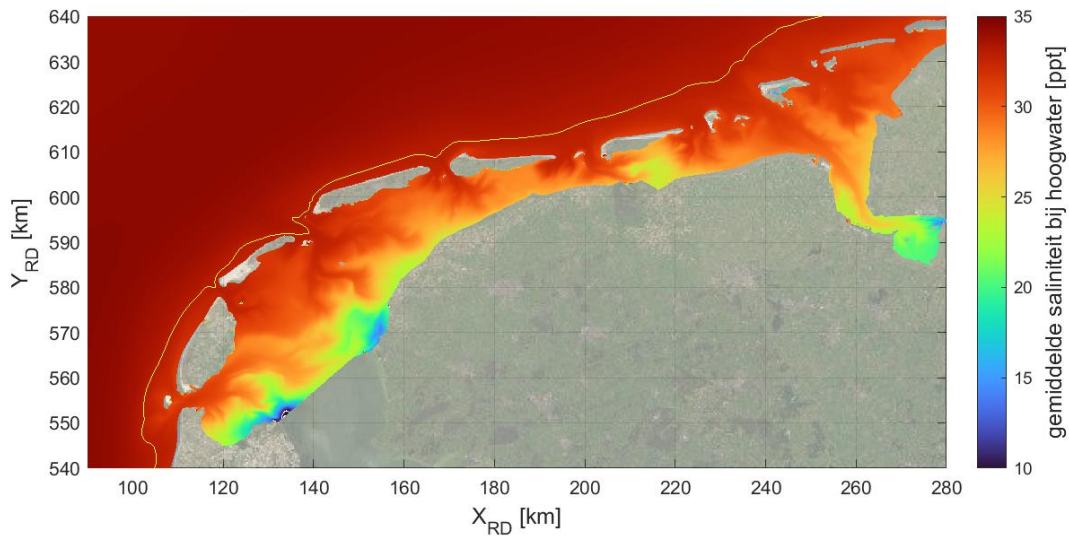
Verschillen in de maximale stroomsnelheid ten opzichte van de data die in 2021 voor de ecotopenkaart is aangeleverd kunnen ontstaan door een aanpassing van de bodemligging en/of door het simuleren van een andere periode. In die periode zijn de hydrodynamische en meteorologische forcering net anders. De aangepaste bodemligging zal vooral een lokaal effect hebben op de stroomsnelheden. De andere randvoorwaarden hebben effect op het hele modeldomein. Zo is de kustzone ten noordwesten van de Waddeneilanden Texel, Vleiland en Terschelling waar de 0,8 m/s net wordt overschreden iets groter dan in de eerder aangeleverde data. Over het algemeen zijn de verschillen echter klein.



Figuur 3.1 99<sup>e</sup> percentielwaarde van de gemodelleerde stroomsnelheid in de simulatieperiode in 2019, waarbij de 0,8 m/s contour met een witte lijn is ingetekend.

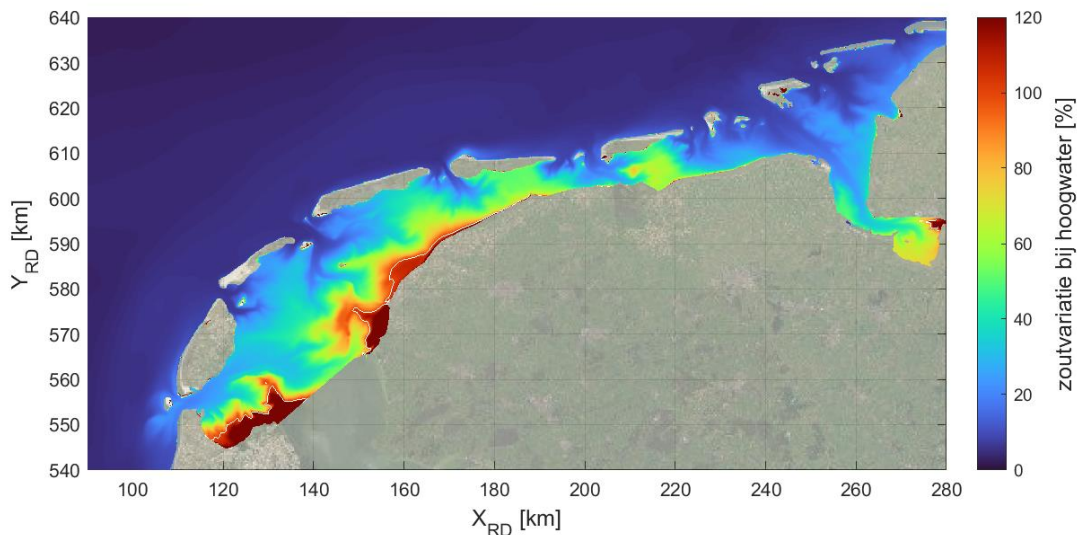
### 3.2 Saliniteit (gemiddelde en variatie)

