

# Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000

V.L. Escaravage, M.J. Baptist & S. Wijnhoven

WOT-technical report 262  
WMR rapport C017/24



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



**Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie  
van mariene habitattypen voor Natura 2000**

---

Dit WOT-technical report is gemaakt conform het Kwaliteitsmanagementsysteem (KMS) van de unit Wettelijke Onderzoekstaken (WOT) Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research.

WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te ondersteunen. WOT Natuur & Milieu zorgt voor rapportages en data voor (inter)nationale verplichtingen op het gebied van agromilieu, biodiversiteit en bodeminformatie, en werkt mee aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving zoals de Balans van de Leefomgeving.

## **Disclaimer WOT-publicaties**

De reeks 'WOT-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor WOT Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOT-technical report 262 is het resultaat van onderzoek dat gefinancierd is door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV).

# Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000

V.L. Escaravage<sup>1</sup>, M.J. Baptist<sup>1</sup> & S. Wijnhoven<sup>2</sup>

1 Wageningen Marine Research, Yerseke, Den Helder, Netherlands

2 Ecoauthor, Heinkenszand, Netherlands

BAPS-projectnummer WOT-04-009-034.04

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**

Wageningen, juli 2024

---

**WOT-technical report 262**

WMR rapport C017/24

ISSN 2352-2739

DOI 10.18174/660895

---

## Referaat

Escaravage, V.L., M.J. Baptist, S. Wijnhoven (2024). *Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-technical report 262.

In de 2019-rapportage over de landelijke Staat van Instandhouding van Habitatrichtlijnsoorten en -habitattypen over de periode 2013-2018 werd gepleit voor de ontwikkeling van maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie (S&F) van mariene habitattypen. Deze studie geeft hiervoor een uitwerking in de vorm van een hiërarchisch beoordelingsinstrument op basis van indicatoren op het niveau van gemeenschappen, ecotopen en habitattypen. Deze indicatoren omvatten onder andere de ecotopenstructuren binnen mariene habitattypen, de biogene structuren die een leefomgeving bieden aan andere soorten en de biotische structuren met daaraan gekoppelde ecologische functies. Naast het identificeren van elementen voor structuur en functie voor de mariene habitattypen geeft dit rapport een ecotoopspecifieke uitwerking van een benthische S&F-indicator op basis van de BISI-indicator die eerder is ontwikkeld in het kader van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie. Wij stellen voor deze BISI-S&F te gebruiken als indicator voor de beoordeling van structuur en functie van de Nederlandse mariene habitattypen.

*Trefwoorden:* Staat van Instandhouding, Europese Habitatrichtlijn, mariene habitattypen, ecotopen, biogene structuren, biotische structuren, structuur en functie, kwaliteitskenmerk habitattypen, BISI

## Abstract

*Indicators for assessing the structure and functions of marine habitat types for Natura 2000.*

The 2019 national report on the conservation status of Habitats Directive species and habitat types for the period 2013–2018 called for the development of indicators for assessing the structure and functions (S&F) of marine habitat types. This present study proposes a hierarchical assessment tool based on indicators at the level of communities, ecotopes and habitat types. These indicators include ecotope structures within marine habitat types, biogenic structures that provide habitat for other species and biotic structures with associated ecological functions. Besides identifying elements of the S&F of marine habitat types, this report describes an ecotope-specific benthic S&F indicator based on the Benthic Indicator Species Index (BISI) previously developed under the Marine Strategy Framework Directive. We propose to use this BISI-S&F indicator for assessing the S&F of Dutch marine habitat types.

*Foto omslag:* Habitatvormende bodemdieren, bio-irrigatie en voedsel voor wadvogels, fotograaf Martin Baptist.

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/660895> of op [www.wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wur.nl/wotnatuurenmilieu). WOT Natuur & Milieu verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2024 **Wageningen Marine Research**

Tel: (0317) 48 70 68; e-mail: [martin.baptist@wur.nl](mailto:martin.baptist@wur.nl)

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (unit binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research),  
Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 54 71, [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl), [www.wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://www.wur.nl/wotnatuurenmilieu).



Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC-BY-NC licentie. Zie voor de licentievoorwaarden: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.nl>

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

WOT Natuur & Milieu aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Woord vooraf

Het groeiende bewustzijn van het behoud van specifieke elementen voor structuur en functie (S&F) als integraal onderdeel voor de bescherming van natuurlijke habitats heeft geleid tot de integratie van deze elementen in de beoordeling van de Staat van Instandhouding onder artikel 17 van de Habitatrichtlijn (DG Environment, 2017). Het identificeren van de vereiste kenmerken van S&F en bijbehorende waarnemingen ervan is echter een complex proces, waarvan de uitvoering afhankelijk is van de ambities van individuele lidstaten. Een S&F-beoordeling zou theoretisch kunnen volstaan met waarnemingen van soorten die betrokken zijn bij specifieke elementen van structuur en/of functie, terwijl een meer intensieve benadering gebruik zou maken van directe metingen van die elementen.

Het doel van dit document is om richtlijnen te bieden voor de ontwikkeling van een beoordelingsinstrument dat is toegespitst op de elementen van structuur en functie van mariene habitattypen. Hierbij zijn we ons bewust van de bestaande inhoudelijke onzekerheden en logistieke beperkingen die de implementatie van een dergelijk instrument kunnen bemoeilijken.

Wij willen Anne Schmidt (WUR) bedanken voor haar projectbegeleiding en inhoudelijke bijdrage aan een vroege versie van dit document. Tevens willen we de reviewers van het Ministerie van LNV en Rijkswaterstaat bedanken voor hun waardevolle inzichten en constructieve feedback die hebben bijgedragen aan de verbetering van dit document.





---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1 Achtergrond	13
1.2 Vraagstelling	13
1.3 Aanpak van de studie	14
<b>2 Structuur en functie: van concept tot definitie</b>	<b>15</b>
2.1 Structuur en functie vanuit de Habitatrictlijn	15
2.2 Gestructureerd raamwerk voor structuur en functie	16
2.3 Kennisleemtes en het gebruik van typische soorten	17
<b>3 Beschrijving van structuur en functie in de N2000-profieldocumenten van de HR-habitattypen</b>	<b>19</b>
3.1 H1110 (Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken)	21
3.2 H1140 (Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten)	22
3.3 H1160 (Grote, ondiepe krekens en baaien)	23
3.4 H1130 (Estuaria)	23
3.5 H1170 (Riffen van open zee)	24
<b>4 Bruikbaarheid van bestaande kwaliteitsindices voor de beoordeling van structuur en functie</b>	<b>25</b>
4.1 Het gebruik van de BISI voor de S&F-beoordeling	25
4.1.1 Berekening van de BISI	26
4.1.2 Het gebruik van de BISI als indicator specifiek voor structuur en functie	27
4.2 Gebruik van structuur en functie in overige onderzoeksprogramma's	28
4.2.1 Doeluitwerking Klaverbank (Didderen et al., 2019)	28
4.2.2 Beoordeling kwaliteitstoestand NCP op basis van de BISI (Wijnhoven, 2018)	29
4.2.3 Monitoring biogene structuren in OWF (WOZEP project team, 2016)	29
4.2.4 Waarnemingen van biogene riffen in de Waddenzee (Van Beek et al., 2021)	29
4.2.5 Lessons learned	29
4.3 Beoordeling van S&F door buurlanden in de Atlantische regio	30
4.3.1 Verenigd Koninkrijk	30
4.3.2 Frankrijk	30
<b>5 Voorstel voor indicatoren van structuur en functie voor de habitattypen in de Nederlandse mariene wateren</b>	<b>32</b>
5.1 Hoofdindicatoren van S&F uit de profieldocumenten	32
5.2 Gestructureerde aanpak voor de selectie van S&F-indicatoren	32
5.3 Het gebruik van ecotopen voor S&F-indicatoren	33
5.4 Het gebruik van biogene structuren als indicator voor structuur en functie	34
5.5 Het gebruik van de BISI op het niveau van ecotopen als indicator voor biotische structuur en functie	36
5.5.1 Eerdere BISI-toepassingen	36
5.5.2 Verdere ontwikkelingen voor de ecotopengerichte toepassing van de BISI	36
5.5.3 Voorstel voor indicatorsoorten voor een BISI <sub>S&amp;F</sub>	37
5.5.4 Voorkomen indicatorsoorten per ecofoon	43
5.5.5 Definitie van de referentietoestand voor de BISI-S&F	43
5.5.6 Berekeningswijze voor de BISI <sub>S&amp;F</sub>	43

---

5.5.7	Definitie van de maatlat voor de BISI <sub>S&amp;F</sub>	44
5.5.8	BISI <sub>S&amp;F</sub> -testberekening	45
<b>6</b>	<b>Naar een S&amp;F-monitoring voor de Nederlandse mariene habitattypen</b>	<b>48</b>
6.1	Huidige meerjarige monitoringsprogramma's gericht op benthos	48
6.2	De inzet van ecotopen-gerichte monitoring	49
6.3	Het gebruik van alternatieve waarnemingsmethoden voor bodemmonsters	50
6.4	Ontwikkelingen omtrent monitoring Noordzee en Waddenzee	51
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>53</b>
7.1	Antwoorden op de onderzoeksvragen	53
7.2	Vervolgstappen	55
<b>8</b>	<b>Kwaliteitsborging</b>	<b>56</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>57</b>
	<b>Verantwoording</b>	<b>60</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Tabellen van indicatorsoorten voor de BISI<sub>S&amp;F</sub> met afleiding referentievoorkomen en gebruikte bronnen</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Testbeoordeling BISI<sub>S&amp;F</sub> op basis van recente benthos-monitoringdata</b>	<b>75</b>
	<b>Referenties karakterisering indicatorsoorten</b>	<b>86</b>

---

# Samenvatting

Op grond van de Europese Habitatrichtlijn (Richtlijn 92/43/EEG) dient door de EU-lidstaten zesjaarlijks gerapporteerd te worden over de Staat van Instandhouding (SvI) van Habitatrichtlijnsoorten en habitattypen op landelijk niveau (de HR artikel 17-rapportage). De vier parameters van de Staat van Instandhouding (verspreidingsgebied, oppervlakte, structuur en functie inclusief typische soorten en toekomstperspectief) worden daarin afzonderlijk beoordeeld.

Voor wat betreft de methodiek voor de beoordeling van 'structuur en functie inclusief typische soorten' geldt dat een gezamenlijk eindoordeel wordt opgesteld na combinatie van de afzonderlijke beoordelingen voor structuur en functie (S&F) én voor typische soorten. In de 2019 HR-rapportage voor artikel 17 over de periode 2013-2018 werd gepleit voor de ontwikkeling van S&F-maatlatten voor de mariene habitattypen (Janssen et al., 2020). De opdracht als basis voor de huidige rapportage behelst de ontwikkeling van indicatoren en maatlatten voor structuur en functie voor de vijf mariene habitattypen die Nederland telt: H1110 (Permanent met zeewater van geringe diepte overstroemde zandbanken), H1130 (Estuaria), H1140 (Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten), H1160 (Grote, ondiepe krekens en baaien) en H1170 (Riffen van open zee).

De hoofdvraag voor de huidige studie betreft hoe de parameter structuur en functie het beste beoordeeld (= gekwantificeerd/gescoord) kan worden in de Nederlandse mariene wateren. Deze hoofdvraag werd opgesplitst in de volgende deelvragen met beantwoording zoals hier weergegeven:

## **1. Hoe kunnen we het beste de parameter 'structuur en functie' beschrijven ten behoeve van de definitie van relevante indicatoren en maatlatten?**

'Structuur en functie', in samenhang met 'compositie', worden beschouwd als componenten van biodiversiteit en worden onderscheiden naar niveaus van organisatie, te weten op het niveau van het landschap, het niveau van habitatstructuren, gemeenschappen en soorten en het niveau van uitwisseling van genen (Noss, 1990). De parameter 'structuur en functie' zoals die toegepast wordt voor de Habitatrichtlijn kan het beste worden beschreven op het organisatieniveau van habitatstructuren, gemeenschappen en soorten volgens de hiërarchische benadering van Noss (1990). Dit zorgt voor een conceptuele structuur waarin ecologische descriptoren en processen beschouwd worden met betrekking tot hun onderlinge verbanden vanuit een ruimtelijk perspectief. De beschrijving van dit ruimtelijke perspectief vereist de inwinning van ruimtelijk dekkende waarnemingen over de samenstelling van ecotopen en levensgemeenschappen. Wanneer directe monitoring van structuren en/of functies moeilijk uitvoerbaar is, kunnen ecologisch onderbouwde typische soorten gebruikt worden als proxy's voor de structuren en/of functies waaraan die verbonden zijn.

## **2. Hoe wordt 'structuur en functie' beschreven in de profieldocumenten van de Natura2000 habitattypen en past dit bij het antwoord op vraag 1?**

Een analyse van de Nederlandse profieldocumenten voor de mariene habitattypen levert drie indicatoren op voor de definitie van een goede structuur en functie.

- Ecotopenstructuren: het mozaïek aan ecotopen binnen elk habitatype vormt een wezenlijk aspect van de structuur en functie van de habitat.
- Biotische structuren en functies: biomassa in relatie met de voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus; diversiteit/compleetheid van levensgemeenschappen m.b.t. soortenrijkdom, kinderkamerfunctie voor juveniele vis, levensduur en aanwezigheid van verschillende trofische niveaus zoals microfytobenthos, zeegrassen, bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren worden genoemd in de profieldocumenten. De functies van biotische structuren zijn: hun interspecifieke faciliterende interacties (bv. mosselbanken die andere soorten faciliteren), hun voedselbron voor hogere trofische niveaus, en hun functies in stabilisatie/ bioturbatie/irrigatie van sediment en nutriëntencycli.
- Biogene structuren: aanwezigheid van biogene structuren als leefomgeving voor geassocieerde levensgemeenschappen en/of als voedsel voor overige bodemdieren, vissen en vogels is een belangrijk onderdeel binnen habitats/ecotopen die een aparte vermelding krijgt in de profieldocumenten.

---

Omvangrijke mosselbanken (in verschillende ontwikkelingsstadia) en zeegrasvelden zijn een belangrijk kwaliteitskenmerk voor H1110A en H1140A. Ingegraven schelpdierbanken van *Ensis* en *Spisula* zijn van belang als voedselbron voor vissen en vogels in H1110B.

De beoordeling van de parameter 'structuur en functie' zal ruimtelijk gestratificeerd moeten worden op het niveau van ecotopen en vervolgens geïntegreerd, rekening houdend met voorkomen/belang en omvang van de ruimtelijke eenheden (ecotopen/subhabitat/habitat/gebied).

**3. Zijn er bestaande indicatoren en maatlatten in gebruik, zowel nationaal (zoals de BISI voor de KRM en indicatoren toegepast in onderzoeksprojecten), als internationaal (door beheerinstanties ingezet voor het kwantificeren van 'structuur en functie')?**

In Nederland heeft de Benthic Indicator Species Index (BISI) zich bewezen als een robuuste indicator voor de Kaderrichtlijn Marien (KRM) waarin, naast de gevoeligheid van soorten voor externe factoren (vooral bodemberoering) ook S&F-indicatoren zoals 'structuur voedselweb', 'habitatdiversiteit', 'bioturbatie' en 'typische soorten' worden meegenomen in de beoordeling. De BISI is gestoeld op een ruimtelijke dekkende monitoringsdataset in combinatie met een lijst van indicatorsoorten die is opgesteld op basis van een uitgebreide literatuurstudie en de raadpleging van deskundigen.

De gebruikte methodologie door overige lidstaten bij de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' blijkt slecht toegankelijk te zijn en het lijkt erop dat de evaluatie van de Status van Instandhouding van de mariene habitattypen, door gebrek aan gegevens, veelal gebaseerd is op expert-judgement.

**4. Kunnen er criteria worden voorgesteld voor potentiële indicatoren van 'structuur en functie' voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren?**

Bij gebrek aan directe metingen van elementen voor S&F kan de BISI dienen als een indicator door het selecteren van indicatorsoorten op basis van hun bijdrage aan 'structuur en functie'. De analyse van S&F van de HR-habitat(sub)typen kan het beste plaatsvinden door middel van een hiërarchische benadering op basis van ecotopen. Alle informatie die verzameld is voor de inrichting van de BISI<sub>v1</sub> in Wijnhoven & Bos (2017) zowel op het niveau van gebieden, habitattypen en ecotopen kan gebruikt worden in de toepassing van de ecotoopgerichte BISI<sub>v2</sub> (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). Daarvoor is het aan te bevelen om ecotopenkaarten te ontwikkelen voor H1170, H1110B en H1110C.

Testresultaten voor de in deze studie ontwikkelde maatlat voor een BISI<sub>S&F</sub> laten zien dat er in potentie verschillen in ecologisch functioneren met betrekking tot onderscheiden structuren en functies kunnen worden aangetoond.

**5. Welke monitoringgegevens (waarnemingen) zijn vereist voor een adequate beoordeling van de voorgestelde indicatoren van 'structuur en functie' voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren en zijn de huidige meetnetten afdoende voor dit doel?**

De huidige monitoringprogramma's (MWTL/KRM, WOZEP, WOT, SIBES/SUBES) bieden een vaste corpus aan gegevens die in ieder geval in het huidige formaat/omvang behouden moet worden om robuuste uitspraken te kunnen formuleren over de ecologische status van de studiegebieden. Idealiter zouden de meeste monitoringprogramma's gebruik moeten maken van een gerandomiseerde bemonstering met stratificatie op basis van gebied, habitatsubtype en ecotoop ter vergroting van de ecologische informatie. Het gebruik van akoestische en videotechneken zal uitgebreid moeten worden om informatie te kunnen verzamelen over de landschaps- en biogene structuren.

Omdat directe metingen van structuur en vooral directe metingen van functies niet altijd makkelijk/mogelijk te realiseren zijn, zal, als proxy, vaak gebruik worden gemaakt van de aanwezigheid/dichtheid van bodemdiersoorten die bekend staan om hun bijdrage aan structuur en functie. Er moet wel benadrukt worden dat deze proxy onvolledig is en idealiter zo veel mogelijk aangevuld moet zijn met directe waarnemingen van parameters van 'structuur en functie'.

---

# Summary

The EU Habitats Directive (Directive 92/43/EEC) requires EU member states to report on the conservation status of species and habitat types at national level every six years (Article 17 report). The four parameters for assessing the conservation status of habitat types are: range; area; structure and functions, including typical species; and future prospects.

The assessment of 'structure and functions, including typical species' is prepared by combining the separate assessments for structure and functions (S&F) and for typical species to produce a joint final assessment. The Dutch 2019 Article 17 report for the period 2013–2018 called for the development of S&F indicators for marine habitat types (Janssen et al., 2020). The present report develops S&F indicators for the five marine habitat types in the Netherlands: H1110, H1130, H1140, H1160 and H1170.

The main question for the present study was how S&F can best be assessed (= quantified / scored) in Dutch marine waters. This main question was split into the following sub-questions:

## **1. How can we best describe 'structure and functions' for the purpose of defining relevant indicators?**

Structure and functions in conjunction with composition are considered components of biodiversity and can be described at different levels of organisation: landscape, habitat structures, communities and species, and genetic exchange (Noss, 1990). When used to assess conservation status under the Habitats Directive, the S&F parameter is best described at the organisational levels of habitat structures and communities and species. This provides a conceptual structure in which ecological descriptors and processes are considered in relation to each other from a spatial perspective. The description of this spatial perspective requires the collection of data providing comprehensive spatial coverage of ecotope and community composition. When direct monitoring of structures and/or functions is difficult to implement, typical species may be used as proxies for the structures and/or functions with which they are associated.

## **2. How is 'structure and functions' described in the profile documents for Natura 2000 habitat types and does this align with the answer to question 1?**

An analysis of the Dutch profile documents for the marine habitat types produced three indicators for the definition of good structure and functions.

- Ecotope structures: the mosaic of ecotopes within each habitat type is an essential aspect of habitat structure and functions.
- Biotic structures and functions: biomass in relation to food availability for higher trophic levels; the profile documents mention diversity/completeness of communities in terms of species richness, nursery function for juvenile fish, longevity and presence of different trophic levels such as microphytobenthos, seagrasses, benthic organisms, fish, birds and marine mammals. The functions of biotic structures are their interspecific facilitating interactions (e.g. mussel beds facilitating other species), their food source for higher trophic levels, and their functions in stabilisation/bioturbation/irrigation of sediment and nutrient cycling.
- Biogenic structures: presence of biogenic structures as habitat for associated communities and/or as food for other benthic organisms, fish and birds is an important component of habitats/ecotopes mentioned separately in the profile documents. Extensive mussel beds (at different stages of development) and seagrass beds are an important indicator of ecological quality in H1110A and H1140A. Shellfish banks of *Ensis* and *Spisula* are important as a food source for fish and birds in H1110B.

The assessment of the S&F parameter will have to be spatially stratified at the level of ecotopes and then integrated, taking into account the occurrence/importance and size of the spatial units (ecotopes/subhabitat/habitat/area).

---

**3. Are there existing indicators in use, both nationally (such as the BISI for the MSFD and indicators used in research projects) and internationally (used by management bodies to quantify structure and functions)?**

In the Netherlands, the Benthic Indicator Species Index (BISI) has proven to be a robust indicator for the Marine Strategy Framework Directive (MSFD). In addition to the sensitivity of species to external factors (especially seabed disturbance), the BISI includes S&F indicators such as 'food web structure', 'habitat diversity', 'bioturbation' and 'typical species'. The BISI is based on a spatially comprehensive dataset combined with a list of indicator species compiled from an extensive literature review and expert opinion. The methodologies used by other member states for assessing the S&F parameter are hard to come by and it would appear that assessments of the conservation status of marine habitat types are mostly based on expert judgement due to a lack of data.

**4. Can criteria be proposed for potential indicators of 'structure and functions' for the different habitat types in Dutch marine waters?**

In the absence of direct measurements of elements for S&F, the BISI can serve as an indicator by selecting indicator species based on their contribution to S&F. The analysis of S&F is best performed in a hierarchical approach based on ecotopes. All information collected for the design of BISI<sub>v1</sub> in Wijnhoven & Bos (2017) at the level of sites, habitat types and ecotopes can be used in the application of the ecotope-based BISI<sub>v2</sub> (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). For this purpose, the preparation of ecotope maps for H1170, H1110B and H1110C is recommended. Test results for the indicator BISI<sub>S&F</sub> developed in the present study indicate that it has the potential to demonstrate differences in ecological functioning with respect to structures and functions.

**5. What monitoring data (observations) are required for an adequate assessment of the proposed indicators of 'structure and functions' for the different habitat types in Dutch marine waters, and are the current monitoring networks adequate for this purpose?**

The current monitoring programmes (MWTL/KRM, WOZEP, WOT, SIBES/SUBES) provide a solid corpus of data, which should at least be maintained in its current format/size to enable robust statements to be made on the ecological status of the study areas. Ideally, most monitoring programmes should use randomised sampling with stratification by area, habitat subtype and ecotope to improve the quality of ecological information. The use of acoustic and video techniques will need to be expanded to collect information on landscape and biogenic structures. Since direct measurements of structure and especially direct measurements of functions are not always easy or possible to make, the presence/density of benthic species known to contribute to structure and functions will often be used as a proxy. It should be emphasised, however, that this proxy is incomplete and should ideally be supplemented as much as possible with direct observations of S&F parameters.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Op grond van de Europese Habitatrichtlijn dient door de EU-lidstaten zesjaarlijks gerapporteerd te worden over de landelijke Staat van Instandhouding (SvI) van habitatrichtlijnsoorten en habitattypen (de HR-artikel 17 rapportage). De beoordeling van de Staat van Instandhouding van habitattypen vindt plaats op basis van trends in de verspreiding en oppervlakte, de structuur en functie (inclusief typische soorten) en het toekomstperspectief. Onderdelen van de rapportage worden afzonderlijk beoordeeld als goed (groen), matig ongunstig (oranje), zeer ongunstig (rood) of onbekend (grijs), wat leidt tot een eindoordeel op basis van het *one out all out-principe*. Voor wat betreft de methodiek voor de beoordeling van structuur en functie (inclusief typische soorten) geldt dat een gezamenlijk eindoordeel wordt opgesteld na combinatie van de afzonderlijke beoordelingen voor structuur en functie en die van typische soorten.

De rapportage in het kader van artikel 17 van de EU-Habitatrichtlijn maakt gebruik van een rapportage-format dat is goedgekeurd door vertegenwoordigers van de lidstaten. Doel hiervan is het standaardiseren en harmoniseren van de nationale bijdragen ten gunste van de aggregatie als één EU-rapport. Na afloop van elke rapportageperiode wordt een herziening van de formats en bijbehorende richtlijnen uitgevoerd door DG Milieu (DG Environment, 2017). In de richtlijnen t.b.v. de rapportage over de periode 2013-2018 werd, ten opzichte van de vorige versies, de methodiek van beoordeling van structuur en functie (S&F) verder doorontwikkeld. Doel hiervan was het kwantificeren van de oppervlakte habitatype met een goede, niet goede en onbekende S&F, alsmede het rapporteren van de trend in oppervlakte met goede S&F. Om aan een dergelijke S&F-beoordeling vorm te kunnen geven moet er sprake zijn van (i) een navolgbare (reproduceerbare) methode die (ii) zo veel mogelijk wordt gevoed met bestaande monitoringprogramma's, waarvan (iii) verwacht wordt dat die ook in de toekomst zullen voortduren (Janssen et al., 2020).

Bij de laatste artikel 17-rapportage van Nederland over de periode 2013-2018 (Janssen et al., 2020) was de S&F-beoordeling gemaakt voor de mariene habitattypen H1110 t/m H1170, zoals beschreven wordt in hoofdstuk 3. Wat betreft de habitattypen H1130, H1140 en H1160 was de S&F-beoordeling gebaseerd op 'expert judgement' bij gebrek aan een navolgbare (reproduceerbare) methode. Bij de S&F-beoordeling van de habitattypen H1110 en H1170 werd gebruikgemaakt van de data en methodiek van de Kaderrichtlijn Marien (KRM) met de toepassing van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI), zoals beschreven in Wijnhoven & Bos (2017). Op basis van de laatste rapportage (periode 2013-2018) pleitten Janssen et al. (2020) voor de ontwikkeling van een benthos-index voor alle mariene habitattypen (H1110 tot H1170), op basis van de BISI-benadering in afstemming met de KRM-methodiek (Wijnhoven & Bos, 2017; Wijnhoven, 2018; Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). Daarbij wijzen Janssen et al. (2020) ook op het belang van het integreren van de ruimtelijke gradiënten in die beoordeling door het gebruik van gegevens die zijn verzameld d.m.v. een ecotopengerichte monitoring.

## 1.2 Vraagstelling

De opdracht behelst de ontwikkeling van indicatoren en maatlatten voor structuur en functie (S&F) van mariene habitattypen zodat deze in de eerstvolgende Habitatrichtlijn-rapportage kunnen worden toegepast.

De hoofdvraag voor de studie is:

*Hoe kan de parameter 'structuur en functie' het beste beoordeeld (= gekwantificeerd/gescoord) worden in de Nederlandse mariene wateren?*

Om tot zo'n beoordeling te komen zullen relevante indicatoren en maatlatten (goed, matig, slecht) bepaald moeten worden voor de onderdelen (i) structuur, (ii) functioneren en (iii) typische soorten.

---

De hoofdvraag is opgesplitst in de volgende deelvragen:

1. Hoe kunnen we het best de parameter 'structuur en functie' beschrijven ten behoeve van de definitie van relevante indicatoren en maatlatten?
2. Hoe wordt 'structuur en functie' beschreven in de profielfdocumenten van de HR-habitattypen en past dit bij het antwoord op vraag 1?
3. Zijn er bestaande indicatoren en maatlatten in gebruik, zowel nationaal (zoals de BISI voor de KRM en indicatoren toegepast in onderzoeksprojecten), als internationaal (door beheerinstanties ingezet voor het kwantificeren van 'structuur & functie')?
4. Kunnen er criteria worden voorgesteld voor potentiële indicatoren van 'structuur en functie' voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren?
5. Welke monitoringgegevens (waarnemingen) zijn vereist voor een adequate beoordeling van de voorgestelde indicatoren van 'structuur en functie' voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren en zijn de huidige meetnetten afdoende voor dit doel?

## 1.3 Aanpak van de studie

Elke deelvraag is behandeld in een apart hoofdstuk.

### **Structuur en functie: van concept tot definitie**

Een precieze definitie van het concept van 'structuur en functie' is een vereiste voor de ontwikkeling en selectie van relevante indicatoren en maatlatten. Op basis van de definities van 'structuur en functie' zijn we op zoek gegaan naar een ecologisch verantwoorde interpretatie voor deze concepten met aandacht voor de uitvoerbaarheid van een beoordeling en de daarvoor benodigde waarnemingen.

### **Beschrijving van 'structuur en functie' in de profielfdocumenten van de HR-habitattypen**

De profielfdocumenten bieden een overzicht van kenmerken van structuur en functie voor elk habitattype. Als voorbereiding op de aanwijzing van geschikte indicatoren is een overzicht gemaakt van deze kenmerken. De habitat-specifieke kenmerken zijn vervolgens ingedeeld onder gezamenlijke noemers die passend zijn bij de benadering voor indicatoren voor S&F.

### **Bruikbaarheid van bestaande kwaliteitsindices voor de beoordeling van structuur en functie**

Op basis van de huidige definitie van structuur en functie is beoordeeld hoe een kwaliteitsindex, zoals de BISI gebruikt voor de KRM-beoordeling, ingezet zou kunnen worden als indicator voor structuur en functie. Er is onderzocht hoe ecologische kwaliteit benaderd wordt in overige onderzoeksprogramma's en hoe die beoordeling zich verhoudt tot een indicatie over structuur en functie. Er is tevens onderzocht hoe de beoordeling van structuur en functie door buitenlandse instanties wordt uitgevoerd.

### **Voorstel voor de aanwijzing van indicatoren van structuur en functie voor de habitattypen in de Nederlandse mariene wateren**

Op basis van de informatie die verzameld is in de vorige hoofdstukken is een algemeen beoordelingskader opgesteld dat is ingevuld met specifieke indicatoren voor elk habitattype. Daarbij is aandacht geschonken aan de uitvoerbaarheid van de informatiewinning voor elke indicator met inbegrip van mogelijke alternatieven.

### **Naar een S&F-monitoring voor de Nederlandse mariene habitattypen**

Er is onderzocht welke waarnemingen vereist zijn in elk van de habitattypen voor beoordeling op basis van indicatoren zoals beschreven is in de vorige hoofdstukken en hoe die vereisten zich verhouden tot de huidige Nederlandse meetnetten.



---

## 2 Structuur en functie: van concept tot definitie

### 2.1 Structuur en functie vanuit de Habitatrictlijn

De Habitatrictlijn (Richtlijn 92/43/EEG) van de Europese Raad (vervolg op de Bern-conventie van 1979) introduceert de concepten van 'structuur en functie' inzake de Staat van Instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna als volgt:

De 'Staat van Instandhouding' van een natuurlijke habitat wordt als 'gunstig' beschouwd wanneer:

- *het natuurlijke verspreidingsgebied van de habitat en de oppervlakte van die habitat binnen dat gebied stabiel zijn of toenemen, en*
- *de voor behoud op lange termijn **nodige specifieke structuur en functies** bestaan en in de afzienbare toekomst vermoedelijk zullen blijven bestaan, en*
- *de Staat van Instandhouding van de voor die habitat typische soorten gunstig is<sup>1</sup>.*

Helaas biedt de Habitatrictlijn geen operationele definitie (direct *in situ* bruikbaar) voor de Staat van Instandhouding en ook niet voor het concept van de '*nodige specifieke structuur en functies*' (Maciejewski et al., 2016).

Er zijn begeleidende documenten uitgebracht als hulpmiddel t.b.v. de nationale rapportage onder artikel 17 van de Habitatrictlijn (DG Environment, 2017). Deze bieden aanvullende informatie over de definities van structuur en functie waarmee een beter onderscheid kan worden gemaakt tussen de twee begrippen:

- **Structures** *are considered to be the physical components of a habitat type. These will often be formed by assemblages of species (both living and dead), e.g. trees and shrubs in a woodland, corals in some forms of reef, but can also include abiotic features, such as gravel used for spawning.*
- **Functions** *are the ecological processes occurring at a number of temporal and spatial scales and they vary greatly between habitat types. For example, tree regeneration and nutrient cycling are important functions in woodland habitats.*

Als aanvulling op die definities voor structuur en functie wordt ook de **ruimtelijke structuur** van het habitat aangekaart in DG Environment (2017) als een factor van belang voor het functioneren van het habitat en daardoor om mee te nemen in de beoordeling: "*Although the evaluation matrix does not mention fragmentation of habitat, this should not be having a negative impact on the functioning of population. As such, fragmentation should be considered when evaluating the quality of the habitat*". **Fragmentatie** (in de zin van ruimtelijke spreiding en versnippering in kleinere habitateenheden) is een belangrijke parameter van ruimtelijke structuur. Dus naast de vereiste van een minimale omvang voor de instandhouding van specifieke habitatfuncties, speelt ook de mate waarin het habitat is opgedeeld in niet direct aan elkaar grenzende kleinere eenheden een rol. Daarnaast speelt ook de **connectiviteit** tussen de habitateenheden een rol in het functioneren van het habitat in zijn geheel waar een vérgaande mate van fragmentatie deels gecompenseerd kan worden door een hoge connectiviteit tussen de afzonderlijke habitat-eenheden (Hodgson et al., 2011).

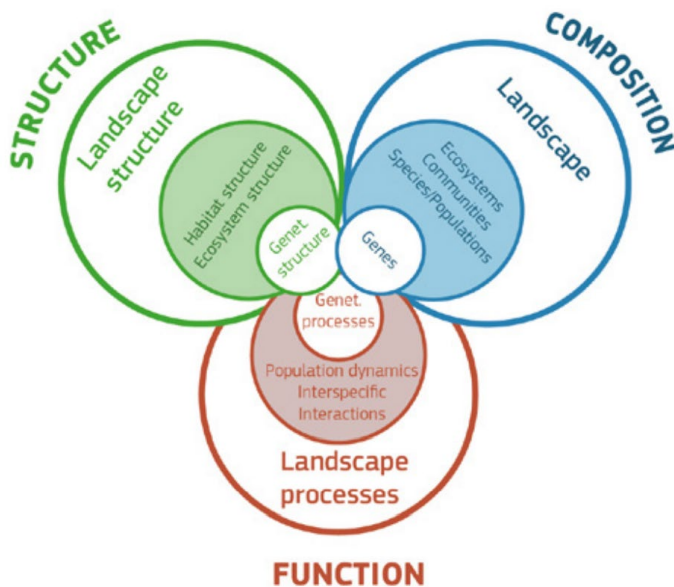
---

<sup>1</sup> De Staat van Instandhouding van een soort is gunstig wanneer uit gegevens uit populatiedynamiek blijkt dat de betrokken soort nog steeds een levensvatbare component is van de natuurlijke habitat waarin hij voorkomt, en dat vermoedelijk op lange termijn zal blijven, en het natuurlijke verspreidingsgebied van die soort niet kleiner wordt of binnen afzienbare tijd lijkt te zullen worden, en er een voldoende grote habitat bestaat en waarschijnlijk zal blijven bestaan om de populaties van die soort op lange termijn in stand te houden.

## 2.2 Gestructureerd raamwerk voor structuur en functie

In het kader van de Habitatrictlijn (§ 2.1) worden structuur en functie afgeleid van indicatoren die waargenomen zijn op uiteenlopende schalen van ruimte (microreliëf tot ecotoop) en van organisatie (individuele soorten tot gemeenschappen). Bij de S&F-beoordeling zal er, bij de integratie tussen de verschillende indicatoren, rekening moeten worden gehouden met de manier waarop die schalen aan elkaar verbonden zijn. Dit vraagt om een gestructureerd aanpak, zoals de hiërarchische benadering die wordt voorgesteld door Ysebaert & Herman (2004) voor de KRW-beoordeling in overgangswateren. Ysebaert & Herman (2004) stelden een conceptueel model voor dat een combinatie maakt van (i) functionele aspecten op de schaal van het hele waterlichaam, (ii) ruimtelijke organisatie van ecotopen of habitats binnen het waterlichaam, en (iii) biologische kwaliteitselementen binnen de ecotopen. In dezelfde richting adviseert Noss (1990) gebruik te maken van een hiërarchische benadering om de verschillende niveaus van diversiteit (van genus tot landschap) te kunnen integreren. Noss (1990) stelde voor om biodiversiteit te beschrijven op basis van drie componenten, te weten **compositie**, **structuur** en **functie**, hiërarchisch op verschillende organisatieniveaus: landschap, habitats/gemeenschappen/soorten en genetica (Figuur 1). Het raamwerk van Noss (1990) wordt gebruikt/toegepast in biodiversiteits-observatienetwerken, zoals Geobon (<https://geobon.org/>) en Europabon (<https://europabon.org/>).

Het gebruik van een dergelijk raamwerk zorgt voor een selectie van S&F-indicatoren die specifiek zijn voor de verschillende componenten compositie, structuur en functie. Binnen elk van deze componenten is er onderscheid te maken tussen verschillende niveaus van organisatie, te weten op het niveau van het landschap, het niveau van habitatstructuren, gemeenschappen en soorten en het niveau van uitwisseling van genen. Het organisatieniveau dat passend is voor de Europese Habitatrictlijn in de benadering van Noss (1990) is het middelste niveau.



**Figuur 1** Compositie, structuur en functie als componenten van biodiversiteit op drie organisatieniveaus: landschap, habitats/gemeenschappen/soorten en genetica in Schmidt & Van der Sluis (2021) op basis van Noss (1990). De drie gekleurde cirkels wijzen op het organisatieniveau dat centraal staat in de Europese Habitatrictlijn.

---

## 2.3 Kennisleemtes en het gebruik van typische soorten

Een directe beoordeling van het parameter 'structuur en functie' blijkt niet altijd makkelijk te zijn zoals aangekaart in diverse publicaties.

Dobben et al. (2007) overwegen om de lijsten van typische soorten te beschouwen als onderdeel van structuur en functie, omdat veel soorten afhankelijk zijn van dezelfde kwaliteitskenmerken die gebruikt worden bij de bepaling van structuur en functie.

