

# **Zandwinning op de Zeeuwse banken**

Onderzoek naar effecten op ecologische en aardkundige waarden en  
kostenaspecten

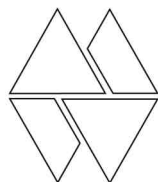
J. Cleveringa  
F. van Vliet  
J.H. Bergsma  
R.J. Jonkvorst



## Zandwinning op de Zeeuwse banken

Onderzoek naar effecten op ecologische en aardkundige waarden en kostenaspecten

J. Cleveringa  
F. van Vliet  
J.H. Bergsma  
R.J. Jonkvorst



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
info@buwa.nl www.buwa.nl

opdrachtgever: Rijkswaterstaat Dienst Noordzee

15 december 2011  
rapportnummer 11-180

Status uitgave: concept  
Rapport nr.: 11-180  
Datum uitgave: 15 december 2011  
Titel: Zandwinning op de Zeeuwse banken  
Subtitel: Onderzoek naar effecten op ecologische en aardkundige waarden en kostenaspecten  
Samenstellers: drs. J. Cleveringa (Arcadis)  
drs. F. van Vliet (Bureau Waardenburg)  
ir. J.H. Bergsma (Bureau Waardenburg)  
R.J. Jonkvorst (Bureau Waardenburg)  
Aantal pagina's inclusief bijlagen: 74  
Project nr.: 11-362  
Projectleider: drs. F. van Vliet  
Naam en adres opdrachtgever: Rijkswaterstaat Dienst Noordzee  
Postbus 5807, 2280 HV Rijswijk  
Referentie opdrachtgever: Brief d.d. 6 juli 2011 met kenmerk BIO/2011/932  
Akkoord voor uitgave: Teamleider Bureau Waardenburg bv  
drs. G.F.J. Smit



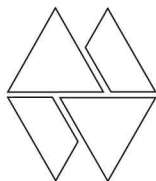
Paraaf:

Bureau Waardenburg bv is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Bureau Waardenburg bv; opdrachtgever vrijwaart Bureau Waardenburg bv voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Bureau Waardenburg bv / Rijkswaterstaat Dienst Noordzee

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Bureau Waardenburg bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001:2008.



**Bureau Waardenburg bv**  
Adviseurs voor ecologie & milieu

Postbus 365 4100 AJ Culemborg  
Telefoon 0345 51 27 10, Fax 0345 51 98 49  
info@buwa.nl www.buwa.nl

## Voorwoord

Rijkswaterstaat wil een gefundeerde beslissing kunnen nemen over de mate en wijze van zeezandwinning in het gebied de Zeeuwse Banken, rekening houdend met ecologische en aardkundige waarden van het gebied en de daarmee samenhangende kosten. Het gebied de Zeeuwse Banken bestaat uit zandbanken direct zeewaarts gelegen van de Voordelta. Het gebied de Zeeuwse Banken geniet geen wettelijke bescherming, maar is wel benoemd als gebied met bijzondere ecologische waarde. Zandwinning kan deze ecologische en aardkundige waarden aantasten. Tegelijkertijd kan het ontzien van deze waarden leiden tot kostenverhoging van zandwinning.

Rijkswaterstaat Noordzee heeft Bureau Waardenburg en Arcadis opdracht gegeven voor een onderzoek naar de effecten van verschillende varianten van zandwinning op de ecologische en aardkundige waarden van de Zeeuwse Banken en daaraan gerelateerde kosten.

Het projectteam vanuit Bureau Waardenburg en Arcadis was als volgt samengesteld:

- Fleur van Vliet (projectleiding en rapportage)
- Robert Jan Jonkvorst (rapportage vogels)
- Martin Poot (expert zeevogels)
- Joost Bergsma (rapportage vissen, benthos)
- Wouter Lengkeek (expert mariene ecologie)
- Jelmer Cleveringa (rapportage aardkundige waarden en zandwinningstrategieën)
- Lutze Perk (kosten berekeningen)

Vanuit Rijkswaterstaat Dienst Noordzee is de opdracht begeleid door dhr. drs. A. Stolk.

Toestemming voor het gebruik van telgegevens van zeevogels werd verkregen via Martine Graafland (Rijkswaterstaat dienst Noordzee; Shortlist Masterplan offshore windenergie) en Mervyn Roos (Rijkswaterstaat Waterdienst; MWTL programma). Marcel Rozemeijer en Suzan van Lieshout (beiden Rijkswaterstaat, Waterdienst) waren behulpzaam bij het verstrekken van referenties en literatuur. Vanuit Imares hebben de volgende personen relevante lopende en afgesloten onderzoeken op de Noordzee en/of Zeeuwse Banken toegelicht: Sophie Brasseur, Steve Geelhoed en Kees Goudswaard. Bij deze bedanken we genoemde personen hartelijk voor hun bijdrage aan deze rapportage



# Inhoud

Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	7
1 Inleiding.....	9
1.1 Aanleiding.....	9
1.2 Doelstelling.....	9
2 Werkwijze en uitgangspunten.....	11
2.1 Uitgangspunten.....	11
2.2 Werkwijze.....	12
3 Gebiedsbeschrijving.....	13
3.1 Begrenzing.....	13
3.2 Morfologie.....	14
3.3 Waterbeweging.....	17
3.4 Opbouw en ontstaan.....	17
3.5 Gebruik.....	19
3.6 Archeologie.....	19
3.7 Gebiedsbescherming.....	20
4 Ecologische waarden Zeeuwse Banken.....	21
4.1 Algemeen.....	21
4.2 Habitats en ecotopen, grootschalige structuur.....	21
4.3 Benthos.....	22
4.4 Vissen.....	25
4.5 Vogels.....	31
4.6 Zeezoogdieren.....	36
4.7 Conclusies ecologische en aardkundige waarden Zeeuwse Banken.....	38
5 Effecten zandwinning op Zeeuwse Banken en criteria.....	41
5.1 Algemeen.....	41
5.2 Benthos.....	44
5.3 Vissen.....	46
5.3 Effecten vogels.....	47
5.5 Zeezoogdieren.....	48
5.6 Criteria voor zandwinning.....	48
6 Zandwinningsvarianten op Zeeuwse Banken.....	51
6.1 Uitgangspunten.....	51
6.2 Varianten.....	55
8 Conclusie.....	67
7 Literatuur.....	69





## Samenvatting

Op grond van bestaande kennis over ecologische en aardkundige waarden van de Zeeuwse Banken is een aantal criteria opgesteld voor de wijze waarop zandwinning kan plaatsvinden in het gebied rekening houdend met deze waarden. Hierbij is uitgegaan van een laag en hoog zandwinvolume. Op grond hiervan zijn vier voorkeursvarianten gedefinieerd waarvoor de kosten zijn berekend en afgezet tegen de huidige manier van winning in het gebied.

De waarde van de Zeeuwse banken is vooral gelegen in de morfologische structuur die uniek is op het NCP. Het gebied onderscheidt zich geomorfologisch door het systeem van stroombanken dat een eenheid vormt met de tussenliggende troggen. De combinatie van zandbanken met zandgolven en megaribbels maken het systeem tot een complex geheel. De Zeeuwse banken vormen hierdoor een uniek biotoop binnen het Natura 2000 habitatype van permanent onder water staande zandbanken.

De morfologische complexiteit van het zandbankensysteem Zeeuwse Banken vertaalt zich op grond van de huidige kennis niet in unieke levensgemeenschappen of soorten. De Zeeuwse Banken zijn relatief arm in bodemfauna als gevolg van de grote dynamiek in het gebied. Ten opzichte van het offshore NCP lijken de Zeeuwse Banken relatief rijk aan vis. De Zeeuwse Banken zijn van belang als doortrekgebied voor anadrome vissoorten. De Zeeuwse Banken herbergen relatief grote aantallen van roodkeelduiker, dwergmeeuw en grote stern ten opzichte van het NCP. Verder vormt het Zeeuwse Bankencomplex leefgebied van zeehonden en bruinvis. Er zijn geen aanwijzingen voor het voorkomen van persistente hotspots met hogere dichtheden bruinvissen of zeehonden op de Zeeuwse Banken (dan wel op het NCP). In vergelijking met het rijkere kustgebied zijn de Zeeuwse Banken van ondergeschikt ecologisch belang. Effecten op ecologische waarden zijn naar verwachting navenant gering.

Naast de huidige manier van zandwinning (variant 1) zijn de volgende varianten in voorliggende studie in beschouwing genomen.

1. Reguliere manier van winning: overal een beetje winnen (ondiep) van de toppen nabij de kust.
2. Diepte winning ver uit de kust op toppen
3. Dieptewinning nabij de kust op toppen
4. Winning buiten de Zeeuwse Banken
5. Gelijkmatige winning (toppen, dalen, flanken) over het hele gebied

Onderstaande tabel geeft aan welke waarden gespaard worden bij de verschillende varianten. De waardering geeft nadrukkelijk geen inzicht in de orde grootte van effecten. De meerkosten per variant zijn aangegeven afgezet tegen kosten voor de huidige manier van winnen.

Overzicht van varianten van zandwinning rekening houdend met ecologische en aardkundige waarden. Zeezoogdieren zijn buiten beschouwing gelaten. De varianten zijn niet onderscheiden wat betreft zeezoogdieren (overal 0). (+) rekening houdend met waarde, (-) niet rekening houdend met waarde, (+/-) ten dele rekening houdend met waarde. Relatieve meerkosten zijn afgezet tegen kosten reguliere manier van winnen

	Zandbanksysteem	Schouwenbank	Benthos	Vissen	Vogels	Relatieve meerkosten
<b>Variant 1 Regulier</b>	+	+	-/+	-/+	-	0
<b>Variant 2 Diep uit kust</b>	-	+	+	+	+	30%
<b>Variant 3 Diep nabij kust</b>	-	+	+	+	-	0
<b>Variant 4 Buiten gebied</b>	+	+	+	+	+	60%
<b>Variant 5 Gelijkmatig hele gebied</b>	+	-	-	-	-	30%

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Recentelijk heeft Rijkswaterstaat een visie ontwikkeld voor toekomstig beheer en gebruik van de zandvoorraad op de Noordzee: de zandwinstrategie (Rijkswaterstaat Noordzee, 2011). Eén van de uitgangspunten van de zandwinstrategie is dat bij zandwinning rekening wordt gehouden met *alle* relevante belangen in plaats van met alleen de kosten; zoals ook opgenomen in de Ontgrondingenwet. Rijkswaterstaat is verantwoordelijk voor de zandwinning op de Noordzee ten behoeve van de kustveiligheid. Daarnaast is Rijkswaterstaat coördinerend beheerder voor de andere gebruiksfuncties op de Noordzee. Dat betekent dat zij ook belangen van andere partijen moet afwegen. Hierbij valt te denken aan de belangen van natuur en milieu, scheepvaart en ruimtelijke ordening (windmolens, kabels en leidingen).

De zandwinstrategie gaat uit van een planmatig beheer en gebruik van de zeezandvoorraad door sturing in ruimte en tijd. Op basis van een belangenafweging, wordt bepaald welk deel van de voorraad (ruimte) op welk moment (tijd) gewonnen kan worden. Deze belangenafweging wordt per regio gemaakt.

Het gebied de Zeeuwse Banken is één van de gebieden waarvoor deze belangenafweging gemaakt moet worden. Het gebied de Zeeuwse Banken bestaat uit zandbanken direct zeewaarts gelegen van de kust van Zeeland en Zuid-Holland. De Zeeuwse Banken kennen geen wettelijke bescherming, maar zijn in het Integraal Beheerplan Noordzee (IDON, 2005) wel benoemd als gebied met bijzondere ecologische waarde. Zandwinning kan deze ecologische waarden aantasten. Tegelijkertijd kan het ontzien van deze waarden leiden tot kostenverhoging van zandwinning.

## 1.2 Doelstelling

Doelstelling van dit project is het vaststellen van criteria op grond waarvan beslissingen genomen kunnen worden voor de mate waarin en de wijze waarop zeezand gewonnen kan worden in het gebied Zeeuwse Banken. Deze criteria zijn gericht op de mate waarin de natuurwaarden ontzien kunnen worden tegen aanvaardbare meerkosten.



## 2 Werkwijze en uitgangspunten

### 2.1 Uitgangspunten

Voor deze studie hebben we een aantal uitgangspunten gehanteerd. De belangrijkste staan hieronder toegelicht.

1. Onderzoek op basis van bestaande kennis

Voor dit onderzoek zijn we uitgegaan van bestaande kennis. We hebben geen veldonderzoek uitgevoerd.

2. Geen beoordeling van externe effecten

In dit onderzoek hebben we de effecten van zandwinning beoordeeld op ecologische en aardkundige waarden van de Zeeuwse Banken. De beoordeling van effecten op andere gebieden dan de Zeeuwse Banken viel buiten het kader van dit onderzoek. Dit betekent dat we bijvoorbeeld een eventuele externe werking op Natura 2000 gebieden als gevolg van zandwinning op de Zeeuwse Banken buiten beschouwing hebben gelaten.

3. Zandwinning vindt plaats buiten de grenzen van het Natura 2000 gebied Voordelta

Een deel van de Steenbanken valt binnen de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta en valt daarmee onder het beschermingsregime van de Natuurbeschermingswet. In voorliggende studie is er vanuit gegaan dat zandwinning plaatsvindt buiten de begrenzing van het Natura 2000 gebied.

4. Kostenberekening op basis van Blueconomy (2010).

Voor de kostenberekening van verschillende zandwinningsvarianten zijn we uitgegaan van het kostenmodel uit het Blueconomy rapport (2010).

In 2004 heeft Terpstra (2004) in opdracht van de Directie Noordzee van Rijkswaterstaat reeds onderzoek gedaan naar mogelijkheden voor zandwinning op de Zeeuwse Banken. Hij heeft de ecologische en aardkundige waarden in het gebied in beeld gebracht alsook de functies (zandwinning, kustveiligheid, militaire gebied, scheepvaart en kabels en leidingen). Rekening houdend met deze waarden en functies heeft hij kwetsbare locaties waar grootschalige winning bij voorkeur moet worden vermeden en geschikte extractielocaties bepaald. In voorliggend onderzoek wordt nagegaan of de uitgangspunten ten aanzien van ecologische en aardkundige waarden nog steeds gelden.

## **2.2 Werkwijze**

Samengevat zijn in deze studie de volgende stappen doorlopen:

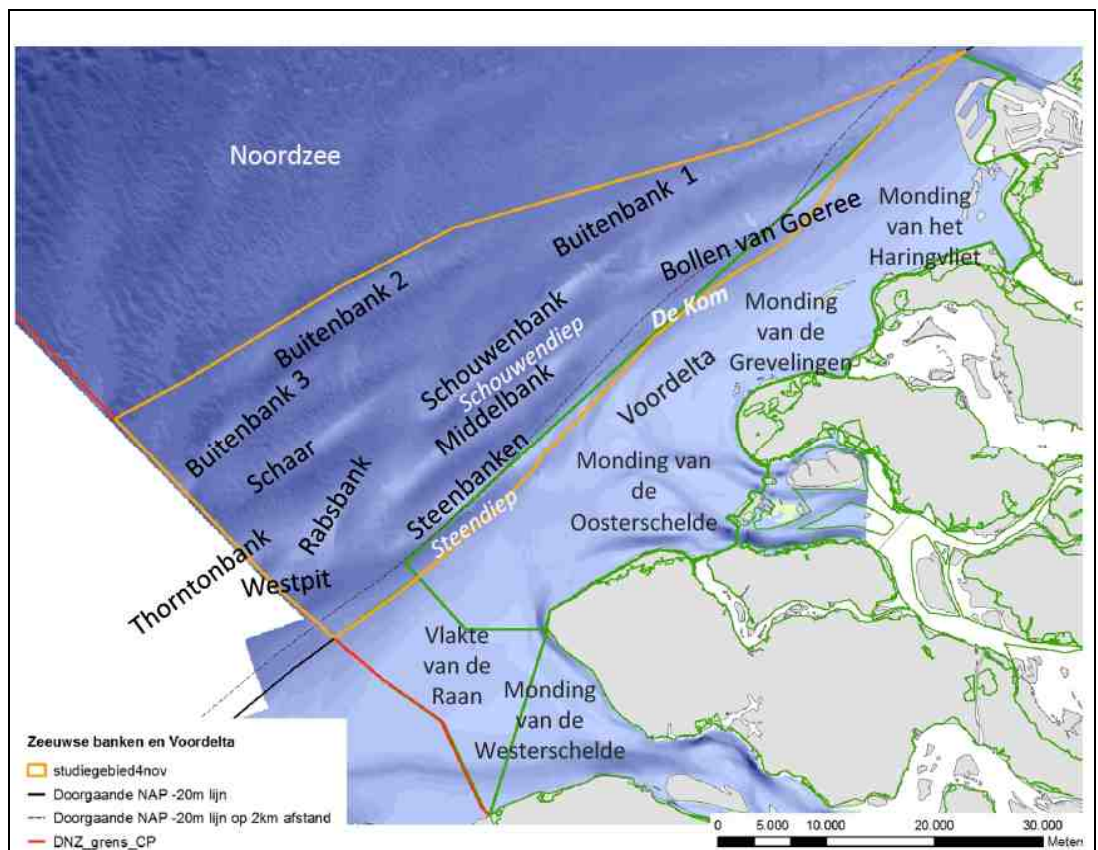
- Beschrijving van het gebied de Zeeuwse banken inclusief aardkundige waarden (Hoofdstuk 3) en ecologische waarden (Hoofdstuk 4).
- Effectenanalyse zandwinning op de Zeeuwse Banken (Hoofdstuk 5).
- Vaststellen van criteria voor zandwinning op de Zeeuwse Banken en reële en onderscheidende varianten voor zandwinning in dit gebied (Hoofdstuk 5).
- Vaststellen van kosten van onderscheidende varianten voor zandwinning op de Zeeuwse Banken (Hoofdstuk 6).

### 3 Gebiedsbeschrijving

In dit hoofdstuk worden de morfologische en hydrodynamische kenmerken van de Zeeuwse banken beschreven, inclusief de opbouw van de bodem, de aardkundige en cultuurhistorische waarden en het gebruik.

#### 3.1 Begrenzing

Het studiegebied omvat de Bollen van Goeree en de naamloze bank zeewaarts ervan, de Steenbanken, Middelbank, Schouwenbank, Buitenbanken, Schaar, Rabsbank en Thorntonbank. Aan de zuidwestzijde is begrenzing voor deze studie gelegd op de grens van het NCP (Nederlands Continentaal Plat). De banken zelf lopen verder naar het zuiden en sluiten daar min of meer aan de op de Vlaamse banken.



Figuur 3.1 Begrenzing studiegebied Zeeuwse Banken

De grens aan de zeezijde is op de meest zeewaartse (naamloze) trog gelegd, die is aangegeven op de geomorfologische kaart van Van Alphen en Damoiseaux (1989) en deze grens is in noordoostelijke richting doorgetrokken.

Voor deze studie is de grens aan de landzijde gelegd op de doorgetrokken NAP -20 m lijn, omdat landwaarts van deze grens in principe geen zandwinning plaatsvindt. Morfologisch gezien is er sprake van een geleidelijke overgang van de Zeeuwse banken naar de Voordelta. De Bollen van Goeree en de naamloze bank ten noorden daarvan lopen door over de NAP -20 m lijn tot op de vooroever. Bij de Oosterschelde monding sluiten de geulen en de zandbanken van de buitendelta aan op de Steenbank.

Met deze grenzen is een studiegebied gedefinieerd in de vorm van een taartpunt, zoals is aangegeven in figuur 3.1.

## 3.2 Morfologie

### *Grootte en vorm*

De Zeeuwse banken bestaan uit banken met tussengelegen troggen. De hoogte van de banken varieert per bank en verschilt tussen de banken. De hoogste banken liggen aan de kustzijde van het gebied, waarbij net binnen het studiegebied op de Steenbanken de ondiepste delen worden aangetroffen (NAP- 6 m). Ook de diepte van de troggen verschilt per trog, met de diepte troggen aan de zeezijde, met een diepte tot beneden de NAP -35 m. Afhankelijk van de hoogte van de banken en de diepte van de troggen varieert de afstand van trog tot bank tussen de 5 en 20 m.

De hoogte van de banken varieert dus flink en ook de andere eigenschappen (lengte, helling van de flanken, symmetrie, etc.) blijken per bank te verschillen. In de onderstaande figuur (figuur 3.2) is ter illustratie één profiel opgenomen, waarin een aantal banken zichtbaar is. De variatie in de hoogte van de banken, de diepte van de troggen en de helling van de flanken is duidelijk herkenbaar in deze dwarsdoorsnede.

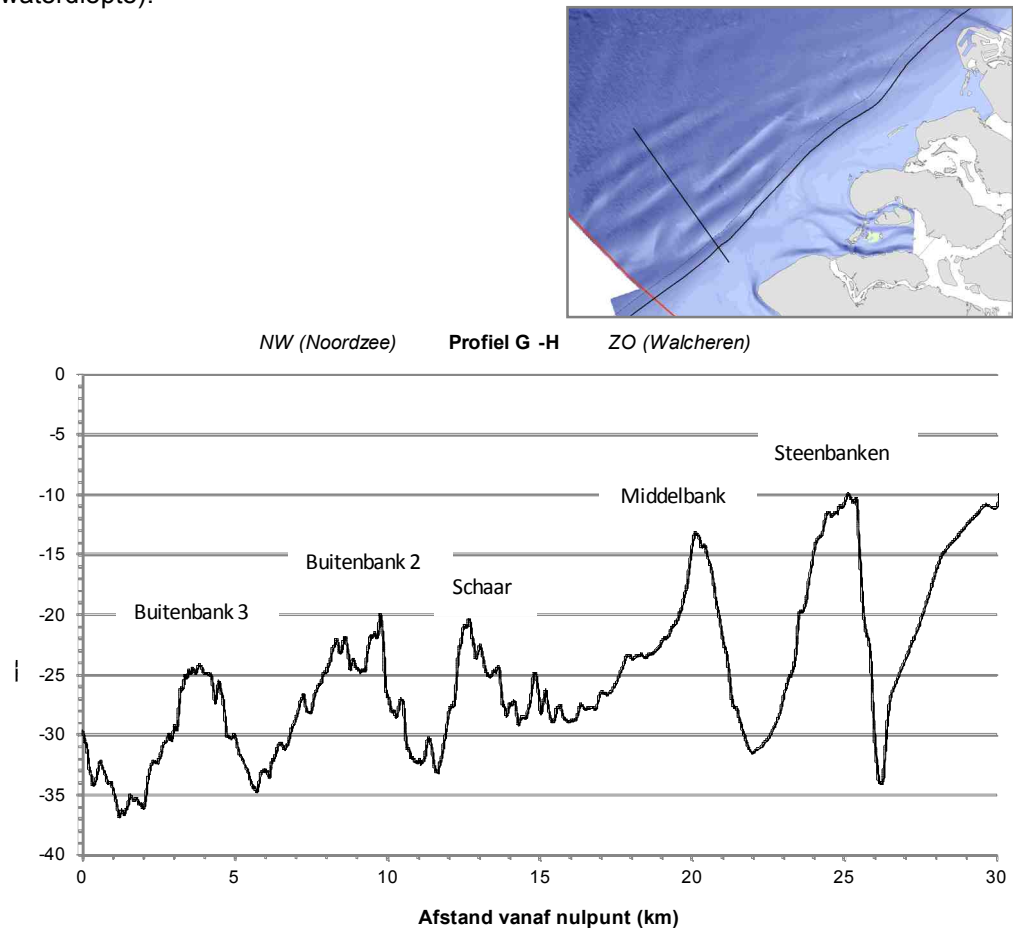
Uit de dwarsprofielen kan worden afgeleid dat er geen generalisaties mogelijk zijn, die de geomorfologie van de Zeeuwse banken eenduidig beschrijven. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor het verplaatsen van de Zeeuwse banken. Ook op historische kaarten werden deze banken al aangegeven, op grofweg dezelfde locaties als nu.