De gemiddelde saliniteit bij hoogwater in 2019 is weergegeven in Figuur 3.2. Net als in eerdere versies van de saliniteit zoals gebruikt voor de ecotopenkaart voor de Waddenzee (Rijkswaterstaat CIV, 2020) zijn saliniteitswaarden van 10 ppt en 33 ppt aangegeven als klassegrenzen. De berekende gemiddelde saliniteit in 2019 is erg vergelijkbaar met de berekende gemiddelde saliniteit in 2017, zoals die werd afgeleid voor een eerdere versie van de ecotopenkaart (Van Weerdenburg, 2021). Het belangrijkste verschil is dat de 33 ppt contour op de Noordzee nu dichterbij de Waddeneilanden ligt, en zelfs door het Vlie de Waddenzee in loopt. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door kleinere spuidebieten in 2019 dan in 2017, waardoor de zone waar menging tussen zoet en zout water optreedt minder ver reikt. De grens van een gemiddelde saliniteit bij hoogwater van 10 ppt wordt alleen lokaal bij de spuisluzen bij Den Oever overschreden.



Figuur 3.2 Gemiddelde saliniteit bij hoogwater in 2019. De ingetekende lijnen zijn de 33 ppt (in geel) en 10 ppt (in wit, bij spuisluisen Den Oever) contouren.

De variatie in saliniteit is weergegeven in Figuur 3.3. Deze parameter beschrijft veranderingen in de saliniteit op de tijdschaal van maanden tot en met een jaar. De variatie gedurende een getijcyclus is niet in deze parameter opgenomen, omdat per getijperiode alleen de saliniteit bij hoogwater wordt gebruikt. De variatie overschrijdt de klassegrens van 100% bij Den Oever, bij Kornwerderzand en langs de kust van Friesland en in de Eems rivier (Figuur 3.3). Deze patronen zijn vergelijkbaar met de variatie in saliniteit in 2017, zoals die werd afgeleid voor een eerdere versie van de ecotopenkaart (Van Weerdenburg, 2021).



Figuur 3.3 Variatie in saliniteit, bepaald als  $[(4 \times \text{standaarddeviatie}) / \text{gemiddelde zoutgehalte}] \times 100\%$ . De 100% contouren zijn met witte lijnen ingetekend.

