



RWS INFORMATIE

Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee – kombergingsgebied Friese Zeegat 2018

RWS MWTL - Biologische monitoring zoute rijkswateren



Datum 30 augustus 2023
Versie 1.0
Status Definitief

Colofon

Uitgegeven door Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening
Auteur Paree, E.¹, A.S. Kers¹, R. Jentink¹, & M.J. Baptist².
Informatie Servicedesk Data
Telefoon 015-2757700
E-mail Servicedesk-data@rws.nl

Opdrachtgever Rijkswaterstaat Noord-Nederland
Contactpersoon: R. Hoeksema, R. Cammenga

Datum 30 augustus 2023
Versie 1.0
Status Definitief

¹ Rijkswaterstaat directie Centrale Informatievoorziening (CIV)

² Wageningen Marine Research (WMR)

Versiebeheer

1.0	Datum	Eerste versie

Inhoud

1	Inleiding	4	
1.1	Samenvatting wijzigingen tov de kaart van 2017	5	
2	Gebruik ecotopenkaarten	7	
3	Werkwijze	9	
3.1	Gebiedsgrens	10	
3.2	Bodemhoogte	11	
3.2.1	Inwinning lodingen en laseraltimetrie	12	
3.3	Droogvalduur	13	
3.3.1	Methodiek	14	
3.3.2	Kwelders	14	
3.3.3	Resultaat	14	
3.4	Gemiddeld laagwaterkaart	15	
3.5	Geomorfologische kaart	16	
3.5.1	Integreren ondergrens 4%-droogvalduur	17	
3.5.2	Toevoegen van duinen aan de GMK	17	
3.5.3	Toevoegen slibkaart aan de GMK	17	
3.6	Hydrodynamiek	17	
3.6.1	Stroomsnelheden	18	
3.6.2	Golven	19	
3.7	Zoutkaart	20	
3.7.1	Totstandkoming rasterbestand zoutgemiddelde en zout standaarddeviatie	21	
3.7.2	Totstandkoming vlakkenbestand met kweldervegetatie met ZES-klassen	22	
3.7.3	Werkwijze combineren inputbestanden	23	
3.8	Samenklap	23	
4	Eindresultaat	25	
4.1	De zoute ecotopenkaart	25	
4.1.1	Basisbestanden	28	
4.1.2	Data-ontsluiting	28	
5	Discussie / Aanbevelingen	29	
6	Literatuur	31	
	Bijlage 1: Classificatie zoute ecotopenkartering	33	
	Bijlage 2: Kleurcodering legenda zoute ecotopenkaart	34	

1 Inleiding

Voorliggend rapport geeft een toelichting op de samenstelling van de zoute ecotopenkaart Waddenzee - kombergingsgebied Friese Zeegat 2018.

Een zoute ecotopenkaart is een product waarmee landschappelijke eenheden van de bodem van brakke en zoute wateren in kaart worden gebracht. In Figuur 1 is een voorbeeld van een zout landschap weergegeven.

Op basis van de meest belangrijke fysische omgevingsfactoren en processen is een aantal abiotische indelingskenmerken gekozen die de omgevingskenmerken in kaart brengen. Op basis van de variabelen en de klassengrenzen worden de ecotopen beschreven en samengenomen in een hiërarchisch opgebouwd 'Zoute Ecotopenstelsel (ZES.1), zie Bouma e.a. 2005. Bij vergelijking van meerdere gestandaardiseerde kaarten in de tijd kunnen situaties worden vergeleken met het verleden of voorspellingen in de toekomst worden gedaan.

Rijkswaterstaat heeft één keer eerder een ecotopenkaart van de Waddenzee uitgebracht. Dit betreft de kaart van 2017 van de hele Waddenzee waarvan de toelichting is beschreven in Pree et al., 2021. Omdat er voor het projectgebied van de Waddenzee geen kant en klare tools beschikbaar waren om ecotopenkaarten te maken met de kwaliteit van die bijv. van de Westerschelde, is er voor gekozen eerst een kaart van de hele Waddenzee te maken met de toen beschikbare middelen. Dit heeft geresulteerd in een eerste ecotopenkaart van de Waddenzee met het label "As good as it gets". Tegelijkertijd is een ontwikkeltraject gestart om de kwaliteit uniform te krijgen aan die van de andere watersystemen. Na jaren van ontwikkeling is de methodiek uitgekristalliseerd. Het Friese Zeegat is het eerste kombergingsgebied dat is gemaakt met deze methodiek met als karteerjaar 2018.

Vanaf 2018 zal de ecotopenkaart van de Waddenzee jaarlijks per deelgebied (komberging) een update krijgen synchroon aan het meetprogramma's van de hoogte- en dieptemetingen en worden er speciale luchtfoto's voor gevlogen. Dat houdt in dat er dan in zes jaar tijd de gehele Waddenzee gekarteerd wordt.

De kaarten zijn onderdeel van het biologische monitoringsprogramma 'Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL)' van Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS-WVL), om o.a. te voldoen aan de monitoringsverplichting voortvloeiend uit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW). De producten worden samengesteld en ontsloten door Rijkswaterstaat Centrale Informatievoorziening (RWS-CIV).

Voor het beschrijven van de zoute ecotopen is primair uitgegaan van het eerdergenoemde rapport Zoute Ecotopen Stelsel (ZES.1; Bouma et al., 2005). De ecotopenkaart is samengesteld uit een zestal basiskaarten, die gerealiseerd zijn volgens de "Dienstbeschrijving Zoute Ecotopenkaarten" (Kers et al, 2013). Dit betreft de basiskaarten hoogtediepte, droogvalduur, gemiddeld laagwater, geomorfologie, zout en hydrodynamiek. Deze laatste laag is anders vormgegeven dan volgende de dienstbeschrijving is voorgeschreven. Alleen bij de Waddenzee is golfwerking ook een belangrijke gegeven mbt de hydrodynamiek. Daarom is de hydrodynamiekaart naast maximale stroomsnelheid ook gebaseerd op golfgegevens.



Figuur 1: Zicht op Rottumerplaat

De digitale ecotopenkaart van de Waddenzee is niet alleen voor systeemkennis van de Waddenzee van belang. Andere toepassingen van de zoute ecotopenkaart zijn:

- Het gebruik als basisinformatie voor allerlei flora en fauna monitoring en studies
- Input voor nationale en internationale beleidsrapportages voor o.a. KRW, N2000 en TMAP
- Input voor beheerplannen, planstudies of evaluaties van beheer(s)maatregelen als natuurontwikkeling, baggeren en suppleren etc.
- Input voor het evalueren van allerlei ingrepen als delfstofwinning, aanleg kabels en leidingen etc.
- Input voor allerlei MER's, toekomstverkenningen of beleidsdoelen.
- Als basis voor bepalen leefgebied in Programma Grote Wateren.
- Etc.

1.1 Samenvatting wijzigingen tov de kaart van 2017

Voor de toepassing van het ZES.1 in de Waddenzee waren de grenswaarden voor de omgevingsfactoren stroomsnelheid, droogvalduur, golf- en zoutbelasting tot voor kort nog niet gevalideerd. Om de relatie tussen fysische data en het voorkomen van levensgemeenschappen van bodemdieren te toetsen heeft Wageningen Marine Research (WMR) de nieuwste modelresultaten gekoppeld aan diverse datasets met bodemdiergegevens (Van Donk & Baptist, 2021). Dit uitgebreide parameteronderzoek heeft geresulteerd in diverse wijzigingen in de ecotopensystematiek. Ook hebben de modellen die de basislagen voor stroomsnelheid, golfdynamiek, en zoutgehalte produceren een kwaliteitsverbetering ondergaan. Tevens zijn er enkele cosmetische aanpassingen gedaan.

Alle veranderingen op een rij:

- 1 Sublitoraal hoogdynamisch is verder onderverdeeld in:
 - Sublitoraal hoogdynamisch diep
 - Sublitoraal hoogdynamisch ondiep
- 2 Sublitoraal kent naast hoog- en laagdynamisch nu ook middendynamisch sublitoraal:

- middendynamisch diep
 - Sublitoraal middendynamisch ondiep,
waarbij middendynamisch geldt als stroomsnelheid VMAX < 80 cm/s AND
(orbitaalsnelheid GOLF >25 cm/s AND GOLF <50 cm/s)
- 3 Het laagdynamisch litoraal kent naast indeling in slibrijk (>15% slib) en zandig (>3 en < 15% slib) nu ook klasse grofzandig (0-3% slib)
 - 4 Het supralitoraal hoogdynamisch is verder onderverdeeld in:
 - a) Droog strand, kaal
 - b) Pionier groen strand, 1-50%
 - c) Groen strand, >50%
 - d) Stuifduin, kaal
 - e) Embryonaal duin, 1-50%
 - f) Gesloten duin, >50%
 - 5 Er zijn twee nieuwe zoete ecotoopklassen (alleen bij Waddenzee):
 - Zoet pionier kwelder/schor
 - Zoet kwelder/schor
 - 6 Indeling van het litoraal is gewijzigd naar de klassen 4-25% DVD, 25-40%, 40-85% en 85-100%. De klassegrens tussen midden- en hooglitoraal was eerst 75%. Die is verlaagd naar 40% DVD. Deze nieuwe klassegrens sluit hiermee beter aan bij het werkelijke voorkomen (in het veld) van bodemdieren.
 - 7 Stroomsnelheid, droogvalduur, golf- en zoutbelasting zijn parameters die door middel van modellering worden verkregen. Deltares beheert de modellen die bij Rijkswaterstaat operationeel zijn en heeft het dflowfm3d-waddenzee-model geschikt gemaakt ten behoeve van gebruik in de ecotopenkaarten (tot nu toe alleen bij Waddenzee). Deze optimalisatie heeft geresulteerd in modelresultaten met meer detail en een verbeterde betrouwbaarheid.
 - 8 De onderverdeling van het sublitoraal in diep en ondiep gebeurt nu op basis van ruimtelijke GLW-waarden ipv vaste dieptegrens (dit was NAP -6,3 m en dit is nu 5 m onder GLW).
 - 9 Gebiedsuitbreiding aan de Noordzeezijde.
 - 10 Cosmetische wijziging: eerst waren de rasterstructuren van de inputrasters hoogtediepte, stroom, zout en golf nog herkenbaar in de ecotopenkaarten. Deze hebben een "smoothing" ondergaan waardoor het lijnenwerk nu vloeiender en gladder is en meer de werkelijke morfologie volgt.

Goed om te beseffen:

De 2017 kaart van de Waddenzee is slechts op hoofdlijnen te vergelijken. Bijna elk ecotooptype in de Waddenzee heeft een verbetering of aanpassing ondergaan. Alleen de grens litoraal en sublitoraal kan vergeleken worden. Aanbeveling om de kaart van 2017 opnieuw te produceren met de vernieuwde methodiek om vergelijk mogelijk te maken.

2 Gebruik ecotopenkaarten

Een ecotopenkaart is een kaart, die de situatie in een waterlichaam beschrijft voor belangrijke ecologische aspecten, uitgedrukt in ecotopen. Hoewel de kaart een exact beeld lijkt te geven, is dat niet helemaal het geval. Het patroon van de ecotopen klopt en de arealen per ecotoop kloppen ook ongeveer, maar het hoeft niet zo te zijn, dat als je een grens tussen twee ecotopen in het veld opzoekt, dat daar ook precies de grens tussen die ecotopen ligt. Het kan zelfs zijn dat het ene ecotoop inmiddels is vervangen door een ander. Maar ergens anders kan het andere ecotoop zijn vervangen door het ene, waardoor er gebiedsbreed weinig is veranderd.