### *Zandgolven*

De dwarsprofielen vertonen aan de zeezijde veel variatie in hoogte, op een veel kleinere schaal (honderden meters, hoogtevariatie van meters) dan de schaal van de Zeeuwse banken zelf. De variaties worden veroorzaakt door de aanwezigheid van kleinere bodemvormen op de Zeeuwse banken, zowel op de banken en flanken, als in de troggen. Uit andere studies blijken dit zandgolven te zijn, met een hoogte van twee tot acht meter. Deze zandgolven staan vrijwel dwars op de Zeeuwse banken, zoals bijvoorbeeld blijkt uit een detailweergave van een deel van het studiegebied. De zandgolven staan ook dwars op de overheersende richting van de getijdestroming. De zandgolven lopen door vanaf de troggen via de flanken, tot op en over de toppen van



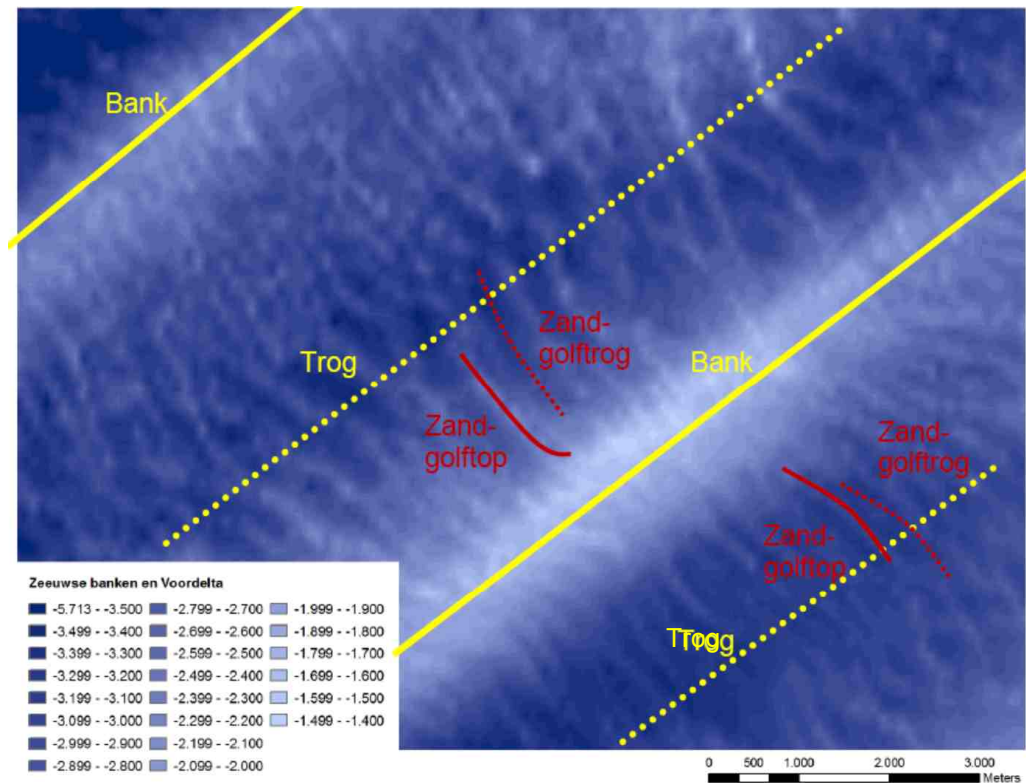
de banken. De aanwezigheid van de zandgolven is een duidelijke aanwijzing voor dynamiek van de zeebodem, dit soort bodemvormen blijft alleen aanwezig op de zeebodem als de (getij)stroming het sediment op de bodem regelmatig in beweging brengt. Als dat niet geval is, worden de ribbels afgebroken door stormgolven en biologische processen (doorgraving). Om deze zandgolven op de zeebodem te vormen en in stand te houden, moeten de stroomsnelheden relatief hoog zijn (hoe hoog precies is onder andere afhankelijk van de korrelgrootte van het sediment en de waterdiepte).



Figuur 3.2 Dwarsprofiel Zeeuwse Banken

Op basis van de beschikbare gegevens en de geomorfologische kaart (Van Alphen en Damoiseaux, 1989) kan worden geconstateerd dat op een deel van de Zeeuwse banken geen zandgolven aanwezig zijn. Er zijn verschillende verklaringen voor het ontbreken van zandgolven in dit gebied. Zowel bij hoge als bij lage stroomsnelheden is er sprake van een vlakke bodem (respectievelijk bekend als “lower-stage plane bed” en “upper-stage plane bed”). Een alternatieve verklaring is dat de getijstroming in deze gebieden niet in twee overheersende richtingen staat, maar gedurende het getij draait. En het kan ook nog zo zijn dat de afwezigheid van de bodemvormen in deze gebieden een artefact is van de metingen, dat wil zeggen dat lodingen met een

hogere nauwkeurigheid en fijnere resolutie misschien wel bodemvormen in beeld zouden brengen.



**Figuur 3.3** Uitsnede van een deel van de Zeeuwse banken, waarin zowel de banken zelf, als de kleinere bodemvormen (zandgolven) op de banken en in de troggen zichtbaar zijn.

#### Oriëntatie

De oriëntatie van de Zeeuwse banken ten opzichte van de kustlijn (de denkbeeldige kustlijn die ontstaat door het verbinden van de koppen van voormalige Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden) is overwegend parallel, of er enigszins tegenaan gedraaid (de Bollen van Goeree). Ten opzichte van de getijstrooming liggen de banken en troggen grotendeels parallel. De Bollen van Goeree liggen met de klok mee gedraaid ten opzichte van de getijstrooming. De relatief kleine Rabsbank ligt ten opzichte van de getijstrooming tegen de klok in gedraaid.

De oriëntatie van de Zeeuwse banken is anders dan de zuidwestelijk ervan gelegen Vlaamse banken en de westelijk gelegen Hinderbanken, die beide ten opzichte van de doorgaande getijstrooming tegen de klok zijn gedraaid. Deze banken zijn geclassificeerd als "open shelf ridges". De oriëntatie van de kustaangehechte banken (shoreface-connected ridges) bij de Noord-Hollandse kust, die met de klok mee zijn gedraaid ten opzichte van het getij, komt overeen met de Bollen van Goeree.

In de bestaande classificaties van “ridges” zijn de Zeeuwse banken niet in te passen, omdat de oriëntatie van de Zeeuwse banken afwijkt. Deze afwijkende oriëntatie ten opzichte van de kust en de overheersende stroomrichting wordt ook aangetroffen bij de Vlaamse banken.

Door dhr. A. Stolk (Rijkswaterstaat, dienst Noordzee) is aangegeven dat in Verbers (1999) de Schouwenbank is aangemerkt als zijnde aardkundig waardevol. Omdat we geen inzage hebben gehad in deze referentie, kunnen we hierover geen verdere onderbouwing geven en nemen we het als feit mee in dit onderzoek.

### **3.3 Waterbeweging**

Recente metingen van de stroomsnelheden in de Zeeuwse banken zijn ons niet bekend. De gerapporteerde informatie over de stroomsnelheden in het gebied zijn gebaseerd op modelstudies van de waterbeweging. Door Hommes (2004) worden maximale snelheden opgegeven van 0,6 tot 1,0 m/s bij respectievelijk doortij en springtij, met een gemiddelde van 0,75 m/s. Deze waarden zijn gebaseerd op de gegevens zoals die ook in de stroomatlas voor de Noordzee zijn opgenomen ([www.noordzeeatlas.nl](http://www.noordzeeatlas.nl)). Gedetailleerde stromingsinformatie waarin bijvoorbeeld de verschillen in stroomsnelheden op de onderdelen van de banken (trog, flank, top) zijn weergegeven, zijn niet beschikbaar. Ten noorden van de Zeeuwse banken zijn door Terwindt (1971) stroomsnelheden van 0,8 m/s op een halve meter boven de bodem waargenomen. Door McCave zijn snelheden van 0,5 m/s gerapporteerd op 80 cm boven de bodem bij de meer noordwestelijk gelegen Noord-Hinder.

Hierboven is al genoemd dat de aanwezigheid van zandgolven wijst op het optreden van relatief hoge stroomsnelheden.

Observaties dan wel modelberekeningen van de effecten van stormgolven op de Zeeuwse banken zijn niet aangetroffen. Gezien de relatief ondiepe ligging van de toppen van de Zeeuwse banken is het niet onwaarschijnlijk dat deze delen in het bereik liggen van stormgolven. Mede gezien de observaties aan het optreden van stormgolven op de Noordzee langs de Hollandse kust.

### **3.4 Opbouw en ontstaan**

De Zeeuwse banken bestaan voornamelijk uit (fijn tot middel) zand. Het sediment aan de oppervlakte (bovenste 10 tot 15 cm) bestaat voornamelijk uit fijn tot middel zand, met lokaal (zwak) grindhoudend zand dan wel slibhoudend zand. In de troggen tussen de banken is lokaal grindhoudend zand, dan wel slib aanwezig. Door Hommes (2004) is opgemerkt dat zand op de toppen over het algemeen grover is dan het zand in de troggen, waarbij niet aangegeven is op welke gegevens dit is gebaseerd. Het is niet zo dat in alle troggen de bodemsamenstelling (veel) fijner is, vanwege lagere

stroomsnelheden in de diepere delen. Uit de aanwezigheid van de zandgolven in de troggen kan worden afgeleid dat de stroomsnelheden flink kunnen oplopen in deze gebieden. Aanvullende gegevens over de bodemsamenstelling (bijvoorbeeld als 'bijvangst' van bodembemonstering van benthos) zijn gewenst om gefundeerde uitspraken over de sedimentsamenstelling te doen.

Op basis van boringen en seismische gegevens is door Laban en Schüttenhelm (1981) vastgesteld dat verschillende banken (Buitenbanken, Middelbank, Schouwenbank) een kern hebben die zij "initial ridge" hebben genoemd, die bestaat uit fijn zand. De schelpen in deze afzetting zijn soorten uit de open zee, het betreft dus geen restanten van oude wadafzettingen. Op basis van pollenanalyse is bepaald dat deze initiële banken een ouderdom hebben van meer dan 5000 jaar voor heden. Daaronder liggen oudere Holocene en Pleistocene afzettingen, die ook voornamelijk uit zand bestaan. Overigens blijkt uit aanvullend seismisch en geologisch onderzoek dat de geologische opbouw van de Zeeuwse banken waarschijnlijk complexer is dan in het gepubliceerde model wordt aangenomen (mondelijke toelichting Ad van der Spek, Deltares).

Tussen de kust en Bollen van Goeree, voor de kust van Goeree, is fijn, siltig zand aangetroffen met kleilagen (Laban en Schüttenhelm, 1981). Ook aan de landzijde van de Rabsbank wordt Holoceen materiaal aangetroffen met kleilagen (Elbow en Banjaard formatie).

De geologische gegevens van de Zeeuwsche banken bieden weinig aanknopingspunten over het ontstaan ervan. De banken kunnen zijn ontstaan als relictten van oude (geomorfologische) structuren ("moribund"). Het is ook mogelijk dat de Zeeuwse banken zijn opgebouwd en in stand gebleven onder invloed van de getijstrooming. Over het ontstaan en de ontwikkeling van banken onder invloed van (getij) strooming is veel gepubliceerd. Op basis van de geologische opbouw, de oriëntatie en (het ontbreken) van grootschalige dynamiek kunnen er geen mechanismen voor de vorming van de banken worden uitgesloten.

#### *De verschillen met andere delen van het NCP.*

In termen van morfologie en waterbeweging is het belangrijke verschil tussen de Zeeuwse banken en de rest van het NCP de aanwezigheid van de banken. Zandgolven zijn op grote delen van het NCP aanwezig. Ook de hoge stroomsnelheden treden op veel plekken in de Noordzee op. En de bodemsamenstelling van fijn en middel zand wordt op veel plekken in de Noordzee aangetroffen. Daarmee is de variatie in de waterdiepte door de aanwezigheid van de banken de onderscheidende factor voor het gebied.

### 3.5 Gebruik

In de Zeeuwse Banken vindt geen olie- en gaswinning plaats. Wel liggen er diverse kabels en leidingen.. In de Zeeuwse Banken ligt een reserveringsgebied voor de (diepe) winning van beton- en metselzand en tussen de doorgaande NAP -20 m dieptelijn en de 12-mijlsgrens een reservering voor zandwinning (Nationaal WaterPlan-NWP, 2009, Ministerie van Verkeer en Waterstaat). Activiteiten die deze zandwinning hinderen mogen hier niet plaatsvinden. In het gebied bevinden zich al meerdere reguliere zandwinlocaties. Baggerstort en schelpenwinning zijn in de Zeeuwse Banken niet aan de orde (Lindenboom *et al.*, 2005).

De scheepvaartintensiteiten zijn relatief hoog, alhoewel er geen scheepvaartroute is gesitueerd. Het aantal wrakken is aanzienlijk. In het gebied bevindt zich een defensie-restrictiegebied, waar incidenteel mijnen tot ontploffing worden gebracht. De visserij-intensiteit is hoog (Lindenboom *et al.*, 2005).

Het belang van de Zeeuwse banken voor de veiligheid tegen overstromingen is beperkt. Door Boers ¶ Jacobse (2000) zijn berekeningen uitgevoerd van de golfaanval op de Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden onder maatgevende stormcondities. Om het effect van de Zeeuwse banken te bepalen is gerekend met de huidige situatie en met bodems waarin de banken waren verwijderd ("afgegraven"). Het verwijderen van de banken blijkt slecht een gering effect te hebben op de golfhoogte nabij de kust. De belasting van de waterkeringen verandert praktisch niet wanneer aan de noordzijde de Bollen van Goeree en de Buitenbank 1 worden verwijderd. Verwijderen van de Schouwenbank, Middelbank en Steenbanken levert een toename van de golfhoogte van slechts een paar centimeter. En deze uitkomsten zijn ook geldig bij een stijgende zeespiegel.

### 3.6 Archeologie

Een kanskaart voor archeologische vondsten is opgenomen in Terpstra (2004; deze kaart is ook te vinden op de Noordzeeatlas- [www.noordzeeatlas.nl](http://www.noordzeeatlas.nl)). De grootste kans op het aantreffen van archeologische vondsten is ten oosten van de Zeeuwse banken, in het kustgebied. In dat gebied liggen Holocene afzettingen uit het kustgebied, waarin in potentie nog materiaal in situ aanwezig kan zijn. In het gebied van de Zeeuwse banken zelf zijn de kansen op archeologische vondsten kleiner, omdat daar relatief veel omwerking heeft plaatsgevonden door de dynamiek van de zeebodem (met name de migratie van zandgolven). Vondstmateriaal in deze gebieden, dat kan bestaan uit scheepswrakken, maar ook uit uitgespoelde vondsten uit Holocene en Pleistocene sedimenten, ligt hoogstwaarschijnlijk niet meer in situ. Plaatselijk kan zelfs enige aanrijking van vondstmateriaal plaatsvinden, wanneer zand en fijn sediment zijn weggespoeld en grover materiaal overblijft. Deze lokale aanrijking verklaart de

vondsten in visnetten. De meest bijzonder vondst tot nu toe betreft de vondst van een stuk schedel van een Neanderthaler in 2006<sup>1</sup> (Hublin e.a., 2009).

### 3.7 Gebiedsbescherming

Op het Nederlandse Continentale plat zijn de Zeeuwse banken het enige gebied met dit type banken, met grote verschillen in waterdiepte tussen trog en bank. Andere gebieden met banken op het NCP hebben veel minder uitgesproken kenmerken. De Zeeuwse Banken als geheel kennen geen wettelijke bescherming, maar zijn in het Integraal Beheerplan Noordzee (IDON, 2005) wel benoemd als gebied met bijzondere ecologische waarde. Een deel van de Steenbanken valt binnen de grens van het Natura 2000-gebied Voordelta en valt daarmee onder het beschermingsregime van de Natuurbeschermingswet. De Zeeuwse Banken grenzen voorts aan het Natura 2000-gebied de Vlake van de Raan. In het volgende hoofdstuk wordt ingegaan op de ecologische kenmerken van de Zeeuwse banken.

In het Herziene Integraal Beheerplan Noordzee 2015 is aangegeven dat voor gebieden met bijzondere ecologische waarde een toetsingskader geldt, dat globaal overeenkomt met het toetsingskader voor een al aangewezen Natura 2000-gebied. In of nabij gebieden met bijzondere ecologische waarden zijn geen nieuwe activiteiten met kans op significante effecten toegestaan, tenzij er geen reële alternatieven zijn en er sprake is van groot openbaar belang. In het NWP (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009) is aangegeven dat zandwining van nationaal belang is en zijn reserveringsgebieden vastgelegd.

In 2012 beslist het rijk of er aanvullende gebieden in aanmerking komen voor specifieke bescherming in het kader van Natura 2000 en/of de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). Mogelijk leidt ook de implementatie van de KRM tot aanvullingen op het Natura 2000 afwegingskader.

---

<sup>1</sup> Het schedelfragment werd enkele jaren geleden al gevonden door een amateuropaleontoloog Dick Mol in het afval van een schelpenzuiger. Materiaal werd opgezogen uit het Middeldiep, een gebied in de Noordzee op 15 kilometer voor de Zeeuwse kust. De exacte bodemlocatie van de vondst is niet bekend.

## **4 Ecologische waarden Zeeuwse Banken**

### **4.1 Algemeen**

In dit hoofdstuk geven we een beschrijving van de ecologische waarden van de Zeeuwse Banken op basis van bestaande kennis en informatie (zie literatuurlijst in Hoofdstuk 7). De nadruk van de studie lag vooral op mogelijke ruimtelijke verschillen in verspreiding, biomassa en dichtheden (hotspots) van soorten binnen het gebied de Zeeuwse Banken. Daarnaast is onderzocht of de Zeeuwse Banken zich als geheel onderscheiden van het NCP voor de betreffende soortengroepen.

### **4.2 Habitats en ecotopen, grootschalige structuur**

Het gebied Zeeuwse Banken is niet aangewezen als Natura 2000 gebied. Desalniettemin voldoet het gebied aan criteria voor het Natura 2000 habitatype H1110 Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zand-banken. Het betreft de zandbanken die ondieper zijn dan 20m. Op de Zeeuwse Banken is hiervan 41300 ha aanwezig. Dit is 2,3% van het in Nederland aanwezig oppervlak met habitatype H1110 (Goudswaard & Van Bemmelen, 2010).

Het habitatype H1110 wordt gekenmerkt door een aantal abiotische en biotische structuren en functies. Als kenmerk voor dit habitatype geldt onder andere dat de vlakke delen van permanent overstroomde zandbanken een relatief lage biodiversiteit hebben als gevolg van hoge dynamiek (sterke golfwerking). In de iets diepere delen eromheen (zijanten van de banken en troggen tussen de zandbanken) bezinken slib en voedsel en is de golfwerking minder sterk. Deze delen vertonen gewoonlijk een relatief hogere soortenrijkdom en een hogere dichtheid aan organismen ten opzichte van de banken. De troggen zelf zijn bovendien belangrijk voor aan- en afvoer van sediment, water, voedingsstoffen en larven. De visgemeenschap bestaat uit soorten die verschillen in voedselkeuze (benthos, plankton, garnalen/vis) en in verschillende fasen van hun leven (juveniel, volwassen, resident) of seizoenen (trekvissen, seizoensgasten) gebruik maken van het habitat (zie volgende paragrafen) (Ministerie van LNV, 2008: Natura 2000-Profielendocument).

Het gehele complex van mariene ecotopen zoals zandbanken, tussenliggende laagten en geulen en de waterkolom erboven (zie ook Hoofdstuk 2) wordt gerekend tot het habitatype H1110 (Ministerie van LNV, 2008: Natura 2000-Profielendocument). De kenmerkende ecotopen harde structuren en schelpenbanken van dit habitatype ontbreken op de Zeeuwse Banken.

De combinatie van een stabiele megastructuur (zandbanken) en een dynamische microstructuur (zandgolven en megaribbels) binnen een samenhangend geheel van banken en troggen zoals aanwezig op de Zeeuwse Banken is voor Nederlandse

begrippen een uniek biotoop binnen het Natura 2000 habitatype van permanent onder water staande zandbanken (Goudswaard & Van Bemmelen, 2010). Gezien de onlosmakelijkheid van de banken en de geulen zouden de Zeeuwse Banken geassocieerd kunnen worden als een nieuw subtype van habitatype H1110 Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zand-banken (Goudswaard & Van Bemmelen, 2010).

### 4.3 Benthos

“Bodemorganismen” (ook wel benthos genoemd) is een veel omvattend ecologisch begrip. In zijn algemeenheid verwijst het naar al die organismen die een aan de bodem van watersystemen gebonden leefwijze hebben. Belangrijke groepen (wat betreft biomassa en/of dichtheid) binnen de benthos zijn o.a. kleine wormachtigen, borstelwormen, kreeftachtigen, weekdieren en stekelhuidigen. Benthos vormt een belangrijke schakel in het mariene ecosysteem, vooral als voedselbron voor allerlei organismen.

De benthos van de Zeeuwse Banken zijn beschreven door Goudswaard *et al.* (2011) op basis van:

- meerjarige MWTL bemonsteringen in twee meetstations in vlakke gebied tussen de toppen (vanaf 1991; BIOMON) en
- bemonsteringen op meerdere locaties op de Zeeuwse Banken in 2009 en 2010 (Goudswaard & Escaravage, 2010, 2011).

Voor een uitgebreide beschrijving van voorkomende soorten wordt verwezen naar bovengenoemde rapporten (Goudswaard *et al.*, 2011; Goudswaard & Escaravage, 2010, 2011). We volstaan in deze paragraaf met de belangrijkste conclusies.

De data van Goudswaard *et al.* (2011) en Goudswaard & Escaravage (2010, 2011) zijn niet gedetailleerd genoeg voor een beschrijving van de benthosgemeenschappen op niveau van individuele banken en tussenliggende troggen.

De data van Goudswaard & Escaravage (2010, 2011) laten een verschuivingen in de samenstelling van de bodemdierengemeenschap op de Zeeuwse Banken zien die gerelateerd is aan de sediment korrelgrootte (van Abra (fijnzandig met weinig slib), via Nephtys (fijnzandig) naar Ophelia (grofzandig)). Deze waarnemingen zijn conform de waarnemingen bij de langjarige monitoring beschreven in Degraer *et al.* (2006) ten aanzien van het Belgisch deel van de vlakte van de Raan. De verspreidingspatronen van de bodemdierengemeenschappen duiden op zeer heterogene leefomstandigheden langs een transect dwars op de banken tussen trog, top en flank maar ook daarbinnen als gevolg van de sediment eigenschappen (Goudswaard & Escaravage, 2011).

Benthos komt niet homogeen verspreid voor over de Zeeuwse Banken. Het aantal soorten, de dichtheden en de biomassa is op de toppen significant lager dan in de



troggen. Waarschijnlijk is dit het gevolg van een hoge hydrodynamica en sediment instabiliteit. De samenstelling van de gemeenschappen is niet significant anders op de toppen dan in de troggen. De gemeenschap op de toppen kan het best als een verarmde versie van de gemeenschap in de troggen beschreven worden. Een afname van benthosdiversiteit en -biomassa van trog richting de top van zandbanken is niet specifiek voor de Zeeuwse Banken. Ook op de zandbanken op het Belgisch Continaal Plat is dit waargenomen en elders (zie onder andere Van Dijk (2007; in Van Dalfsen & Aarninkhof, 2009), De Backer *et al.*, 2010; Houziaux *et al.*, 2005)

De Zeeuwse Banken lijken wat betreft soortensamenstelling en soortenrijkdom van benthos op de Voordelta en Noordzeekustzone (Natura 2000-habitatype H1110-B) maar de dichtheden en biomassa op de Zeeuwse Banken zijn lager. Dit verschil met de Voordelta is vermoedelijk het gevolg van de hoge hydrodynamica op de Zeeuwse Banken die gepaard gaat met een vergroving van het sediment en bijbehorende verschuivingen in de bodemdieren gemeenschappen. De Zeeuwse Banken kunnen worden beschouwd als een door natuurlijke dynamiek verarmde variant van habitatype H1110-B (Goudswaard & Escaravage, 2010).