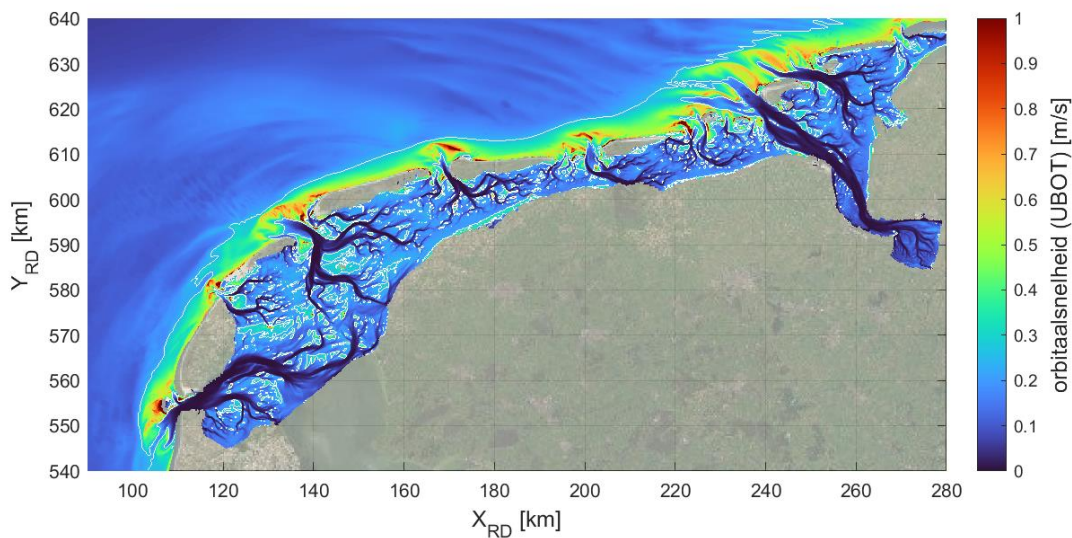


### 3.3 Orbitaalsnelheid (RMS)

De karakteristieke waarde voor de orbitaalsnelheid bij de bodem is weergegeven in Figuur 3.4. De berekende orbitaalsnelheden op dieper water in de Noordzee zijn relatief laag, omdat swell niet is opgenomen in de karakteristieke waarde voor de orbitaalsnelheid. De orbitaalsnelheid is relatief hoog langs de kust van de Waddeneilanden. In de Waddenzee is de orbitaalsnelheid laag in geulen en relatief hoog op platen. In Figuur 3.4 zijn ook contouren van de karakteristieke orbitaalsnelheid van 0,25 m/s ingetekend. Met name in de westelijke Waddenzee wordt de orbitaalsnelheid van 0,25 m/s op veel platen overschreden.

Verschillen tussen de karakteristieke orbitaalsnelheden in Figuur 3.4 en de data die in 2021 is aangeleverd voor het opstellen van de ecotopenkaart worden met name veroorzaakt door een aangepaste bodemligging. De simulatieperiode van maart 2020 is gelijk gebleven. In 2021 werd echter gebruik gemaakt van de golfdata die vanuit operationele modellen beschikbaar was. Die dataset had een uitvoerinterval van 3 uur. Nu een nieuwe modelsimulatie is uitgevoerd voor deze periode (d.w.z. met aangepaste bodemligging) is uitvoer beschikbaar met een uitvoerinterval van 1 uur. Daarmee wordt het effect van de waterstandsvariatie door het getij op golven en dus op orbitaalsnelheden beter meegenomen. Dit zorgt wel voor kleine verschillen ten opzichte van de data die in 2021 is aangeleverd, vooral op ondiepe (intergetijd)gebieden (d.w.z. waar die waterstandsvariatie erg belangrijk is voor het wel of niet onderlopen van platen en dus voor de voortplanting van golven).

Voor de opdeling van het interessegebied in laagdynamisch en hoogdynamisch sublitoraal wordt hier nogmaals opgemerkt dat de bijdrage van swell aan de orbitaalsnelheden ontbreekt, waardoor de karakteristieke waarden voor de orbitaalsnelheid op de Noordzee lager uitvallen dan dat zij in werkelijkheid zijn.



Figuur 3.4 RMS waarde van de amplitude van de orbitaalsnelheid bij de bodem. De 0,25 m/s contouren zijn met witte lijnen ingetekend.

## 4 Afsluitende opmerkingen en aanbevelingen

Net als in 2021 is een reeks parameters afgeleid uit hydrodynamische modelsimulaties. Deze parameters zullen gebruikt worden voor het opstellen van de ecotopenkaart voor de Waddenzee. De actualisatie die ten opzichte van de in 2021 opgeleverde data is doorgevoerd betreft een update van de bodemligging en van de hydrodynamische randvoorwaarden (d.w.z. andere simulatieperiode) in de modelschematisaties.

Hieronder volgt een opsomming van de belangrijkste aanbevelingen voor het gebruik van de parameters en voor een volgende actualisatie van de parameters in de toekomst.

