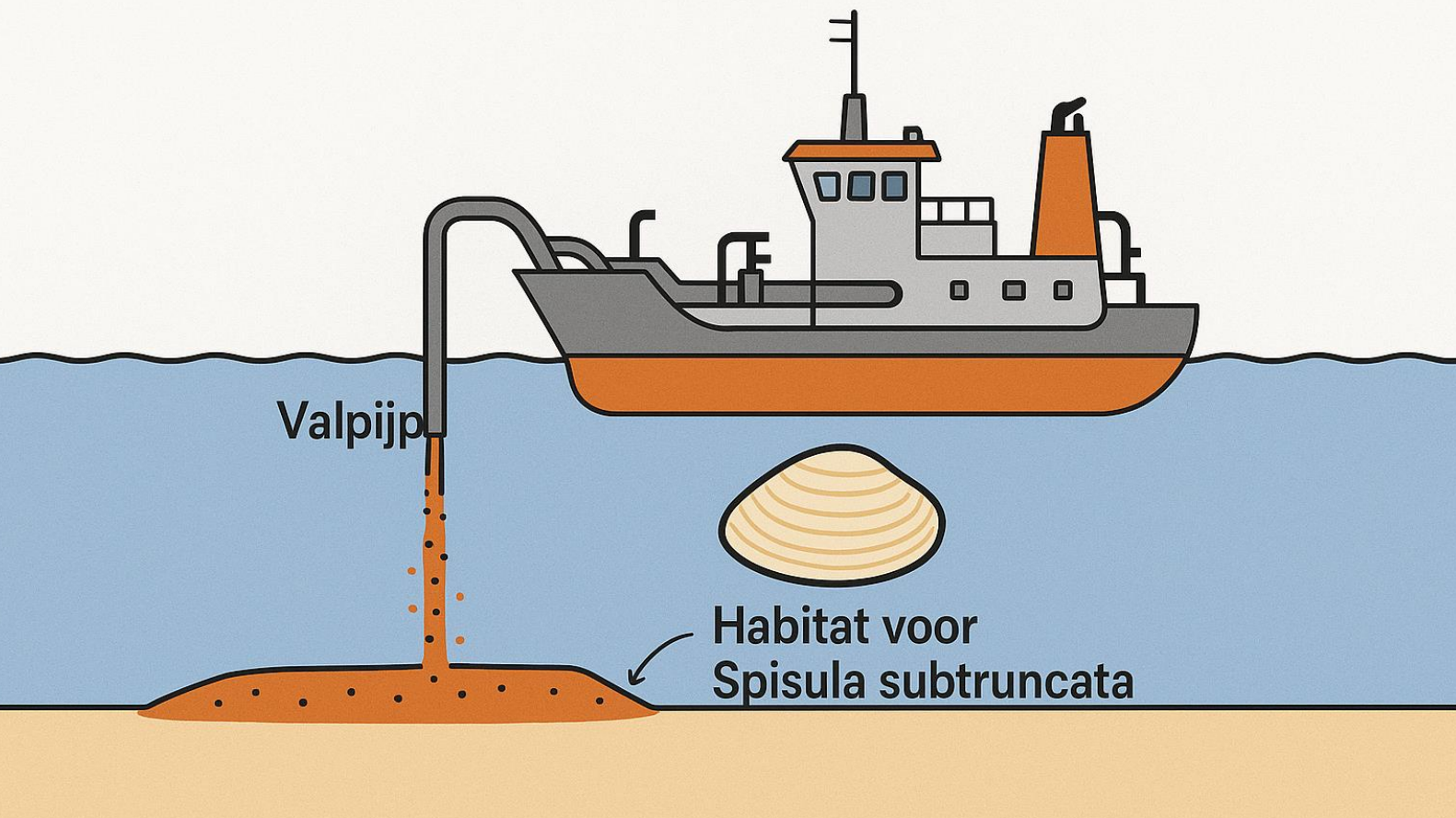


Sleephopperzuiger



Natuurversterking Noordzee voor de zandige zeebodem

Bewerking van de zeebodem om te sturen op gewenste soorten

Auteur(s): Marcel JC Rozemeijer & Martin J. Baptist

Wageningen Marine Research

Rapport: C051/25A

Natuurversterking Noordzee voor de zandige zeebodem

Bewerking van de zeebodem om te sturen op gewenste soorten

Auteurs: Marcel JC Rozemeijer & Martin J. Baptist

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame Noordzee' (projectnummer BO-43-116.02-007 Add_PNN)

Wageningen Marine Research
IJmuiden, september 2025

Wageningen Marine Research rapport: C051/25A

Marcel JC Rozemeijer & Martin J. Baptist, 2025. *Natuurversterking Noordzee voor de zandige zeebodem; Bewerking van de zeebodem om te sturen op gewenste soorten*. Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research rapport C051/25A. 35 blz.

Keywords: Natuurversterking, Noordzee, zacht substraat, zanderig zeebed, zeebed manipulatie, *Spisula subtruncata*, halfgeknotte strandschelp, schelpdierbanken, zandspiering, WBAT, leren door doen, recruitment

Opdrachtgever: Directoraat-Generaal Natuur, Visserij en Landelijk Gebied
T.a.v.: Marijke Warnas Programmasecretaris Natuurversterking Noordzee
Cluster Marien
Directoraat-Generaal Natuur, Visserij en Landelijk Gebied
Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur
Bezuidenhoutseweg 73 | 2594 AC Den Haag | 070 379 8911
Postbus 20401 | 2500 EK Den Haag

BAS code: BO-43-116.02-007

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/696497>

Wageningen Marine Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Fotograaf: Figuur gemaakt door ChatGPT, op 17-07-2025.



© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research, hierbij vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur bedrijfsvoering

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8065.11.618.B01.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen Marine Research. Opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V36 (2025)

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Werkprogramma NN	6
1.2 Zachte substraat	7
1.3 Zandwinning	7
1.4 Vraagstelling	8
1.4.1 Projectdoelstelling / Bijdrage aan doel missie of MMIP	8
1.5 Leeswijzer	8
2 Aanpak	9
3 Visie op natuurversterking van de zandige Noordzeebodem	10
3.1 Beheer en beleid	10
3.2 Programmaplan NN	10
3.2.1 Noodzaak van een verbetering van zacht substraat	10
3.2.2 Meer fytoplankton door meer benthos	11
3.3 De Noordzee als hoog productief systeem	12
3.3.1 <i>Spisula subtruncata</i>	12
3.3.2 Eerdere experimenten met bodemanipulatie	18
3.3.3 Zandspiering	18
3.3.4 Visgedrag in relatie tot de zeebodem	19
4 Voorstel voor zandige natuurversterking	20
4.1 Natuurversterking met <i>Spisula</i>	20
4.1.1 Praktische uitwerking	22
4.2 Natuurversterking met zandspiering	24
4.3 Visgedrag in relatie tot de zeebodem	25
4.3.1 Uitvoering visgedrag	25
5 Resultaten van activiteiten	26
5.1 Workshop oktober 2024	26
5.2 Workshop Mei 2025: Barrières en Enablers voor zandwinning	26
5.3 Gesprekken met programma NN	27
5.4 Gesprekken met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg	27
5.5 Gesprekken met Boskalis	27
5.6 Gesprekken met de visserijsector	27
6 Kwaliteitsborging	29
Literatuur	30
Verantwoording	33

Samenvatting

Achtergrond en doel

De natuur in de Noordzee staat onder druk door menselijke activiteiten zoals visserij, zandwinning, scheepvaart en de aanleg van windparken. Het Programma Natuurversterking Noordzee (NN) is opgezet om de ecologische kwaliteit van de Noordzee te verbeteren. Dit rapport onderzoekt de mogelijkheid om **natuurversterking te realiseren via actieve manipulatie van de zandige zeebodem**, onder meer door het aanpassen van het natuurlijke zandbed als ook bestaande, gepauzeerde zandwinputten.

Kernideeën

- **Zachte substraten** in de Noordzee (zoals zandbodems) zijn belangrijk voor biodiversiteit, primaire productie en de voedselketen, maar verkeren niet in een goede milieutoestand.
- Zandwinning heeft negatieve ecologische effecten, maar biedt ook kansen voor natuur-inclusieve inrichting van gepauzeerde zandwinputten.
- Door specifieke ingrepen in sedimentkarakteristieken kan het leefgebied worden geoptimaliseerd voor sleutelsoorten zoals **Spisula subtruncata** (halfgeknotte strandschelp) en **zandspiering**.
- Daarnaast kan zandwinning het **gedrag van pelagische vis** beïnvloeden.

Belangrijkste doelsoorten

- **Spisula subtruncata** is essentieel voor de zwarte zee-eend en ecologisch waardevol. Spisula banken komen 30% vaker voor op zandbodem met een korrelgrootte van 180–230 µm. Er zijn voorstellen gedaan om “Spisula-bedden” aan te leggen met geschikt zand.
- **Zandspiering** is belangrijk stapelvoedsel in het voedselweb. Het heeft voorkeur voor grof zand met weinig slib. Zandwinputten kunnen mogelijk als habitat worden verbeterd door een dikke laag grofzand achter te laten.
- **Pelagische vis** kan beïnvloed worden door zandwinputten.

Voorstel voor natuurbouw

- Op het natuurlijke zeebed en in gepauzeerde zandwinputten nabij Ameland worden proefvelden van gemanipuleerd zeebed aangelegd om Spisula-banken te stimuleren.
- Deze pilots worden wetenschappelijk begeleid, inclusief uitgebreide monitoring van bodemopbouw, benthos, larven, vis en waterkwaliteit.
- Koppeling met het lopende rekolonisatie-experiment van Rijkswaterstaat (BACI-experiment) zorgt voor synergie.
- De recruitment van de gemanipuleerde plekken en effecten op biodiversiteit worden geëvalueerd.
- Op termijn kan opschaling plaatsvinden, waarbij slechts 1% van het jaarlijkse zandvolume nodig is voor 100–200 ha natuurversterking per jaar.

1 Inleiding

De Natuur in de Noordzee staat onder druk door het intensieve gebruik. Windmolens hebben effecten op vleermuizen, zeevogels en -zoogdieren, visserij heeft effect op visbestanden en bodemgemeenschappen, scheepvaart verstoort onderwaterleven, etc. (Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025).

Om de Noordzee natuur te versterken is het programma Natuurversterking Noordzee (NN) gestart (<https://www.natuurversterkingnoordzee.nl>). Het programma heeft als doel om tot een gezonde, veerkrachtige en natuurrijke Noordzee te komen met ruimte voor natuurlijke processen en duurzaam gebruik. Programma NN zet in op praktijkgericht te experimenteren en kennis uitwisselen op internationale schaal. Het programma NN zal diverse pilots en werkzaamheden daarvoor financieren.

Maatregelen van het programma zijn gericht op het herstel van soorten die in de knel komen. Daarbij gaat het niet alleen om diersoorten onder water zoals vissen, zeezoogdieren, haaien en roggen, maar ook om vogels en vleermuizen. Ook zal er gewerkt worden aan mogelijkheden voor herstel van onderwater- en bodemnatuur zoals riffen en oesterbanken en de zandige zeebodem (het zachte substraat).

1.1 Werkprogramma NN

Citerend uit Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025: "Uitgangspunt van het programma is een ecosysteem-aanpak conform de OSPAR-definitie:

'The comprehensive integrated management of human activities based on the best available scientific knowledge about the ecosystem and its dynamics, in order to identify and take action on influences which are critical to the health of the marine ecosystems, thereby achieving sustainable use of ecosystem goods and services and maintenance of ecosystem integrity'.

De te nemen maatregelen worden daarom geleid door natuurlijke processen en afgestemd op de ecologische dynamiek, waarbij het ecosysteem zoveel mogelijk kansen krijgt om zich autonoom te verbeteren (passieve natuurherstel en versterking) en waar nodig natuurlijke processen actief worden gestimuleerd (actieve versterking). Omdat er nog veel kennislacunes zijn kiest NN bij alle maatregelen een 'leren-door-doen' werkwijze: genomen maatregelen worden begeleid door monitoring en evaluatie, opdat maximale lering over de effectiviteit van de maatregelen wordt opgedaan, bijstellingen daarin mogelijk zijn en ook het functioneren van het ecosysteem gaandeweg steeds beter wordt begrepen. Daarbij worden 3 hoofdroutes gevolgd.

1. Beschermen: de natuur met rust laten (wegnemen of verminderen van drukfactoren).
2. Kickstarten: natuur een zetje geven als dat nodig is, en vervolgens met rust laten en monitoren of de kickstart werkt zoals beoogd en zo nodig bijsturen.
3. Duurzaam gebruiken: ingrepen in het menselijk gebruik, gericht op mitigatie (het verminderen van negatieve effecten) en/of versterking (het verbeteren van faciliterende omstandigheden voor natuurontwikkeling).

In route 1 en 2 spelen ruimtelijke maatregelen zoals beschermde gebieden een sleutelrol. Hoewel de implementatie van ruimtelijke beschermingsmaatregelen buiten de reikwijdte van het NN valt, kan het programma maatregelen voorstellen en ervaringen uitwisselen. Route 3 is gericht op actieve natuurversterking en/of natuurinclusief ontwerp/techniek van menselijke activiteiten en infrastructuur, zoals windparken en energiehubs. NN zal zich vooral richten op routes 2 en 3, met de nadruk op wat er aanvullend gedaan kan worden voor natuurversterking" (met kleine aanpassingen uit de tekst van Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025).

1.2 Zachte substraat

De bodem van de Nederlandse Noordzee kenmerkt zich door zandgolven, zandbanken en geulen bedekt met zand en slib. Lokaal komen er ook grindbanken of gebieden met keien voor, als overblijfsel van de laatste ijstijd. Deze bodems herbergen het grootste deel van de biodiversiteit (waaronder zeesterren, wormen, schelpdieren, slakken en krab- en kreeftachtigen) in de Noordzee. Bodem is een belangrijk laag in termen van productiviteit en koppelt het fytoplankton en detritus aan bv vispopulaties (Stäbler et al., 2018, Ministerie van Infrastructuur en Water, 2023, Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025).

De omvang van zachte substraten in de Noordzee wordt als stabiel beschouwd, maar de goede milieutoestand is niet bereikt door bodemversturende activiteiten (de gesignaleerde hoge impact van visserijdruk, D6C3, Ministerie van Infrastructuur en Water, 2023).