De waargenomen dichtheid aan schelpdieren op de Zeeuwse Banken, zowel in de troggen als op de toppen, is laag en wettigt geen classificatie als schelpdierbank (of als zijnde van belang als voedselgebied voor schelpdieretende zeevogels). Er zijn slechts drie soorten bivalven van betekenis aanwezig: het mesheft (*Ensis directus*) en de ovale en stevige strandschelp (*Spisula elliptica* en *S. solida*) (Goudswaard & Escaravage, 2011).

Lengkeek *et al* (2010) bevestigen het beeld van Goudswaard *et al.* (2011) en Goudswaard & Escaravage (2010, 2011) dat de Zeeuwse Banken relatief arm zijn aan fauna ten opzichte van bijvoorbeeld de Voordelta. Desalniettemin vonden zij op één locatie (WGS84 coördinaten: x: 3,5569637 / y: 51,7825927) op 24m diepte een levensgemeenschap bestaande uit zwaardschedes, zeesterren, slangsterren kokerwormen, hydroidpoliepen, garnalen en krabben die niet veel onderdoet voor veel ondiepe gebieden. Dergelijke gemeenschappen kunnen hooguit lokaal verwacht worden.

Vergeleken met het Belgisch deel van de Zeeuwse Banken, is het Nederlandse deel beperkt onderzocht op benthos. Op de Belgische Banken is het nodige onderzoek verricht waarover ook gepubliceerd is (o.a. Degraer *et al.*, 2006; Hostens & Moolaert, 2006; Gheschiere, 2000; Willems, 2000; Verween 1999). Extrapolatie van deze gegevens is echter moeilijk. Ieder zandbankcomplex heeft zijn eigen karakteristieken (zoals diepte, sedimentsamenstelling (slib, zand, klei), korrelgrootte sediment, stromingspatronen, ligging t.o.v. de kustlijn etc.). Hierdoor verschillen de zandbankcomplexen in de samenstelling van het bodemleven (dichtheid, biomassa, aantal soorten ) (Hostens & Moolaert 2006, Moolaert *et al.* 2007, Van Hoey *et al.* 2004). Elk zandbankencomplex op zich bestaat uit een aaneenschakeling van ondiepe zandbanken, zandribbels, getijdengeulen en diepere geulen. Deze

habitatcomplexiteit kan ook nog eens leiden tot een hogere variabiliteit in het benthos binnen de zandwinningszones zelf (Tyler & Shackley, 1979; Vanosmael et al., 1982; in: Van Lancker *et al.*, 2010; Hostens et al., 2008;). Daardoor kunnen de gegevens van het ene zandbankcomplex zelden éénduidig gebruikt worden als referentiemateriaal voor de andere zones.

In algemene zin kan gesteld worden dat in het Nederlandse deel van de Zeeuwse Banken dezelfde soorten dominant aanwezig als in het Vlaamse deel van de Zeeuwse Banken, echter de biomassa en dichtheden zijn lager. Vermoedt wordt dat dit een gevolg is van het grover worden van het sediment in het Nederlandse deel als gevolg van hydrodynamica. Mogelijk speelt ook de zoetwaterbel van de Westerschelde een rol (Degraer *et al.* 2006; Goudswaard & Escaravage 2010).

Terpstra (2004) waardeerde de Zeeuwse Banken wat betreft benthos op grond van data van de Vlaamse Banken (o.a. Vanaverbeke *et al.*, 2002; Cattrijsse & Vincx, 2001). Terpstra kwam hierbij tot twee uitgangspunten: 1) de dichtheden van de bodemfauna in de troggen is hoger dan op de toppen van de banken, 2) er is een toename in diversiteit loodrecht op kust in kustafwaartse richting. Zoals hierboven gesteld wordt de aanwezigheid van een gradiënt van afnemende dichtheden van troggen naar toppen op de Zeeuwse Banken bevestigd door de data van Goudswaard & Escaravage (2010, 2011).

Op grond van de huidige beschikbare benthosdata van de Zeeuwse Banken kan geen onderbouwing worden gegeven voor de tweede gradiënt die Terpstra als uitgangspunt hanteert. Goudswaard & Escaravage (2010, 2011) maken geen melding van een toename in diversiteit loodrecht op kust in kustafwaartse richting. De gradiënt zoals door Terpstra wordt gehanteerd lijkt enigszins arbitrair. In het Vlaamse deel van de Zeeuwse banken is een gradiënt vastgesteld waarin de nematode dichtheid kustafwaarts toeneemt (Vanaverbeke *et al.*, 2002; Merckx *et al.*, 2010). Daarentegen is er kustafwaarts een afname in biomassa en dichtheid van hyperbenthos (Dewicke *et al.*, 2003). Met andere woorden dit verschilt per soort(groep).

In een aantal studies is gebleken dat de seizoensverschillen in dichtheid, biomassa en diversiteit van benthos (hyperbenthos) groter zijn dan de ruimtelijke verschillen (Willems, 2000; Gheschiere, 2000; Verween, 1999). De dichtheden zijn in het najaar over het algemeen hoger dan in het voorjaar.

Beschermde soorten (OSPAR-lijst van bedreigde en/of afnemende soorten en habitats: noordkromp, oester, purperslak) komen niet voor op de Zeeuwse Banken ([www.anemoon.org](http://www.anemoon.org)).

## 4.4 Vissen

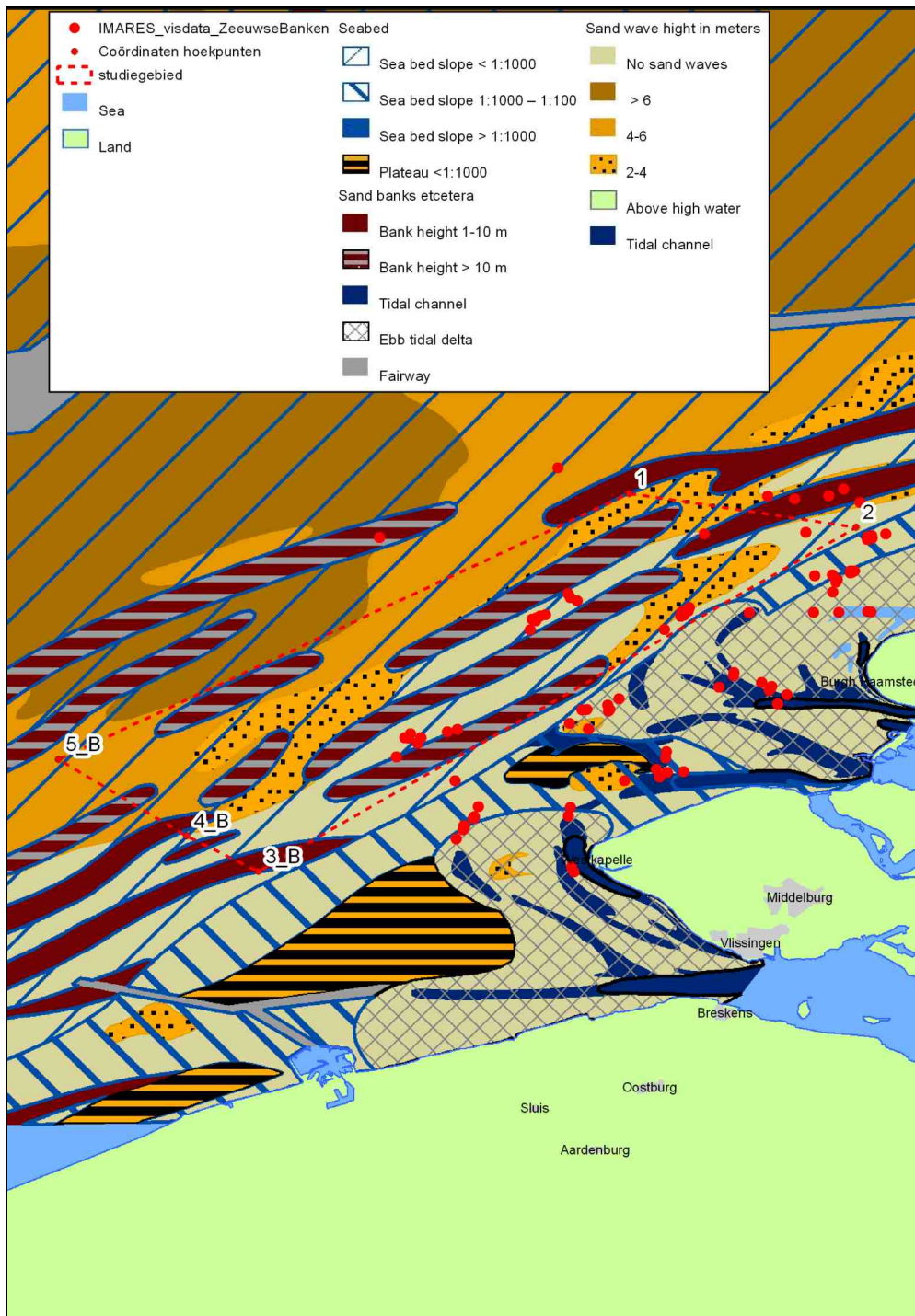
De visfauna (soorten en ruimtelijk en temporele verspreiding) van de Zeeuwse Banken is nooit onderzocht op gebiedsniveau. Gegevens over vissen in het gebied zijn verzameld in het kader van grootschaliger monitoringprogramma's van Imares, namelijk de Beam Trawl Survey (kortweg BTS) en de Demersal Fish Survey (kortweg DFS). Deze surveys hebben een aantal monsterpunten op en nabij de Zeeuwse Banken. De gegevens van deze surveys zijn opgevraagd voor voorliggende studie.

De verkregen data zijn onderverdeeld in vier gebieden: meetpunten in het gebied de Zeeuwse Banken, meetpunten in de Voordelta (ten zuidoosten van het studiegebied), meetpunten ten noorden van het studiegebied en zeewaarts van het studiegebied. De interpretatie van de gegevens en de vergelijking van gebieden kent de volgende beperkingen:

1. De dataset geeft een onderschatting van het aandeel pelagische vissen. De gegevens zijn verzameld met boomkorren. Dit vistuig is gericht op het vangen van bodemvissen, waardoor pelagische vissoorten gemist worden.
2. De dataset geeft alleen inzicht in de aanwezige soorten in het derde kwartaal (augustus/september). De verspreiding van veel vissoorten varieert echter per seizoen. Een jaarrond beeld ontbreekt.
3. De visbemonsteringen op de Zeeuwse Banken zijn alleen in de troggen uitgevoerd; daarentegen zijn de gebieden ten noorden en zeewaarts van de Zeeuwse Banken alleen op de toppen van de zandbanken bemonsterd (zie figuur 4.1).
4. In de gebieden ten noorden en zeewaarts van de Zeeuwse Banken liggen relatief weinig monsterpunten (zie tabel 4.1).

*Tabel 4.1 Bemonsteringsintensiteit van vier deelgebieden op de Zeeuwse Banken en omgeving.*

	<b>Totaal aantal locaties</b>	<b>aantal bemonsterings jaren</b>	<b>Monster jaren</b>
Zeeuwse Banken	27	10	2001 – 2010
Voordelta	58	10	2001 – 2010
ten noorden van de Zeeuwse Banken	5	5	2002, 2004, 2007, 2009, 2010
Zeewaarts van de Zeeuwse Banken	2	2	2001, 2010



Figuur 4.1: Kaart van de visbemonsteringslocaties voor de Zeeuwse kust in de periode 2001-2010, Imares. Bron ondergrond: geomorfologische kaart [www.noordzeetlas.nl](http://www.noordzeetlas.nl).

#### Soortenrijkdom en dichtheden

Op basis van deze (vangst)gegevens zijn de tien meest voorkomende vissoorten op de Zeeuwse Banken: grondel, schol, dwergtong, schar, schurftvis, pitvis, wijting, kleine pieterman, tong en steenbolk (tabel 4.2). Tabel 4.3 geeft weer in welk gebied de hoogste dichtheden (aantallen per hectare) van een soort voorkomen. Van een aantal soorten, waaronder dwergtong, schurftvis, tong en steenbolk, herbergen de Zeeuwse Banken relatief hoge dichtheden ten opzichte van de overige gebieden. Schurftvis, kleine pieterman, gevlekte pitvis, adderzeenaald en dwergbolk zijn allen beschermd op grond van de Flora- en faunawet.

De Zeeuwse Banken vormen morfologisch gezien en wat betreft visfauna een overgangszone tussen de ondiepe kustzone (de Vlakte van de Raan en de Voordelta) en de diepere delen van de open Noordzee. Het gebied herbergt zowel vissoorten van de open zee als ook soorten die kenmerkend zijn voor de kustzone. Dit is niet uniek voor de Zeeuwse Banken.

Tabel 4.2: Overzicht van tien meest voorkomende vissoorten per gebied in aantal per hectare

	Zeeuwse Banken	Voordelta	ten noorden studiegebied	Zeewaarts van studiegebied
Grondel	105	1198	-	7
Schol	92	138	101	26
Dwergtong	87	14	16	5
Schar	86	323	24	20
Schurftvis	33	-	24	10
Pitvis	32	112	9	8
Wijting	27	78	4	-
Kleine pieterman	27	-	27	194
Tong	19	-	8	5
Steenbolk	17	-	-	-
Dikkopje	-	122	-	-
Harnasmannetje	-	21	4	-
Haring	-	19	-	-
zandspieringen fam*	-	15	-	3
Horsmakreel	-	-	4	-
Rasterpitvis	-	-	-	1

\* Zandspieringen fam zijn alle zandspiering-achtigen samenopgeteld (smelt, Noorse zandspierig en ammodytes) (Bron: data IMASRES).

Van de Voordelta is bekend dat het gebied rijk is aan vis. De data tonen dat de Zeeuwse Banken niet zo rijk zijn aan vis als de Voordelta. De Voordelta herbergt van de vier gebieden van de meeste vissoorten de hoogste dichtheden (aantal / ha; tabel 4.3). De dichtheden op de Zeeuwse banken liggen over het algemeen wel weer hoger dan de gebieden noord- en zeewaarts.

*Tabel 4.3: Waar komt welke vissoort het meeste voor.*

<b>locatie</b>	<b>soort</b>	<b>aantal / ha</b>
Zeeuwse Banken	Dwergtong	86,82
Zeeuwse Banken	Schurftvis	32,73
Zeeuwse Banken	Tong	19,41
Zeeuwse Banken	Steenbolk	17,08
Zeeuwse Banken	Rode poon	1,89
Zeeuwse Banken	Tongschar	0,75
Zeeuwse Banken	Bot	0,63
Zeeuwse Banken	Gevlekte pitvis	0,25
Zeeuwse Banken	Zeebaars	0,20
Zeeuwse Banken	Mul	0,16
Zeeuwse Banken	Geep	0,15
Zeeuwse Banken	Adderzeenaald	0,12
Zeeuwse Banken	Dwergbolk	0,10
Zeeuwse Banken	Makreel	0,05
Zeeuwse Banken	Grote pieterman	0,01
Voordelta	Grondel	1197,51
Voordelta	Schar	323,23
Voordelta	Schol	137,86
Voordelta	Dikkopje	121,86
Voordelta	Pitvis	112,34
Voordelta	Wijting	78,33
Voordelta	Harnasmannetje	21,27
Voordelta	Haring	19,35
Voordelta	smelt + ammodytes + Noorse zandspiering	15,42
Voordelta	Ammodytes	13,68
Voordelta	Sprot	6,91
Voordelta	Vijfdradige meun	6,43
Voordelta	Glasgrondel	3,55
Voordelta	Rasterpitvis	2,12
Voordelta	Zeedonderpad	1,67
Voordelta	Kabeljauw	1,52
Voordelta	Syngnathus	1,51
Voordelta	Slakdolf	1,04
Voordelta	Driedradige meun	0,48
Voordelta	Grote zeenaald	0,28
Voordelta	Kleine zeenaald	0,18
Voordelta	Vierdradige meun	0,17
Voordelta	Spiering	0,13
Voordelta	Kleine koornaarvis	0,04
Voordelta	Ruwe haai	0,02
Voordelta	Ansjovis	0,02
Voordelta	Zwarte grondel	0,02
ten noorden studie gebied	Horsmakreel	3,82
ten noorden studie gebied	Noorse zandspiering	1,21
ten noorden studie gebied	Tarbot	0,40
ten noorden studie gebied	Franse tong	0,08
ten noorden studie gebied	Stekelrog	0,07
Zeewaarts van het studie gebied	Kleine pieterman	194,18
Zeewaarts van het studie gebied	Smelt	2,96
Zeewaarts van het studie gebied	Griet	0,49
Zeewaarts van het studie gebied	Dikrugtong	0,17

Lindeboom *et al.* (2008) en Bos *et al.* (2011) hebben op basis van de bestaande inventarisatiegegevens de relatieve verspreiding van vissen op het NCP gemodelleerd. Het model voorspelt relatief hoge dichtheden van een aantal soorten in de buurt van de Zeeuwse Banken ten opzichte van de rest van het NCP: o.a. tong, tarbot, mul, makreel en horsmakreel (Lindeboom *et al.*, 2008). De visrijkdom lijkt er relatief hoog bezien op de schaal van het NCP (Bos *et al.*, 2011).

In tegenstelling tot de Zeeuwse Banken waar de troggen bemonsterd zijn, zijn in de gebieden ten noorden en zeewaarts van de Zeeuwse Banken de toppen van de zandbanken bemonsterd. De overeenkomsten in vangstsamenstelling van deze drie gebieden doen vermoeden dat op de toppen vissen in lagere dichtheden voorkomen dan in de dalen. Degraer *et al.* (2006b) vonden een vergelijkbare gradiënt op de Vlaamse en Zeelandbanken op het BCP: op de meeste toppen lagen de dichtheden van vissen lager dan in de geulen. Ook Hostens *et al.* (2008) vonden op het BCP dat de verschillende parameters (dichtheid, diversiteit) iets hoger lijken te liggen in de troggen dan op de banken, hoewel dit ook niet in alle zandbankcomplexen éénduidig was. Deze verschillen in dichtheid en diversiteit kunnen vooral worden toegeschreven aan verschillen in de soortensamenstelling tussen troggen en toppen. Zowel baarsachtigen (waaronder grondels) als haringachtigen komen bijna altijd in hogere aantallen voor op de banken in vergelijking met de geulen. Sommige taxa komen juist meer voor in de geulen dan op de banken, waaronder platvissen en kabeljauwachtigen.

Vergelijkbaar als met benthos lijkt er ook voor vissen een seizoenseffect te zijn. Wat betreft dichtheden (en in mindere mate soortenrijkdom en diversiteit) liggen de gemiddelde waarden in het najaar over het algemeen hoger dan in het voorjaar. Zie onder andere Hostens *et al.* (2008) voor gegevens over het BCP.

#### *Functie van het gebied*

Vissen kennen verschillende levensstadia: ei, larve, juveniel en volwassen vis en paairijpe volwassen vis; deze levensstadia zijn weer gekoppeld aan specifiek leefgebied. De volgende leefgebieden kunnen onderscheiden worden:

- foerageerhabitat
- paaihabitat
- opgroeigebied van larven (kinderkamer)
- overwinteringshabitat

Afhankelijk van de soort, zijn habitats en levensstadia meer of minder gescheiden van elkaar en treedt in min of meerdere mate migratie op tussen habitats (Gibson, 1997). De Zeeuwse Banken herbergen al deze functies; afhankelijk van de soort gaat het om één of meerdere functies.

De Zeeuwse Banken vormen onderdeel van de migratieroute van zgn. anadrome vissen (vissen die tussen zoet en zout water migreren, dit is tussen paai- en opgroeigebied). De aangrenzende Natura 2000-gebieden Voordelta en de Vlakte van

de Raan zijn beiden aangewezen als Natura-2000 gebied voor de anadrome vissen zeeprrik, rivierprrik, elft (alleen Voordelta) en fint. De gebieden vormen een schakel tussen de (binnenlands gelegen) voortplantingsgebieden in het stroomgebied van de Rijn, de doortrekgebieden (zoals Natura 2000-gebied Haringvliet) en de (andere) mariene gebieden waar deze soorten opgroeien en overwinteren. Bij migratie op weg naar zoet water of open zee passeren de vissen (logischerwijs) ook de Zeeuwse Banken.

Op grond van beschikbare gegevens over paaigebieden op het NCP (o.a. Ter Hofstede, 2005, 2006; Rogers & Stocks, 2001; Heessen, 2010; Mesel *et al.*, 2007; Teal *et al.*, 2009) zijn er geen aanwijzingen dat de Zeeuwse Banken een (substraatgebonden) paai-of opgroeigebied van wezenlijk belang vormen. Vergeleken met de relatief warme en voedselrijke, ondiepe kustzone zijn de Zeeuwse Banken als paai- en opgroeigebied voor vissen van ondergeschikt belang.

Er zijn geen (belangrijke) paaigebieden gelokaliseerd binnen de Zeeuwse Banken. De meeste vissoorten die in de Noordzee paaien zetten hun eieren af in de waterkolom, waarbij er geen relatie is met de onderliggende zeebodem. De paaigebieden van deze vissoorten zijn over het algemeen niet sterk begrensd. In de Noordzee zetten slechts enkele soorten vissen hun eieren af op substraat. De paailocaties van deze soorten beperken zich (dus) tot de gebieden met geschikt substraat. Soorten die hun eieren op substraat afzetten zijn o.a. haring, zandspiering en grondels. Het paaigebied van haring en zandspiering ligt meer zeewaarts van de Zeeuwse Banken. Van grondels is ook geen paaiactiviteit bekend op de Zeeuwse Banken. Ook kraakbeenvissen zoals haaien en roggen zetten hun eierkapsels af op de bodem. Paaiactiviteit van haaien en roggen is voorzover bekend nooit vastgesteld op de Zeeuwse Banken (Heessen, 2010; Ter Hofstede, 2005, 2006; Rogers & Stocks, 2001; Heessen, 2010; Mesel *et al.*, 2007; Teal *et al.*, 2009).

De Zeeuwse Banken onderscheiden zich over het algemeen niet van de rest van de Noordzee als overwinteringsgebied (Teal *et al.*, 2009). Mogelijke uitzondering vormt zandspiering. De sedimentsamenstelling van de Zeeuwse Banken vormt geschikt overwinteringsbiotoop voor deze soort.

Zandspiering is een belangrijke prooi voor visetende vogels, zeezoogdieren en vissen. In de gebiedsbeschrijving van de Voordelta (ministerie van EL en I) wordt de zandspiering genoemd als kenmerkende soort voor het westelijke grofzandiger deel. Omdat alleen data beschikbaar is van bemonsteringen in het derde kwartaal is onzeker of er hoge concentratie zandspieringen in de winter voorkomen op de Zeeuwse Banken.

Voor de Nederlandse kust komen drie soorten zandspiering voor, Zandspiering (*Ammodytes utopiaans*), Noorse Zandspiering (*Ammodytes marinus*) en Smelt (*Hyperoplus Lanceolatus*). De drie soorten lijken veel op elkaar qua uiterlijk en gedrag. In veel van de visonderzoeken worden de soorten niet van elkaar onderscheiden.