Dit komt met name door de werkwijze voor de diverse deelkarteringen en de (soms snelle) veranderingen in het getijdengebied zelf. De geomorfologische kartering is bijvoorbeeld gebaseerd op luchtfoto's, gevlogen op één bepaalde dag in het karterjaar buiten het stormseizoen, een momentopname dus. Door de soms snelle veranderingen kan een gebied dat op de luchtfoto gekarakteriseerd wordt als laagdynamisch, een jaar later veranderd zijn in hoogdynamisch of omgekeerd. Diepte- en hoogtekaarten worden gemaakt met een globale nauwkeurigheid van ca +/- 10 cm. Bij droogvallende gebieden vertaalt dat zich in een marge van ca +/- 3% droogvalduur. Daarnaast worden stroomsnelheden berekend met behulp van een model; met name in de ondiepe delen vertonen de huidige modellen nog enige onnauwkeurigheden. Ook een zoutkaart wordt gemodelleerd en is afhankelijk van spuigegevens en meetpunten waar werkelijk het zoutgehalte gemeten wordt. Wanneer meetpunten ontbreken op een bepaalde locatie waar toevallig een zoetwaterbel in de bodem zit, kunnen de modelgegevens dus afwijken van de werkelijkheid. Ondanks deze verschillen wijzigt het algehele patroon van ecotopen niet veel en zullen ook oppervlakten niet sterk veranderen, maar de exacte ligging kan wel anders zijn.

Naast deze parameters spelen nog andere parameters een rol. Bijvoorbeeld als er een strenge winter is geweest of als er ergens recent gevist is met bodemberoerende netten, dan zal de bodemdiergemeenschap in het gebied ter plaatse van de beviste locatie sterk verarmd zijn, wat weer zijn weerslag kan hebben op bijvoorbeeld de vogelbevolking. Ook kan er ergens een laag schelpen vlak onder het oppervlak aanwezig zijn, die niet op de luchtfoto's zichtbaar was, maar waardoor er in een laagdynamische situatie toch relatief weinig bodemdieren (en vogels) aanwezig zijn. Dergelijke zaken zijn niet (goed) te karteren, tenzij intensief veldwerk voor het gehele gebied uitgevoerd wordt; een onbetaalbare klus.

Een ecotopenkaart geeft dus over een groot gebied wel aan waar, op het moment van karteren, de kans op het voorkomen van bepaalde belangrijke leefgebieden erg groot is. Maar het geeft geen spijkerharde garantie dat een bepaald leefgebied ook daadwerkelijk te vinden is op de plaats waar het op een kaart staat aangegeven; zeker niet als enige tijd na de kartering wordt gekeken.

Dit alles betekent dat in een bepaald jaar een ecotopenkaart een goed beeld geeft van de ecologische opbouw van een gebied. Met twee ecotopenkaarten is een indicatie te geven van mogelijke grote veranderingen, maar kleinere veranderingen kunnen ook samenhangen met de natuurlijke variaties van jaar tot jaar. Met een serie ecotopenkaarten, zoals inmiddels aanwezig voor de Westerschelde, kan zelfs een beeld gevormd worden van trends in ecotoop-oppervlakten over langere tijd. Neemt in de loop van de jaren een bepaald type ecotoop toe of juist af? Veranderen door de jaren heen de patronen waarin de ecotopen in het gebied voorkomen? Wat

zijn de achterliggende oorzaken voor deze veranderingen? Kunnen er voorspellingen worden gedaan op basis van trends?

Wat opvalt, is dat er geen biota zoals bodemdieren en vogels voorkomen bij de benaming van de ecotopen. De aanname is dat door het in kaart brengen van goede combinaties van de abiotische parameters, de leefgebieden van levensgemeenschappen worden aangegeven. Ecotopen zijn namelijk gedefinieerd vanuit de relatie tussen fysica, sediment en bodemdiergemeenschappen. De ruimtelijke variatie in het voorkomen van levensgemeenschappen wordt primair bepaald door de plaatselijk aanwezige fysieke omgevingsfactoren en processen. Op basis van de meest belangrijke fysieke omgevingsfactoren en processen is een aantal abiotische indelingskenmerken gekozen waarmee ecotopen zijn onderscheiden (Bouma et al. 2005). Voor de Westerschelde zijn validatiestudies uitgevoerd naar de belangrijkste omgevingsfactoren en de splitsingswaarden tussen klassen (Van Wesenbeeck et al. 2010), voor de Waddenzee is het aan te bevelen deze uit te voeren.

Binnen ecotopen kunnen kleinere gebieden voorkomen waarin zich karakteristieke levensgemeenschappen met structurerende eigenschappen bevinden die afwijken van de levensgemeenschappen die worden aangetroffen elders in het betreffende ecotoop. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn zeegrasvelden, mosselbanken en oesterbanken. Dergelijke gebieden worden in de Rijkswateren Ecotopen Stelsels onderscheiden als eco-elementen en zijn in de ecotopenkaart Waddenzee 2017 niet gekarteerd.



Figuur 2: Wad met in de verte Rottumeroog

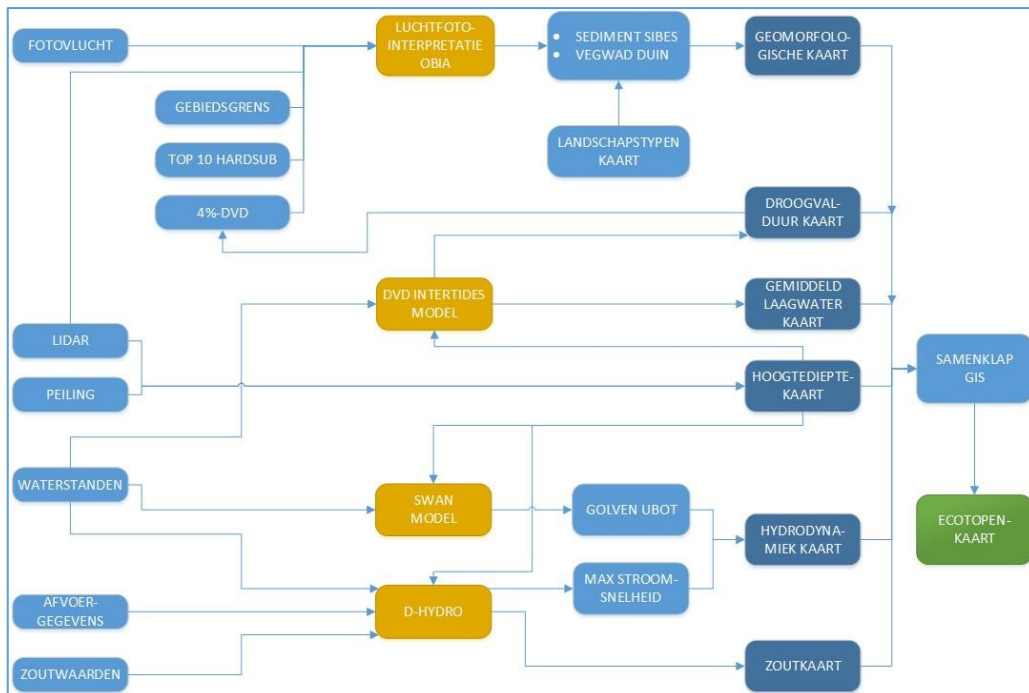
In het Zoute Ecotopen Stelsel is een groot aantal ecotopen onderscheiden, die alle ook op de kaart zijn weer te geven. Een voorbeeld van een ecotoop is in Figuur 2 weergegeven (zout laagdynamisch hooggelegen zandig litoraal). Afhankelijk van het doel waarvoor de ecotopenkaart wordt gebruikt kunnen deze ecotopen op eenvoudige wijze worden gecombineerd tot meer globale ecotopen. Op deze wijze kunnen de ecotopenkaarten overzichtelijk gehouden worden en aangepast aan het doel waarvoor ze op dat moment bedoeld zijn.

3 Werkwijze

De ecotopenkaart omvat alle ecotopen van de buitendijkse gebieden van de Waddenzee incl. Eems Dollard, zoals beschreven in het Zoute Ecotopen Stelsel (ZES.1), voor zover aanwezig. De kaart is opgebouwd uit de volgende basisbestanden:

- bodemhoogtekaart, op basis van laseraltimetrie en lodingen
- droogvalduurkaart, op basis van de bodemhoogtekaart + waterstanden en een model
- gemiddeld laagwaterkaart, op basis van de bodemhoogtekaart + waterstanden en een model
- geomorfologische kaart, op basis van luchtfoto's en OBIA model
- hydrodynamiekaart op basis van gemodelleerde golven en stroomsnelheden
- zoutkaart, op basis van een model + continue zoutmetingen

Onderstaande Figuur 3 geeft schematisch de samenhang weer van de kaarten die de basis vormen voor de ecotopenkaart. Uit het schema blijkt dat voor het samenstellen van de ecotopenkaart de bodemhoogtekaart kritisch is voor het vervolgproces.



Figuur 3: De processtappen om te komen tot een ecotopenkaart

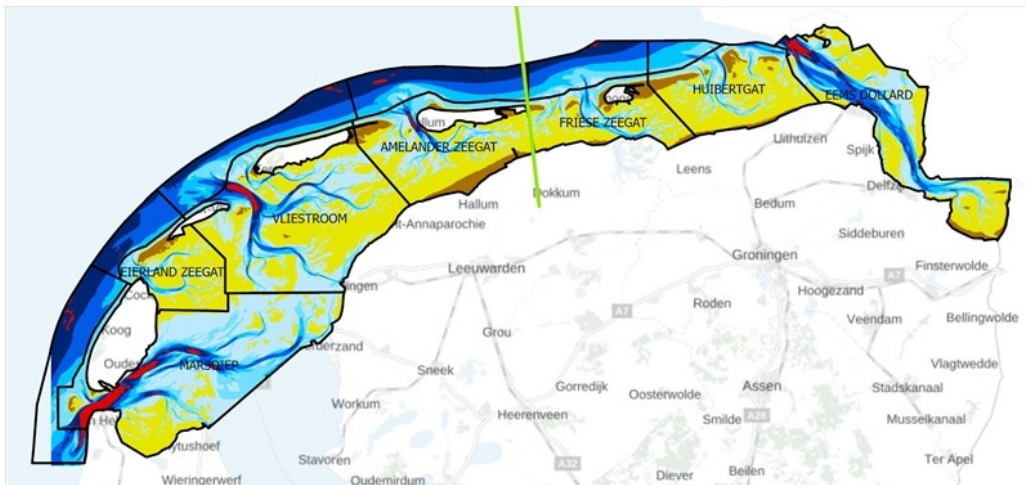
Enkele basiskaarten worden in de vorm van rasters geproduceerd; andere in de vorm van polygonen. Om een kwalitatief goede ecotopenkaart te produceren wordt erop gelet dat de rasters niet verschoven liggen ten opzichte van elkaar. Om te voorkomen dat ecotopen foutief worden benoemd, is bij elke basiskaart getoetst of de data gebiedsdekkend gevuld is. Op deze manier wordt voorkomen dat er schijnbare veranderingen in de ecotopenkaarten plaatsvinden, die er in feite niet zijn. Alleen wanneer door de jaren heen hiervoor wordt gewaakt, kunnen de ecotopenkaarten onderling goed met elkaar vergeleken worden.