Bijlsma & Janssen (2014) nemen waar hoe de concepten van 'structuur' en 'functie' met elkaar verweven kunnen zijn. Bijvoorbeeld biobouwers zoals mosselen en oesters, maar ook kokerwormen (bv. *Lanice conchilega* of *Sabellaria* spp.), zorgen voor een verandering in de bodemstructuur die bijdraagt aan de functie van de habitat als schuilplaats voor andere bodemdieren. Dergelijke verikkelingen tussen ruimtelijke structuur en functie blijven niet beperkt tot biogene processen. Fysieke krachten, zoals de hydrodynamica, vormen ook het zeebodemplandschap, met directe gevolgen voor habitatfuncties.

Maciejewski et al. (2016) benadrukken de moeilijkheid, zo niet onmogelijkheid, om directe metingen van functies *in situ* te realiseren. Dobben et al. (2008) en Maciejewski et al. (2016) pleiten zodoende voor indirecte waarnemingen *via* typische soorten.

In DG Environment (2017) wordt aangekaart dat waar directe waarnemingen van structuur makkelijker te maken zijn dan die van de daaraan gerelateerde functies, het mogelijk is om de functie indirect te beoordelen op basis van de aanwezigheid/dichtheid van de structuren en/of van de structuurvormende soorten.

Bij het gebruiken van het conceptuele schema van Noss (1990), zoals weergegeven in Figuur 1, zal rekening gehouden kunnen worden met de verbondenheid tussen bijvoorbeeld de aanwezigheid van bepaalde soorten, de totstandkoming van structuren en het waarborgen van functies. Ook wanneer de evaluatie van functies en/of het waarnemen van structuren niet realiseerbaar zijn, zullen de soorten die eraan bijdragen gebruikt kunnen worden als indicatoren voor de betreffende structuren en/of functies.

Eén van de aspecten voor een goede Staat van Instandhouding heeft betrekking op typische soorten. Het belangrijkste criterium voor de selectie ervan is dat typische soorten goede indicatoren vormen voor de gunstige Staat van Instandhouding van het habitattype, en gevoelig zijn voor veranderingen in de kwaliteit van het habitattype (zogenaamde 'early warning indicator species'). Daarnaast zijn nog andere criteria in gebruik om tot een selectie van soorten te komen (zie Troost et al., 2014). Lijsten van typische soorten worden mede opgesteld om de toestand en veranderingen in structuur en functie van de habitattypen te kunnen beoordelen op basis van de aanname dat hun aanwezigheid c.q. veranderingen daarin een afspiegeling zijn van de toestand en ontwikkeling van S&F van het habitat. Typische soorten worden onderscheiden in:

- exclusieve soorten (soorten waarvan de ecologische vereisten alleen voorkomen in het betreffende habitattype);
- karakteristieke soorten (soorten waarvan de ecologische vereisten vooral voorkomen in het betreffende habitattype);
- constant aanwezige soorten (die in elk gebied met het betreffende habitattype aanwezig zijn, maar niet tot het habitattype beperkt zijn).

Voor constant aanwezige soorten is bovendien aangegeven of de soort indicatief is voor specifieke kenmerken van het habitattype. Of de soort vooral indicatief is voor abiotische kenmerken of biotische kenmerken, of allebei, wordt aangegeven met de categorieën Ca (indicatief voor een goede abiotische toestand), Cb (indicatief voor een goede biotische toestand) of Cab (indicatief voor een goede abiotische en biotische toestand).

De neiging bestaat om soorten die gevoelig zijn voor menselijke verstoring te beschouwen als typische soorten, zodat effectief herstel als gevolg van beheermaatregelen herkend kan worden op basis van een toename in die indicatorsoorten. In principe is de mate van respons op verstoring de basis voor de soortselectie zoals gebruikt in de BISI (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). Er is echter een wezenlijk verschil tussen dergelijke indicatorsoorten en typische soorten ten behoeve van de Habitatrichtlijn. Er is namelijk geen eenduidige relatie tussen de gevoeligheid van soorten voor verstoringen en hun bijdrage aan biotische structuren/processen in een bepaald habitat (Díaz & Cabido, 2001, Lavorel & Garnier, 2002).

---

Daardoor zullen andere soorten gebruikt moeten worden voor het evalueren van 'structuur en functie' dan voor de kwaliteitsbeoordeling van het habitat (Beauchard, 2023). De inrichting van de BISI houdt hier al rekening mee door naast de algemene habitatkwaliteitsbeoordeling, specifieke beoordelingen gericht op specifieke verstoringen dan wel de mate van ecologisch functioneren te onderscheiden (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019; Wijnhoven, 2023). Hierbij wordt gebruik gemaakt van sub-selecties aan indicator- (dan wel typische-) soorten met beoordeling van specifieke indicatiewaarden (gewicht in de beoordelingsberekening) waarbij niet alle soorten voor alle beoordelingen relevant zijn.

IMARES heeft in 2014 de bestaande lijsten van typische soorten voor de habitattypen H1110, H1130, H1140, H1160 en H1170 herzien en een advies opgesteld voor een nieuwe lijst van typische soorten, die gebaseerd is op de voorwaarden vanuit de Habitatrichtlijn en overige beleidsdocumenten (Troost et al., 2014). De selectieprocedure van de typische soorten zoals beschreven is door Troost et al. (2014) houdt rekening met de ecologisch onderbouwde indicatorwaarde van die soorten voor de gunstige Staat van Instandhouding van het habitatype en hun gevoeligheid voor veranderingen in de kwaliteit van het habitatype als '*early warning indicator species*'. Randvoorwaarden voor het behoren tot typische soorten zoals gerapporteerd is in Troost et al. (2014) zijn afgeleid uit de beschrijving van de kenmerken van een goede structuur en functie volgens de profielfragmenten van de habitattypen zoals beschreven in Jak et al. (2009).

De soorten zoals die zijn voorgedragen door Troost et al. (2014) zijn op basis van bovenstaande criteria toegevoegd aan de lijst van typische soorten voor de betreffende habitattypen voor zover deze zijn geüpdatet. In de voorliggende rapportage is gebruikgemaakt van de laatste versies van de profielfragmenten (versies 2008, 2014 en 2016). Herzieningen die besproken worden tijdens het schrijven van de huidige rapportage, maar nog niet gepubliceerd zijn, blijven daardoor buiten beschouwing.

#### **Slotsom hoofdstuk 2**

'Structuur en functie' is één van de belangrijke onderdelen van de Staat van Instandhouding van natuurlijke habitattypen. Volgens de benadering van Noss (1990) worden compositie, structuur en functie beschouwd als componenten van biodiversiteit. Deze hiërarchische benadering zorgt voor een conceptuele structuur waarin ecologische descriptoren en processen beschouwd worden met betrekking tot hun onderlinge verbanden zoals waargenomen worden vanuit een ruimtelijk perspectief. De beschrijving van dit ruimtelijke perspectief vereist de inwinning van ruimtelijk dekkende waarnemingen over de samenstelling van ecotopen en levensgemeenschappen.

Wanneer monitoring van structuren en/of functies moeilijk uitvoerbaar is, kunnen ecologisch onderbouwde typische soorten gebruikt worden als proxy's voor de structuren en/of functies waaraan die verbonden zijn.

---

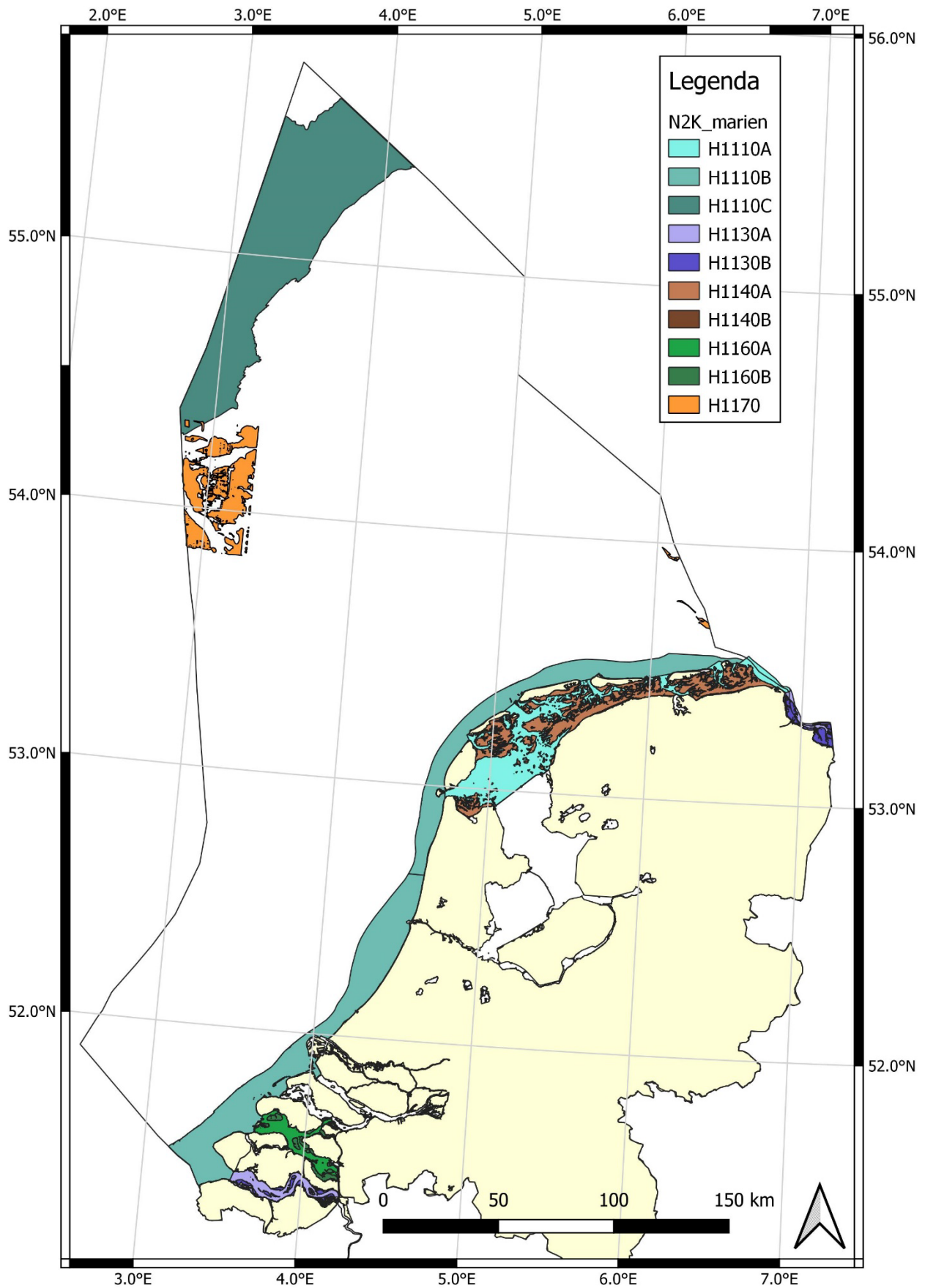
### 3 Beschrijving van structuur en functie in de N2000-profieldocumenten van de HR-habitattypen

In Nederland worden vijf mariene HR-habitattypen onderscheiden, te weten H1110, H1130, H1140, H1160 en H1170:

- H1110 – ‘Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken’: het gehele complex van mariene ecotopen, zoals permanent overstroomde zandbanken, tussenliggende laagten en geulen (die in beperkte mate dieper kunnen zijn dan 20 meter). Daarin is onderscheid gemaakt in drie sub-habitattypen: H1110A vooral onder invloed van getijwerking in Waddenzee en bij de Haringvlietmonding; H1110B vooral onder invloed van golfwerking in de Noordzee-kustzone; en H1110C, dieper dan 20 m te vinden in het Nederlandse deel van de Doggersbank.
- H1130 – ‘Estuaria’: de twee wateren Westerschelde en Eems-Dollard. Afwijkend van het profieldocument wordt soms onderscheid gemaakt in subtypen H1130A-*permanent overstroomd* en H1130B-*droogvallend*.
- H1140 – ‘Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten’: aangrenzend aan habitat H1110 vanaf de laagwaterlijn tot aan terrestrische habitattypen van kwelders, schorren en duinen met onderscheid tussen twee subtypen. H1140A: vooral laag-dynamische wadplaten in het Waddengebied; en H1140B op hoog-dynamische zandplaten, zoals op brandingsbanken en lage stranden in de Noordzeekustzone, Voordelta en zeegaten van de Waddenzee.
- H1160 – ‘Grote, ondiepe krekens en baaien’: beperkte invloed van zoet water, begrensd aan de oevers door de gemiddelde hoogwaterlijn en aan de zeezijde op basis van geomorfologische karakteristieken. De Oosterschelde is het enige gebied dat onder deze definitie valt. Afwijkend van het profieldocument wordt soms onderscheid gemaakt in subtypen H1160A-*permanent overstroomd* en H1160B-*droogvallend*.
- H1170 – ‘Riffen’: gekarakteriseerd door de aanwezigheid van stabiel hard substraat en van sessiele organismen die van dat harde substraat afhankelijk zijn. Hard substraat in de vorm van grote zwerfkeien die zich boven het sedimentoppervlak verheffen afgewisseld met grof sediment (op enkele locaties ook grind) en zand, zoals gevonden bij de Klaverbank.

Gebaseerd op de best beschikbare kennis is een kaart gemaakt van de ligging van mariene habitattypen in Nederland (Figuur 2).

Een beschrijving van de elementen voor structuur en functie is weergegeven in de habitatprofiel-documenten waarvan de volledige en bijgewerkte versies te vinden is op <https://www.natura2000.nl/beschermde-natuur/habitattypen>. Hieronder volgt een samenvatting van deze documenten om te gebruiken als kader voor de definitie van S&F-indicatoren.



**Figuur 2** Ligging van mariene habitattypen in Nederland.

---

### 3.1 H1110 (Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken)

Het gehele complex van mariene ecotopen zoals permanent overstroomde zandbanken, tussenliggende laagten en geulen (die in beperkte mate dieper kunnen zijn dan 20 meter), harde structuren zoals keileem of stenen, schelpenbanken en andere biogene structuren (structuren die opgebouwd zijn uit dode of levende organismen) samen met de waterkolom erboven wordt gerekend tot het habitatype H1110. Permanent overstroomde zandbanken zoals ook aanwezig zijn in estuaria (voor de Westerschelde is dat voorbij de lijn Vlissingen-Breskens) en grote baaien (Oosterschelde) worden gerekend tot respectievelijk de habitatypen estuaria (H1130) en grote baaien (H1160).

Binnen H1110 is onderscheid gemaakt tussen drie geomorfologische subtypen met een sterke geografische component die ook getypeerd zijn door specifieke levensgemeenschappen:

- H1110A *getijdengebied* - Ondiepe vlaktes (<5 m) en geulen (plaatselijk >20 m) onder sterke invloed van getijwerking met fijnzandige tot slikkige bodem als functie van de stroomsnelheden. Voornamelijk te vinden in de Waddenzee en in geringe mate bij de Haringvlietmonding. In aanvulling op voor deze gebieden typische zacht substraatsoorten zijn voor dit subtype ook soorten opgenomen die typisch zijn voor harde structuren van zowel geogene (zoals stenen, grind) als biogene oorsprong (zoals mosselbanken, mosselpercelen, schelpenbanken). Die structuren herbergen vaak een hogere biodiversiteit dan het omringende zachte substraat en dienen onder meer als typische hardsubstraatsoorten, zoals zeeanemonen, hydroidpoliepen en mosdiertjes.
- H1110B *Noordzee-kustzone* - Zandbanken en tussenliggende troggen tot -20 m onder sterke invloed van golfwerking. De bodem is in H1110B meestal grover dan bij subtype H1110A. Het gaat hier om het dominante habitat in de Noordzee-kustzone. Door de geografische ligging staat dit habitat onder invloed van de kustrivier met inbreng van nutriënten vanuit de grote rivieren en kustwaarts transport van detritus en slib.
- H1110C *Doggersbank* - Zandbanken die zich dieper dan 20 m uitstrekken, maar nog wel te beschouwen zijn als geografisch onderdeel van ondiepe banken en met de kenmerkende levensgemeenschappen die erbij horen. Dit subtype komt overeen met het Nederlands deel van de Doggersbank. De begrenzing van het gebied is bepaald op basis van een minimale hellingshoek, waardoor de zuidelijke rand ongeveer langs de 40 meter-dieptelijn ligt. Dezelfde diepte is ook gekozen als begrenzing voor de noordelijke rand. De sedimentsamenstelling varieert van fijn zand met vele schelpfragmenten op de ondiepe delen tot slibrijk zand op grotere diepten. De getijbewegingen blijven hier beperkt en slechts stormen kunnen leiden tot bodemberoering en sedimentopwerveling. Door de afstand tot de kust is de invloed van rivierwater te verwaarlozen, wat leidt tot lage concentraties aan zwevend stof en een hoog doorzicht met het doordringen van het licht tot aan de bodem als gevolg.

Kenmerkende aspecten voor goede structuur en functie zoals benoemd in het profieldocument voor het habitat H1110 zijn als volgt:

- Hoge productiviteit door geringe diepte en aanvoer van voedingsstoffen (subtypen A en B), of grote helderheid en aanwezigheid front (subtype C).
- Een natuurlijke opbouw van de levensgemeenschappen, gekenmerkt door de balans tussen kort- en langlevende soorten, afhankelijk van de van nature heersende abiotische omstandigheden en in hoogdynamische delen met een relatief hoge veerkracht.
- Aanwezigheid van biogene structuren als habitat voor de geassocieerde levensgemeenschappen en/of als voedsel voor overige bodemdieren, vissen en vogels. "Nederland kiest ervoor om de in de Europese definitie van habitatype riffen (H1170) genoemde biogene structuren niet als apart habitatype te beschouwen, maar deze structuren te rekenen tot habitatype H1110 (en H1140). Hiermee zijn biogene structuren een kenmerk voor structuur en functie van habitatype H1110A."
- De aanwezigheid van mosselbanken, in verschillende fasen van ontwikkeling, wordt als kenmerkend voor subtype H1110A beschouwd, waarbij een toename van oude mosselbanken, gezien hun ecologische waarde, wordt nagestreefd. Met de Japanse oester als structuurvormer wordt bij de beoordeling van de kenmerken van structuur en functie geen rekening gehouden, omdat, volgens het profieldocument, de Japanse oester een exoot is en naar verwachting de mossel in bepaalde mate verdringt.

- Mosselbanken zijn geen kenmerkend onderdeel van subtype H1110B, wel de aanwezigheid van hoge dichtheden *Spisula subtruncata* en *Ensis directus* m.b.t. hun belang als voedselbron voor vissen en vogels. Ook de aanwezigheid van schelpkokerwormvelden als structuurvormer en vanwege de verhoogde diversiteit aan geassocieerde soorten draagt bij aan de structuur en functie van habitat H1110B.
- De kinderkamer-/opgroefunctie voor juveniele vis wordt als kenmerkend voor de structuur en functie voor subtypen A en B beschouwd, voor subtype C is van belang dat het een leefgebied van de zandspiering betreft.

## 3.2 H1140 (Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten)

Aangrenzend aan habitat H1110 ligt habitat H1140 vanaf de gemiddeld laagwaterlijn (GLW) tot aan terrestrische habitattypen van kwelders, schorren en duinen. Typisch voor dit habitat is het mozaïek van ecotopen die naast elkaar liggen zoals hoge/lage, zandige/slibrijke platen met mosselbanken, kokkelbanken, zeegras- en ruppia-velden, doorkruist door een netwerk van geulen en prielen (fijnere vertakkingen) (vooral in subtype H1140A). Zoals bij habitat H1110 worden de voor Riffen (H1170) genoemde biogene structuren gerekend tot habitattype H1140 en zijn hiermee een kenmerk voor structuur en functie.

Er is onderscheid gemaakt tussen twee subtypes binnen habitat H1140:

- H1140A - Vooral laagdynamische wadplaten in het Waddengebied, van zandig bij het zeegat tot zeer slikkig richting de kustlijn. Hoge delen van platen en geulranden ondanks een verhoogde hydrodynamica behoren ook tot H1140 vanwege de directe aansluiting en vaak geleidelijke overgang met meer rustige delen. De voortdurende afwisseling van eb en vloed met bijbehorende duur en frequentie van het droogvallen, evenals de bodemsamenstelling, het gehalte aan voedingsstoffen en de waterkwaliteit zijn belangrijke sturende factoren voor de gemeenschappen in dit habitat.
- H1140B - Hoogdynamische zandplaten zoals op brandingsbanken en lage stranden in de Noordzeekustzone, in de Voordelta en zeegaten van de Waddenzee. Het sediment is daar grofkorrelig en de chronische natuurlijke bodemberoering door golfwerking zorgt voor een relatief lage soortenrijkdom en biomassa aan bodemdieren en vervolgens lagere draagkracht voor wadvogels.

In het profieldocument wordt benadrukt dat geen duidelijk criterium aan te wijzen is voor het al dan niet goed functioneren van habitattype H1140 als gevolg van vele gradaties van sedimentdynamiek en aanvoer van vers zeewater (oftewel het complexe mozaïek van de ecotopen binnen de habitat). In het document zijn wel de volgende kwaliteitskenmerken van de structuur en functie van het habitattype H1140 genoemd:

- De bodemfauna past bij de lokale hydrografische en morfologische omstandigheden. In rustige gebieden is de aanwezigheid van een biofilm van eencellige bodemalgen en (enige) aanwezigheid van macro-algen kenmerkend. Dat wil zeggen dat de macroalgen niet in zodanig dichte matten voorkomen dat ze specifieke ecotopen bedekken en verstikken.
- Verschillende structurerende biogene structuren zoals mosselbanken, schelpkokerwormvelden en zeegrasvelden. Nederland kiest er voor om de voor H1170 genoemde biogene structuren niet als apart habitattype te beschouwen, maar deze structuren, daar waar deze structuren zich binnen de begrenzingen van deze habitattypen bevinden, te rekenen tot de ecotopen binnen habitattype H1140 (en H1110A). Hiermee zijn biogene structuren zoals mosselbanken, een kenmerk voor structuur en functie van habitattype H1140A (en H1110A).
- Mosselbanken in diverse stadia van ontwikkeling vormen de belangrijkste (qua biomassa, structuur en ecologisch belang) structuurvormende elementen. Een range aan mosselbanken van verschillende leeftijden moet dan ook gezien worden als een belangrijk kwaliteitskenmerk. In de referentieperiode 1960-1990 kwam gemiddeld meer dan 4.000 ha mosselbanken voor.
- Belangrijke functie als kinderkamer/voedselgebied voor jonge vis bij hoogwater.
- Droogvallende platen bij laagwater zijn zeer aantrekkelijk als voedselgebied voor vogels, zoals zilvermeeuwen (mosselbroed), eiders en scholeksters (grote mosselen of kokkels) en de kanoetstrandloper (nonnetjes, jonge kokkels en mosselen). Zeegras vormt een belangrijke voedselbron voor eenden en ganzen.
- Droogvallende platen zijn essentieel als rustplaatsen en hebben een kraamkamerfunctie voor de zeehonden.



---

### 3.3 H1160 (Grote, ondiepe krek en baaien)

Grote baaien met beperkte invloed van zoetwater (in tegenstelling tot H1130 'Estuaria'), begrensd aan de oevers door de gemiddelde hoogwaterlijn of kwelderbegroeiing en aan de zeezijde op basis van geomorfologische karakteristieken. De Oosterschelde is het enige gebied dat onder deze definitie valt. Daar is het getij afgezwakt vergeleken met open getijdenwateren, waardoor het water doorgaans relatief helder is. Een belangrijk deel van structuur en functie voor dit habitat is in het document toegeschreven aan de habitatdiversiteit gevormd door een mozaïek van mariene ecotopen en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit. De aanwezigheid van zeegras (klein zeegras *Zostera noltii*) en ruppia-velden, mossel en kokkelbanken dragen ook bij aan de structuur en functie van dit habitatype.

Kenmerken van een goede structuur en functie zijn als volgt:

- aanwezigheid van getijstroming;
- aanwezigheid van natuurlijke geulenstelsels;
- afwisseling van zandige en slibrijke delen met overgangen;
- gevarieerde hoogteligging met droogvallende platen en permanent ondergelopen delen;
- afwisseling van hoogdynamische en laagdynamische delen;
- aanwezigheid van een goede waterkwaliteit (helderheid, zoutgehalte);
- aanwezigheid van zeegras- en ruppia-velden;
- aanwezigheid van soortenrijke mosselbanken;
- aanwezigheid van een algen of 'film'laag met diatomeeën en cyanobacteriën;
- compleetheid van levensgemeenschappen ten aanzien van de volgende aspecten:
  - biomassa, dichtheid en soortenrijkdom van bodemorganismen;
  - aantallen en soortenrijkdom van vissenfauna;
  - aantallen en soortenrijkdom van wadvogels;
  - aantallen en soortenrijkdom van zeezoogdieren;
  - aanwezigheid van kwelders in randzone (op landschapsschaal).

De massale ontwikkeling van de Japanse oester in de laatste 50 jaar heeft ervoor gezorgd dat deze exoot ondertussen een zeer algemene soort is in de Oosterschelde. Ervaren als overlast door de recreanten en een mogelijke concurrent om voedsel en ruimte voor andere schelpdieren, vormen de Japanse oesters wel biogene riffen die een habitat bieden voor veel soorten en bovendien een stabiliserende rol spelen voor het sediment.

De waterbouwkundige ingrepen waardoor de Oosterschelde van een estuarium in een baai veranderd werd, zorgen voor 'autonome' ontwikkelingen, waardoor verschillende aspecten van structuur en functie achteruitgaan, zoals de afname van langdurig droogvallende platen (zandhonger), achteruitgang in variatie aan ecotopen en de achteruitgang van zeegrassoorten door verminderde aanvoer van zoetwater.

### 3.4 H1130 (Estuaria)

Benedenstroomse delen van riviersystemen onder invloed van zeewater en getijwerking. De menging van rivierwater met zeewater zorgt voor een zoutgradiënt met onderscheid tussen een brak (zoutgehalte tussen 5 en 15 ppt) en marien deel (zoutgehalte tussen 15 en 35 ppt). Begrensd aan de oevers door de gemiddelde hoogwaterlijn.

De belangrijkste abiotische kenmerken van habitatype estuaria zijn natuurlijke water- en sedimentbewegingen, een grote troebelheid en afwezigheid van zuurstofloosheid. Structuur en functie van het habitat H1130 wordt wezenlijk bepaald door het mozaïek van habitatypen H1110 (permanent onderwater ondiep) en H1140 (bij eb droogvallend) en de verschillende structurerende elementen zoals schelpdierbanken, schelpkokerwormvelden en zeegrasvelden. Een hoge productiviteit gesteund door de geringe diepte en (zoetwater)toevoer aan nutriënten in combinatie met de aanwezigheid van lokaal lage dynamiek bevorderen de functie van kinderkamer en opgroeigebied voor vissen. De primaire productie wordt stroomopwaarts beperkt door de van nature grote troebelheid van een estuarium. Vanwege de open verbinding tussen de zee

en de rivier zijn estuaria belangrijk voor de migratie van zogenoemde diadrome vissoorten (trekvissen), die het estuarium gebruiken als onderdeel van de trekroute tussen paai- en opgroei gebied.

### 3.5 H1170 (Riffen van open zee)

Zoals eerder vermeld kiest Nederland er voor om de biogene structuren niet als apart habitattype te beschouwen, maar deze structuren te rekenen tot habitattype H1110 en H1140 daar waar deze structuren zich binnen de begrenzings van deze habitattypen bevinden. Geogene riffen echter - de harde structuren zoals gelegen in de open zee bij de Klaverbank - zijn wel als een apart habitattype met als Nederlandse benaming 'Riffen van open zee' aangemerkt. Het habitattype wordt gekenmerkt en daarmee geclassificeerd als H1170 door de aanwezigheid van rotsen, rotsblokken of stenen groter dan 64 mm (substraatgrootte) en de aanwezigheid van de sessiele organismen die van dat harde substraat afhankelijk zijn. Ook gebieden met grind of stenen met een afmeting van 8 tot 64 mm of schelpen, waar daadwerkelijk sessiele organismen op leven én die onderdeel uitmaken van een gebied met stenen die groter zijn dan 64 mm, worden gerekend tot dit habitattype. De aangroei van sessiele organismen zorgt voor het aan elkaar klitten van de geogene elementen en de ontwikkeling van de driedimensionale structuur met daarin de totstandkoming van nieuwe ecologische niches en een mogelijke toename van de biodiversiteit.

Kenmerken van een goede structuur en functie voor dit habitattype zijn een lage dynamiek in combinatie met een goede waterkwaliteit (verontreinigingen en nutriënten in concentraties die niet limiterend zijn voor de levensgemeenschappen) en de aanwezigheid van biotische structurerende elementen, zeer hoge biodiversiteit en een natuurlijke opbouw van de levensgemeenschappen.

De zeer beperkte dynamiek in combinatie met de diepte zorgt voor een heldere waterkolom, wat gunstig is voor de ontwikkeling van de kalkroodwieren *Lithothamnion sonderi* en *Phymatolithon* spp. die een belangrijke rol spelen in de consolidatie van de grindbodems. Hierdoor worden deze bodems minder gevoelig voor fysische verstoringen en hebben ze een faciliterend effect op de vestiging van sessiele organismen. Biotische structurerende elementen zoals de kokers van de driekantige kalkkokerworm *Pomatoceros triquetus* en van de gestekelde zandkokerworm *Sabellaria spinulosa* en de schelpen van de zadeloester *Pododesmus patelliformis* zorgen voor de ontwikkeling van de driedimensionale structuur van dit habitattype. Deze extra dimensie maakt de vestiging van nieuwe soorten, ook larvale of juveniele stadia van vissen, mogelijk en zorgt ermee voor een uitbreiding van de ecologische functie en de verdere toename van de biodiversiteit. De goede ontwikkeling van de levensgemeenschap in dit habitattype wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van bijvoorbeeld zeeanemonen, mosdiertjes en manteldieren.

#### Slotsom hoofdstuk 3

De profieldocumenten voor de mariene habitattypen beschrijven drie hoofdindicatoren voor de definitie van een goede structuur en functie, te weten ecotopenstructuren, biotische structuren en functies en biogene structuren. De realisatie van een goede structuur en functie is beperkt door de 'van nature heersende abiotische omstandigheden', zoals de hoge hydrodynamiek in H1110B en H1140B.

- Ecotopenstructuren - Het mozaïek aan ecotopen binnen elk habitattype vormt een wezenlijk aspect van de structuur en functie van de habitat. Een ecotoopgerichte monitoring vormt daarmee de basis voor een ecologische verantwoorde beoordeling.
- Biotische structuren en functies - Compleetheit van levensgemeenschappen, aanwezigheid van trofische niveaus, kinderkamer voor juveniele vis, etc. De functies van biotische structuren zijn hun interspecifieke faciliterende interacties (bv. mosselbanken die andere soorten faciliteren), hun voedselbron voor hogere trofische niveaus, en hun functies in stabilisatie bioturbatie/irrigatie van sediment en nutriëntencycli.
- Biogene structuren - Omvangrijke mosselbanken (in verschillende ontwikkelingsstadia) en zeegrasvelden zijn een belangrijk kwaliteitskenmerk voor H1140A. Deze zijn niet kenmerkend voor de subtypes H1110B en H1140B vanwege de heersende hydrodynamica. Wel kunnen ingegraven schelpdieren zoals *Ensis* en *Spisula* en de schelpkokerworm *Lanice conchilega* zodanig grote dichtheden bereiken in H1110B dat men van banken zou kunnen spreken.

De beoordeling van de parameter 'structuur en functie' zal ruimtelijk gestratificeerd moeten worden op het niveau van ecotopen en vervolgens geïntegreerd, rekening houdend met voorkomen/belang en omvang van de ruimtelijke eenheden (ecotopen/subhabitat/habitat/gebied).

---

## 4 Bruikbaarheid van bestaande kwaliteitsindices voor de beoordeling van structuur en functie

### 4.1 Het gebruik van de BISI voor de S&F-beoordeling

In Wijnhoven et al. (2013) wordt het fundament gelegd voor de BISI als "een set 'slimme' indicatoren (soorten of samengestelde indicatoren) ter evaluatie van de status van gebieden in het Nederlandse deel van de Noordzee". Bij de selectie van relevante indicatorsoorten werd gelet op 1) een grote aanwezigheid in de monitoringsprogramma's, zodat kwantitatieve waarnemingen van voorkomen in termen van frequentie en/of dichtheid mogelijk zijn en 2) de bruikbaarheid van soorten voor het volgen van veranderingen in zeebodemintegriteit, structuur en functie van de habitattypen aangewezen onder de geldende richtlijnen (HR, KRM). Er werden aan elke soort scores toegekend met betrekking tot de acht onderstaande criteria op basis van monitoringsgegevens (criteria s1 en s2) en een uitgebreide literatuurstudie met input van deskundigen (criteria s3-s8):

- s1. Trefkans van voorkomen [0-1] in MWTL (boxcorer-2010) en NIOZ (Hamon-2000/Schaaf-2000-2007) bemonstering.
- s2. Het karakteristiek zijn van de soort voor het gebied [0 = nee, 0.5 = matig karakteristiek, 1 = zeer karakteristiek] o.b.v. NIOZ schaaft atlas (Witbaard et al., 2013).
- s3. Gevoeligheid van de soort voor fysieke bodemverstoring [1 = zeer gevoelig, 0.5 = gevoelig, 0 = niet gevoelig].
- s4. Gevoeligheid voor andersoortige verstoring [0 = ongevoelig, 1 = gevoelig].
- s5. Belang van de soort voor structuur en functie van het ecosysteem [0-1] met score als gemiddelde van 1-Voedselbron [0,1], 2-Bioengineer [0,1] of 3.-Bioturbatie/irrigatie [0,1].
- s6. Lichaamsgrootte [0.25, 0.5, 0.75, 1].
- s7. Herstelvermogen van de soort op basis van aantal nakomelingen [0.1, 0.5, 1].
- s8. Maximale leeftijd van de soort [maximale leeftijd/10, Max=1].

Voor elke soort zijn de acht criteria s1 t/m s8 samengevoegd met behulp van een gewogen vergelijking tot de volgende indicatorwaarde:

$$\text{Indicator Value (IV)} = s1 * [2*s2+2*s3+0.25*s4 + s5 + 2*(s6*s7*s8)]$$

De keuzes voor de weegfactoren zijn in Wijnhoven et al. (2013) verantwoord op basis van de gevoeligheid van de criteria voor de ecologische kwaliteit en voor belangrijke drukfactoren in het kader van de KRM. De prevalentie van s1 in de vergelijking staat voor de belangrijkste eis aan een 'slimme indicator', te weten dat de soort überhaupt bemonsterd kan worden met de huidige bemonsteringsintensiteit.

De soorten met de hoogste indicatorwaarde (Indicator Value - IV), tezamen met een aantal soorten die zijn aangewezen door experts ten gunste van de taxonomische diversiteit vormen de lijst van de 'slimme indicatoren' voor elk habitatype ten behoeve van de KRM. Vervolgens leveren Wijnhoven & Bos (2017) de initiële beschrijving van de BISI (Benthische Indicator Soorten Index): "Met de BISI-indicator wordt het voorkomen (ruimtelijke trefkans) en/of dichtheden ( $n/m^2$ ) van een selectie indicatorsoorten op een bepaald moment met een referentietoestand vergeleken". Deze referentietoestand wordt beschreven in Wijnhoven & Bos (2017) als interne referentie en wordt gedefinieerd als een "gebiedspecifieke samengestelde realistische referentie met betrekking tot de abundantie van bodemdier indicatorsoorten die in de BISI methodiek wordt gebruikt om de toestand op een te evalueren moment mee te vergelijken". Voor de berekening van de verandering t.o.v. de referentietoestand is gebruik gemaakt van de ratio tussen de observatie en de

---

referentie (O/R). De referentiewaarde heeft per definitie de waarde 1, per indicatorsoort kan de referentiewaarde maximaal 100 keer worden overschreden (100) dan wel onderschreden (0,01).

Ten opzichte van Wijnhoven et al. (2013) breiden Wijnhoven & Bos (2017) de gebiedsspecifieke lijst van indicatorsoorten voor de evaluatie van de algemene kwaliteitstoestand uit met (mogelijk recentelijk verdwenen) soorten die onder goede kwaliteitsomstandigheden wel verondersteld worden talrijk aanwezig te zijn en bij voorkeur gevoelig zijn voor één kwaliteitsaspect (specifieke evaluatie) om inzicht te krijgen in specifieke kwaliteitsveranderingen. Echter, Wijnhoven & Bos (2017) merken op dat soortenlijsten ten behoeve van specifieke beoordelingen grote overeenkomsten vertonen (indicatorsoorten die gevoelig zijn voor een bepaalde verstoring reageren vaak ook op een andere verstoring).

In de Habitatrictlijnrapportage 2019 (Janssen et al., 2020) is de standaard BISI-indicator reeds gebruikt voor de beoordeling van de S&F van de Noordzee-habitattypen H1110 en H1170, waarbij de volgende grenswaarden<sup>2</sup> zijn gebruikt:

- 0- 0.5 = slecht;
- 0.5 - 0.8 = matig;
- >0.8 = goed.

Deze grenswaarden zijn nog arbitrair en moeten verder onderbouwd worden (Janssen et al., 2020). Ook in de technische nota over de generieke toepassing van BISI blijft Wijnhoven (2019) zeer voorzichtig over het aanwijzen van drempelwaarden voor de BISI-scores bij de beoordeling van de kwaliteit van benthische habitats: *"It is suggested to test, apply and fine-tune the methodology that in the end it is clear that a BISI-value of 1 indicates a good quality status. For the time being a value of 0.5 considering uncertainties taken for granted in the methodology could serve as a threshold value for a sufficient good quality status."* Bovendien is het belangrijk om criteria ten behoeve van de indicatorwaarde toe te kennen die kenmerkend zijn voor structuur en functie, zoals gebruikt in de art. 17 Habitatrictlijnrapportage.