Zandspiering is een kustgebonden soort, die veelal in ondiep water tot 30 meter leeft, Noorse zandspiering leeft op dieptes tussen 10 en 100m en de smelt op dieptes tussen 0 en 150 m. Alle drie de soorten leven in scholen boven de bodem. Tijdens inactieve periodes verschuilen zij zich in de bodem. Alle soorten overwinteren in de bodem. De zandspieringen kennen verschillende paaitijden, maar de eieren van alle soorten worden afgezet op en in het zand (Zoetemeyer 2009) Noorse Zandspiering is van commercieel belang en is het meest beschreven in de literatuur. Noorse zandspiering heeft een voorkeur voor grof ( $\geq 710 \mu\text{m}$  to  $< 2 \text{ mm}$ ) en medium zand ( $\geq 250$  to  $< 710 \mu\text{m}$ ) met een laag slib gehalte  $< 1\%$  (Holland et al. 2005). Op de Zeeuwse Banken is vrij grofzand met een mediane korrelgrootte van  $346 \mu\text{m}$  (de korrels zijn tussen  $264$  en  $537 \mu\text{m}$  groot) en bevat weinig slib (Goudswaard & Escaravage 2010). In theorie zijn de Zeeuwse Banken dus goede overwintergebieden voor zandspieringen. Mogelijk verklaart dit ook de aanwezigheid concentraties visetende vogels zoals de roodkeelduiker in de winter (zie ook volgende paragraaf § 4.4).

## 4.5 Vogels

### *Functie van het gebied*

Over het belang en de functie die de Zeeuwse banken vervult voor vogelsoorten in zowel ruimte als tijd bestaan nog veel onduidelijkheden. Structurele telreeksen van vogels ontbreken of zijn slechts beperkt beschikbaar. Vrij recent is door diverse onderzoeken meer informatie beschikbaar gekomen over de aanwezige dichtheden aan soorten en aantallen vogels binnen de Zeeuwse banken en het belang die de Zeeuwse banken voor deze soorten vervuld (Goudswaard 2011; Poot et al. 2006; Poot et al. 2011).

De Zeeuwse banken vormen een geleidelijke overgangszone tussen de ondiepe kustzone en de diepere delen van de Zuidelijke bocht. Hierdoor maken zowel kustgebonden als zeegebonden vogelsoorten gebruik van de Zeeuwse banken.

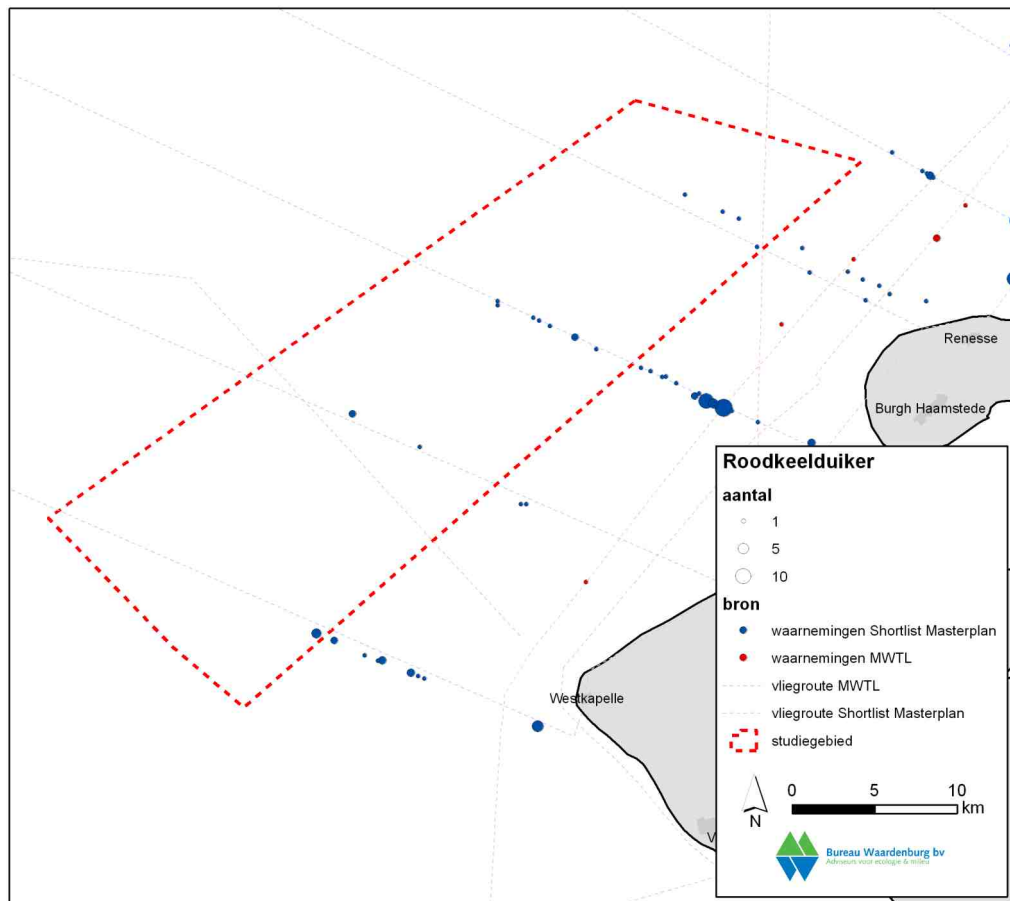
Goudswaard (2011) beschrijft welke functies de Zeeuwse banken voor vogels vervult en op welke wijze dit gebied zich onderscheidt. Zo vormt de centrale ligging, die de Zeeuwse banken inneemt in de Zuidelijke Bocht, een belangrijke corridor voor een breed scala aan migrerende en overwinterende zeevogelsoorten. De beschreven ecologische waarden maken echter geen onderscheid tussen de Zeeuwse banken en de Zuidelijke bocht, waar de Zeeuwse banken deel van uitmaakt. Behalve als corridor wordt het gebied van belang geacht als foerageergebied voor diverse kustgebonden soorten.

In de navolgende beschrijving wordt het belang van de Zeeuwse banken in meer detail beschreven. De resultaten zijn ondermeer gebaseerd op teldata van vrijwel jaarrond gemonitorde scheeps- en vliegtuigtellingen die in en rond de Zeeuwse banken zijn uitgevoerd (in Arts 2011; in Poot et al. 2011).

### Duikende visetende soorten

Van de duikende visetende soorten is de roodkeelduiker op de Zeeuwse Banken in relatief hoge dichtheden vastgesteld in verhouding tot de verspreiding in het Nederlandse deel van de Noordzee. Het zijn overwinterende en deels doortrekkende vogels. Hoge dichtheden hebben betrekking op de periode oktober – februari. Hiervan vindt de piek plaats in februari (zie figuur 4.2). Voor het aangrenzende Natura 2000 gebied de Voordelta zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd voor roodkeelduiker.

Roodkeelduikers komen op basis van de beschikbare verspreidingsgegevens in hogere dichtheden voor in de Voordelta. De Hoogste dichtheden zijn zichtbaar richting de kust. Naarmate de afstand tot de kust groter wordt nemen de aantallen zichtbaar af.

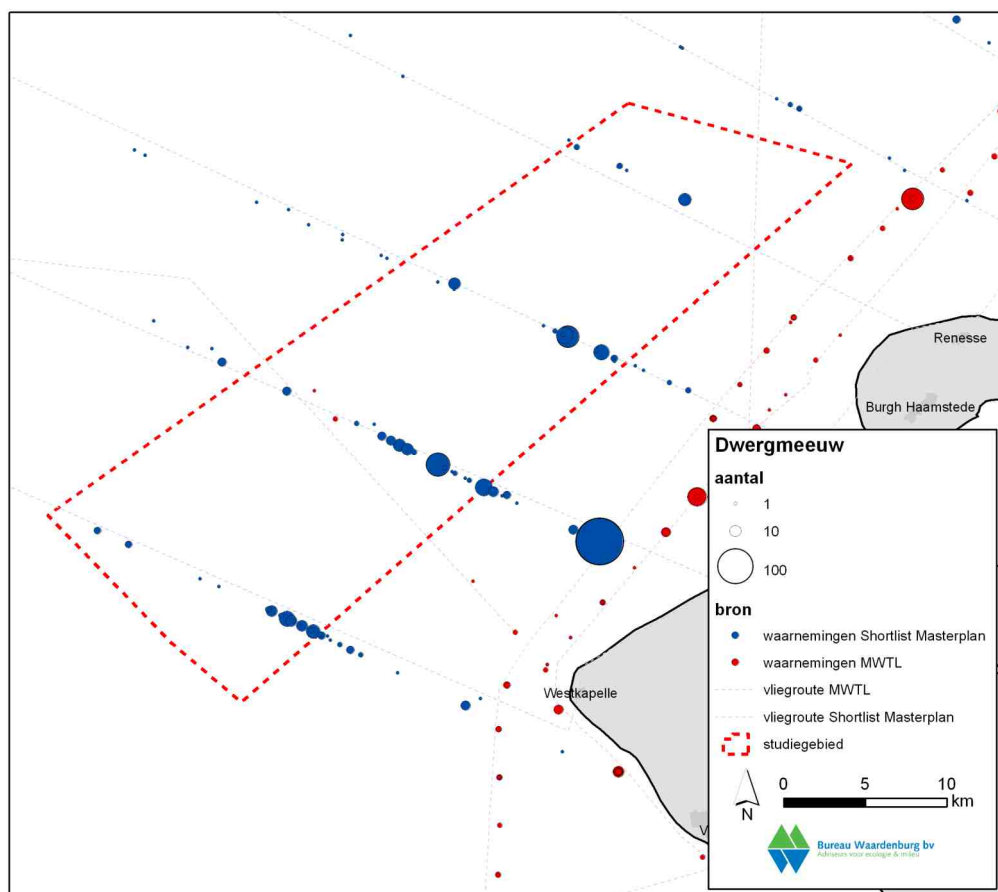


Figuur 4.2 Overzicht van waarnemingen van roodkeelduiker in de omgeving van de Zeeuwse Banken (in Arts 2011; Poot et al. 2011).

### Vliegende visetende soorten

Van de vliegende visetende soorten zijn de dwergmeeuw, grote stern en kleine mantelmeeuw in relatief hoge dichtheden vastgesteld in verhouding tot de verspreiding in het Nederlandse deel van de Noordzee (zie figuren 4.3 – 4.5). Poot *et al.* (2010) suggereren dat aantallen dwergmeeuwen, kleine mantelmeeuwen en grote sterns op de Zeeuwse Banken IBA criteria<sup>2</sup> ontstegen in meerdere jaren en seizoenen.

De algehele verspreiding van dwergmeeuw, grote stern en kleine mantelmeeuw laten hogere dichtheden zien richting de kust. Naarmate de afstand tot de kust groter wordt nemen de aantallen zichtbaar af. De concentraties kleine mantelmeeuwen op zee zijn voornamelijk gerelateerd aan kotters en vormen geen goede indicatie voor het belang van de betreffende locaties voor de kleine mantelmeeuw.

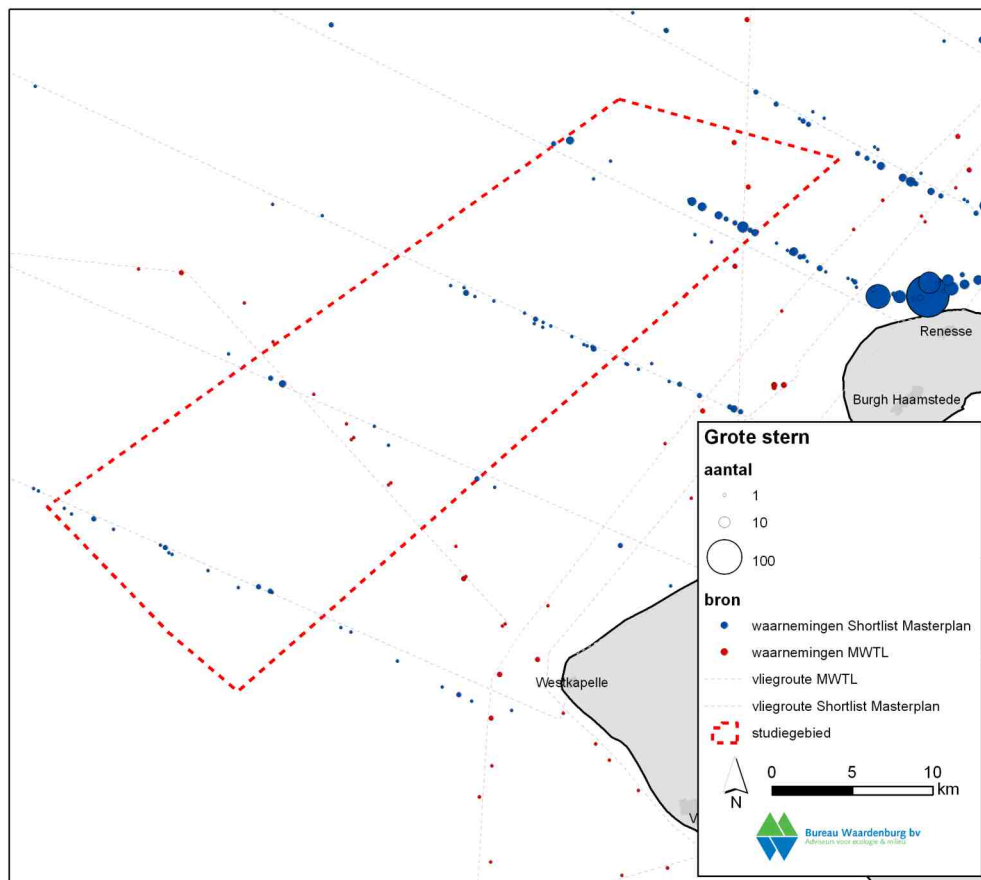


Figuur 4.3 Overzicht van waarnemingen van dwergmeeuw in de omgeving van de Zeeuwse Banken (in Arts 2011; Poot *et al.* 2011).

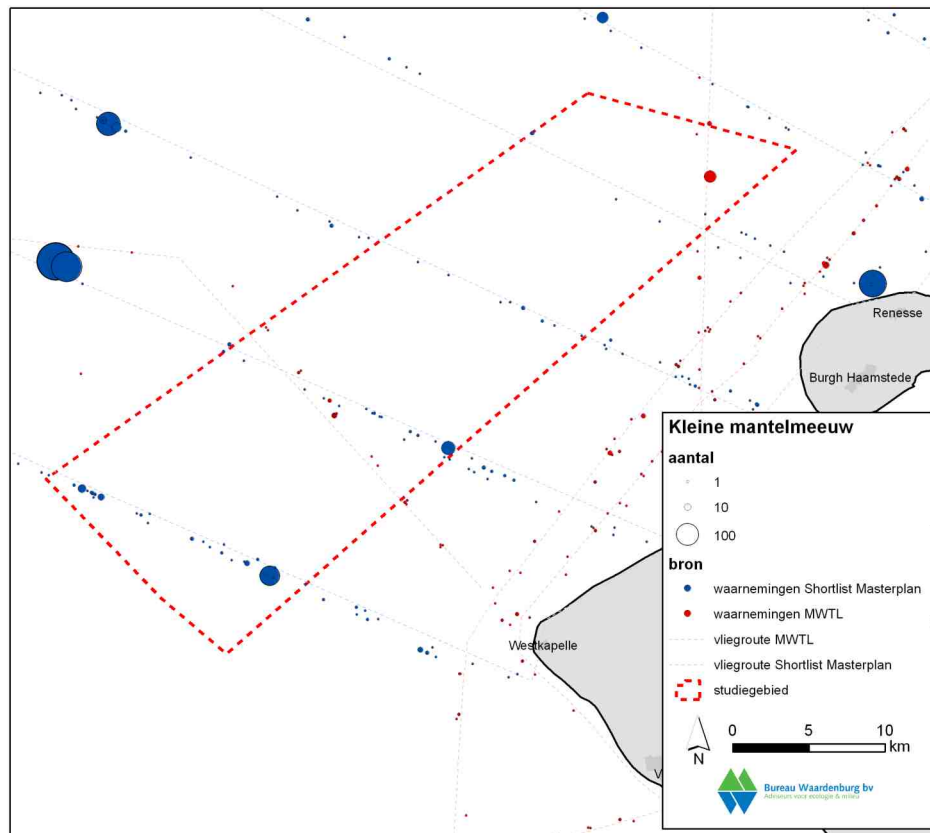
<sup>2</sup> criteria op grond waarvan belangrijke gebieden voor vogels (Important Bird Areas) geïdentificeerd zijn.

### *Benthosetende soorten*

Zwarte Zee-eenden zijn tijdens ESAS tellingen vanaf schepen (Goudswaard *et al.* 2011) slechts in zeer lage aantallen gezien. Tijdens recente vliegtuigtellingen in het seizoen 2009/2010 zijn ze in het geheel niet waargenomen (Poot *et al.* 2011). Waarschijnlijk is het gebied niet of nauwelijks geschikt als foerageergebied voor deze soort, gezien met name de afwezigheid van rijke schelpenbanken en dichtheden van betekenis van benthos in het algemeen (Goudswaard & Escaravage, 2011; zie ook §4.3).



**Figuur 4.4** *Overzicht van waarnemingen van grote stern in de omgeving van de Zeeuwse Banken (in Arts 2011; Poot et al. 2011).*



Figuur 4.5 Overzicht waarnemingen kleine mantelmeeuw in de omgeving van de Zeeuwse Banken (in Arts 2011; Poot et al. 2010).

Tabel 7. Op de Zeeuwse Banken waargenomen soorten zeevogels (ESAS data). Alle soorten zijn trekvogels.

	Vogelrichtlijn	Bonn <sup>2</sup>	Bern <sup>3</sup>	1% norm <sup>1</sup>
Roodkeelduiker <i>Gavia stellata</i>	+	+	+	750
Parelduiker <i>Gavia arctica</i>	+	+	+	1200
Noordse Stormvogel <i>Fulmarus glacialis</i>				
Jan-van-gent <i>Sula bassana</i>				
Zwarte Zee-eend <i>Melanitta nigra</i>				16000
Kleine Jager <i>Stercorarius parasiticus</i>				
Grote Jager <i>Stercorarius skua</i>				
Dwergmeeuw <i>Larus minutus</i>	+	+	+	750
Kokmeeuw <i>Larus ridibundus</i>				
Stormmooi <i>Larus canus</i>				
Kleine Mantelmeeuw <i>Larus fuscus</i>				
Zilvermeeuw <i>Larus argentatus</i>				
Grote Mantelmeeuw <i>Larus marinus</i>				
Drieteenmeeuw <i>Rissa tridactyla</i>				
Grote Stern <i>Sterna sandvicensis</i>	+	+	+	2
Visdief <i>Sterna hirundo</i>	+	+	+	2
Noordse Stern <i>Sterna paradisaea</i>		+	+	
Zeekoet <i>Uria aalge</i>				
Alk <i>Alca torda</i>				

<sup>1</sup> gebaseerd op LNV (2000);

<sup>2</sup> voor deze soorten is er alleen een 1% norm voor broedvogels opgesteld;

<sup>3</sup> deze soorten worden genoemd in appendix II van de conventie van Bonn;

<sup>4</sup> deze soorten worden genoemd in appendix II van de conventie van Bern.

## 4.6 Zeezoogdieren

Het Nederlandse deel van de Noordzee vormt jaarrond onderdeel van het leefgebied voor bruinvis, gewone zeehond en grijze zeehond. Andere walvisachtigen zoals witsnuitdolfijn en tuimelaar worden slechts incidenteel en onregelmatig in de Nederlandse Noordzee waargenomen (Camphuysen & Peet, 2006; Lindeboom *et al.*, 2008; Geelhoed *et al.*, 2011).

Bruinvis en beide soorten zeehonden zijn beschermd op grond van de Flora- en faunawet. De Vlakte van de Raan en de Voordelta kwalificeren onder andere vanwege het voorkomen van deze soorten als Natura 2000 gebied.

### Bruinvis

Bruinvissen (*Phocoena phocoena*) zijn en/of worden in het kader van verschillende onderzoeksprogramma's geïnventariseerd op het Nederlands Continentaal Plat (NCP):

1. In het kader van het Shortlist Masterplan Wind (SMW) programma zijn in 2010-2011 vliegtuigtellingen uitgevoerd om het seizoensgebonden voorkomen en de verspreiding van bruinvissen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) in kaart gebracht. (Geelhoed *et al.*, 2011). Drie series vliegtuigtellingen werden uitgevoerd langs transecten in de zomer (juli 2010), in de late herfst (oktober/november 2010) en in het vroege voorjaar (maart 2011).
2. in het kader van het SMW programma zijn in 2010-2011 tijdens zeevogeltellingen ook bruinvissen geteld langs vaste transecten vanaf een boot (Van Bemmelen *et al.*, 2011) en vanuit een vliegtuig (Poot *et al.*, 2011).
3. In 2009 zijn transecten met een vliegtuig gevlogen tot 120 km uit de kust om de dichtheid en verspreiding van bruinvissen vast te stellen (Scheidat & Verdaat, 2009).
4. Sinds 1989 worden transecten gevlogen over het NCP waarbij bruinvissen (en zeevogels) geteld worden in het kader van de Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) (Arts, 2010).

De bruinvis komt jaarrond voor op het NCP. De waargenomen verspreiding en aantallen vertonen sterke seizoensgebonden variatie. De gegevens tonen ook een grote variatie tussen de jaren, dusdanig dat het moeilijk is om een persistent beeld te schetsen van de verspreiding. Ruimtelijke verspreidingspatronen met lokaal hoge dichtheden van bruinvissen op het NCP zijn onder andere waargenomen door Scheidat & Verdaat (2009). Gilles *et al.* (2009) hebben in de Duitse Noordzee zones met concentraties van bruinvissen waargenomen in het voorjaar. Deze concentraties werden geassocieerd met rijke voedselgronden. Op basis van waarnemingen van zeezoogdieren in de Belgische mariene wateren van 1992 tot en met 2000, lijkt het erop dat een aantal zones op het Belgisch Continentaal Plat belangrijker zijn voor zeezoogdieren dan andere. Zo lijken onder meer de zone tussen Oostende en het ankergebied, de omgeving van de 'Thorntonbank' en de 'Gootebank' en de diepe zone ten noorden van de 'Hinderbanken' belangrijk te zijn voor bruinvis (Courstens *et al.*, 2006).

Als alle data over de verspreiding van bruinvissen gecombineerd worden, zijn er geen aanwijzingen voor het voorkomen van *persistente* hotspots met hogere dichtheden bruinvissen op het NCP (Camphuysen & Siemersma, in prep.; in Bos *et al.*, 2011).

De Zeeuwse Banken maken onderdeel uit van het leefgebied van bruinvissen. Bruinvissen worden hier regelmatig waargenomen tijdens tellingen. De inventarisatiegegevens van bruinvissen op het NCP lenen zich niet voor uitspraken over de ruimtelijke en temporele verspreiding van bruinvis binnen het gebied de Zeeuwse Banken. Het schaalniveau waarop de inventarisaties van bruinvissen zijn uitgevoerd is te grof. De inventarisatiemethoden leenden zich ook niet voor gedragsobservaties. Ook gegevens over de verspreiding van prooivissoorten zijn niet toereikend om gedetailleerde uitspraken te doen over de ruimtelijke verspreiding van bruinvis over het gebied.

### **Zeehonden**

Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) worden in het kader van de volgende onderzoeksprogramma's geïnventariseerd in de Noordzeekustzone:

1. In het Deltagebied worden zeehonden maandelijks geteld in het kader van het Biologisch Monitoring Programma Zoute Rijkswateren van de Waterdienst van Rijkswaterstaat (voormalig RIKZ). Tellingen van zeehonden vanaf een schip of vanuit een vliegtuig zijn weinig betrouwbaar; veel zeehonden worden gemist (onderschatting). Zichtwaarnemingen van zeehonden op zee zijn zeldzaam omdat ze daar kans zien zich snel 'onzichtbaar' te maken door te duiken.
2. In het kader van plannen voor de aanleg van windmolenparken (o.a. Offshore Windmolenpark Egmond aan Zee (OWEZ)) zijn een beperkt aantal zeehonden van satellietzenders voorzien en gevolgd (Brasseur *et al.*, 2006, 2008, 2010). De zeehonden vertoonden een grote seizoensgebonden en individuele variatie in verspreidingsgedrag.