Modellen

Voor het maken van de ecotopenkaarten voor de Waddenzee zijn de statistieken van een aantal grootheden nodig die kunnen worden verkregen uit metingen en/of worden bepaald met behulp van hydrodynamische- en golfmodellen. De relevante grootheden van de modellen zijn:

- Stroomsnelheid
- Zoutgehalte
- Golven
- Droogvalduur

De strategie van de modelleringen is dat de modelleringen per kombergingsgebied worden uitgevoerd met de randvoorwaarden zoals die zijn gebruikt bij de laatste totaalkaart (hier 2017) van de Waddenzee, maar wel gebruikmakend van de nieuwste bodem. Wanneer bij elk kombergingsgebied, dus elk jaar, een modelrun gemaakt zou worden met nieuwe randvoorwaarden zou dit uitzonderlijk hoge kosten en capaciteit met zich mee dragen. Er is voor gekozen om de randvoorwaarden eens in de zes jaar te updaten voor de hele Waddenzee en dan ook een hele kaart voor de Waddenzee op te leveren. Dit moment is tegelijk met de productie van het Eierlander & Amelander zeegat. Dit is het laatste kombergingsgebied (in feite twee gebieden) van een cyclus die begint bij Friese zeegat (dan achtereenvolgens HuiBERTgat, Eems Dollard, Marsdiep, Vliestroom, zie Figuur 4). De reden dat met het Friese zeegat is begonnen met een cyclus is dat in 2018 is begonnen met het karteren van ecotopen per kombergingsgebied en 2018 het MWTL inwinjaar is voor lodingen en lidar waar de ecotopenkarteringen synchroon mee lopen.



Figuur 4: Overzicht grenzen kombergingsgebieden in de Waddenzee

3.1 Gebiedsgrens

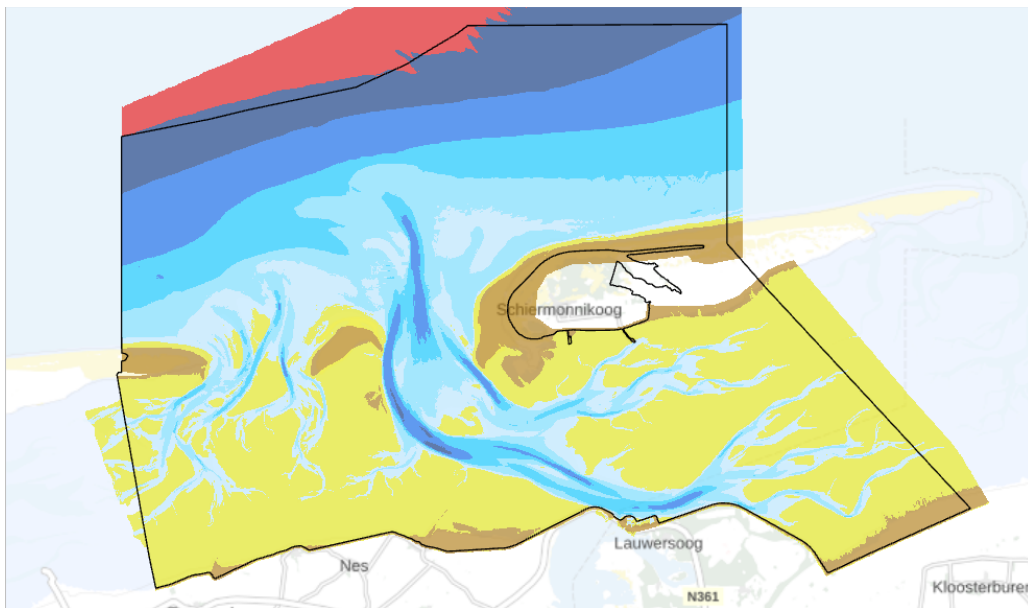
Het projectgebied omvat het hele areaal van de Waddenzee en de Eems Dollard inclusief de buitendelta's en Noordzeestranden. De stranden en buitendelta's worden ook gekarteerd omdat de buitendelta's zijn verbonden met de Waddenzee en de stranden weer met de buitendelta's. Het is allemaal verbonden, allemaal één systeem.

Het Friese zeegat ligt tussen de kombergingsgebieden Amelander zeegat (westelijk) en HuiBERTgat (oostelijk) in. Ten zuiden wordt het gebied begrensd door de zeedijking en ten noorden door de globale NAP -20m dieptelijne.

Uitgangspunten:

- De Basis is Natura 2000-grens.
- De buitendelta-begrenzings zijn overgenomen uit GELIFES_Waddensleutels/kombergingen.
- Als buitengrens is de (zichtbare) teen van de dijk gehanteerd.
- Havens vallen buiten het karteergebied.
- De grenzen tussen de kombergingen komen overeen met de inwingrenzen van het MWTL bodemhoogteprogramma (lidar en loding).

In Figuur 5 is de gebiedsgrens van het Friese zeegat in detail weergegeven.



Figuur 5: gebiedsgrens kombergingsgebied Friese zeegat

3.2 Bodemhoogte

De hoogtedieptekaart is uit meerdere bronnen tot stand gekomen. De onderwaterdata worden middels singlebeam ingewonnen vanaf vaartuigen volgens een raaipatroon, met een onderlinge afstand van 200 m. Deze singlebeamdata worden m.b.v. het programma "Digipol" vergrid tot vlakdekkende data met een gridcelgrootte van 20x20 m. De droogvallende en landdata worden ingewonnen m.b.v. een vliegtuig uitgerust met LiDAR (laseraltimetrie, meetprogramma's JARKUS en MWTL Vaklodingen). Bij overlappende gebieden worden de hoogtedata geprioriteerd boven de lodingendata, omdat deze nauwkeuriger worden ingewonnen én omdat hiervoor geen extra interpolatie noodzakelijk is.

Voor het samenstellen van de ecotopenkaart wordt de hoogtedieptekaart in combinatie met de gemiddeld laagwaterkaart (in het GIS-samenklap model) gebruikt om binnen het sublitoraal de klassen hoogdynamisch en laagdynamisch sublitoraal verder onder te verdelen zoals in Tabel 1 is weergegeven:

Tabel 1: klassegrenzen litoraal en sublitoraal

Klassengrens (m)	Omschrijving
<= GLW -5 m	Hoogdynamisch diep sublitoraal Laagdynamisch diep sublitoraal
> GLW -5 m	Hoogdynamisch ondiep sublitoraal Laagdynamisch ondiep sublitoraal

De bodemhoogtekaart is niet alleen nodig voor het samenstellen van de ecotopenkaart maar ook als input bij de diverse modelberekeningen. De productie van de bodemhoogtekaart is daardoor een kritische factor binnen het proces, zoals ook al uit Figuur 3 blijkt.

T.o.v. ZES.1 is de verdere onderverdeling van het hoogdynamisch sublitoraal nieuw. De reden hiervoor is o.a. omdat de kaart dan logischer interpreteerbaar is. Zo was bijv. eerder de ondiepte Randzelgat (Eems Dollard) niet zichtbaar in de kaart. Met de verdere onderverdeling van het hoogdynamisch sublitoraal werd dit gebied wel zichtbaar.

Tevens hebben de hoogdynamisch ondiepe gebieden meer/sneller potentie om laagdynamisch (en dus ecologisch meer waardevol) gebied te worden. Verder maakt het de kaart in zijn algemeenheid beter leesbaar, met als voorbeeld dat ondiepe (hoogdynamische) zandbanken wel onderdeel van de kaart maken.

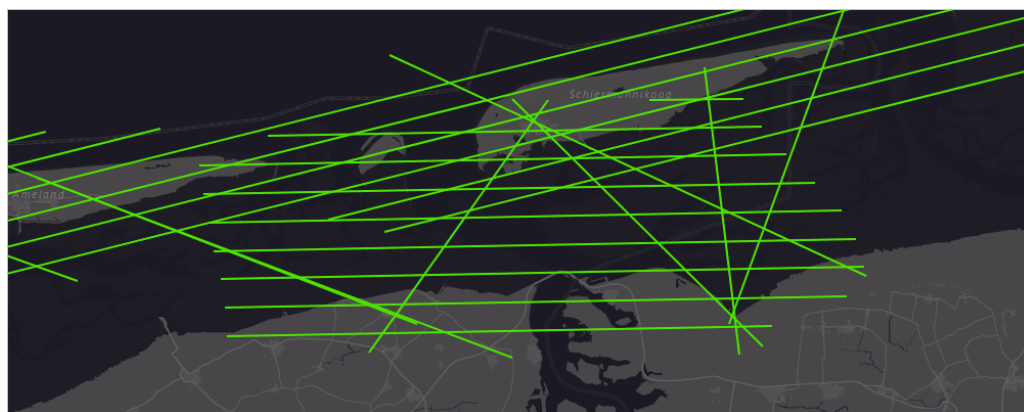
3.2.1 Inwinning lodingen en laseraltimetrie

De inwinning bij het Friesche Zeegat gaat over twee jaren. In 2018 zijn de droogvallende delen met laser ingewonnen. Contract technische problemen hebben ervoor gezorgd dat de lodingen niet in 2018 zijn ingewonnen maar pas in 2019. De bijbehorende data van inwinning, te weten eerste en laatste peildatum zijn in Tabel 2 weergegeven.

Tabel 2: data inwinning vaklodingen

Komberging	Gebied	Code	Start inwin	Einde inwin
Friesche zeegat	Waddenzee Vaklodingen Friesche Zeegat binnen	18WDZ6100cm2_01	20180212	20190501
Friesche zeegat	Noordzee Vaklodingen Friesche Zeegat buiten	18NZE0109cm2_1	20180212	20181011
Friesche zeegat	Noordzee Vaklodingen stabiele kust Schiermonnikoog	18NZE0110cm2_1	20180212	20181011

De inwinning van de droogvallende delen geschiedt d.m.v. twee meetprogramma's: JARKUS en MWTL vaklodingen. In Figuur 6 is te zien hoe de vlieglijnen van de inwinning d.m.v. laseraltimetrie is uitgevoerd ter plaatse van Friese zeegat. De bijbehorende data van inwinning, te weten eerste en laatste vluchtdatum zijn in Tabel 3 weergegeven.