Gezien het ontbreken van een goede milieutoestand van het zachte substraat en de cruciale rol is het noodzakelijk aan natuurversterking te doen van het zachte substraat. Hierbij kan beleid een rol spelen bv door gebiedssluiting voor bodemberoerende activiteiten als boomkorvisserij. Dit gebeurt sinds 2023 voor het Friese Front, de Centrale Oestergronden, de Klaverbank en de Duitse natuurgebieden Sylter Aussenriff, Borkum-Riffgrund en Östliche Deutsche Bucht. Bepaalde bodemberoerende vistuigen (bodemtrawls, boomkorren, zegens, korren en dreggen) en kieuw- en warnetten mogen niet meer gebruikt worden in deze gebieden¹. Naast gebiedssluiting (het verminderen van drukfactoren) kan ook actief ingrijpen een optie zijn. Natuurversterking van het zachte substraat kan ook een uitkomst bieden. Denk bijvoorbeeld aan het aanbrengen van zandruggen in oude zandwinputten of creëren van diepe zandwinputten met meer slib en organisch materiaal waar meer vis op af komt (de Jong et al., 2015 de Jong, 2016).

1.3 Zandwinning

Zandwinning op zee is een noodzakelijke activiteit voor zowel kustbescherming als infrastructuur op land. Hierbij worden levensgemeenschappen van bodemfauna tijdelijk vernietigd, veranderen de hydrodynamische en morfologische karakteristieken van de zeebodem en zijn er effecten op fyto- en zoöplankton, vissen en hogere organismen. Om deze activiteiten verantwoord uit te voeren schrijven initiatiefnemers (bv RWS en Stichting La MER) een Milieu Effect Rapportage voor de vergunningaanvragen en voeren ze ook een Monitoring en Evaluatie Programma (MEP) uit gekoppeld aan de vergunning waarin de geschatte effecten getoetst worden door metingen en onderzoek (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024). Hierbij investeren RWS en Stichting LaMER in verplichte activiteiten die behoren bij het proces van vergunningen verkrijgen

MEP "Zand uit Zee"

Kwaliteit van het zeebed is onderwerp van het MEP Zandwinning van RWS en Stichting LaMER (Kleijberg, 2018) en vormt relevante context waar dit rapport en voorstel rekening mee dient te houden. Rijkswaterstaat beheert en onderhoudt de Nederlandse kust door zandwinning in putten in de zeebodem in de Noordzee. Dit proces beïnvloedt het bodemleven. Na zandwinning ontstaat een zandwinput die zich abiotisch en biotisch ontwikkelt, met sedimentatie en rekolonisatie van bodemfauna. Eerder werd doorgaans tot -2 m onder de zeebodem gewonnen, met ingang de nieuwe vergunningsperiode wordt voortaan standaard tot -6 m gewonnen en is het voornemen te gaan tot -12 m (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024). Een diepere dan gebruikelijke winning betekent mogelijk een verandering van habitat door toename van slibgehalte of verandering van korrelgrootte die permanent kan zijn (Witbaard & Craeymeersch, 2023, Leewis et al., 2024). Er is weinig bekend over de rekolonisatie en de invloed van abiotische processen bij middeldiepe zandwinning tot 6 m diep onder de zeebodem. Daarom wordt binnen het Programma Kustlijnzorg het Monitoring en Evaluatie Programma (MEP) "Zand uit Zee" uitgevoerd, met als thema "Rekolonisatie". Dit programma onderzoekt hoe benthos-gemeenschappen zich ontwikkelen in relatie tot de kenmerken van het zandwingebed en veranderende abiotische condities. Rijkswaterstaat plant een tienjarige Before After Control Impact (BACI)-onderzoek om deze ontwikkelingen en processen nauwkeurig te volgen in een te graven 6 m diepe zandwinput ten noorden van Ameland. In opdracht van

¹ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/gesloten-natuurgebieden-noordzee-voor-visserij> (gezien op 10-06-2025).

Rijkswaterstaat is een onderzoeksopzet geschreven voor de 10-jarige BACI-onderzoek: Baptist & Rozemeijer (2024). Met behulp van workshops en gesprekken is een voorstel gedaan voor de monitoringsinspanning met gradaties in prioriteiten. Hierna hebben Rijkswaterstaat en de partner LaMER een verdere selectie gedaan op basis van vooral budgetbeschikbaarheid en uitvoerbaarheid.

1.4 Vraagstelling

Definieer een voorstel voor natuurversterking van de zandige Noordzee en zoek hierbij synergie met lopende programma's.

1.4.1 Projectdoelstelling / Bijdrage aan doel missie of MMIP

Het project draagt bij met praktijkkennis voor natuurversterking door middel van manipulatie van het zandbed. Daarbij helpt het om tot een duurzame opschaling van benodigde volumes aan zandwinning te komen in een uitvoering die de natuur van de Noordzee versterkt.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de aanpak (proces) waarmee we tot ons voorstel zijn gekomen. Er is veel kennis opgehaald en veel met allerlei partijen gepraat (opbrengst van de gesprekken en onderliggende informatie voor de keuzes worden weergegeven in Hoofdstuk 5) . De resulterende visie op natuurversterking van de zachte zeebodem wordt gegeven in hoofdstuk 3. In de visie worden de belangen van *Spisula subtruncata* (halfgeknotte strandschelp, vanaf hier *Spisula*) en zandspiering (verzamelnaam) uitgewerkt. In hoofdstuk 4 worden de resulterende experimentele opzette) uitgewerkt voor natuurversterking voor schelpdierbanken van *Spisula* en andere vormen van natuurversterking (zandspiering en relatie vis en zandwinkuilen. Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van de processtappen die terugkomen in de visie (hoofdstuk 3).

2 Aanpak

Als input voor het voorstel voor zandige natuurversterking Noordzee werden de volgende activiteiten ondernomen: organiseren van een workshop, gesprekken met programmameden van NN en EcoShape, gesprekken met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg en gesprekken met Boskalis.

Workshops

Op 25-10-2024 is een workshop gehouden met deelnemers van LVVN, Wageningen Marine Research, vertegenwoordigers van het Rijkswaterstaat Kustlijnzorg BACI onderzoek en het NIOZ.

Op 14-05-2025 is een workshop gehouden bij het midterm symposium van het project OR ELSE met sprekers van RWS, Stichting LaMer, EcoShape, WMR, Arcadis en Boskalis. Deze workshop was bedoeld als een introductie in Barrières en Enablers voor natuurversterking en zandwinning. Hierbij werd ook het onderzoeksvoorstel gepresenteerd.

Gesprekken met programma NN en programmabureau EcoShape

Met verschillende medewerkers van het programmabureau NN werd overlegd over de oriëntering van het programma in wording. Hierbij werd informatie uitgewisseld over de gekozen richting en de noodzakelijke aanpassingen door de aanscherping van het programma NN.

Gesprekken met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg

Voor de inpassing van het gedefinieerde onderzoek waarbij zandwin-areaal en -putten zoekgebied zijn, en de verwevenheid met het BACI-onderzoek is afstemming geweest met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg.

Gesprekken met Boskalis

Voor de inpassing met de zandwinning van het BACI onderzoek is afstemming geweest met Boskalis, uitvoerder van de BACI zandwininput. Het uitgangspunt is om zoveel mogelijk gebruik te maken van de beschikbare baggercapaciteit rondom het BACI experiment om het NN experiment zo goedkoop mogelijk te houden.

Gesprekken met de visserijsector

Afstemming heeft plaatsgevonden met de Nederlandse Vissersbond (Amerik Schuitemaker en Thomas van den Beukel) en met de Spisula visserijsector (André Seinen, Meromar Seafoods BV).

De gesprekken hebben input gegeven over planvorming en uitwerking (Hoofdstuk 3 en 4 van dit rapport). Over de uitkomsten van deze gesprekken wordt ook afzonderlijk gerapporteerd in Hoofdstuk 5 van dit rapport.

3 Visie op natuurversterking van de zandige Noordzeebodem

Deze visie is als volgt opgebouwd. Als eerste wordt aangetoond dat voor ontgrondingen speciale voorzorgsmaatregelen zijn voor schelpdierbanken vanuit beheer en beleid en onafhankelijke instanties. Ten tweede zoeken we het Programmaplan Natuurversterking Noordzee (2025) en de KRM-evaluatie naar de urgentie om zacht substraat te versterken (slechte status en behoefte om primaire productie te versterken, Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025). Ten derde wordt een koppeling gemaakt met de sterke kant van het Noordzee systeem: de hoge productiviteit. En daar lijken vooral *Spisula* en zandspiering een belangrijke rol in te hebben.

3.1 Beheer en beleid

In Beheer en Beleid nemen natuurlijke schelpdierbanken een speciale plaats in; meer dan het reguliere benthos. Zo worden schelpdierbanken extra beschermd in de Beleidsregels ontgrondingen in Rijkswateren. Het is verplicht om bij zandwinning 100 m afstand te houden opdat ze op deze wijze niet weggezogen kunnen worden². Vervolgens komt dat bv in de verschillend MERren tot uiting in de vorm van een gerichte toetsing (Van Duin et al., 2007, 2017). Ook de Commissie MER vraagt om extra aandacht voor schelpdierbanken (Commissie MER, 2018). Concluderend: schelpdierbanken vertegenwoordigen een gewenste natuurwaarde.

3.2 Programmaplan NN

Het Programmaplan NN (Programmaplan Natuurversterking Noordzee, 2025) levert de contouren waarbinnen de visie op natuurversterking van de zachte zeebodem vorm krijgt.

3.2.1 Noodzaak van een verbetering van zacht substraat

Het programmaplan NN citerend:

"Het streven naar een ecologisch gezonde en veerkrachtige Noordzee is cruciaal voor huidig en toekomstig gebruik, inclusief de geplande, grootschalige uitbreiding van windparken op zee en de daarbij behorende infrastructuur. NN wil verbetering bewerkstelligen zodat het ecologisch systeem robuuster wordt en er ruimte blijft voor duurzaam gebruik. Het is de bedoeling dat het programma leidt tot maatregelen voor de ontwikkeling, de operationalisering en het testen van potentiële ingrepen die de kwaliteit van de Noordzee-ecologie verbeteren."

"Zacht substraat omvat zachte sedimenten zoals zand, slib en detritus. Deze bodems herbergen het grootste deel van de biodiversiteit in de Noordzee en spelen een cruciale rol in het stimuleren van zeebodemleven (benthos) en de algehele biodiversiteit en productiviteit, inclusief vispopulaties. In slibrijke delen, zoals de Centrale Oestergronden, kan zacht substraat bijdragen aan koolstofvastlegging. De omvang van zachte substraten in de Noordzee wordt als stabiel beschouwd, maar de kwaliteit ervan kan zijn afgenomen door bodemversturende activiteiten."

Deze paragraaf geeft aan dat er behoefte is aan zacht substraat gerichte maatregelen om natuur te versterken. Er worden alleen nog geen mogelijkheden genoemd in een zacht substraat uitwerking van natuurversterking. Daarnaast geeft ook de KRM evaluatie aan dat het zachte substraat nog niet de goede toestand heeft bereikt (Ministerie van Infrastructuur en Water, 2023).

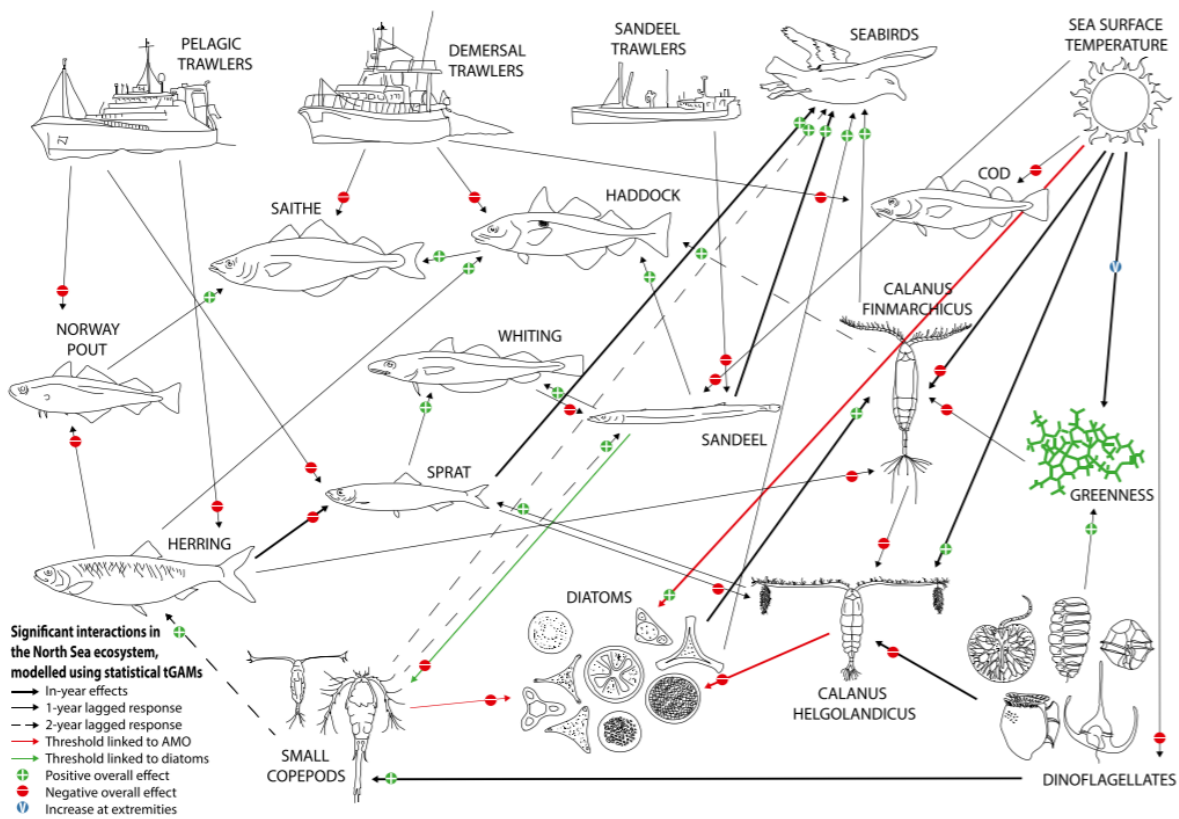
² wetten.nl - Regeling - Beleidsregels ontgrondingen in rijkswateren - BWBR0028498 (gezien 10-06-2025)

3.2.2 Meer fytoplankton door meer benthos

"Fytoplankton zijn microscopische algen die de basis vormen voor het mariene voedselweb. Ze spelen een cruciale rol in de primaire productie van de Noordzee, wat betekent dat ze door fotosynthese energie vastleggen die doorwerkt naar alle hogere trofische niveaus, waaronder zoöplankton, vissen, zeevogels en zeezoogdieren.