Het belang van de Zeeuwse Banken voor zeehonden is nooit onderzocht. De beschikbare inventarisatiegegevens op zich lenen zich niet voor gedetailleerde uitspraken over de ruimtelijke en temporele verspreiding van zeehonden binnen het gebied de Zeeuwse Banken. Het schaalniveau waarop de inventarisaties zijn uitgevoerd is te grof.

Op grond van de bestaande gegevens zijn er geen harde aanwijzingen dat de Zeeuwse Banken van bijzonder belang (hotspot) zijn voor zeehonden. Zeker is dat het gebied geen functie heeft voor rustende, verharende of zogende dieren, omdat droogvallende zandplaten ontbreken. Het gebied vormt als onderdeel van de Noordzee wel (potentieel) foerageergebied voor zeehonden. Over het dieet en foerageergedrag van zeehonden in de Nederlandse kustwateren is weinig bekend. Door de grote individuele variatie en het ontbreken van voldoende data in het belangrijkste foerageerseizoen (het najaar) is het moeilijk om de belangrijkste

foerageergebieden in de Noordzee te identificeren (Lindeboom *et al.*, 2005). Tot nog toe kon er geen positieve relatie worden aangetoond tussen verspreiding van vissen en het gebruik van gebieden door zeehonden (ofwel deze relatie was er niet ofwel de gebruikte methodiek was niet geschikt) (Brasseur *et al.*, 2004).

Lindeboom *et al.* (2008) en Bos *et al.* (2011) hebben op basis van de bestaande inventarisatiegegevens de relatieve verspreiding van zeehonden op het NCP gemodelleerd. De dieren concentreren zich in de kustzone en in een straal van enkele tientallen kilometers rondom hun ligplaatsen (droogvallende zandplaten) in de Waddenzee en het Deltagebied. Momenteel komen Grijze zeehonden in het Deltagebied vooral voor op de verschillende (droogvallende) platen nabij de kop van Schouwen en de geul richting de Brouwersdam. De Grijze zeehond houdt zich vooral op in de Voordelta.

Opmerkelijk is dat Lindeboom *et al.* (2008) een hogere gemiddelde dichtheid van zeehonden voorspellen in het noordelijk deel van de Zeeuwse Banken ten opzichte van het zuidelijk deel. Deze voorspelling is gebaseerd op satellietzenderdata van ca. 100 zeehonden, de telgegevens van zeehonden op ligplaatsen en de afstand die een zeehond gemiddeld van zijn ligplaats zwemt. Het aantal gezenderde dieren is beperkt en de individuele variatie in ruimtelijke verspreiding is groot. De voorspelling moet daarom met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd.

Bos *et al.* (2011) gaan uit van recentere data dan Lindeboom (Brasseur *et al.*, 2010). Bos *et al.* (2011) waarderen een belangrijk deel van het NCP, waaronder de gehele Zeeuwse Banken, als voorkeurshabitat van zeehonden. Het overige deel van het NCP wordt waarschijnlijk ook, maar in mindere mate, gebruikt door zeehonden.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of zeehonden zich homogeen over hun voorkeurshabitat verspreiden of dat er toch hotspots in de Noordzee, specifiek Zeeuwse Banken, zijn waarin dieren zich concentreren om te foerageren.

#### **4.7 Conclusies ecologische en aardkundige waarden Zeeuwse Banken**

De Zeeuwse Banken zijn relatief arm in bodemfauna als gevolg van de grote dynamiek in het gebied. Het gebied lijkt wat betreft benthossoortenrijkdom en soortensamenstelling op de Voordelta en Noordzeekustzone, alleen zijn de dichtheden en biomassa's lager op de Zeeuwse Banken. Ten opzichte van het offshore NCP lijken de Zeeuwse Banken relatief rijk aan vis. De Zeeuwse Banken zijn van belang als doortrekgebied voor anadrome vissoorten. De Zeeuwse Banken herbergen relatief grote aantallen van roodkeelduiker, dwergmeeuw en grote stern ten opzichte van het NCP. Verder vormt het Zeeuwse Bankencomplex leefgebied van zeehonden en bruinvis. Er geen aanwijzingen voor het voorkomen van persistente hotspots met hogere dichtheden bruinvissen of zeehonden op de Zeeuwse Banken



(dan wel op het NCP). In vergelijking met het rijkere kustgebied zijn de Zeeuwse Banken van ondergeschikt ecologisch belang.

Over het algemeen kan gesteld worden dat de natuurwaarden (benthos, vissen) in de geulen hoger liggen dan op de banken. Op verschillende niveau's zijn er echter uitzonderingen op deze gradiënt, die bovendien gemaskeerd wordt door een grote jaarlijkse en seizoenale variabiliteit (vooral in dichtheid) wat betreft benthos en vis. Binnen het bankencomplex zijn de verschillen toe te schrijven aan verschillen in o.a. sedimentsamenstelling, korrelgrootte van het sediment en diepte. Dit vertaalt zich door naar verschillen in soortensamenstelling van benthos en vis. Op grond van de beschikbare gegevens kunnen geen onderscheidende waarden worden toegekend aan individuele / specifieke banken of geulen.

Een tweede gradiënt is te zien in aantallen roodkeelduiker / viseters die afnemen naarmate de afstand tot de kust groter wordt. Voor benthoseters onderscheiden de Zeeuwse Banken zich niet op het NCP. Voor de tegenovergestelde gradiënt in benthosdiversiteit zoals aangenomen door Terpstra (2004) kon geen voldoende sluitende onderbouwing worden gevonden in literatuur.

Morfologisch gezien is het gebied uniek op het NCP en daarom waardevol. Het gebied de Zeeuwse Banken onderscheidt zich geomorfologisch van de Kustzone, Voordelta en Vlakte van de Raan door het systeem van stroombanken dat een eenheid vormt met de tussenliggende dalen. Gezien de onlosmakelijkheid van de banken en de geulen zouden de Zeeuwse Banken kunnen worden geclassificeerd als een nieuw subtype van Natura 2000 habitatype H1110 Permanent met zeewater van geringe diepte overstroemde zandbanken (Goudswaard & Van Bemmelen, 2010). De morfologische complexiteit van het zandbankensysteem Zeeuwse Banken vertaalt zich op grond van de huidige kennis niet in unieke levensgemeenschappen of soorten.

Wat betreft aardkundige waarden is de Schouwenbank aangemerkt als waardevol. De kans op archeologische vondsten is relatief klein ten opzichte van het kustgebied. Vondstmateriaal in deze gebieden, dat kan bestaan uit scheepswrakken, maar ook uit uitgespoelde vondsten uit Holocene en Pleistocene sedimenten, ligt hoogstwaarschijnlijk niet meer in situ.



## 5 Effecten zandwinning op Zeeuwse Banken en criteria

### 5.1 Algemeen

In het gebied van de Zeeuwse banken wordt zand gewonnen, zowel voor zandsuppleties op de kust (uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat), als voor de zandhandel (commerciële zandwinning). In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de zandwinning wordt uitgevoerd en welke effecten zandwinning heeft op de ecologie.

De zandwinning op de Noordzee wordt uitgevoerd met sleephopperzuigers (hoppers). Deze schepen laten een zuigbuis neer tot op de zeebodem en pompen daardoor een mengsel van water en sediment naar boven. Het mengsel van sediment en water komt in de beun van het schip terecht, waarbij het zand bezinkt en het water met eventueel fijn sediment<sup>3</sup> erop blijft staan. Dit water (de overvloed) met eventueel fijn sediment verdwijnt overboord via de 'overflow'. De zuigkop, die onderaan de zuigbuis is gemonteerd, wordt door zeebodem gesleept. In de zeebodem wordt door de zuigkop een vore getrokken, waar het zand is opgezogen. De lengte van de vore in de zeebodem is gelijk aan de lengte van trek die de sleephopper maakt. De diepte van de vore is afhankelijk van een aantal factoren (grootte van de zuigkop, type sediment, vaar- en pompsnelheid, etc.).

Het zandwinnen omvat niet alleen het opzuigen van het zand van de zeebodem, maar ook het transport van het zand naar de locatie waar het wordt gelost. Iedere hopper vaart een of meerdere trekken, totdat het schip optimaal geladen is, dat wil zeggen vol of bijna vol met zand. Daarna vaart het schip naar de locatie waar het zand wordt gelost. Na het lossen wordt terug gevaren naar het wingebied en start een nieuwe serie tracks om het schip te vullen.

Het wingebied wordt net zo lang bezocht totdat het benodigde volume is gewonnen. Dat betekent dat het wingebied maximaal is verdiept tot op de toegestane winddiepte. Dat betekent dat er meerdere trekken over hetzelfde gebied zijn getrokken. Er zijn vrijwel altijd delen van het gebied waar geen of minder winning heeft plaatsgevonden, omdat er belemmering dan wel uitsluitingen zijn, of omdat er geen zand aanwezig blijkt te zijn, maar ander sediment (klei of veen, stenen). Afhankelijk van het doel van winning kan het enkele maanden tot enkele jaren duren voordat het benodigde zandvolume is gewonnen.

#### **Effecten tijdens het winnen**

Tijdens het winnen wordt de bovenste laag van de zeebodem verwijderd. Afhankelijk van de opbouw van de zeebodem kan er daarna een laag met een andere samenstelling bloot liggen, zodat de nieuwe bodemlaag, grover of juist fijner is dan de

---

<sup>3</sup> Met fijn sediment wordt in dit geval al het fijne materiaal bedoeld dat in de zeebodem aanwezig is, dus ook eventuele detritus.

oorspronkelijke zeebodem. Waar de zuigkop door de zeebodem wordt getrokken zal een beetje opwoeling plaatsvinden van het sediment, maar dit effect is relatief klein en beperkt. (wat betreft oppervlakte en tijdsduur) Bodemvormen (megaribbels en zandgolven) op de zeebodem worden doorsneden door de zuigkop.

Rond de varende sleephopperzuiger komt tijdens het winnen de overvloed in het water, met het eventueel in de bodem aanwezige fijne sediment. Rond en achter het varende schip is het water daardoor troebeler. Het fijne sediment zakt naar de bodem, maar dit duurt vanwege de kleine korrelgrootte en bijbehorende lage valsnelheden relatief lang (mede afhankelijk van de waterdiepte tot enkele uren (Van Prooijen, e. a., 2007). Omdat het schip vaart en omdat de getijdestroming het troebele water verspreidt kan er in een groot gebied rond het schip een verhoogde troebelheid optreden. Het fijne sediment komt uiteindelijk op de zeebodem terecht, zodat op de zeebodem iets hogere concentraties fijn sediment kunnen optreden.

Tijdens het winnen vaart het schip, waarbij de scheepsmotor en de pompen geluid produceren. Dit levert in het wingebed visuele hinder en verstoring door geluid. Tijdens het varen naar de aanlandingslocaties en het terugvaren naar het wingebed is ook sprake van visuele hinder en verstoring door het scheepsgeluid.

## **Effecten na het winnen**

### *Verandering in sedimentsamenstelling*

Na het winnen kan in het wingebed de bodem een (iets) andere samenstelling hebben dan oorspronkelijk. Buiten het wingebed kan na het winnen sprake zijn van een verhoogde concentratie van fijn sediment op en in de zeebodem. Omdat de Noordzeebodem dynamisch is, vindt er verdere omwerking en opwerveling plaats van het fijne sediment van de zeebodem. Na verloop van tijd kan er daardoor in een groot gebied een verandering optreden in de gehalten fijn sediment van zeewater en zeebodem. Deze effecten zijn voor de zandwinning langs de gehele Nederlandse kust gemodelleerd (van Prooijen e.a., 2007, van Duinen e.a., 2007).

De bodemvormen (megaribbels) die zijn doorsneden bij de zandwinning, of die zelfs geheel zijn verdwenen zullen veelal weer worden opgebouwd onder invloed van de stroming. Veelal, omdat bij een sterk gewijzigde bodemsamenstelling (veel fijner of juist veel grover), of bij sterk veranderende stromingscondities, er mogelijkwerwijs geen opbouw meer plaats zal vinden, of dat er een ander soort bodemvormen worden opgebouwd.

### *Stromingscondities*

Omdat in het wingebed de waterdiepte is toegenomen, zullen de stromingscondities in het zandwingebed en in de nabije omgeving daarvan, veranderen. De (maximale en gemiddelde) stroomsnelheden kunnen zowel af- als toenemen. In Roos (2004) wordt een overzicht gegeven van de verschillende effecten die optreden bij verschillende vormen van zandwinputten. Het is niet bijzonder zinvol om hier een beschrijving te geven van de mogelijke veranderingen in de stroomsnelheden, omdat de vorm, de oriëntatie en de omvang van de zandwinputten medebepalend zijn voor

de veranderingen in de stroming. En ook omdat in het gebied van de Zeeuwse banken, de aanwezigheid van de banken zelf daarbij ook de stroming beïnvloedt. Naar verwachting zullen de veranderingen in de stroomsnelheden niet alleen afhankelijk zijn van de vorm, oriëntatie en grootte van de winput, maar ook van de positie op top, flank of trog. Het is overigens niet zo dat de stromingscondities na winning dusdanig veranderen dat er sprake is van een geheel ander stromingsregime. Ook na winning blijft de stroming gedomineerd door het getij, met hoge stroomsnelheden tijdens eb- en vloed en lage stroomsnelheden tijdens kentering en omkering, dan wel draaiing van de stroomrichting. Naar verwachting zullen de ecologische effecten van de veranderingen in de stroming daarom beperkt zijn.

#### *Sedimenttransporten*

De veranderingen in de stromingen zullen ook doorwerken in veranderingen van de sedimenttransporten. En deze gewijzigde sedimenttransporten hebben weer tot gevolg dat de vorm en de oriëntatie van de winput geleidelijk zullen veranderen. Ook hiervoor geldt dat er geen algemene beschrijving mogelijk is, omdat de morfologische veranderingen mede afhankelijk zijn van de vorm, oriëntatie en omvang van de winput ten opzichte van het banken patroon. Roos (2004) heeft verschillende geschematiseerde zandwinnings gemodelleerd van 'tidal sand ridges', die laten zien dat na verloop van tijd het patroon van de zandbanken terug keert maar wel met een kleiner zandvolume. Het herstel van het patroon kost ruim honderd jaar volgens dit model en de hersteltijd neemt toe bij grotere winvolumes. Het herstel bij winning van de toppen gaat volgens het model sneller dan het herstel van winning van de troggen. En diepere winputten veranderen relatief sneller van vorm en de diepte van de put neemt sneller af.

#### *Zuurstofloze condities*

De kans op het optreden van zuurstofloze condities in de winputten is relatief klein in de delen van de Noordzee waar het getij twee keer per dag voor uitwisseling (verversing) van het water zorgt. Boers (2005) beschrijft de verschillende processen die kunnen leiden tot het optreden van zuurstofloze condities in zandwinputten op het NCP, om te concluderen dat de kans op het optreden er van heel klein is. Alleen bij winputten die dieper komen te liggen dan 40 m onder het zeeoppervlak wordt geadviseerd om onderzoek te doen naar de mogelijkheid van het optreden van een thermocline in de put, die de aanvoer van zuurstofrijk water naar de put zou kunnen beperken.

#### *Verandering van de morfologie*

Bij de zandwinning zoals die tot nu toe wordt uitgevoerd, blijft de kenmerkende morfologie van de banken in stand. De verdieping die plaatsvindt door de zandwinning is lokaal, zodat er na afloop van de winning nog steeds sprake is van een bank, met hellingen en troggen. Bij vrijwel alle realistische varianten van de zandwinning, onder andere met diepe winning (winputten tot 6 m onder de zeebodem) en bij toenemende winvolumes zal dit nog steeds het geval zijn. De omvang en de grootte van de Zeeuwse Banken is namelijk dermate groot ten opzichte van de veranderingen door

de zandwinning dat de kenmerkende morfologie, weliswaar wordt gewijzigd, maar dat het op hoofdlijnen hetzelfde blijft. Alleen bij doorgaande grootschalige zandwinning die wordt geconcentreerd op een bank zal er na tientallen jaren sprake zijn van een morfologische veranderingen, omdat de bank dan in zijn geheel is weggebaggerd.

Vanwege de intrinsieke waarde van het reliëf van de Zeeuwse Banken, dat in deze vorm op het NCP verder niet aanwezig is, is het scenario van het weggraven van een hele bank in het vervolg niet in de beschouwing betrokken. Het is ook praktisch en economisch een minder plausibel scenario, omdat de vaarafstanden dan relatief groot zullen worden.

Concluderend zijn de belangrijkste fysische effecten van zandwinning op de Zeeuwse Banken: het verwijderen van het zand, de verandering van de bodemtopografie en de sedimentsamenstelling, veranderingen in sedimenttransporten, veranderingen in diepte en stromingscondities en het ontstaan van sedimentpluimen / troebelheid. Daarnaast is er sprake van visuele hinder en verstoring door geluid van schepen in het wingebied en op de route naar aanlandingslocaties.

## 5.2 Benthos

De directe effecten van zandwinning op benthische gemeenschappen en de hersteltijd zijn afhankelijk van de interactie tussen diverse factoren, zoals (Ecoloas, 2006):

- de intensiteit (zowel ruimtelijk als temporeel) van zandwinnen;
- het aanwezige benthos en zijn specifieke eigenschappen (de intrinsieke snelheid van reproductie, rekolonisatie en groei van de gemeenschap);
- de herstelmogelijkheden (rekolonisatie potentie) door middel van passief transport (juvenielen) of volwassen organismen;
- de cumulatieve effecten van andere activiteiten.

Op grond van § 4.2 kan gesteld worden dat de benthosgemeenschap op de Zeeuwse Banken relatief arm is vergeleken met de kustzone. Effecten zijn daarom relatief beperkt.

Ongeacht de gebruikte techniek zal zandwinning leiden tot vernietiging van de bodemfauna ter plekke. Dit als gevolg van het verwijderen, doden, of verstikken (van organismen en door het aantasten of verwijderen van habitat. Vanuit dit perspectief is het ruimtebeslag van de winput(ten) daarom een belangrijke parameter. Het ruimtebeslag wordt bepaald door de winddiepte. Hoe dieper gewonnen wordt, hoe kleiner het ruimtebeslag en des te kleiner het oppervlak aan benthos dat vernietigd wordt. Een deel van de meegezogen benthos komt met het overtollige water opnieuw in zee terecht, maar zal ten gevolge van de opgelopen beschadiging niet overleven.

Indirect kan, als gevolg van sedimentatie van gesuspendeerd materiaal, de bodemfauna begraven worden, waardoor het kan afsterven. Verschuivingen in

sedimentsamenstelling kunnen het wingebed (tijdelijk) ongeschikt maken als habitat voor de oorspronkelijke benthosgemeenschappen. De sedimentpluimen / troebelheid in de waterkolom als gevolg van zandwinning kunnen de voedingswijze van filterende bodemdieren tijdelijk belemmeren.

Zandwinning gaat over het algemeen gepaard met een significante daling van de dichtheid, diversiteit en biomassa van bodemfauna (Desprez, 2000; van Dalssen *et al.*, 2000; Newell *et al.*, 2004). Dit zijn *tijdelijke* effecten, zie onderstaande over herstel. Zandwinning kan resulteren in een verlies van 30-70% van de soortenrijkdom, een 40-95% reductie van het aantal individuen en een vergelijkbare daling in biomassa in winningsgebieden (Newell *et al.*, 1998).

Vanosmael *et al.* (1979) bestudeerde het verwijderen van macrobenthische organismen in het Belgisch deel van de Noordzee ten gevolge van zandextractie in situ. De bemonstering van het zandwinningsgebied voor en na het baggeren toonde een afname van de macrobenthische biomassa met 80% (Vanosmael *et al.*, 1979; Newell *et al.*, 2002; Maes *et al.*, 2004). Vooral mollusken (slakken, twee-kleppigen, inktvissen) besloegen een groot deel van dit percentage. De dalingspercentages van biomassa gevonden op de zandbanken op het Belgisch deel van de Noordzee (Vanosmael *et al.*, 1979) zijn vergelijkbaar met deze van de studie (Newell *et al.*, 2002) op de Nederlandse Klaverbank (80 %), een ontginningsgebied in de centrale zuidelijke Noordzee (UK) (Production Licence Area 408 – Coal Pit) (82 %) en een studie (Desprez, 2000) in de buurt van Dieppe (Fr) (90 %) (Bron: Ecolas, 2006).

De hersteltijd van bodemfauna en hangt sterk af van bovengenoemde factoren. Daarbij speelt ook een rol wat onder 'herstel' verstaan wordt en welke criteria hiervoor gesteld worden (herstel in biomassa en/of oorspronkelijke soortenspectrum en/of structuur van langlevende organismen). Zo gaan Boyd *et al.* (2003) ervan uit dat herstel van een gemeenschap tot de oorspronkelijke situatie alleen kan plaatsvinden als de topografie en sedimentsamenstelling hersteld zijn. Daarentegen zien Seider & Newell (1999) dit herstel dynamischer uitgaande van natuurlijke fluctuaties in de samenstelling van benthische gemeenschappen.

Conclusies over het herstel van het ecosysteem kunnen dus niet gegeneraliseerd worden (zie ook Robinson *et al.*, 2004). Uit literatuur blijkt dat hervestiging van deze organismen een maand tot meer dan vijftien jaar kan duren (Krause, J.C., Noordheim, H. van, Gosseck, F., 1996; in Ligtenberg, 2005). Meer recent heeft Rozemeijer (2009) bestaand onderzoek naar rekolonisatie van benthos bij ondiepe winning samengevat. Rekolonisatie na ondiepe winning is binnen de context van de zanderige oostelijke Noordzee, de grunderige westelijke Noordzee en het Kanaal goed onderzocht. Het uiteindelijk herstel van bodemfauna bij ondiepe winning lijkt hier over het algemeen in vier tot zes jaar voltooid. Over de hersteltijd bij diepe winning is nog veel onbekend. Ervaringen met diepe putten en ecologisch herstel zijn o.a. opgedaan in het PUNAISE project (Heemskerk/Wijk aan Zee). Compleet herstel van benthos vond hier plaats binnen vijf jaar. Rozemeijer (2009) zette zijn vraagtekens bij de hersteltijd van de

Zeeuwse Banken, omdat nog veel onbekend was over de bodemfaunagemeenschappen terplekke. Hij acht het onwaarschijnlijk dat rekolonisatie veel langer duurt dan zes jaar. De studie van Goudswaard & Escaravage (2011) heeft geen duidelijkheid kunnen geven over de rekolonisatietijd van de Zeeuwse Banken.

Resumerend zijn de effecten van zandwinning op benthos op de Zeeuwse Banken relatief beperkt, aangezien de benthosgemeenschap hier relatief arm is. De effecten zijn daarbij tijdelijk, omdat na verloop van tijd herstel optreedt. Effecten van zandwinning op benthos zijn te beperken door het oppervlaktebeslag te beperken (dus diepe winning) en de meest waardevolle delen van de Zeeuwse Banken te sparen (dus winning op de toppen). Vanuit het oogpunt van hersteltijd zijn geen (algemene) criteria te definiëren.

### **5.3 Vissen**

Potentieel kan zandwinning leiden tot mortaliteit van vissen, vernietigen van habitat en verstoring als gevolg van onderwatergeluid. Indirect kunnen effecten op biomassa en diversiteit aan benthos (§5.2) doorwerken op vissen die afhankelijk zijn van benthos. Het optreden van sedimentpluimen door zandwinning leidt tot een verhoogde troebelheid van het water. Deze toename in gesuspendeerd materiaal kan leiden tot suboptimaal functioneren van de kieuwen van vissen, met mogelijks fatale gevolgen (Phua et al., 2004). Vissen kunnen ook optisch belemmerd worden tijdens het jagen door deze hogere turbiditeitsgehalten. De gereduceerde zichtbaarheid in de waterkolom kan het lokaliseren en vangen van de prooi bemoeilijken. Veranderingen in spectrale compositie en in lichtpolarisatie patronen kunnen ook bijdragen tot een verminderde prooivangst (Essink, 1999; in Ecolas, 2006).