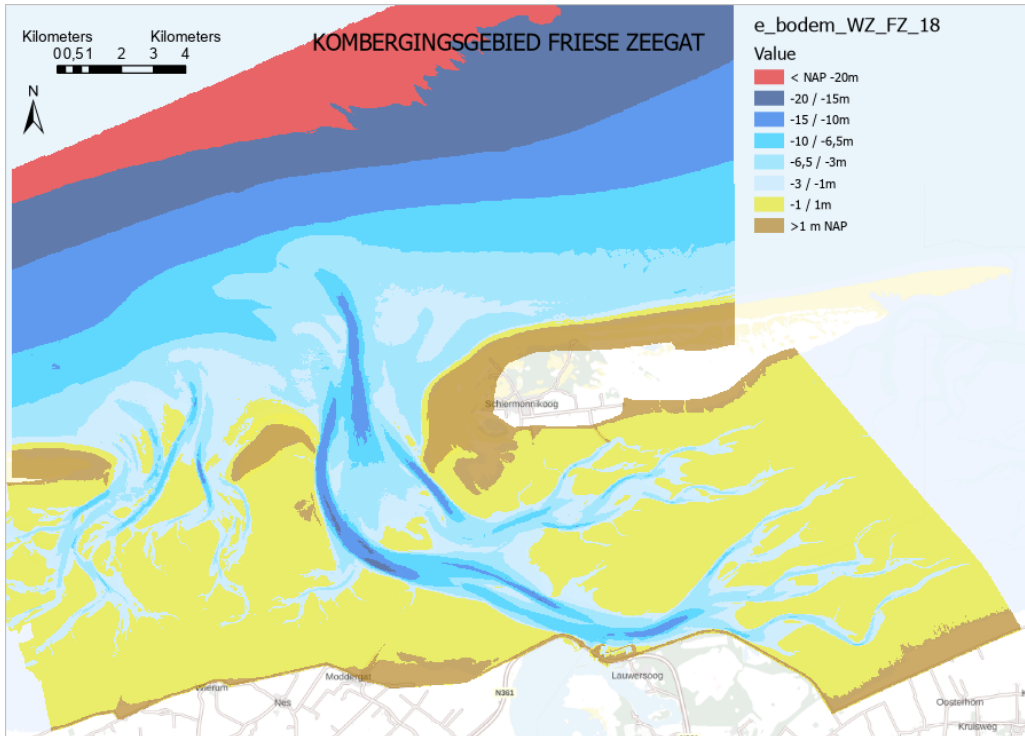


Figuur 6: Ligging inwinning vlieglijnen laseraltimetrie Friese zeegat (Bron: <https://www.ahn.nl/historie>)

Tabel 3: data inwinning laseraltimetrie

Kombergingsgebied	Start Inwin JARKUS	Eind Inwin JARKUS	Begin Inwin MWTL	Eind Inwin MWTL
Friesche zeegat	14-2-2018	14-2-2018	12-2-2018	18-3-2018

Het resultaat is een rasterbestand met 20x20 m celgrootte met waarden in cm tov NAP. Resultaat staat in onderstaande Figuur 7.



Figuur 7: hoogtedieptekaart Friese zeegat 2018 op basis van LIDAR en peilingen

Let wel, bij het produceren van dit hoogtedieptebestand is afgeweken van de methode zoals die staat voorgeschreven in de Dienstbeschrijving Zoute Ecotopenkaarten. Het verdient aanbeveling de wijze waarop bodemhoogterasters worden samengesteld op basis van peilingen en laseraltimetrie te uniformeren.

3.3 Droogvalduur

De droogvalduurkaart wordt toegepast om de verdeling tussen litoraal (droogvallend) en sublitoraal te maken en tevens het litoraal verder onder te verdelen in de klassen laag, midden, hoog en supralitoraal volgens de in Tabel 4 weergegeven klassegrenzen.

Tabel 4: klassegrenzen droogvalduur in het litoraal

Klassengrens (% dvd)	Omschrijving
4 – 25	Laag litoraal
25 – 40	Midden litoraal
40 – 85	Hoog litoraal
85 – 100	Supralitoraal

De Rijkswaterstaat modellen waren nog niet ver genoeg ontwikkeld dat deze betrouwbare resultaten opleverde. Daarom is er voor gekozen om de droogvalduurmodellering extern te beleggen bij EcoCurves (<https://www.ecocurves.nl/>). Dit ingenieursbureau is gespecialiseerd in ecologische modelleringen (contactpersoon Kees Rappoldt). Het model "InterTides" dat is gebruikt is tevens een online applicatie te vinden via EcoCurves.nl.

3.3.1 Methodiek

De droogvalduurtijd van een bepaald punt op de kaart wordt gedefinieerd als de fractie van tijd dat het niet onder water staat. Daarom heeft een droogvalduurtijd een hoogtekaart nodig en wordt berekend voor een bepaalde periode. Voor elke cel van de gewenste kaart wordt een waterniveau berekend voor elk van de 10 minuut intervallen in de geselecteerde tijdsperiode. Bij elk interval wordt bepaald of de cel droog is of niet als het geschatte waterpeil onder de hoogte is op de hoogtekaart. De fractie van intervallen van 10 minuten waaraan de cel wordt blootgesteld is de (fractionele) blootstellingstijd.

Om een "eerlijke" fractie van tijd te berekenen, zijn de begin- en eindtijden van de periode automatisch aangepast aan de dichtstbijzijnde vloedtijd. De faseverschillen tussen de verschillende getijdenstations leiden mogelijk tot noemenswaardige fouten in geïnterpoleerde waterstanden. Dit probleem wordt opgelost door te synchroniseren met de getijdengolven die bij de getijdenstations zijn geregistreerd. De synchronisatieoptie is hierbij ingesteld op "M2 fase" (Rappoldt et al., 2023).

Om de berekeningen tbv droogvalduur te kunnen maken is een waterbodemhoogtebestand nodig en getijdegegevens. Voor de waterbodemhoogte is de bodem e_bodem_WZ_FZ_18.

Bij de getijdemeetgegevens moet een keuze worden gemaakt over welke periode de getijdegegevens gebruikt worden. Bij alle Rijkswateren wordt hier een periode van vier jaar gekozen om extremen uit te kunnen middelen; het meetjaar en de drie jaren ervoor. Voor het Friese zeegat betreft dit dus de jaren 2015 t/m 2018.

3.3.2 Kwelders

De tool InterTides is niet geschikt om nauwkeurig droogvalduur op kwelders te berekenen. Ook al gaat het voor de ecotopenkaart alleen op de klassegrenzen 4, 25, 75 en 85% droogvalduur waarbij 85% de droogste klassegrens is nog onder het kwelderniveau ligt gaf Kees Rappoldt (EcoCurves) aan geen DVD-kaart op te willen leveren met onnauwkeurige DVD-waarden tpv de kwelders. De DVD-kaarten zijn opgeleverd met nodata-waarden tpv de kwelders en vult dus niet helemaal het projectgebied van de ecotopenkaart. RWS heeft deze no-datawaarden later zelf opgevuld met waarden 90% (valt binnen de klassegrens 85%-100%dvd), om toch een gebiedsdekkend DVD-raster tbv de samenklap te hebben.

3.3.3 Resultaat

Het resultaat betreft een rasterbestand (celgrootte 20x20m) met waarden tussen de 0-100 procent.

De DVD-kaart opgemaakt volgens het ZES is weergegeven in Figuur 8.



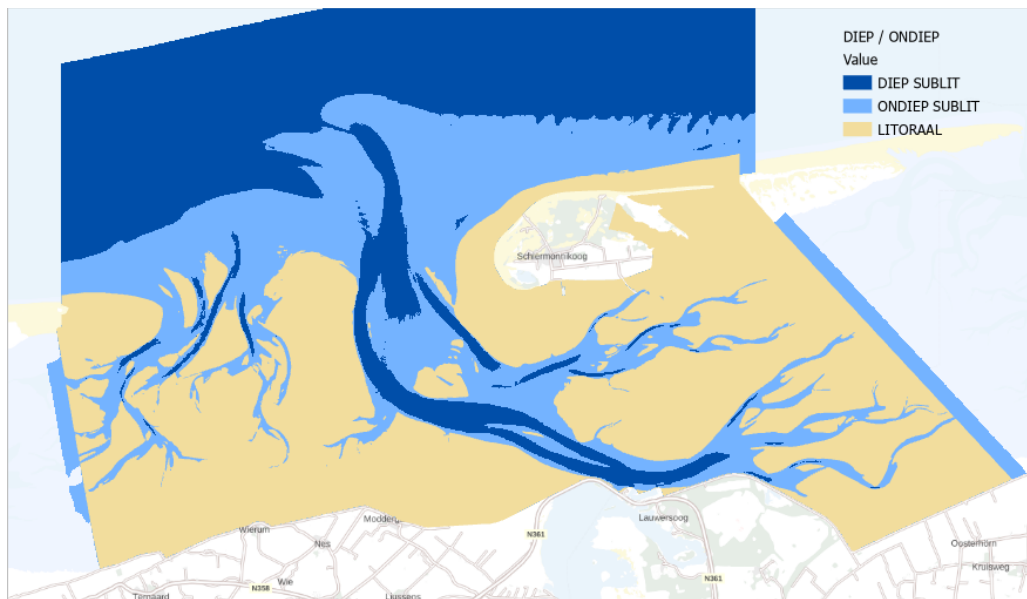
Figuur 8: Droogvalduurkaart opgemaakt met klasse indelingen volgens het ZES

3.4 Gemiddeld laagwaterkaart

De gemiddeld laagwaterkaart is nodig om het sublitoraal op te kunnen delen in diep en ondiep. De klassegrens tussen diep en ondiep sublitoraal ligt op 5 m onder de GLW-lijn.

Voor het GLW is een kaart gebruikt die al voorhanden lag, te weten de GLW-kaart Waddenzee die is gemaakt door bureau Ecocurves ten behoeve van de T1 Habitatkaart van de Waddenzee. De kaart is berekend met getijgegevens van de jaren 2015 t/m 2017. De methodiek staat beschreven in Rappoldt et al., 2023.

In Figuur 9 is de ligging van de diepe en sublitorale zones weergegeven op basis van de GLW en Hoogtediepte kaart.

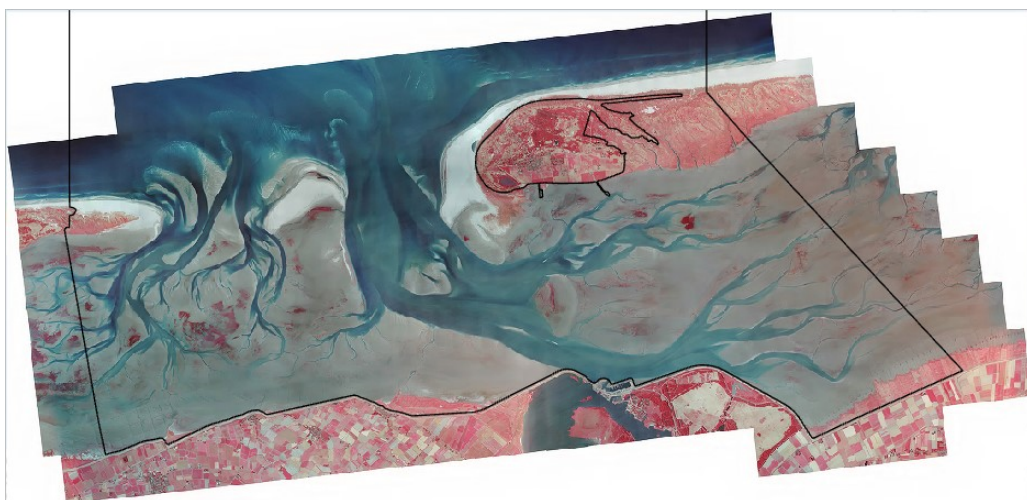


Figuur 9: Diep en ondiep sublitoraal in het Friese zeegat

3.5 Geomorfologische kaart

De Geomorfologische kaart (GMK) is gemaakt met behulp van automatische beeldherkenning. Hierbij is gebruik gemaakt van Object Based Image Analysis (OBIA). Met deze OBIA methodiek zijn false-colour luchtfoto's geanalyseerd en geassocieerd tot een geomorfologische kaart.

Ten behoeve van de GMK is voor het Friese zeegat gebruikt gemaakt van luchtfoto's die zijn gevlogen in het kader van Europese aanbesteding ecologische fotovluchten 2018-2023. De opname-datum is 27 juli 2018 geweest met een 12 cm resolutie. De waterstandseis was NAP -100cm bij meetstation Schiermonnikoog, daar is ruimschoots aan voldaan. Het resultaat van de fotovlucht is in Figuur 10 weergegeven.