Er is een duidelijke afname in de bruto primaire productie van fytoplankton in de Noordzee waargenomen. Daarnaast is er ook een verandering in de samenstelling van de fytoplanktonpopulaties."

Programmaplan Natuurversterking Noordzee (2025) geeft een behoefte om de primaire productie in de Noordzee te verhogen. Achteruitgang wordt mogelijk veroorzaakt door achteruitgang in nutriënten-input als gevolg van beleid en vertroebeling van het water door bodemberoering. Mogelijke lokale positieve en negatieve effecten ontstaan door offshore wind waarbij op Noordzee schaal mogelijk een netto reductie optreedt (door de verminderde mengingsenergie, Daewel et al., 2022). Primaire productie is de basis voor het ecosysteem, en dus kan een lagere primaire productie doorklinken in het gehele systeem. In de zomer kent de Noordzee een nutriëntlimitatie (van Duren et al., 2017). Het Nederlandse kuststelsel is hoog productief primaire productie als benthos (van der Kaaij et al., 2017). Zowel Consumptie door benthos en toename van benthos kan voor een versnelde turnover van nutriënten zorgen en daarmee primaire productie stimuleren (Troost, 2011). Een natuurversterking voor bv schelpdierbanken versterkt daarmee de primaire productie en daarmee voedselbeschikbaarheid van het gehele systeem. Zie de onderbouwing voor deze aanname in sectie 3.3 en Bijlage 1.



Figuur 1 Gemodelleerd voedselweb met relaties en drivers waarin zandspiering een spilfunctie vervult (uit Lynam, et al., 2017).

3.3 De Noordzee als hoog productief systeem

Het kenmerk van de Noordzee is zijn zeer hoge productiviteit, behorende tot de hoogste ter wereld (Stäbler et al., 2018, Walday & Kroglund, 2002, van der Kaaij et al., 2017). Het Noordzee ecosysteem kenmerkt zich als een netwerk van fytoplankton, zoöplankton, bodemdieren, kleinere en grotere vissen, watervogels, zeehonden, dolfinen en walvissen (**Figuur 1, Tabel 1**, Stäbler et al., 2018). Belangrijk stapelvoedselbronnen zijn algen, zoöplankton, zandspiering en schelpdierbanken. Hierbij is de stroom van algen naar detritus naar benthos het grootst (**Figuur 1, Tabel 1**). Wat betreft trofische stromingen wordt de zuidelijke Noordzee gedomineerd door de laagste trofische niveaus. Het overgrote deel van het organische materiaal dat door fotosynthese wordt geproduceerd, eindigt als detritus, en benthische ongewervelden spelen een belangrijke rol bij het kanaliseren van de energie terug naar het voedselweb voor consumptie door roofdieren op hogere trofische niveaus (**Figuur 1 en Tabel 1**, Stäbler et al., 2018). Detritus kan lang opgeslagen raken in de bodem waardoor de nutriënten in het detritus voor lange tijd onbeschikbaar zijn voor primaire productie (Soetaert et al., 1996). Tegelijkertijd is het Noordzeekustsysteem nutriënt-gelimiteerd in de zomer voor wat betreft algen productie (van Duren et al., 2017). De combinatie van nutriënt limitatie en de grote hoeveelheid detritus (Stäbler et al., 2018) geeft aan dat de directe consumptie van algen door suspensie-eters als *Spisula* omhoog zou moeten om de conversie naar nutriënten te versnellen en daarmee weer nieuwe primaire productie. Juist schelpdierbanken van bijvoorbeeld *Spisula* kunnen een grote bijdrage leveren aan de consumptie zowel algen en detritus. De hoeveelheden aan *Spisula*-banken kan verhoogd worden door enerzijds het verminderen van de *Spisula* visserij en reductie van bodemberoerende activiteiten als bv boomkorren (gebiedsbescherming). Anderzijds kan het ook door *Spisula* banken te stimuleren door natuurversterking. Dat laatste biedt het voordeel dat de visserijsector die al onder druk staat niet nog een beperkende maatregel te verwerken krijgt.

Tabel 1 Groottes van ecologische compartimenten (ton/km²/jaar) en fluxen tussen de compartimenten. Consumptie door geaggregeerde groepen in de zuidelijke Noordzee in ton/km²/jaar. De bron van biomassa of prooi wordt aangegeven in rijen (Y-as), de ontvangende groepen biomassa of roofdier worden aangegeven in kolommen (X-as). De belangrijkste stromen zijn aangegeven in het rood, de minst belangrijke in het groen. Deze matrix heeft gebruik gemaakt van 68 functionele groepen die zijn geaggregeerd in 7 groepen omwille van een algemeen overzicht (Stäbler et al., 2018).

		Recipient group of biomass							
		Upper TL	Fish	Zooplankton	Benthos	Detritus & Discards	Key commercial species	Planktonic microflora	Total
Source group of biomass	Upper TL	0.0017	0.00073			0.88	0.0007		0.88
	Fish	1.32	8.54		0.0025	40.99	4.72		55.57
	Zooplankton	0.01	60.79	35.66	0.74	255.11	54.88		407.19
	Benthos	0.84	49.96	3.96	1302.7	1132.15	22.06	33.35	2545.02
	Detritus & Discards	0.11		24	2177.58	0.28		1467.24	3669.21
	Key commercial species	1.01	4.56		0.00056	30.03	2.26		37.86
	Phytoplankton		5.31	461.16	426.98	2423.67	5.19	166.73	3489.04
	Total	3.2917	129.16073	524.78	3908.00306	3883.11	89.1107	1667.32	10204.78

3.3.1 *Spisula subtruncata*

De halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) is een mariene tweekleppige. *Spisula* kan in grote getallen voorkomen langs de Nederlandse kust (**Figuur 2**, Troost et al., 2023, 2024). De halfgeknotte strandschelp leeft ingegraven in bodemtypen bestaande uit los sediment variërend van kleig fijn zand, met slib, tot betrekkelijk grof zand. De soort kan al direct beneden de laagwaterlijn gevonden worden en komt voor tot diepten van enkele tientallen meters. Meestal bevindt de soort zich echter in waterdiepten tussen ongeveer 10 en 40 meter. De dichtheid waarin de dieren leven kan zeer hoog zijn: extreem hoge waarden zijn 5000 tot 17.000 individuen per vierkante meter. Banken van *Spisula* kunnen plotseling verschijnen en weer verdwijnen

(bv Troost et al., 2023, 2024). Het is daarmee in zandbanken voor de Noordzeekust van Nederland en België vaak een zeer algemene voorkomende soort. De halfgeknotte strandschelp is een filterfeeder en haalt het voedsel uit de waterkolom.

De dieren kunnen een leeftijd van ongeveer 10 jaar bereiken wat meestal nietgehaald wordt. De soort wordt door garnalen, vissen (o.a. schol) gegeten. Andere predatoren zijn de tepelhorens die met hun rasptong een rond gaatje in de schelp boren om daarna het slachtoffer door het gaatje leeg te zuigen. Ze zijn erg belangrijk als voedsel voor zee-eenden waaronder de zwarte zee-eend (Leopold, 1996, De Mesel et al., 2011, Phillipart et al., 2023, Troost et al., 2023, 2024).

Belang van *Spisula* voor zwarte zee-eenden.

Spisula wordt gevangen door vissers en is de belangrijkste voedselbron voor zwarte zee-eenden (Leopold et al., 1995, Leopold, 1996, Fox, 2003, Tulp et al., 2010, Kleiberg et al., 2017, van de Wolfshaar et al., 2023, Philippart et al., 2023). De zwarte zee-eend (*Melanitta nigra*) is een vogel die overwegend langs de kust leeft en in Nederland vooral als wintergast en doortrekker voorkomt. Ze broeden in Noord-Europa en Siberië en overwinteren in de zeeën van zuidelijker gelegen gebieden, waaronder de Noordzee. In Nederland overwinteren ze in grote aantallen, vooral boven de Waddeneilanden, waar ze foerageren op schelpdieren van de zeebodem. De soort verplaatst zich gemakkelijk in grote aantallen over grote afstanden. Massaverplaatsingen binnen Nederland of van en naar andere landen binnen het overwinteringsgebied zijn bij de zwarte zee-eend gewoon. Dit is ook zichtbaar in de sterke fluctuaties in aantallen zee-eenden in de verschillende Europese overwinteringsgebieden (Leopold et al., 1995, Leopold, 1996, Kaiser et al., 2006, Kleijberg et al., 2017).

Voedselaanwezigheid is wel een zeer belangrijke, primair bepalende factor voor zwarte zee-eenden waarbij ook banken van kleine Amerikaanse zwaardschede en andere schelpdieren prooi kunnen zijn. Pas daarna speelt verstoring een rol. *Spisula* is in de Nederlandse kustzone wel de belangrijkste prooi waarbij *Ensis* aanvullend is als er voldoende *Spisula* is. Maar *Ensis* kan ook het hoofdvoedsel zijn als er onvoldoende *Spisula* is maar het brengt minder energie op dan *Spisula* (Leopold et al., 1995, Kaiser et al., 2006, Skov et al., 2008, Tulp et al., 2010, Fijn et al., 2017, Kleiberg et al., 2017, Schwemmer et al., 2019, van de Wolfshaar et al., 2023). Zwarte zee-eenden duiken naar de bodem van de zee om de schelpen op te pikken en ze vervolgens in hun geheel door te slikken. De voedingswaarde van de *Spisula subtruncata* maakt het een essentieel onderdeel van het dieet van deze vogels, vooral tijdens de wintermaanden wanneer andere voedselbronnen schaars kunnen zijn. Grote groepen zee-eenden foerageren 's winters op dichte *Spisula* banken voor de Nederlandse kust. Nb, ze eten ook ander voedsel maar dat komt meestal niet in voldoende dichtheden voor om grote populaties te dragen (Leopold et al., 1995, Leopold, 1996, Kleiberg et al., 2017). De trend van de zwarte zee-eend is op de lange termijn negatief met een onregelmatig patroon (Sluiter et al., 2023, 2024). De nadruk ligt wel op de gebieden boven de Wadden. Nb dit zijn geen duidelijke heldere relaties omdat zwarte zee-eenden hier aankomen als onderdeel van de wintermigratie. Omstandigheden in het zomer gebied, (voedsel in) andere overwinteringsgebieden en verstoring zijn medebepalend voor de aankomst en verblijf van de zwarte zee-eend. Het belang van *Spisula* als zeer belangrijke voedselbron voor zwarte zee-eend, een belangrijke natuurdoelsoort, en *Spisula* en de visserijsector geven de urgentie aan om aan natuurversterking te doen voor *Spisula*.

Mogelijkheden voor natuurversterking door manipulatie van de zeebodem

In zijn algemeenheid is de ontwikkeling van een benthosgemeenschap onvoorspelbaar door de onvoorspelbare processen van settlement en recruitment (**Box 1**). Bij *Spisula* is er echter meer aan de hand. Op sommige plekken langs de kust zijn bepaalde plekken te vinden waar zich vaak banken vormen en waar settlement, recruitment en post-recruitment processen vaak gunstig zijn. **Figuur 2** laat zien dat er plekken zijn waar *Spisula* regelmatig dichte banken vormt, dus in grote getallen de recruitmentfase overleeft en waar settlement, recruitment en post-recruitment processen vaak gunstig zijn. Hier is iets wat stuurt op regelmaat in plaats van toeval. Dit geeft mogelijkheden te sturen op deze factoren en aan natuurbouw te doen (dus het normale toeval van benthos ontwikkeling ontstijgen). De vraag doet zich voor of het mogelijk is ideale *Spisula*-bank condities te creëren door zeebed en/of zandwinputten op een bepaalde manier achter te laten waardoor *Spisula* makkelijk settelt en in hoge dichtheden vestigt?

Volgens verschillende statistische modellen kan dit een zeebodem zijn met een bepaalde variatie aan korrelgroottes (180-280 μm , DeGraer et al., 2006, de Fouw et al., 2023, de Mesel et al., 2011), een bepaalde bodemvorm (licht glooiende bodems al is dit van zeer grote schaal, De Mesel et al. 2011, Schultz et al., in prep.), hogere zomer- en wintertemperaturen (De Fouw et al., 2023), saliniteit, diepte, of een bepaalde stroomrichting (staat voor watermassa, De Mesel et al. 2011).

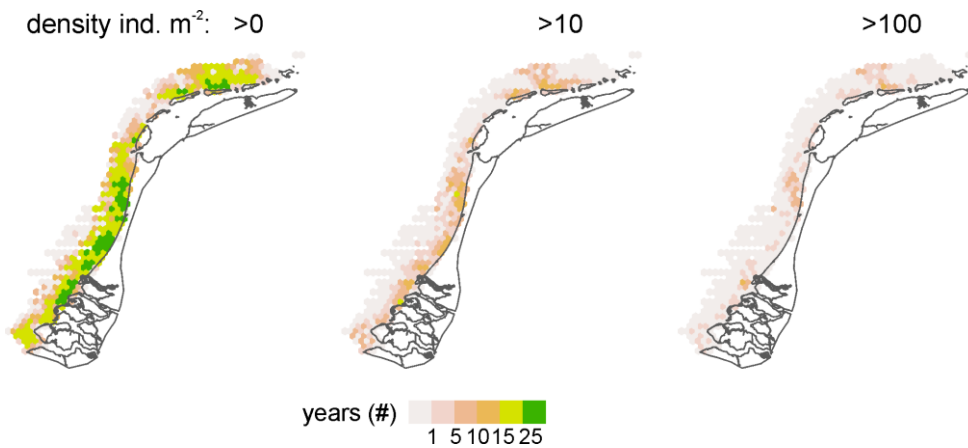
De invloed van korrelgrootte op het voorkomen van *Spisula* is door ons nader onderzocht. Gebruik is gemaakt van een kaart van de mediane korrelgrootte (D50) van het sediment van de Noordzeekust, vervaardigd door TNO-NITG in 2007 (**Figuur 3**). Voor alle metingen van *Spisula* (n/m^2) in de WOT schelpdiersurvey van 1993 t/m 2019 is bepaald wat de D50 was op de monsterlocatie. De dichtheden werden gesplitst in dichte banken ($>100 \text{ n}/\text{m}^2$) en niet-dichte velden ($< 100 \text{ n}/\text{m}^2$). Een kansdichtheid (probability density function) is bepaald voor de kans op voorkomen van dichte banken en niet-dichte velden als functie van de D50 (**Figuur 4**). Dit laat zien dat dichte *Spisula*-banken een voorkeur hebben voor substraat met een mediane korrelgrootte van iets groter dan 200 μm in vergelijking met *Spisula* in lagere dichtheden. Het aanleggen van een *Spisula*-bed met een korrelgrootte range van 180 tot 230 μm verhoogt de kans met maximaal 30% op een *Spisula*-bank t.o.v. een gebied wat geschikt is voor ook lagere dichtheden *Spisula*. Hier staat natuurlijk tegenover dat de recruitment van *Spisula* over de jaren heen een grote dynamiek kent die gestuurd wordt door een grootschalige nog onbegrepen systeemdynamiek (Troost et al., 2023, 2024).