Aangezien vissen zich kunnen verplaatsen, zal het directe effect op mortaliteit tijdens de ontginning verwaarloosbaar zijn. Zandspiering is de enige soort die in het volwassen stadium hiervoor gevoelig is. Zandspiering begraaft zichzelf in het zand en verblijft daar gedurende de gehele winter. Alleen in de zomer bij daglicht komen de dieren uit de grond om te foerageren. Het belang van de Zeeuwse banken als overwinteringsgebied voor zandspiering is onbekend en daarmee eventuele effecten op deze soort.

Effecten op de visstand als gevolg van bovengenoemde effecten van zandwinning in wingebieden zijn niet bekend. Het meest waarschijnlijke effect is dat dieren het gebied mijden gedurende de zandwinning. Effecten zijn lokaal en tijdelijk (gedurende winning). (Trek)vissen hebben voldoende mogelijkheden om uit te wijken. De overige effecten zijn van ondergeschikt belang.

Resumerend zijn de effecten van zandwinning relatief beperkt. De effecten zijn daarbij tijdelijk, omdat na verloop van tijd herstel optreedt. (Potentiële) effecten van zandwinning op zandspiering zijn te beperken door het oppervlaktebeslag te beperken



(dus diepe winning) en de meest waardevolle delen van de Zeeuwse Banken te sparen (op grond van de huidige kennis: winning op de toppen).

### 5.3 Effecten vogels

Voor vogels kunnen effecten optreden door verstoring van delen van leefgebieden. Daarnaast kunnen effecten optreden op de beschikbaarheid en bereikbaarheid van voedsel.

De huidige beschikbare gegevens geven een goede indicatie van de verspreiding van vogels binnen de Zeeuwse Banken. Wanneer gekeken wordt naar de verspreiding van de meest algemeen voorkomende soorten (zie § 4.4) blijkt dat de dichtheden van roodkeelduiker, dwergmeeuw, grote stern en kleine mantelmeeuw toenemen naarmate de afstand tot de kust kleiner wordt. Vanuit het oogpunt van het zo veel mogelijk vermijden van effecten van zandwinning geldt voor deze soorten een voorkeur voor zandwinning verder uit de kust. De effecten van extra verstoring als gevolg van langere vaarroutes zijn naar verwachting minder groot dan de effecten van verstoring tijdens zandwinning. De directe omgeving van de zandwinlocatie(s) zal mogelijk gemeden worden door vogels. Dit geldt met name voor roodkeelduiker in verband met directe effecten door verstoring. De andere soorten zijn niet gevoelig voor verstoring door schepen. In sommige gevallen kunnen deze soorten juist profiteren van de aanwezigheid van varende schepen en zandwinning in verband met het beschikbaar komen van voedsel. Verstoring doet zich voor gedurende winning.

Het detailniveau van de gegevens is te onnauwkeurig om verschillen aan te tonen tussen het gebruik door vogels van de toppen van de banken en de troggen van de geulen. Een voorkeur kan met name gelden voor soorten die al duikend voedsel bemachtigen. Voor roodkeelduiker is de potentiële bereikbaarheid van voedsel in het grootste deel van de troggen ( $\pm 30$  m diep) dieper dan de maximale duikdiepte van 15 meter die onder normale omstandigheden geldt. Zandwinning op toppen of troggen zal naar verwachting niet leiden tot onderscheidende effecten. De verstoring reikt verdere dan terplekke van de zandwinlocatie. Voor roodkeelduikers in de Zuid-Hollandse Delta werd tijdens tellingen vanaf een schip een verstoringsafstand van 500 m voor solitaire exemplaren vastgesteld en 1000-1500 m voor groepen (Poot *et al.* 2005; Poot *et al.* 2006). Wat het effect van zwevende delen van opgezogen slib en zand is voor een soort als de roodkeelduiker in verband met het behouden van doorzicht is onbekend.

Naar verwachting treden er geen effecten op, op het gebiedsgebruik door vogels op lange termijn.

## 5.5 Zeezoogdieren

Potentiële directe effecten van zandwinning kunnen optreden als gevolg van sedimentpluimen, waardoor zeezoogdieren het gebied kunnen gaan mijden. Potentiële indirecte effecten zijn verstoring door toename in onderwatergeluid en vaarbewegingen van schepen in het wingebed zelf en op de route naar de aanlandingslocaties. Het winnen kan tot op kilometers vanaf de bron hoorbaar zijn voor zeezoogdieren, afhankelijk van de omstandigheden. De dieren kunnen deze verstoring gaan mijden. Indirect kunnen effecten op de visstand effect hebben op zeezoogdieren als predator.

Tillin *et al.* (2011) hebben de directe en indirecte effecten van grondstoffen winning op onder andere zeezoogdieren onderzocht. Volgens deze studie zijn de effecten van winning op zeezoogdieren over het algemeen beperkt en tijdelijk. Gegeven de geluidsfrequenties- en intensiteiten bij zandwinning is de kans op gehoorschade bij zeezoogdieren klein. Het meest waarschijnlijke effect is dat dieren het zandwingebed gedurende de winning gaan mijden. De overige effecten zijn van ondergeschikt belang. De Zeeuwse Banken zijn op grond van de huidige kennis niet van specifiek belang voor zeezoogdieren (er zijn geen persistente hotspots). Effecten van zandwinning op zeezoogdieren op de Zeeuwse Banken zijn daarom minimaal en tijdelijk (korte termijn). De dieren hebben voldoende mogelijkheden om uit te wijken.

Zeezoogdieren vertonen voor zover bekend geen ruimtelijke variatie in voorkomen op de Zeeuwse Banken. De aangrenzende Natura 2000 gebieden Voordelta en de Vlake van de Raan zijn van belang als leefgebied voor gewone en grijze zeehond. De Vlake van de Raan is tevens van belang voor bruinvis. Dit pleit voor zandwinning verder uit de kust om externe negatieve (versturende) effecten op zeehonden en bruinvis (en daarmee op de Natura 2000-instandhoudings-doelstellingen voor de Natura 2000 gebieden) te voorkomen. Met externe effecten wordt bij de keuze voor zandwinningsvarianten geen rekening gehouden (zie uitgangspunten § 2.1). Er zijn bij de keuze van varianten dan ook geen criteria om effecten op zeezoogdieren te beperken.

## 5.6 Criteria voor zandwinning

Op grond van de ecologische en aardkundige waarden van de Zeeuwse Banken en effecten van zandwinning komen we tot de volgende criteria:

- Winning zo ver mogelijk uit kust. Vogelconcentraties nemen namelijk af naarmate de afstand tot de kust groter wordt. (Winning zo ver mogelijk uit de kust beperkt ook de effecten op de instandhoudingsdoelstellingen van de aangrenzende Natura 2000-gebieden; valt buiten de kaders van deze studie)
- Winning op de toppen. Troggen zijn waardevoller voor benthos en vis.

- Diepe winning. Bij diepe winning is het oppervlakteslag kleiner en daarmee het oppervlakte met benthos en vis dat vernietigd wordt.
- Schouwenbank ontzien. Deze bank is aardkundig waardevol.
- Gelijkmatige winning (toppen, dalen, flanken) over het hele gebied. Dit om het reliëf van de banken zo veel mogelijk te behouden.

Veranderingen in stromingscondities en sedimentsamenstelling zouden zo beperkt mogelijk gehouden moeten worden. De bestaande informatie over de stromingscondities en sedimentsamenstelling in het gebied Zeeuwse Banken is niet toereikend om een specifieke bank/banken te selecteren voor zandwinning waarbij veranderingen in sedimentsamenstelling en stromingscondities minimaal zullen zijn.



## 6 Zandwinningsvarianten op Zeeuwse Banken

### 6.1 Uitgangspunten

Voor het vaststellen van de onttrekkingsvolumes en de aanlandingslocaties is gebruik gemaakt van de beschikbare scenario's uit verschillende bronnen (concept zandwinstrategie Rijkswaterstaat 2011a, het vigerende MER winning suppletiezand, Duin e.a., 2007 en startnotitie MER winning suppletiezand, Rijkswaterstaat 2011a). De scenario's voor de winvolumes zijn gebaseerd op de concept zandwinstrategie (Rijkswaterstaat, 2011). In deze strategie zijn vier scenario's gedefinieerd en van deze scenario's zijn er twee uitgekozen: het laag scenario en het hoog scenario.

#### 1. Laag Scenario.

In het Laag scenario wordt uitgegaan van de volumes van de zandsuppleties voor de gehele Nederlandse kust van  $20 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Verder wordt uitgegaan van commerciële zandwinning voor de gehele Nederlandse kust van  $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

#### 2. Hoog scenario<sup>4</sup>.

In het Hoog scenario wordt uitgegaan van de suppletievolumes voor de gehele Nederlandse kust van  $85 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Verder wordt uitgegaan van commerciële zandwinning van  $25 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

De andere twee scenario's, het middelscenario en het Inhaalscenario zijn buiten deze beschouwing gelaten. De andere genoemde bronnen zijn gebruikt om de verdeling van de aanvoer langs de kust vast te stellen. Het betreft prognoses van de toekomstige winningen, die zoals alle voorspellingen, niet zeker zijn. Voor de vergelijking van de scenario's en de strekking van het verhaal is deze onzekerheid geen probleem, omdat het draait om de onderlinge vergelijking van de alternatieve wingebieden.

### **Winvolumes kustsuppleties en commerciële zandwinning**

#### Commerciële zandwinning

Het zandvolume dat landelijk wordt gewonnen op de Noordzee bedraagt  $13 \times 10^6 \text{ m}^3$ /jaar gemiddeld. In de bijlage E bij het achtergrondrapport van Prooijen, (2007) is een verdeling opgegeven van de winlocaties voor de autonome zandwinning per deelgebied. Het jaarlijkse winvolume voor Zeeland bedraagt  $5,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Dit is het winvolume zonder Maasvlakte 2 en de WCT. Een verdeling van de winning over deelgebieden is niet opgegeven. Dat betekent dat 19% van het landelijke volume voor de commerciële zandwinning plaatsvindt in de Delta. De aanname is dat deze 19% ook geldig is voor de verdeling van de nieuwe volumes die worden genoemd in de zandwinstrategie.

---

<sup>4</sup> In de suppletiestrategie (Rijkswaterstaat, 2011) is er van uit gegaan dat dit scenario niet eerder dan in 2050 zal gaan spelen.

De verwachte zandwinvolumes voor de Noordzee zijn ontleend aan de concept zandwinstrategie (Rijkswaterstaat 2011). In het Laag scenario wordt uitgegaan van de commerciële zandwinning per jaar voor de gehele Nederlandse kust van  $13 \times 10^6 \text{ m}^3$  en in het Hoog scenario wordt uitgegaan van  $25 \times 10^6 \text{ m}^3$  (tabel 6.1). Het laag scenario betekent voor de Delta gemiddeld  $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar aan commerciële zandwinning (19 % van  $13 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar). Het hoog scenario betekent gemiddeld  $4,75 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar aan zandwinning (19 % van  $25 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar) in de Delta.

Er wordt vanuit gegaan dat het zeezand aan land wordt gebracht via de Westerschelde (Vlissingen en andere aanlandingslocaties) en de Maasmonding. De aanname daarbij is dat de aanvoer via Stellendam en de Oosterschelde, zand betreft dat 'lokaal' wordt gewonnen. We hanteren een arbitraire verdeling van 50% aanvoer naar de Maasmonding en 50% naar Vlissingen en de Westerschelde. In tabel 6.1 is een overzicht gepresenteerd van de commerciële zandwinvolumes voor het hoge en het lage scenario.

*Tabel 6.1 Commerciële zandwinning*

	<b>Winvolumes "Laag"</b> (in $10^6 \text{ m}^3$ per jaar)	<b>Winvolumes "Hoog"</b> (in $10^6 \text{ m}^3$ per jaar)
Totaal volume Noordzee	13 <sup>5</sup>	25
Volume Delta (19%)	2,5	4,7
Maasmonding	1,25	2,35
Westerschelde & Vlissingen	1,25	2,35

#### Suppletiezandwinning

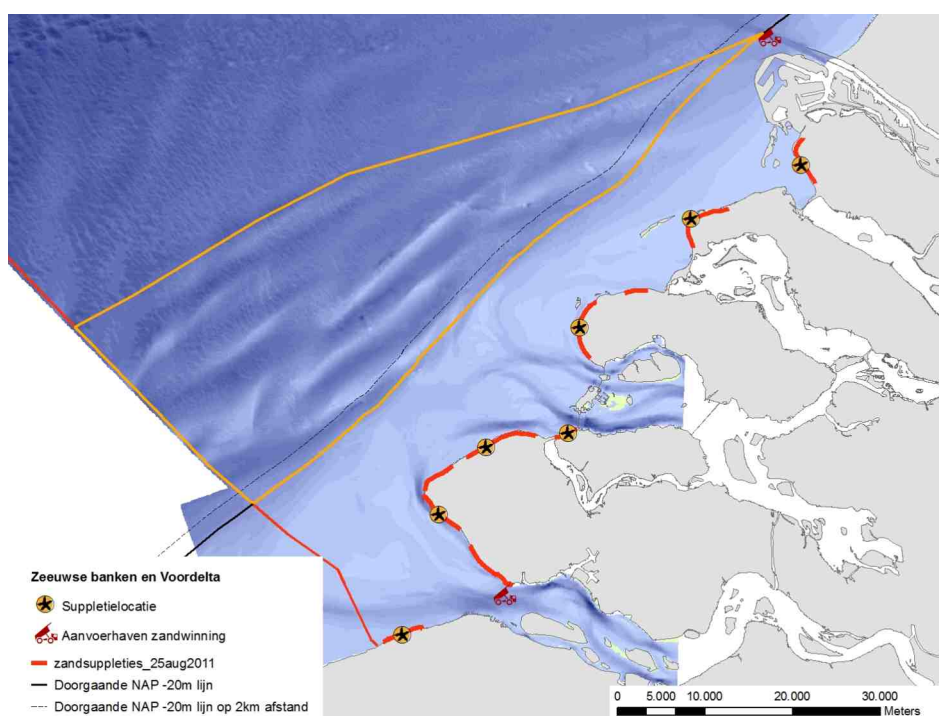
De scenario's voor de winvolumes voor het suppletiezand zijn gebaseerd op de concept zandwinstrategie (Rijkswaterstaat, 2011). In het Laag scenario wordt uitgegaan van de suppletievolumes per jaar voor de gehele Nederlandse kust van  $20 \times 10^6 \text{ m}^3$  en in het Hoog scenario wordt uitgegaan van  $85 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Voor de Delta betekent het Laag scenario dat gemiddeld  $6,58 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar aan zandwinning voor suppleties (33 % van  $20 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar) plaatsvindt. Voor het Hoog scenario is dat jaarlijks gemiddeld  $27,97 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar aan suppleties (33 % van  $85 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar).

Voor de verdeling van toekomstige suppleties wordt uitgegaan van de verwachte suppletievolumes 2013-2017, zoals die ook worden beschouwd bij de voorbereiding van de MER zandwinning. Conform de concept zandwinstrategie wordt 33% van het totale suppletievolume voor de Nederlandse kust is toegerekend aan de Zeeuwse en Zuid-Hollandse kust en wordt in deze scenario's beschouwd.

<sup>5</sup> Dit volume en de volumes die hieruit volgen voor de zandwinning in de Delta zijn relatief laag tov de raming uit de MER Zeezandwinning (van  $29 \times 10^6 \text{ m}^3$ ). Zeker in het licht van de discussie rond de afbouw van de zandwinning in de Westerschelde.

### Verdeling over de aanlandingslocaties

Bovenstaande scenario's beschrijven de totale zandvraag over een lange periode. Voor de commerciële zandwinning is al aangegeven hoe deze is verdeeld over de twee aanlandingslocaties. De verdeling over de suppletie locaties is gebaseerd op de verwachte suppleties 2013-2015, zoals die ook worden beschouwd bij het opstellen van de nieuwe MER zandwinning (Rijkswaterstaat 2011). In figuur 6.1 zijn de locaties voor de suppleties aangegeven. De verdeling langs de Zeeuwse en Zuid-Hollandse kust is in de onderstaande tabel 6.3 aangegeven. Met de verdeling, zoals die wordt gebruikt in het suppletieoverzicht 2012-2015, wordt niet gemiddelde verdeling van 33% van het volume voor de Delta bereikt. De verdeling over de verschillende kustdelen is naar rato vergroot, om zo te komen tot de benodigde volumes van respectievelijk 6,58 en  $27,97 \times 10^6 \text{ m}^3$ , die overeenkomen met de suppletievolumes uit de suppletie strategie (Rijkswaterstaat, 2011). In de onderstaande tabel 6.2 is aangegeven waarheen welk volume van het gewonnen suppletiezand aangevoerd dient te worden.



Figuur 6.1 Suppletielocatie langs de Zeeuwse en Zuid-Hollandse kust (Delta).

### Totaal

Voor het Deltagebied wordt bij het scenario Laag uitgegaan van een gemiddelde zandwinning van  $9,08 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar en voor het scenario Hoog van  $32,72 \times 10^6 \text{ m}^3$  per jaar. Het overzicht is aangegeven in de onderstaande tabel 6.3.

Tabel 6.2. Zandsuppleties

<b>Delta</b>	Suppletievolume 2013-2017 in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Scenario Laag (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> per jaar)	Scenario Hoog (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> per jaar)
Zeeuws Vlaanderen	2,5	0,69	2,35
Walcheren ZW	4,0	1,10	9,17
Walcheren NW	3,5	0,96	3,29
Noord-Beveland	4,0	1,10	3,76
Schouwen	8,0	2,19	7,52
Goeree	1,0	0,27	0,94
Voorne	1,0	0,27	0,94
Totaal	24	6,58	27,97

Tabel 6.3 Gecombineerde winvolumes

	Winvolumes <b>gemiddeld per jaar</b> (in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
	<b>Laag</b>	<b>Hoog</b>
Suppleties	6,58	27,97
Commerciële zandwinning	2,5	4,7
Totaal	9,08	32,72
	Winvolumes <b>in vijf jaar</b> (in 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	
	<b>Laag</b>	<b>Hoog</b>
Suppleties	32,9	139,85
Commerciële zandwinning	12,5	23,5
Totaal	45,4	163,6

Bij het vaststellen van de winvolumes is geen rekening gehouden met eventuele onderhoudssuppleties voor de Maasvlakte/Slufter. Er is ook geen rekening gehouden met project specifieke ontgroningen, bijvoorbeeld voor de Westerschelde Container Terminal.

### **Sleehopperzuigers**

Bij de zandwinning en de uitvoering van zandsuppleties worden hoppers van verschillende omvang gebruikt. De keuze voor de omvang van de hopper wordt ingegeven door het type werk (zuigdiepte) en de omstandigheden waaronder gelost moeten worden (waterdiepte). Verder wordt de keuze voor de omvang van de hopper ook ingegeven door de beschikbaarheid van het materiaal bij de aannemers die de werken uitvoeren. In het rapport over "economische en milieukundige effecten zandwinstrategie" (Morselt e.a., 2010, hun tabel 2.1) is aangegeven welke uitvoeringstechniek (vooroeversuppletie, rainbowen, strandsuppletie) is gekoppeld aan welke typische scheepsomvang. De omvang van de hopper werkt door in de impact van de activiteit, omdat een kleine hopper bijvoorbeeld meer vaartochten moet maken om hetzelfde volume zand te winnen en af te leveren. Ook werkt het door in de kosten, bij een grote hopper zijn de kosten per kubieke meter gewonnen en geleverd zand relatief laag ten opzichte van een kleine hopper.



Om het effect van het werken met verschillende hoppers inzichtelijk te maken is gerekend met een kleine hopper (met een wincapaciteit van 3.500 m<sup>3</sup> per vaartocht) en een middelgrote hopper (met een wincapaciteit van 7.700 m<sup>3</sup> per vaartocht) (overeenkomstig met de maatvoering in Morselt e.a., 2010).

Deze werkwijze levert een hypothetische vergelijking op, omdat in de de praktijk verschillende hoppers met verschillende groottes worden ingezet voor de verschillende suppleties en zandwinningen.

In de onderstaande tabel 6.4 is een overzicht aangegeven van de vier scenario's die uit bovenstaande kunnen worden gedestilleerd.

*Tabel 6.4 Overzicht vier scenario's van zandwinning*

Scenario's	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper

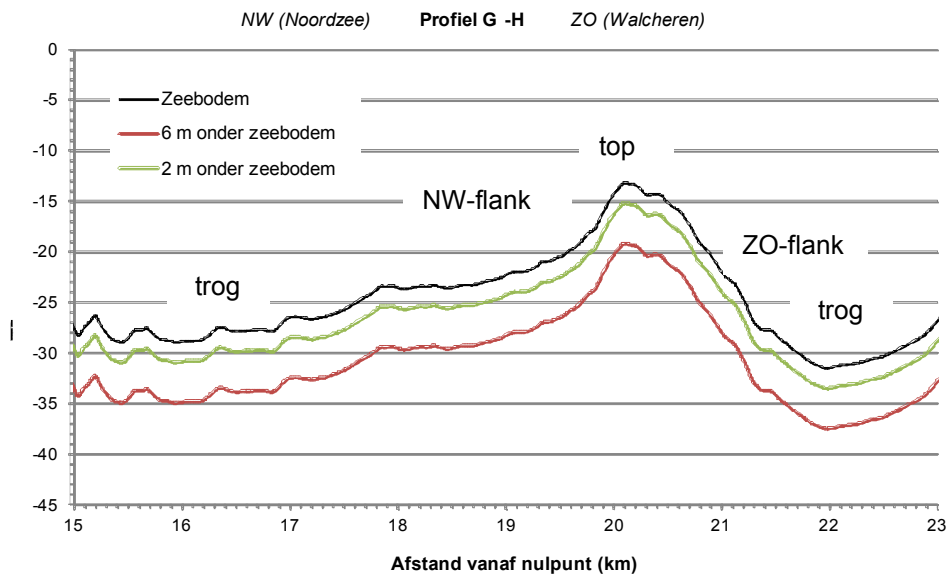
## 6.2 Varianten

### Inleiding

In de onderstaande dwarsdoorsnede in figuur 6.2 staat een van de Zeelandbanken aangegeven: de Middelbank. In de figuur is aangegeven waar de troggen, de flanken en de top van de Zeeuwse bank liggen. In de dwarsdoorsnede is niet alleen de zeebodem aangegeven (de zwarte lijn), maar is ook aangegeven welke niveaus daar twee dan wel zes meter onder liggen.

Bij zandwinning volgens de reguliere methode wordt gewonnen tot op een diepte van 2 m onder de zeebodem, dat wil dus zeggen tot de groene lijn in figuur 6.2. Bij diepe winning is sprake van winning tot een diepte van 6 m onder de zeebodem, dat is de rode lijn in figuur 6.2. Winning op de toppen, flanken en troggen spreekt voor zich.

Bij het winnen van zand tot een diepte van twee meter onder de zeebodem reikt dit niveau in het getoonde voorbeeld in de troggen tot ruim 30 en 33 meter. Bij het winnen tot op een diepte van zes m onder de zeebodem reikt dit niveau zelfs tot 35 en 37 meter. Bij de top van de bank reikt het niveau bij het winnen tot zes meter onder de zeebodem tot 20 m diep. Deze diepte van deze niveaus variëren in het gebied, omdat de gemiddelde diepte toeneemt in zeewaartse richting. In deze studie is er vanuit gegaan dat de windieptes geen beperkingen opleggen aan de inzet van de sleephopperzuigers. In de praktijk zal dat wel het geval zijn, maar omdat de voorliggende studie is gericht op de onderlinge vergelijking van de scenario's en varianten is het gerechtvaardigd.



Figuur 6.2. Dwarsdoorsnede van de Middelbank, met daarin aangegeven de Zeebodem en de niveaus 2m en 6m onder de zeebodem.