#### 4.1.1 Berekening van de BISI

De BISI werd aanvankelijk berekend als een gemiddelde van de gewogen log-getransformeerde observatieratio's. Het gebruik van een geometrisch (i.p.v. aritmetisch) gemiddelde maakt de BISI minder gevoelig voor uitschieters met een betere benadering van een modale score.

$$BISI_{v1} = e^{\left(\frac{1}{S} \sum [IV_i \times 10 \log\left(\frac{O_i}{R_i}\right)]\right)}$$

waarbij:

S = het aantal indicatorsoorten in de evaluatie van het desbetreffende gebied en voor de specifieke beoordeling,

IV<sub>i</sub> = is de soortspecifieke indicatorwaarde (0 tot 1 voor elke specifieke beoordeling),

O<sub>i</sub> = waargenomen abundantie van soort i op het te evalueren tijdstip,

R<sub>i</sub> = referentie abundantie voor soort i (interne referentie).

De formule verschilt van een klassiek gewogen geometrisch gemiddelde  $\bar{x} = \exp[1/\sum(W_i) \cdot \sum(W_i \ln(x_i))]$  omdat niet de som van de gewichten ( $\sum(IV_i)$ ) wordt gebruikt als deler van de som van de O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub> ratio's, maar het aantal indicatorsoorten (S). Daardoor moeten de soorten met gewicht 0 uitgesloten worden om te voorkomen dat 'niet relevante soorten' nog (via S) een effect hebben op het resultaat. Ook na die handeling wordt, in de BISI, de weging zoals bedoeld in een gewogen geometrisch gemiddelde niet volledig toegepast.

In Wijnhoven (2019) veranderde de formulering van de BISI aanzienlijk t.o.v. die in Wijnhoven & Bos (2017) met een verandering in de logaritme van decimaal naar natuurlijke logaritme en met de vermenigvuldiging van de gewichten met de relatieve abundanties voorafgaand aan de logaritme transformatie:

---

<sup>2</sup> Value of the BISI score deviating between 0.01 and 100 as minimum and maximum values representing 100 times lower and 100 times higher than the internal reference occurrence (BISI = 1) of the indicator species (Wijnhoven, 2019).

$$BISI_{v2} = e^{\left(\frac{1}{S} \sum \left[ \ln \left( IV_i \times \frac{O_i}{R_i} \right) \right] \right)}$$

Deze verandering was bedoeld om verdere statistische verwerkingen van de index te vereenvoudigen (S. Wijnhoven, pers. comm.) maar zorgde ervoor dat de weging van de abundanties (waar het hier om gaat!) niet meer kan plaatsvinden (P. Herman, pers. comm.). Het gebrek aan interactie tussen de wegingsfactoren ( $IV_i$ ) en de relatieve abundantie ( $O_i/R_i$ ) is aangetoond met de ontleding van de  $BISI_{v2}$  formule hieronder:

$$BISI_{v2} = e^{\left(\frac{1}{S} \sum \left[ \ln \left( IV_i \times \frac{O_i}{R_i} \right) \right] \right)} = e^{\left(\frac{1}{S} \sum \left[ \ln(IV_i) \right] \right)} + e^{\left(\frac{1}{S} \sum \left[ \ln \left( \frac{O_i}{R_i} \right) \right] \right)}$$

Naar aanleiding van deze bevindingen is de BISI wederom aangepast in een  $BISI_{v3}$  (Wijnhoven, 2023).  $BISI_{v3}$  kent een aantal aanpassingen ten opzichte van eerdere versies omwille van de vergroting van de gevoeligheid en de mogelijkheden om specifieke kwaliteitsveranderingen waar te nemen zoals met elementen van structuur en functie. De aanpassing aan de BISI-formule betreft het plaatsen van  $IV_i$  buiten de ln-term. Hiermee komt de nadruk van de beoordeling meer op het vóórkomen van de beste (meest specifieke) indicatorsoorten te liggen. De formule van de BISI is nu:

$$BISI_{v3} = e^{\left(\frac{1}{S} \sum \left[ IV_i \times \ln \left( \frac{O_i}{R_i} \right) \right] \right)}$$

Waarbij bovendien  $IV_i = iv_i / iv_{avg}$  ( $iv_i$ , soortspecifieke indicatorwaarde en  $iv_{avg}$ , gemiddelde indicatorwaarde van alle geselecteerde indicatorsoorten), zodat de resultaten van verschillende specifieke beoordelingen en/of beoordelingen van verschillende gebieden vergelijkbaar blijven.

#### 4.1.2 Het gebruik van de BISI als indicator specifiek voor structuur en functie

In de BISI-benadering wordt de verandering in de soortensamenstelling waargenomen ten opzichte van een referentietoestand. Bij de berekening van de BISI-waarde worden de individuele soortenwaarnemingen gewogen met de indicatorwaarde van die soorten voor de evaluatieterm die beoordeeld moeten worden. Als de gekozen evaluatieterm representatief is voor een dimensie van structuur en/of functie, dan kan de BISI gebruikt worden als een indicator voor verandering in S&F. Belangrijk zijn dus de criteria (indicatoren) voor de selectie van indicatorsoorten. Deze criteria moeten relevant zijn voor kenmerken van S&F.

In Wijnhoven & Bos (2017) werden tien criteria gebruikt, te weten A. Verstoring zeebodem, B. Ecologische verstoring, C. Intensiteit van bodemverstoring visserij, D. Frequentie van bodemverstoring visserij, E. Herstel, F. Karakteristieke soorten, en verder ook parameters die relevant zijn voor de beschrijving van structuur en functie t.b.v. Natura 2000, beschreven door de volgende factoren:

- G. Structuur voedselweb. Soorten vormen belangrijke voedselbronnen voor hogere trofische niveaus (vissen, vogels en mariene zoogdieren), met drie niveaus (0, 0.5, 1).
- H. Habitatdiversiteit. Soorten die permanente tertiaire structuren creëren, die een specifieke niche voor verschillende andere soorten vormen, met drie niveaus (0, 0.5, 1).
- I. Biologisch activeren van de zeebodem (toplaag). Soorten verantwoordelijk voor bioturbatie en bioirrigatie en die daarmee een belangrijke rol spelen in het ecologisch functioneren van het systeem (o.a. hergebruik van nutriënten, afbraak van verontreinigingen, geschikt maken van de bodem voor andere soorten), met twee niveaus (0, 1).

Ook werd een specifieke beoordeling van de Typische soorten van de Habitatrichtlijn (J) toegevoegd (twee niveaus: 0, 1) voor de soorten zoals geïdentificeerd in de profieldocumenten. Voor deze soorten wordt "aangenomen dat ze van belang zijn voor biotische en/of abiotische processen, en/of karakteristiek of exclusief zijn voor een specifiek habitat type (H1110 & H1170)" (Wijnhoven & Bos, 2017).

In Wijnhoven & Van Avesaath (2019) werden wijzigingen gemaakt en kenmerken per soort beschouwd die vooral betrekking hebben op gevoeligheid voor drukfactoren en niet zozeer op structuur en functie.

- 
- a. (F) Is het een karakteristieke soort? Karakteristieke soorten zijn onder goede kwaliteitsomstandigheden algemeen of abundant in het desbetreffende ecotoop, terwijl ze weinig abundant of afwezig zijn in de meeste andere ecotopen.
  - b. Is de soort indicatief voor een gespecificeerde dominante drukfactor in het systeem? Per te beoordelen gebied worden de mogelijk dominante drukfactoren geselecteerd, waarbij de volgende factoren voor de Nederlandse mariene systemen in overweging worden genomen, maar de lijst kan worden uitgebreid voor andere regio's:
    - (A) Fysieke verstoring van de zeebodem;
    - (B) Ecologische verstoring (verzamelterm voor effecten van nutriënten, verontreinigingen, zuurstofproblematiek en temperatuurverhoging);
    - (K) Toename hydrodynamiek;
    - (L) Toename slibgehalte;
    - (M) Toename overstromingsduur;
    - (N) Zeebodemdaling;
    - (O) Indirecte gevolgen van zandwinning en –suppletie (eerder doelend op effecten van vertroebeling van de waterkolom dan een directe impact).
  - c. Heeft de soort specifieke kenmerken ('traits') met mogelijke relevantie in relatie tot verstoring en herstel?
    - (C) Soort kan groot worden;
    - (D) Soort kan oud worden;
    - (E) Soort heeft frequent (veel) nakomelingen.

Het is mogelijk om een S&F-specifieke versie van de BISI (BISI<sub>S&F</sub>) te berekenen waarmee veranderingen in de omvang van de populaties die bijdragen aan de structuur en/of functie van het ecosysteem samengevat kunnen worden in één indicatorwaarde. Het gaat hier dan om de indirecte metingen van structuur en functie zoals genoemd in hoofdstuk 2 waarvoor indicatorsoorten gebruikt kunnen worden als proxy's voor de (soms moeilijk waar te nemen) structuren en/of functies waaraan die verbonden zijn. Daarbij is het van belang om tot een goede set indicatorsoorten te komen die relevant zijn voor kenmerken van S&F.

Omwillen van de specifieke S&F-beoordeling kunnen soorten worden toegevoegd aan de initiële lijst van soorten gebruikt bij de beoordeling van de algemene kwaliteitstoestand. Bij de selectie worden sommige soorten buiten beschouwing gelaten omdat de beschikbare monitoringsgegevens niet voldoende representatief worden geacht voor die soorten door suboptimale bemonsteringstechniek (bv. zeldzame of sterke geclusterde soorten).

## 4.2 Gebruik van structuur en functie in overige onderzoeksprogramma's

Informatie over de manier waarop structuur en functie worden toegepast in overige onderzoeksprogramma's kan helpen bij het configureren van het huidige beoordelingskader. Hieronder volgen een aantal voorbeelden.

### 4.2.1 Doeluitwerking Klaverbank (Didderen et al., 2019)

Bij de doeluitwerking voor de Klaverbank (H1170) ten behoeve van de definitie van de instandhoudingsdoelstellingen voor dit gebied hebben Didderen et al. (2019) de indicatoren voor de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' overgenomen van het profielformaat H1170 ([H1170 - Riffen | Natura 2000](#)): "Kenmerkende soorten voor structuur en functie zijn dus soorten die gebonden zijn aan, en vastgehecht zitten op, een natuurlijke stabiele harde ondergrond (stenen of grind groter dan 8 mm)". In het profielformaat zijn de volgende soorten genoemd als kenmerkend voor de structuur en functie van dit habitat: de dodemansduim *Alcyonium digitatum*, de kokerwormen *Pomatoceros triqueter* en *Sabellaria spinulosa* en de zadeloester *Pododesmus patelliformis*. Didderen et al. (2019) beoordeelden vervolgens de kwaliteit van het gebied als matig ongunstig. Deze beoordeling is ook in zijn geheel overgenomen van het profielformaat ([H1170 - Riffen | Natura 2000](#)). Daar werd geconcludeerd dat herhaaldelijke verstoring van de geogene structuren door bodemvisserij (vastgesteld o.b.v. sidescan sonaropnamen) zorgen voor een

---

wezenlijke verslechtering van de structuur en functie van het habitat (matig ongunstig) ten opzichte van een natuurlijke situatie.

#### 4.2.2 Beoordeling kwaliteitstoestand NCP op basis van de BISI (Wijnhoven, 2018)

In de T0-beoordeling kwaliteitstoestand voor gebieden op het Nederlands Continentaal Plat t.b.v. de KRM-monitoring heeft Wijnhoven (2018) een trendanalyse uitgevoerd voor de Klaverbank uit op basis van monitoringsdata beschikbaar voor de jaren 2002 (Hamon-happer inventarisatie en video-opnames), 2011/2012 (NIOZ video-opnames) en 2015 (KRM-monitoring). Voor deze evaluatie van de kwaliteitstoestand van de zeebodem op de Klaverbank werd gebruik gemaakt van het voorkomen van 30 indicatorsoorten. Het gaat hier onder andere om voor visserijdruk gevoelige soorten, waaronder een aantal soorten ook aangewezen in het profieldocument H1170 als kenmerkend voor structuur en functie, zoals *Alcyonium digitatum*, *Sabellaria spinulosa* en *Pododesmus patelliformis*. In de lijst van soorten in Wijnhoven (2018) die benadeeld zijn door excessieve bodemberoering staan de langlevende soorten gewone artemisschelp *Dosinia exoleta* en de noordkromp *Arctica islandica*. Die soorten zijn overigens ook genoemd in het profieldocument H1170 als kenmerkend voor de natuurlijke populatieopbouw van de gemeenschap.

#### 4.2.3 Monitoring biogene structuren in OWF (WOZEP project team, 2016)

In het kader van het WOZEP-monitoringprogramma 2017-2021 (WOZEP project team, 2016) werd gezocht (multibeam en video-opname) naar de aanwezigheid van biogene structuren zoals oesterbanken, *Lanice* velden, *Sabellaria* riffen en palingbrood *Einhornia* sp. Biogene structuren zijn een kwaliteitselement voor S&F. De ontwikkeling van deze structuren, vermoedelijk bevorderd door een vermindering van de bodemberoering als gevolg van het stopzetten van de visserijactiviteit binnen de windparken, zou een positief effect kunnen hebben op de natuurwaarde van deze gebieden (WOZEP project team, 2016).

#### 4.2.4 Waarnemingen van biogene riffen in de Waddenzee (Van Beek et al., 2021)

Als streefbeeld voor de onderwaternatuur in de Waddenzee in het kader van het "Programma naar een Rijke Waddenzee" noemen Van Beek et al. (2021) o.a. een toename in het areaal van natuurlijk hard substraat door rif-vormende schelpdieren en wormen (*Lanice* en *Sabellaria*). Dergelijke ontwikkeling wordt beschouwd als een verrijking van de ecologische processen en de weerbaarheid ervan. Volgens Van Beek et al. (2021) zouden ook belangrijke 'biobouwers' zoals zeegras en platte oesters, ondanks hun huidige (grotendeelse) afwezigheid in het systeem, meegenomen moeten worden als doelsoorten van de Wet Natuurbescherming. Het niet meenemen van zeldzame of verdwenen soorten in de lijst van typische soorten werd eerder aangekaart in Troost et al. (2014) als een gebrek aan vermogen om verbeteringen in de kwaliteit van de habitattypen vast te kunnen stellen. Dit is ook de bedoeling van Wijnhoven & Bos (2017) met de uitbreiding van de gebiedspecifieke lijst van indicatorsoorten met mogelijk recentelijk verdwenen soorten. Wij voegen hier aan toe, dat het niet meenemen van de verdwenen biogene rifstructuren van *Sabellaria spinulosa* in de profieldocumenten voor H1110 en H1140 ook een gebrek is in de beschrijving van de goede kwaliteits-toestand voor S&F van de betreffende habitattypen en er toe kan leiden dat een werkelijk goede kwaliteit van de habitattypen niet wordt gehaald wanneer die structuren ontbreken in het streefbeeld of de referentie.

#### 4.2.5 Lessons learned

Behoudens een gering aantal directe opnamen van structuren (multibeam en video-opname), staan waarnemingen van structuurvormende soorten centraal voor de beoordeling van de ecologische toestand. Hiervoor wordt meestal gebruik gemaakt van soorten die gevoelig zijn voor menselijke verstoring. Zoals eerder is aangekaart (hoofdstuk 2.3), bestaat er geen eenduidige relatie tussen de gevoeligheid van soorten voor verstoring (response traits) en hun bijdrage aan biotische structuren/processen (effect traits) in een bepaald habitat (Beauchard, 2023). Voor een specifieke beoordeling van structuur en functie op basis van indicatorsoorten dient daarom kritisch te worden gekeken naar soorten die indicatief zijn voor structuur en functie.

---

## 4.3 Beoordeling van S&F door buurlanden in de Atlantische regio

Rekening houdend met het feit dat alle (voormalige) Europese lidstaten zich hebben gecommitteerd aan de invulling van de HR-artikel 17 rapportage is het relevant hoe de beoordeling van S&F in andere lidstaten benaderd wordt. Helaas zijn we beperkt in staat geweest om informatie te vinden over de werkwijze in andere landen binnen de randvoorwaarden van deze studie. Er was beperkt tijd en daarom is er online naar informatie gezocht die slecht vindbaar en toegankelijk bleek te zijn. De slechte toegankelijkheid van documentatie m.b.t. de gebruikte methodologie door de lidstaten bij de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' blijkt niet beperkt te zijn tot de mariene habitattypen, zoals bevestigd wordt door de internet query uitgevoerd door Ellwanger et al. (2018) op de rapportages en achtergronddocumenten (vooral terrestrisch) van vijftien lidstaten. De auteurs concluderen: "*However, the internet search of publicly accessible documents did not yield sufficiently precise information on the assessment methodology used for the parameter 'structure and functions' for any of the selected Member States.*".

Delbosc et al. (2021) rapporteren ook dat de evaluatie van de instandhoudingsstatus van de mariene habitattypen in de verschillende lidstaten, door gebrek aan gegevens, veelal gebaseerd is op expert judgement en dat de toegang tot specifieke evaluaties vaak zeer beperkt is waar slechts de geïntegreerde evaluaties gepubliceerd worden.

### 4.3.1 Verenigd Koninkrijk

In de Annex D voor habitattypen 1110, 1140 en 1170 van de Habitatrictlijnrapportage 2019 zoals opgesteld voor het Verenigd Koninkrijk (<https://jncc.gov.uk/article17>) wordt de methode die gebruikt is voor de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' enkel beschreven als "*Based mainly on extrapolation from a limited amount of data*" (1110 en 1170) of "*Based mainly on expert opinion with very limited data*" (1140). Een aanvullend document over de gebruikte methodologie (JNCC, 2019) voor die rapportage refereert naar de 'Common Standards Monitoring (CSM) methodology' (<https://jncc.gov.uk/our-work/common-standards-monitoringguidance/>), waarin helaas niets concreets te vinden is over de huidige benadering voor de evaluatie van de 'conditie' van mariene habitattypen.

### 4.3.2 Frankrijk

Op de internetpagina van de INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel) waar o.a. de rapportage (versie 2019) en documentatie m.b.t. artikel 17 van de Habitats Directive te vinden zijn (<https://inpn.mnhn.fr/programme/rapportage-directives-nature/presentation>) staat ook een beschrijving van de benadering ten behoeve van de evaluatie van de mate van instandhouding (Principe de l'évaluation de l'état de conservation). Daarbij staat de mate van instandhouding voor de typische soorten ("État de conservation des espèces typiques") haaks op de nieuwe richtlijnen voor de invulling van artikel 17 waar S&F én typische soorten afzonderlijk van elkaar dienen te worden gerapporteerd.

In Maciejewski et al. (2016) is duidelijk gemaakt dat de evaluatie van de SvI gebruik kan maken van een lijst van indicatorsoorten, die geselecteerd zijn op basis van functionele kenmerken (traits) en niet op een lijst van typische soorten zonder uitgesproken ecologische kenmerken in relatie tot de S&F-parameter. Deze benadering komt goed overeen met de aangepaste invulling van artikel 17 waar de evaluatie van het behoudsstatus van een habitat onafhankelijk is gemaakt van het behoudsstatus m.b.t. de lijst van typische soorten.



---

#### **Slotsom hoofdstuk 4**

De BISI heeft zich bewezen voor Noordzee HR-habitattypen H1110 en H1170 als een robuuste indicator en is gebaseerd op analyse van een uitgebreide (ruimtelijk dekkende) set aan monitoringsdata in combinatie met een lijst van indicatorsoorten opgesteld op basis van een uitgebreide literatuurstudie en de raadpleging van diverse deskundigen.

Naast de gevoeligheid van soorten voor externe factoren (vooral bodemberoering) integreert de BISI ook S&F-indicatoren, zoals voor de functie in het voedselweb, vorming van habitatstructuren en de functie in bioturbatie en bioirrigatie. Een lijst van S&F-indicatorsoorten en -criteria zal zorgen voor een verbeterde identificatie van de (ook wellicht nog afwezige) soorten die bijdragen aan de biotische structuren/processen. Naast de monitoring van die soorten zullen zoveel mogelijk directe metingen van de omvang van de biogene structuren kunnen plaatsvinden.

In overige studies naar een beoordeling van de ecologische toestand staan waarnemingen van structuurvormende soorten centraal en vaak zonder nadere uitwerking in een indicatorsysteem.

De gebruikte methodologie door de lidstaten bij de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' blijkt slecht toegankelijk te zijn en het lijkt erop dat de evaluatie van de instandhoudingsstatus van de mariene habitattypen, door gebrek aan gegevens, veelal gebaseerd is op expert judgement.

---

# 5 Voorstel voor indicatoren van structuur en functie voor de habitattypen in de Nederlandse mariene wateren

## 5.1 Hoofdindicatoren van S&F uit de profieldocumenten

In de profieldocumenten voor de mariene habitattypen (<https://www.natura2000.nl/beschermde-natuur/habitattypen>) worden verschillende indicatoren benoemd voor structuur en functie die ondergebracht kunnen worden onder drie hoofdindicatoren: 'ecotopenstructuur', 'biogene structuren' en 'biotische structuren en functies'.

1. **Ecotopenstructuur** - Het mozaïek aan ecotopen binnen elk habitatype vormt een wezenlijk aspect van de structuur en functie van de habitat. De abiotische **structuur** en gradiënten daarin bepalen de geschiktheid van leefgebieden voor gemeenschappen en soorten en voor hun **functie** als rustplaats, schuilplaats, foerageergebied, broedbiotoop, ruibiotoop, kraamkamer, kinderkamer en/of vestigings-substraat. Bijvoorbeeld, binnen subtypes H1110A, H1110B en H1140A komen gebieden voor met een belangrijke functie als kinderkamer/voedselgebied voor jonge vis. Binnen subtype H1140A zijn er daarboven belangrijke foerageergebieden voor vogels en de droogvallende platen zijn essentieel als rustplaatsen en kraamkamerfunctie voor zeehonden.
2. **Biogene structuren** - Aanwezigheid van biogene structuren als habitat voor geassocieerde levensgemeenschappen en/of als voedsel voor overige bodemdieren, vissen en vogels is een belangrijk onderdeel van structuur en functie binnen habitats/ecotopen zoals vermeld in de profieldocumenten. Omvangrijke mosselbanken (in verschillende ontwikkelingsstadia) en zeegrasvelden zijn een belangrijk kwaliteitskenmerk voor H1110A en H1140A. Ingegraven schelpdierbanken van *Ensis* en *Spisula* zijn van belang als voedselbron voor vissen en vogels in H1110B.
3. **Biotische structuren en functies** - Biomassa in relatie met de voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus; diversiteit/compleetheid van levensgemeenschappen m.b.t. soortenrijkdom, levensduur en aanwezigheid van verschillende trofische niveaus zoals microfytobenthos, zeegrassen, bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren worden genoemd in de profieldocumenten. De **functies** van zowel biotische als biogene structuren zijn hun interspecifieke faciliterende interacties (bv. mosselbanken die andere soorten faciliteren), hun voedselbron voor hogere trofische niveaus, en hun functies in stabilisatie/bioturbatie/irrigatie van sediment en nutriëntencycli.

## 5.2 Gestructureerde aanpak voor de selectie van S&F-indicatoren

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 zorgt het onderscheid in compositie, structuur en functie (Noss, 1990) voor een gestructureerde aanpak waarin ecologische descriptoren en processen beschouwd kunnen worden met betrekking tot hun onderlinge verbanden, waargenomen vanuit een ruimtelijk perspectief. Noss (1990) stelde voor om drie organisatieniveaus te onderscheiden binnen elk onderdeel compositie, structuur en functie: landschap, gemeenschap/soortenpopulatie en genetica.

Anders dan in Noss (1990) nemen we niet het organisatieniveau van genetica mee voor de selectie van de S&F-indicatoren. Op het niveau van landschap maken we een onderverdeling in habitats en ecotopen als kleinste landschappelijke eenheden (Tabel 1).

**Tabel 1** Invulling van de onderdelen 'compositie', 'structuur' en 'functie' op de verschillende niveaus van waarneming voor de selectie van S&F-indicatoren.

Niveau	Compositie (samenstelling)	Structuur (fysieke/ecologische)	Functie (ecologisch)
Habitat	Ecotopen	Omvang Verwevenheid van ecotopen-structuren	Landschapsprocessen Leefomgeving voor soorten Populatiedynamiek
Ecotoop	Waterdiepte, droogvalduur, zoutgehalte, stroomsnelheid, golfdynamiek, substraattypen	<b>Ecotopenstructuur:</b> abiotische structuren en gradiënten	Rustplaats, schuilplaats, foerageergebied, broedbiotoop, kraamkamer, kinderkamer, vestigingssubstraat
Gemeenschap/soorten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Typische soorten</li> <li>• Soorten indicatief voor structuur en functie</li> </ul>	<b>Biotische structuur:</b> diversiteit (taxonomisch, trofisch, levensduur), leeftijdsopbouw  <b>Biogene structuren</b>	Interspecifieke faciliterende interacties Voedselbron voor hogere trofische niveaus Stabilisatie/bioturbatie/irrigatie

### 5.3 Het gebruik van ecotopen voor S&F-indicatoren

In de profieldocumenten (<https://www.natura2000.nl/beschermde-natuur/habitattypen>) is een ecotoop gedefinieerd als volgt: "een geografische, landschappelijke eenheid die binnen bepaalde grenzen homogeen is wat betreft de belangrijkste hydraulische, morfologische en fysisch-chemische omgevingsfactoren die relevant zijn voor de er voorkomende planten- en diersoorten."

Verschillende combinaties van omgevingsfactoren (ecotopen) binnen elk habitat(subtype) controleren dus mogelijk de aanwezigheid van soorten en de er mee verbonden elementen van structuur en functie. Het onderscheid van ecotopen binnen de habitatsubtypes is daardoor een belangrijke voorwaarde voor een robuuste waarneming van S&F-indicatoren.

De profieldocumenten voor H1110, H1130, H1140 en H1160 wijzen ook naar de aanwezigheid van een mozaïek van 'ecotopen' als een belangrijk aspect van structuur en functie. De afwisseling van en de functionele samenhang tussen de ecotopen vormen een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitattypen. Een indicator voor S&F kan daardoor bestaan uit de samenstelling aan ecotopen per Natura 2000-gebied of -deelgebied en met name de trends in deze ecotopensamenstelling.

Het Zoute wateren Ecotopen Stelsel (ZES.1) zoals gedefinieerd in Bouma et al. (2005) zorgt voor een onderscheid in landschappelijke eenheden die bepalend zijn voor het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen (Van Donk & Baptist, 2021). In ZES.1 worden de eenheden gedefinieerd door opdelingen in waterdiepte, droogvalduur, zoutgehalte, stroomsnelheid, golfdynamiek en substraattypen. Dit ecotopenstelsel wordt gebruikt bij de ecotoopgerichte monitoring (MWTL) voor de Westerschelde en de Oosterschelde sinds 2009 conform de gestratificeerde benadering<sup>3</sup> zoals voorgesteld door Ysebaert & Herman (2004).

Voor de Westerschelde bijvoorbeeld wordt elk jaar een nieuwe ecotopenkaart gemaakt waarbij de veranderende samenstelling aan ecotopen uitdrukking geeft aan veranderingen in leefgebieden voor soorten. Zo werd in de Westerschelde waargenomen dat het areaal laagdynamische slikkige platen afnam als gevolg van de vaargeulverdiepingen, terwijl dit een zeer belangrijk ecotoop is als foerageergebied voor vogels. In de Oosterschelde neemt het plaatareaal af als gevolg van zandhonger door de aanleg van de stormvloedkering. Ook voor het begrijpen van toekomstige ontwikkeling als gevolg van zeespiegelstijging is het gebruik van ecotopen zeer nuttig. In de westelijke Waddenzee zullen de zandplaten, op termijn, eerder verdrinken dan in de oostelijke Waddenzee. Ecotopen geven op deze manier dus uitdrukking aan wijzigingen in de habitatcomplexiteit en habitatfuncties.

Daarnaast kan de ruimtelijke verdeling aan ecotopen gebruikt worden om fragmentatie en connectiviteit te kwantificeren. Helaas bestaan er nog geen richtlijnen of handvatten over de gewenste toestand met betrekking tot (het ontbreken van) fragmentatie voor mariene habitattypen.

<sup>3</sup> Een gestratificeerde benadering houdt in dat het te onderzoeken gebied wordt onderverdeeld in subgebieden waarbinnen bemonsterd wordt.

---

Op basis van deze observaties en conform de gestructureerde benadering zoals aanbevolen door Noss (1990) en beschreven in hoofdstuk 2.2 is het aan te bevelen om bij de beoordeling voor de instandhouding van structuur en functie rekening te houden met de aanwezigheid van ecotopen binnen de habitattypes. De beoordeling van de parameter structuur en functie zal ruimtelijk gestratificeerd moeten worden op basis van ecotopen. De manier waarop de ruimtelijke integratie van ecotoop naar habitatsubtype plaats gaat vinden zou rekening kunnen houden met de zeldzaamheid/het belang van de verschillende ecotopen binnen elk habitat subtype/gebied.

## 5.4 Het gebruik van biogene structuren als indicator voor structuur en functie

De aanwezigheid van biogene structuren wordt in de profieldocumenten gezien als kenmerk voor een goede structuur en functie van habitattypen: *"Dit zijn structuren die opgebouwd zijn uit dode of levende organismen, zich topografisch onderscheiden van de omringende zeebodem en een leefomgeving vormen voor andere organismen (bijvoorbeeld mosselbanken)."*

### H1110

In het profieldocument worden plaatselijk voorkomende harde structuren, zowel van geogene (zoals stenen, grind) als van biogene oorsprong (zoals mosselbanken, mosselpercelen, schelpenbanken), beschouwd als onderdeel van subtype H1110A: *"Kenmerkende biogene structuren zijn schelpdierbanken van soorten als mossel *Mytilus edulis*, Japanse oester *Crassostrea gigas* (beide een driedimensionale bank vormend), mesheften *Ensis sp.*, strandschelpen *Spisula sp.*, kokkel *Cerastoderma edule* en nonnetje *Macoma balthica*."*

De aanwezigheid van lokaal hoge dichtheden van schelpdieren ('schelpdierbanken') en schelpkokerwormen ('schelpkokerwormvelden') is kenmerkend voor habitatype H1110B. Schelpdieren (zoals *Spisula subtruncata* en *Ensis directus*) kunnen in dermate hoge dichtheden voorkomen, dat van banken gesproken wordt. Platte oesters, die ooit voorkwamen op ongeveer 20% van de Nederlandse Noordzeebodem werden, na bijna een eeuw onder de radar, weer gevonden in 2016 aan de Noordzeekant van de Brouwersdam in de vorm van een 40 ha grote oesterbank (Kamermans et al., 2023). Ondertussen heeft Nederland onder de KRM de terugkeer en het herstel van biogene banken, waaronder platte oesterbanken opgenomen als milieudoel (Min. I&W en Min. LNV, 2018). Volgens de motie Futselaar van 8 december 2020 zouden bestaande en toekomstige platte oesterriffen een beschermde status moeten krijgen als typische soort voor habitatype 1110 en 1140, en als biogene structuur in habitatype 1170 (Kamerstuk 33 450 nr. 89, 2020). Echter, omdat de huidige officieel vastgestelde profieldocumenten kaderstellend zijn voor de beoordeling van de Staat van Instandhouding wordt platte oester niet meegewogen.

Voor het subtype H1110C zijn geen biogene structuren genoemd in het profieldocument.

- Mosselbanken in diverse stadia van ontwikkeling, mosselzaad, halfwasmosselen en oude mosselen (ouder dan twee winters) zijn een kenmerkend onderdeel van subtype H1110A. Een minimaal benodigd oppervlak is niet gedefinieerd.
- Met de Japanse oester als structuurvormer in H1110A wordt bij de beoordeling van de kenmerken van structuur en functie geen rekening gehouden, omdat de Japanse oester een exoot is en naar verwachting de mossel in bepaalde mate verdringt.
- De in de internationale Waddenzee verdwenen riffen van gestekelde zandkokerworm *Sabellaria spinulosa* worden niet genoemd, maar maken wel deel uit van de in H1170 genoemde typische soorten voor riffen. Hun terugkeer zou kunnen wijzen op herstel van verloren gegane biogene rifstructuren.

### H1140

In het profieldocument (<https://www.natura2000.nl/beschermde-natuur/habitattypen>) is het volgende te vinden m.b.t. biogene structuren: *"Op droogvallende wadplaten komen biogene structuren voor die als rif geclassificeerd kunnen worden. De manual definieert habitatype 'Riffen' (H1170) als volgt: Harde, compacte substraten op stevige of zachte bodems, welke zich verheffen van de zeebodem in het sublitoraal en litoraal. Het gaat hierbij om rotsen en keien als ook om biogene structuren. Biogene structuren zijn harde bodems van biogene oorsprong, zoals mosselbanken, ontstaan uit dode of levende dieren; dus biogene harde bodems"*

---

die een habitat vormen voor epibiotische soorten.” De biogene structuren die expliciet worden genoemd in het profieldocument van H1140 zijn mosselbanken. Ook verschillende andere structurerende elementen van de getijdenplaten als schelpkokerworm-, zeegras- en ruppia-velden worden als kenmerkende onderdelen van de structuur en functie van het habitatype beschouwd. Herkenbare structuren worden ook gevormd door kokkelbanken. Dikwijls omdat daarop goed zichtbare macroalgen groeien die soms ook weer fungeren als aanhechting van mosselbroed.

- De belangrijkste (qua biomassa, structuur en ecologisch belang) structuurvormende elementen zijn de mosselbanken. Voor mosselbanken zijn meetbare indicatoren te geven. Het gaat om de aanwezigheid van diverse stadia van ontwikkeling, te weten mosselzaad, halfwasmosselen en oude mosselen (ouder dan twee winters) over een oppervlakte van meer dan 4.000 ha (referentieperiode 1960-1990).
- De aanwezigheid van zeegrasvelden en ruppia-velden kenmerkteen goede structuur en functie. Er is geen minimaal oppervlakte met bedekkingspercentages gedefinieerd in het profieldocument.
- De aanwezigheid van schelpkokerwormvelden en kokkelbanken kenmerkt een goede structuur en functie. Er is geen minimaal oppervlakte met minimale dichtheden gedefinieerd in het profieldocument.

### **H1130**

Nederland kiest er voor om de in de Europese definitie van habitatype H1170 riffen genoemde biogene structuren niet als apart habitatype te beschouwen, maar deze structuren te beschouwen als kenmerkend onderdeel van de structuur en functie van het habitatype H1110 en H1140. Deze beide habitatypen komen in mozaïek voor in habitatype H1130. Daarmee zijn binnen habitatype H1130 voorkomende biogene structuren een kenmerk voor de structuur en functie van habitatype H1130. Verschillende structuurvormende elementen als schelpdierbanken, schelpkokerwormbanken, zeegras- en ruppia-velden worden als kenmerkende onderdelen van de goede biotische structuur en functie van habitatype H1130 beschouwd. Zulke specifieke structuren zijn weer leefgebieden voor verschillende andere soorten en zijn vaak hotspots van hoge biodiversiteit en productie. Geen minimale vereisten aan oppervlakte, dichtheid of bedekkingspercentages zijn gedefinieerd in het profieldocument.

### **H1160**

Voor de biogene structuren van het habitatype 'Riffen' (H1170) heeft Nederland ervoor gekozen om deze te beschouwen als een kenmerk voor structuur en functie van habitatype H1110 en H1140 (daar waar deze structuren zich binnen de begrenzingen van deze habitatypen bevinden). Daarmee maken ze ook deel uit van 'Grote baaien' (H1160). Aanwezigheid van zeegras- en ruppia-velden en aanwezigheid van soortenrijke mosselbanken worden gezien als kenmerken voor een goede structuur en functie. Geen minimale vereisten aan oppervlakte, dichtheid of bedekkingspercentages zijn gedefinieerd in het profieldocument.

### **H1170**

Tot het habitatype H1170 behoren volgens de Europese definitie ook riffen van biogene oorsprong. Nederland kiest er voor om de biogene structuren niet als apart habitatype te beschouwen, maar deze structuren te rekenen tot habitatype H1110 en H1140 daar waar deze structuren zich binnen de begrenzingen van deze habitatypen bevinden. Hiermee zijn biogene structuren een kenmerk voor structuur en functie van habitatype H1110 en H1140. Deze afbakening stemt overeen met de handelwijze bij habitatypen H1110, H1130, H1140 en H1160. In de toekomst kunnen biogene rifstructuren wel onderdeel worden van de definitie (Motie Futselaar, Kamerstuk 33 450 nr. 89, 2020.). Kenmerken van een goede structuur en functie van H1170 zijn biotische structurerende elementen. De op de bodem aanwezige kalkroodwieren vormen onder laagdynamische en gunstige lichtomstandigheden een korst op de (grind)bodem. Hierdoor wordt deze fractie minder gevoelig voor natuurlijke verstoring door waterbeweging (golven en stroming) en ontstaat bovendien de mogelijkheid voor de vestiging van sessiele organismen. Ook de kokers van de wormen driekantige kalkkokerworm *Pomatoceros triqueter* en *Sabellaria spinulosa* en de schelpen van de zadeloester *Pododesmus patelliformis* geven een extra dimensie aan de structuur en textuur van het substraat. Geen minimale vereisten aan oppervlakte, dichtheid of bedekkingspercentages zijn gedefinieerd in het profieldocument.

### **Discussie**

In de profieldocumenten voor H1110 en H1140 is geëxpliceerd dat Nederland er voor kiest om de voor H1170 genoemde biogene structuren niet als apart habitatype te beschouwen, maar deze structuren, daar waar deze structuren zich binnen de begrenzingen van deze habitatypen bevinden, te rekenen tot de

---

ecotopen binnen habitattypen H1110 en H1140. Hiermee zijn biogene structuren zoals mosselbanken, een (kwaliteits)kenmerk voor structuur en functie van habitattypen H1110A en H1140A. De aanwezigheid van mosselbanken bij Voorne (Goudswaard et al., 2012) en van platte-oesterbanken bij de Brouwersdam (Kamermans et al., 2023) zouden het meenemen van deze biogene structuren als kenmerkende elementen voor S&F van H1110B kunnen rechtvaardigen. *Sabellaria*-riffen worden niet expliciet genoemd in de profiel-documenten voor H1110 en H1140. Dat is min of meer terecht aangezien er momenteel geen *Sabellaria*-riffen aanwezig zijn in de Noordzeekustzone en Waddenzee. In de vorige eeuw kwamen riffen van *Sabellaria* echter wel op uitgebreide schaal voor in de Duitse Waddenzee, waarvoor vooral bewijs is uit Duitse literatuur. In de Nederlandse Waddenzee worden soms levende individuen gevonden in het sublitoraal (een levend individu gevonden in 2008 in het Marsdiep, een levend individu gevonden in 2019 in de Vlie, en nog een individu gevonden in 2023 in het Marsdiep), waarschijnlijk afkomstig uit larventransport uit de offshore Noordzee. Op grond van het historisch voorkomen in de Waddenzee is er potentie voor herintroductie van biogene structuren in de vorm van *Sabellaria*-riffen. De vraag is of biogene rifstructuren van *Sabellaria spinulosa* zoals beschreven in H1170 een kenmerk zijn voor structuur en functie van H1110A en H1140A zoals in beide profiel-documenten beschreven.