De korrelgroottevoorkeur voor *Spisula* banken geeft richtlijnen voor het manipuleren van de zeebodem (door middel van het aanbrengen van zand met een bepaalde D50) voor het creëren van optimale omstandigheden van dichte *Spisula* banken. Er worden meerdere factoren genoemd als sturende factoren maar in zijn algemeenheid geldt dat korrelgrootte waarschijnlijk de belangrijkste factor is die de samenstelling van benthosgemeenschap bepaalt (van Denderen et al., 2014, Ellis et al., 2017, van der Reijden et al., 2018, Bosco Gusmao et al., 2022). Het is daarmee de eerste factor om deze vorm van natuurversterking van het zachte substraat te testen.

Concluderend: we veranderen ongeschikt zeebed voor *Spisula*banken (normaal zeebed, dan wel zandwinkuilen) in zeebed waar *Spisula*banken een veel hogere kans hebben om te ontstaan. Het gemanipuleerde sediment noemen we *Spisula*-bedden en deze verhogen de potentie voor dichte *Spisula*-banken.

Andere vormen om *Spisula* te versterken

Andere vormen om *Spisula* te beschermen zijn bijvoorbeeld gebiedssluiting voor visserij en zandwinning, visserijbeleid (dan wel gebiedsgericht dan wel op quota of technieken). Dat zijn allemaal beschermingsmaatregelen, geen experimentele natuurversterking. Ze laten het zeebed zoals het is. Een zeebedmanipulatie om de korrelgrootte aan te passen tot een *Spisula* bed is een actieve maatregel en een actieve natuurversterking. Door deze maatregel toe te passen op gebieden die geen voorkeursgebieden zijn, neemt het areaal aan *Spisula*-bed en -potentieel toe.



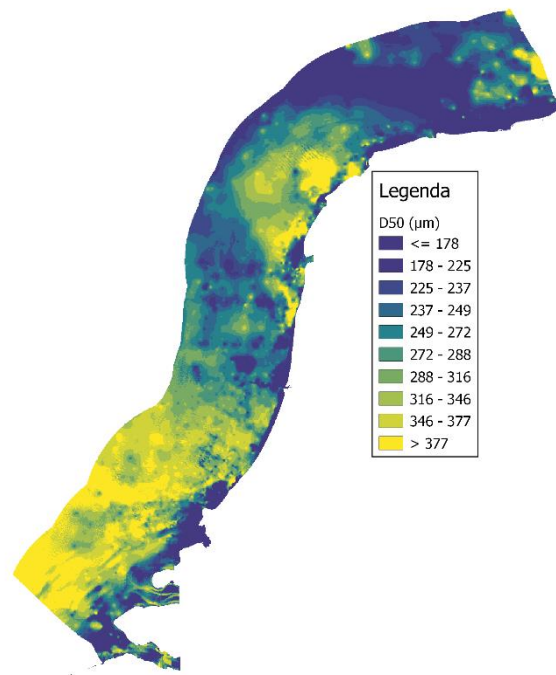
Figuur 2 Ruimtelijke plots van het aantal jaren waarin *S. subtruncata*-dichtheden >0 , >10 of >100 individuen per m^2 per hexagon bereikten. Nul observaties in grijs (De Fouw et al., 2023, Philippart et al., 2023).

Box 1 Dynamiek in de benthos gemeenschap

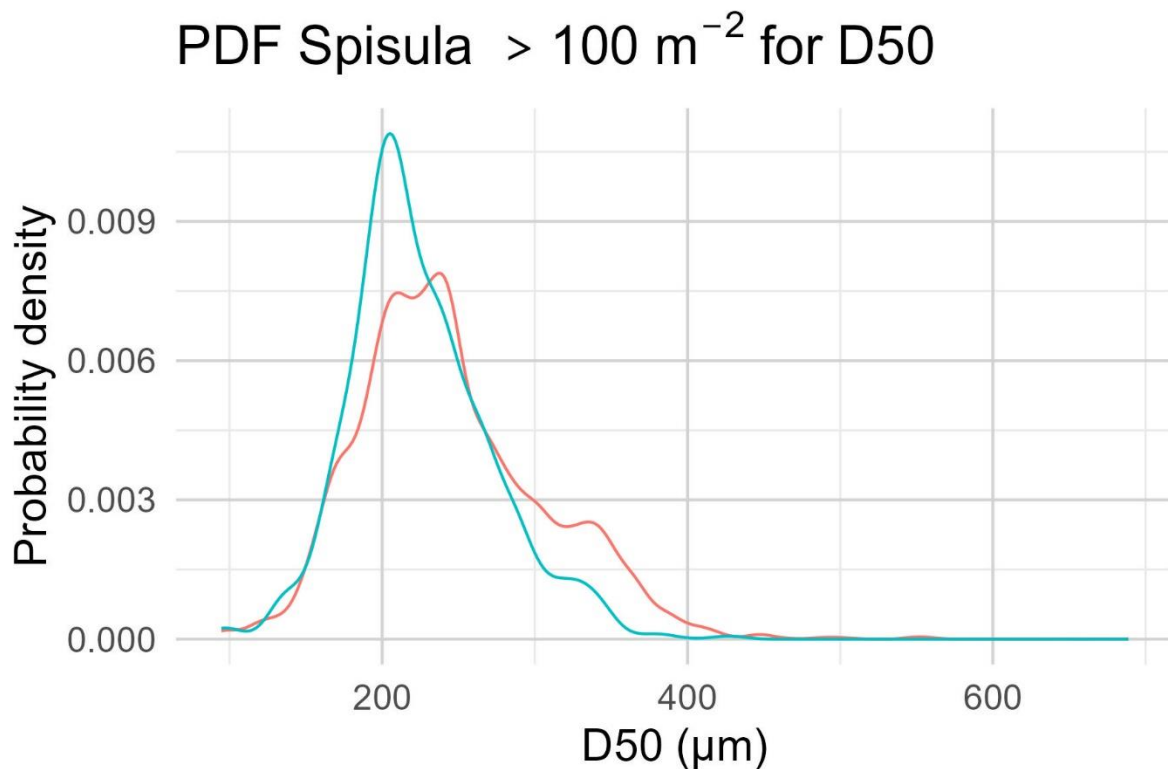
De aanwezigheid, (seizoensgebonden) variabiliteit in gemiddelde abundantie, diversiteit en gemeenschapsstructuur van benthos is normaal gesproken een complex chaotisch proces waarbij toeval een grote rol speelt (Reis & Kröncke, 2005). Processen en elementen die mogelijk van belang zijn:

- Massa aan voortplantingsweefsel en aantallen bevruchte gameten die de eerste potentie bepalen.
- Stromingspatronen die de lokale aanwezigheid bepalen.
- Settlement van de pelagische larven waarbij zeebed-factoren een rol kunnen spelen.
- Zomer-recruitment waarbij factoren spelen als beschikbaarheid van voedsel, watertemperatuur, predatie en hydrodynamische stress.
- Winter-recruitment waarbij factoren spelen als watertemperatuur, opslagweefsel, gametenopbouw en hydrodynamische stress.

Voor *Spisula* lijkt het. **Figuur 2** laat zien dat er plekken zijn waar *Spisula* regelmatig banken vormt. Op deze plekken overleven de gesettelde *Spisula* in grote getallen de recruitmentfase (zomer en winter, zie ook **Box 1**). Hier is iets wat stuurt op regelmaat in plaats van toeval. Dit geeft mogelijkheden te sturen op deze factoren en aan natuurbouw te doen.



Figuur 3 Mediane korrelgrootte (D50 in μm) voor de Nederlandse Noordzeekust. Bron: TNO-NITG 2007.



Figuur 4 Kansdichtheid voor hoge dichtheden van *Spisula subtruncata* (> 100 individuen per vierkante meter, blauwe lijn) versus lage dichtheden (≤ 100 individuen per vierkante meter, rode lijn) als functie van de mediane korrelgrootte (eigen berekeningen).

Koppeling met zandwinning

Om de zeebodem te kunnen manipuleren tot een *Spisula*-bed dient zand gewonnen te worden. Het biedt hiermee een potentieel om te koppelen met zandwinning (zandwinkuilen naast het gewone ongestoorde zeebed).

Zandwinning op zee is een noodzakelijke activiteit voor zowel kustbescherming als infrastructuur op land. Hierbij worden zeebodemeenschappen meestal slechts tijdelijk beschadigd. Met klimaatverandering zal meer zand gewonnen moeten worden voor de kustbescherming waarbij zowel grotere oppervlaktes gewonnen worden en steeds dieper gegraven gaat worden (van -2 m naar -6 m, om het beschadigde oppervlak te reduceren). Deze diepere dan gebruikelijke winning kan een semi-permanente verandering van habitat betekenen met gevolgen voor het zeeleven. Zandwinning heeft gevolgen voor bodemdieren, vissen en afhankelijke soorten (andere vissoorten, vogels en zeezoogdieren). Zandwinning kan veroorzaken dat de overgebleven put een andere korrelgrootte en slibgehalte krijgt (Witbaard & Craeymeersch, 2023, Lewis et al., 2024). In de regio Vlieland tot Schiermonnikoog moet veel gesuppleerd worden. Tussen 2015 en 2023 is in deze regio 21.5 Milm³ gesuppleerd met een groot deel op de Amelandse kust. Deze regio heeft de grootste zandbehoefte per km kust (Ministerie van Infrastructuur en Water, 2024, Stichting LaMER, 2024)). Tegelijkertijd is deze kustzone heel erg belangrijk voor zowel de potentie en als de aanwezigheid van dichte *Spisula*-banken (**Figuur 2**). De toenemende druk op deze belangrijke stapelvoedselsoort maakt noodzakelijk om de mogelijkheden van natuurversterking te cerckennen, door het manipuleren van de zeebodem, voor het verhogen van biomassa in de kustzee.

Om de kansen voor zwarte zee-eend en andere ecosysteemcomponenten die afhankelijk zijn van primaire productie te verhogen is het noodzakelijk aan natuurversterking te doen voor *Spisula* door het aanleggen van *Spisula*-bedden op de zeebodem. Dit dient te gebeuren in relatie tot zandwinning omdat zandwinning potentieel gebruik wil maken van huidige gebieden waar de kansen op *Spisula*-banken hoog zijn.

Monitoring van de najaarsbodemeenschap met WOT bodemschaaf

In de onderzoeksopzet van het BACI onderzoek (Baptist & Rozemeijer, 2024) werd benadrukt dat het recruitmentproces van de zeebodem een chaotisch proces is, zonder enige regelmaat. De variabiliteit van de recruitment in de tijd is groter dan in de ruimte. Deze grote variabiliteit in recruitment geldt ook voor aan te leggen gemanipuleerde zeebodems voor natuurversterking. Ook hier is het nodig de processen in grotere schaal en bredere verbanden te kunnen bekijken. Hier bij gaat het vooral om een najaarsmeting omdat de belangrijkste recruitmentprocessen plaats vinden gedurende de zomer (Reis & Kröncke., 2005).

De wijde omgeving van het studiegebied (zowel BACI gebied als waar we zeebed manipulaties gaan voorstellen) wordt sinds 1993 jaarlijks in het voorjaar bemonsterd met een schaaf om de samenstelling van schelpdieren vast te stellen (https://shiny.wur.nl/Schelpdiermonitor_Kust/). Een aanpak is om aan te sluiten bij dit WOT programma naar schelpdieren in de kustzone en WOT bodemschaaf (Troost et al., 2023) en hiermee een grootschalige najaarsmeting te doen aan een groot grid aan bestaande WOT punten. Hiermee wordt een beeld van recruitmentprocessen gegenereerd over een grotere ruimtelijke schaal waardoor eerder sturende processen worden gedetecteerd. Dit heeft als voordeel dat er een set data wordt gegenereerd die vergeleken kan worden met een langjarige, hoge resolutie data set van het WOT programma.

Gedetailleerde bodemopbouw

In de onderzoeksopzet van het BACI onderzoek (Baptist & Rozemeijer, 2024) werd benadrukt dat kennis van de gedetailleerde bodemopbouw een hoog verklarend gehalte kan hebben voor recruitmentprocessen van alle soorten (*Spisula* en mogelijk concurrenten). Het gaat dan om de verticale opbouw van de bodem in termen van korrelgrootteverdeling, slib en organisch materiaal en een verdere detaillering van het organisch materiaal in recent gestorven fytoplankton (vers, hoge voedingswaarde) dan wel oudere organisch materiaal zonder de pigmenten (lage voedingswaarde). Het is bij een zeebodemmanipulatie van belang deze aspecten te volgen.