#### Voorstel voor volgende varianten:

Op basis van de ecologische kennis van de banken en de kennis van het effect van de winningen, licht het niet voor de hand om alle activiteiten op één locatie te richten. Onderstaande varianten doen recht aan de uitgangspunten in paragraaf 5.6 en zijn voldoende onderscheidend:

1. Reguliere manier van winning: overal een beetje winnen (ondiep) van de toppen nabij de kust.
2. Diepte winning ver uit de kust op toppen
3. Dieptewinning nabij de kust op toppen
4. Winning buiten de Zeeuwse Banken
5. Gelijmatige winning (toppen, dalen, flanken) over het hele gebied

#### Toelichting:

Ad 2. Bij deze winning wordt het gebied dicht bij de kust, waar meer vogels aanwezig zijn, en worden de troggen van de banken, waar meer benthos en mogelijk vis aanwezig is, gemeden. Ook blijft de Schouwenbank zo behouden.

Ad 3. Bij deze winning worden de troggen van de banken, waar meer benthos en mogelijk vis aanwezig is, gemeden en blijft de Schouwenbank behouden.

Ad 4. Bij de varianten wordt het geheel van de Zeeuwse banken en daarmee de waarden van het gebied onberoerd gelaten.

Ad 5. Deze varianten is gericht op het behoud van het reliëf van de Zeeuwse Banken.

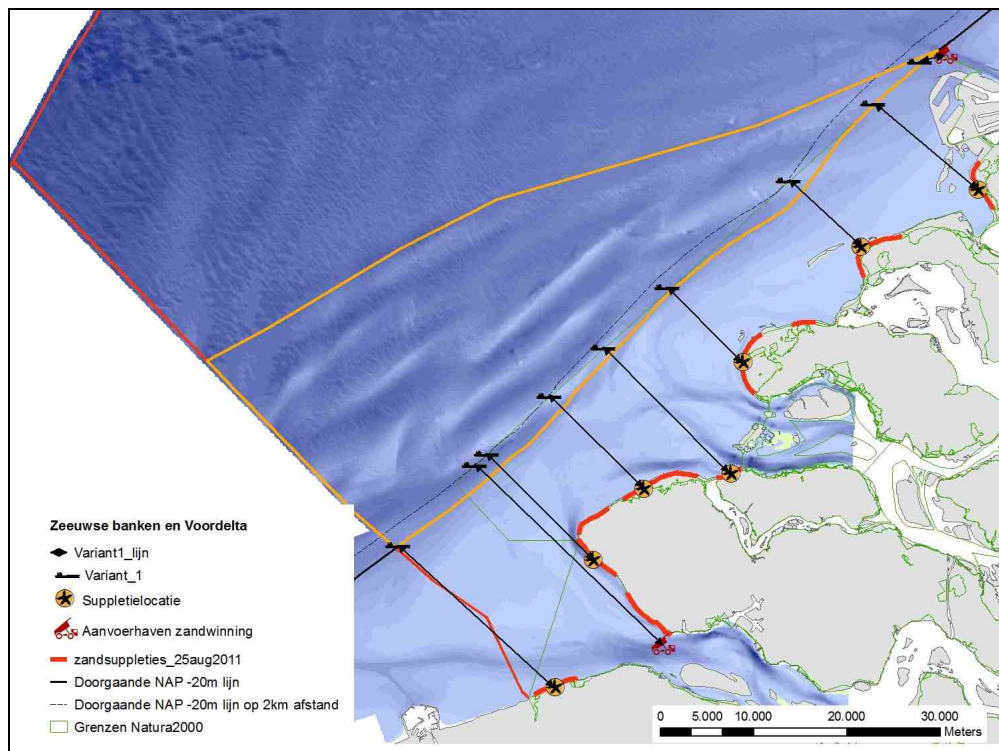
Door Teun Terpstra (2004) zijn op basis van zijn model voor de (relatieve) kwetsbaarheid van delen van de Zeelandbanken, te vermijden gebieden voorgesteld en een aantal alternatieve locaties. Een belangrijk uitgangspunt in zijn studie is om de meest kustnabije banken te vermijden. Op morfologische gronden zijn er geen redenen en zijn er ook geen numerieke modelsimulaties om directe of indirecte effecten te verwachten op de kust door de zandwinning op de kustnabije banken. Een ander argument is de ecologische waarde, die is afgeleid van waarnemingen aan de Vlaamse banken. Ecologische gegevens van de Zeeuwse banken die nadien beschikbaar zijn gekomen wijzen er op dat deze extrapolatie niet zonder meer kan worden gebruikt. Dat betekent dat op basis van een aangepaste analyse ook tot een ander indeling van 'te vermijden' en 'alternatieve winlocaties' zou worden gekomen. Deze aangepaste alternatieven zijn op een grofstoffelijke wijze opgenomen in de bovenstaande verschillende varianten. Grofstoffelijk, omdat het gedetailleerde onderscheidt dat door Terpstra (2004) is gemaakt in deelgebieden, op basis van de voorliggende gegevens niet voldoende onderbouwd kan worden.

Hieronder wordt voor deze vijf verschillende varianten inzichtelijk gemaakt welke kosten en welk oppervlaktebeslag er mee gemoeid zijn. Tevens wordt toegelicht welke berekeningen hebben plaatsgevonden van de vaarbewegingen en kosten.

#### **6.2.1 Reguliere manier van winning: Overal een beetje winnen (ondiep) van de toppen nabij de kust.**

De huidige wijze van zandwinning is gericht op het zo dichtbij (goedkoop en efficiënt) mogelijk winnen van het zand ten opzichte van de aanlandingslocaties. In de voorliggende studie is geen gebruik gemaakt van de bestaande wingebieden, maar is simpelweg een rechte lijn getrokken tussen het de aanvoerlocatie en het dichtstbijzijnde gebied waar zandwinning is toegestaan. Dat laatste betekent in dit geval, buiten de doorgaande NAP -20 m lijn en buiten het Natura 2000-gebied. In de praktijk zal het vanwege de aanwezigheid van ondieptes niet altijd mogelijk zijn de getekende route af te leggen. Vanwege andere uitsluitingsgronden (bijvoorbeeld de aanwezigheid van kabels en pijpen, of het gebruik als militairgebied) zal het ook niet altijd mogelijk zijn om op de betreffende plek de winning uit te voeren. Voor het doel van deze studie, die vergelijkend is ingestoken, is dit een werkbare benadering op basis van transparante criteria, die ook gebruikt zou kunnen worden bij de andere varianten. De uitkomsten zijn dan ook bedoeld om de varianten onderling te vergelijken.

In werkelijkheid zullen voor bepaalde win- en aanvoerlocaties de vaarafstanden langer zijn dan in de berekeningen is gebruikt. Hierdoor zullen in werkelijkheid de kosten hoger kunnen zijn dan in de tabellen is vermeld. Dit geldt voor alle beschouwde varianten en onderlinge vergelijking is daarom goed mogelijk. In de onderstaande kaart is aangegeven hoe de wingebieden bij deze variant zich verhouden tot de aanvoerlocaties. De gegevens hiervan zijn gebruikt om de totale vaarbewegingen en uiteindelijk de kosten te berekenen.



*Figuur 6.3. Schematische weergave winningsvariant 1: overall een beetje winnen (ondiep) van de toppen nabij de kust (huidige manier van zandwinning).*

De vaarafstand en het volume worden vervolgens gebruikt om, met de formule van Morselt et al. (2010) de prijs per kubieke meter voor een onderwatersuppletie<sup>6</sup> en de totale prijs van de suppletie te berekenen. Hieronder is als voorbeeld in tabel 6.6 weergegeven hoe deze berekeningen plaatsvinden, in dit geval voor het suppleren met een kleine hopper. Bij de suppletie met een grote hopper is de totale vaarafstand kleiner, omdat er per vaartocht meer zand gebracht kan worden en omdat de formule voor de prijs per kubieke meter is anders. De prijs per kuub en de totale prijs voor de suppletie komen daarom met een grote hopper lager uit. Voor iedere suppletie- en aanvoerlocatie wordt op deze wijze de totale prijs berekend. De optelsom van alle deze prijzen levert het totaalbedrag voor de betreffende variant met het bijbehorende scenario.

<sup>6</sup> Hoewel in de Delta veel strandsuppleties worden uitgevoerd is voor onderwatersuppleties gekozen. Het gaat namelijk om de onderlinge vergelijkbaarheid. Het is waarschijnlijk dat bij het scenario Hoog, met veel grotere volume te suppleren zand er meer zand in de vorm van onderwatersuppleties (op geulwanden, of in de vorm van zandmotoren) zal worden aangebracht.

Tabel 6.5 Vaarafstanden en winvolumes voor variant 1.

Suppleties	Lengte vaarroute (m)	Scenario Laag (in m <sup>3</sup> )	Scenario Hoog (in m <sup>3</sup> )
Voorne	14.438	270.000	940.000
Goeree	10.525	270.000	940.000
Schouwen-Krabbengat	11.331	2.190.000	7.520.000
Noord-Beveland-Onrustpolder	19.064	1.100.000	3.760.000
NW Walcheren Domburg	14.192	960.000	3.290.000
ZW Walcheren - Oostgat	16.280	1.100.000	9.170.000
Zeeuws Vlaanderen	28.078	690.000	2.350.000
Subtotaal suppleties	113.909	<b>6.580.000</b>	<b>27.970.000</b>
<b>Zandwinning commercieel</b>			
Maasmond	2.693	1.250.000	2.350.000
Westerschelde & Vlissingen	22.642	1.250.000	2.350.000
<b>Subtotaal commerciële zandwinning</b>	<b>25.336</b>	<b>2.500.000</b>	<b>4.700.000</b>
<b>Totaal</b>	<b>139.244</b>	<b>9.080.000</b>	<b>32.670.000</b>

Tabel 6.6 Voorbeeldberekening prijs per kubieke meter voor onderwatersuppletie en de totale prijs van de suppletie met kleine hopper. Voorbeeld suppletie Voorne.

1. Vaarafstand (km)	<i>Uit de kaart (figuur 6.3)</i>	14,438
2. Scenario Laag (m <sup>3</sup> )	<i>Suppletievolume (uit tabel 6.5)</i>	270.000
3. Aantal tochten met kleine hopper klein 3.500 kuub	<i>Uit Volume (2.) gedeeld door hopper inhoud, afgerond naar boven.</i>	78
4. Totale vaarstand (km)	<i>Uit aantal tochten (3.) x Vaarafstand (1)</i>	1.126.188
5. Prijs per kubieke meter (EURO)	<i>=0,1092 x Vaarafstand (1.) + 1,6858 (uit Morselt e.a., 2010)</i>	€ 3,26
6. Prijs suppletie (EURO)	<i>Uit Suppletievolume (2.) x Prijs per kubiekemeter (5.)</i>	€ 880.865

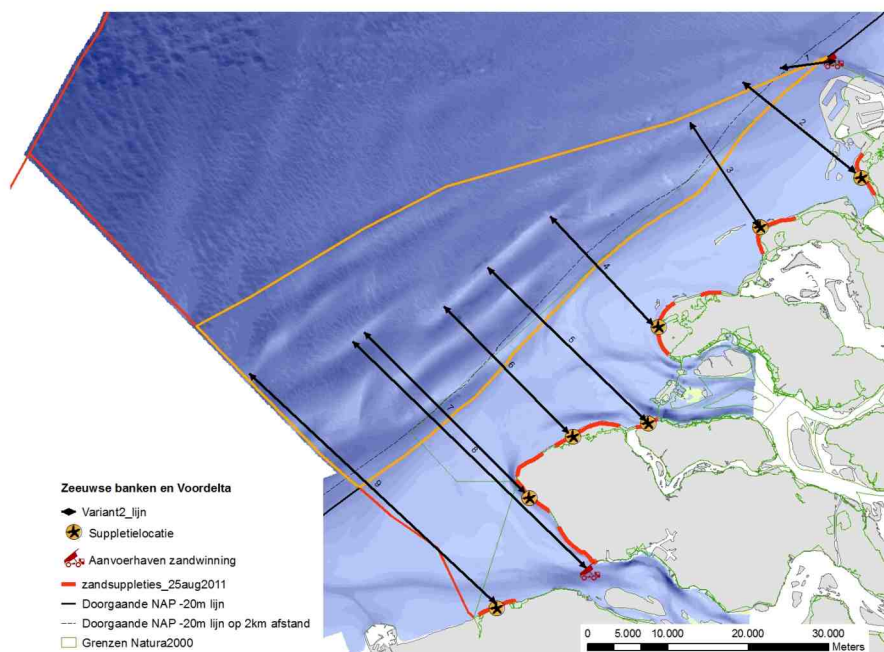
De tabellen 6.5 en 6.6 hierboven dienen als een voorbeeld, dat voor alle verschillende varianten en scenario's op vergelijkbare wijze wordt ingevuld. In tabel 7 is aangegeven hoe de kosten voor de vier scenario's uitpakken bij de Variant 1, met

reguliere winning. Wellicht ten overvloede, dit zijn geen ramingen van de totale kosten van het betreffende suppletieprogramma, vanwege allerhande vereenvoudigingen, deze getallen dienen voor de onderlinge vergelijking. In tabel 6.7 is ook het oppervlaktebeslag aangegeven voor de scenario's. Bij de berekening is rekening gehouden met een functioneel volume dat nodig is bij het winnen van 1,4 x het suppletie- en zandwinvolume. In dit functionele volume is rekening gehouden met bijvoorbeeld winverliezen en overvloed.

Tabel 6.7 Kosten en oppervlaktebeslag van vier scenario's van zandwinning bij variant 1 (huidige manier van winnen).

Scenario's <b>Variante 1</b>	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	9.080.000		32.670.000	
<b>Kosten</b>	€ 30.060.096	€ 21.971.994	€ 109.877.855	€ 80.289.708
<b>Opp beslag (ha)</b>	636		2.287	

## 6.2.2 Diepte winning ver uit de kust binnen banken op de toppen



Figuur 6.4 Schets van variant 2 voor zandwinning op de Zeeuwse Banken (diepte winning ver uit de kust binnen banken op de toppen)

Tabel 6.8 Kosten en oppervlaktebeslag van vier scenario's van zandwinning bij variant 2 (diepte winning ver uit de kust binnen banken op de toppen).

Scenario's <b>Variant 2</b>	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper
<b>Volume</b> (m <sup>3</sup> )	9.080.000		32.670.000	
<b>Kosten</b>	€ 39.400.071	€ 28.669.065	€ 144.305.473	€ 104.975.445
<b>Opp beslag</b> (ha)	212		762	

### 6.2.3 Dieptewinning nabij de kust op de toppen

Deze variant is in termen van de afstanden niet onderscheidend ten opzichte van variant 1 en daarom is variant 1 gebruikt voor de kosten, maar wel met aangepast oppervlaktebeslag.

Tabel 6.9 Kosten en oppervlaktebeslag van vier scenario's van zandwinning bij variant 3 (Dieptewinning nabij de kust op de toppen).

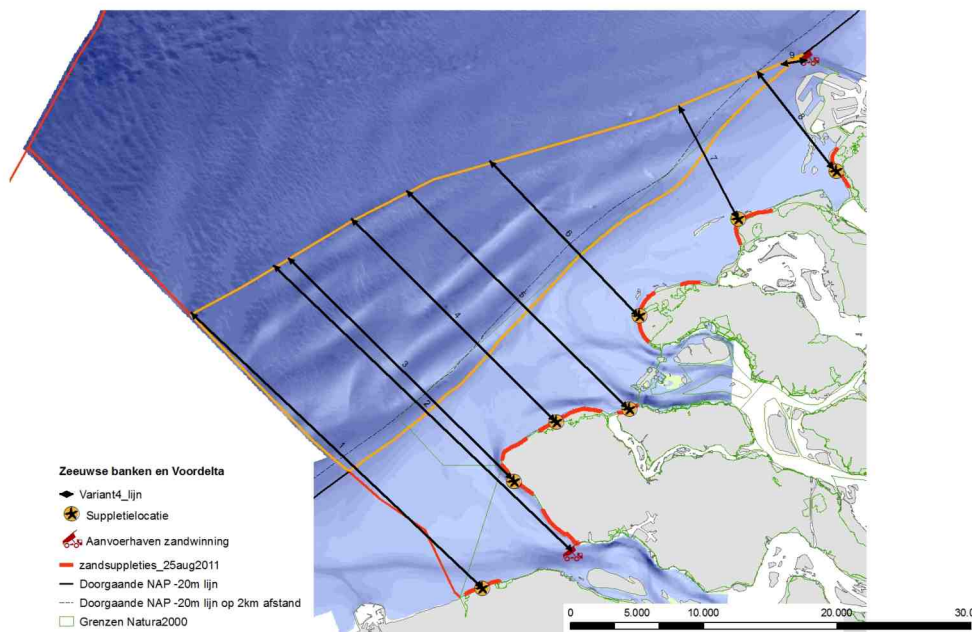
Scenario's <b>Variant 1</b>	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper
<b>Volume</b> (m <sup>3</sup> )	9.080.000		32.670.000	
<b>Kosten</b>	€ 30.060.096	€ 21.971.994	€ 109.877.855	€ 80.289.708
<b>Opp beslag</b> (ha)	212		762	

### 6.2.4 Winning buiten de Zeeuwse banken

Bij variant 4 vindt alle zandwinning plaats buiten het Zeeuwse banken gebied, zoals is aangegeven in figuur 6.5. Dat betekent dat de vaarafstand ten opzichte van alle andere varianten (veel) groter wordt. De totale vaarafstand bedraagt bij variant 4 maar liefst 284 km en dat is meer dan twee keer zoveel als de 139 km bij variant 1. De kosten voor de zandwinning zijn navenant hoger, zoals is aangegeven in tabel 6.10.

Tabel 6.10 Kosten en oppervlaktebeslag van vier scenario's van zandwinning bij variant 4 (winning buiten de Zeeuwse Banken).

Scenario's <b>Variant 4</b>	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper
<b>Volume</b> (m <sup>3</sup> )	9.080.000		32.670.000	
<b>Kosten</b>	€ 47.870.599	€ 34.742.712	€ 178.524.894	€ 129.511.898
<b>Opp beslag</b> (ha)	636		2.287	



Figuur 6.5 Schets van variant 4 voor zandwinning op de Zeeuwse Banken (winning buiten de Zeeuwse Banken)

### 6.2.5 Gelijkmatische winning

Bij een gelijkmatische winning over het gehele studiegebied, dat 130.000 ha groot is, betekent het onttrekken van  $9,08 \times 10^6 \text{ m}^3$  zand dat er overal 10 cm zal worden onttrokken (rekening houdend met een functioneel volume dat 1,4 keer zo groot is als het te winnen volume). Het winnen van  $32,67 \times 10^6 \text{ m}^3$  betekent dat er overal 35 cm van het studiegebied moet worden afgehaald. Het is niet eenvoudig om hierbij de juiste vaarafstand te berekenen, omdat er vanuit het gehele gebied naar verschillende locatie gevaren dient te worden. Een ruwe indicatie wordt gegeven door de prijzen van varianten 1 (langs de rand van het studiegebied aan de landzijde) en 5 (langs de zeewaartse rand van het studiegebied) te middelen. In tabel 6.11 zijn de kosten aangegeven.

Tabel 6.11 Kosten en oppervlaktebeslag van vier scenario's van zandwinning bij variant 5 (gelijkmatische winning over hele Zeeuwse Banken).

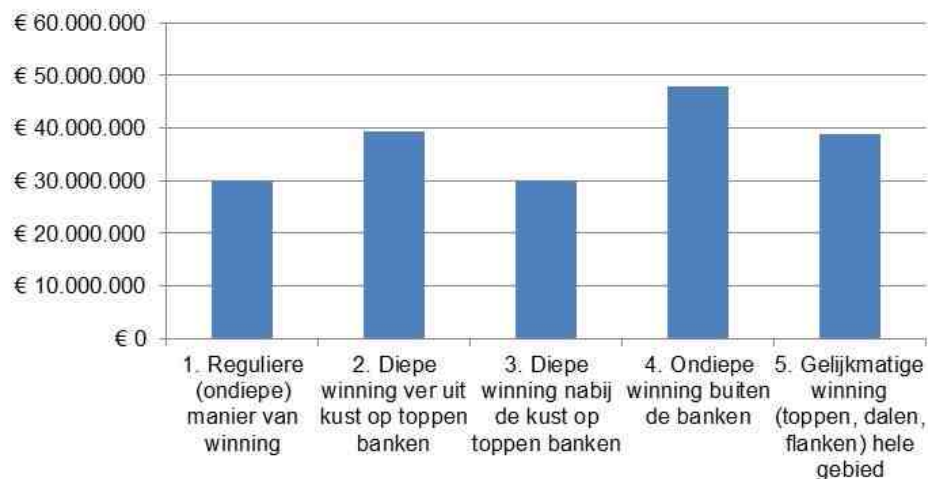
Scenario's <b>Variant 5</b>	Laag met Kleine hopper	Laag met Middelgrote hopper	Hoog met Kleine hopper	Hoog met Middelgrote hopper
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	9.080.000		32.670.000	
<b>Kosten</b>	€ 38.965.347	€ 28.357.353	€ 144.201.374	€ 104.900.803
<b>Opp beslag (ha)</b>	130.000		130.000	



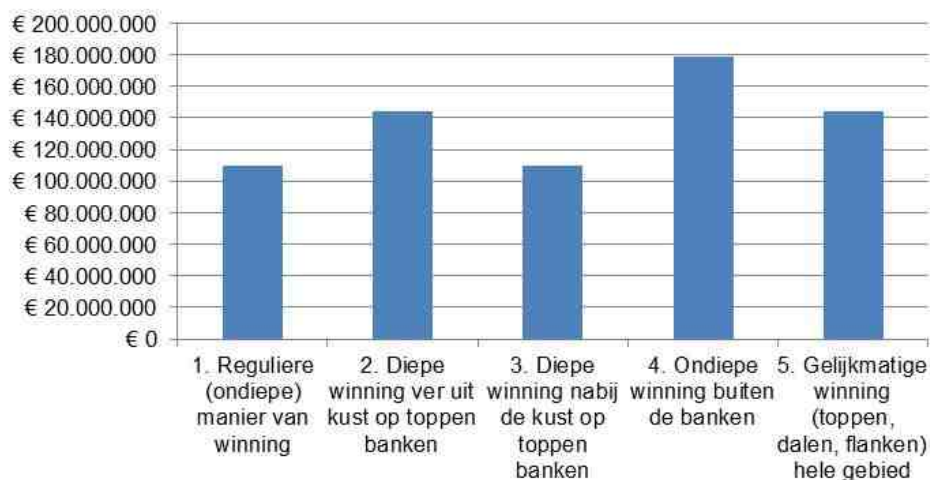
## 6.2.6 Overzicht en vergelijking

### Kosten

In de onderstaande tabel 6.12. is een overzicht gepresenteerd van de kosten van de vier verschillende scenario's (Laag met kleine en grote hopper in de bovenste helft van tabel) en de vijf verschillende varianten (Hoog met kleine en grote hopper in de bovenste helft van tabel tabel 6.12). In totaal zijn 20 verschillende combinaties van zandwinning opgenomen in tabel 6.12. In de tabel zijn ook de prijsverschillen uitgedrukt in percentages ten opzichte van variant 1. De absolute kosten verschillen voor de vier scenario's met grote en middelgrote hopper en met lage en hoge volumes. De relatieve verschillen per variant, uitgedrukt in de percentages in tabel 6.12, blijken slechts weinig te verschillen (de kleine verschillen komen voort uit de afronding van het aantal vaartochten): Diepe winning ver uit de kust (variant 2) is altijd 1,3 keer duurder dan de reguliere winning (variant 1). Ondiepe winning buiten de banken (variant 4) brengt bij elk scenario de hoogste kosten met zich mee, die 1,59 keer hoger zijn dan de reguliere winning (variant 1). In de grafiek in figuur 6.6 zijn de kosten voor het scenario met een laag volume en een kleine hopper in beeld gebracht en figuur 6.7 is dat ook gedaan voor het scenario met het hoge volume.