## 5.5 Het gebruik van de BISI op het niveau van ecotopen als indicator voor biotische structuur en functie

### 5.5.1 Eerdere BISI-toepassingen

Aanvankelijk werden de Natura 2000/KRM-gebieden Doggersbank, Centrale Oestergronden, Friese Front, Klaverbank, Bruine Bank, Noordzeekustzone, Voordelta en Vlake van de Raan behandeld in Wijnhoven & Bos (2017) met behulp van de gebiedsgerichte BISI<sub>v1</sub>-methodiek (zonder onderscheid van onderliggende ecotopen). Wijnhoven & Bos (2017) pasten ook de BISI<sub>v1</sub>-methodiek toe op het niveau van habitatsubtypen H1110B (Noordzeekustzone), H1110C (Doggersbank) en H1170 (riffen) en op het niveau van een zestal EUNIS sublitorale brede habitattypen.

Wijnhoven (2019) introduceert de BISI<sub>v2</sub>-methodiek met als majeure aanpassing t.o.v. BISI<sub>v1</sub> (naast de wat ongelukkige formule-aanpassingen beschreven in paragraaf 4.1.1) het berekenen van de indicator op het niveau van ecotopen. Dit betekent dat de referentie gebruikt voor de berekening van BISI<sub>v2</sub> voor een te beoordelen gebied wordt samengesteld op basis van de onderliggende ecotopen met eigen indicatorsoorten-samenstelling.

In Wijnhoven & Van Avesaath (2019) wordt de BISI<sub>v2</sub> methodiek toegepast voor het afleiden van de 'Overige kenmerken van een goede structuur en functie' voor een aantal Nederlandse mariene habitat(sub)typen van de Habitatrichtlijn. De integratie van de resultaten (verkregen op het niveau van de ecotopen) op de schaal van een habitat vindt vervolgens plaats met een weging voor de ruimtelijke oppervlakte-verdeling tussen de ecotopen binnen het habitat (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). De kwaliteitsbeoordeling in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) is gericht op de habitat(sub)typen van de Deltawateren (H1160 grote baaien en H1130 estuaria), de Waddenzee (H1110A permanent overstroomde gebieden, H1140A intergetijdgebieden) en delen van de kustzone van de Noordzee (H1140B intergetijdgebieden). De gebieden en habitat(sub)typen H1170, H1110B en H1110C eerder behandeld in Wijnhoven en Bos (2017) met behulp van de BISI<sub>v1</sub>-methodiek (zonder onderscheid van ecotopen) blijven buiten beschouwing in de analyse van Wijnhoven & Van Avesaath (2019).

### 5.5.2 Verdere ontwikkelingen voor de ecotopengerichte toepassing van de BISI

De BISI<sub>v2</sub>-methodiek die is doorontwikkeld tot BISI<sub>v3</sub> kan in principe op vergelijkbare wijze voor de bovengenoemde habitat(sub)typen worden ingericht voor de beoordeling van structuur en functie voor de nog ontbrekende habitattypen H1170, H1110B en H1110C mits ecotopengerichte informatie er aan toegevoegd wordt. Kant-en-klare ecotopeninformatie is beschikbaar uit de (EU MSFD) brede habitatclassificering volgens EUSeaMap2021:

- H1110C (Doggersbank): het onderscheid van de noordwestelijk én zuidoostelijk gerichte helling als een brede habitatindeling t.g.v. de ecotoopgerichte aanpak zou moeten volstaan.

- H1170: de brede habitatkartering geeft enkel de matrix waarin harde elementen aanwezig zijn weer. Die informatie in combinatie met de inventarisaties van stenen-concentraties en de sediment typering in grind, grof en fijn sediment zou voldoende informatie moeten afleveren voor de afleiding van een bruikbare ecotopenkaart.
- H1110B: de huidige brede habitatindeling gaat niet ver genoeg om voldoende onderscheid in ecotopen te verkrijgen. Een analyse van de diepteprofielen (ondieptes/hellingen/geulen) in combinatie met een typering op basis van de hydrodynamica en sedimenteigenschappen zou de basis kunnen bieden voor het onderscheiden van ecotopen.

Vooral met betrekking tot H1110B is een grote inspanning nodig met betrekking tot ecotopenkartering. Aangezien de ingrepen in de Noordzee met gevolgen voor de habitat(sub)types (HR) en hun ecotopen-samenstelling zoals strekdammen, dijken en suppleties ter vastlegging en versterking van de kustlijn relatief beperkt en kleinschalig zijn, is de verwachting dat de huidige ecotopenverdeling niet substantieel zal afwijken t.o.v. van de referentiesituatie beschouwd als representatief voor een goede toestand.

Er van uitgaande dat de ecotopenverdeling vrij constant is, wordt verwacht dat de toepassing van de huidige BISI<sub>v3</sub>, na een opwaardering op het gebied van structuur en functie (op basis van S&F-soorten), op het niveau van de Habitatrichtlijngebieden, een resultaat oplevert dat zeer vergelijkbaar is met de beoogde BISI<sub>S&F</sub> (met integratie op het niveau van ecotopen).

We stellen voor om voorlopig gebruik te maken van een op het niveau van gebieden ingerichte BISI<sub>S&F</sub> totdat geschikte ecotopenkaarten opgesteld zijn voor de afleiding van een operationele BISI<sub>S&F</sub>. De BISI<sub>S&F</sub> zal gebruikt kunnen worden voor de trendbeoordeling van soorten geselecteerd als 'S&F'-soorten voor elk ecootop binnen het habitat (Compositie x Gemeenschap in Tabel 1). Totdat directe waarnemingen van S&F-elementen beschikbaar zullen zijn, zal de BISI<sub>S&F</sub> gebruikt kunnen worden als indicator (proxy) voor structuur en functie.

### 5.5.3 Voorstel voor indicatorsoorten voor een BISI<sub>S&F</sub>

Zoals eerder gemeld, is het belangrijk om criteria voor de selectie van indicatorsoorten te gebruiken die relevant zijn voor kenmerken van S&F. De bodemdiersoorten die gebruikt zijn voor de BISI-berekeningen in Wijnhoven & Bos (2017) zijn slechts gedeeltelijk gekozen op basis van relevante kenmerken voor S&F. De indicatorsoorten gebruikt in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) zijn vooral geselecteerd op basis van hun gevoeligheid voor anthropogene drukfactoren, namelijk de bodemberoerende visserij. Wel werd, in beide studies, aangegeven of en welke soorten in welke mate indicatief zijn voor bepaalde aspecten van ecologisch functioneren.

Ons voorstel is om de lijst van typische soorten in Troost et al. (2014) te gebruiken als basis voor de huidige selectie van S&F-soorten. De soortselectie in Troost et al. (2014) was bedoeld als een herziening voor de lijsten van typische soorten voor de habitattypen H1110, H1130, H1140, H1160 en H1170. Voor die soorten gaven Troost et al. (2014) aan in welke mate hun aanwezigheid c.q. veranderingen een afspiegeling was van een goede structuur en functie.

Hieronder volgen de ecologische randvoorwaarden voor de verschillende habitattypes zoals gebruikt in Troost et al. (2014) bij de selectie van de typische soorten. De randvoorwaarden die te maken hebben met de structuur en functie van de habitattypen om beoordeeld te worden m.b.v. de BISI op basis van bodemdier-soorten zijn vet afgedrukt.

#### **H1110**

- De soort moet gebonden zijn aan zandige substraten ondieper dan 20 meter diep (subtype C: 40 meter), of de waterkolom daarboven.
- De soort is bestand tegen dynamische omstandigheden (mobiele en/of relatief kortlevende, minder voor bodemberoering gevoelige soorten).
- De soort is relatief langlevend, gevoelig voor bodemberoering met lange hersteltijd vanwege de lokaal lage dynamiek van het sediment (en dus gevoelig voor – extreme - verstoring van het sediment).
- **De soort vormt biogene structuren die in het habitatype voorkomen (schelpdierbanken, kokerwormvelden).**
- De soort is gebonden aan biogene structuren die in het habitatype voorkomen.
- De soort is een vis die het habitatype gebruikt om daar op te groeien.
- **De soort fungeert als voedselbron (stapelvoedsel) voor vogels.**

---

### H1130

- Vissoorten die opgroeien in H1130.
- Diadrome vissoorten waarvoor H1130 onderdeel van de migratieroute is.
- **Soorten die een belangrijke voedselbron zijn voor vogels.**
- **Soorten die biogene structuren vormen (schelpdierbanken).**
- Soorten die geassocieerd zijn met biogene structuren.
- Soorten die vooral foerageren op microfytobenthos (zoals kiezelwieren).
- Soorten die tolerant zijn voor schommelingen in saliniteit.

### H1140

- Soorten die als voedselbron (stapelvoedsel) dienen voor vogels.
- Soorten die biogene structuren vormen (deze soorten zijn ook gevoelig voor frequente bodemverstoring).
- Soorten die geassocieerd zijn met biogene structuren.
- Vissoorten die binnen het habitatype opgroeien.
- De soort vormt een schakel tussen de bodem en het water (benthisch-pelagische koppeling) door deeltjes uit het zeewater te filteren en excreta te deponeren op en/of in de bodem.

### H1160

- Soorten die biogene structuren vormen.
- Soorten die geassocieerd zijn met biogene structuren.
- Soorten die als voedsel voor vogels dienen.
- Soorten die foerageren op microfytobenthos.

### H1170

- Associatie met hard substraat.
- Relatief lang levende soorten.
- Gevoelig voor bodemberoering.
- **Zelf structuur vormend.**

Bij de huidige selectie van soorten voor gebruik met de BISI-benadering (beperkt tot bodemdiersoorten) komen hoofdzakelijk de volgende twee ecologische randvoorwaarden voor structuur en functie naar voren: biogene structuurvormende soort en prooi-soort voor hogere trofische niveaus. Voor wat betreft de prooi-soorten beperken Troost et al. (2014) zich tot de prooien voor vogels. Hier worden ook de prooien voor vissen aan toegevoegd.

De lijst van indicatorsoorten voor structuur en functie uit Troost et al. (2014) is verder aangevuld op basis van soorten die gekoppeld zijn aan S&F-kenmerken in het kader van de BISI-berekeningen in Wijnhoven & Bos (2017) voor HR-habitat(sub)typen H1110B, H1110C, H1170 en Wijnhoven & Avesaath (2019) voor HR-habitat(sub)typen H1160, H1130, H1110a, H1140a en H1140b.

Waar Troost et al. (2014) de bijdrage van de soorten aan de nutriëntenstromen typeren als voedselbron voor vogels en de benthisch-pelagisch koppeling, maken Wijnhoven & Bos (2017) geen onderscheid en beschrijven de rol van die soorten als 'Foodweb importance', waarmee overigens wel degelijk de rol als prooidier voor zowel vogels als vissen wordt bedoeld. Daarnaast zijn vanuit de studies van Wijnhoven & Bos (2017) en Wijnhoven & Avesaath (2019) ook de soorten die een belangrijke rol spelen in de 'Activering van de sediment-toplaag' (soorten belangrijk voor bioturbatie of bioirrigatie) in de lijst van de S&F-soorten opgenomen.

De resulterende lijsten van indicatorsoorten voor elk habitat-subtype zijn weergegeven in onderstaande tabellen.



**Tabel 2** Indicatorsoorten op basis van drie kenmerken van structuur en functie (structuurvormende soort, belangrijke rol in voedselweb, activering sediment-toplaag) in habitat 1170 ('Riffen van open zee') zoals geselecteerd in Troost et al. (2014): "✓" en Wijnhoven & Bos (2017): "x".

Habitat-subtype	Soort	Structuurvormende soort	Belangrijke rol in voedselweb	Activering sediment-toplaag ***
H1170	<i>Alcyonium digitatum</i>	✓		
	<i>Spirobranchus triqueter</i>	✓ x		
	<i>Sabellaria spinulosa</i>	✓ x	x	
	<i>Corallinaceae*</i>	✓		
	<i>Aonides paucibranchiata</i>		x	
	<i>Cerianthus lloydii</i>	x		
	<i>Chone duneri</i>			x
	<i>Goniadella bobrezkii</i>		x	
	<i>Liocarcinus</i> spp.		x	
	Porifera	x		
	<i>Protodorvillea kefersteini</i>		x	
	<i>Spiophanes kroyeri</i>	x		
	<i>Terebellides</i> spp.**	x		
	<i>Upogebia deltaura</i>	x		x
	<i>Urothoe marina</i>		x	

\* In de praktijk kunnen *Lithothamnion sonderi* en *Phymatolithon* spp. niet worden onderscheiden op basis van video-waarneming (de methodiek die wordt gebruikt om korstvormende kalkroodwieren te monitoren op de Klaverbank), zodat hier het familie-niveau *Corallinaceae* wordt aangehouden.

\*\* In de praktijk zijn *Terebellides*-soorten moeilijk uit elkaar te houden en in het verleden ook niet altijd onderscheiden, zodat hier het genus-niveau wordt aangehouden.

\*\*\* Voor een betrouwbare specifieke BISIS&F-beoordeling zijn naar verwachting ten minste vijf indicatorsoorten nodig (hetgeen hier niet wordt gehaald). Activering van de sediment-toplaag is minder relevant in het geval van hard substraat waar het hier voornamelijk om gaat, zodat in het geval van H1170 de functie 'activering sediment-toplaag' wellicht beter buiten beschouwing kan worden gelaten.

**Tabel 3** Indicatorsoorten op basis van drie kenmerken van structuur en functie (structuurvormende soort, belangrijke rol in voedselweb, activering sediment-toplaag) in subtypes A, B en C van habitat H1110 ('Permanent met zeewater van geringe diepte overstroomde zandbanken'), zoals geselecteerd in Troost et al. (2014): "✓", Wijnhoven & Bos (2017) voor H1110B, H1110C en Wijnhoven & Avesaath (2019) voor H1110A: "x", hier toegevoegd vanwege gekend belang als structuurvormende soorten ten behoeve van H1110C; "t".

Habitat-subtype	Soort	Structuurvormende soort	Belangrijke rol in voedselweb	Activering sediment-toplaag	
H1110A	<i>Metridium senile</i>	✓			
	<i>Lanice conchilega</i>	✓ x	x	x	
	<i>Cerastoderma edule</i>	✓ x	✓ x	x	
	<i>Macoma balthica</i>	✓	✓ x	x	
	<i>Mya arenaria</i>	✓	✓ x	x	
	<i>Mytilus edulis</i>	✓ x	✓ x		
	<i>Alitta virens</i>			x	
	<i>Carcinus maenas</i>		x	x	
	<i>Echinocardium cordatum</i>		x	x	
	<i>Liocarcinus holsatus</i>		x		
	<i>Nephtys hombergii</i>		x	x	
	<i>Pygospio elegans</i>	x	x	x	
	<i>Scoloplos armiger</i>			x	
	<i>Spio martinensis</i>	x		x	
	H1110B	<i>Lanice conchilega</i>	✓ x	x	x
		<i>Spiophanes bombyx</i>	✓		x
<i>Abra alba</i>		✓	✓ x	x	
<i>Fabulina fabula</i>		✓	✓		
<i>Donax vittatus</i>		✓	✓ x		
<i>Macoma balthica</i>		✓	✓ x		
<i>Spisula subtruncata</i>		✓	✓ x	x	
<i>Bathyporeia elegans</i>			x	x	
<i>Echinocardium cordatum</i>			x	x	
<i>Euspira pulchella</i>			x		
<i>Liocarcinus holsatus</i>			x		
<i>Magelona spp</i>			x	x	
<i>Ophiura ophiura</i>			x		
<i>Owenia fusiformis</i>		x	x	x	
<i>Pontocrates altamarinus</i>			x		
<i>Urothoe poseidonis</i>			x		
H1110C	<i>Acrocrida brachiata</i>		x	x	
	<i>Bathyporeia elegans</i>		x	x	
	<i>B. guilliamsoniana</i>		x	x	
	<i>Corystes cassivelaunus</i>		x	x	
	<i>Ensis ensis</i>		x		
	<i>Ensis siliqua</i>		x		
	<i>Euspira puchella</i>		x		
	<i>Goniada maculata</i>		x		
	<i>Lanice conchilega</i>	x	x	x	
	<i>Liocarcinus holsatus</i>		x		
	<i>Magelona spp</i>		x	x	
	<i>Ophiura ophiura</i>		x		
	<i>Owenia fusiformis</i>	x	x	x	
	<i>Spiophanes bombyx</i>	t		x	
	<i>Urothoe poseidonis</i>		x		
	<i>Alcyonium digitatum</i>	t			
<i>Astropecten irregularis</i>	t				

**Tabel 4** Indicatorsoorten op basis van drie kenmerken van structuur en functie (structuurvormende soort, belangrijke rol in voedselweb, activering sediment-toplaag) in habitat 1140 zoals geselecteerd in Troost et al. (2014): "✓" en Wijnhoven & Avesaath (2019): "x", hier toegevoegd vanwege gekend belang als structuurvormende soorten ten behoeve van H1140B; "t".

Habitat-subtype	Soort	Structuurvormende soort	Belangrijke rol in voedselweb	Activering sediment-toplaag
H1140A	<i>Abra tenuis</i>		x	x
	<i>Alitta virens</i>			x
	<i>Arenicola marina</i>	✓	x	x
	<i>Carcinus maenas</i>		x	x
	<i>Cerastoderma edule</i>	✓ x	✓ x	x
	<i>Corophium volutator</i>		x	x
	<i>Crangon crangon</i>		x	
	<i>Gammarus locusta</i>		x	x
	<i>Hediste diversicolor</i>		x	x
	<i>Heteromastus filiformis</i>		x	
	<i>Lanice conchilega</i>	✓ x	x	x
	<i>Littorina littorea</i>		x	
	<i>Macoma balthica</i>	✓	✓ x	x
	<i>Macomangulus tenuis</i>		x	x
	<i>Mya arenaria</i>	✓	✓ x	x
	<i>Mytilus edulis</i>	✓ x	✓ x	
	<i>Nephtys hombergii</i>		x	x
	<i>Peringia ulvae</i>		x	
	<i>Pygospio elegans</i>	x	x	x
	<i>Retusa obtusa</i>			x
<i>Scoloplos armiger</i>		x	x	
<i>Scrobicularia plana</i>		x	x	
H1140B	<i>Bathyporeia pelagica</i>		x	x
	<i>Bathyporeia pilosa</i>		x	
	<i>Cerastoderma edule</i>	x	x	x
	<i>Corophium arenarium</i>		x	x
	<i>Crangon crangon</i>		x	x
	<i>Eteone flava agg.</i>			x
	<i>Eurydice pulchra</i>			
	<i>Gammarus crinicornis</i>			
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>		x	x
	<i>Haustorius arenarius</i>		x	x
	<i>Hediste diversicolor</i>		x	x
	<i>Heteromastus filiformis</i>			
	<i>Lanice conchilega</i>	x	x	x
	<i>Macoma balthica</i>	t	x	x
	<i>Nototropis falcatus</i>			
	<i>Pontocrates altamarinus</i>			x
	<i>Pygospio elegans</i>	x	x	x
	<i>Sagitta sp.</i>			
	<i>Scolelepis squamata</i>	x		x
	<i>Spio martinensis</i>	x		x
	<i>Talitrus saltator</i>		x	x
	<i>Urothoe poseidonis</i>		x	

**Tabel 5** Indicatorsoorten op basis van drie kenmerken van structuur en functie (structuurvormende soort, belangrijke rol in voedselweb, activering sediment-toplaag) in habitat 1130 ('Estuaria') zoals geselecteerd in Troost et al. (2014): "✓" en Wijnhoven & Avesaath (2019): "x".

Habitat-subtype	Soort	Structuurvormende soort	Belangrijke rol in voedselweb	Activering sediment-toplaag
<b>H1130</b>	<i>Arenicola marina</i>	✓	✓	x
	<i>Pygospio elegans</i>	✓ x	✓ x	x
	<i>Corophium volutator</i>		✓ x	x
	<i>Cerastoderma edule</i>	✓ x	✓ x	x
	<i>Macoma balthica</i>	✓	✓ x	x
	<i>Mya arenaria</i>	✓	✓ x	x
	<i>Mytilus edulis</i>	✓ x	✓ x	
	<i>Peringia ulvae</i>		✓ x	
	<i>Abra alba</i>		x	x
	<i>Bathyporeia pilosa</i>		x	
	<i>Corophium arenarium</i>		x	x
	<i>Crangon crangon</i>		x	x
	<i>Hediste diversicolor</i>		x	x
	<i>Heteromastus filiformis</i>		x	
	<i>Lanice conchilega</i>	x	x	x
	<i>Nephtys hombergii</i>			x
	<i>Scoloplos armiger</i>			x
	<i>Spio martinensis</i>	x		x
	<i>Scrobicularia plana</i>		x	x
	<i>Spiophanes bombyx</i>	x		x

**Tabel 6** Indicatorsoorten op basis van drie kenmerken van structuur en functie (structuurvormende soort, belangrijke rol in voedselweb, activering sediment-toplaag) in habitat 1160 zoals geselecteerd in Troost et al. (2014): "✓" en Wijnhoven & Avesaath (2019): "x", hier toegevoegd vanwege gekend belang als structuurvormende soorten ten behoeve van H1160; "t".

Habitat-subtype	Soort	Structuurvormende soort	Belangrijke rol in voedselweb	Activering sediment-toplaag
<b>H1160</b>	<i>Lanice conchilega</i>	✓ x	✓ x	x
	<i>Spiophanes bombyx</i>	✓ t	✓	x
	<i>Urothoe poseidonis</i>		✓ x	
	<i>Cerastoderma edule</i>	✓ x	✓ x	x
	<i>Macoma balthica</i>	✓	✓ x	x
	<i>Mytilus edulis</i>	✓ x	✓ x	
	<i>Peringia ulvae</i>		✓ x	
	<i>Arenicola sp.</i>			x
	<i>Bathyporeia pilosa</i>		x	
	<i>Bathyporeia sarsi</i>		x	
	<i>Carcinus maenas</i>		x	x
	<i>Cirratulidae</i>		✓ x	x
	<i>Corophium arenarium</i>		x	x
	<i>Echinocardium cordatum</i>		x	x
	<i>Hediste diversicolor</i>		x	x
	<i>Littorina littorea</i>		x	x
	<i>Magelona johnstoni</i>		x	x
	<i>Mya arenaria</i>	t	x	x
	<i>Nephtys hombergii</i>			x
	<i>Ostrea edulis</i>	x		
	<i>Pygospio elegans</i>	x	x	x
	<i>Scoloplos armiger</i>			x
	<i>Scrobicularia plana</i>		x	x
	<i>Metridium senile</i>	t		

---

#### 5.5.4 Voorkomen indicatorsoorten per ecotoop

Gebruikmakend van de methode die is uitgewerkt in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) is een selectie gemaakt van de indicatorsoorten voor de dominante ecotopen per habitat(sub)type:

- H1160 (Grote, ondiepe krekens en baaien);
- H1130 (Estuaria);
- H1110A (Permanent overstroomde zandbanken - getijdengebied);
- H1140A (Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – getijdengebied);
- H1140B (Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – Noordzee kustzone).

De habitat(sub)type H1170, H1110B en H1110C die niet behandeld werden in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) dienen nog nader uitgewerkt te worden. Bij die uitwerking vindt eerst de onderverdeling in ecotopen (ecotopenkartering) plaats en vervolgens de selectie van indicatorsoorten met bijbehorend referentievoorkomen op het niveau van de afzonderlijke ecotopen. Hier zal in een later stadium uitwerking aan worden gegeven.

#### 5.5.5 Definitie van de referentietoestand voor de BISI-S&F

Voor de beoordeling is een referentiewaarde nodig voor het voorkomen van de indicatorsoorten in de dominante ecotopen waaruit het desbetreffende habitat(sub)type opgebouwd is. Idealiter zouden die referentiewaarden afgeleid worden uit gebieden zonder noemenswaardige verstoring. Echter, dergelijke gebieden ontbreken in de Nederlandse situatie waardoor het gehanteerde referentievoorkomen afgeleid moet worden van de beschikbare monitoringsdata. De 'interne referentie' in de berekening van de BISI is afgeleid van de maximale waarde van voorkomen per soort en per ecotoop zoals gevonden in de beschikbare (historische en recente) monitoringsgegevens. Daarbij bepaalt de databeschikbaarheid inclusief ruimtelijke spreiding en het aantal beschikbare meetjaren de wijze waarop het referentievoorkomen wordt afgeleid. Wijnhoven (2018) beschrijft deze 'interne referentie' als een 'realistische referentietoestand', die met de juiste maatregelen potentieel te bereiken is op de middellange termijn. De realistische referentietoestand vertoont vermoedelijk grote verschillen met de situatie van voor de grootschalige verstoringen door de mens. Een terugkeer naar de originele situatie wordt door de veranderde omgevingsvariabelen, de samenstelling van de zeebodem en het veranderde soortenaanbod, als zeer onwaarschijnlijk gezien (Wijnhoven, 2018).

#### 5.5.6 Berekeningswijze voor de BISI<sub>S&F</sub>

In eerdere BISI-beoordelingen zoals in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) is de aanwezigheid van de verschillende soorten in de verschillende onderscheiden ecotopen voor de betreffende habitat(sub)typen weergegeven met een score tussen 0 en 1 (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1), die de specificiteit van de soorten voor de ecotopen weergeeft. Daarbij zijn indicatorsoorten met een score van 1 zeer (of het meest) talrijk aanwezig in het betreffende ecotoop, en soorten met score 0 afwezig in een betreffend ecotoop, en worden soorten met tussenliggende scores in mindere mate aangetroffen in die ecotopen.

Met  $BISI_{v3}$ , en dus ook hier  $BISI_{S&F}$  zijn alle originele indicatiewaarden volgens Wijnhoven & Van Avesaath (2019) indien kleiner dan 1, gedeeld door twee, om meer nadruk te leggen op de soorten met de hoogste bijdrage aan de kwaliteit van de ecotoop.

De scores kunnen in de beoordelingsfase ook fungeren als weegfactoren (indicatiewaarden  $iv_i$ ) waarmee in specifieke beoordelingen de kwaliteitsontwikkeling van afzonderlijke ecotopen kan worden beoordeeld, of onderling kan worden vergeleken waarbij dan enkel soorten met een indicatiewaarde groter of gelijk aan 0.25 worden meegenomen. Indicatie waarden op het niveau van ecotopen worden per habitat(sub)type gegeven in Bijlage 1 (met referentie naar de gebruikte wetenschappelijke literatuur voor afleiding ecotoopgebonden voorkomen) en op de tabbladen met afleiding referentie ('Ref ecotopes HXXXXx') in de bijgeleverde BISI S&F Assessment tool (<http://ecoauthor.net/bisi-sf-assessment-tool-for-marine-hd-habitats/>).

Naast de indicatiewaarde op het niveau van ecotopen is er ook sprake van een indicatiewaarde ( $iv_i$ ) in relatie tot de onderscheiden aspecten van structuur en functie (Foodweb importance, Habitat diversity importance, Biological activation importance). Voor de reeds door Wijnhoven & Van Avesaath (2019) onderscheiden indicatorsoorten werd een indicatiewaarde van respectievelijk 0, 0.25, 0.5, 0.75 of 1 toegekend voor soorten

---

die respectievelijk geen rol spelen in relatie tot de functie tot soorten die een zeer belangrijke bijdrage leveren aan de specifieke functie van het habitatype. Op vergelijkbare wijze als voor de reeds geselecteerde soorten is voor de aanvullende soorten vanuit Troost et al. (2014), op basis van wetenschappelijke literatuur de mate van het belang voor de betreffende functie bepaald (en er een indicatiewaarde aan gegeven). Voor deze aanvullende soorten zijn overeenkomstige intermediaire  $iv_i$ -waarden (optioneel 0.75, 0.5 of 0.25) toegekend, omdat dat de relatieve indicatiewaarde ten behoeve van structuur en functie naar verwachting het beste weergeeft. Literatuurreferenties worden gegeven in Bijlage 1 en op de tabbladen met de beoordelingsmethodiek ('HXXXXX XX') in de bijgeleverde BISI S&F Assessment tool (<http://ecoauthor.net/bisi-sf-assessment-tool-for-marine-hd-habitats/>).

De beoordeling van de genoemde aspecten van structuur en functie worden volgens de formule zoals gepresenteerd in paragraaf 4.1.1 uitgevoerd in specifieke beoordelingen voor 'Belang voor hogere trofische niveaus (voedselwebfunctie)', 'Belang voor habitatdiversiteit (structuurvormende functie)', en 'Belang voor activering sediment-toplaag (bioturbatie- en bioirrigatiefunctie)'. Het voorkomen van de indicatorsoorten ( $O_i$ ) wordt daarvoor vanuit de waarnemingen (resultaten van monitoring) per ecotoop berekend, en volgens de oppervlakteverdeling van ecotopen in de referentietoestand omgerekend naar het verwachte gemiddelde vóórkomen in het betreffende gebied. Vóórkomen ( $O_i$ ) wordt per indicatorsoort met de bijbehorende referentie ( $R_i$ ) vergeleken en met inachtnaam van de specifieke indicatiewaarde ( $iv_i$ ; afhankelijk van de specifieke beoordeling met relevantie tot structuur en functie) voor de gehele selectie aan indicatorsoorten verrekend tot een BISI-score.

De huidige ecotopenverdeling binnen een Habitatrictlijngebied kan afwijken van de gewenste verdeling (referentietoestand), hetgeen kan leiden tot het vinden van een lagere kwaliteit van het habitatype, terwijl de kwaliteit van afzonderlijke ecotopen (echter niet in de gewenste verhoudingen aanwezig) heel redelijk kan zijn. De oppervlakteverhouding van ecotopen in de referentietoestand wordt gegeven in Bijlage 2 per habitat(sub)type en op de tabbladen met de beoordelingsmethodiek ('HXXXXX XX') in de bijgeleverde BISI S&F Assessment tool (<http://ecoauthor.net/bisi-sf-assessment-tool-for-marine-hd-habitats/>).

### 5.5.7 Definitie van de maatlat voor de BISI<sub>S&F</sub>

Zoals in Wijnhoven (2023) is omschreven, is er op dit moment nog geen exacte drempelwaarde vastgesteld voor de BISI voor wat als een goede en wat als een geschonden kwaliteitstoestand wordt gezien. Voor het vaststellen van de drempelwaarde zal worden aangesloten bij de internationaal (EU MSFD) afgestemde en vastgelegde drempelwaarde. Het proces van vaststelling van de kwaliteitsdrempelwaarde voor D6C5 'kwaliteit benthische habitatypes' onder de KRM, loopt nog (MSCG, 2022). Daarbij wordt een kwalitatieve beschrijving van de drempelwaarde gekwantificeerd als een EQR ('Ecological Quality Ratio') waarde, waarna een aantal aan geschiktheidscriteria voldoende indicatoren hierop worden afgestemd. De vaststelling van een drempelwaarde voor de BISI (wanneer niet direct meegenomen in het door de 'EU MSFD Common Implementation Strategy – Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity, (TG-Seabed)', getrokken proces) zal hierop worden afgestemd.

Ondanks dat nog geen exacte drempelwaarde is vastgesteld, is de verwachting dat die wat betreft de BISI rond de 0.5 zal liggen. Dit is ook het niveau dat bij voorkeur is aangehouden, bij de uitwerking van onderdelen van het monitoringprogramma op basis van power analyses, als waarde die men significant zou willen kunnen onderscheiden van de referentiewaarde van BISI=1 (Wijnhoven, 2022).

Een BISI-score lager dan 0.5 wordt hier dus voorlopig aangehouden als een indicatie voor verminderde kwaliteit. Een dergelijk verschil in kwaliteit komt overeen met het verlies (niet detecteren met een veronderstelde representatieve monitoring) van nabij de 15% van de indicatorsoorten, of een achteruitgang van 50% in abundantie/dichtheden van alle indicatorsoorten. Dit laatste klinkt wellicht dramatisch, maar men dient te bedenken dat populatieontwikkelingen veelal een logaritmische schaal volgen, en zo dus ook de BISI. Bijvoorbeeld een halvering van de dichtheden van 20 naar 10 individuen betekent een afname van 23% na log-transformatie van de dichtheden van 2000 naar 1000 wordt dit slechts een afname van 1% na de log-transformatie. Een dergelijke afname betekent ecologisch niet zo veel bij hoge niveaus van dichtheid, omdat de soort dan nog steeds zeer talrijk aanwezig is. Dergelijke veranderingen vinden ook plaats onder natuurlijke (onverstoorde) omstandigheden. Bij grotere veranderingen wordt het wel aannemelijker dat de waargenomen afwijking t.o.v. de referentie een significant effect zal hebben op de goede instandhouding van de SF-elementen. Bij een BISI<sub>S&F</sub>-waarde kleiner dan 0.5 kan dus worden gesteld dat het ecologisch

---

functioneren gereduceerd is. Voor BISI<sub>S&F</sub>-beoordelingen in het kader van de Habitatrichtlijn stellen we voor om voorlopig te werken met een maatlat volgens:

- Goed ecologisch functioneren:  $BISI_{S\&F} \geq 0.5$
- Matig ecologisch functioneren:  $0.5 > BISI_{S\&F} \geq 0.25$
- Slecht ecologisch functioneren:  $0.25 > BISI_{S\&F} \geq 0.01$

Een lager niveau van ecologisch functioneren dan de gewenste (referentie)toestand op het niveau van een habitatype, kan worden veroorzaakt door een afname in kwaliteit van één of enkele van de onderliggende ecotopen of door een afwijkende ecotopenratio met een afname van de hoog gewaardeerde ecotopen binnen het desbetreffende habitat.

### 5.5.8 BISI<sub>S&F</sub>-testberekening

Om de bruikbaarheid van de BISI-benadering bij de beoordeling van structuur en functie voor de HR-habitat(sub)typen te toetsen zijn berekeningen van BISI<sub>S&F</sub>-waarden uitgevoerd volgens de richtlijnen die zijn beschreven in paragrafen 5.5.3 tot 5.5.7 (Bijlage 2)

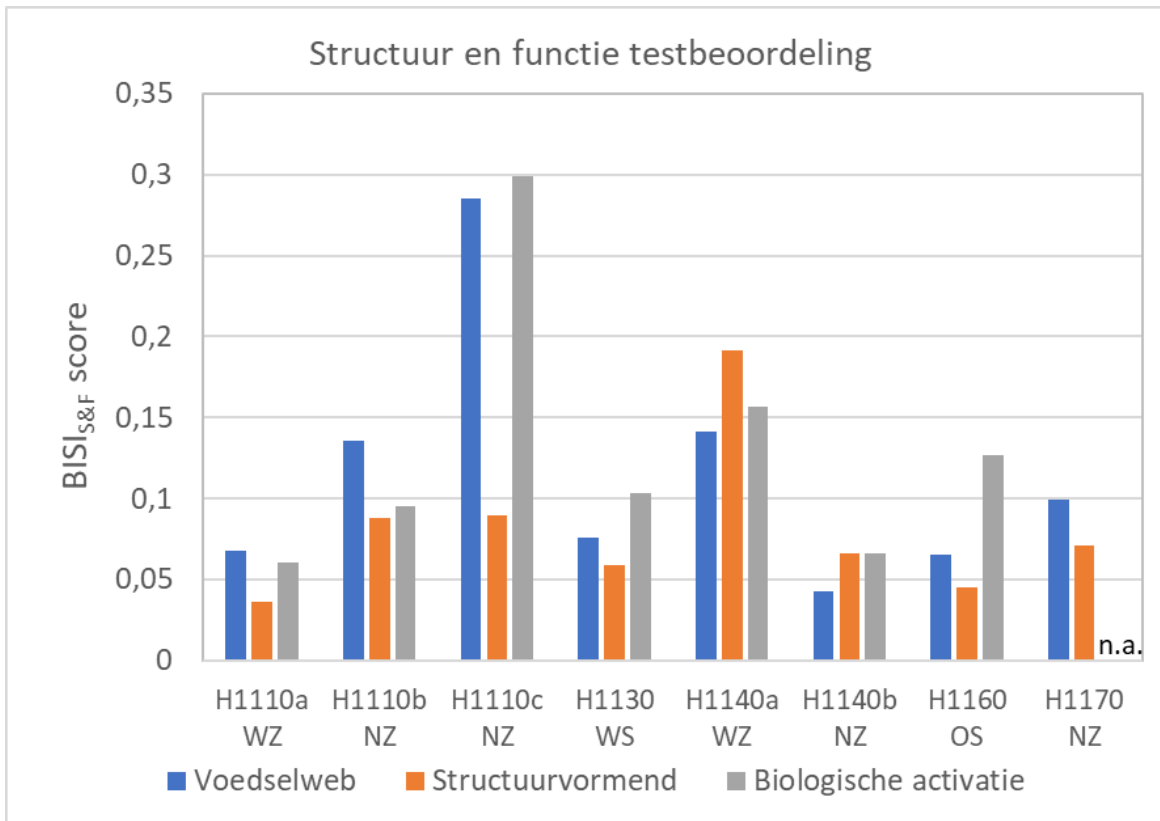
De volgende (recente) data zijn gebruikt voor een testberekening van toestand van structuur en functie van HR-habitat(sub)typen op basis van de BISI<sub>S&F</sub>:

- H1110A in de Waddenzee: SIBES boxcorer en steekbuis monsters en WOt stempelkor en kokkelschuif monsters uit 2014.
- H1110B in de Noordzee (combinatie van data Noordzeekustzone, Voordelta en Vlakte van de Raan): KRM boxcorer en WOt bodemschaaf en zuigkor monsters uit 2021.
- H1110C in de Noordzee: KRM boxcorer en KRM bodemschaaf monsters uit 2021.
- H1130 in de Westerschelde: MWTL boxcorer en steekbuis en WOt kokkelschep monsters uit 2013.
- H1140A in Waddenzee: SIBES steekbuis monsters en WOt stempelkor en kokkelschep monsters uit 2014.
- H1140B in Noordzee: PMR boxcorer en guts monsters en WOt zuigkor en bodemschaafmonsters uit 2013.
- H1160 in de Oosterschelde: MWTL boxcorer en steekbuis en WOt kokkelschep en oesterhapper monsters uit 2012.
- H1170 op de Klaverbank: KRM Hamon-happer monsters en video-transect waarnemingen uit 2021.