Figuur 10: luchtfoto tbv GMK met opnamedatum 27 juli 2018

De gebruikte innovatieve methodiek is ontwikkeld en uitgevoerd door de Universiteit Utrecht en is beschreven in 'Nadere uitwerking productie Geomorfologische kaart

met behulp van Object-Based Image Analysis voor de Waddenzee' (Douma et al, 2019). Door de Universiteit Utrecht is een vlakkenbestand aangeleverd met daarin vlakken waar automatisch een geomorfologische code voor is bepaald. De begrenzing van de vlakken is niet aangepast. De classificatie is echter wel gevalideerd en waar nodig aangepast door RWS CIV GPD. Dit is nodig aangezien de output van OBIA ca. 70% betrouwbaar is. Met de handmatige validatie is de betrouwbaarheid naar 95% gebracht conform de RWS-eisen in de Productspecificaties Geomorfologische kartering.

3.5.1 Integreeren ondergrens 4%-droogvalduur

De GMK wordt aan de waterzijde begrensd door de 4% droogvalduur lijn. Deze lijn was echter nog niet beschikbaar toen de GMK gemaakt werd met de OBIA methode. Daarom is toen ook het water mee geclassificeerd. Na het beschikbaar komen van de 4% dvd lijn is deze met de GMK geïntegreerd. Vervolgens zijn alle vlakken die niet binnen de 4% dvd vallen verwijderd. De vlakken die dan nog de klasse water hebben zijn gebieden die op het moment van de foto niet drooggevallen zijn maar bij een goed laagwater wel droogvallen. Deze vlakken zijn geselecteerd en hebben handmatig de juiste code gekregen.

3.5.2 Toevoegen van duinen aan de GMK

De OBIA methode maakt geen onderscheid tussen kwelders en duinen. Om dit onderscheid in de ecotopenkaart toch te kunnen maken worden handmatig duinen aan de GMK toegevoegd. Hiervoor is gebruikt gemaakt van de Vegetatiekarteringen van de Kwelders (VegWad meetprogramma). Uit deze karteringen is een shapefile gemaakt van de duinvegetaties. Deze shapefile is samengevoegd met de GMK door middel van een Union. Na de Union zijn alle gebieden die alleen voorkomen in het duinenbestand maar niet in het GMK bestand verwijderd. Daarna zijn alle gebieden geselecteerd die de GMK code S1a, S1c, S2 of S3a en die vanuit het duinenbestand als duin zijn aangemerkt. Van deze vlakken is de GMK code gewijzigd in D1.

3.5.3 Toevoegen slibkaart aan de GMK

De huidige OBIA methodiek kan niet het onderscheid maken tussen zandige en slibrijke litoraal. Om toch dit onderscheid in de kaart te kunnen maken is gebruik gemaakt van data van het SIBES programma. In dit programma wordt door het NIOZ op een groot aantal punten o.a. het slibgehalte bepaald. De punten liggen in een groot deel van de Waddenzee in een grid van 500 bij 500 meter. Met behulp van de resultaten van de bemonstering van 2018 is met expert judgement op basis van de luchtfotokenmerken bepaald welke gebieden grofzandig (0-3% slib), zandig (3-15% slib) of slibrijk (>15% slib) zijn en is deze informatie in de GMK aangebracht.

3.6 Hydrodynamiek

De hydrodynamiek kaart is nodig om de klassen laag-, midden- en hoogdynamisch in het sublitoraal aan te brengen.

Voor de Waddenzee is gekozen om naast de maximaal optredende stroomsnelheid- ook golf orbitaalsnelheid aan de bodem te gebruiken om de dynamiek van het sublitoraal in te delen volgens de klassen van het ZES.1. Wanneer alleen stroomsnelheid gebruikt zou worden dan zouden bijv. de buitendelta's als

laagdynamisch sublitoraal uit de kaart komen, terwijl deze ondiepe gebieden door golfwerking toch een hoogdynamische bodem kennen.

De hydrodynamiek klassen zijn in Tabel 5 weergegeven.

Tabel 5: dynamiek klassen in het sublitoraal

Klasse	Stroom (VMAX)	Operator	Golf (UBOT)
Laagdynamisch	≤ 80 cm/s	AND	≤ 25 cm/s
Middendynamisch	≤ 80 cm/s	AND	> 25 AND ≤ 50cm/s
Hoogdynamisch	> 80 cm/s	OR	> 50 cm/s

De modellering van de stroomsnelheden en orbitaalsnelheden van golven is door Deltares uitgevoerd. Normaal gesproken wordt de uitvoering van de modellering door een marktpartij gedaan. Maar omdat de modellen maar nog recent zijn ontwikkeld zijn waren er nog geen werkbeschrijvingen beschikbaar. De methodiek staat uitvoerig omschreven in Van Weerdenburg (2022).

Voor de bodemligging is 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 de bodemligging uit Baseline met het bodemhoogteraster 2018 van Friese Zeegat overschreven in de verschillende modelschematisaties.

In het samenklapmodel worden de lagen stroom en golven gecombineerd en in de ecotopenkaart geïntegreerd.

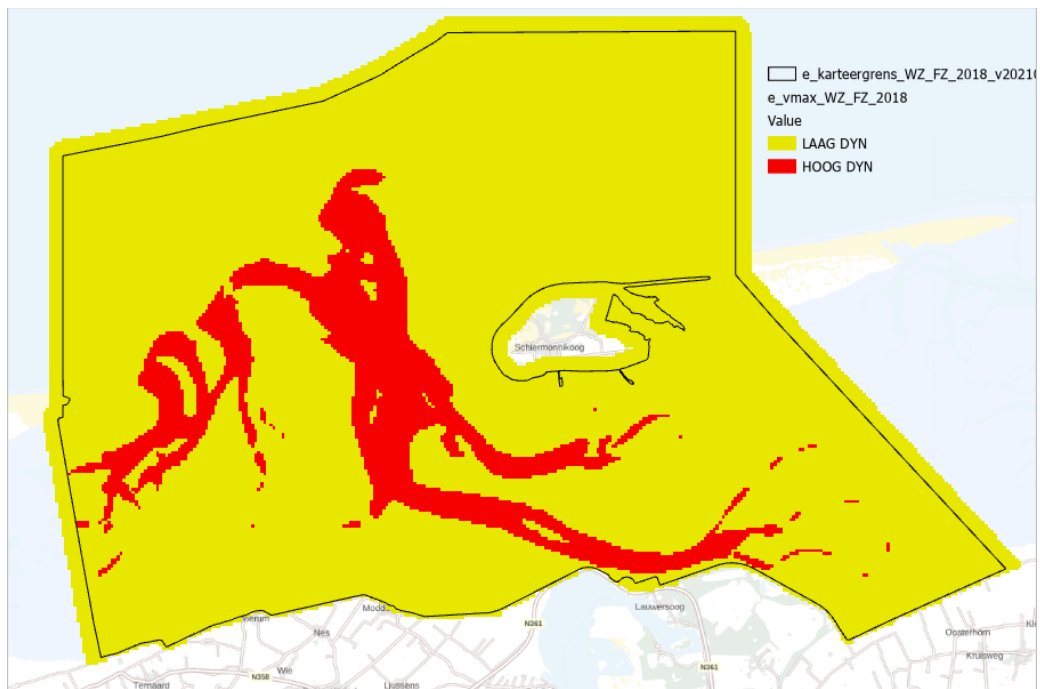
3.6.1 Stroomsnelheden

De stroomsnelheden worden bepaald uit resultaten van het Dutch Wadden Sea Model (DWSM) in Delft3D-Flexible Mesh (FM) (Van Weerdenburg & Zijl, 2019). 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).

De stroomsnelheden zijn 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.

De grootte van de dieptegemiddelde stroomsnelheid is onderdeel van de modeluitvoer. Per roostercel wordt de 99e percentielwaarde bepaald. Die 99e 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.

Het resultaat is een rasterbestand met een celgrootte van 100x100 m met waarden die variëren van 0 tot 147 cm/s. In Figuur 11 is weergegeven waar de maximale stroomsnelheden >80 cm/s optreden.



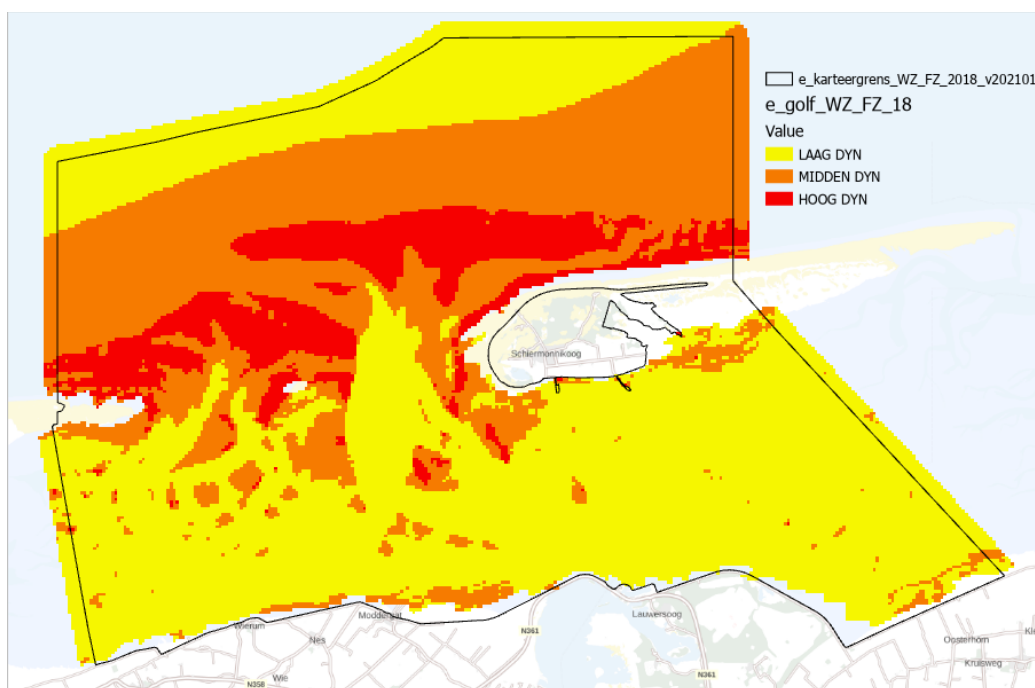
Figuur 11: Stroomsnelheidskaart Waddenzee – Friese zeegat

3.6.2 Golven

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).

Met lineaire golftheorie worden per roostercel orbitaalsnelheden (windgolven, geen swell) bij de bodem bepaald uit de uitvoerparameters van het SWAN-Kuststrook model. 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.

Het resultaat is een rasterbestand met een celgrootte van 240,3x240,3 m met waarden die variëren van 0 tot 66 cm/s. In Figuur 12 is weergegeven waar de UBOT <25 cm/s, tussen 25 en 50 cm/s en >50 cm/s optreden.



Figuur 12: Kaart welke ruimtelijk "orbitaalsnelheid aan de bodem" weergeeft (midden dynamisch is > 25 AND ≤ 50 cm/s).

3.7 Zoutkaart

De zoutkaart betreft een ruimtelijk dekkend vlakkenbestand (polygon-shapefile) die aangeeft welke gebieden Zout, Brak, Variabel brak of zoet zijn, conform de klassen van het ZES.1.