- De gebruikte modelschematisaties zijn door Rijkswaterstaat opgenomen in Beheer & Onderhoud, en dienen daarom gebruik te maken van gebiedsdata (bijv. bodemligging en dijkhoogtes) uit Baseline. Voor het opstellen van de ecotopenkaart is het echter van belang dat in de modelschematisaties dezelfde bodemligging wordt gebruikt als bij het opstellen van de ecotopenkaart. Daarom is er voor gekozen om de bodemdata uit Baseline te vervangen door bodemdata die werd aangeleverd door Rijkswaterstaat-CIV. Er wordt aanbevolen om die methode opnieuw te volgen bij een volgende actualisatie van de abiotische parameters. In de praktijk betekent dit dat de te gebruiken dataset aangeleverd dient te worden en dat die – zonder gebruik te maken van de Baseline software – opgewerkt dient te worden naar een modelbodem.
- Voor het afleiden van de maximale stroomsnelheden is gebruik gemaakt van een uitsnede van een 2D model van de Noordzee, waarbij de randvoorwaarden uit datzelfde model zijn afgeleid. Dat is niet noodzakelijk; bij een volgende update van de abiotische parameters voor de ecotopenkaart kan de 2D modelschematisatie van de Noordzee direct toegepast worden; dit model is in Beheer & Onderhoud opgenomen door Rijkswaterstaat.
- Bij het afleiden van abiotische parameters in 2021 is gebleken dat de horizontale roosterresolutie van 100 m x 100 m onvoldoende is om de laagwaterstanden in ondiepe gebieden te reproduceren. Deze laagwaterstanden worden overschat, omdat kleine geulen en prieden op deze resolutie niet in de modelbodem zijn opgenomen, waardoor de afwatering tijdens eb niet snel genoeg verloopt. Daarom is een interpolatiemethode zoals InterTides beter geschikt om laagwaterstanden en de droogvalduur te bepalen. Het afleiden van de droogvalduur is daarom geen onderdeel meer van de set abiotische parameters die nu is afgeleid.
- De zoetwaterafvoeren en spuidebieten in de Waddenzee zijn leidend voor de ruimtelijke gradiënten en de variaties in saliniteit. Gemeten tijdseries van de grootste debieten zijn gebruikt als randvoorwaarden in de modelsimulaties. Er zijn echter nog meer (kleine) spuilocaties in het modeldomein. Als die ook in het model worden opgenomen zal de reproductie van saliniteit verder verbeterd worden. Om extra spuilocaties in het model op te nemen zijn tijdseries van de debieten nodig. In het ideale geval is de tijdsresolutie van deze data voldoende om variaties gedurende de getijcyclus te volgen (bijvoorbeeld  $\Delta t = 10$  min tot 1 uur). Voor de parameters die zijn afgeleid voor de ecotopenkaart volstaat een lagere tijdsresolutie echter ook, omdat voor het bepalen van deze parameters alleen de saliniteit bij hoogwater wordt gebruikt (d.w.z. eens per getijcyclus).
- De karakteristieke orbitaalsnelheden zijn bepaald met het SWAN-Kuststrook model. De aansturing van dit model is gebaseerd op (model)data die op de MATROOS server beschikbaar is. De (model)data beschikbaar op deze server is afhankelijk van de modellen die gedurende een bepaalde simulatieperiode operationeel waren. Dit is onderhevig aan veranderingen door aanpassingen aan of vervanging van modelschematisaties. Voor het afleiden van parameters voor een andere simulatieperiode kan het dus nodig en/of gewenst zijn een andere (model)dataset te gebruiken dan in dit project is gebruikt.

## Referenties

- Fenton, J. (1988). The numerical solution of steady water wave problems. *Computers & Geosciences*, 14(3), 357-368.
- Gautier, C., Van Nieuwkoop, J., & De Ridder, M. (n.d.). *SWAN-Kuststrook*. Deltares rapport 11202221-005.
- Holthuijsen, L. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Rijkswaterstaat CIV. (2020). *Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017*. Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening.
- Van Weerdenburg, R. (2021). Modelparameters Ecotopenkaart Waddenzee. *Deltares Memo 11206799-003-ZKS-0003, 19 april 2021*.
- Van Weerdenburg, R., & Zijl, F. (2019). *Development of a Delft3D-FM model of the Dutch Waddensea - Model setup and validation of DWSM*. Deltares concept rapport.
- Zijl, F., & Groenenboom, J. (2020). *Development of a sixth-generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 100m) - Model setup, calibration and validation*. Rapport 11205259-004-ZKS-0001, Deltares, Nederland.
- Zijl, F., Veenstra, J., & Groenenboom, J. (2018). *The 3D Dutch Continental Shelf Model - Flexible Mesh (3D DCSM-FM) - Setup and validation*. Rapport 1220339-000-ZKS-0042, Deltares, Nederland.