Voor H1130 in de Eems-Dollard (waarvoor het gebiedsspecifieke referentievoorkomen per indicatorsoort is bepaald door de referentiedichtheden zoals die afgeleid zijn op basis van data van het Schelde-estuarium vermenigvuldigd met de gebiedseigen ecotoopverhoudingen op basis van de kartering van Ysebaert et al. (2016); zie Wijnhoven & Van Avesaath, 2019) is vooralsnog geen testberekening uitgevoerd omdat er nog data moet worden verkregen.

Informatie over de datasets gebruikt voor habitatypen H1110A, H1130, H1140A en -B en H1160 is beschikbaar in Wijnhoven & Van Avesaath (2019) en voor H1110B, H1110C en H1170 wordt verwezen naar Wijnhoven (2023). Voor laatstgenoemde habitat(sub)types wordt vooralsnog geen gebruik gemaakt van een ecotopenindeling bij de berekening van zowel de referentie- als de actuele dichtheden. Wanneer ecotopenkaarten beschikbaar komen, zal de berekening opnieuw uitgevoerd kunnen worden op basis van een ecotopenindeling. Ook al is de verwachting dat geen dramatische afwijking tussen de twee berekeningswijzen gevonden gaat worden, biedt de ecotopengerichte benadering de beste perspectieven voor een doorontwikkeling met de uitvoering van directe metingen van S&F-elementen.

Uit de resultaten van deze testberekeningen (Figuur 3) mogen geen conclusies worden getrokken, bijvoorbeeld omdat de perioden die hier worden beoordeeld behoorlijk verschillen van elkaar, van 2012 (Oosterschelde) tot 2021 (gebieden op de Noordzee), waarbij in een periode van tien jaar substantiële ontwikkelingen in de kwaliteitstoestand mogelijk zijn (zie bv. Wijnhoven, 2023).



**Figuur 3** Resultaten voor de BISI<sub>S&F</sub>-testbeoordeling van Habitatrichtlijn-habitat(sub)types binnen de begrenzing van de Nederlandse Habitatrichtlijngebieden op basis van snel beschikbare recente benthos monitoringdata (WZ=Waddenzee; NZ=Noordzee; WS=Westerschelde; OS=Oosterschelde).

Voor de meeste HR-habitat(sub)types en gerelateerde gebieden wordt de instandhouding van het ecologisch functioneren als slecht beoordeeld met BISI<sub>S&F</sub>-waarden lager dan 0.25 met uitzondering van H1110C (Doggersbank) die net als matig (<0.3) beoordeeld wordt m.b.t. voedselbeschikbaarheid en bodemactivatie. Deze resultaten kunnen uiteraard niet los worden gezien van de algemene kwaliteitstoestand van HR-habitat(sub)types en HR-gebieden die over het algemeen als slecht van kwaliteit worden beoordeeld (Wijnhoven, 2023). De beoordeelde gebieden staan inderdaad onder grote druk door verschillende activiteiten en verstoringen (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019; Wijnhoven, 2023).

De BISI<sub>S&F</sub>-testbeoordelingen laten zien dat er verschillen zijn in de waardering van het ecologisch functioneren tussen de HR-habitat(sub)types en gerelateerde gebieden, maar ook dat er verschillen zijn in de uitdrukking van de te onderscheiden functies tussen de gebieden (Figuur 3):

- In H1110C (Doggersbank) waar de voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus en de biologische activatie van de bodem als matig beoordeeld worden, blijven de structuurvormende soorten duidelijk achter.
- Met betrekking tot H1140A in de Waddenzee is het juist de structuurvormende functie die het hoogste scoort (wat in het veld ook wel zichtbaar is aangezien bv. schelpdierbanken in dit habitat(sub)type de laatste jaren duidelijk tekenen van herstel vertonen).
- In de Noordzee kustzone (H1110B) is het juist de voedsel functie die het beste (minst slecht) ontwikkeld is.
- In de Oosterschelde is de bioturbatie-/bioirrigatie-functie het meest ontwikkeld.

Details met betrekking tot de testbeoordelingen worden gegeven in Bijlage 2 per habitat(sub)type en op de tabbladen met de beoordelingsmethodiek ('HXXXXX XX') in de bijgeleverde BISI S&F Assessment tool (<http://ecoauthor.net/bisi-sf-assessment-tool-for-marine-hd-habitats/>).



---

### Slotsom hoofdstuk 5

De beschouwing van de HR-habitat(sub)typen op basis van de onderliggende ecotopen sluit aan bij de hiërarchische benaderingen voorgesteld door Noss (1990) en Ysebaert & Herman (2004) zoals aangekaart is in hoofdstuk 2.

Alle informatie verzameld voor de inrichting van de BISI<sub>v1</sub> in Wijnhoven & Bos (2017) zowel op het niveau van gebieden, habitats en ecotopen kan gebruikt worden om de toepassing van de ecotoopgerichte BISI<sub>v2</sub> uit te breiden naar de habitattypen H1170, H1110B en H1110C die nog ontbreken in Wijnhoven & Van Avesaath (2019). Daarvoor is het nodig dat ecotopenkaarten voor de betreffende gebieden worden ontwikkeld waarvoor hier voorstellen zijn gedaan.

Bij gebrek aan directe metingen van S&F-elementen kan de BISI dienen als een indicator voor structuur en functie (BISI<sub>S&F</sub>) na het selecteren van onderliggende soorten op basis van hun bijdrage aan structuur en functie.

De BISI<sub>S&F</sub>-testresultaten laten zien dat er in potentie verschillen in ecologisch functioneren met betrekking tot onderscheiden structuren en functies kunnen worden aangetoond. Voor de meeste HR-habitat(sub)types (met uitzondering van H1110C/Doggersbank) wordt de instandhouding van het ecologisch functioneren als slecht beoordeeld (BISI<sub>S&F</sub><0.25). Dit is in overeenkomst met de algemene kwaliteitstoestand van HR-habitat(sub)types en HR-gebieden die over het algemeen als slecht worden beoordeeld (Wijnhoven, 2023).

---

# 6 Naar een S&F-monitoring voor de Nederlandse mariene habitattypen

## 6.1 Huidige meerjarige monitoringsprogramma's gericht op benthos

De MWTL- en WOT-monitoringsprogramma's, beide centraal aangestuurd door respectievelijk IenW en LNV, vormen samen de ruggengraat van de langetermijnmonitoring van het bodemleven in de Nederlandse wateren. Daarnaast lopen ook (vooral in de Waddenzee) een aantal monitoringsprogramma's die in het verleden gefinancierd werden door commerciële partijen en het NIOZ. Inmiddels zijn/worden afspraken gemaakt met lokale overheden om bepaalde delen van die programma's over te nemen in de standaard-monitoring ten behoeve van Habitatrichtlijn beoordelingen en gebiedsevaluaties.

### **MWTL macrobenthos**

Het MWTL-programma onderdeel macrozoöbenthos<sup>4</sup> heeft als hoofddoel om inzicht te krijgen in de ruimtelijke en temporele variatie van de benthische fauna waarmee het ecologische status van de Nederlandse wateren en de trends erin getoetst kunnen worden in het kader van internationale richtlijnen (KRW, KRM, HR). Daarmee kan de effectiviteit van beheermaatregelen worden geëvalueerd. In verschillende systemen (Westerschelde, Oosterschelde) wordt de bemonstering gestratificeerd op basis van de ecotopensamenstelling door combinatie van de monsterlocaties met ecotopenkaarten. Elders (Waddenzee, Noordzee) waar de bemonstering plaatsvindt zonder rekening te houden met de ecotopen-indeling worden minder algemene ecotopen sub-optimaal bemonsterd vergeleken met de veelvoorkomende ecotopen. Een dergelijke monitoring geeft dus vooral informatie over de veelvoorkomende ecotopen als een ruwe afspiegeling van het gebied. Het nemen van sedimentmonsters samen met de bodemdiermonsters laat het toe om het veronderstelde ecotoop te toetsen.

### **CSO-WOT-monitoring schelpdieren**

De primaire doelstelling van de CSO-WOT-monitoring schelpdieren ligt bij het schatten van de omvang van de schelpdierenbestandsomvang i.r.t. de schelpdiervisserij, maar die gegevens blijken ook, door de hoge dichtheid aan monsterpunten en de jaarlijkse frequentie, goed bruikbaar te zijn voor het opsporen en het volgen van de temporele trends van de overige bodemdiergemeenschappen (Escaravage & van der Heijden, 2021). Deze monitoring vormt een zeer waardevolle bron van informatie m.b.t. de soortensamenstelling van het bodemleven en de veranderingen erin voor deze gebieden. De afwezigheid van gekoppelde abiotieke metingen op de WOT-locaties beperkt enigszins de ecologische interpretatie van de WOT-waarnemingen. Wel worden in de Noordzeekustzone extra meetlocaties (aanvullend op de WOT) eens in de drie jaar bemonsterd ten behoeve van de informatievoorziening voor KRM- en HR-beoordelingen, zodat hiaten in ruimtelijke spreiding in relatie tot representativiteit van de monitoring op de schaal van de kustzone, worden ingevuld.

### **SIBES-monitoring Waddenzee**

In de Waddenzee (inclusief Eems-Dollard) loopt naast de MWTL (bodemdieren, zeegras, zeehonden) en de CSO-WOT (schelpdieren) monitoring (sinds 1990) ook het SIBES (Synoptic Intertidal Benthic Sampling) sinds 2008, bedoeld om verandering in bodemdieren in tijd en ruimte te kunnen signaleren in relatie tot de menselijke activiteiten, zoals gas- en zoutwinning, mechanische pierenspitterij, etc. Deze jaarlijkse ruimte-dekkende bemonstering voor infauna- en sedimentanalyse (≈4500 locaties op een 500 m grid) is vooral gericht op bodemdieren gezien als voedselbron voor vogels en vis. Een subtidale aanvulling op SIBES wordt uitgevoerd in het project Waddenmozaïek met als doel de vergroting van de kennis over de biodiversiteit en structuur van de voedselweb in de ondergedoken Waddenzee en startte in 2016. Het Waddenmozaïek-project omvat, naast overige onderzoeksprojecten, een boxcorer-monitoring met 1394 locaties op een

---

<sup>4</sup>op de Noordzee ook wel KRM-programma genoemd met, sinds 2015 een substantiële uitbreiding van het aantal monsters, maar steeds een verlaagde frequentie van een in de drie jaar vergeleken met het oud jaarlijks MWTL-programma

---

1 km grid bemonsterd in 2019 en 2022 in het sublitoraal van de Waddenzee. Delen van de genoemde programma's zijn of worden door de overheid gefinancierd om in de informatievoorziening voor HR-beoordelingen te voorzien.

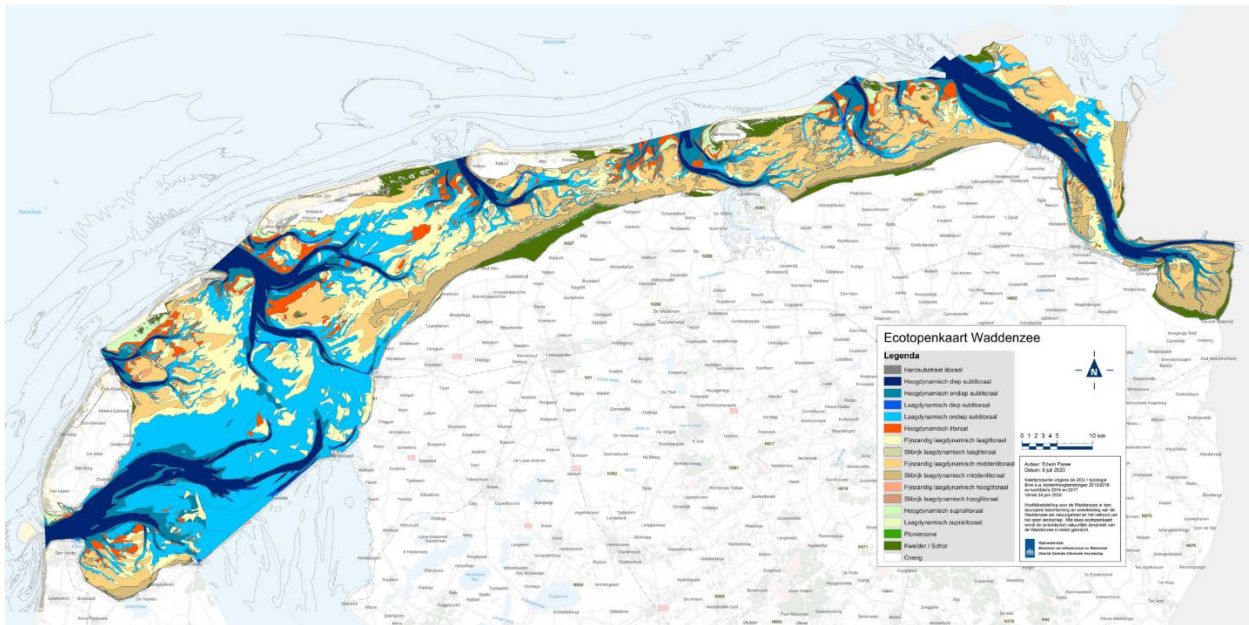
### **WOZEP-monitoring**

De enorme toename van de windmolenparken in de Noordzee offshore met een bijna vertienvoudiging van het ruimtegebruik tot ca. 1600 km<sup>2</sup> in 2030 is gepaard gegaan met de totstandkoming van een langtermijn-monitoring binnen het WOZEP-programma. Naast de monitoring van de negatieve effecten van de windmolenparken (tijdens het aanbouw en in functie) voor zeezoogdieren, vogels, vliegmuizen en ecosysteemfuncties wordt aandacht besteed aan de ontwikkeling van het bodemleven (biodiversiteit, biogene structuren) op en rondom het nieuw aangebracht hard substraat. Dergelijke waarnemingen dragen bij aan de kennis over het potentieel van het bodemleven over een mozaïek aan habitats (hard/zacht) zonder enige vorm van bodemverstoring door visserij. Naast deze bijdrage aan de fundamentele kennis bestaat de verwachting dat de hinder voor standaard-monstercampagnes binnen de windmolenparken (als gevolg van beperkingen voor het varen en de uitvoering van onderwateractiviteiten) de ontwikkeling van alternatieve technieken zal gaan bevorderen (De Jong, 2021).

## **6.2 De inzet van ecotopen-gerichte monitoring**

Waar de MWTL-monsterlocaties in de Noordzee, Waddenzee en Eems-Dollard (overigens ook in het Grevelingenmeer en het Veerse Meer) op vaste locaties (representatieve ruimtelijke spreiding), raaien of kwadranten liggen, zijn de monsterlocaties in de Oosterschelde en de Westerschelde gestratificeerd naar ecotopen volgens de Zoute wateren EcotopenStelsel ZES.1 (Bouma et al., 2005). Per ecotoop wordt random over het hele systeem een vastgesteld aantal monsterlocaties geselecteerd. Deze ecotopen-gerichte monitoring zorgt voor het inwinnen van ecologische gestructureerde en ruimtelijk dekkende waarnemingen die goed aansluiten bij de hiërarchische benadering die hier is beschreven voor de definitie en evaluatie van structuur en functie. Een dergelijke strategie dat voldoende kan zijn ten behoeve van de KRM-beoordelingen (Noordzee) waar kwaliteitsbeoordeling op het niveau van brede habitattypes wordt gevraagd, kan zorgen voor de sub-optimaal dekking van minder algemene ecotopen die, ondanks hun beperkte omvang wel van belang kunnen zijn voor structuur en/of functie elementen.

Naar aanleiding van het succes van de ecotopenkaarten in gebruik bij de monitoring in de Westerschelde en Oosterschelde is ook een ecotopenkaart (volgens de ZES.1 typologie) ontwikkeld voor de Waddenzee in samenwerking tussen RWS, UU en de WUR (Paree et al., 2021). Deze kaart (Figuur 4) wordt door RWS als een onderdeel van de basismonitoring beschouwd en is bij uitstek geschikt voor eventuele stratificatie van monsterlocaties in het kader van de MWTL-monitoring zoals dit al jaren gebeurt voor de Oosterschelde en de Westerschelde. Wijnhoven & Van Avesaath (2019) maakten overigens ook al gebruik van voorgangers van de in Figuur 4 gepresenteerde ecotopenkaart (voor wat betreft de Waddenzee de kaart van Baptist et al. (2016) en voor wat betreft de Eems-Dollard de kaart van Ysebaert et al. (2016)). Van Donk & Baptist (2021) analyseerden het voorkomen van bodemdieren in relatie tot de ecotoopgrenzen die worden gehanteerd in de ZES.1-typologie en deden aanbevelingen voor aanpassingen. Deze aanpassingen worden inmiddels toegepast voor het maken van ecotoopkaarten in de Waddenzee. Een ecotopenkaart van de complete Waddenzee wordt in zes delen vervaardigd, in lijn met de zesjaarlijkse cyclus van de vaklodingen (dieptebepaling). Er is begin 2024 nog geen volledig nieuwe kaart op basis van de aangepaste methodiek vervaardigd.



**Figuur 4** Ecotopenkaart voor de Waddenzee (versie 2017) beschikbaar gemaakt door RWS (<https://maps.rijkswaterstaat.nl/gwproj55/index.html?viewer=Ecotopen>) te gebruiken voor een toekomstige ecotopen gerichte monitoring.

Waar voor de Deltawateren en de Waddenzee, die onder de KRW vallen, gebruik is gemaakt van de ZES.1-methodiek (Bouma et al., 2005) maakt de KRM-beoordeling voor de Noordzee gebruik van de EUNIS-classificatie op het niveau van EU MSFD 'broad habitat types' zoals beschikbaar gemaakt door het EC-project EMODnet Seabed Habitats (Vasquez et al., 2021).

Hoe groot ook het aantal meegenomen omgevingsvariabelen bij de definitie van ecotopen (ook fysiotopen genoemd), hun voorspellend vermogen met betrekking tot de ruimtelijke verspreiding van bodemlevensgemeenschap blijft beperkt (Van der Reijden et al., 2021b). De 'samenvoeging' (via machine learning) in Van der Reijden et al. (2021b) van biotische waarnemingen (demersale vissen, epifauna en endofauna) met fysiotopenkaarten op basis van abiotische gegevens zoals gebruikt bij de EUNIS-typologie, levert habitatkaarten op met een verhoogde/verbeterde onderscheiding tussen habitats vergeleken met habitatkaarten die enkel gebaseerd zijn op het abiotiek.

### 6.3 Het gebruik van alternatieve waarnemingsmethoden voor bodemmonsters

Specifiek voor de KRM werd door Wijnhoven et al. (2013) voor de stenige Klaverbank voorgesteld om schaaftrekken te vervangen door videotracks voor een betere evaluatie van de hardsubstraatsoorten met de bedoeling om die techniek later uit te breiden naar andere gebieden (IDON nieuwsbrief, 2020). Tot nu toe nemen experts de videobeelden van de bodemsoorten op de Klaverbank visueel door, wat vrij tijdrovend is (ca. 8 uur analyse voor 1 uur opname!).

De toepassing van video bij de bodemdierenmonitoring op zandige bodems werd ook succesvol uitgeprobeerd in het kader van het Evaluatieprogramma MER winning suppletiezand Noordzee 2008-2012 van RWS en LaMER (Didderen et al., 2011). De bedoeling was om zeker te stellen dat zich daar geen banken van levende, waaronder ingegraven, schelpdieren bevonden. De toepassing van het onderwater video-systeem bleek een geschikte methode te zijn om de zeebodem en de beoogde bodemdier-gemeenschappen in beeld te brengen.

Automatische beeldherkenning zou op korte termijn een potentieel alternatief kunnen worden voor de visuele analyse van de videobeelden met als voordelen een halvering van de analysetijd en de verhoogde objectiviteit van de resultaten (IDON nieuwsbrief, 2020). Waar de zelflerend eigenschappen van de

---

kunstmatige intelligentie betrokken bij automatische beeldherkenning nadelig kan worden gezien voor de reproduceerbaarheid van de resultaten, behoort voortschrijdend inzicht echter ook bij de menselijke analyse. Het voordeel op dit vlak van automatische beeldherkenning is de mogelijkheid om het opgeslagen beeldmateriaal opnieuw te analyseren zonder verlies in kwaliteit na updates van het algoritme. De automatische herkenning én kwantificering van dieren op de zeebodem is ook het onderwerp van het project "AI analyse video Klaverbank" in samenwerkingsverband (Digishape) tussen RWS, IHM en de WUR (<https://www.digishape.nl/projecten/ai-analyse-video-klaverbank>).

Voor de Noordzee werd gewerkt door TU Delft, NIOZ, RUG en Stichting De Noordzee aan een habitatkaart in het kader van het vijfjarige (2016-2021) Gieskes-Strijbis fonds DISCLOSE project (DIstribution, StrUcture and functioning of LOw-resilience seafloor communities and habitats of the Dutch North SEa). Het hoofddoel van DISCLOSE was om de merendeel onbekende zeebodem van de Noordzee die tussen de vaste MWTL-meetpunten ligt in kaart te brengen om de Noordzeenatuur effectiever te kunnen beschermen. Als basis-materiaal maken de DISCLOSE-deelnemers gebruik van een combinatie van ruimtelijk-gestructureerde meetmethoden van grootschalige akoestische metingen op afstand (TU), tot videotechneken op de middelgrote schaal (RUG), tot aan kleinschalige analyses van functionele eigenschappen van bodem-gemeenschappen (NIOZ). De meerwaarde van deze hiërarchische werkwijze over een monitoring op vaste locaties werd bewezen door het ontdekken van, tot nu toe onbekende, uitgebreide gestekelde zandkokerwormriffen (*Sabellaria spinulosa*), ontdekt op de Bruine Bank (Van der Reijden et al., 2021c).

Als aanvulling op de campagne in de ondergedoken Waddenzee binnen Waddenmozaïek (RUG, NIOZ Natuurmonumenten) wordt ook gewerkt aan het inzet van de DISCLOSE-methodiek voor de monster-campagne van 2022 met een combinatie van bodemmonsters, videobeelden en akoestische technieken (Franken, 2021). Tijdens een eerste test in 2020 verhinderde de hoge troebelheid echter de werking van de akoestische en videotechneken; de nodige aanpassingen zullen plaats moeten vinden om tot een habitatkartering van de ondergedoken Waddenzee te komen (Franken, 2021).

In rotsachtige subtidale gebieden blijken directe duikwaarnemingen tot op heden de geschiktste techniek om nauwkeurige informatie te verzamelen over de faunabedekking op een driedimensionaal substraat, hoewel ook hier experimenten met video-observatie zijn uitgevoerd. Dit is met name het geval voor specifieke gebieden binnen habitat H1110B (in de zone tot circa 1 km uit de kust) en H1160 (verharde delen van de onderwateroevers langs dijken en strekdammen in de Oosterschelde). In deze gebieden worden waarnemingen verzameld door de vrijwilligers van Stichting ANEMOON in het kader van het landelijk Netwerk Ecologische Monitoring (NEM), hetgeen een groot aantal waarnemingen oplevert dat niet met standaardmonitoring te realiseren is. Wel valt er op te merken, dat die waarnemingen niet direct te vertalen zijn in oppervlak in goede dan wel slechte conditie, omdat monitoringsinspanningen ruimtelijk en in tijd sterk variëren en veelal niet nauwkeurig te koppelen zijn aan locatie.

## 6.4 Ontwikkelingen omtrent monitoring Noordzee en Waddenzee

Op 5 februari 2020 is in het Noordzeeoverleg een overeenstemming bereikt tussen de deelnemers (I&W, LNV, EZK en Energie/Visserij/Havens/Natuurorganisaties) over het Onderhandelaarsakkoord voor de Noordzee (OFL, 2020). Tijdens dit overleg werd de volgende constatering gedaan en als volgt verwoord: "In onze gezamenlijke verkenning van de toekomst voor de Noordzee werd steeds opnieuw duidelijk dat we op onderdelen nog onvoldoende weten van de werking van het ecosysteem en de mogelijke effecten van de transitie die zich zullen voltrekken. Daarom hebben partijen afspraken gemaakt over een belangrijke intensivering van monitoring en wetenschappelijk onderzoek op de Noordzee. Dat kan de basis zijn voor toekomstige keuzes en nadere afspraken."

In het kader van het Noordzeeakkoord werd de werkgroep Monitoring Onderzoek Natuurversterking en Soortenbescherming (MONS) opgericht met als missie het opstellen van een monitoring- en onderzoeksprogramma tot 2030 om daarmee antwoorden te geven op de kennisvragen over de Noordzee. De bedoeling is om een integraal en systematisch onderzoeks- en monitoringsprogramma te ontwikkelen op basis van bestaande monitoring en onderzoek (met naam WOZEP en MWTL).

---

In het Noordzeeakkoord is al een aantal urgente onderzoeksvragen/opdrachten genoemd waaronder, naast de aanwijzing van nieuwe Vogelrichtlijngebieden, de effecten van windparken op zee, de voetprint vermindering van visserij, en het vóórkomen van gestekelde zandkokerwormriffen.

Het benoemen als 'Call to action' in de Noordzeeakkoord-monitoringsagenda voor het verzamelen van waarnemingen m.b.t. de aanwezigheid van biogene structuren zoals zandkokerwormriffen biedt interessante perspectieven m.b.t. de huidige KRM-vraag om specifieke gegevens over S&F-indicatoren. Immers, de informatiebehoefte van de KRM sluit aan op die van de Habitatrichtlijn (HR) en specifiek de Natura 2000-gebieden. Beide richtlijnen zien toe op bescherming van de bodemhabitat van de Noordzee. Voor een evaluatie van de goede milieutoestand is het nodig veranderingen te kunnen signaleren; monitoring moet duidelijk maken of, en liefst ook in welke mate, in de loop van de tijd verbetering optreedt. De monitoring richt zich op een selectie van soorten die in haar geheel indicatief is voor de structuur en functie van de habitats, verstoring door menselijke activiteiten en de mate van herstel.

[https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/198062/mariene\\_strategie\\_deel\\_2.pdf](https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/198062/mariene_strategie_deel_2.pdf)

De drie Waddenprovincies die verantwoordelijk zijn voor het Waddenfonds trekken samen op voor een duurzame versterking van het Waddengebied zoals opgenomen is in het Investeringskader Waddengebied 2016-2026 gericht op een aantal majeure opgaven in de sfeer van ecologie en economie (50/50 in omvang) met als streefbeeld een rijke, optimaal functionerende Waddenzee.

De eerste majeure opgave van het Investeringskader Waddengebied 2016-2026 genoemd als 'Waddenzee' heeft als doel het herstel van een evenwichtig voedselweb met herstelde bodemstructuren in de vorm van een mozaïek van hard zand, slik, schelpenbanken en veenpakketten. Binnen deze majeure opgave sluit het project Waddenmozaïek aan bij een aantal doelstellingen, waaronder het stimuleren van de vestiging van biobouwers zoals mosselen, oesters en zeegras. Een terugkerende en ruimtedekkende monitoring (akoestiek, video, boxcorer) is een vereiste om het effect van de herstelmaatregelen te kunnen volgen.

#### **Slotsom hoofdstuk 6**

De huidige monitoringprogramma's (MWTL/KRM, WOZEP, WOT, SIBES/SUBES) bieden een vaste corpus aan gegevens die in ieder geval in het huidige formaat/omvang behouden moet worden om robuuste uitspraken te kunnen formuleren over de ecologische status van de studiegebieden.

Zoals dit al jaren gebeurt in de Westerschelde en in de Oosterschelde zou voor de Waddenzee en de Noordzee een (gerandomiseerde) monitoring met een stratificatie op basis van gebied, habitat-subtype en ecotoop een vergroting van de ecologische informatie betekenen vergeleken met de huidige monitoring op vaste locaties.

Het gebruik van akoestische en videotechneken met onder andere drop-cams, ROV en multibeam-sonar zal intensief aangemoedigd moeten worden om de incorporatie van deze technieken binnen de monitoringsprogramma te faciliteren. Daarmee wordt waardevolle informatie verzameld over de landschap- en biogene structuren die een centrale rol spelen bij de S&F-evaluatie.

Om aan de kennisbehoeften die bijvoorbeeld genoemd worden in het Noordzeeakkoord en in het Investeringskader Waddengebied te voldoen, zullen de huidige monitoringsprogramma's geïntegreerd en mogelijk ook nog uitgebreid moeten worden. Met het oog op een efficiënt gebruik van middelen zullen dergelijke ontwikkelingen ook benut moeten worden voor de beantwoording van de huidige vraag naar specifieke gegevens over S&F-indicatoren.

---

# 7 Conclusies en aanbevelingen

## 7.1 Antwoorden op de onderzoeksvragen

Deze studie verkent hoe de parameter 'structuur en functie' het beste beoordeeld (= gekwantificeerd / gescoord) kan worden voor HR-habitattypen in de Nederlandse mariene wateren door antwoord te geven op de volgende vijf deelvragen:

1. Hoe kunnen we het beste de parameter 'structuur en functie' beschrijven ten behoeve van de definitie van relevante indicatoren en maatlatten?
2. Hoe wordt 'structuur en functie' beschreven in de profielfdocumenten van de Natura2000-habitattypen en past dit bij het antwoord op vraag 1?
3. Zijn er bestaande indicatoren en maatlatten in gebruik, zowel nationaal (zoals de BISI voor de KRM en indicatoren toegepast in onderzoeksprojecten), als internationaal (door beheerinstanties ingezet voor het kwantificeren van structuur en functie)?
4. Kunnen er criteria worden voorgesteld voor potentiële indicatoren van structuur en functie voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren?
5. Welke monitoringgegevens (waarnemingen) zijn vereist voor een adequate beoordeling van de voorgestelde indicatoren van structuur en functie voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren en zijn de huidige meetnetten afdoende voor dit doel?

### **1. Hoe kunnen we het beste de parameter 'structuur en functie' beschrijven ten behoeve van de definitie van relevante indicatoren en maatlatten?**

Structuur en functie worden in de Habitatrichtlijn genoemd als belangrijke onderdelen van de Staat van Instandhouding van natuurlijke habitats. Structuur en functie, in samenhang met compositie, worden beschouwd als componenten van biodiversiteit en worden onderscheiden naar niveaus van organisatie, te weten op het niveau van het landschap, het niveau van habitatstructuren, gemeenschappen en soorten en het niveau van uitwisseling van genen (Noss, 1990). De parameter 'structuur en functie' zoals die wordt toegepast voor de Habitatrichtlijn kan het beste worden beschreven op het organisatie-niveau van habitatstructuren, gemeenschappen en soorten volgens de hiërarchische benadering van Noss (1990). Dit zorgt voor een conceptuele structuur waarin ecologische descriptors en processen beschouwd worden met betrekking tot hun onderlinge verbanden vanuit een ruimtelijk perspectief. De beschrijving van dit ruimtelijke perspectief vereist de inwinning van ruimtelijk dekkende waarnemingen over de samenstelling van ecotopen en levensgemeenschappen. Wanneer directe monitoring van structuren en/of functies moeilijk uitvoerbaar is, kunnen ecologisch onderbouwde typische soorten gebruikt worden als proxy's voor de structuren en/of functies waaraan die verbonden zijn.

### **2. Hoe wordt 'structuur en functie' beschreven in de profielfdocumenten van de Natura2000-habitattypen en past dit bij het antwoord op vraag 1?**

Een analyse van de Nederlandse profielfdocumenten voor de mariene habitattypen levert drie indicatoren op voor de definitie van een goede structuur en functie.

- Ecotopenstructuren: het mozaïek aan ecotopen binnen elk habitatype vormt een wezenlijk aspect van de structuur en functie van het habitat.
- Biotische structuren en functies: biomassa in relatie met de voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus; diversiteit/compleetheid van levensgemeenschappen m.b.t. soortenrijkdom, kinderkamerfunctie voor juveniele vis, levensduur en aanwezigheid van verschillende trofische niveaus, zoals microfytobenthos, zeegrassen, bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren worden genoemd in de profielfdocumenten. De functies van biotische structuren zijn hun interspecifieke faciliterende interacties (bv. mosselbanken die andere soorten faciliteren), hun voedselbron voor hogere trofische niveaus, en hun functies in stabilisatie/bioturbatie/irrigatie van sediment en nutriëntencycli.

- 
- Biogene structuren: aanwezigheid van biogene structuren als leefomgeving voor geassocieerde levensgemeenschappen en/of als voedsel voor overige bodemdieren, vissen en vogels is een belangrijk onderdeel binnen habitats/ecotopen die aparte vermelding krijgt in de profieldocumenten. Omvangrijke mosselbanken (in verschillende ontwikkelingsstadia) en zeegrasvelden zijn een belangrijk kwaliteitskenmerk voor H1110A en H1140A. Ingegraven schelpdierbanken van *Ensis* en *Spisula* zijn van belang als voedselbron voor vissen en vogels in H1110B.

De beoordeling van de parameter 'structuur en functie' zal ruimtelijk gestratificeerd moeten worden op het niveau van ecotopen en vervolgens geïntegreerd, rekening houdend met voorkomen/belang en omvang van de ruimtelijke eenheden (ecotopen/subhabitat/habitat/gebied).

**3. Zijn er bestaande indicatoren en maatlatten in gebruik, zowel nationaal (zoals de BISI voor de KRM en indicatoren toegepast in onderzoeksprojecten), als internationaal (door beheerinstanties ingezet voor het kwantificeren van structuur en functie)?**

In Nederland heeft de BISI zich bewezen als een robuuste indicator voor de KRM waarin, naast de gevoeligheid van soorten voor externe factoren (vooral bodemberoering) ook S&F-indicatoren zoals 'structuur voedselweb', 'habitatdiversiteit', 'bioturbatie' en 'typische soorten' worden meegenomen in de beoordeling. De BISI is gestoeld op een ruimtelijke dekkende monitoringsdataset in combinatie met een lijst van indicatorsoorten opgesteld op basis van een uitgebreide literatuurstudie en de raadpleging van deskundigen.

De gebruikte methodologie door overige lidstaten bij de evaluatie van de parameter 'structuur en functie' blijkt slecht toegankelijk te zijn en het lijkt erop dat de evaluatie van de Status van Instandhouding van de mariene habitattypen, door gebrek aan gegevens, veelal gebaseerd is op expert judgement.

**4. Kunnen er criteria worden voorgesteld voor potentiële indicatoren van structuur en functie voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren?**

Bij gebrek aan directe metingen van elementen voor S&F kan de BISI dienen als een indicator door het selecteren van indicatorsoorten op basis van hun bijdrage aan structuur en functie. De analyse van S&F van de HR-habitat(sub)typen kan het beste plaats te vinden door middel van een hiërarchische benadering op basis van ecotopen. Alle informatie verzameld voor de inrichting van de BISI<sub>v1</sub> in Wijnhoven & Bos (2017) zowel op het niveau van gebieden, habitattypen en ecotopen kan gebruikt worden in de toepassing van de ecotoopgerichte BISI<sub>v2</sub> (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019). Daarvoor is het aan te bevelen om ecotopenkaarten te ontwikkelen voor H1170, H1110B en H1110C.

Testresultaten voor de in deze studie ontwikkelde maatlat voor een BISI<sub>S&F</sub> laten zien dat er in potentie verschillen in ecologisch functioneren met betrekking tot onderscheiden structuren en functies kunnen worden aangetoond.

**5. Welke monitoringgegevens (waarnemingen) zijn vereist voor een adequate beoordeling van de voorgestelde indicatoren van structuur en functie voor de verschillende habitattypen in de Nederlandse mariene wateren en zijn de huidige meetnetten afdoende voor dit doel?**

De huidige monitoringprogramma's (MWTL/KRM, WOZEP, WOT, SIBES/SUBES) bieden een vaste corpus aan gegevens die in ieder geval in het huidige formaat/omvang behouden moet worden om robuuste uitspraken te kunnen formuleren over de ecologische status van de studiegebieden. Idealiter zouden de meeste monitoringprogramma's gebruik moeten maken van een gerandomiseerde bemonstering met stratificatie op basis van gebied, habitatsubtype en ecotoop ter vergroting van de ecologische informatie. Het gebruik van akoestische en videotechnieken zal uitgebreid moeten worden om informatie te kunnen verzamelen over de landschaps- en biogene-structuren.

Omdat directe metingen van structuur en vooral directe metingen van functies niet altijd makkelijk/mogelijk te realiseren zijn, zal, als proxy, vaak gebruik worden gemaakt van de aanwezigheid/dichtheid van bodemdiersoorten die bekend staan voor hun bijdrage aan structuur en functie. Er moet wel benadrukt worden dat deze proxy onvolledig is en idealiter zo veel mogelijk aangevuld moet zijn met directe waarnemingen van parameters van structuur en functie.



---

## 7.2 Vervolgstappen

Voor de definitieve berekening van een BISI<sub>S&F</sub> moeten nog de volgende stappen plaatsvinden:

- aggregatie van de recentste data over bodemdiervoorkomens uit lopende monitoringsprogramma's;
- beschikking krijgen over de recentste ecotopenkaarten van de Westerschelde, Oosterschelde en Waddenzee (incl. Eems-Dollard) om de bodemdierwaarnemingen er op te projecteren;
- optioneel: definitie en kartering van ecotopen in de Noordzee voor de Habitattypen H1110B (Noordzeekustzone), H1110C (Doggersbank) en H1170 (Riffen).