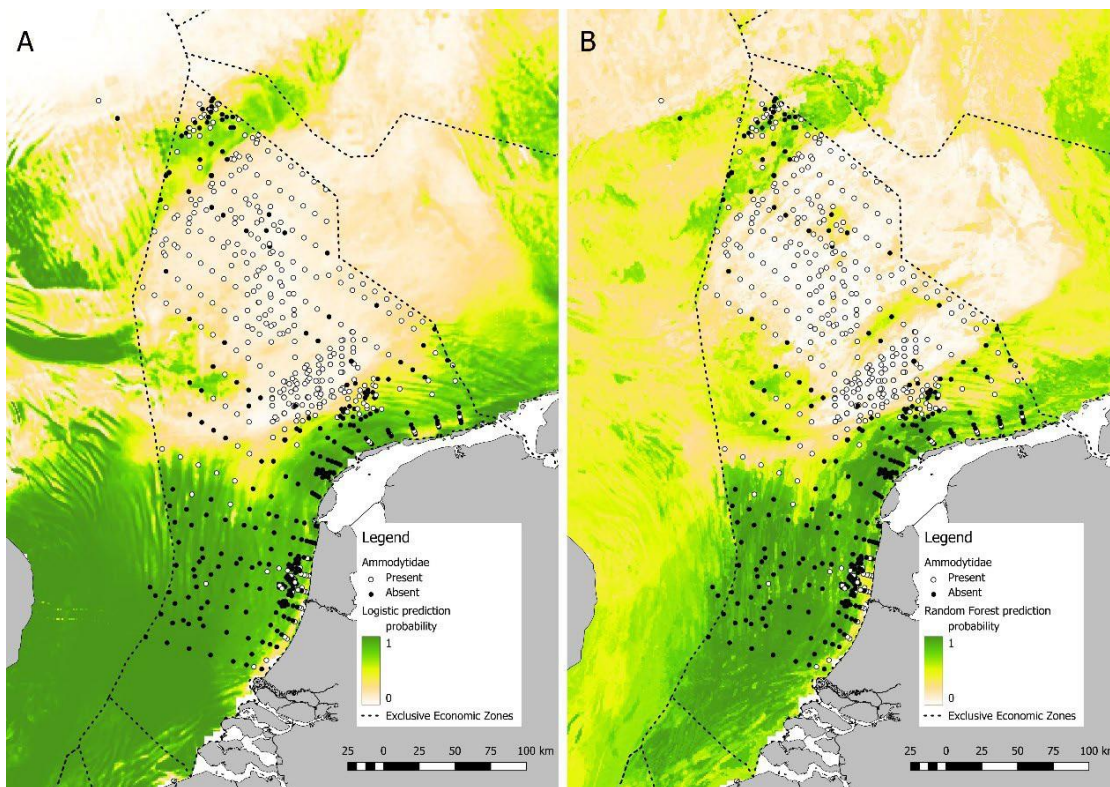
3.3.2 Eerdere experimenten met bodemmanipulatie

Cooper et al. (2011) manipuleerden een zeebodem door gravel te storten op een gebied dat verzand was door gravelwinning wat leidde tot meer soorten dan de controle site zonder manipulatie.

In de zandwinning van Maasvlakte II werden zandlichamen aangebracht. Tegelijkertijd veranderde de bodem naar hogere slibgehalten (door verlaagde stromingssnelheden) wat leidde tot meer *Abra alba* en ook een hogere aanwezigheid van vis (een vorm van passieve manipulatie van de zeebodem door zo diep te winnen tot 20m windiepte, De Jong et al., 2015, de Jong, 2016).

3.3.3 Zandspiering

Zandspiering, of eigenlijk het geslacht zandspieren omdat het uit meerdere soorten bestaat, zijn kleine, slanke vissen die een belangrijke rol spelen in mariene voedselketens. Zandspieren leven meestal in scholen en graven zich in het zand in om zich te beschermen tegen predatoren. Ze zijn vaak te vinden in ondiepe wateren (**Figuur 5**, Witbaard et al., 2024). Zandspieren zijn een cruciale voedselbron voor veel vissen, zeevogels en zeezoogdieren (**Figuur 1**, Stähler et al., 2018). Zandspieren jagen in de warme helft van het jaar overdag in snelstromend water op dierlijk plankton. Dat doen ze vaak in grote scholen. Als zandspieren eenmaal een plek hebben gevonden waar ze goed kunnen leven, bouwt zich daar een forse populatie op die zich niet snel meer verplaatst.



Figuur 5 Waargenomen voorkomen van zandspiering in de Nederlandse EEZ, en modelvoorspellingen door (A) logistische regressie en (B) random forest regressie. Witte open stippen geven monsters aan waarbij de soort afwezig is, zwart gevulde stippen staan voor aanwezigheid. Groen-geelachtige arcering vertegenwoordigt de voorspelde waarschijnlijkheid van voorkomen van de modellen. (Witbaard et al., 2024).

Zandspiering behoort tot de categorie stapelvoedsel. Ze koppelen de productie op lagere trofische niveaus direct aan hogere trofische niveaus door zich te voeden met zoöplankton en te worden opgegeten door roofdieren. Zandspiering oefent een top-down controle uit op de zoöplanktongemeenschap in de zuidelijke Noordzee (**Figuur 1**). Door hun hoge vetgehalte zijn ze voedszaam voor veel roofvissen, zeevogels en zeezoogdieren (Daunt et al., 2008; Engelhard et al., 2013; Jansen et al. 2012).

's Nachts en bij koude watertemperaturen graven ze zich in in het zand. Dat zand moet bij voorkeur vrij grofkorrelig zijn om voldoende zuurstof te krijgen en met zeer weinig slib om die doorstroming te garanderen (Witbaard et al., 2024). De bodem die achterblijft na zandwinning kan anders zijn dan het uitgangspunt en kan effecten hebben op de populatiegrootte zandspiering en daarmee de gemeenschappen die ervan afhankelijk zijn. Net als voor *Spisula* is het essentieel voor een gezonde Noordzee dat er voldoende leefgebied is voor de zandspiering. Bodemberoering als zandwinning kan leiden tot gebieden met hogere slibgehalten en daarmee een afname van het zandspiering-habitat (Witbaard & Craeymeersch, 2023, Leewis et al., 2024, Witbaard et al., 2024). Gebruikte zandwinputten bieden kansen om condities te creëren die ideaal zijn voor zandspiering. We zullen dan de (omgeving van de) zandwinputten op een andere manier moeten inrichten.

Dit experiment wordt pas later in het jaar verder concreet uitgewerkt, zodra het duidelijk is dat zeebed manipulatie een toegevoegde waarde kan hebben voor NN. Het idee is zowel een grovere fractie te gebruiken (betere doorstroming) als een dikkere laag dan een *Spisula* bed. De dikkere laag is om zandspiering de gelegenheid te geven zich in te graven in een doorlatende laag.

3.3.4 Visgedrag in relatie tot de zeebodem

Voor NN is de visgemeenschap een belangrijke doelstelling in het Programmaplan Natuurversterking Noordzee (2025). De visgemeenschap profiteert van eventuele natuurversterking van de zandige zeebodem. Zandwinputten kunnen een lokale verschuiving in de stromingspatronen veroorzaken (Daliri et al., in prep.). Daarnaast kunnen bodemkarakteristieken veranderen wat weer vissen kan aantrekken (De Jong, 2016, Witbaard & Craeymeersch, 2023). Pelagische vis zoals sprot en haring zijn belangrijke prosoorten voor zeevogels (zoals de grote stern) en voor bruinvissen. Hun biomassa in de ondiepe kustzee van Nederland is de motor voor het pelagische voedselweb. Zandwinputten kunnen de aanwezigheid van vis en daarmee de natuurwaarde en productiviteit van de mariene omgeving sturen en daarmee mogelijk de natuur versterken.

Bij het BACI onderzoek Ameland worden drie landers gedurende enkele jaren opgesteld. Dit biedt kans om deze uit te rusten met Wideband Autonomous Transceivers (WBATs) die vis in de waterkolom kwantificeren om zodoende jaarrond de aanwezigheid en biomassa van vis te meten in relatie tot zandwinning en ruimtelijk variabiliteit. Dit levert ons meer inzicht op in de aantrekkelijkheid van zandwinkuilen voor pelagische vis.

Beschrijving WBAT

Voor het monitoren van dichtheden pelagische vis (en zoöplankton) kan gebruik worden gemaakt van een autonome akoestische sensor die aan een lander op de zeebodem wordt bevestigd en omhoog kijkt in de waterkolom. Een dergelijk instrument zendt periodieke akoestische pulsen uit in het water. De akoestische pulsen worden teruggekaatst wanneer ze botsen met objecten in het water, zoals zoöplankton en vissen. De teruggekaatste geluidsgolven bevatten informatie over de locatie en beweging van deze organismen. Sensoren in het akoestische instrument detecteren en analyseren de teruggekaatste geluidssignalen. Door de tijd die het duurt voordat het signaal terugkomt en de intensiteit ervan te meten, kan het instrument informatie verstrekken over de diepte, dichtheid en grootte van de organismen. Door herhaaldelijk akoestische pulsen uit te zenden en te ontvangen tijdens het bewegen door het water, kan het instrument een verticaal profiel genereren dat informatie geeft over de verspreiding van zoöplankton en vissen op verschillende diepten.

4 Voorstel voor zandige natuurversterking

4.1 Natuurversterking met *Spisula*

Eerst volgt in **Box 2** een korte, kernachtige beschrijving van een natuurversterking door zeebodembewerking in zowel de gewone ongestoorde zeebodem en tijdelijk verlaten zandwinputten. Deze experimentele natuurversterking is een leren-door-doen project: er wordt een pilot gedaan en dit wordt gemonitord en geëvalueerd. De resultaten dragen bij aan een beter begrip van de processen en het functioneren van het mariene ecosysteem en het geeft handvatten voor zandwin-strategiën die bijdragen aan natuurversterking. Denk bijvoorbeeld aan het aanleggen van een diepere put in een put waar al het slib kan bezinken, het aanleggen van zandheuvels die een andere biodiversiteit hebben, het creëren van een bepaalde bodemsamenstelling die gunstig is voor schelpdierbanken. Waar mogelijk wordt synergie gezocht met dit programma.

Box 2 Kernachtige samenvatting van de aanpak.

- *Spisula subtruncata* is een kritische doelsoort als stapelvoedsel voor de beschermde zwarte zee-eend.
- De opgave is om zeebodem met lage geschiktheid voor *Spisula*-banken zodanig in te richten dat het voldoet aan de optimale habitatcriteria van *Spisula*-banken.
- De habitats in deze gebieden fungeren op hun beurt als kraamkamers voor de omgeving en voedselbron voor de hogere trofische niveaus (zwarte zee-eend).
- Om de optimale habitatcriteria te kunnen definiëren, meten we aspecten die geassocieerd worden met habitatcondities: hydraulisch (stroming en menging ivm zuurstofloosheid), morfologisch (zandvormen), fysisch (korrelgroottes, slibgehalte) en ecologisch (benthos, zoöplankton & vis).
- In een leren-door-doen pilot richten we experimentele *Spisula*-bedden in door sediment met de meest geschikte korrelgrootte aan te brengen met een sleephopperzuiger. Dit doen we in en naast vier a vijf verschillende locaties en zandwinputten ten noorden van Ameland.
- De voor deze pilot geselecteerde zandwinputten bevinden zich niet in de voor zandwinning vergunde gebieden en niet in het zoekgebied MER 2028-2037, zodat ze voor tenminste 10 jaar ongemoeid blijven.
- Met de opgedane kennis kan op geselecteerde locaties opgeschaald worden met de aanleg van *Spisula*-bedden in de kustzee. Het benodigde zand hiervoor wordt verkregen uit de lopende zandwinningen. Met 1% van het jaarlijkse zandwinvolume kan jaarlijks 100-200 ha aan natuur versterkt worden.

We willen deze aanpak uitwerken in de volgende werkpakketten en stappen (NB dit is nog in de concept fase):

- a) **Projectmanagement:** het consortium wordt geleid door WMR als penvoerder en vertegenwoordigers van NIOZ, TUDelft en Deltares. LVVN, Ecoshape en RWS worden uitgenodigd voor de adviescommissie. Taken zijn projectleiding, communicatie, rapportage, contact met de opdrachtgever. NB deze taak is op programmaniveau en deelprojectniveau.
- b) **Ontwerpfase:** Er zijn meerdere ruimtelijke statistische modellen van *Spisula* zoals De Mesel et al., (2011), De Fouw et al. (2023) en Schulz et al. (in prep.). De resultaten van bovenstaande onderzoeken worden integraal beoordeeld door het consortium en experts van Boskalis, Ecoshape en RWS om ontwerpcriteria en een ontwerp te genereren voor de manipulatie van:
 - a. Vier gebruikte zandwinputten waarin de zeebodem wordt gemanipuleerd.
 - b. Vier nabije locaties met ongewonnen zeebodem.