De klasseindelingen volgens ZES.1 zijn weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6: zout klassen indeling volgens het ZES.1

Klasse	Klassegrenzen (CI-/I)	Code
weinig variabel brak	5,4 - 18 en variatie $\leq 100\%$	B
weinig variabel zout	18 en variatie $\leq 100\%$	Z
variabel brak/zout	$> 5,4$ en variatie $> 100\%$	V
zoet*	Alleen voor specifieke vegetatie eenheden	F

* Betreft uitbreiding op ZES.1

De bronnen om deze zoutkaart te maken zijn:

- Rasterbestand met gemiddeld zoutgehalte (modeloutput)
- Rasterbestand met standaard deviatie zoutgehalte (modeloutput)
- Vlakkenbestand met kweldervegetatie waarbij aangegeven is welke type vegetatie tot welke zoutklasse behoort.

Ten opzichte van de ZES.1 methodiek is de methode gebruikt in de Waddenzee uitgebreid door ook gebruik te maken van kweldervegetatiebestanden (op basis van VEGWAD) om zoutklassen ter plaatse van de kwelders aan te duiden. Doordat (kwelder)vegetatie bijv. meer zoet regenwater vasthoudt kan de zoutklasse anders zijn dan wanneer met het zout-model is berekend. Daarom is gekozen om ook kweldervegetatie als bron voor de zoutkaart te gebruiken. Hierbij overruled de informatie uit het kwelderbestand de berekende zout-klasse uit het zout-model.

3.7.1 Totstandkoming rasterbestand zoutgemiddelde en zout standaarddeviatie

De zoutmodellering is door Deltares uitgevoerd (normaal gesproken word de uitvoering van de modellering door een marktpartij gedaan. Maar omdat de modellen maar nog recent zijn ontwikkeld zijn waren er nog geen werkbeschrijvingen beschikbaar). De methodiek staat uitvoerig omschreven in Van Weerdenburg (2022).

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 σ -lagen) met ongeveer 200 m horizontale resolutie in het interessegebied (versie dflowfm3d-waddenzee_200m-j17_6-v11). Dit is de versie die wordt gebruikt om het jaargemiddelde en de variatie in zoutgehalte te bepalen (Van Weerdenburg, 2022).

Voor de bodemligging is 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 de bodemligging uit Baseline met het bodemhoogteraster 2018 van Friese Zeegat overschreven.

Saliniteitberekening

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 seizoensvariatië meegenomen in het gemiddelde en de variatie. Er is voor het jaar 2019 gekozen omdat de modelberekening tegelijk ook voor de kombergingsgebieden Huibertgat 2019, Eems Dollard 2020 en Marsdiep 2021 is gedaan. Ter plaatse van het Friese zeegat is wel de bodem van 2018 gebruikt.

Er zijn acht zoetwaterafvoeren en spuidebieten in de modelsimulaties opgenomen zoals hieronder is opgesomd incl. de tijdstappen waarop data beschikbaar is.

- Cleveringsluizen (Lauwersoog) ($\Delta t = 15$ min)
- De Drie Delfzijlen ($\Delta t = 15$ min)
- Den Oever Buiten ($\Delta t = 10$ min)
- Eems ($\Delta t = 15$ min)
- Helsdeur (Den Helder) ($\Delta t = 15$ min)
- Kornwerderzand Buiten ($\Delta t = 10$ min)
- Noordpolderzijl ($\Delta t = 1$ dag)
- Spijksterpompen (Spijk) ($\Delta t = 15$ min)

De grootste afvoeren (d.w.z., groot effect op saliniteit) in het interessegebied zijn daarmee in het model opgenomen (voor de ligging van deze afvoeren zie Figuur 13). Voor veel 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 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.



Figuur 13: Beschikbare zoetwaterlozingspunten

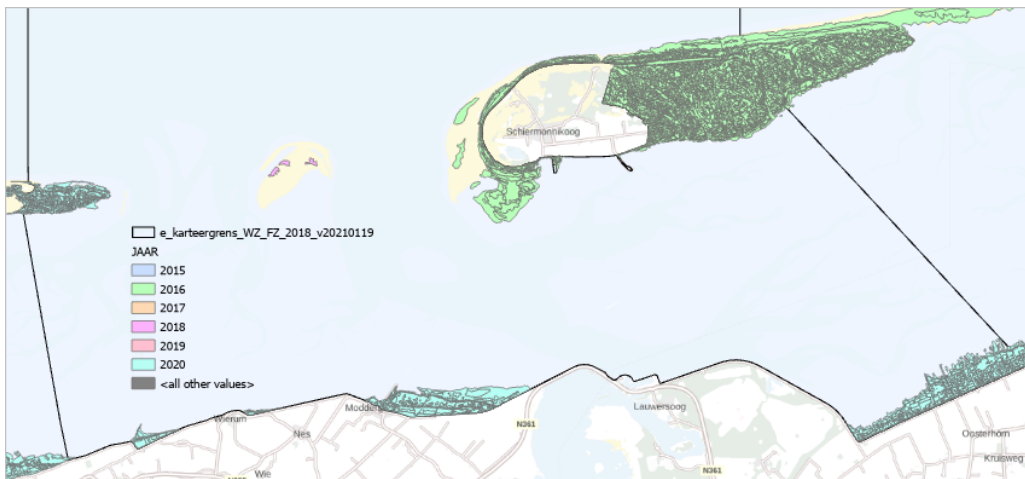
Om de gemiddelde saliniteit bij hoogwater en de variatie in saliniteit te bepalen worden eerst voor elke roostercel de tijdstappen bepaald waarop de waterstand piekt. Vervolgens wordt de saliniteit op deze tijdstappen geselecteerd en worden per roostercel het tijdsgemiddelde en de standaardafwijking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

$$\text{saliniteitsvariatie} = 4 \cdot \sigma / \mu \cdot 100\%$$

waarbij σ de standaardafwijking en μ het gemiddelde van de saliniteit bij hoogwater. Het gemiddelde en de variatie in saliniteit bij hoogwater in 2019 worden geïnterpoleerd op een regelmatig 200 m x 200 m rooster van het interessegebied (Van Weerdenburg, 2022).

3.7.2 Totstandkoming vlakkenbestand met kweldervegetatie met ZES-klassen

De VEGWAD-karteringen van 2016 en recenter zijn gebruikt. Voor het kombergingsgebied Friese zeegat zijn VEGWAD gegevens van de jaren 2016, 2018 en 2020 gebruikt (Figuur 14).



Figuur 14: jaar van opname VEGWAD-kartering binnen kombergingsgebied Friese Zeegat

Zoutklassen zijn toegewezen op basis van vegetatiezones, zoals in de SALT-vertaaltabel. Voor de nitrofiële zone is onderscheid gemaakt naar dominant vegetatietype, waarbij vlakken waarin nitrofiële vegetatie met Spijesmelde (type Xx) 50% of meer bedekt als zout toegewezen zijn. De rest van de nitrofiële zone is brak. Vegetatieloze zones, met uitzondering van veek en schelp, die brak zijn, zijn als 'onbekend' ingedeeld waarna de vlakken met 'onbekend' als zoutklasse door middel van een eliminate-operatie zijn toegevoegd aan het vlak waarmee zij de langste

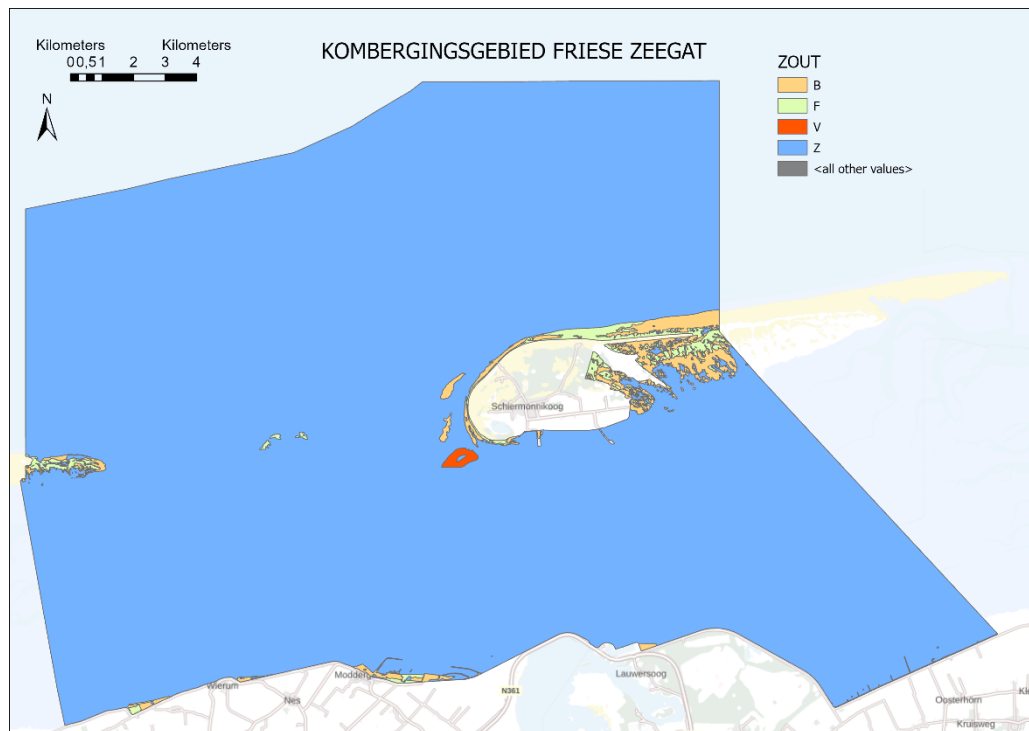
grens hebben. Enkele vlakken die op deze wijze niet konden worden ingedeeld zijn op basis van expert judgement ingedeeld. De gebruikte zout-classes in dit bestand zijn "Brak", "Zoet" en "Zout".

In Figuur 14 zijn bij het eilandje in het midden van de figuur drie vlakken te zien. Dit betreft vlakken die in 2018 wel zijn aangemerkt als vegetatie bij de VEGWAD-karteringen. Bij de GMK is dit niet aangemerkt als vegetatie. Als de luchtfoto in detail wordt bestudeerd lijkt dit het begin van Stuifduin te zijn. De VEGWAD-karteringen worden later in het seizoen uitgevoerd en is de vegetatie mogelijk tot meer ontwikkeling gekomen. De werkwijze bij de ecotopenkartering is dat alleen de vegetatie vlakken van de GMK een Zout-waarde krijgen. Daarom zijn deze vlakken niet terug te zien in de ecotopenkaart.

3.7.3 Werkwijze combineren inputbestanden

De rasterbestanden zijn door RWS CIV omgezet naar vlakkenbestanden. Vervolgens zijn de vlakkenbestanden "Zout gemiddelde" en "Zout variatie" samengevoegd. Hierbij liet het resultaat zien dat er in heel het kombergingsgebied de klasse "Zout" geldt.

Ten behoeve van de definitieve zoutkaart zijn de vlakkenbestanden "zout rasters" en "zout kwelders" samengevoegd. Daar waar vlakinformatie van zowel "zout kwelders" als "zout model" aanwezig was, is alleen de vlakinformatie van de "zout kwelders" behouden. Het resultaat, de zoutkaart, is in Figuur 15 weergegeven.



Figuur 15: zoutkaart Waddenzee- Friese Zeegat 2018

Het rode vlak in de kaart valt op. Dit variabel brak gebied is uitkomst van de modelberekeningen, wat niet geheel logisch is te verklaren.