---

## 8 Kwaliteitsborging

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

---

# Literatuur

- Baptist, M.J., Van der Wal, J.T., De Groot, A.V., & Ysebaert, T.J.W., 2016. Ecotopenkaart Waddenzee volgens de ZES.1 typologie. Wageningen University & Research, Wageningen Marine Research rapport C103/16.
- Beauchard, O., S. Mestdagh, L. Koop, T. Ysebaert, P. Herman 2022. Benthic synecology in a soft sediment shelf: habitat contrasts and assembly rules of life strategies. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 682, 31–50.
- Beauchard O. 2023. The importance of trait selection on the meaning of functional diversity in benthic studies. *Front. Mar. Sci.* 10:1195595.
- Beek, I. van, M. Buitenkamp, M. Firet. 2021. Onderwaternatuur Waddenzee. Advies concretisering streefbeeld onderwaternatuur Waddenzee. Programma naar een Rijke Waddenzee. 57 pp.
- Bijlsma, R.J. & J.A.M. Janssen 2014. Structuur en functie van habitattypen; Onderdeel van de documentatie van Habitatrichtlijn artikel 17-rapportage 2013. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WO-technical report 33. 42 blz.; 1 fig.; 7 tab.; 5 ref.; 2 bijlagen.
- Bouma H., D.J. de Jong, F. Twisk, K. Wolfstein, 2005, Zoute wateren ecotopenStelsel (ZES.1). Rapport RIKZ/2005.024, ISBN 90-369-3449-4 Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ, Middelburg
- Delbosc, P., I. Lagrange, C. Rozo, F. Bensettiti, J.-B. Bouzillé, D. Evans, A. Lalanne, S. Rapinel, F. Bioret. 2021. Assessing the conservation status of coastal habitats under Article 17 of the EU Habitats Directive. *Biological Conservation*, Elsevier, vol. 254
- DG Environment 2017. Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Brussels. pp 188.
- Díaz, S. & M. Cabido. 2001. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. *TRENDS in Ecology & Evolution* Vol.16 No.11: 646-655.
- Didderen, K., S. Bouma, W. Lengkeek. 2011. Onderwater videobeelden van de zeebodem ten noorden van Ameland. Een test van een videoteknik als quick scan methode om benthos te inventariseren. Bureau Waardenburg bv. Rapport 11-140. 36 pp.
- Didderen, K., T.M. van der Have, E.L. Bravo Rebolledo, A. van Mastrigt, W.Lengkeek, S. Mulder. 2019. Doeluitwerking Klaverbank. Rapportnr. 18-079. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Dobben, H.F. van, J.A.M. Janssen & A.M. Schmidt. 2007. Structuur en functie van habitattypen: Nadere definiëring en monitoring in het kader van de Habitatrichtlijn. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1529
- Donk, S. van & M.J. Baptist, 2021. Validatie van het Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1) in de Waddenzee. Wageningen Marine Research rapport C093/21.
- Ellwanger, G., Runge, S., Wagner, M., Ackermann, W., Neukirchen, M., Frederking, W., Müller, C., Ssymank, A., Sukopp, U. (2018). Current status of habitat monitoring in the European Union according to Article 17 of the Habitats Directive, with an emphasis on habitat structure and functions and on Germany. *Nature Conservation* 29: 57–78.
- Escaravage, V. & L. van der Heijden. 2021. Ruimtelijke patronen van het benthos in de buitendelta van de Westerschelde. Een studie i.h.k.v. een mogelijke pilotsuppletie. WUR. Wageningen Marine Research. rapport C050/21. 53 pp.
- Franken O. 2021. Waddenmozaïek kopieert DISCLOSE methodiek in Waddenzee. DISCLOSE Nieuwsbrief 7, Stichting de Noordzee. <<https://discloseweb.webhosting.rug.nl/nl/projectresultaten/nieuwsbrieven/>>
- Goudswaard, P.C., K.J. Perdon, J. Jol, E. Hartog, M. van Asch & K. Troost, 2012. Het Bestand aan Schelpdieren in de Nederlandse Kustwateren in 2012. Imares, Rapport CO85/12.
- Hodgson, J. A., Moilanen, A., Wintle, B.A., & Thomas, C.D. 2011. Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation. *Journal of Applied Ecology*, 48(1), 148-152.
- Holzhauser, H., B.W. Borsje, J.A. van Dalen, K.M. Wijnberg, S.J. Hulscher, P.M.J. Herman. 2019. Benthic Species Distribution Linked to Morphological Features of a Barred Coast. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8, 16.
- IDON nieuwsbrief no 34. 2020. <https://www.noordzeeloket.nl/beleid/interdepartementaal/idon-nieuwsbrief/nieuwsbrief-integraal-beheer-noordzee-nummer-34>
- Investeringskader Waddengebied (2016) <<https://www.investeringskaderwaddengebied.nl/wp-content/uploads/2016/03/Investeringskader-Waddengebied-2016-2026-v2.pdf>>

- I&W/LNV. 2020. Marine Strategy (Part 2) for the Netherlands, Updating of the MSFD monitoring programme 2020-2026. pp.139.
- Jak, R.G., O.G. Bos, R. Witbaard, H.J. Lindeboom. 2009. Instandhoudingsdoelen Natura 2000-gebieden Noordzee. IMARES Wageningen UR. Rapport nummer C065/09. 858 pp
- Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knecht, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert. 2020. Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOTtechnical report 171. 97 blz.; 3 fig.; 12 tab.; 53 ref; 8 Bijlagen.
- JNCC. 2019. The UK Approach to assessing Conservation Status for the 2019 Article 17 reporting under the EU Habitats Directive. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough: 82 pp.
- Jong de, M. 2021. Wind op zee: kansen voor bodemdieren . DISCLOSE Nieuwsbrief 7, Stichting de Noordzee. <<https://discloseweb.webhosting.rug.nl/nl/projectresultaten/nieuwsbrieven/>>
- Kamermans, P., E. Kingma, K. Didden, W. Lengkeek, 2023. Monitoring platte-oesterbank Voordelta 2022. WUR-Wageningen Marine Research, Rapport C043/23.
- Lavorel, S. & E. Garnier. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Ecological Society, Functional Ecology*, 16, 545–556
- Maciejewski, L., F. Lepareur, D. Viry, F. Bensettiti, R. Puissauve, J. Touroult. 2016. État de conservation des habitats : propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site natura 2000. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 71 (1): 3-20
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van LNV [Min. IenW & Min. LNV] (2018). Mariene Strategie (deel 1): actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren; 2018-2024. Den Haag.
- MSCG (2022). Threshold values for the assessment of good environmental status under D6C4 and D6C5 – Recommendations from the Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity (TG Seabed). Marine Strategy Framework Directive (MSFD), Common Implementation Strategy, Marine Strategy Coordination Group (MSCG). (MSCG 31\_2022-WP-Seabed\_Threshold\_Values\_Proposal).
- Noss, R.F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* no 4 (4): 355-364.
- Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving. Het akkoord voor de Noordzee. 2020. [https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/180789/onderhandelaarsakkoord\\_voor\\_de\\_noordzee\\_juni\\_2020.pdf](https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/180789/onderhandelaarsakkoord_voor_de_noordzee_juni_2020.pdf)
- Paree, E, A.S. Kers, R. Jentink, J-R. Hendriks & M.J. Baptist (2021). Toelichting op de zoute ecotopenkaart Waddenzee 2017. RWS-CIV, RWS-WVL & WMR.
- Reijden K.J., van der, L.L. Govers, L. Koop, J.H. Damveld, P.M.J. Herman, S. Mestdagh, G. Piet, A.D. Rijnsdorp, GE Dinesen, M. Snellen, H. Olf. 2021b. Beyond connecting the dots: A multi-scale, multi-resolution approach to marine habitat mapping. *Ecological Indicators* 128
- Reijden K.J. van der, Koop L., Mestdagh S., Snellen M., Herman P.M.J., Olf H. and Govers L.L., 2021c Conservation Implications of Sabellaria spinulosa Reef Patches in a Dynamic Sandy-Bottom Environment. *Front. Mar. Sci.* 8:642659
- Schmidt, A.M. & Van der Sluis, T. (2021). E-BIND Handbook (Part A): Improving the availability of data and information on species, habitats and sites. Wageningen Environmental Research/ Ecologic Institute /Milieu Ltd. Wageningen, The Netherlands
- Troost, K., A.J. Pajmans, T. van Kooten, R. van Hal, K. Goudswaard, M. van Asch. 2014. Typische soorten van habitattypen in zoute wateren. Voorstellen voor herziening van de bestaande lijsten op basis van data analyse en expert inschattingen. IMARES Wageningen UR, Rapport C030/14. pp. 109.
- Vasquez Mickael, Allen Harriet, Manca Eleonora, Castle Lewis, Lillis Helen, Agnesi Sabrina, Al Hamdani Ziad, Annunziatellis Aldo, Askew Natalie, Bekkby Trine, Bentes Luis, Doncheva Valentina, Drakopoulou Vivi, Duncan Graeme, Gonçalves Jorge, Inghilesi Roberto, Laamanen Leena, Loukaidi Valia, Martin Simon, McGrath Fergal, Mo Giulia, Monteiro Pedro, Muresan Mihaela, Nikilova Christina, O'Keefe Eimear, Pesch Roland, Pinder Jordan, Populus Jacques, Ridgeway Amy, Sakellariou Dimitris, Teaca Adrian, Tempera Fernando, Todorova Valentina, Tunesi Leonardo, Virtanen Elina (2021). EUSeaMap 2021. A European broad-scale seabed habitat map. D1.13 EASME/EMFF/2018/1.3.1.8/Lot2/SI2.810241– EMODnet Thematic Lot n° 2 – Seabed Habitats EUSeaMap 2021 - Technical Report. <https://doi.org/10.13155/83528>
- Wijnhoven, S. 2018. T0 beoordeling kwaliteitstoestand NCP op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Toestand en ontwikkelingen van benthische habitats en KRM gebieden op de Noordzee in

- 
- en voorafgaand aan 2015. Rapport Ecoauthor & Wageningen Marine Research. Ecoauthor Report Series 2018 - 01, Heinkenszand, the Netherlands
- Wijnhoven, S. 2019. Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI): Protocol BISI for generic application (BISI v2), Version v311219 as an update of v181218. Ecoauthor Report Series 2019 - 05, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. 2022. Overzicht statistische analyses ten behoeve van monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden. MONS-project ID49 (Monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden – product 1 van 2). Ecoauthor Report Series 2022 - 01, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. 2023. Beoordeling kwaliteitstoestand Nederlandse deel Noordzee op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Toestand en ontwikkelingen van benthische habitats en HR-/KRM-gebieden gedurende 2016-2021 in vergelijking tot voorgaande jaren. Ecoauthor Report Series 2023 – 02, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. & P.H. Van Avesaath. 2019. Benthische Indicator Soorten Index (BISI) voor mariene habitattypen in Natura 2000-gebieden. Uitwerking beoordelingsmethodiek inclusief monitoringvoorstel voor mariene habitattypen van de Habitatrichtlijn gelegen in de Deltawateren, het Waddenzeegebied en de kustzone van de Noordzee. Ecoauthor Report Series 2019 - 03, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. & O. Bos. 2017. Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Ontwikkelingsproces en beschrijving van de Nationale Benthos Indicator Noordzee inclusief protocol voor toepassing. Rapport Ecoauthor 2017-2, Heinkenszand.
- Wijnhoven, S., G. Duineveld, M. Lavaleye, J. Craeymeersch, K. Troost, M. van Asch. 2013. Kaderrichtlijn Marien indicatoren Noordzee; Naar een uitgebalanceerde selectie van indicator soorten ter evaluatie van habitats en gebieden en scenario's hoe die te monitoren. Monitor Taskforce Publication Series 2013 – 02. NIOZ, Den Hoorn & Yerseke, Nederland
- Witbaard, R., Lavaleye, M.S.S., Duineveld, G.C.A., Bergman, M.J.N. (2013). Atlas of the megabenthos (inc. small fish) on the Dutch continental shelf of the North Sea. Royal Netherlands Institute for Sea Research Report 2013-4.
- WOZEP project team. 2016. Offshore wind energy ecological programme (Wozep) Monitoring and research programme 2017-2021. Royal HaskoningDHV. 69 pp.
- Ysebaert, T. & P.M.J. Herman. 2004. The assessment of the ecological status of coastal and transitional waters based on benthic macroinvertebrates: classification and intercalibration within the Water Framework Directive. NIOO-CEME Report 2004-1.
- Ysebaert, T.J.W., Van der Wal, J.T., Tangelder, M., De Groot, A.V. & Baptist, M.J. (2016). Ecotopenkaart voor het Eems-Dollard estuarium. IMARES Rapport C059/15.

---

# Verantwoording

WOT-technical report: 262  
WMR rapport C017/24  
BAPS-projectnummer: WOT-04-009-034.04

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door Oscar Bos (collega-onderzoeker) en Tammo Bult (lid managementteam Wageningen Marine Research).

## Akkoord Extern contactpersoon

functie: beleidsmedewerker Natura 2000 LNV  
naam: Annemiek Adams  
datum: 24 juni 2024

## Akkoord Intern contactpersoon

naam: Paul Hinssen  
datum: 20 juni 2024

---

# Bijlage 1 Tabellen van indicatorsoorten voor de BISI<sub>S&F</sub> met afleiding referentievoorkomen en gebruikte bronnen

In onderstaande tabellen is voor elke habitat(sub)type, en waar mogelijk op het niveau van ecotopen, een selectie gemaakt van relevante indicatorsoorten op basis van een minimale indicatiewaarde van 0,25. De tabellen tonen een overzicht van de indicatorsoorten die geselecteerd zijn voor de BISI ten behoeve van de algemene kwaliteitsbeoordeling (BISI v3) samen met de geselecteerde soorten ten behoeve van structuur en functie (Voedselwebfunctie; Structuurvormende functie; Biologische activatie functie) (BISI<sub>S&F</sub>) met bijbehorende indicatiewaarde ( $iv_i$ ). Soorten met  $iv_i=0$  zijn niet indicatief en worden niet in een beoordeling meegenomen. Daarnaast zijn in die tabellen de referentiewaarden voor het soortenvoorkomen (veelal gemiddelde dichtheid dan wel gemiddelde aan-/afwezigheid per monster) per onderscheiden ecotoop weergegeven. Ook de wijze waarop deze referentiewaarden verkregen zijn vanuit de monitoringdata (Wijnhoven & Van Avesaath, 2019) is vermeld, inclusief de referenties die zijn gebruikt voor de karakterisering van de indicatorsoorten (afleiding indicatiewaarden en affiniteit met de ecotopen). In geval van H1110B, H1110C en H1170 ontbreekt vooralsnog de relatie met ecotopen aangezien referentiewaarden op dit moment nog zijn afgeleid op het niveau van HR-gebieden.

De BISI<sub>S&F</sub> 'Assessment tool' inclusief afleiding en toepassing op testsets, inzetbaar voor gebruik, is beschikbaar via: <http://ecoauthor.net/bisi-sf-assessment-tool-for-marine-hd-habitats/>.

Let wel: Het gepresenteerde referentievoorkomen per soort ( $R_i$ ) is gebiedsafankelijk en wordt verkregen op basis van het percentuele voorkomen van onderscheiden (typische) ecotopen. De aangegeven indicatiewaarde per ecotoop wordt niet gebruikt voor het afleiden van een referentie; deze is enkel bedoeld voor de selectie van indicatorsoorten voor een (op basis van ecotopen) samengesteld gebied, en voor de beoordeling van de algemene kwaliteitstoestand per afzonderlijk ecotoop (waarin conform andere specifieke beoordelingen de ecotoopspecifieke  $iv_i$  per indicatorsoort wordt gebruikt voor de berekening van de ecotoop-specifieke BISI). Hiermee kan o.a. worden geëvalueerd welke ecotoop vooral de waargenomen kwaliteitsontwikkeling van het betreffende gebied bepaalt, waar dat het resultaat van een kwaliteitsverandering of verschuiving in ecotopensamenstelling kan betreffen.

Hoewel de BISI<sub>S&F</sub> niet zo zeer de kwaliteitstoestand ten gevolge van verstoringen evalueert maar uitsluitend de compleetheid van structuren en functies, kan een en ander in de praktijk nauwelijks los van elkaar worden gezien (in geval van onverstoorde situatie en daarmee goede kwaliteitstoestand wordt verondersteld dat ook structuur en functie in orde zal zijn en vice versa). Zodoende wordt hier ook de selectie van indicatorsoorten ten behoeve van de algemene kwaliteitstoestand gegeven (in kolom 'Indicator Species general quality', waar potentiële indicatorsoorten worden geselecteerd ( $iv_i=1$ ) indien soorten ofwel karakteristiek zijn voor het betreffende habitattype (algemeen of veelvoorkomend onder goede kwaliteitsomstandigheden en minder algemeen of afwezig in andere habitattypes), ofwel indicatief voor één van de dominante drukfactoren die kunnen spelen in het betreffende habitattype, ofwel een gesommeerde indicatiewaarde van ten minste 0.75 m.b.t de species traits 'potentieel grote soort', 'potentieel langlevende soort' en 'potentieel frequent veel nakomelingen', waarbij de benodigde monitoringinspanningen om verschillen in het vóórkomen van de soort te kunnen aantonen in overeenstemming dienen te zijn met het voorgenomen monitoringsprogramma (voldoende power) en soorten indien afwezig naar verwachting potentieel zouden kunnen terugkeren (aanwezig in wijde omgeving); zie Wijnhoven (2019).

Gebruikte waarden ter indicatie van de manier waarop de referentiewaarde is verkregen:

Avg = representatief jaargemiddelde waarde in geval van aanwezigheid referentiegebied;

Max = maximum jaargemiddelde waarde op basis van recent historische data;

stdev = standaarddeviatie;

T0 = jaargemiddelde waarde als waargenomen in het uitgangsjaar (jaar van ontwikkeling methodiek of van eerste beoordeling en daarmee het jaar waarmee toekomstige beoordelingen worden vergeleken);

---

1sample = een dichtheid vergelijkbaar met de aanwezigheid van één individu in 1 monster van het betreffende standaard meetnet;

wavg = gewogen gemiddelde van verschillende gebieden gebaseerd op het aantal monsters per gebied;

In het geval dat de ecotoop-code wordt genoemd, wordt (veelal in afwezigheid van specifieke data) gebruik gemaakt van de referentie van het genoemde andere ecotoop.



**Tabel B1a H1110a Permanent overstromde zandbanken – getijdegebied.**

HD habitat type H1110a Indicator species	Type of benthos data	Ecotopes			Sampling technique	Indicator species general quality	Foodweb importance G	Habitat diversity importance H	Biological activation importance I	Reference density (n/m2)			Derivation methodology reference			References
		Sublittoral	Sublittoral	Sublittoral						Sublittoral	Sublittoral	Sublittoral	Sublittoral	Sublittoral	Sublittoral	
		Deep	Shallow	Shallow						Deep	Shallow	Shallow	Deep	Shallow	Shallow	
		Z2.1X2	Z2.113	Z2.123						Z2.1X2	Z2.113	Z2.123	Z2.1X2	Z2.113	Z2.123	
<i>Allitta virens</i>	Densities	0,125	0,25	1	Boxcore	1	0	0	1	0,000	1,915	3,830	Max	0,5*Z2.123	2*max	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); Wijnhoven & Hummel (2009); Read & Fauchald (2018)
<i>Bathyporeia pelagica</i>	Densities	0	1	0,125	Boxcore	0	0,5	0	0,5	0,000	5,566	0,000	Max	2*max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Boccardiella ligERICA</i>	Densities	1	1	1	Boxcore	0	0,5	0,5	0,5	11,300	14,100	5,100	1sample	1sample	1sample	Van Moorsel (2005); Wijnhoven & Hummel (2009); Read & Fauchald (2018)
<i>Buccinum undatum</i>	Densities	1	1	1	Dredge	0	0	0	0	0,667	0,800	0,308	1sample	1sample	1sample	MarLIN (2006); Daan et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Carcinus maenas</i>	Densities	0,25	1	1	Dredge	1	0,5	0	0,5	0,500	0,462	0,470	Max	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Queirós et al. (2013); WoRMS (2018)
<i>Cerastoderma edule</i>	Densities	0,125	0,375	1	Dredge	1	1	1	0,5	0,000	0,733	1,030	Max	2*max	2*max	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Conopeum sp.</i>	Pres/Abs	0,125	1	0,25	Boxcore	1	0	0	0	0,000	0,200	0,200	Max	2*Z2.123	0,5*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Bock & Gordon (2018)
<i>Corophium volutator</i>	Densities	0	0	1	Boxcore	0	1	0	0,25	11,300	0,000	48,451	1sample	Max	2*max	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Echinocardium cardatum</i>	Densities	0,25	1	1	Dredge	1	0,5	0	0,5	4,525	15,399	25,873	2*max	2*max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Queirós et al. (2013); Kroh & Mooi (2018)
<i>Einhornia sp.</i>	Pres/Abs	0,125	1	0,25	Boxcore	0	0	0	0	0,000	0,250	0,023	Max	1sample	1sample	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Ballerstedt (2006); Bock & Gordon (2018)
<i>Fabulina fabula</i>	Densities	0,25	1	1	Dredge	1	0	0	0	1,437	3,030	2,875	0,5*Z2.123	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	1	1	0,375	Boxcore	1	1	1	1	101,051	101,051	82,962	Z2.113	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Macoma balthica</i>	Densities	0,125	1	1	Boxcore	1	1	0,5	0,5	40,480	80,961	33,720	0,5*Z2.113	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Densities	0,125	0,375	1	Dredge	1	1	0	0	0,000	1,270	1,667	Max	2*max	Max+stdev	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven & Bos (2017); WoRMS (2018a)
<i>Metridium senile</i>	Densities	0,375	1	0,125	Dredge	0	0	1	0	0,667	0,800	0,000	1sample	1sample	Max	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Troost et al., 2014; WoRMS (2023)
<i>Mya arenaria</i>	Densities	0,125	0,125	1	Boxcore	1	0,5	0,5	1	4,596	9,192	71,532	0,5*Z2.113	Max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Wijnhoven & Hummel (2009); MolluscaBase (2018)
<i>Mytilus edulis</i>	Densities	0,25	1	0,375	Boxcore	1	1	1	0	3,568	3,568	3,568	Z2.123	2*max	2*max	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Nephtys hambergii</i>	Densities	0,125	0,25	1	Boxcore	1	1	0	0,5	5,305	10,610	30,617	0,5*Z2.113	Max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Ophiura ophiura</i>	Densities	0,375	0,25	1	Boxcore	1	0	0	0	0,316	0,316	0,631	0,5*Z2.123	0,5*Z2.123	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); Wijnhoven & Bos (2017); Stöhr et al. (2018)
<i>Pagurus bernhardus</i>	Densities	0,125	1	0	Boxcore	0	0	0	0	0,000	1,255	0,628	Max	2*Z2.123	Max	MarLIN (2006); Wijnhoven & Bos (2017); Lemaitre & McLaughlin (2018)
<i>Portumnus latipes</i>	Densities	0,25	1	0,125	Dredge	0	0	0	0,5	0,667	0,800	0,000	1sample	1sample	Max	Adema (1991); Borja et al. (2000); WoRMS (2018b)
<i>Pygospio elegans</i>	Densities	0	0	1	Boxcore	1	0,5	0,5	0,5	461,946	923,893	6149,326	0,5*Z2.113	2*max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Sagartia troglodytes</i>	Densities	0,25	0,125	1	Dredge	1	0	0	0	0,083	0,042	0,167	0,5*Z2.123	0,25*Z2.123	2*max	Borja et al. (2000); Bos et al. (2011); Daly & Fautin (2018); De Kluijver & Ingalsuo (2018)
<i>Scoloplos armiger</i>	Densities	0,25	1	1	Boxcore	1	0	0	0,5	317,588	1111,558	453,724	Max	2*max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Spio martinensis</i>	Densities	0,25	1	0,375	Boxcore	1	0	1	1	102,564	666,667	420,556	2*max	Max	Max	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)

**Tabel B1b** H1110b Permanent overstromde zandbanken – kustzone Noordzee.

HD habitat type H1110b Indicator species	Type of benthos data	Sampling technique	Indicator Species General quality	Foodweb		Habitat diversity		Biological lactivation of seafloor toplayer	Reference density (n/m <sup>2</sup> ) Monitoring focused on H1110b habitat	Derivation methodology reference	References
				G	H	I	H1110b				
<i>Abra alba</i>	Densities	Dredge	1	1	0,5	1	29,166	2*T2015	29,166	2*T2015	Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Bathyporeia elegans</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	153,632	wavg(HD-areas)	153,632	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Buccinum undatum</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,011	wavg(HD-areas)	0,011	wavg(HD-areas)	MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Donax vittatus</i>	Densities	Dredge	1	1	0,5	0	1,797	wavg(HD-areas)	1,797	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Gittenberger & van Loon (2013)
<i>Echinocardium cordatum</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	60,300	wavg(HD-areas)	60,300	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Queirós et al. (2013); Kroh & Mooi (2018)
<i>Euspira nitida</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	0	28,604	wavg(HD-areas)	28,604	wavg(HD-areas)	Heinis & Deerenberg (2011); De Bruyne et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Hamon et al. (2020)
<i>Fabulina fabula</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	306,860	wavg(HD-areas)	306,860	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	Boxcore	1	1	1	1	1989,266	wavg(HD-areas)	1989,266	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	0,902	wavg(HD-areas)	0,902	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); WoRMS (2018)
<i>Lutraría lutraría</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,944	2*T2015	0,944	2*T2015	Kerr (1981); Borja et al. (2000); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Macoma balthica</i>	Densities	Dredge	1	1	0,5	0	65,978	NZKZ	65,978	NZKZ	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Mactra stultorum</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,026	wavg(HD-areas)	0,026	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2023)
<i>Magelona johnstoni + M. filiformis</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	3166,468	wavg(HD-areas)	3166,468	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Nephtys cirrosa</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	137,064	wavg(HD-areas)	137,064	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Nephtys hombergii</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	107,736	wavg(HD-areas)	107,736	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Ophiura ophiura</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	10,473	wavg(HD-areas)	10,473	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); Wijnhoven et al. (2013); Stöhr et al. (2018)
<i>Owenia fusiformis</i>	Densities	Boxcore	1	1	1	1	73,620	wavg(HD-areas)	73,620	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Paguridae</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,705	wavg(HD-areas)	0,705	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013); Lemaitre & McLaughlin (2018)
<i>Pontocrates altamarinus</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	0	51,096	wavg(HD-areas)	51,096	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); Bos et al. (2011); Wijnhoven et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Spiophanes bombyx</i>	Densities	Boxcore	1	0	0,75	1	1911,812	wavg(HD-areas)	1911,812	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Spisula subtruncata</i>	Densities	Dredge	1	1	0,75	1	87,455	wavg(HD-areas)	87,455	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); Baptist & Leopold, 2009; Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Urothoe poseidonis</i>	Densities	Boxcore	1	0,5	0	0	770,988	wavg(HD-areas)	770,988	wavg(HD-areas)	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Wijnhoven et al. (2013); Horton et al. (2018)

Referentievoorkomen (R<sub>i</sub>) indicatorsoorten H1110b (en waarnemingen in geval van beoordeling; O<sub>i</sub>) in geval berekend als gewogen gewicht van de te onderscheiden gebieden:

$$O_{H1110b} = 0,736*(O_{H1110b_{ov}}) + 0,156*(O_{NZKZ}) + 0,089*(O_{VD}) + 0,019*(O_{VvdR})$$

$$\text{Met } stdev_{H1110b} = ((0,7362*(stdev_{H1110b_{ov}})^2)/(O_{H1110b_{ov}})^2 + (0,1562*(stdev_{NZKZ})^2)/(O_{NZKZ})^2 + (0,0892*(stdev_{VD})^2)/(O_{VD})^2 + (0,0192*(stdev_{VvdR})^2)/(O_{VvdR})^2) * O_{H1110b}^{0,5}$$

waarbij H1110b\_ov = het vergelijkbare habitattype gelegen buiten HR-gebieden; NZKZ = Noordzeekustzone; VD = Voordelta; VvdR = Vlakte van de Raan.

**Tabel B1c** H1110c Permanent overstromde zandbanken – Doggersbank.

HD habitat type H1110c Indicator species	Type of benthos data	Sampling technique	Indicator Species General quality	Foodweb			Biological activation of seafloor top layer	Reference density (n/m <sup>2</sup> )	Derivation methodology reference	References
				G	H	I		Monitoring focused on H1110c habitat		
<i>Acrocnida brachiata</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	160,920 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013);	
<i>Alcyonium digitatum</i>	Densities	Dredge	1	0	0,5	0	0,006 max		MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Aphrodita aculeata</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,420 2*(max+stdev)		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013)	
<i>Arctica islandica</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,602 2*(max+stdev)		Bergman et al. (2000); MarLIN (2006); OSPAR Commission (2008); Van Moorsel (2005); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Astropecten irregularis</i>	Densities	Dredge	1	0	0,5	0	1,195 max+stdev		MarLIN (2006); NMNI (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Bathyporeia elegans</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	490,375 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	100,585 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Buccinum undatum</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,184 2*(max+stdev)		MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)	
<i>Corystes cassivelaunus</i>	Densities	Dredge	1	1	0	1	1,595 max+stdev		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Echinocyamus pusillus</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	36,863 max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013); Warwick & Pearce, 2020	
<i>Ensis ensis</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	5,332 max+stdev		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Ensis siliqua</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	1,144 max+stdev		Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Euspira nitida</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	0	57,688 max		Heinis & Deerenberg (2011); De Bruyne et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Hamon et al. (2020)	
<i>Fabulina fabula</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	331,013 max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)	
<i>Gari fervensis</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	1,184 max+stdev		MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Goniada maculata</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	0	92,950 max		Borja et al. (2000); Pearson et al. (1982)	
<i>Iphinoe trispinosa</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	18,300 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Kurtiella bidentata</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	1287,500 max		Borja et al. (2000); Gittenberger & van Loon (2013); Leonardsson et al. (2015); Gallmetzer et al. (2017)	
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	Boxcore	1	1	1	1	474,040 max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)	
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	0,175 max+stdev		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); WoRMS (2018)	
<i>Luidia sarsii</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,040 2*(max+stdev)		Borja et al. (2000); Sonnewald & Türkay (2012)	
<i>Magelona johnstoni + M. filiformis</i>	Densities	Boxcore	1	1	0	1	775,638 max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)	
<i>Nephtys assimilis</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	12,813 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Nephtys cirrosa</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	43,263 max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)	
<i>Nephtys hombergii</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	181,420 max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)	
<i>Neptunea antiqua</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,010 2*(max+stdev)		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Green et al. (2017)	
<i>Ophiathrix fragilis</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,075 2*(max+stdev)		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Dupont et al. (2008); Gittenberger & van Loon (2013)	
<i>Ophiura ophiura</i>	Densities	Dredge	1	1	0	0	0,166 max+stdev		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); Wijnhoven et al. (2013); Stöhr et al. (2018)	
<i>Owenia fusiformis</i>	Densities	Boxcore	1	1	1	1	73,713 max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Paguridae</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,728 max+stdev		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013); Lemaitre & McLaughlin (2018)	
<i>Psammechinus miliaris</i>	Densities	Dredge	1	0	0	0	0,423 max+stdev		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2011); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Sigalion mathildae</i>	Densities	Boxcore	1	0	0	0	52,888 max		Craeymeersch et al. (2000); Van Moorsel (2011); Wijnhoven et al. (2013)	
<i>Spiophanes bombyx</i>	Densities	Boxcore	1	0	0,75	1	3730,780 max		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)	
<i>Urothoe poseidonis</i>	Densities	Boxcore	1	0,5	0	0	125,000 max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Wijnhoven et al. (2013); Horton et al. (2018)	

**Tabel B1d** H1130 Estuaria.

HD habitat type H1130	Indicator species	Ecotopes								Sampling technique	Indicator species general quality	Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	Reference density (n/m2)							
		Meso-haline	Meso-haline	Meso-haline	Meso-haline	Poly-halir	Poly-haline	Poly-haline	Poly-haline						Mesohaline	Mesohaline	Mesohaline	Mesohaline	Polyhaline	Polyhaline	Polyhaline	Polyhaline
		High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	High-dyn	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic						High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic
		Sublitora	Sublitora	Litoral	Litoral	Sublitora	Sublitora	Litoral	Litoral						Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral
Type of benthos data	V2.11	V2.12	V2.21	V2.22	Z2.11	Z2.12	Z2.21	Z2.22		G	H	I	V2.11	V2.12	V2.21	V2.22	Z2.11	Z2.12	Z2.21	Z2.22		
<i>Abra alba</i>	Densities	0	0	0	1	0,375	0	0,25	0,25	(Box)core	1	1	0	0,5	0,000	0,000	0,000	68,087	59,119	40,204	100,000	200,000
<i>Arenicola marina</i>	Densities	0,25	1	0,25	1	0,125	0,25	0,25	0,375	(Box)core	1	0,75	0,5	1	5,333	14,933	23,810	79,093	3,922	133,333	16,667	54,545
<i>Bathyporeia pelagica</i>	Densities	0,25	0	0	1	0,125	0	0	0,25	(Box)core	1	0	0	10,667	14,933	38,095	142,018	58,701	0,000	7,407	71,009	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Densities	1	0,375	0,375	1	0,125	0,125	0,25	0,375	(Box)core	1	1	0	0	331,856	533,333	962,963	3880,000	227,451	3200,000	1933,333	1279,570
<i>Cerastoderma edule</i>	Densities	0,125	0,125	0,125	1	0,125	0,25	0,25	1	Shovel	1	1	1	0,5	0,000	0,000	0,714	7,848	59,725	78,571	166,115	337,865
<i>Corophium arenarium</i>	Densities	0	0,125	0,125	1	0	0,125	0,125	0,25	(Box)core	1	1	0	0,25	14,815	29,630	295,238	1399,641	2,667	5,333	718,519	1986,667
<i>Corophium volutator</i>	Densities	0,25	0,125	0,25	1	0	0,125	0,125	0,25	(Box)core	1	1	0	0,25	682,399	1369,427	1570,202	10963,991	3,571	14,815	1388,889	3100,000
<i>Crangon crangon</i>	Densities	0,125	0,125	0,125	1	0,125	0,125	0,125	0,25	(Box)core	1	1	0	0,25	15,924	12,987	112,402	120,000	6,705	66,667	39,809	152,350
<i>Ecrobia ventrosa</i>	Densities	0	0	0	1	0	0	0	0	(Box)core	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	1,448	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Eteone flava agg.</i>	Densities	0,375	0,125	0,375	1	0,125	0,25	0,25	0,375	(Box)core	1	0	0	0	32,190	50,377	138,382	93,333	4,019	23,932	47,771	100,000
<i>Eurydice pulchra</i>	Densities	0,25	0,25	0,25	1	0,125	0,125	0,125	0,25	(Box)core	1	0	0	0	47,222	33,333	118,519	100,000	32,680	0,000	78,681	25,000
<i>Gammarus salinus</i>	Densities	1	0	0	0	0,25	0	0	0	(Box)core	1	0	0	0	37,333	0,000	0,000	0,000	2,339	0,000	0,000	0,000
<i>Hediste diversicolor</i>	Densities	0,25	0,25	0,25	1	0,25	0,25	0,25	1	(Box)core	1	1	0	1	11,111	5,556	173,934	1333,333	101,235	44,444	100,000	504,016
<i>Heteromastus filiformis</i>	Densities	1	1	0,375	1	0,375	0,375	0,25	1	(Box)core	1	0,5	0	0	521,429	2266,667	2880,000	9186,667	444,444	5800,000	4308,333	12851,852
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	0	0	0	0	1	1	0	1	(Box)core	1	1	1	1	2,778	0,000	0,000	0,000	74,510	106,667	58,333	48,485
<i>Macoma balthica</i>	Densities	0,125	0,375	0,25	1	0,125	0,25	0,125	1	Shovel	1	1	0,5	0,5	72,476	160,000	70,516	278,970	46,290	54,464	129,421	580,156
<i>Mya arenaria</i>	Densities	0,25	0,25	0,25	0,25	1	1	1	1	Shovel	1	1	0,5	1	5,455	5,455	1,250	9,091	0,323	8,000	1,944	15,718
<i>Mytilus edulis</i>	Densities	1	0,25	0,25	0,125	0,375	0,25	0,25	0,125	(Box)core	1	1	1	0	320,988	320,988	26,667	0,000	77,381	80,000	8,333	8,333
<i>Nephtys cirrosa</i>	Densities	0,125	0	0	0	1	0,25	0,25	1	(Box)core	1	0	0	0	3,175	0,000	11,111	0,000	69,094	36,687	82,051	53,333
<i>Nephtys hombergii</i>	Densities	0	0	0	0,25	0,25	0,25	0,25	1	(Box)core	1	0	0	0,5	3,033	0,000	0,000	16,667	17,333	161,947	71,712	90,655
<i>Peringia ulvae</i>	Densities	0,25	0,25	0,25	1	0,125	0,125	0,25	0,375	(Box)core	1	1	0	0	26,667	66,667	880,000	2693,333	40,036	66,667	4552,381	6078,788
<i>Pygospio elegans</i>	Densities	1	0,25	1	1	0,25	1	1	1	(Box)core	1	0,5	0,5	0,5	135,802	133,333	2800,000	13613,333	160,494	266,667	1216,667	7408,333
<i>Scoloplos armiger</i>	Densities	0	0,25	0	0,125	0,375	0,375	0,375	1	(Box)core	1	0	0	0,5	3,704	11,111	7,407	11,111	99,357	333,333	261,169	360,956
<i>Scrobicularia plana</i>	Densities	0	0	0,25	1	0	0,125	0,25	0,375	Shovel	0	1	0	0,5	0,909	0,000	10,000	105,989	1,129	0,000	3,869	94,247
<i>Spio martinensis</i>	Densities	0,375	0,25	0,25	0,375	0,375	0,375	0,375	1	(Box)core	1	0	1	1	30,769	15,385	19,048	0,036	169,333	88,889	111,111	113,333
<i>Spiophanes bombyx</i>	Densities	0,125	0	0	0,25	0,375	0,375	0,125	1	(Box)core	0	0	0,75	1	5,333	0,000	4,040	1,852	43,137	80,091	14,815	43,912

(vervolg tabel op volgende pagina)