-
- c) **Aanleg:** De aanlegfase bestaat uit het nemen van T0 monitoring en het manipuleren van de bodem met een optimale D50. Idealiter worden deze activiteiten opgelijnd met lopend baggerwerk in 2025 offshore Ameland. De manipulatie van de zeebodem kan plaatsvinden door het aanbrengen van de gewenste sedimentsamenstelling door middel van de zuigbuis van een sleephopperzuiger. Hiermee is het mogelijk om nauwkeurig zand op de zeebodem te plaatsen.
- a. **Start:** We willen 2de kwartaal 2025 starten omdat in de loop van 2025 de winning bij Ameland plaatsvindt. In gesprek met Boskalis blijkt dat het mogelijk kan zijn om gekoppeld aan de uitvoering van de zandwinning de bodem volgens bepaalde wensen aan te passen. Deze koppeling drukt de kosten van uitvoering aanzienlijk.
- Er is met Ecoshape, RWS en Boskalis overleg over de onderzoeksopzet en uitvoering van het experiment.
- d) **Volgen van de ontwikkelingen (monitoring):** gedurende drie en half jaar wordt de ontwikkeling in de gemanipuleerde plekken gevolgd en wordt een afsluitende evaluatie geschreven. In iedere gemanipuleerde locatie (de Spisula-bedden) worden zes schaaftrekken en zes boxcore monsters genomen. Direct naast iedere gemanipuleerde locatie worden nog eens zes schaaftrekken en zes boxcore monsters genomen als referentie. In totaal gaat het om $2 \times 24 \times 6 = 96$ monsters per meetcampagne. Metingen worden twee maal per jaar verricht, in het voorjaar en in het najaar.
- e) **Bepalen van de najaarsrecruitment van Spisula-bedden en de naaste omgeving.** In het algemeen is recruitment een chaotisch proces (Reiss & Kröncke, 2005, Box 1). Echter in bepaalde gebieden boven Ameland en Terschelling is regelmatig recruitment succes van Spisula. Er is iets wat regelmaat stuurt in recruitment en dit tot een succes maakt. Het is van groot belang daar meer grip op te krijgen. Er zijn twee fases van overleving: recruitment: zomerfase op de net-gesettlede dieren en winterfase processen op overlevende dieren. Aangezien de meeste sterfte van de pas gesettlede dieren in de zomer plaats vinden (Reiss & Kröncke, 2005) is het van belang om juist in het najaar een tussenstand op te nemen en aantallen te kunnen correleren met gebeurtenissen (bv stormen) en aangetroffen predatoren. Hierbij wordt een koppeling gezocht met het BACI experiment om in een breder verband ook de rekolonisatie van de zandwinput te begrijpen en regels op te stellen hoe de bodem van een zandwinput achter te laten om de snelste of meest optimale rekolonisatie te krijgen. Voor het bepalen van de voor- en najaarsrecruitment worden schaaftrekken genomen in het langjarige meetgrid van de WOT schelpdiersurvey en wordt de leeftijd bepaald van de bemonsterde Spisula. De reguliere WOT metingen (Troost et al., 2023, 2024) meten in het voorjaar en daarmee de winteroverleving. Als eerste willen we de (zomer)recruitment meten om dat daar de meeste sterfte is (meten in het najaar, Reiss & Kröncke, 2005).
- f) **Aanwezigheid van larven in de waterkolom.** Het volgen van de larven geeft essentiële informatie over de settlement en beantwoordt de vraag of op deze toplocaties de hoeveelheden larven wellicht hoger zijn. Dit zijn vier jaarlijkse expedities na het bereiken van het paaimoment van Spisula in juni/juli (Cardoso et al., 2007).
- g) **Gelaagde bodemopbouw onderzoek.** Een belangrijk aspect van de settlement en recruitment van Spisula is de opbouw van de bodem en dan met name de gelaagde incorporatie van vers dood fytoplankton in de bodem (door bv stormen of bioturbatie, Newell et al., 1998, Rosenberg 2001, Baptist & Rozemeijer, 2024, Witbaard, pers. comm.). Met boxcores wordt de bodemopbouw in de Spisula-bedden en in referentiesituaties onderzocht en gevolgd. Hierbij wordt een koppeling gezocht met het BACI experiment om in een breder verband naar de rol van de incorporatie van dood fytoplankton te kijken.
- h) **Bodem biochemie:** een belangrijk aspect voor de conditie en het functioneren van de bodem is de biochemie van de bodem. Het aanleggen van een nieuwe zandlaag verandert de bodemchemie. Deze verandering kan mogelijk een belangrijke rol hebben. Op een aantal plaatsen wordt de bodemchemie bepaald met boxcorers die aan boord geïncubeerd worden. Hierbij wordt een koppeling gezocht met het BACI experiment om in een breder verband naar de rol van de biochemie van de bodem te kijken.
- i) **Meiofauna:** meiofauna is een grotendeels onbekende component in de bodemgemeenschappen. Naturalis is heel geïnteresseerd om monsters uit te werken die genomen worden tijdens deze proeven en die van de BACI.
- j) **Plaatsen van landers op toplocaties en referentie situaties voor het monitoren van de pelagische fase.** De meeste hier voorgestelde onderzoeken gaan over het bodem-compartiment. Deze stap neemt de waterfase mee om onderzoek te doen naar gesuspendeerd slib en algen als

mogelijke oorzaken voor het ontstaan van Spisula banken. De landers van het BACI onderzoek staan 1 jaar stil. In die periode willen we ze gebruiken voor het bestuderen van de pelagische fase van toplocaties en referentiesituaties.

- k) **Modelleren van bodemgedrag in relatie tot hydrodynamiek:** : Onder invloed van stroming en golven zullen de bodemvormen en -samenstelling zich na de initiële aanpassing geleidelijk verder ontwikkelen. Zo kunnen bodemvormen zich herstellen, of kunnen nieuwe bodemvormen tot ontwikkeling komen passend bij de eigenschappen van de nieuwe bodemlaag. Ook kan de samenstelling van deze nieuwe laag veranderen, bijvoorbeeld door de invang van slib of de afdekking met zand uit de omgeving. Deze veranderingen beïnvloeden de vestiging van Spisula. Op basis van het bestaande DCSM-FM model voor de Noordzee worden de lokale stromings- en golfcondities op de verschillende testlocaties geanalyseerd en wordt een prognose gemaakt van lokale zand- en slibtransporten, erosie en sedimentatie, de ontwikkeling van bodemvormen en de veranderingen van de bodemsamenstelling t.g.v. de invang van slib in de bodem en de migratie van zand. Met het aan het DCSM-FM gekoppelde waterkwaliteitsmodel wordt bovendien de lokale uitwisseling van nutriënten, koolstof en zuurstof tussen de bodem en de waterkolom gekwantificeerd. De prognoses voor deze lokale fysische en chemische condities worden tijdens de pilot getoetst aan lokale metingen van deze condities (zie I) voor een beschrijving).
- l) **Aanvullende monitoring bodemcondities:** In aanvulling op bodembemonstering met schaaftrekken en boxcores wordt de toestand en de ontwikkeling van de bodemhoogte, -vormen en -samenstelling gemonitord d.m.v. diverse sensoren in de bodem (voor het volgen van de ontwikkelingen in de tijd en de invloed van getij, stormen en seizoensdynamiek hierop) en akoestische technieken vanaf meetschepen (voor ruimtelijke beelden van de oppervlakte en toplaag van de zeebodem). De sensoren in de bodem zijn: druk, temperatuur, zuurstof/redox, geleidbaarheid, versnelling.
De sensoren in de bodem worden geplaatst nabij de landers op toplocaties en de referentie, zodat een directe koppeling mogelijk is tussen omstandigheden in de waterkolom en in de bodem. De akoestische technieken zijn:
- a. multibeam echosounding MBES (voor bodemhoogte en -vormen), backscatter BS en subbottom profiling (voor eigenschappen toplaag)
- m) **Modelleren van hoge dichtheden van Spisula** in relatie tot (a)biotiek. Verschillende modellen van Spisula (De Mesel et al., 2011, De Fouw et al., 2023 en Schulz et al., in prep.) gebruiken verschillende uitgangspunten en variabelen. Daarnaast komen er nieuwe resultaten vrij van het bodem-manipulatie experimenten van de najaarsmetingen zullen verwerkt worden. Daarnaast modelleerden De Fouw et al. (2023) in een continu benadering aan dichtheden vanaf 0. In de komende modelaanpak willen we focussen op de hogere dichtheden van ≥ 1 -jarige Spisula (condities voor banken) en alleen de 0-jarigen (condities voor settlement) (aparte rapportage).
- n) **Wrap up en evaluatie van het gehele project:** alle gegevens worden gebundeld in een eindrapport met adviezen hoe aan natuurbouw gedaan kan worden voor Spisula. Ook worden adviezen gegeven over duurzame zandwinning. Van het modelleerwerk wordt alleen de samenvatting opgenomen want dat loopt parallel.

4.1.1 Praktische uitwerking

Ten noorden van Ameland is er lokaal een hoge potentiële geschiktheid voor Spisula (Schultz et al. in prep., **Figuur 6**). Vlak daar in de buurt vinden Mei-December 2025 winningen plaats in grofweg de vakken M9M en M9I. Dit biedt een window of opportunity om alleen tegen de kostprijs van uitvoeringsdagen een experimentele pilot natuurversterking in te richten (mobilisatie en reisdagen hoeven niet meegerekend te worden). Het voorstel is om pilotgebieden in te richten van 'Spisula-bedden' in en nabij vier zandwinputten ten noorden van Ameland (**Figuur 6**). In deze Spisula-bedden wordt sediment aangebracht met een optimale korrelgrootte (**Figuur 4**). In overleg met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg hebben we zandwinputten geselecteerd die de komende 10 jaar niet gebruikt gaan worden voor winning (Ministerie van Infrastructuur en Water, 2024, Stichting LaMER, 2024). Deze zandwinputten liggen niet in de voor zandwinning vergunde gebieden en niet in het zoekgebied MER 2028-2037 voor Suppletiezand en Ophoogzand. De "gewone zee-bed pilots" liggen vanwege de proefopzet nabij de pilots in de gepauzeerde zandwingegebieden. Het gebied om de pilots heen dient als referentie gebied waarbij naderhand punten om de pilotsvakken heen worden gekozen voor de monitoring

Schaal pilot vak: kleinschalige start: 8 natuurversterkingsplots van ~200*250 m * ~10 cm hoog (5000 m³). De acht pilot *Spisula*-bedden zijn gekozen in een variatie aan zeebed al dan niet geschikt voor *Spisula* en in gepauzeerde zandwingebieden. Dit is een minimum benadering om nog enige statistische resolutie te krijgen afgewogen tegen de kosten. Een aanvullende optie is twee natuurversterkingsplots in het niet geclaimde gedeelte van M9H (een -6 m diepe winning) en daarnaast. Dat kan de resolutie verhogen.

Benodigde ladingen per pilot vak: één beunlading volstaat om een vak in te richten. Eventueel kan voor de zekerheid nog een x-% van een extra beunlading worden toegevoegd.

Benodigde hopper: er is een specifieke hopper met een valbuis nodig die kan storten via deze valbuis. Een valbuis techniek biedt een veel preciezere aanpak om een afgebakend gebied te bewerken dan klappen of rainbowen). Boskalis zet die na overleg ook in (en in te zetten bij de winningen voor het BACI experiment).

Zand met specifieke korrelgrootte: Gedurende het winnen voor de suppleties wordt de korrelgrootte in de gaten gehouden omdat er ook een suppletie-experiment (SOURCE project) loopt dat experimenteert met verschillende D50's. Zodra een beun gevuld is met deze specifieke D50 kan het meteen naar een pilotvak varen en via de valbuis een rechthoek inrichten.

Doorlooptijd: de doorlooptijd van inrichten wordt geschat op netto 2 dagen.

Monitoring: in sectie 4.1 staat een uitwerking in werkpakketten. Hier is de ontwerpfase en aanleg evident cruciaal. Daarnaast is het noodzakelijk de ontwikkeling te volgen. Hierbij is het werkpakket *Bepalen van de najaarsrecruitment van Spisula-bedden en de naaste omgeving* het minimale wat er moet gebeuren en noodzakelijk. Dit dient jaarlijks te gebeuren omdat de dynamiek van *Spisula* grillig is. Dit dient met de WOT WMR schaal voor de schelpdiermonitoring te gebeuren om aan te sluiten bij het WOT Schelpdiersurvey.

Aanvullend is het zeer wenselijk om een voorjaarsmeting te doen aanvullend op de WOT Schelpdiersurvey en midden zomer een boxcorer expeditie om de settlement te beoordelen.

Effecten: Het gaat om het weggraven en vervolgens begraven van zeebodem wat inhoudt dat in het ergste geval 8 a 10 maal 200*250 m² aan benthos door een laag van 10 cm fijn zand wordt bedekt (2 reservevaartochten voor eventuele benodigde afwerking). Hierbij gaat het om gemeenschappen die langs de gehele kust voorkomen (de Mesel et al., 2010). Het zijn daarmee geen zeldzame gemeenschappen. Daarnaast is de hele kustgemeenschap aanleverend wat betreft larven. Rekolonisatie zal bij ondiepe winning naar verwachting gewoon gebeuren (Newell et al., 1998, van Dalftsen & Essink, 2001). Tijdelijke impact van slib op licht en primaire productie is niet te verwachten. Bij voorkeur sluiten we aan op de winning van zand waarbij er extra geen verlies aan benthosgemeenschap is.

Afspraken met *Spisula* vissers

In het kader van het Project Or Else zijn we in overleg met oa *Spisula*-vissers. Zij zijn zeer geïnteresseerd in samenwerking met wetenschappers zie bv het rapport van Phillipart et al. (2023), om met hen samen te werken. We zullen afspraken maken dat de natuurversterkingspilots niet bevestigd zullen worden.

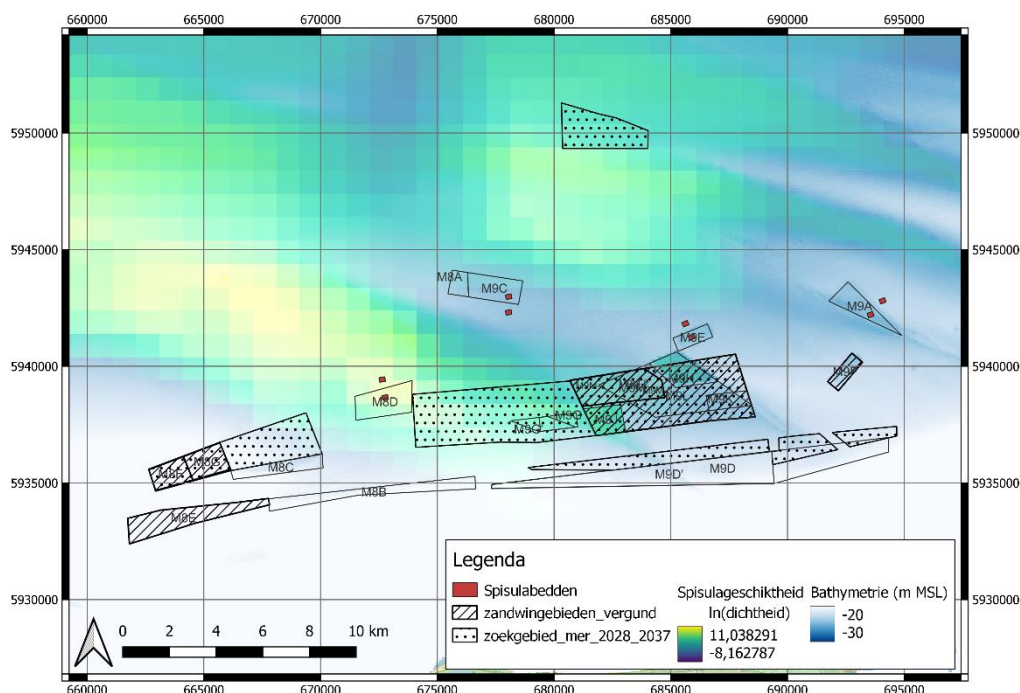
Opbrengst en opschaling

Het gebied bij Ameland en Terschelling is waar de hoeveelheid voedsel limiterend is voor zwarte zee-eenden. In andere regio's van de kustzee is veel meer voedsel beschikbaar dan dat er zwarte zee-eenden zijn (Kleiberg et al., 2017). Daar is verstoring door het vele scheepvaartverkeer mogelijk de bepalende factor (Kleiberg et al., 2017, Van de Wolfshaar et al., 2023). De natuurversterking van niet-*Spisula* zeebed en gepauzeerde zandwingebieden verhoogt de potentie van het aanbod aan voedsel voor zwarte zee-eenden. In principe kan het overal toegepast worden maar hoeft niet overal. *Spisula* natuurversterking lijkt bij uitstek geschikt boven de Waddeneilanden omdat het aanbod daar voor langere periode beperkend is voor zwarte zee-eenden (Kleiberg et al., 2017) wat niet wegneemt dat er ook gebeurtenissen zijn op andere plekken waar gedurende langere tijd grote hoeveelheden .