*Figuur 6.6 Kosten vijf varianten van zandwinning op Zeeuwse Banken bij scenario Laag en kleine hopper.*



Figuur 6.7 Kosten vijf varianten van zandwinning op Zeeuwse Banken bij scenario Hoog en kleine hopper

Tabel 6.12. Kosten in Euros voor de verschillende scenario's en varianten voor de zandwinning.

Scenario's Varianten	Laag (9.080.000 m <sup>3</sup> )			
	A. Kleine hopper		B. Middel-grote hopper	
1. <b>Reguliere</b> (ondiepe) manier van winning	€ 30.060.096	100%	€ 21.971.994	100%
2. Diepe winning <b>ver uit kust</b> op toppen banken	€ 39.400.071	131%	€ 28.669.065	130%
3. Diepe winning <b>nabij de kust</b> op toppen banken	€ 30.060.096	100%	€ 21.971.994	100%
4. Ondiepe winning <b>buiten</b> de banken	€ 47.870.599	159%	€ 34.742.712	158%
5. <b>Gelijkmatige</b> winning (toppen, dalen, flanken) hele gebied	€ 38.965.347	130%	€ 28.357.353	129%

Scenario's Varianten	Hoog (32.670.000 m <sup>3</sup> )			
	C. Kleine hopper		D. Middel-grote hopper	
1. <b>Reguliere</b> (ondiepe) manier van winning	€ 109.877.855	100%	€ 80.289.708	100%
2. Diepe winning <b>ver uit kust</b> op toppen banken	€ 144.305.473	131%	€ 104.975.445	131%
3. Diepe winning <b>nabij de kust</b> op toppen banken	€ 109.877.855	100%	€ 80.289.708	100%
4. Ondiepe winning <b>buiten</b> de banken	€ 178.524.894	162%	€ 129.511.898	161%
5. <b>Gelijkmatige</b> winning (toppen, dalen, flanken) hele gebied	€ 144.201.374	131%	€ 104.900.803	131%

### Oppervlaktebeslag

In de onderstaande tabel 6.13 is het oppervlaktebeslag aangegeven voor de vijf varianten. Omdat het voor het oppervlakte beslag niet uitmaakt of er met een kleine of middelgrote hopper wordt gewonnen zijn deze scenario's samengenomen.

*Tabel 6.13 Oppervlaktebeslag voor de verschillende scenario's en varianten voor de zandwinning (in km<sup>2</sup>).*

<b>Scenario's Varianten</b>	A. & B. Laag	C. & D. Hoog
1. <b>Reguliere</b> (ondiepe) manier van winning	6,36	22,87
2. Diepe winning <b>ver uit kust</b> op toppen banken	2,12	7,62
3. Diepe winning <b>nabij de kust</b> op toppen banken	2,12	7,62
4. Ondiepe winning <b>buiten</b> de banken	6,36	22,87
5. <b>Gelijkmatige</b> winning (toppen, dalen, flanken) hele gebied	1300	1300



## 8 Conclusie

De waarde van de Zeeuwse banken is vooral gelegen in de morfologische structuur die uniek is op het NCP. Het gebied onderscheidt zich geomorfologisch door het systeem van stroombanken dat een eenheid vormt met de tussenliggende troggen. De combinatie van een stabiele megastructuur (zandbanken) en een dynamische microstructuur (zandgolven en megaribbels) maken het systeem tot een complex geheel. De Zeeuwse banken vormen een uniek biotoop binnen het Natura 2000 habitattype van permanent onder water staande zandbanken.

De morfologische complexiteit van het zandbankensysteem Zeeuwse Banken vertaalt zich op grond van de huidige kennis niet in unieke levensgemeenschappen of soorten. De Zeeuwse Banken zijn relatief arm in bodemfauna als gevolg van de grote dynamiek in het gebied. Ten opzichte van het offshore NCP lijken de Zeeuwse Banken relatief rijk aan vis. De Zeeuwse Banken zijn van belang als doortrekgebied voor anadrome vissoorten. De Zeeuwse Banken herbergen relatief grote aantallen van roodkeelduiker, dwergmeeuw en grote stern ten opzichte van het NCP. Verder vormt het Zeeuwse Bankencomplex leefgebied van zeehonden en bruinvis. Er zijn geen aanwijzingen voor het voorkomen van persistente hotspots met hogere dichtheden bruinvissen of zeehonden op de Zeeuwse Banken (dan wel op het NCP). In vergelijking met het rijkere kustgebied zijn de Zeeuwse Banken van ondergeschikt ecologisch belang. Effecten op ecologische waarden zijn dan ook naar verwachting navenant gering.

Op grond van bestaande kennis over ecologische en aardkundige waarden van de Zeeuwse Banken is een aantal criteria opgesteld voor de wijze waarop zandwinning kan plaatsvinden in het gebied rekening houdend met deze waarden. Hierbij is uitgegaan van een laag en hoog zandwinvolume. Op grond hiervan zijn vier voorkeursvarianten gedefinieerd waarvoor de kosten zijn berekend en afgezet tegen de huidige manier van winning in het gebied:

1. Reguliere manier van winning: overal een beetje winnen (ondiep) van de toppen nabij de kust.
2. Diepte winning ver uit de kust op toppen
3. Dieptewinning nabij de kust op toppen
4. Winning buiten het gebied Zeeuwse Banken
5. Gelijkmatische winning (toppen, dalen, flanken) over het hele gebied

### Toelichting:

Winning buiten de banken beperkt vooral de effecten op vogels en vis en op de aardkundige waarde van het gebied de Zeeuwse Banken als geheel. Winning ver uit de kust beperkt de effecten op vogels. Gelijkmatische winning in het hele gebied van de Zeeuwse banken is goed voor het behoud van de morfologie, maar betekent wel dat er overal verstoring van het bodemleven en vis plaatsvindt.

Ad 2. Bij deze winning wordt het gebied dicht bij de kust, waar meer vogels aanwezig zijn, en worden de troggen van de banken, waar meer benthos en vis aanwezig is,

gemeden. Daarbij is het oppervlaktebeslag beperkt en daarmee het effect op benthos en vis. Ook blijft de Schouwenbank (aardkundig waardevol) zo behouden.

Ad 3. Bij deze winning worden de troggen van de banken, waar meer benthos en vis aanwezig is, gemeden. Daarbij is het oppervlaktebeslag beperkt en daarmee het effect op benthos en vis. Ook blijft de Schouwenbank (aardkundig waardevol) zo behouden.

Ad 4. Bij de varianten wordt het geheel van de Zeeuwse banken en aanwezige waarden onberoerd gelaten.

Ad 5. Deze varianten is gericht op het behoud van het reliëf van de Zeeuwse Banken.

In onderstaande tabel 8.1 is aangegeven welke waarden gespaard worden bij de verschillende varianten. De waardering geeft nadrukkelijk geen inzicht in de orde grootte van effecten. De meerkosten per variant zijn aangegeven afgezet tegen kosten voor de huidige manier van winnen.

De kosten voor reguliere winning bedragen bij een scenario met een laag zandwinnvolume € 30.060.096 (bij gebruik van een kleine hopper) tot € 21.971.994 (bij gebruik van een middel grote hopper). Bij een hoog zandwinnvolume bedragen deze kosten € 109.877.855 (kleine hopper) en tot € 80.289.708 (middel grote hopper).

Het scenario waarbij er geen zand wordt gewonnen op de banken, maar daarbuiten, is ongeveer 60% duurder dan het reguliere scenario (ondiepe winning nabij de kust). Diepe winning ver uit de kust op toppen dan wel gelijkmatige winning in het hele gebied zijn ongeveer 30% duurder dan de reguliere manier van winnen.

*Tabel 8.1 Overzicht van varianten van zandwinning rekening houdend met ecologische en aardkundige waarden. Zeezoogdieren zijn buiten beschouwing gelaten. De varianten zijn niet onderscheiden wat betreft zeezoogdieren (overall 0). (+) rekening houdend met waarde, (-) niet rekening houdend met waarde, (+/-) ten dele rekening houdend met waarde. Relatieve meerkosten zijn afgezet tegen kosten reguliere manier van winnen*

	Zandbanksysteem	Schouwenbank	Benthos	Vissen	Vogels	Relatieve meerkosten
<b>Variant 1 Regulier</b>	+	+	-/+	-/+	-	0
<b>Variant 2 Diep uit kust</b>	-	+	+	+	+	30%
<b>Variant 3 Diep nabij kust</b>	-	+	+	+	-	0
<b>Variant 4 Buiten gebied</b>	+	+	+	+	+	60%
<b>Variant 5 Gelijkmatig hele gebied</b>	+	-	-	-	-	30%

## 7 Literatuur

- Anonymus, 2008. Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken (H1110). Ministerie van LNV, den Haag.
- Arts, F.A., 2009. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991 - 2008. RWS Waterdienst BM, 09.08. Rijkswaterstaat. Waterdienst, Vlissingen.
- Arts, F.A. 2011. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlandse Continentaal Plat. 1991-2008. RWS Waterdienst BM, 09.08
- Camphuysen C.J. & M.J. Siemersma 2011, in prep. Conservation plan for the Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in the Netherlands: towards a favourable conservation status.
- Camphuysen, K. & G. Peet, 2006. Walvissen en dolfijnen in de Noordzee. Fontaine Uitgevers bv/ Stichting De Noordzee.
- Baptist, H.J.M. & P. Reijnders, 2000. Ecosysteendoelen Noordzee: zoogdieren. Unpublished document. Werkdocument RIKZ, OS/2000.866X
- Berrevoets, C.M. & F.A. Arts, 2005. Monitoring van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991-2005 : verspreiding, seizoenspatroon en trend van zeven soorten zeevogels en de Bruinvis. Rapport RIKZ/2005.032.
- Blueconomy, 2010a. Economische en milieukundige effecten van de zandwinstrategie. Blueconomy, Zaltbommel.
- Blueconomy, 2010b. Financiële uitwerking zandwinstrategie - prijsopbouw van belangen. Blueconomy, Zaltbommel.
- Boers, M., 2005. Effects of a deep sand extraction pit. Final report of the PUTMOR measurements at the Lowered Dump Site. RIKZ
- Bos, O.G., R. Witbaard, M. Lavaleye, G. van Moorsel, L.R. Teal, R. van Hal, T. van der Hammen, R. ter Hofstede, R. van Bemmelen, R.H. Witte, S. Geelhoed & E.M. Dijkman, 2011. Biodiversity hotspots on the Dutch Continental Shelf. A Marine Strategy Framework Directive perspective. Report number C071/11. Imares, Wageningen.
- Brasseur S, Van Polanen Petel T, Aarts G, Meesters E, Dijkman E, Reijnders P (2010) Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North Sea: population ecology and effects of wind farms. Report C137/10, IMARES
- Brasseur, S., M. Scheidat, G. Aarts, J.S.M. Cremer & O.G. Bos, 2008. Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore wind farms (<http://edepot.wur.nl/19450>). Report C046/08,
- Brasseur, S, G. Aarts, E. Meesters, T. van Polanen-Petel, E. Dijkman, J. Cremer & P. Reijnders, 2010 Habitat preferences of harbour seals in the Dutch coastal area: analyses and estimate of effects of offshore wind farms Report number:OWEZ R 252 T1 20100929.
- Brasseur, S., P. Reijnders & E. Meesters, 2006. Baseline data on harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the intended wind farm site OWEZ, in the Netherlands. report, Wageningen Imares.
- Brasseur, S., P. Reijnders, E. Meesters, G. Aarts & J. Cremer, 2008. Harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the wind farm site OWEZ, in the Netherlands. interim rapport. report, Wageningen Imares.

- Brasseur, S., I. Tulp, P. Reijnders, C. Smit, E. Dijkman, J. Cremer, M. Kotterman & E. Meesters, 2004. Voedseleecologie van de gewone en grijze zeehond in de Nederlandse kustwateren; I Onderzoek naar voedseleecologie van de gewone zeehond, II Literatuurstudie naar het dieet van de grijze zeehond. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 905.
- Camphuysen C.J. & M.L. Siemensma (2011). Conservation plan for the Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in The Netherlands: towards a favourable conservation status. NIOZ Report 2011-07, Royal Netherlands Institute for Sea Research, Texel.
- Cattrijsse, A. and Vincx, M., Biodiversity of the Benthos and the avifauna of the Belgian coastal waters, Summary of the data collected between 1970 and 1998. Belgium: Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs, 2001.
- Coosen J.; Mees J.; Seys J.; Fockedeij N. (Ed.) (2006) Studiedag: De Vlake van de Raan van onder het stof gehaald, Oostende, 13 oktober 2006. VLIZ Special Publication, 35. Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ): Oostende, Belgium. 135 pp
- Craeymeersch, J.A. & V. Escaravage, 2010. Benthos van zandwingebied Maasvlakte 2, nulmeting rekolonisatie benthos 2009. IMARES Wageningen UR, NIOO-CEME
- De Backer A., Moulart I., Hillewaert H., Vandendriessche S., Van Hoey G., Wittoeck J. & Hostens K. (2010) Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO report, 117p.
- Degraer, S., J. Wittoeck, W. Appeltans, K. Cooreman, T. Deprez, H. Hillewaert, K. Hostens, J. Mees, W. Vanden Berghe & M. Vincx, 2006. De macrobenthos atlas van het Belgische deel van de Noordzee. Federaal Wetenschapsbeleid, Brussel.
- Desprez, M. (2000). Physical and biological impact of marine aggregate extraction along the French coast of the Eastern English Channel: short- and long-term post-dredging restoration. ICES J. Mar. Sci. 57: 1428–1438.
- Dewicke, A. de et al., 'Spatial patterns of the hyperbenthos of subtidal sandbanks in the Southern North Sea'. Journal of Sea Research. 49 (2003), p.27-45.
- Ecolas, 2006. Milieueffectenrapport voor de extractie van mariene aggregaten op het BDNZ. Ecolas: Antwerpen. XLVI, 196 p
- Eleftheriou, A. & M.R. Robertson, 1992. The effects of experimental scallop dredging on the fauna and physical-environment of a shallow sandy community. Netherlands Journal of Sea Research 30: 289-299.
- Essink, K., 2005. Bodemfauna en beleid. Een overzicht van 35 jaar bodemfauna onderzoek en monitoring in Waddenzee en Noordzee. Rijkswaterstaat, Rapport RIKZ-2005.028
- Gheschiere, T. (2000). Structurele diversiteit van nematodengemeenschappen van de Blich Bank (Zuidelijke bocht van de Noordzee). MSc Thesis. Universiteit Gent: Gent. 91 pp
- Goudswaard, P.C., R.S.A. van Bemmelen & O.G. Bos, 2011. Een verkenning naar de natuurwaarden van de Zeeuwse Banken. IMARES Wageningen UR, Ijmuiden.
- Goudswaard, P.C. & V. Escaravage, 2010. Een kwalitatieve en kwantitatieve bemonstering van de Zeeuwse Banken in 2009 op de macrofauna gemeenschappen. IMARES Wageninge UR, CEME - NIOO



- Hostens K., Moulaert I., Vandendriessche S. & Wittoeck J. (2008) Zandwinning gerelateerd aan de biologische waarde van de Belgische Noordzee. Studiedag 'De evolutie en de innovatie van de extractie van mariene aggregaten op het Belgisch Ccontinentaal Plat, 20oktober 2008, Brugge.
- Hostens K., Moulaert I. (2006) De epi-, macro- en visfauna op de Vlake van de Raan. In: Coosen J., Mees J., Seys J., Fockedey N. (eds.). Studiedag: De Vlake van de Raan van onder het stof gehaald, Oostende (B). VLIZ special Publication,
- Holland, G.J., S.P.R. Greenstreet, I.M. Gibb, H.M. Fraser & M.R. Robertson, 2005. Identifying sandeel *Ammodytes marinus* sediment habitat preferences in the marine environment. *Marine Ecology Progress Series* 303: 269-282.
- Krause, J.C., Noordheim, H. van, Gosseck, F., 1996, "Effects of submarine gravel extraction on benthic fauna in the Baltic sea off Mecklenburg-Vorpommern", *German journal of Hydrology, Supplement*6, 189 - 199.
- Lengkeek, W., S. Bouma & B. van den Boogaard, 2010. Onderwater video als 'quickscan' methode voor natuurwaarden op de zeebodem. Methodeontwikkeling in de Voordelta en de Zeeuwse banken. Rapport 10-036. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Ligtenberg, J., 2005. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ Werkdocument Grootschalige Diepe Zandwinning Werkdocument RIKZ/KW/2005.104W
- Lindeboom, H., J. Geurts van Kessel & L. Berkenbosch, 2005. Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008 / Alterra Rapport nr. 1109. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee, RWS/RIKZ / Alterra-TEXEL, Den Haag / Wageningen.
- Lindeboom, H.J., E.M. Dijkman, Bos O.G., Meesters E.H., J.S.M. Cremer, I. de Raad & A. Bosma, 2008. Ecologische Atlas Noordezee. ten behoeve van gebiedsbescherming. IMARES, Wageningen UR, Texel.
- Ministerie van LNV 2008. [http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/vogels/profiel\\_vogel\\_A001.pdf](http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/vogels/profiel_vogel_A001.pdf)
- Ministeries van VenW, LNV, EZ en VROM, 2005. Integraal Beheerplan Noordzee 2015 (IBN 2015). Interdepartementaal Directeuren Overleg Noordzee (2005), Rijswijk.
- Moulaert I., Hostens K., Hillewaert H. & Wittoeck J. (2007) Spatial variation of the macrobenthos species and communities of the Belgian Continental Shelf and the relation to environmental variation. *ICES CM 2007/A.:09:1-13*
- Newell, R.C., Seiderer, L.J. Simpson, N.M. & Robinson, J.E. (2002). Impact of marine aggregate dredging and overboard screening on benthic biological resources in the central North Sea: Production Licence Area 408; Coal Pit. Marine Ecological Surveys Limited Technical Report No. ER1/4/02 tot the British Marine Aggregate Producers Association. 72 pp.
- Newell, R.C., Seiderer, L.J., & Hitchcock, D.R. (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. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 36: 127-178.
- Newell, R.C., Seiderer, L.J., Simpson, N.M., Robinson, J.E. (2004). Impacts of Marine Aggregate Dredging on Benthic Macrofauna off the South Coast of the United Kingdom. *Journal of Coastal Research: Vol. 20 (1): 115–125.*
- Poot, M.J.M., P.W. van Horssen, R.C. Fijn, M.P. Collier & C. Viada, 2010. Do potential and proposed Marine Protected Areas in the Dutch part of the North Sea

- qualify as Marine Important Bird Areas (MIBAs)? Application of BirdLife selection criteria on proposed MPAs. Rapport 10-035. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot, M.J.M., C. Heunks, H.A.M. Prinsen, P.W. van Horssen & T.J. Boudewijn, 2006. Zeevogels in de Voordelta in 2004/2005 en 2005/2006. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam - MEP MV2; Perceel 4: Vogels. Rapport 06-244. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Poot, M.J.M., H.A.M. Prinsen, C. Heunks, P.W. van Horssen, T.J. Boudewijn & S. Dirksen, 2005. Evaluatierapportage: november 2004 t/m juni 2005. Perceel 4: Vogels. Nulmeting in het kader van Monitoring en Evaluatie Programma, Project Mainport Rotterdam - MEP MV2. Rapport 05-170. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Poot, M.J.M., R.C. Fijn, R.J. Jonkvorst, C. Heunks, M.P. Collier, J. de Jong en P.W. van Horssen. Aerial surveys of seabirds in the Dutch North Sea May 2010 – April 2011. Seabird distribution in relation to future offshore wind farms. Rapport 10-235. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Rijkswaterstaat, 2011. Zandwinstrategie. Rijkswaterstaat Dienst Noordzee, Waterdienst (2011), Rijswijk.
- Robinson, J. E., Newell, R. C., Seiderer, L. J., and Simpson, N. M. 2005. Impacts of aggregate dredging on sediment composition and associated benthic fauna at an offshore dredge site in the southern North Sea. *Marine Environmental Research*, 60: 51–68.
- Rozemeijer, M.J.C., 2009. Rekolonisatie van de zeebodem na zandwinning en suppletie: een review. Visie voor een onderzoeksplan als onderdeel van het MEP zandwinning RWS & LaMER. Memo RWS-Waterdienst NWOB/MJCR-2009.01
- Terwindt, J.H.J., 1971: Sand waves in the Southern Bight of the North Sea. *Marine Geology*, 10: 51-67.
- Tillin, H.M., A.J. Houghton, J.E. Saunders, R. Drabble & S.C. Hull 2011. Direct and Indirect Impacts of Aggregate Dredging. *Marine ALSF Science Monograph Series No. 1. MEPF 10/P144*. (Edited by R.C. Newell & J. Measures). 41pp. ISBN: 978 0 907545 43 9.
- Tyler, P. A. and Shackley, S. E., 1979. The benthic ecology of linear sandbanks: A modified *Spisula* sub-community. In: Collins, M.B.; Banner, F.T.; Tyler, P.A.; Wakefield, S.J., and James, A. (eds.), *Industrialised Embayments And Their Environmental Problems: A Case Study Of Swansea Bay*, Pergamon Press, pp. 539-554.
- Vanaverbeke, J.; Gheskiere, T.; Vincx, M. (2000). The meiobenthos of subtidal sandbanks on the Belgian Continental Shelf (Southern Bight of the North Sea) Est., *Coast. and Shelf Sci.* 51: 637-649
- Vanaverbeke, J. van et al., 'Nematode assemblages from subtidal sandbanks in the Southern Bight of the North Sea: effect of small sedimentological differences'. *J. Sea Res.* 48(3) (2002), p.197-207.
- van Dalssen, J.A. & S.G.J. Aarninkhof, 2009. Building with Nature: Mega nourishments and ecological landscaping of extraction. European Marine Sand and Gravel Group – a wave of opportunities for the marine aggregates industry EMSAGG Conference, 7-8 May 2009 Frentani Conference Centre, Rome, Italy
- Vandendriesche S., Hostens K. & Wittoeck J. (2009). Monitoring the effects of the Thorntonbank and Bligh Bank windmill parks on the epifauna and demersal

- fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during Construction (T1), Bligh Bank: reference condition (T0). p. 93-150.
- van Dijk, T.A.G.P. , P.J. Doornenbal, R.A. Van Overmeeren, J.A. van Dalssen, I. Du Four & V.R.M. van Lancker, 2007. Benthic habitat variation over tidal ridges. In: Agenda & Abstracts, GeoHab2007, Nouméa, New Caledonia.
- Van Hoey G, Degraer S, Vincx M (2004) Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Est Coast Shelf Sci* 59: 601-615
- Van Lancker, Vera R.M., Bonne, Wendy, Velegrakis, Adonis and Collins, Michael B. (2010) Aggregate extraction from tidal sandbanks: Is dredging with nature an option? Introduction. *Journal of Coastal Research*, SI, (51), 53-62. (doi:10.2112 / SI51-005.1)
- Vanosmael, C.; Willems, K. A.; Claeys, D.; Vincx, M., and Heip, C., 1982. Macrobenthos of a sublittoral sandbank in the Southern Bight of the North Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 62, 521-534.
- Verween, A. (1999). Habitatkarakterisering van de Vlaamse banken, de Zeelandbanken en de Hinderbanken aan de hand van de hyperbenthosgemeenschappen. BSc Thesis. University of Gent, Zoology Institute, Marine Biology Section: Gent. 74 pp.
- Willems, K. (2000). Het hyperbenthos van subtidale zandbanken op het Belgisch Continentaal Plat: habitats en indicatorsoorten. MSc Thesis. Universiteit Gent. Mariene Biologie. Instituut voor Dierkunde. Vakgroep Morfologie, Systematiek en Ecologie: Gent. 72 pp
- Zoetemeyer, R.B., 2009. De Nederlandse zeevissen. Veldgids. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.