**Tabel B1d** H1130 Estuaria (vervolg).

HD habitat type H1130	Derivation methodology reference									References
	Mesohaline	Mesohaline	Mesohaline	Mesohaline	Polyhaline	Polyhaline	Polyhaline	Polyhaline	Polyhaline	
Indicator species	High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic	
	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral	Litoral	
	V2.11	V2.12	V2.21	V2.22	Z2.11	Z2.12	Z2.21	Z2.22	Z2.22	
<i>Abra alba</i>	Max	Max	Max	2*(max+stdev)	Max	Max	0,5*Z2.22	2*(max+stdev)		Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Maris et al. (2013); Wijnhoven & Bos (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Arenicola marina</i>	Max	2*(max+stdev)	Max	2*(max+stdev)	Max	2*(max+stdev)	Max	Max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Bathyporeia pelagica</i>	Max	2*(max+stdev)	Max	2*(max+stdev)	2*max	2*(max+stdev)	Max	0,5*V2.22		Borja et al. (2000); Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Bos et al. (2011); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Cerastoderma edule</i>	Max	Max	Max	2*(max+stdev)	Max	Max	Max	Max		MarLIN (2006); Maris et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Corophium arenarium</i>	Max	2*V2.11	Max	Max	Max	2*Z2.11	Max	Max		Flach et al. (1993); Bos et al. (2011); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Corophium volutator</i>	Max	Max	Max	Max+stdev	Max	Max	Max	Max		Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Crangon crangon</i>	Max	Max	2*max	Max	Max	Max	Max	Max+stdev		Borja et al. (2000); Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); WoRMS (2018)
<i>Ecrobia ventrosa</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		De Bruyne et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Eteone flava</i> agg.	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Max	Max	2*max	Max	Max		Bos et al. (2011); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Eurydice pulchra</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Boyko et al. (2018)
<i>Gammarus salinus</i>	Max	Max	Max	Max	2*max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Horton et al. (2018)
<i>Hediste diversicolor</i>	Max	0,5*V2.11	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Heteromastus filiformis</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); Bremner (2005); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Lanice canchilega</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Compton et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Macoma balthica</i>	Max	Max	Max	Max+stdev	Max	Max+stdev	Max	Max+stdev		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Maris et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Mya arenaria</i>	2*(max+stdev)	V2.11	2*(max+stdev)	2*(max+stdev)	2*max	2*max	2*max	Max+stdev		Kleef (1991); Borja et al. (2000); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Mytilus edulis</i>	2*max	V2.11	2*max	Max	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Nephtys cirrosa</i>	Max	Max	Max	Max	Max+stdev	Max+stdev	2*max	2*max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Nephtys hombergii</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max+stdev	max+stdev	max+stdev		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Peringia ulvae</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		MarLIN (2006); Maris et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Pygospio elegans</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Scoloplos armiger</i>	Max	V2.22	Max	0,5*Max	Max+stdev	Max	Max+stdev	Max+stdev		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Scrobicularia plana</i>	Max	Max	Max	Max+stdev	Max	Max	Max	Max+stdev		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsele (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Maris et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Spio martineis</i>	Max	0,5*V2.11	Max	2samples	Max	Max	Max	Max		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Spiophanes bombyx</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Max+stdev	Max	Max+stdev		Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)

**Tabel B1e** Bij eb drogvallende slikwadden en zandplaten – getijdengebied.

HD habitat type H1140a	Indicator species	Ecotopes			Type of benthos data	Sampling technique	Indicator species general quality	Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	Reference density (n/m2)		
		High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic							High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic
		Litoral	Litoral	Litoral						Litoral	Litoral	Litoral	
			Low	Middle to high							Low	Middle to high	
		Z2.21	Z2.221	Z2.222/Z2.223			G	H	I	Z2.21	Z2.221	Z2.222/Z2.223	
	<i>Abra tenuis</i>	Densities	0,25	0,125	1	Handcore	1	0,5	0	0,5	3,702	0,474	14,333
	<i>Alitta virens</i>	Densities	0,375	1	0,375	Handcore	1	0	0	1	3,265	3,035	10,026
	<i>Arenicola sp.</i>	Densities	0,25	1	0,375	Handcore	1	1	0,5	1	13,858	38,211	87,150
	<i>Buccinum undatum</i>	Densities	0	0	0	Dredge	0	0	0	0	0,029	0,029	0,029
	<i>Carcinus maenas</i>	Densities	0,375	0,25	1	Dredge	1	0,5	0	0,5	9,297	12,199	14,005
	<i>Cerastoderma edule</i>	Densities	0,125	0,25	1	Dredge	1	1	1	0,5	22,923	308,311	724,285
	<i>Corophium volutator</i>	Densities	0,375	0,25	1	Handcore	0	1	0	0,25	18,235	649,638	1910,213
	<i>Crangon crangon</i>	Densities	0,25	1	0,25	Dredge	1	1	0	0	1,610	3,346	1,610
	<i>Gammarus locusta</i>	Densities	1	0,125	0,375	Handcore	1	0,5	0	0,25	64,399	20,674	51,799
	<i>Hediste diversicolor</i>	Densities	0,25	0,375	1	Handcore	1	1	0	1	76,991	75,411	284,113
	<i>Heteromastus filiformis</i>	Densities	0,25	0,375	1	Handcore	1	0,5	0	0	18,679	114,573	134,883
	<i>Lanice conchilega</i>	Densities	1	0,375	0,25	Handcore	1	1	1	1	453,564	319,212	322,314
	<i>Littorina littorea</i>	Densities	0,125	0,25	1	Dredge	1	1	0	0	42,206	30,710	218,128
	<i>Macoma balthica</i>	Densities	0,125	0,375	1	Dredge	1	1	0,5	0,5	0,000	15,806	40,491
	<i>Macomangulus tenuis</i>	Densities	0,125	0,125	1	Handcore	0	0,5	0	0,5	13,693	2,976	10,439
	<i>Mya arenaria</i>	Densities	0,375	1	1	Dredge	1	0,5	0,5	1	34,286	37,662	47,043
	<i>Mytilus edulis</i>	Densities	1	1	0,25	Dredge	1	1	1	0	84,197	168,393	237,454
	<i>Nephtys hombergii</i>	Densities	0,25	1	0,25	Handcore	1	1	0	0,5	36,312	34,167	25,677
	<i>Peringia ulvae</i>	Densities	0,125	0,25	1	Handcore	1	1	0	0	25,664	510,262	2481,103
	<i>Pygospio elegans</i>	Densities	0,375	0,25	1	Handcore	1	0,5	0,5	0,5	4579,886	5135,881	6002,007
	<i>Retusa obtusa</i>	Densities	0,25	1	0,25	Handcore	0	0	0	0,25	5,850	5,850	11,700
	<i>Scoloplos armiger</i>	Densities	1	0,375	0,125	Handcore	1	1	0	0,5	556,046	510,605	654,278
	<i>Scrobicularia plana</i>	Densities	0,125	0,125	1	Dredge	0	1	0	0,5	0,000	0,100	7,531

(vervolg tabel op volgende pagina)

**Tabel B1e** Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – getijdengebied (vervolg).

HD habitat type H1140a	Derivation methodology reference			References
	High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic	
Indicator species	Litoral	Litoral	Litoral	
		Low	Middle to high	
	<b>Z2.21</b>	<b>Z2.221</b>	<b>Z2.222/Z2.223</b>	
<i>Abra tenuis</i>	0,25*(Z2.221+Z2.222/Z2.223)	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Kraan et al. (2007); Daan et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Alitta virens</i>	0,25*(Z2.221+Z2.222/Z2.223)	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); Wijnhoven & Hummel (2009); Read & Fauchald (2018)
<i>Arenicola sp.</i>	2*max	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Buccinum undatum</i>	1sample	1sample	1sample	MarLIN (2006); De Bruyne et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Carcinus maenas</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Queirós et al. (2013); Folmer et al. (2017); WoRMS (2018)
<i>Cerastoderma edule</i>	Max	Max+stdev	Max+stdev	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Corophium volutator</i>	2*max	Max+stdev	Max+stdev	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Horton et al. (2018)
<i>Crangon crangon</i>	Z2.222/Z2.223	2*max	2*Max	Borja et al. (2000); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Kraan et al. (2007); Maris et al. (2013); WoRMS (2018)
<i>Gammarus locusta</i>	Max+stdev	Max	Max+stdev	van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Kraan et al. (2007); Horton et al. (2013)
<i>Hediste diversicolor</i>	2*max	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Heteromastus filiformis</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Bremner (2005); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Lanice conchilega</i>	Max+stdev	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Macoma balthica</i>	2*max	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Littorina littorea</i>	Max	2*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Kraan et al. (2007); MolluscaBase (2018)
<i>Macomangulus tenuis</i>	Max	2*max	2*(max+stdev)	Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); Daan et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Mya arenaria</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Mytilus edulis</i>	0,5*Z2.221	2*max	2*max	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Nephtys hombergii</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Peringia ulvae</i>	2*max	2*max	2*max	Hiscock et al. (2004); Marlin (2006); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)
<i>Pygospio elegans</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Retusa obtusa</i>	0,5*Z2.222/Z2.223	0,5*Z2.222/Z2.223	Max+stdev	Hiscock et al. (2004); Kraan et al. (2007); De Bruyne et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Scoloplos armiger</i>	2*max	Max+stdev	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Folmer et al. (2017); Read & Fauchald (2018)
<i>Scrobicularia plana</i>	Max	Max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Folmer et al. (2017); MolluscaBase (2018)

**Tabel B1f** Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – Noordzee kustzone.

HD habitat type H1140b	Indicator species	Ecotopes		Sampling technique	Indicator species general quality	Food web importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	Reference density	Derivation methodolog	References
		Litoral	Litoral						Litoral	Litoral	
	Type of benthos data	Coarse sediment	Sand		G	H	I	Z2.2Xz	Z2.2Xz		
<i>Bathyporeia pelagica</i>	Densities	1	1	Core	1	0,5	0	0,5	34,699	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Densities	0,125	1	Core	1	1	0	0	50,646	Max	Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Van Moorsel (2005); Bos et al. (2011); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Cerastoderma edule</i>	Densities	0,125	1	Dredge	1	1	1	0,5	22,884	Max	Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Corophium arenarium</i>	Densities	0,125	1	Core	0	1	0	0,25	104,910	Max	Flach et al. (1993); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); Horton et al. (2018)
<i>Crangon crangon</i>	Densities	1	1	Core	1	1	0	0,25	8,613	2*max	Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Eteone flava agg.</i>	Densities	1	1	Core	1	0	0	0,5	103,359	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Eurydice pulchra</i>	Densities	0,125	1	Core	1	0	0	0	0,995	1sample	Janssen & Mulder (2005); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Boyko et al. (2018)
<i>Gammarus crinicornis</i>	Densities	1	0,25	Core	0	0	0	0	0,995	1sample	Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); De Kluijver & Ingalsuo (2018); Horton et al. (2018)
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Densities	1	0,375	Core	0	0,5	0	0,25	4,430	Max	Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); Mees & Meland (2012)
<i>Haustorium arenarium</i>	Densities	0,25	1	Core	1	0,5	0	0,25	0,601	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); Horton et al. (2018)
<i>Hediste diversicolor</i>	Densities	0,25	1	Core	1	1	0	1	23,355	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Heteromastus filiformis</i>	Densities	0,25	1	Core	1	0,5	0	0	578,073	Max	Borja et al. (2000); Bremner (2005); Janssen & Mulder (2005); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	1	0,375	Core	1	1	1	1	1291,990	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Macoma balthica</i>	Densities	0,125	1	Dredge	1	1	0,5	0,5	6,254	Max	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Nototropis falcatus</i>	Densities	1	1	Core	1	0	0	0	1,107	Max	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); De Kluijver & Ingalsuo (2018); Horton et al. (2018)
<i>Pontocrates altamarinus</i>	Densities	1	1	Core	0	0	0	0,25	1,846	Max	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); Bos et al. (2011); Horton et al. (2018)
<i>Pygospio elegans</i>	Densities	1	1	Core	0	0,5	0,5	0,5	160,781	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Sagitta sp.</i>	Densities	1	1	Core	0	0	0	0	0,995	1sample	Southward (1984); Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); WoRMS (2018)
<i>Scolecopsis squamata</i>	Densities	1	1	Core	1	0	0,5	1	2,067	Max	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); Van Moorsel (2005); De Kluijver et al. (2018); Read & Fauchald (2018)
<i>Spio martinensis</i>	Densities	0,25	1	Core	1	0	1	1	228,941	Max	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Maris et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Talitrus saltator</i>	Densities	1	1	Core	1	0,5	0	0,25	0,995	1sample	Borja et al. (2000); Janssen & Mulder (2005); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Urothoe poseidonis</i>	Densities	0,25	1	Core	0	0,5	0	0	31,582	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Janssen & Mulder (2005); Horton et al. (2018)

\* Niet meegenomen in de afleiding van de referentie, aangezien grof sediment slechts 3% van het oppervlak van H1140b betreft en er geen benthosmonsters beschikbaar zijn voor het betreffende ecotoop.



**Tabel B1g** Grote, ondiepe krekens en baaien.

HD habitat type H1160		Ecotopes					Sampling technique	Indicator species general quality	Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	Reference density (n/m <sup>2</sup> )				
Indicator species	Type of benthos data	High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic						High-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	
		Sublitoral	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral						Sublitoral	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral
			Deep	Shallow									Deep	Shallow		
		<b>Z2.11</b>	<b>Z2.122</b>	<b>Z2.123</b>	<b>Z2.21</b>	<b>Z2.22</b>		G	H	I	<b>Z2.11</b>	<b>Z2.122</b>	<b>Z2.123</b>	<b>Z2.21</b>	<b>BZ2.22</b>	
<i>Arenicola sp.</i>	Densities	0	0	0,125	0,125	1	(Box)core	1	0	0	1	3,175	20,290	31,206	80,000	142,029
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Densities	0,125	0	0	0,125	1	(Box)core	1	1	0	0	5,128	0,000	1,515	31,847	313,043
<i>Bathyporeia sarsi</i>	Densities	0,125	0	0	0,125	1	(Box)core	1	1	0	0	25,926	0,000	5,790	233,333	101,449
<i>Carcinus maenas</i>	Densities	0,25	0,25	1	0,25	1	(Box)core	1	0,5	0	0,5	9,091	8,333	37,879	20,000	25,397
<i>Cerastoderma edule</i>	Densities	0	0	0,125	0,125	1	Dredge/grab	1	1	1	0,5	10,000	20,000	61,121	163,924	296,034
Cirratulidae	Densities	0,125	0,25	1	0	1	(Box)core	1	1	0	0,5	538,095	884,058	654,314	1506,667	1878,261
<i>Corophium arenarium</i>	Densities	0	0	0	0,125	1	(Box)core	1	1	0	0,25	0,000	0,000	11,852	1571,125	1731,358
<i>Echinocardium cordatum</i>	Densities	1	0,25	1	0	0	(Box)core	1	0,5	0	0,5	17,045	22,114	17,035	0,000	0,995
<i>Fabulina fabula</i>	Densities	0,25	0,25	1	0	0	(Box)core	1	0	0	0	57,104	51,215	72,464	0,000	2,899
<i>Hediste diversicolor</i>	Densities	0	0	0,25	0,25	1	(Box)core	1	1	0	1	3,175	7,407	20,513	420,000	217,391
<i>Kurtiella bidentata</i>	Densities	0,25	1	1	0	0,125	(Box)core	1	0	0	0	281,481	260,952	88,889	53,333	17,391
<i>Lanice conchilega</i>	Densities	0,25	0,25	1	0	0,125	(Box)core	1	1	1	1	614,979	659,048	434,074	240,000	113,043
<i>Macoma balthica</i>	Densities	0	0	0,125	0,125	1	Dredge/grab	1	1	0,5	0,5	20,000	20,000	4,310	57,456	98,362
<i>Littorina littorea</i>	Densities	0	0	0,375	0,125	1	(Box)core	1	1	0	0	0,000	0,000	24,638	20,000	66,667
<i>Magelona johnstoni</i>	Densities	1	0,25	0,125	0	0	(Box)core	1	1	0	1	37,877	168,067	12,739	0,000	0,910
<i>Melita palmata</i>	Densities	0,125	0,125	1	0,125	0,375	(Box)core	1	0	0	0	13,178	8,696	37,681	26,667	26,087
<i>Metridium senile</i>	Densities	1	0,125	0	0	0	(Box)core	0	0	1	0	0,442	1,166	1,282	1,425	0,181
<i>Mya arenaria</i>	Densities	0,125	0,125	0,375	0,125	1	Dredge/grab	1	1	0,5	1	10,000	5,000	4,483	5,806	17,174
<i>Mytilus edulis</i>	Densities	0,375	0,25	1	0	0	(Box)core	1	1	1	0	148,718	576,923	820,513	40,000	9,091
<i>Nephtys cirrosa</i>	Densities	1	0,125	0,25	0	0,125	(Box)core	1	0	0	0	149,206	73,733	90,909	56,617	18,182
<i>Nephtys hombergii</i>	Densities	0,25	0,375	1	0,125	0,25	(Box)core	1	0	0	0,5	107,515	236,190	143,262	101,231	92,828
<i>Ostrea edulis</i>	Densities	0,125	0,25	1	0	0,25	(Box)core*	1	0	1	0	4,545	5,333	130,370	0,000	50,725
<i>Peringia ulvae</i>	Densities	0	0,125	0,125	0,125	1	(Box)core	1	1	0	0	6,349	994,872	229,630	3320,000	30489,855
<i>Pygospio elegans</i>	Densities	0	0	0,25	0,125	1	(Box)core	1	0,5	0,5	0,5	6,800	22,222	82,803	826,667	2826,087
<i>Scoloplos armiger</i>	Densities	0,375	0,25	1	0,125	1	(Box)core	1	0	0	0,5	712,269	1069,781	713,034	853,333	1339,394
<i>Scrobicularia plana</i>	Densities	0	0,25	0,25	0,25	1	(Box)core	0	1	0	0,5	0,000	122,222	11,852	80,000	55,058
<i>Spiophanes bombyx</i>	Densities	0,375	0,25	1	0	0,125	(Box)core	0	0	0,75	1	539,394	527,753	265,217	40,000	76,812
<i>Urothoe poseidonis</i>	Densities	0,25	0,125	0,25	0,125	1	(Box)core	1	0,5	0	0	177,778	92,745	205,797	720,000	1029,874

(vervolg tabel op volgende pagina)

**Tabel B1g** Grote, ondiepe krek en baaien (vervolg).

HD habitat type H1160	Derivation methodology reference					References
	High-dynamic	Low-dynamic	Low-dynamic	High-dynamic	Low-dynamic	
Indicator species	Sublitoral	Sublitoral	Sublitoral	Litoral	Litoral	
		Deep	Shallow			
	<b>Z2.11</b>	<b>Z2.122</b>	<b>Z2.123</b>	<b>Z2.21</b>	<b>B22.22</b>	
<i>Arenicola sp.</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Bathyporeia pilosa</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Hiscock et al. (2004); Bos et al. (2011); MarLIN (2006); Horton et al. (2018)
<i>Bathyporeia sarsi</i>	Max	Max	Max	0,5*max	Max	Hiscock et al. (2004); Horton et al. (2018)
<i>Carcinus maenas</i>	Max	Max	Max	0,5*max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Queirós et al. (2013); WoRMS (2018)
<i>Cerastoderma edule</i>	Max	2*(max+stdev)	Max	Max	Max+stdev	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
Cirratulidae	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Bolam et al. (2013); Queirós et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Corophium arenarium</i>	Max	Max	Max	Max	Max+stdev	Flach et al. (1993); Hiscock et al. (2004); Bos et al. (2011); Horton et al. (2018)
<i>Echinocardium cordatum</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Queirós et al. (2013); Kroh & Mooi (2018)
<i>Fabulina fabula</i>	Max+stdev	Max+stdev	2*max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Hediste diversicolor</i>	Max	Max	Max	0,5*max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Kurtiella bidentata</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Lanice conchilega</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Macoma balthica</i>	2*(max+stdev)	Z2.11	2*max	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Littorina littorea</i>	Max	Max	Max	0,5*max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Magelona johnstoni</i>	2*max	2*max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Melita palmata</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Bos et al. (2011); Horton et al. (2018)
<i>Metridium senile</i>	1 sample	1 sample	1 sample	1 sample	1 sample	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Troost et al., 2014; Daly & Fautin (2018); WoRMS (2023)
<i>Mya arenaria</i>	2*(max+stdev)	2*(max+stdev)	2*max	Max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Mytilus edulis</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Nephtys cirrosa</i>	Max	Max+stdev	2*Max	2*Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Nephtys hombergii</i>	Max+stdev	Max	Max	Max+stdev	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Ostrea edulis</i>	0,5*max	2*max	Max	Max	0,5*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Daan et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Peringia ulvae</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); MolluscaBase (2018)
<i>Pygospio elegans</i>	Max	Max	Max	Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Scoloplos armiger</i>	Max+stdev	Max+stdev	Max+stdev	0,5*Max	Max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); MarLIN (2006); Read & Fauchald (2018)
<i>Scrobicularia plana</i>	Max	Max	Max	Max	Max+stdev	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Van Moorsel (2005); MarLIN (2006); Daan et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Spiophanes bombyx</i>	2*max	Max	Max	Max	0,5*max	Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Read & Fauchald (2018)
<i>Urothoe poseidonis</i>	Max	Max+stdev	Max	Max	2*max	Borja et al. (2000); Hiscock et al. (2004); Horton et al. (2018)

**Tabel B1h** Riffen van de open zee.

HD habitat type H1170 Indicator species	Type of benthos data	Sampling technique	Indicator species general quality	Foodweb	Habitat diversity	Biological activation of seafloor toplayer*	density (n/m <sup>2</sup> )	Monitoring focused on H1170 habitat	Derivation methodology reference	References
							H1170			
<i>Aequipecten opercularis</i>	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,016	2*max		MarLIN (2006); Lambert et al. (2012); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Alcyonium digitatum</i>	Densities	Video tracks	1	0	0,5	0	36,085	2*max		MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Aonides paucibranchiata</i>	Densities	Hamon grab	1	1	0	0	962,880	2*T2015		MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013); WoRMS (2023)
<i>Aporrhais pespelecani</i>	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,004	2*max		Bos et al. (2011); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Arctica islandica</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0	11,764	2*max		Bergman et al. (2000); Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); OSPAR Commission (2008); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Buccinum undatum</i>	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,125	2*T2015		MarLIN (2006); Daan et al. (2013); Wijnhoven et al. (2013); MolluscaBase (2018)
<i>Cerianthus lloydii</i>	Densities	Hamon grab	1	0	1	0	88,222	2*T2015		MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Chone duneri</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0,5	217,350	2*max		MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013); Leonardsson et al. (2015)
<i>Dosinia exoleta</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0	133,334	2*T2015		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Echinocyamus pusillus</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0	1069,340	2*T2015		Borja et al. (2000); MarLIN (2006); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013); Warwick & Pearce, 2020
<i>Galathea</i> spp.	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,006	2*max		Rumohr & Kujawski (2000); Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Goniadella bobrezkii</i>	Densities	Hamon grab	1	1	0	0	172,666	2*T2015		Van Moorsel (2002); Wijnhoven et al. (2013); Mielck et al. (2021)
<i>Liocarcinus</i> spp.	Densities	Video tracks	1	1	0	0	0,168	2*T2015		Borja et al. (2000); Rumohr & Kujawski (2000); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); WoRMS (2018)
Corallinaceae	Densities	Video tracks	1	0	1	0	0,222	avg+stdev		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013)
Paguridae	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,120	2*T2015		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Pododesmus</i> spp.	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,005	2*max		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Van Duren et al. (2017)
<i>Polititapes rhomboides</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0	0,738	Max		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013); Feio (2021)
<i>Porifera</i>	Densities	Video tracks	1	0	1	0	0,004	avg+stdev		Kaiser et al. (2000); Van Moorsel (2002); Lambert et al. (2012); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Protodorvillea kefersteini</i>	Densities	Hamon grab	1	1	0	0	226,880	2*T2015		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Sabellaria</i> spp.	Densities	Hamon grab	1	0,5	0,5	0	79,738	2*max		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); OSPAR Commission (2010); Wijnhoven et al. (2013); Van der Reijden et al. (2019)
<i>Simnia patula</i>	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,041	2*max		Hiscock et al. (2004); Wijnhoven et al. (2013); Van Duren et al. (2017)
<i>Spiophanes kroyeri</i>	Densities	Hamon grab	1	0	1	0	13,526	2*max		Gray & Pearson (1982); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Spirobranchus triqueter</i>	Densities	Hamon grab	1	0	1	0	29,334	2*T2015		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Terebellides</i> spp.	Densities	Hamon grab	1	0	1	0	13,076	2*max		Pearson et al. (1983); Wijnhoven et al. (2013); Institute of Oceanology (2017)
<i>Timoclea ovata</i>	Densities	Hamon grab	1	0	0	0	17,112	2*T2015		Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Upogebia deltaura</i>	Densities	Hamon grab	1	0	1	1	540,660	2*T2015		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Urothoe marina</i>	Densities	Hamon grab	1	1	0	0	493,560	2*T2015		Borja et al. (2000); Van Moorsel (2002); MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)
<i>Urticina</i> spp.	Densities	Video tracks	1	0	0	0	0,202	2*T2015		MarLIN (2006); Gittenberger & van Loon (2013); Wijnhoven et al. (2013)

\* Aangezien monitoring en beoordeling gericht is op hard substraat en harde elementen, wordt biologische activatie van de bodem niet als een belangrijke ecologische functie van het habitattypen H1170 gezien.



---

## Bijlage 2 Testbeoordeling BISIS&F op basis van recente benthos-monitoringdata

De onderstaande tabellen geven een overzicht van waarnemingen ( $O_i$ ) per indicatorsoort in combinatie met aantal monsters ten opzichte van referentievoorkomen ( $R_i$ ) verkregen als gewogen gemiddelde van de ecotopen (de gebieden voor H1110b, en gemiddelde totale HR-gebied voor H1110c en H1170) op basis van oppervlakte-ratio, in combinatie met indicatiewaarde ( $i_{v_i}$ ) ten behoeve van berekening BISIS&F.

In Tabel B2d (H1130 Estuaria) wordt naast de testberekening voor de Westerschelde, de matrix voor de Eems-Dollard enkel getoond om een compleet beeld van de 'assessment sheets' te geven (en de gebiedsspecifieke oppervlakteverhoudingen van de betreffende ecotopen in het bijzonder; bij gebrek aan gebiedseigen data is er getest met data van het Schelde-estuarium; die dus niet representatief zijn voor de toestand van de Eems-Dollard).

**Tabel B2a** H1110a Permanent overstroomde zandbanken – getijdegebied.

HD habitat type H1110a								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2014								Ecological functioning indicator			
BIS <sub>S&amp;F</sub> application	Methodology of derivation	R <sub>i</sub> (n/m <sup>2</sup> )	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (testset 2014)		O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2014)		General quality	BIS <sub>S&amp;F</sub>		
				±stdev	±stdev	±stdev	±stdev		Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance
Indicator species	Surface area based		n	Assuming the use of standard (box) cores (0,06 or 0,0177 m <sup>2</sup> ) and dredges (0,4 m <sup>2</sup> or 0,1 m <sup>2</sup> )				G	H	I	
<i>Alitta virens</i>	((28,47*Z2.12) + (19,98*Z2.113) + (51,55*Z2.123)) / 100	2,357	20	1,444	6,456	0,612	2,739	1	0	0	1
<i>Bathyporeia pelagica</i>		1,112	20	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0,5	0	0,5
<i>Boccardiella ligerica</i>		8,663	20	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0,5	0,5	0,5
<i>Buccinum undatum</i>		0,509	24	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Carcinus maenas</i>		0,477	24	0,074	0,365	0,156	0,765	1	0,5	0	0,5
<i>Cerastoderma edule</i>		0,677	24	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	1	0,5
<i>Conopeum sp.</i>		0,143	20	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Corophium volutator</i>		28,194	20	2,887	12,912	0,102	0,458	0	1	0	0,25
<i>Echinocardium cordatum</i>		17,702	24	4,062	17,421	0,229	0,984	1	0,5	0	0,5
<i>Einhornia sp.</i>		0,062	20	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Fabulina fabula</i>		2,497	24	0,039	0,193	0,016	0,077	1	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>		91,726	20	2,887	12,912	0,031	0,141	1	1	1	1
<i>Macoma balthica</i>		45,083	20	8,661	21,154	0,192	0,469	1	1	0,5	0,5
<i>Liocarcinus holsatus</i>		1,113	24	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Metridium senile</i>		0,35	24	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	1	0
<i>Mya arenaria</i>		40,02	20	2,887	12,912	0,072	0,323	1	0,5	0,5	1
<i>Mytilus edulis</i>		3,568	20	2,829	12,654	0,793	3,546	1	1	1	0
<i>Nephtys hombergii</i>		19,413	20	5,774	17,773	0,297	0,916	1	1	0	0,5
<i>Ophiura ophiura</i>		0,478	20	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Pagurus bernhardus</i>		0,574	20	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Portunus latipes</i>	0,35	24	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0,5	
<i>Pygospio elegans</i>	3486,087	20	303,152	552,228	0,087	0,158	1	0,5	0,5	0,5	
<i>Sagartia troglodytes</i>	0,118	24	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0	
<i>Scoloplos armiger</i>	550,979	20	141,182	154,913	0,256	0,281	1	0	0	0,5	
<i>Spio martinensis</i>	379,196	20	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	1	1	
Average IV:								1	0,769	0,778	0,617
Number of species (S)								17	13	9	15
Number of tests (S*n)								364	2,0011463	1,2057021	2,0868521
<b>BIS<sub>S&amp;F</sub> = exp((1/S)*Σ(IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,057</b>	<b>0,068</b>	<b>0,037</b>	<b>0,060</b>
Pooled Stdev								0,753	0,862	0,334	0,870

**Tabel B2b** H1110b Permanent overstromde zandbanken –kustzone Noordzee.

HD habitat type H1110b								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2021								Ecological functioning indicator			
BISI <sub>S&amp;F</sub> application	Methodology of derivation	R <sub>i</sub> (n/m <sup>2</sup> )	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (testset 2021)	±stdev	O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2021)	±stdev	BISI <sub>S&amp;F</sub>			
								Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	
Indicator species	Surface area based	n	Assuming the use of standard boxcorer (0,078 m <sup>2</sup> ) and dredge (15 m <sup>2</sup> )				General quality	G	H	I	
<i>Abra alba</i>		29,166	57,497	1,044	6,036	0,036	0,207	1	1	0,5	1
<i>Bathyporeia elegans</i>		153,632	16,495	72,173	133,589	0,470	0,870	1	1	0	1
<i>Buccinum undatum</i>		0,011373	57,497	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Donax vittatus</i>		1,797226	57,497	1,452	3,400	0,808	1,892	1	1	0,5	0
<i>Echinocardium cordatum</i>		60,3	16,495	3,753	9,328	0,062	0,155	1	1	0	1
<i>Euspira nitida</i>		28,604	16,495	0,555	2,668	0,019	0,093	1	1	0	0
<i>Fabulina fabula</i>		306,86	16,495	57,295	114,364	0,187	0,373	1	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>		1989,266	16,495	41,742	142,681	0,021	0,072	1	1	1	1
<i>Liocarcinus holsatus</i>		0,90187	57,497	0,366	0,601	0,406	0,667	1	1	0	0
<i>Lutraria lutraria</i>	0,736*(O <sub>H1110b ov</sub> )	0,944	57,497	1,065	2,051	1,128	2,172	1	0	0	0
<i>Macoma balthica</i>	+ 0,156*(O <sub>NZKZ</sub> ) +	65,978	57,497	2,787	21,519	0,042	0,326	1	1	0,5	0
<i>Mactra stultorum</i>	0,089*(O <sub>vd</sub> ) +	0,025715	57,497	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Magelona johnstoni</i> + <i>M. filiformis</i>	0,019*(O <sub>VvdR</sub> )	3166,468	16,495	369,645	777,379	0,117	0,246	1	1	0	1
<i>Nephtys cirrosa</i>		137,064	16,495	46,245	51,523	0,337	0,376	1	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>		107,736	16,495	14,237	29,359	0,132	0,273	1	0	0	0
<i>Ophiura ophiura</i>		10,47339	57,497	1,976	4,357	0,189	0,416	1	1	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>		73,62	16,495	12,088	87,017	0,164	1,182	1	1	1	1
<i>Paguridae</i>		0,705359	57,497	0,101	0,174	0,143	0,247	1	0	0	0
<i>Pontocrates altamarinus</i>		51,096	16,495	6,959	13,411	0,136	0,262	1	1	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>		1911,812	16,495	19,708	43,115	0,010	0,023	1	0	0,75	1
<i>Spisula subtruncata</i>		87,45521	57,497	135,311	670,096	1,547	7,662	1	1	0,75	1
<i>Urothoe poseidonis</i>		770,988	16,495	154,400	330,206	0,200	0,428	1	0,5	0	0
Average IV:								1	0,964	0,714	1
Number of species (S)								22	14	7	8
Number of tests (S*n)								772,910	476,942	279,473	213,964
<b>BISI = exp((1/S)*Σ{IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)})</b>								<b>0,112</b>	<b>0,136</b>	<b>0,088</b>	<b>0,095</b>
Pooled Stdev								1,817	2,168	1,266	1,127

**Tabel B2c** H1110c Permanent overstroomde zandbanken – Doggersbank.

HD habitat type H1110c								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2021								Ecological functioning indicator			
BIS <sub>i&amp;F</sub> application	Methodology of derivation	R <sub>i</sub> (n/m <sup>2</sup> )	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (testset 2021)	±stdev	O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2021)	±stdev	BIS <sub>i&amp;F</sub>			General quality
								Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	
Indicator species	Average Doggersbank	n	Assuming the use of standard boxcorer (0,078 m <sup>2</sup> ) and dredge (20 m <sup>2</sup> )					G	H	I	
<i>Acrocrida brachiata</i>		160,920	24	57,158	99,162	0,355	0,616	1	1	0	1
<i>Alcyonium digitatum</i>		0,006	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0,5	0
<i>Aphrodita aculeata</i>		0,420	16	0,037	0,062	0,089	0,148	1	0	0	0
<i>Arctica islandica</i>		0,602	16	0,004	0,011	0,010	0,018	1	0	0	0
<i>Astropecten irregularis</i>		1,195	16	0,611	0,348	0,511	0,291	1	0	0,5	0
<i>Bathyporeia elegans</i>		490,375	24	256,410	336,831	0,523	0,687	1	1	0	1
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>		100,585	24	8,013	22,306	0,080	0,222	1	1	0	1
<i>Buccinum undatum</i>		0,184	16	0,003	0,011	0,015	0,061	1	0	0	0
<i>Corystes cassivelaunus</i>		1,595	16	20,594	81,175	12,909	50,884	1	1	0	1
<i>Echinocyamus pusillus</i>		36,863	24	25,641	46,302	0,696	1,256	1	0	0	0
<i>Ensis ensis</i>		5,332	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Ensis siliqua</i>		1,144	16	0,248	0,219	0,216	0,191	1	1	0	0
<i>Euspira nitida</i>		57,688	24	13,889	10,637	0,241	0,184	1	1	0	0
<i>Fabulina fabula</i>		331,013	24	19,231	28,037	0,058	0,085	1	0	0	0
<i>Gari fervensis</i>		1,184	16	0,292	0,253	0,246	0,213	1	0	0	0
<i>Goniada maculata</i>		92,950	24	21,902	18,319	0,236	0,197	1	1	0	0
<i>Iphinoe trispinosa</i>		18,300	24	0,534	2,617	0,029	0,143	1	0	0	0
<i>Kurtiella bidentata</i>		1287,500	24	42,201	68,519	0,033	0,053	1	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>		474,040	24	23,504	36,589	0,050	0,077	1	1	1	1
<i>Liocarcinus holsatus</i>		0,175	16	0,139	0,128	0,794	0,732	1	1	0	0
<i>Luidia sarsii</i>		0,040	16	0,048	0,046	1,209	1,159	1	0	0	0
<i>Magelona johnstoni + M. filiformis</i>		775,638	24	372,329	275,242	0,480	0,355	1	1	0	1
<i>Nephtys assimilis</i>		12,813	24	2,137	6,174	0,167	0,482	1	0	0	0
<i>Nephtys cirrosa</i>		43,263	24	11,752	21,690	0,272	0,501	1	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>		181,420	24	9,081	12,809	0,050	0,071	1	0	0	0
<i>Neptunea antiqua</i>		0,010	16	0,003	0,013	0,306	1,225	1	0	0	0
<i>Ophiothrix fragilis</i>		0,075	16	0,031	0,068	0,417	0,902	1	0	0	0
<i>Ophiura ophiura</i>		0,166	16	0,080	0,093	0,482	0,563	1	1	0	0
<i>Owenia fusiformis</i>		73,713	24	29,915	41,183	0,406	0,559	1	1	1	1
<i>Paguridae</i>		0,728	16	0,214	0,098	0,293	0,134	1	0	0	0
<i>Psammechinus miliaris</i>		0,423	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Sigalion mathildae</i>		52,888	24	30,449	25,866	0,576	0,489	1	0	0	0
<i>Spiophanes bombyx</i>		3730,780	24	130,342	75,957	0,035	0,020	1	0	0,75	1
<i>Urothoe poseidonis</i>		125,000	24	31,517	51,971	0,252	0,416	1	0,5	0	0
Average IV:								1	0,964	0,75	1
Number of species (S)								34	14	5	8
Number of tests (S*n)								688	296	104	184
<b>BIS<sub>i</sub> = exp((1/S)*Σ(IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,155</b>	<b>0,285</b>	<b>0,089</b>	<b>0,299</b>
Pooled Stdev								1,799	1,842	0,262	1,725