Succesgarantie

Dit is een typisch learning by doing project. Het aanpassen van het zeebed naar de optimale condities voor *Spisula* banken kan naar onze verwachting leiden tot 30% hogere kans op *Spisula* banken als we zeebed verbeteren dat al goed geschikt is voor *Spisula* (de geel groene gebieden in **Figuur 6**). Het merendeel van de pilots ligt in de blauwe gebieden in **Figuur 6**. Dit betekent een aanzienlijk grotere verhoging van de kans, het is alleen onduidelijk hoeveel beter.

Aan de andere kant heeft *Spisula* een onvoorspelbare recruitment op de schaal van de kustzone. Het is nog onduidelijk wat die recruitment stuurt. Om die reden zouden we ook graag grip krijgen op de processen genoemd in **Box 1**.



Figuur 6 Overzicht pilot *Spisula*bedden ten noorden van Ameland; gearceerd zijn vergunde zandwingebieden, gestippeld zijn zoekgebieden MER 2028-2037 (Ministerie van Infrastructuur en Water, 2024, LaMER, 2024), alsmede *Spisula*geschiktheid (Schultz et al. in prep.). De acht pilot *Spisula*-bedden zijn gekozen in een variatie aan zeebed al dan niet geschikt voor *Spisula* en in gepauzeerde zandwingebieden. Coördinaten in ETRS89 / UTM Zone 31 (EPSG:25831).

4.2 Natuurversterking met zandspiering

We willen de natuurversterking met zandspiering oppakken in de volgende stappen:

1. Projectleiding: het consortium wordt geleid door WMR als penvoerder en vertegenwoordigers van NIOZ, TUDelft en Deltares. LVVN, Ecoshape en RWS worden uitgenodigd voor de adviescommissie. Taken zijn projectleiding, communicatie, rapportage, contact met de opdrachtgever. NB deze taak is op programmaniveau en deelprojectniveau.
2. Ontwerpfase: op basis van aanwezige kennis over zandspiering wordt een ontwerp gemaakt voor de manipulatie van een oude zandwininput, een nieuw te graven zandwingebied en de bestaande zeebodem, net als voor *Spisula*, maar met andere specificaties.
3. Aanleg: De aanlegfase bestaat uit het nemen van T0 monsters en het manipuleren van de bodem volgens de ontwerpcriteria.
4. Volgen van de ontwikkelingen (monitoring): gedurende drie en half jaar wordt de ontwikkeling gevolgd en wordt een afsluitende evaluatie geschreven. Qua monitoring wordt aangesloten bij de *Spisula* metingen omdat hetzelfde bodemtuig gebruikt wordt.
5. Gelaagde bodemopbouw onderzoek. Een belangrijk aspect van de gewenste bodem is de zuurstofdoorlaatbaarheid. We meten de bodemopbouw en Redox diepte met dezelfde method als het *Spisula* onderzoek. Hierbij wordt een koppeling gezocht met het BACI experiment om in een breder verband naar de rol van de incorporatie van dood fytoplankton te kijken en in dit geval de impact op zuurstofdiepte en- fluxen.

-
6. Vergelijking van methodes: de najaarsmeting aan Spisula (zie eerder) biedt ook de kans daarnaast ook een tweede methode voor het bemonsteren van zandspiering uit te voeren: de zandspiering vork. Dit geeft de kans beide methodes met elkaar te vergelijken.
 7. Bestaande data: overzicht maken en evalueren: Met de schelpdier-WOT-bemonstering met de schaaf en andere onderzoeken met de WMR schaaf en de Triple D wordt ook zandspiering bemonsterd over grote gebieden van de kust. Het is de bedoeling deze data te evalueren middels spatio-temporele statistische analyses. Dit levert grootschalige patronen van de aanwezigheid van zandspiering in relatie tot de (a)biotiek die aanvullende kennis oplevert op de data-analyse in het veldexperiment met een gemanipuleerde zeebodem; hiermee kunnen lokale temporele patronen in de data gerelateerd worden aan grootschalige temporele patronen.
 8. Wrap up en evaluatie van het gehele project: alle gegevens worden gebundeld in een eindrapport met adviezen hoe aan natuurbouw gedaan kan worden voor Spisula en zandspiering en de impact van zandwinning op visbestanden. Ook worden adviezen gegeven over duurzame zandwinning.

Hier is nog geen concrete uitwerking van en staat voor volgend jaar op het programma. Het zal in zijn uitvoering veel lijken op de Spisula-pilots maar dan op andere lokaties.

4.3 Visgedrag in relatie tot de zeebodem

Het vis monitoringsproject met de WBAT heeft drie fases:

Doorlooptijd: 2025-2030

- A. **Installeren WBATs** en check op functioneren: 2025. Om maximaal te profiteren van het BACI onderzoek en de lopende metingen, begint deze fase idealiter zo snel mogelijk. Kwartaal 2 2025
- B. **Monitoring**: Kwartaal 3 2025 – kwartaal 4 2029
- C. **Synthese en evaluatie** van de vier meetjaren in relatie tot de resultaten van het BACI onderzoek: 2029-2030 (hierbij moet gewacht worden op de resultaten van de landers van het BACI onderzoek).

4.3.1 Uitvoering visgedrag

In overleg met Rijkswaterstaat worden de WBATS geïnstalleerd op de bodem-landers die ingezet worden voor het BACI-onderzoek (Baptist & Rozemeijer, 2024). Daar worden ze in hetzelfde schema onderhouden en uitgelezen als de andere apparatuur. Dit brengt kosten met zich mee voor de ingehuurd onderhoudsploeg en de benodigde verzekering. Ieder jaar wordt een jaarrapportage gemaakt op voortgang en data kwaliteit. Aan het eind van de periode worden analyse en interpretatie gedaan en gerapporteerd.

5 Resultaten van activiteiten

5.1 Workshop oktober 2024

Vanuit de oorspronkelijke vraagstelling waarbij duurzame uitvoering van zandwinning nog een centraal thema was, kwamen zowel zandwinning gerelateerde onderwerpen (al dan niet in combinatie met het BACI onderzoek) naar voren als ook meer algemene aspecten van het ecosysteem die belangrijk konden zijn voor NN.

In de workshop werden *Spisula* en zandspiering genoemd als belangrijke stapelvoedselsoorten waaraan eventueel een vorm van natuurbouw gedaan zou kunnen worden.

Aanvullend werden ook enkele methodes genoemd die zeer bruikbare inzichten leveren voor het functioneren en verbeteren van het zandige zeebed. Één daarvan was de monitoring van de najaarsbodengemeenschap met WOT bodemschaaf. Hierbij werd ook opgeroepen de resultaten te vergelijken met de Triple D schaaf van het NIOZ. Andere benoemde methodes zijn:

- DNA-metabar coding profiling van waterkolom op meroplankton³: meroplankton bevat de larven van het benthos. Het is de stap die komt voor de settlement van benthos op de bodem. Deze meetmethode levert informatie of eventueel de aanwezigheid en dichtheid van larven (mede)bepalend is voor de uiteindelijke recruitment en dynamiek van de bodengemeenschap.
- Zandspieringkor vergelijken met de WOT-schaaf resultaten. WMR heeft in 2017 een vistuig laten bouwen speciaal voor zandspiering. Het gebruikte vistuig is een aangepaste schelpdierkor gebaseerd op het tuig gebruikt in een Engelse studie naar zandspiering (Brown & May Marine Ltd., 2012). Dit vistuig is succesvol ingezet om dichtheden aan zandspiering te meten in het Amelander Zeegat (Van Hal, 2017). Zandspiering wordt ook gevangen met de schaafmethodes zoals de WOT schaaf en de Triple D schaaf (Witbaard et al., 2024). Gezien het belang van zandspiering als stapelvoedsel en belangrijke sleutelsoort (**Figuur 1**), is het van belang een goed kwantitatief overzicht te krijgen. Hierbij is het vergelijken van methodes een belangrijke eerste stap.
- Geochemie: de geochemie van de bodem kan bepalend zijn voor de recruitmentprocessen van benthos. Gedurende rekolonisatie ziet men bv dat de bodem in de loop van de jaren steeds beter doorstroomd raakt (oa door bioturbatie) en dat zuurstof dieper in de bodem komt (Newell et al., 1998, Rosenberg, 1995, 2001). Gekoppeld met de gedetailleerde bodemopbouw kan het meten van de geochemie met bv consoles veel informatie opleveren over het functioneren van de bodem.

5.2 Workshop Mei 2025: Barrières en Enablers voor zandwinning

In deze workshop werd de urgentie benadrukt om de potentie van *Spisula* te beschermen naast de feitelijke banken. Er dient een afweging te komen waar wat gedaan wordt. Naast *Spisula* zijn er nog andere aspecten om te versterken. Daartoe zal de Ecosysteem analyse behorende bij Programmaplan Natuurversterking Noordzee (2025) een belangrijke bijdrage leveren. Ook werd er een relatie gelegd met de scheepvaartbewegingen. Als er *Spisula* banken liggen dan is scheepvaart een versturende factor die de foerageer-tijd kan bepalen (zie ook van der Wolfshaar et al., 2023). Dit is des te meer reden om extra *Spisula* banken te creëren via natuurversterking zodat zee-eenden kunnen uitwijken.

³ Het meroplankton bestaat uit eieren en larven van benthische, vaste dieren zoals sponzen, anemonen en hydroïden en van mobiele bodemdieren zoals buikpotige weekdieren, schaaldieren zoals krabben en kreeften en verschillende wormensoorten.

Voor het programma Natuurversterking Noordzee werden twee barrières gedefinieerd:

1. Wat is succes? Wat kies je als doelsoort en waarom?
2. De uitdaging van de afweging van belangen? Bv Natuurversterking hoe pas je dat in?

5.3 Gesprekken met programma NN

De programmering NN was nog in ontwikkeling. In de opstartfase van het No-Regret voorstel was bijvoorbeeld duurzame uitvoering van activiteiten nog een optie die in beeld was. In de latere aanscherping werd duidelijk door gesprekken met programma-bureauleden dat de oriëntering van programma NN verschoof naar natuurbouw en natuurversterking. Ook het aspect van opschaalbaarheid werd erg belangrijk.

5.4 Gesprekken met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg

Verschillende conceptversies werden gedeeld met RWS Kustlijnzorg. In overleg met Rijkswaterstaat Kustlijnzorg hebben we gebieden en zandwinputten geselecteerd voor natuurversterkingsexperimenten die de komende 10 jaar niet gebruikt gaan worden voor winning (Ministerie van Infrastructuur en Water, 2024, Stichting LaMER, 2024). Deze gebieden en zandwinputten liggen niet in de voor zandwinning vergunde gebieden en niet in het zoekgebied MER 2028-2037 voor Suppletiezand en Ophoogzand.

We willen deze gebieden inrichten als tijdelijke natuur opdat ze op termijn vrijkomen. Samen met RWS zoeken we momenteel uit waar de beste juridische mogelijkheden liggen: de benadering van tijdelijk natuur dan wel juist binnen het bestaande juridische kader te blijven. In het bestaande juridische kader dient een zandwinning op minstens 500 m van een bestaande schelpdierbank te blijven. Aangezien *Spisula* maximaal 4 tot 6 jaar kan worden en banken niet vernieuwen in grote aantallen, is dan een eventuele bank in een gewent wingebed na enige tijd weg. Het wingebed is nog steeds op een redelijk korte termijn winbaar (Leopold, 1996, Cardoso et al., 2007, Amerik Schuitemaker, pers. Comm.).

5.5 Gesprekken met Boskalis

Boskalis bleek erg geïnteresseerd in het concept van natuurversterking van de zandige zeebodem. Het is toepasbaar zowel in een nationale als internationale context. Vooral in het buitenland is het zeer bruikbaar omdat gebieden vaak eenmalig gebruikt worden. Hierbij loont het extra om een zandwinput achter te laten met een vorm van natuurbouw dan wel natuurversterking.

Daarnaast is veel overleg geweest over de uitvoering en planning waarbij is voorgesteld een hopper met een valbuis te gebruiken (en in te zetten bij de winningen voor het BACI experiment). Een valbuis techniek biedt een veel preciezere aanpak om een afgebakend gebied te bewerken dan klappen of rainbowen).

5.6 Gesprekken met de visserijsector

Tijdens het midterm event van OR ELSE werd onder andere aandacht besteed aan de gezamenlijke belangen die verschillende stakeholders hebben bij de gebieden die zijn aangewezen als zandwingebeden. De visserij op de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) is één van die stakeholders die veel interactie heeft met zandwinning. Zie <https://vissersbond.nl/aandacht-voor-spisulavisserij-in-or-else-project-over-zandwinning/>

De visserijsector is benieuwd naar de pilot om *Spisula* te versterken en ziet kansen voor natuur en visserij. Wanneer we dit tot uitvoering kunnen brengen zullen we een RTC maken (Real Time Closure) om de aangelegde bedden te ontzien van visserij. Vanuit de aangelegde bedden kan eventueel de larvale productie een voordeel zijn voor de wijde omgeving waar natuur en visserij van kunnen profiteren. Ook ziet de sector

kansen voor samenwerking in het uitwisselen van kennis en gegevens over de timing van de productie van gameten (zaadcellen en eieren) van *Spisula*. Deze productie leidt tot een gewichtstoename die de vissers meten en waaruit de timing van spawning bepaald kan worden. Deze spawning viel vroeg in 2025. De spawning vindt gebruikelijk plaats in juni bij een watertemperatuur van 15-17 graden. Vervolgens is er een geschatte ontwikkelingsduur van 24 dagen totdat de larven groot genoeg zijn om zich op de zeebodem te vestigen (settlement). De vestiging van kleine schelpen (broedjes of zaad) vindt dan plaats rond juli-augustus.