3.8 Samenklap

Wanneer alle basislagen gereed zijn worden de lagen "samengeklapt". Met het samenvoegen van de lagen ontstaan te kleine vlakken. Deze samenklap lost deze

vlakken op door deze op basis van beslisregels aan het juiste buurvlak toe te voegen zodat de vlakken aan minimale vlakgrootte voldoen (100 m² bij hardsubstraat en 400 m² bij de overige vlakken).

De kaart van het Friese zeegat 2018 is met een geheel nieuw samenklapmodel geproduceerd. Het betreft een model in een FME omgeving. Het model kan alle nieuwe ecotootypen produceren en is veel efficiënter en eenvoudiger in gebruik. Het complete model alsmede het gebruik ervan is beschreven in Van Ravenswaaij (2022).

De samenklap is geheel intern RWS uitgevoerd. De samenklap betreft inloggen op de FME-server, de basislagen klaar zetten, enkele parameters opgeven en dan duurt de run ca. 5 min.

Het model produceert nog enkele te kleine vlakken die het model niet zelf kan oplossen. Dit is eenvoudig met de hand na afloop opgelost. De laatste handeling betreft het opmaken van de attributes opdat de dataset in de Geodatabase-ruimte van RWS geïmporteerd kan worden.

4 Eindresultaat

4.1 De zoute ecotopenkaart

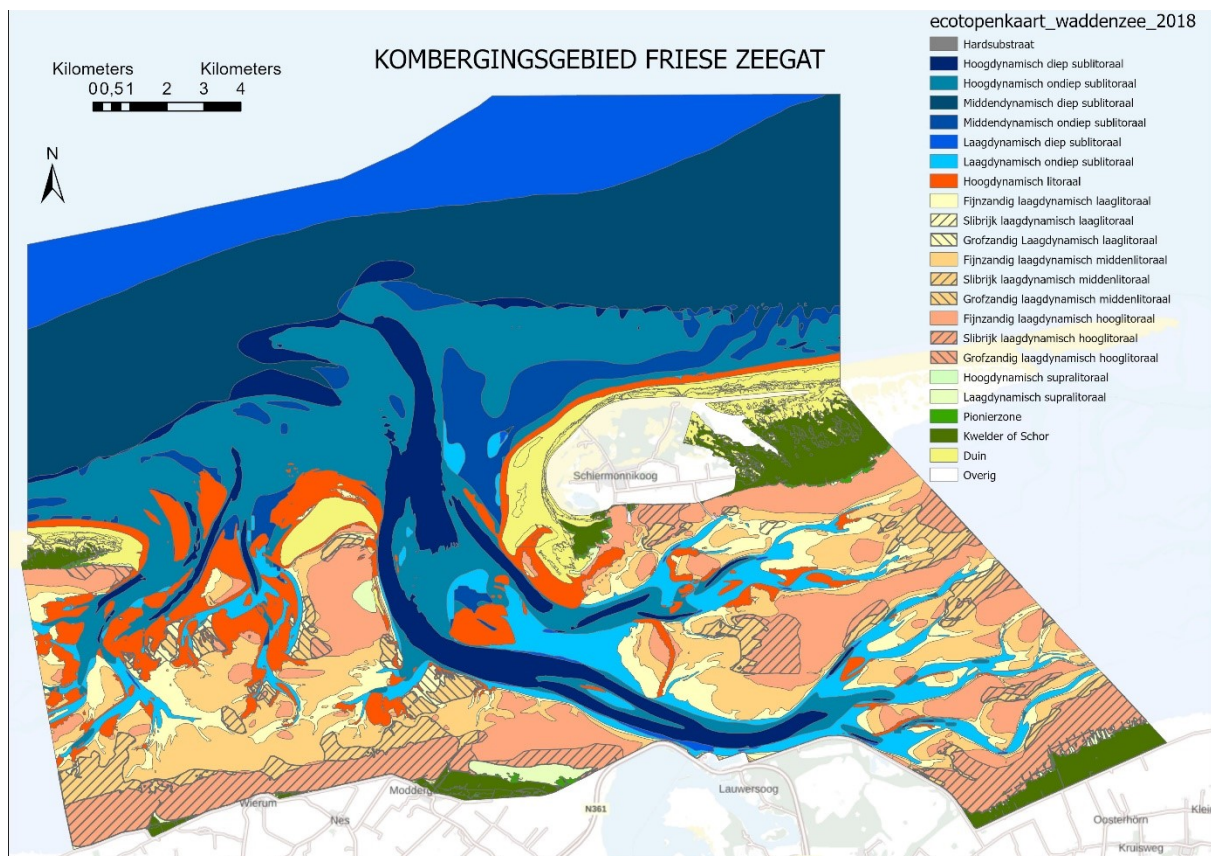
De ecotopenkaart is samengesteld volgens de procedure die is vastgelegd in het document "Handleiding samenklapmodel Ecotopenkartering zout" (Van Raavenswaaij, 2022) en "Dienstbeschrijving ecotopenkaarten 2.0 IN PREP (Paree, 2023). De classificatie (code incl. omschrijving), die van toepassing is op de zoute ecotopenkartering, is in bijlage I gegeven.

Ten opzichte van het ZES-1-rapport (Bouma et al., 2005) zijn enkele ecotopen anders gedefinieerd:

- hardsubstraat veen/klei is verder uitgesplitst naar hard/zacht;
- hardsubstraat steen komt alleen nog in het litoraal voor en niet meer in het supralitoraal (dwz, hardsubstraat steen in het litoraal en sublitoraal wordt in de kaart samengevoegd als "hardsubstraat steen litoraal");
- het ecotoop hoogdynamisch supralitoraal is toegevoegd;
- de ecotopen "kwelder/schor" en "pionierzone (potentieel kwelder/schor)" zijn gedefinieerd op basis van vegetatiebedekking in plaats van op overspoelingsfrequentie; "kwelder/schor" heeft een bedekking van > 50% en "pionierzone (potentieel kwelder/schor)" heeft een bedekking van 2-50%;
- Hoogdynamisch sublitoraal is verder onderverdeeld in Hoogdynamisch diep sublitoraal en Hoogdynamisch ondiep sublitoraal;
- Sublitoraal kent naast hoog- en laagdynamische klasse nu ook een middendynamische klasse;
- Kwelder/schor typologie is uitgebreid met "Zoet kwelder/schor" en Zoet pionier.

Het samenstellen van de ecotopenkaart gebeurt op een uniforme wijze en is reproduceerbaar: de ecotopenkaarten zijn onderling in tijd en ruimte met elkaar te vergelijken.

Figuur 16 geeft een overzichtskarta van de ecotopen Friese zeegat 2018. Voor de belangrijkste ecotopen zijn de arealen weergegeven in Tabel 7.



Figuur 16: De ecotopenkaart van kombergingsgebied Friese Zeegat 2018

Voor een specificatie van de gebruikte kleuren in de legenda wordt verwezen naar Bijlage 2.

Tabel 7: Overzicht arealen ecotopenkaart Friese zeegat 2018 per ecotooptype in hectaren

Som van st_area_sh		
zes_code	omschrijving	Totaal (ha)
BRASSE ECOTOPEN		
B1.2x1	Hard substraat steen in het litoraal	1,3
B2.221f	Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	5,9
B2.222f	Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	1,3
B2.223f	Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	0,4
B2.311	Droog strand	52,4
B2.312	Pionier groen strand	25,4
B2.313	Groen strand	133,9
B2.314	Stuifduin	138,4
B2.315	Embryonaal duin	19,8
B2.316	Gesloten duin	5,0
B2.x21	Pionierzone en pre-pionierzone	2,6
B2.x22	Kwelder / Schor	330,3
ZOETE ECOTOPEN		
F2.314	Stuifduin	12,9
F2.315	Embryonaal duin	35,4
F2.316	Gesloten duin	270,3
F2.x21	Pionierzone en pre-pionierzone	0,8
F2.x22	Kwelder / Schor	31,2
VARIABLE BRASSE ECOTOPEN		
V2.21f	Hoogdynamisch fijnzandig litoraal	17,6
V2.311	Droog strand	24,6
V2.320	Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal	0,0
ZOUTE ECOTOPEN		
Z1.2x1	Hard substraat steen in het litoraal	25,6
Z2.112x	Hoogdynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal	2.404,0
Z2.113x	Hoogdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	5.874,1
Z2.122x	Laagdynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal	3.748,2
Z2.123x	Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	2.213,4
Z2.142x	Middendynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal	7.804,0
Z2.143x	Middendynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal	1.573,9
Z2.21f	Hoogdynamisch fijnzandig litoraal	2.526,3
Z2.221f	Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal	1.797,5
Z2.221s	Laagdynamisch slibrijk laag litoraal	83,4
Z2.221z	Laagdynamisch grofzandig laag litoraal	148,8
Z2.222f	Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal	3.564,4
Z2.222s	Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal	1.028,6
Z2.222z	Laagdynamisch grofzandig midden litoraal	228,1
Z2.223f	Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal	2.952,8
Z2.223s	Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal	2.212,0
Z2.223z	Laagdynamisch grofzandig hoog litoraal	80,1
Z2.311	Droog strand	727,1
Z2.312	Pionier groen strand	38,1
Z2.313	Groen strand	40,2
Z2.314	Stuifduin	19,7
Z2.315	Embryonaal duin	1,3
Z2.316	Gesloten duin	3,2
Z2.320	Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal	221,6
Z2.x21	Pionierzone en pre-pionierzone	69,9
Z2.x22	Kwelder / Schor	1.057,6
OVERIGE ECOTOPEN		
overig	Overig	0,9
Eindtotaal		41.554,7

4.1.1 *Basisbestanden*

Naast de gehele ecotopenkaart worden de volgende deelbestanden beschikbaar gesteld:

- Hoogte-dieptekaart
- Droogvalduurkaart
- Gemiddeld laagwaterkaart
- Hydrodynamiekaart
- Golven UBOT-kaart
- Maximale stroomsnelheidskaart
- Geomorfologische kaart
- Gebiedsgrens

4.1.2 *Data-ontsluiting*

Voor een beschrijving hoe de ecotopenkaart en rapportage wordt ontsloten wordt verwezen naar de webpagina Dataontsluiting ecotopen op WaterInfo Extra:

<https://waterinfo-extra.rws.nl/monitoring/biologie/ecotopen/data-ontsluiting/>

5 Discussie / Aanbevelingen

Niets is perfect, zo ook de ecotopenkaarten niet. Waar ruimte voor verbetering is, is hieronder beschreven per basislaag.

Hoogtedieptekaart

De wijze waarop nu de laserdata aan de peildata wordt gekoppeld is niet geheel doorzichtig. Het verdient aanbeveling de hoogtedieptekaarten te maken volgens het protocol zoals omschreven in de dienstbeschrijving zoute ecotopen.

Droogvalduurkaart

Voor de kaart van 2017 is de externe tool "InterTides" gebruikt omdat de RWS-modellen nog niet toereikend waren. InterTides voorziet in een goede droogvalduurkaart, zowel in resolutie als in betrouwbaarheid. InterTides is echter niet geschikt om droogvalduurwaarden voor de hoog gelegen kwelders te berekenen. Dat is niet erg aangezien voor de ecotopenkaart de kwelders geheel binnen de hoogste droogvalduurklasse liggen. De wens bestaat de droogvalduurmodellering toch met RWS-modellen te gaan verrichten waarbij de modellen generiek van opzet worden zodat toepassing voor getijdewateren in Nederland mogelijk wordt. Op het moment van schrijven wordt onderzocht of DVD-modellering ook binnen de D-Hydro omgeving uitgevoerd worden binnen de randvoorwaarden die nodig zijn voor de ecotopenkaart (o.a. minimaal 20 m celgrootte).