6 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Bosco Gusmao J, Thieltges DW, Dekker R, Govers LL, Meijer KJ, Klemens Eriksson B (2022) Comparing taxonomic and functional trait diversity in marine macrozoobenthos along sediment texture gradients. *Ecol Indic* 145:109718. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109718>
- Brown & May Marine Ltd (2012) Dogger Bank Creyke Beck Environmental Statement Chapter 13. Appendix E - Dogger Bank Sandeel Survey Reports. Document F-ONC-CH-013 Appendix E.
- Cardoso JFMF, Witte JIJ, Van der Veer HW (2007) Growth and reproduction of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) in Dutch coastal waters. *J Sea Res* 57:316–324
- Commissie MER (2018) Winning ophoogzand Noordzee Toetsingsadvies over het milieueffectrapport en de aanvulling daarop 18 juli 2008. Commissie MER rapport 1749-8
- Daewel U, Akhtar N, Christiansen N, Schrum C (2022) Offshore wind farms are projected to impact primary production and bottom water deoxygenation in the North Sea. *Commun Earth Environ* 3:292. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00625-0>
- Daunt F, Wanless S, Greenstreet SP, Jensen H, Hamer KC, Harris MP (2008) The impact of the sandeel fishery closure on seabird food consumption, distribution, and productivity in the northwestern North Sea. *Can J Fish Aquat Sci* 65(3):362–381
- de Fouw J, van Horssen PW, Craeymeersch J, Leopold MF, Perdon J, Troost K, Tulp I, van Zwol J, Philippart CJM (2024) Spatiotemporal analysis of potential factors explaining fluctuations in population size of *Spisula subtruncata* in the Dutch North Sea. *Front Mar Sci* 11:1476223. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1476223>
- de Jong M (2016) The ecological effects of deep sand extraction on the Dutch continental shelf. Implications for future sand extraction. PhD Thesis, Wageningen University
- de Jong MF, Baptist MJ, Lindeboom HJ, Hoekstra P (2015) Short-term impact of deep sand extraction and ecosystem-based landscaping on macrozoobenthos and sediment characteristics. *Mar Pollut Bull* 97:294–308. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.06.002>
- Ellis JI, Clark D, Atalah J, Jiang W, Taiapa C, Patterson M, et al. (2017) Multiple stressor effects on marine infauna: responses of estuarine taxa and functional traits to sedimentation, nutrient and metal loading. *Sci Rep* 7:12013. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12323-5>
- Engelhard GH, Blanchard JL, Pinnegar JK, van der Kooij J, Bell ED, Mackinson S, Righton DA (2013) Body condition of predatory fishes linked to the availability of sandeels. *Mar Biol* 160:299–308
- Fijn R, Leopold M, Dirksen S, Arts R, Van Asch M, Baptist MJ, Craeymeersch J, Engels B, Van der Horssen P, De Jong J, Perdon J, Van der Zee E, Van der Ham N (2017) An unexpected number of common scoters in the Dutch coastal zone, in an area with high shellfish densities. *Limosa* 90:97–117
- Fox AD (2003) Diet and habitat use of scoters *Melanitta* in the Western Palearctic – a brief overview. *Wildfowl* 54:163–182
- Jansen OE, Michel L, Lepoint G, Das K, Couperus AS, Reijnders PJ (2013) Diet of harbor porpoises along the Dutch coast: a combined stable isotope and stomach contents approach. *Mar Mamm Sci* 29(3):E295–E311
- Kaiser MJ, Galanidi M, Showler DA, Elliott AJ, Caldow RWG, Rees EIS, Stillman RA, Sutherland WJ (2006) Distribution and behaviour of Common Scoter *Melanitta nigra* relative to prey resources and environmental parameters. *Ibis* 148:110–128. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00517.x>

-
- Kleijberg R (2018) Monitoring en evaluatieplan zandwinning Noordzee 2018–2027. Plan van Aanpak Rijkswaterstaat Zee en Delta en Stichting LaMER. Arcadis rapport 079885268 0.1
- Kleijberg R, Rozemeijer MJC, Van Der Wal JT (2017) Zandwinning Noordzee 2018–2027. Nadere verdieping effecten Natura 2000. ARCADIS Wageningen Marine Research 079690040 A
- Leewis L, Van Son LM, Lubos L (2024) Zand uit Zee. Chronosequentie rapportage boxcore-campagne. Eurofins AquaSense Rapport 31174887/J0003187 Zanduitzee.nl
- Leopold MF (1996) *Spisula subtruncata* als voedselbron voor zeeëenden in Nederland. BEON-Rapport Nr. 96-2
- Leopold MF, Baptist HJM, Wolf PA, Offringa H (1995) De Zwarte Zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. *Limosa* 68:49–64
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024) Notitie Reikwijdte en Detailniveau Zandwinning in de Noordzee 2028–2037 Suppletiezand. RWS Programma Kustlijn zorg. Versie 2.0, d.d. 20 december 2024
- Ministerie van Infrastructuur en Water (2023) D6 Integriteit van de zeebodem en benthische habitats. Descriptor-factsheet en aanvullende info criteria. MSFD concept-factsheet maart 2023
- Newell RC, Seiderer LJ, Hitchcock DR (1998) The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the seabed. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 36:127–178
- Philippart CJM, Leopold MF, Mulder R, Seinen A (2023) Ruimte voor vissers en vogels, naar een duurzame visserij op *Spisula subtruncata* in de Nederlandse kustwateren. Handelingsperspectief. EFMZV-RVO 17684000005
- Programmaplan Natuurversterking Noordzee (2025) Programmabureau Natuurversterking Noordzee
- Rosenberg R (1995) Benthic marine fauna structured by hydrodynamic processes and food availability. *Neth J Sea Res* 34(4):303–317
- Rosenberg R (2001) Marine benthic faunal successional stages and related sedimentary activity. *Sci Mar* 65(Suppl 2):107–119
- Stäbler M, Kempf A, Temming A (2018) Assessing the structure and functioning of the southern North Sea ecosystem with a food-web model. *Ocean Coast Manag* 165:280–297
- Schwemmer P, Volmer H, Enners L, Reimers HC, Binder K, Horn S, Adler S, Fox AD, Garthe S (2019) Modelling distribution of common scoter (*Melanitta nigra*) by its predominant prey, the American razor clam (*Ensis leei*), and hydrodynamic parameters. *Estuar Coast Shelf Sci* 225:106260. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106260>
- Skov H, Durinck J, Erichsen A, Kloster RM, Mohlenberg F, Leonard SB (2008) Horns Rev II Offshore Wind Farm Food Basis for Common Scoter. Baseline Studies 2007–2008. Orbicon/DHI/Marine Observer Project 132-07.1007
- Sluijter M, Arts FA, Lilipaly SJ, Wolf PA (2023) Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2022, januari en maart 2023. Rapport RWS – Centrale Informatievoorziening. Rapport BM 23.24 / Deltamilieu Projecten rapport 2023-08, Vlissingen
- Sluijter M, Lilipaly SJ, Wolf PA (2024) Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2023, januari en maart 2024. Rapport RWS – Centrale Informatievoorziening. Rapport BM 24.36 / Deltamilieu Projecten rapport 2024-09, Vlissingen
- Soetaert K, Herman PMJ, Middelburg JJ (1996) A model of early diagenetic processes from the shelf to abyssal depths. *Geochim Cosmochim Acta* 60:1019–1040. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(96\)00013-0](https://doi.org/10.1016/0016-7037(96)00013-0)
- Stichting LaMER (2024) Notitie Reikwijdte en Detailniveau Zandwinning in de Noordzee 2028–2037 Ophoogzand. LaMER. Versie 2.0, d.d. 20 december 2024

-
- Tulp I, Craeymeersch J, Leopold M, van Damme C, Fey F, Verdaat H (2010) The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuar Coast Shelf Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.07.008>
- Troost TA (2011) Draagkracht voor MZI's in de Oosterschelde. Deltares rapport 1203038-001
- Troost K, van Asch M, Cornelisse S, Glorius S, van den Ende D, van Es Y, Keur M, Perdon KJ, van der Pool J, Suykerbuyk W, van Zweeden C, van Zwol J (2023) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2022. CVO rapport 23.009
- Troost K, van Asch M, Breunesse S, Brummelhuis E, Cornelisse S, Glorius S, van den Ende D, van Es Y, Perdon KJ, van der Pool J, Suykerbuyk W, van Zweeden C, van Zwol J (2024) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2023. CVO rapport 24.008
- van Dalftsen JA, Essink K (2001) Benthic community response to sand dredging and shoreface nourishment in Dutch coastal waters. *Senckenb Marit* 31:329–332
- van de Wolfshaar KE, Brinkman AG, Benden DLP, Craeymeersch JA, Glorius S, Leopold MF (2023) Impact of disturbance on common scoter carrying capacity based on an energetic model. *J Environ Manage* 342:118255. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118255>
- van Denderen PD, Hintzen NT, Rijnsdorp AD, Ruurdij P, van Kooten T (2014) Habitat-specific effects of fishing disturbance on benthic species richness in marine soft sediments. *Ecosystems* 17:1216–1226. <https://doi.org/10.1007/s10021-014-9789-x>
- van der Kaaij T, van Kessel T, Troost T, Herman P, van Duren LN Villars (2017) Modelondersteuning MER zandwinning – Modelvalidatie. Deltares Rapport 1230888-002-ZKS-0005
- van der Reijden KJ, Hintzen NT, Govers LL, Rijnsdorp AD, Olf H (2018) North Sea demersal fisheries prefer specific benthic habitats. *PLoS ONE* 13:e0208338. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208338>
- van Duin CF, Gotjé W, Jaspers CJ, Kreft M (2007) MER Winning suppletiezand Noordzee 2008 t/m 2012. Grontmij 13/99080995/CD, revisie D1
- van Duin CF, Vrij Peerdeman M, Jaspers H, Bucholc A (2017) MER Winning suppletiezand Noordzee 2018 t/m 2027. Sweco 351935, revisie D1
- van Duren LA, van Kessel T, Troost T, Blauw AN, Kramer L, van Gils JAG, Wijsman JWM, Craeymeersch JAM, Herman P, Villars MT (2016) Scenariostudies ter ondersteuning van de MER zandwinning Noordzee 2018–2027. Winning van suppletiezand voor RWS. Deltares Rapport 1230888-000-ZKS-0025
- Van Hal R (2017) Zandspiering in het Amelande Zeegat; T0-meting voor de uitvoering van een zandsuppletie. Wageningen University & Research Rapport C102/17
- Walday M, Kroglund T (2002) Europe's biodiversity – biogeographical regions and seas. Seas around Europe: The North Sea – bottom trawling and oil/gas exploitation. European Environment Agency Report
- Witbaard R, Craeymeersch JAM (2023) Litter op de zeebodem: een onderzoek naar de faunistische effecten op lange termijn van diepe zandwinning voor de Nederlandse kust. NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, NIOZ Report 2023-01
- Witbaard R, Parmentier B, Herman P (2024) Distribution of Sandeel (*Ammodytes* sp.) in the Dutch North Sea. NIOZ Deltares report 11210234-000-ZKS-0001

Verantwoording

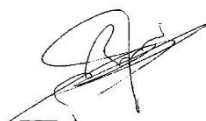
Rapport: C051/25A

Projectnummer: 4311602007

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research.

Akkoord: Dr. J.A.M. Craeymeersch
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 1 september 2025

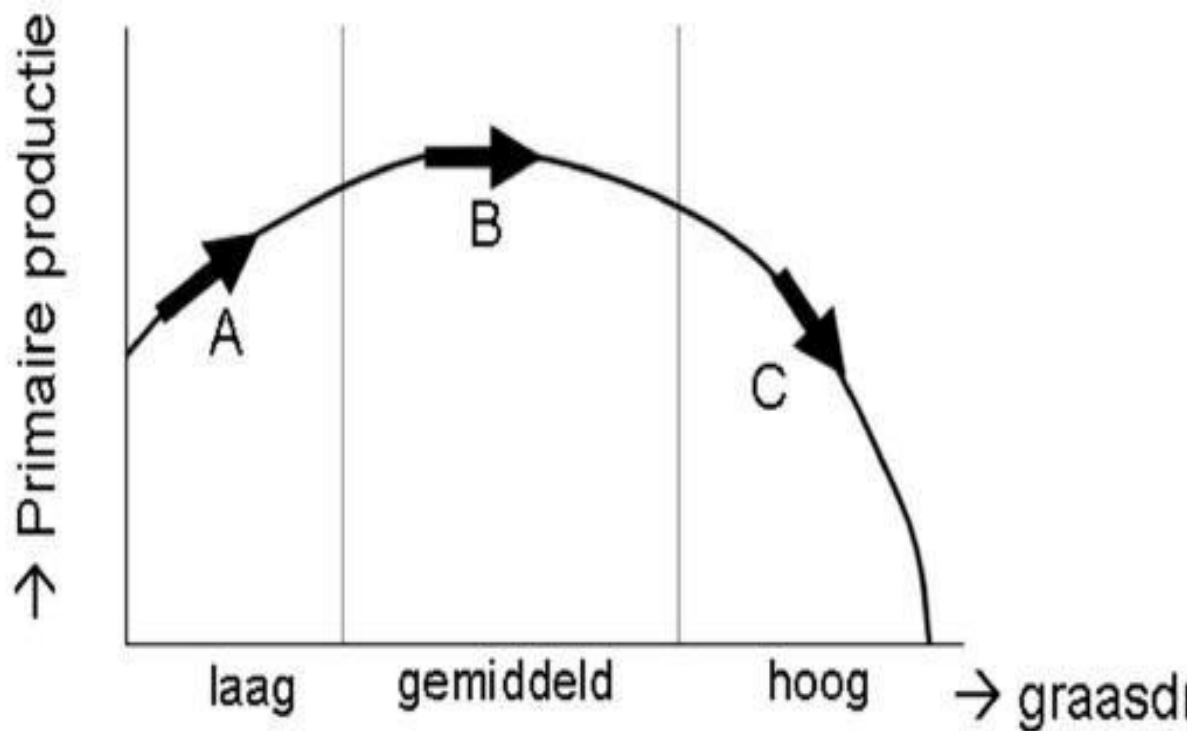
Akkoord: Dr. A.M. Mouissie
Business Manager Projecten

Handtekening:



Datum: 1 september 2025

Bijlage 1 Relatie tussen benthos en primaire productie



Figuur 7 Relatie tussen de hoeveelheid benthos (graasdruk) en de primaire productie. In fase A is er een stimulerend effect van benthos (met name schelpdieren) door een positieve feedback door het wegnemen van algen (en slib) waardoor meer licht beschikbaar komt en nutriënten sneller terug geleverd worden (bij een nutriënt gelimiteerd systeem). In fase C is er een beperkend effect door benthos (schelpdieren) door negatieve feedback. Er is overbegrazing waardoor de hoeveelheid algen beperkend wordt (te lage standing stock voor effectieve productie).

Wageningen Marine Research
T +31 (0)317 48 70 00
E marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekersadres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden



Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.