Het is bekend dat de DVD rond de wantijen een iets mindere nauwkeurigheid kennen. Het is wenselijk extra metingen ter plaatse van deze wantijen te hebben om het DVD-model te kunnen valideren en verbeteren. Op het moment van schrijven lopen de initiatieven al om deze metingen te gaan verrichten.

Gemiddeld laagwaterkaart

Inmiddels is op InterTides.nl een online applicatie ontwikkeld om o.a. GLW-kaarten te berekenen. Het advies is bij nieuwe kaarten steeds per kombergingsgebied een GLW kaart "op maat" te berekenen. Hierbij worden dan 4 jaren aan getijgegevens gemiddeld, te weten het karteerjaar en de drie jaren ervoor. Dit is conform de ZES-methodiek zoals ook gebruikt bij andere zoute getijdewateren.

Geomorfologische kaart

Voor de ecotopenkaart van de Waddenzee 2017 en Friese Zeegat 2018 is voor het eerst een geomorfologische kaart gemaakt met de nieuwe OBIA techniek (door Universiteit Utrecht). Deze techniek is na het gereedkomen van de GMK Friese zeegat ook nog door de markt toegepast voor de Oosterschelde 2021, Huibertgat 2019 en Eems Dollard 2020 kaart.

De ervaring hier is dat het updaten van een GMK met OBIA niet beter werkt dan de reguliere techniek (zelfs minder betrouwbaar en minder efficiënt). Het gebruik van deze techniek staat voorlopig in de ijskast. Het verdient aanbeveling de oude techniek verder te blijven toepassen totdat OBIA evt. naar behoren functioneert.

Slibklassen in de GMK is moeilijk met hoge betrouwbaarheid in de kaart aan te brengen. Nu gebeurt dat met behulp van SIBES sedimentdata met elke 500x500 m een waarden in combinatie met expert judgement van de luchtfotokenmerken. Dit wordt zo goed mogelijk gedaan. Op hoofdlijnen zal dit een indicatie geven over de betreffende arealen. Voor detail analyses is deze gegevensbron niet bruikbaar.

Dynamiekaart

NVT.

Zoutkaart

Zoutverspreiding is van wezenlijk belang voor het voorkomen van organismen. Deze basislaag wordt verkregen door dmv modellering incl. input gegevens als zoetwaterspuidebieten en zoutmeetgegevens. Het is een breed gedragen wens om meer input gegevens te hebben van de spuidebieten (ook de kleinere spuilocaties meenemen) en het aantal zoutmeetlocaties te vergroten. Op het moment van schrijven wordt verkend wat de mogelijkheden zijn.

Projectgrens

NVT

Samenklap

NVT

6 Literatuur

- Bouma, H., D.J. de Jong, F. Twisk & K. Wolfstein, 2005.** Zoute Wateren Ecotopenstelsel (ZES-1). Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Rapport RIKZ/2005.024. Rijkswaterstaat, Middelburg.
- Douma, H., E.A. Addink & M.G. Kleinhans (2019).** Nadere uitwerking productie Geomorfologische Kaart met behulp van Object-Based Image Analysis voor de Waddenzee. Universiteit Utrecht, Departement Fysische Geografie, rapport i.o. Rijkswaterstaat CIV.
- Gautier, C., Van Nieuwkoop, J., & De Ridder, M., 2018.** SWAN-Kuststrook. Deltares rapport 11202221-005.
- Kers, A.S., L. Walburg, J. Bakker, A.H. Daane, D.J. de Jong, M. Schrijver, P. Lievense, L. Dekker & J. de Klerk, 2013.** Dienstbeschrijving Zoute ecotopenkaarten, Rijkswaterstaat CIV / Zee & Delta, Delft / Middelburg.
- Paree E., Kers A.S., Hendriks J-H., Jentink R., Baptist M.J., 2021.** Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017 : biologische monitoring zoute rijkswateren, Rijkswaterstaat CIV.
- Paree E., 2023.** Dienstbeschrijving ecotopenkaarten 2.0 IN PREP.
- Rappoldt C., O.R. Roosenschoon, D.W.G. van Kraalingen, 2023.** InterTides ; maps of the intertidal by interpolation of tidal gauge data. EcoCurves rapport 19, ISSN 1872-5449, EcoCurves BV, Haren. Updated document, April 2023.
- Van Donk, S. & M.J. Baptist, 2021.** Validatie van het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) in de Waddenzee. Rapport C093.21. Wageningen Marine Research, Den Helder, November 2021.
- Van Ravenswaaij, J., 2022.** Handleiding samenklapmodel Ecotopenkartering zout. Documentreferentie GMCIV2202-517. Sweco B.V., Oktober 2022.
- 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.
- Van Weerdenburg, R., 2022.** Modelparameters Ecotopenkaart Waddenzee 2022. Memo. Deltares.

Van Wesenbeeck, B., H. Holzhauer & T. Troost (2010). Using habitat classification systems to assess impacts on ecosystems; validation of the ZES.1 for the Westerschelde. Deltares report 1200254-002-ZKS-0001, 45 pp.

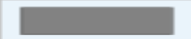



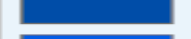








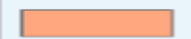


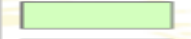
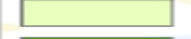





Zijl, F., & Groenenboom, J. (2020). Development of a sixth-generation model for the NW European Shelf (DCSM-FM 100m) - Model setup, calibration and validation. Rapport 11205259-004-ZKS-0001, Deltares, Nederland.

Bijlage 1: Classificatie zoute ecotopenkartering

ZES code	VERKORT	OMSCHRIJVING
ZOUTE ECOTOPEN		
Z1.2x1	Hard substraat steen	Hard substraat steen in het litoraal
Z1.2x2h	Hard substraat veen/klei	Hard substraat harde veen/klei in het litoraal
Z1.2x2z	Hard substraat veen/klei	Hard substraat zachte veen/klei in het litoraal
Z1.3x2h	Hard substraat veen/klei	Hard substraat harde veen/klei in het supralitoraal
Z1.3x2z	Hard substraat veen/klei	Hard substraat zachte veen/klei in het supralitoraal
Z2.112x	Hoogdynamisch sublitoraal	Hoogdynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal
Z2.113x	Hoogdynamisch sublitoraal	Hoogdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal
Z2.142x	Laagdynamisch sublitoraal	Laagdynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal
Z2.143x	Laagdynamisch sublitoraal	Laagdynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal
Z2.122x	Middendynamisch sublitoraal	Middendynamisch zacht substraat in het diepe sublitoraal
Z2.123x	Middendynamisch sublitoraal	Middendynamisch zacht substraat in het ondiepe sublitoraal
Z2.21f	Hoogdynamisch litoraal	Hoogdynamisch fijnzandig litoraal
Z2.221z	Laagdynamisch laaglitoraal	Laagdynamisch grofzandig laag litoraal
Z2.221f	Laagdynamisch laaglitoraal	Laagdynamisch fijnzandig laag litoraal
Z2.221s	Laagdynamisch laaglitoraal	Laagdynamisch slibrijk laag litoraal
Z2.222z	Laagdynamisch middenlitoraal	Laagdynamisch grofzandig midden litoraal
Z2.222f	Laagdynamisch middenlitoraal	Laagdynamisch fijnzandig middelhoog litoraal
Z2.222s	Laagdynamisch middenlitoraal	Laagdynamisch slibrijk middelhoog litoraal
Z2.223z	Laagdynamisch hooglitoraal	Laagdynamisch grofzandig hoog litoraal
Z2.223f	Laagdynamisch hooglitoraal	Laagdynamisch fijnzandig hoog litoraal
Z2.223s	Laagdynamisch hooglitoraal	Laagdynamisch slibrijk hoog litoraal
Z2.x21	Pionierzone (potentieel schor)	Pionierzone en pre-pionierzone
Z2.x22	Kwelder / Schor	Kwelder / Schor
Z2.311	Strand	Droog strand
Z2.312	Strand	Pionier groen strand
Z2.313	Strand	Groen strand
Z2.314	Duin	Stuifduin
Z2.315	Duin	Embryonaal duin
Z2.316	Duin	Gesloten duin
Z2.320	Laagdynamisch supralitoraal	Laagdynamisch zacht substraat in het supralitoraal
VARIABEL BRAKKE ECOTOPEN		
Idem als Z codes, maar dan is de Z een V in de code.		
BRAKKE ECOTOPEN		
Idem als Z codes, maar dan is de Z een B in de code.		
ZOETE ECOTOPEN		
F2.x21	Pionierzone (potentieel schor)	Pionierzone en pre-pionierzone
F2.x22	Kwelder / Schor	Kwelder / Schor
F2.314	Duin	Stuifduin
F2.315	Duin	Embryonaal duin
F2.316	Duin	Gesloten duin
OVERIGE ECOTOPEN		
Overig	NoData	NoData
NoData	Overig	Overig

Bijlage 2: Kleurcodering legenda zoute ecotopenkaart

Gebuurkte kleurcoderingen in legenda zoute ecotopenkaart

	Omschrijving (kort)	Colour	R	G	B	Hex
	Hardsubstraat litoraal	Gray 50%	130	130	130	828282
	Hooqdynamisch diep sublitoraal	Dark Navy	0	38	115	002673
	Hooqdynamisch ondiep sublitoraal	Delft Blue	0	132	168	0084A8
	Middendynamisch diep sublitoraal	Steel blue	0	76	115	004C73
	Middendynamisch ondiep sublitoraal	Ultra blue	0	77	168	004DA8
	Laagdynamisch diep sublitoraal	Lapis Lazuli	0	92	230	005CE6
	Laagdynamisch ondiep sublitoraal	Big Sky Blue	0	197	255	00C5FF
	Hooqdynamisch litoraal	Fire Red	255	85	0	FF5500
	Fijnzandig laagdynamisch laaglitoraal	Yucca Yellow	255	255	190	FFFFBE
	Slibrijk laagdynamisch laaglitoraal	Yucca Yellow	255	255	190	FFFFBE
	Grofzandig laagdynamisch laaglitoraal	Yucca Yellow	255	255	190	FFFFBE
	Fijnzandig laagdynamisch middenlitoraal	Mango	255	211	127	FFD37F
	Slibrijk laagdynamisch middenlitoraal	Mango	255	211	127	FFD37F
	Grofzandig laagdynamisch middenlitoraal	Mango	255	211	127	FFD37F
	Fijnzandig laagdynamisch hooglitoraal	Cantaloupe	255	167	187	FFA7BB
	Slibrijk laagdynamisch hooglitoraal	Cantaloupe	255	167	187	FFA7BB
	Grofzandig laagdynamisch hooglitoraal	Cantaloupe	255	167	187	FFA7BB
	Hoogdynamisch supralitoraal	Tzavorite Green	211	255	190	D3FFBE
	Laagdynamisch supralitoraal	Olivine Yellow	233	255	190	E9FFBE
	Pionierzone	Leaf Green	56	186	0	38BA00
	Kwelder / Schor	Spruce Green	76	115	0	4C7300
	Duin	Medium yellow	245	245	122	F5F57A
	Overig	Arctic White	255	255	255	FFFFFF