**Tabel B2d** H1130 Estuaria (Westerschelde).

HD habitat type H1130								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
Westerschelde 2013								Ecological functioning indicator			
BISI <sub>S&amp;F</sub> application								BISI <sub>S&amp;F</sub>			
Methodology of derivation								Foodweb importance			
Indicator species								Habitat diversity importance			
Surface area based								Biological activation importance			
Assuming the use of standard boxcorer (0,078 m <sup>2</sup> ), handcore (0,0157 m <sup>2</sup> ) and shovel (0,1 m <sup>2</sup> )								General quality			
n								G			
±stdev								H			
O <sub>i</sub> (testset 2013)								I			
±stdev											
<i>Abra alba</i>		57,137	51	3,747	19,783	0,066	0,346	1	1	0	0,5
<i>Arenicola marina</i>		17,471	51	3,998	19,816	0,229	1,134	1	0,75	0,5	1
<i>Bathyporeia pelagica</i>		51,322	51	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Bathyporeia pilosa</i>		752,040	51	4,996	21,480	0,010	0,029	1	1	0	0
<i>Cerastoderma edule</i>		80,766	54	3,490	15,173	0,043	0,188	1	1	1	0,5
<i>Corophium arenarium</i>		323,944	51	1,249	8,919	0,010	0,028	1	1	0	0,25
<i>Corophium volutator</i>		1100,402	51	214,569	1410,246	0,195	1,282	1	1	0	0,25
<i>Crangon crangon</i>		35,522	51	10,526	33,200	0,296	0,935	1	1	0	0,25
<i>Ecrobia ventrosa</i>		0,072	51	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Eteone flava</i> agg.	((12,97*V2.11) +	30,827	51	3,789	12,136	0,123	0,394	1	0	0	0
<i>Eurydice pulchra</i>	(0,56*V2.12) +	43,597	51	0,757	3,060	0,017	0,070	1	0	0	0
<i>Gammarus salinus</i>	(4,33*V2.21) +	6,198	51	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	(4,94*V2.22) +	188,909	51	107,406	338,358	0,569	1,791	1	1	0	1
<i>Heteromastus filiformis</i>	(58,01*Z2.11) +	2570,250	51	260,886	594,991	0,102	0,231	1	0,5	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	(2,38*Z2.12) +	55,017	51	0,754	5,386	0,014	0,098	1	1	1	1
<i>Macoma balthica</i>	(7,55*Z2.21) +	118,779	54	63,859	225,086	0,538	1,895	1	1	0,5	0,5
<i>Mya arenaria</i>	(9,26*Z2.22) /	3,221	54	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0,5	1
<i>Mytilus edulis</i>	100	92,769	51	3,020	12,973	0,033	0,140	1	1	1	0
<i>Nephtys cirrosa</i>		52,983	51	16,986	40,548	0,321	0,765	1	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>		28,935	51	5,750	28,063	0,199	0,970	1	0	0	0,5
<i>Peringia ulvae</i>		1106,556	51	110,658	511,958	0,100	0,463	1	1	0	0
<i>Pygospio elegans</i>		1689,719	51	217,331	699,102	0,129	0,414	1	0,5	0,5	0,5
<i>Scoloplos armiger</i>		120,128	51	43,409	87,314	0,361	0,727	1	0	0	0,5
<i>Scrobicularia plana</i>		15,463	54	5,272	37,377	0,341	2,417	0	1	0	0,5
<i>Spio martinensis</i>		124,135	51	10,356	27,235	0,083	0,219	1	0	1	1
<i>Spiophanes bombyx</i>		33,073	51	5,052	15,874	0,153	0,480	0	0	0,75	1
Average IV:								1	0,922	0,750	0,641
Number of species (S)								23	16	9	16
Number of tests (S*n)								1182	828	468	828
<b>BISI = exp((1/S)*Σ((IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,070</b>	<b>0,076</b>	<b>0,059</b>	<b>0,103</b>
Pooled Stdev								1,289	1,416	0,833	1,932

**Tabel B2d-bis** H1130 Estuaria (Eems-Dollard).

HD habitat type H1130 Eems-Dollard (on basis of Westerschelde data 2015)								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
BISI <sub>S&amp;F</sub> application	Methodology of derivation	R <sub>i</sub> (n/m <sup>2</sup> )	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (testset 2015)	±stdev	O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2015)	±stdev	Ecological functioning indicator BISI <sub>S&amp;F</sub>			
								Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance	
Indicator species	Surface area based		n	Assuming the use of standard cores (0,0177 m <sup>2</sup> ) and dredges (0,4 or 0,1 m <sup>2</sup> )				General quality	G	H	I
<i>Abra alba</i>		82,966	57	0,675	3,770	0,010	0,045	1	1	0	0,5
<i>Arenicola sp.</i>		49,469	57	2,463	11,905	0,050	0,241	1	0,75	0,5	1
<i>Bathyporeia pelagica</i>		82,307	57	9,269	43,265	0,113	0,526	1	0	0	0
<i>Bathyporeia pilosa</i>		2018,956	57	188,855	869,920	0,094	0,431	1	1	0	0
<i>Cerastoderma edule</i>		93,226	68	3,971	12,476	0,043	0,134	1	1	1	0,5
<i>Corophium arenarium</i>		999,275	57	15,644	79,190	0,016	0,079	1	1	0	0,25
<i>Corophium volutator</i>		5066,312	57	263,283	1097,141	0,052	0,217	1	1	0	0,25
<i>Crangon crangon</i>		88,825	57	21,035	53,258	0,237	0,600	1	1	0	0,25
<i>Ecrobia ventrosa</i>		0,552	57	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Eteone flava agg.</i>	((13,3*V2.11) +	69,100	57	14,990	36,134	0,217	0,523	1	0	0	0
<i>Eurydice pulchra</i>	(3,29*V2.12) +	59,965	57	4,030	18,986	0,067	0,317	1	0	0	0
<i>Gammarus salinus</i>	(2,2*V2.21) +	5,338	57	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>	(38,13*V2.22) +	646,034	57	164,489	308,170	0,255	0,477	1	1	0	1
<i>Heteromastus filiformis</i>	(15,95*Z2.11) +	6919,042	57	781,939	1843,747	0,113	0,266	1	0,5	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	(3,37*Z2.12) +	27,496	57	0,450	3,396	0,016	0,124	1	1	1	1
<i>Macoma balthica</i>	(1,30*Z2.21) +	264,030	68	77,716	118,221	0,294	0,448	1	1	0,5	0,5
<i>Mya arenaria</i>	(22,46*Z2.22)) /	8,275	68	0,294	1,702	0,036	0,206	1	1	0,5	1
<i>Mytilus edulis</i>	100	70,857	57	0,453	2,395	0,010	0,034	1	1	1	0
<i>Nephtys cirrosa</i>		25,969	57	12,167	37,755	0,469	1,454	1	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>		36,274	57	3,590	13,812	0,099	0,381	1	0	0	0,5
<i>Peringia ulvae</i>		2485,177	57	63,694	169,377	0,026	0,068	1	1	0	0
<i>Pygospio elegans</i>		6989,126	57	1443,319	5105,692	0,207	0,731	1	0,5	0,5	0,5
<i>Scoloplos armiger</i>		116,805	57	16,827	50,052	0,144	0,429	1	0	0	0,5
<i>Scrobicularia plana</i>		62,153	68	14,658	46,379	0,236	0,746	0	1	0	0,5
<i>Spio martinensis</i>		61,935	57	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	1	1
<i>Spiophanes bombyx</i>		21,139	57	0,225	1,698	0,011	0,080	0	0	0,75	1
Average IV:								1	0,922	0,750	0,641
Number of species (S)								23	16	9	16
Number of tests (S*n)								1344	956	546	956
<b>BISI = exp((1/S)*Σ{IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>))</b>								<b>0,053</b>	<b>0,056</b>	<b>0,027</b>	<b>0,047</b>
Pooled Stdev								0,978	0,945	0,405	1,044

**Tabel B2e** Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – getijdengebied.

HD habitat type H1140a								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2014								Ecological functioning indicator			
BISI <sub>S&amp;F</sub> application								BISI <sub>S&amp;F</sub>			
Indicator species								General quality			
Methodology of derivation								Foodweb importance			
Surface area based								Habitat diversity importance			
R <sub>i</sub>								Biological activation importance			
Weighted number of samples								G			
O <sub>i</sub> (testset 2014) ±stdev								H			
O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2014) ±stdev								I			
Assuming the use of standard handcore (0,0173 or 0,0177 m <sup>2</sup> ) and dredges (two types according tot the current sampling strategy of											
n											
<i>Abra tenuis</i>	((2,63*Z2.21)+(4 1,43*Z2.221)+(5 6,04*(Z2.222&Z2 .223)) / 100	8,326	820	4,233	27,111	0,508	3,256	1	0,5	0	0,5
<i>Alitta virens</i>		6,962	820	0,937	7,925	0,135	1,138	1	0	0	1
<i>Arenicola sp.</i>		65,034	820	14,076	37,626	0,216	0,579	1	1	0,5	1
<i>Buccinum undatum</i>		0,029	156	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Carcinus maenas</i>		13,147	156	2,911	9,504	0,221	0,723	1	0,5	0	0,5
<i>Cerastoderma edule</i>		534,266	156	107,322	366,473	0,201	0,686	1	1	1	0,5
<i>Corophium volutator</i>		1340,108	820	112,397	1403,555	0,084	1,047	0	1	0	0,25
<i>Crangon crangon</i>		2,331	156	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Gammarus locusta</i>		39,287	820	1,758	21,747	0,045	0,554	1	0,5	0	0,25
<i>Hediste diversicolor</i>		192,484	820	65,323	134,968	0,339	0,701	1	1	0	1
<i>Heteromastus filiformis</i>		123,547	820	36,852	104,468	0,298	0,846	1	0,5	0	0
<i>Lanice conchilega</i>		324,803	820	110,585	877,543	0,340	2,702	1	1	1	1
<i>Littorina littorea</i>		29,24	156	4,553	29,314	0,156	1,003	1	1	0	0
<i>Macoma balthica</i>		136,073	156	38,875	76,475	0,286	0,562	1	1	0,5	0,5
<i>Macomangulus tenuis</i>		7,443	820	0,141	2,850	0,019	0,383	0	0,5	0	0,5
<i>Mya arenaria</i>		42,868	156	3,452	13,719	0,081	0,320	1	0,5	0,5	1
<i>Mytilus edulis</i>		205,049	156	34,965	224,814	0,171	1,096	1	1	1	0
<i>Nephtys hombergii</i>		29,5	820	5,229	16,140	0,177	0,547	1	1	0	0,5
<i>Peringia ulvae</i>		1602,487	820	304,647	1741,385	0,190	1,087	1	1	0	0
<i>Pygospio elegans</i>		5611,772	820	549,770	1708,242	0,098	0,304	1	0,5	0,5	0,5
<i>Retusa obtusa</i>	9,135	820	0,279	3,986	0,031	0,436	0	0	0	0,25	
<i>Scoloplos armiger</i>	592,845	820	202,282	717,326	0,341	1,210	1	1	0	0,5	
<i>Scrobicularia plana</i>	4,262	156	0,232	1,134	0,054	0,266	0	1	0	0,5	
Average IV:								1	0,825	0,714	0,603
Number of species (S)								18	20	7	17
Number of tests (S*n)								10112	11088	3084	10620
<b>BISI = exp((1/S)*Σ(IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,164</b>	<b>0,141</b>	<b>0,192</b>	<b>0,157</b>
Pooled Stdev								3,794	4,089	2,999	4,695

**Tabel B2f** Bij eb droogvallende slikwadden en zandplaten – Noordzee kustzone.

HD habitat type H1140b								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2013	Methodology of derivation	R <sub>i</sub>	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (testset 2013)	±stdev	O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2013)	±stdev	Ecological functioning indicator			
BISI <sub>S&amp;F</sub> application		(n/m <sup>2</sup> )						BISI <sub>S&amp;F</sub>			Foodweb importance
Indicator species	Surface area based	n	Suggesting the use of standard cores of 0,0157 m <sup>2</sup> (samples taken early summer) and dredges (shovel or suction dredge either 0,1 or ~4,5					General quality	G	H	I
<i>Bathyporeia pelagica</i>	(100*Z2.2Xz)/100	34,699	35	17,350	88,238	0,500	2,543	1	0,5	0	0,5
<i>Bathyporeia pilosa</i>		50,646	35	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Cerastoderma edule</i>		22,884	12	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	1	0,5
<i>Corophium arenarium</i>		104,910	35	0,000	0,000	0,010	0,010	0	1	0	0,25
<i>Crangon crangon</i>		8,613	35	3,322	7,243	0,386	0,841	1	1	0	0,25
<i>Eteone flava</i> agg.		103,359	35	0,369	2,184	0,010	0,021	1	0	0	0,5
<i>Eurydice pulchra</i>		0,995	35	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Gammarus crinicornis</i>		0,995	35	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0
<i>Gastrosaccus spinifer</i>		4,430	35	4,430	24,058	1,000	5,431	0	0,5	0	0,25
<i>Haustorius arenarius</i>		0,601	35	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0,5	0	0,25
<i>Hediste diversicolor</i>		23,355	35	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	1
<i>Heteromastus filiformis</i>		578,073	35	245,109	539,182	0,424	0,933	1	0,5	0	0
<i>Lanice conchilega</i>		1291,990	35	7,752	35,755	0,010	0,028	1	1	1	1
<i>Macoma balthica</i>		6,254	12	1,073	1,832	0,172	0,293	1	1	0,5	0,5
<i>Nototropis falcatus</i>		1,107	35	1,107	4,826	1,000	4,359	1	0	0	0
<i>Pontocrates altamarinus</i>	1,846	35	1,846	7,106	1,000	3,850	0	0	0	0,25	
<i>Pygospio elegans</i>	160,781	35	15,135	48,996	0,094	0,305	0	0,5	0,5	0,5	
<i>Sagitta</i> sp.	0,995	35	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	0	0	
<i>Scolelepis squamata</i>	2,067	35	0,369	2,184	0,179	1,057	1	0	0,5	1	
<i>Spio martinensis</i>	228,941	35	212,935	557,782	0,930	2,436	1	0	1	1	
<i>Talitrus saltator</i>	0,995	35	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0,5	0	0,25	
<i>Urothoe poseidonis</i>	31,582	35	5,537	30,588	0,175	0,969	0	0,5	0	0	
Average IV:								1	0,750	0,75	0,533
Number of species (S)								15	14	6	15
Number of tests (S*n)								479	444	164	479
<b>BISI = exp((1/S)*Σ(IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,057</b>	<b>0,042</b>	<b>0,066</b>	<b>0,066</b>
Pooled Stdev								0,620	0,380	0,465	1,001

**Tabel B2g** Grote, ondiepe krekens en baaien.

HD habitat type H1160								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)			
2012								Ecological functioning indicator			
BIS <sub>S&amp;F</sub> application								BIS <sub>S&amp;F</sub>			
Methodology of derivation								Foodweb importance			
Indicator species								activation importance			
R <sub>i</sub>								General quality			
Weighted number of samples								G			
O <sub>i</sub> (testset 2012)								H			
±stdev								I			
O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (testset 2012)											
±stdev											
<i>Arenicola sp.</i>		53,093	38	8,381	36,787	0,158	0,693	1	0	0	1
<i>Bathyporeia pilosa</i>		86,865	38	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Bathyporeia sarsi</i>		41,142	38	3,352	14,414	0,081	0,350	1	1	0	0
<i>Carcinus maenas</i>		21,837	38	1,676	10,333	0,077	0,473	1	0,5	0	0,5
<i>Cerastoderma edule</i>		106,807	15	7,333	16,676	0,069	0,156	1	1	1	0,5
<i>Cirratulidae</i>		1009,870	38	38,552	109,363	0,038	0,108	1	1	0	0,5
<i>Corophium arenarium</i>		505,962	38	36,876	135,425	0,073	0,268	1	1	0	0,25
<i>Echinocardium cordatum</i>		13,136	38	2,696	11,169	0,205	0,850	1	0,5	0	0,5
<i>Fabulina fabula</i>		44,635	38	4,712	16,391	0,106	0,367	1	0	0	0
<i>Hediste diversicolor</i>		76,085	38	13,409	47,197	0,176	0,620	1	1	0	1
<i>Kurtiella bidentata</i>		146,794	38	11,733	38,773	0,080	0,264	1	0	0	0
<i>Lanice conchilega</i>	((26,23*Z2.11) +	426,483	38	225,065	653,793	0,528	1,533	1	1	1	1
<i>Macoma balthica</i>	(15,96*Z2.122) +	37,493	15	14,667	31,366	0,391	0,837	1	1	0,5	0,5
<i>Littorina littorea</i>	(28,57*Z2.123) +	25,461	38	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0	0
<i>Magelona johnstoni</i>	(2,29*Z2.21) +	40,650	38	11,125	35,961	0,274	0,885	1	1	0	1
<i>Melita palmata</i>	(26,95*Z2.22) /	23,250	38	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0
<i>Metridium senile</i>	100	0,750	38	0,000	0,000	0,010	0,010	0	0	1	0
<i>Mya arenaria</i>		9,463	15	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	0,5	1
<i>Mytilus edulis</i>		368,859	38	0,000	0,000	0,010	0,010	1	1	1	0
<i>Nephtys cirrosa</i>		83,074	38	18,778	38,812	0,226	0,467	1	0	0	0
<i>Nephtys hombergii</i>		134,167	38	12,073	32,572	0,090	0,243	1	0	0	0,5
<i>Ostrea edulis</i>		52,953	38	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	1	0
<i>Peringia ulvae</i>		8518,421	38	1347,637	5321,046	0,158	0,625	1	1	0	0
<i>Pygospio elegans</i>		809,493	38	36,876	196,811	0,046	0,243	1	0,5	0,5	0,5
<i>Scoloplos armiger</i>		941,790	38	520,386	709,407	0,553	0,753	1	0	0	0,5
<i>Scrobicularia plana</i>		39,568	38	1,676	10,333	0,042	0,261	0	1	0	0,5
<i>Spiophanes bombyx</i>		323,113	38	88,568	228,905	0,274	0,708	0	0	0,75	1
<i>Urothoe poseidonis</i>		414,256	38	64,398	159,900	0,155	0,386	1	0,5	0	0
Average IV:								1	0,889	0,806	0,672
Number of species (S)								25	18	9	16
Number of tests (S*n)								881	615	273	539
<b>BIS<sub>S</sub> = exp((1/S)*Σ(IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>)))</b>								<b>0,073</b>	<b>0,065</b>	<b>0,045</b>	<b>0,127</b>
Pooled Stdev								1,153	0,933	0,303	1,849

**Tabel B2h** Riffen van de open zee.

HD habitat type H1170								iv <sub>i</sub> (Indication Value for individual indicator species for each of the specific evaluations)				
2021								Ecological functioning indicator				
BISI <sub>S&amp;F</sub> application	Methodology of derivation	R <sub>i</sub>	Weighted number of samples	O <sub>i</sub> (KB 2021)	±stdev	O <sub>i</sub> /R <sub>i</sub> (KB 2021)	±stdev	BISI <sub>S&amp;F</sub>				
		(n/m <sup>2</sup> )						Foodweb importance	Habitat diversity importance	Biological activation importance		
Indicator species	Average Klaverbank		n	Assuming the use of standard Hamon grabs (0,09 m <sup>2</sup> ) or video footage (>240 m <sup>2</sup> )				General quality	G	H	I	
<i>Aequipecten opercularis</i>		0,016	16	0,005	0,008	0,312	0,477	1	0	0	0	0
<i>Alcyonium digitatum</i>		36,085	16	0,364	0,792	0,010	0,022	1	0	0,5	0	0
<i>Aonides paucibranchiata</i>		962,880	17	36,601	62,332	0,038	0,065	1	1	0	0	0
<i>Aporrhais pespelecani</i>		0,004	16	0,002	0,005	0,607	1,167	1	0	0	0	0
<i>Arctica islandica</i>		11,764	17	7,841	15,091	0,667	1,283	1	0	0	0	0
<i>Buccinum undatum</i>		0,125	16	0,001	0,005	0,010	0,039	1	0	0	0	0
<i>Cerianthus lloydii</i>		88,222	17	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	1	0	0
<i>Chone duneri</i>		217,350	17	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0	0,5
<i>Dosinia exoleta</i>		133,334	17	11,110	14,697	0,083	0,110	1	0	0	0	0
<i>Echinocyamus pusillus</i>		1069,340	17	90,196	88,792	0,084	0,083	1	0	0	0	0
<i>Galathea</i> spp.		0,006	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0	0
<i>Goniadella bobrezkii</i>		172,666	17	63,399	87,380	0,367	0,506	1	1	0	0	0
<i>Liocarcinus</i> spp.		0,168	16	0,014	0,018	0,085	0,106	1	1	0	0	0
Corallinaceae		0,222	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	1	0	0
Paguridae		0,120	16	0,030	0,014	0,250	0,119	1	0	0	0	0
<i>Pododesmus</i> spp.		0,005	16	0,000	0,000	0,010	0,010	1	0	0	0	0
<i>Polititapes rhomboides</i>		0,738	17	0,654	2,695	0,886	3,652	1	0	0	0	0
Porifera		0,004	16	0,006	0,008	1,495	1,904	1	0	1	0	0
<i>Protodorvillea kefersteini</i>		226,880	17	32,680	70,434	0,144	0,310	1	1	0	0	0
<i>Sabellaria</i> spp.		79,738	17	3,922	9,575	0,049	0,120	1	0,5	0,5	0	0
<i>Simnia patula</i>		0,041	16	0,000	0,002	0,010	0,040	1	0	0	0	0
<i>Spiophanes kroyeri</i>		13,526	17	0,654	2,695	0,048	0,199	1	0	1	0	0
<i>Spirobranchus triqueter</i>		29,334	17	0,654	2,695	0,022	0,092	1	0	1	0	0
<i>Terebellides</i> spp.		13,076	17	20,915	61,348	1,599	4,692	1	0	1	0	0
<i>Timoclea ovata</i>		17,112	17	22,222	40,253	1,299	2,352	1	0	0	0	0
<i>Upogebia deltaura</i>		540,660	17	63,396	60,191	0,117	0,111	1	0	1	1	1
<i>Urothoe marina</i>		493,560	17	39,869	70,059	0,081	0,142	1	1	0	0	0
<i>Urticina</i> spp.		0,202	16	0,017	0,023	0,083	0,115	1	0	0	0	0
Average IV:								1	0,917	0,889		0,750
Number of species (S)								28	6	9		2
Number of tests (S*n)								464	101	150		34
<b>BISI = exp((1/S)*Σ{IV<sub>i</sub>*ln(O<sub>i</sub>/R<sub>i</sub>))</b>								<b>0,082</b>	<b>0,100</b>	<b>0,071</b>		<b>0,052</b>
Pooled Stdev								0,979	0,428	0,566		0,074



---

# Referenties karakterisering indicatorsoorten

- Adema, J.P.H.M. (1991). De krabben van Nederland en België (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden.
- Ballerstedt, S. (2006). *Einhornia crustulenta* A sea mat. In Tyler-Walters H. and Hiscock K. (eds) Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews, [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. Available from: <https://www.marlin.ac.uk/species/detail/1595> visited in 2018.
- Baptist, M.J., Leopold, M.F. (2009). The effects of shoreface nourishments on *Spisula* and scoters in The Netherlands. *Marine Environmental Research* 68, 1-11.
- Bergman, M.J.N., van Santbrink, J.W. (2000). Mortality in megafaunal benthic populations caused by trawl fisheries on the Dutch continental shelf in the North Sea in 1994. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1321-1331.
- Bock, P., Gordon, D. (2018). World List of Bryozoa. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Bolam, S.G., Coggan, R.C., Eggleton, J., Diesing, M., Stephens, D. (2014). Sensitivity of macrobenthic secondary production to trawling in the English sector of the Greater North Sea: A biological trait approach. *Journal of Sea Research* 85, 162-177.
- Borja, A., Franco, J., Pérez, V. (2000). A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. *Marine Pollution Bulletin* 40(12), 1100-1114.
- Bos, O.G., Witbaard, R., Lavaleye, M., van Moorsel, G., Teal, L.R., van Hal, R., van der Hammen, T., ter Hofstede, R., van Bemmelen, R., Witte, R.H., Geelhoed, S., Dijkman, E.M. (2011). Biodiversity hotspots on the Dutch Continental Shelf. A Marine Strategy Framework Directive perspective. Report number C071/11. IMARES Wageningen UR. pp. 145.
- Boyko, C.B., Bruce, N.L., Hadfield, K.A., Merrin, K.L., Ota, Y., Poore, G.C.B., Taiti, S., Schotte, M., Wilson, G.D.F. (2018). World Marine, Freshwater and Terrestrial Isopod Crustaceans database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Bremner, J. (2005). Assessing ecological functioning in marine benthic communities. PhD thesis University of Newcastle upon Tyne.
- Bruyne, R. de, Daan, R., Faasse, M., Kuijper, W., Wijnhoven, S., Gmelig Meyling, A., Van Leeuwen, S. (2013). Huisjesslakken -Gastropoda. Hoofdstuk 8 in De Bruyne, R., Van Leeuwen, S., Gmelig Meyling, A., Daan, R.(eds.). Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische Atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Uitgeverij Tirion, Utrecht & Stichting ANEMOON, Lisse.
- Bureau Waardenburg (2020). Analyserapport ROV Klaverbank 2018. Analyserapport Bureau Waardenburg, Eurofins Aquasense & Wageningen Marine Research, rapportnummer en versie 1.3 (definitief), Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Compton, T.J., Holthuijsen, S., Mulder M., Van Arkel, M., Kleine Schaars, L., Koolhaas, A., Dekinga, A., Ten Horn, J., Luttikhuisen, P.C., Van der Meer, J., Piersma, T., Van der Veer, H.W. (2017). Shifting baselines in the Ems Dollard estuary: A comparison across three decades reveals changing benthic communities. *Journal of Sea Research* 127, 119-132.
- Craeymeersch, J.A., Piet, G.J., Rijnsdorp, A.D., Buijs, J. (2000). Distribution of macrofauna in relation to the micro-distribution of trawling effort. In: Kaiser, M.J., de Groot, S.J. (Eds.) The effects of fishing of non-target species and habitats. pp. 187-197. Blackwell.
- Daan, R., De Bruyne, R., Wijnhoven, S., Kuijper, W., Faasse, M., Van Moorsel, G., Gmelig Meyling, A., Van Leeuwen, S. (2013). Tweekleppigen - Bivalvia. Hoofdstuk 7 in De Bruyne, R., Van Leeuwen, S., Gmelig Meyling, A., Daan, R.(eds.). Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische Atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Uitgeverij Tirion, Utrecht & Stichting ANEMOON, Lisse.
- Daly, M., Fautin, D. (2018). World List of Actiniaria. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.



- Dupont, S., Havenland, J., Thorndyke, W., Peck, L., Thorndyke, M. (2008). Near-future level of CO<sub>2</sub>-driven ocean acidification radically affects larval survival and development in the brittlestar *Ophiothrix fragilis*. *Marine Ecology Progress Series* 373, 285-294.
- Duren, L.A. van, Gittenberger, A., Smaal, A.C., van Koningsveld, M., Osinga, R., Cado van der Lelij, J.A., de Vries, M.B. (2017). Rich Reefs in the North Sea. Exploring the possibilities of promoting the establishment of natural reefs and colonisation of artificial hard substrate. Deltares report 1221293-000, 83 pp.
- Feio, H.M. (2021). Effect of temperature and sediment disturbance on ecophysiological responses of the infaunal clam *Polititapes rhomboides*. A dissertation submitted on 29th August 2021 for the degree of Master of Aquaculture, Environment and Society (University of the Highlands and Islands, the University of Crete and the University of Nantes). 63 pp.
- Flach, E.C. (1993). The distribution of the amphipod *Corophium arenarium* in the Dutch Wadden Sea: Relationships with sediment composition and the presence of cockles and lugworms. *Netherlands Journal of Sea Research* 31(3), 281-290.
- Folmer, E., Dekinga, A., Holthuisen, S., Van der Meer, J., Mosk, D., Piersma, T., Van der Veer, H. (2017). Species distribution models of Intertidal benthos - Tools for assessing the impact of physical and morphological drivers on benthos and birds in the Wadden Sea. NIOZ Report, NIOZ Texel.
- Gallmetzer, I., Haselmaier, A., Tomasovych, A., Stachowitsch, M., Zuschin, M. (2017). Responses of molluscan communities to centuries of human impact in the northern Adriatic Sea. *PLoS One* 12(7): e0180820.
- Gittenberger, A., Van Loon, W. (2013). Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 41, 79-112.
- Gray, J.S., Pearson, T.H. (1982). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series* 9(2), 111-119.
- Green, N., Hjermand, D.Ø., Fryer, R. (2017). Status and trends in the levels of imposex in marine gastropods (TBT in shellfish). OSPAR Intermediate Assessment 2017. [Accessed in 2023]. Available from: <<https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/pressures-human-activities/contaminants/imposex-gastropods/>>.
- Hamon, K.G., Glorius, S., Klok, A., Tamis, J., Jongbloed, R. (2020). Seine fishing on the Dutch and German parts of the Dogger Bank, 2013-2019; Overview of the economic importance and the ecologic impact of the Belgian, British, Danish, Dutch, French, German and Swedish fleets. Wageningen, Wageningen University & Research, Report 2020-105. 46 pp.
- Heinis, F., Deerenberg, C. (2011). Passende beoordeling boomkorvisserij op vis in de Nederlandse kustzone: Deelrapport Voordelta. IMARES Wageningen UR (Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies) Rapport C130/11, deel 2/5. 101 pp.
- Hiscock, K., Langmead, O. & Warwick, R. 2004. Identification of seabed indicator species from time-series and other studies to support implementation of the EU Habitats and Water Framework Directives. Report to the Joint Nature Conservation Committee and the Environment Agency from the Marine Biological Association. Plymouth: Marine Biological Association. JNCC Contract F90-01-705. 109 pp.
- Horton, T., Lowry, J., De Broyer, C., Bellan-Santini, D., Coleman, C. O., Corbari, L., Daneliya, M., Dauvin, J.-C., Fišer, C., Gasca, R., Grabowski, M., Guerra-García, J. M., Hendrycks, E., Hughes, L., Jaume, D., Jazdzewski, K., Kim, Y.-H., King, R., Krapp-Schickel, T., LeCroy, S., Lörz, A.-N., Mamos, T., Senna, A. R., Serejo, C., Sket, B., Souza-Filho, J. F., Tandberg, A.H., Thomas, J., Thurston, M., Vader, W., Väinölä, R., Vonk, R., White, K., Zeidler, W. (2018). World Amphipoda Database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Institute of Oceanology (2017). Pacific Arctic Benthic Species. Website created within Distributed Biological Observatory (DBO) project of Polish Institute of Oceanology. [Accessed in 2023] Available from <[http://www.iopan.gda.pl/projects/DBO/list/Annelida/Terebellides\\_stroemii/Terebellides\\_stroemii.html](http://www.iopan.gda.pl/projects/DBO/list/Annelida/Terebellides_stroemii/Terebellides_stroemii.html)>.
- Kaiser, M.J., Ramsay, K., Richardson, C.A., Spence, F.E., Brand, A.R. (2000) Chronic fishing disturbance has changed shelf sea benthic community structure. *Journal of Animal Ecology* 69, 494-503.
- Kerr, A.K. (1981). Aspects of the biology of *Lutraria lutraria* (L.) (87ivalvia : Mactracea). PhD thesis University of Glasgow. 167 pp.
- Kleef, H.L. (1991). Het macrobenthos van de Hond-Paap in het Eems-Dollard estuarium in 1988. Nota GWAO-91.061. Rijkswaterstaat Dienst Getijdewateren.

- 
- Kluijver, M.J. de, Ingalsuo, S.S. (2018). Macrobenthos of the North Sea - Anthozoa. Marine Species Identification Portal, available from: <http://species-identification.org>, accessed in 2018.
- Kraan, C., Dekinga, A., Folmer, E.O., Van der Veer, H.W., Piersma, T. (2007). Macrobenthic fauna on intertidal mudflats in the Dutch Wadden Sea: Species abundances, biomass and distributions in 2004 and 2006. NIOZ, Texel, NIOZ-Report 2007-2.
- Kroh, A., Mooi, R. (2018). World Echinoidea Database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Lambert, G. I., Jennings, S., Hiddink, J. G., Hintzen, N. T., Hinz, H., Kaiser, M. J., and Murray, L.G. (2012). Implications of using alternative methods of vessel monitoring system (VMS) dataanalysis to describe fishing activities and impacts. *ICES Journal of Marine Science* 69(4), 682-693.
- Lemaitre, R., McLaughlin, P. (2018). World Paguroidea & Lomisoidea database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Leonardsson, K., Blomqvist, M., Magnusson, M., Wikström, A., Rosenberg, R. (2015). Calculation of species sensitivity values and their precision in marine Benthic faunal quality indices. *Marine Pollution Bulletin* 93, 94-102.
- Maris, T., Beauchard, O., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Wijnhoven, S., Meire, P. (2013). Referentiematrices en Ecotooppervlaktes Annex bij de Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium Studie naar "Ecotooppervlaktes en intactness index". Monitor Taskforce Publication Series, 2013-01. NIOZ: Yerseke. 35 pp.
- MarLIN (2006). BIOTIC - Biological Traits Information Catalogue. Marine Life Information Network. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. [Accessed in 2018] Available from <[www.marlin.ac.uk/biotic](http://www.marlin.ac.uk/biotic)>
- Mielck, F., Michaelis, R., Hass, H.C., Hertel, S., Ganal, C., Armonies, W. (2021). Persistent effects of sand extraction on habitats and associated benthic communities in the German Bight. *Biogeosciences* 18, 3565-3577.
- MolluscaBase (2018). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- MolluscaBase (2023). Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2023.
- Moorsel, G.W.N.M. van (2002). Ecologie van de Klaverbank, BiotaSurvey 2002. Rapport ecosub, Doorn.
- Moorsel G.W.N.M. van (2005). Macrofauna en hydromorfologie van zoute wateren. Rapport Ecosub, Doorn.
- Moorsel G.W.N.M. van (2011). Species and habitats of the international Dogger Bank. Rapport Ecosub, Doorn.
- NMNI (2006). Northern Ireland Priority Species. *Astropecten irregularis* - a starfish. Website National Museums Northern Ireland, 2006-18 [Accessed in 2023] Available from <<https://www.habitas.org.uk/priority/species.asp?item=626>>.
- OSPAR Commission (2008). Case Reports for the OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. Nomination *Arctica islandica*, Ocean quahog. [Accessed in 2023] Available from [www.ospar.org/site/assets/files/44251/ocean\\_quahog.pdf](http://www.ospar.org/site/assets/files/44251/ocean_quahog.pdf)
- OSPAR Commission (2010). QUALITY STATUS REPORT 2010. Case Reports for the OSPAR List of threatened and/or declining species and habitats – Update. *Sabellaria spinulosa* reefs. [Accessed in 2023] Available from <[www.qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/p0010\\_supplements/CH10\\_04\\_Sabellaria\\_spinulosa.pdf](http://www.qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/p0010_supplements/CH10_04_Sabellaria_spinulosa.pdf)>
- Pearson, T.H., Gray, J.S., Johannessen, P.J. (1982). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. Data analyses. *Marine Ecology Progress Series* 12(3), 237-255.
- Queirós, A.M., Birchenough, S.N.R., Bremner, J., Godbold, J.A., Parker, R.E., Romero-Ramirez, A., Reiss, H., Solan, M., Somerfield, P.J., Van Colen, C., Van Hoey, G., Widdicombe, S. (2013). A bioturbation classification of European marine infaunal invertebrates. *Ecology and Evolution* 2013; 3(11): 3958-3985.
- Read, G., Fauchald, K. (Ed.) (2018). World Polychaeta database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Reijden, K.J. van der, Koop, L., O'Flynn, S., Garcia, S., Bos, O., van Sluis, C., Maaholm, D.J., Herman, P.M.J., Simons, D.G., Olf, H., Ysebaert, T., Snellen, M., Govers, L.L., Rijnsdorp, A.D., Aguilar, R. (2019). Discovery of *Sabellaria spinulosa* reefs in an intensively fished area of the Dutch Continental Shelf, North Sea. *Journal of Sea Research* 144, 85-94.

- 
- Rumohr, H., Kujawski, T. (2000) The impact of trawl fishery on the epifauna of the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1389-1394.
- Sonnewald, M., Türkay, M. (2012). Environmental influence on the bottom and near-bottom megafauna communities of the Dogger Bank: a long-term survey. *Helgoland Marine Research* 66, 503-511.
- Stöhr, S., O'Hara, T., Thuy, B. (2018). World Ophiuroidea database. Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org> in 2018.
- Troost, K., Paijmans, A.J., van Kooten, T., van Hal, R., Goudswaard, K., van Asch, M. (2014). Typische soorten van habitattypen in zoute wateren. Voorstellen voor herziening van de bestaande lijsten op basis van data analyse en expert inschattingen. IMARES Wageningen UR, Rapport C030/14. pp. 109.
- Warwick, R.M., Pearce, B. (2020). Irregular recruitment of the echinoid *Echinocyamus pusillus* and its implications for biological traits analysis. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 100(7), 1-5.
- Wijnhoven, S., Hummel, H. (2009). Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. KNAW/NIOO-CEME, Monitor Taskforce Publication Series 2009-11.
- Wijnhoven, S., Duineveld, G., Lavaleye, M., Craeymeersch, J., Troost, K., Van Asch, M. (2013). Kaderrichtlijn Marien indicatoren Noordzee. Naar een uitgebalanceerde selectie van indicator soorten ter evaluatie van habitats en gebieden en scenario's hoe die te monitoren. Monitor Taskforce Publication Series 2013 - 02.
- Wijnhoven, S., Bos, O.G. (2017). Nationale Benthos Indicator Noordzee: Proces van ontwikkeling en het protocol van de 'Benthische Indicator Soorten Index (BISI)'. Ecoauthor Report Series 2017 - 02, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. (2023). Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI): Protocol BISI for generic application (BISI v3). Ecoauthor Report Series 2023 - 01, Heinkenszand, the Netherlands. (In prep.).
- Wijnhoven, S. et al. (2023). The Benthic Indicator Species Index (BISI) as a tool for benthic habitat quality status assessments. Draft scientific publication, Ecoauthor Report Series 2023 - 03, Heinkenszand, the Netherlands.
- WoRMS (2018). *Carcinus maenas* (Linnaeus, 1758). Accessed at: <http://www.marinespecies.org/> in 2018.
- WoRMS (2018). *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758). Accessed at: <http://www.marinespecies.org/> in 2018.
- WoRMS (2018). *Liocarcinus holsatus* (Fabricius, 1798). Accessed at: [http://www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org/) in 2018.
- WoRMS (2018). *Portumnus latipes* (Pennant, 1777). Accessed at: [http://www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org/) in 2018.
- WoRMS (2023). *Aonides paucibranchiata* (Southern, 1914). Accessed at: [http://www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org/) in 2023.
- WoRMS (2023). *Metridium senile* (Linnaeus, 1761). Accessed at: [http://www.marinespecies.org](http://www.marinespecies.org/) in 2023.

## Recent verschenen WOT-technical reports

<b>237</b>	Houtkamp, J.M. (2023). <i>Visualisatietechnieken voor kennisintegratie; Het gebruik van verschillende soorten kennis in de context van beleidsvraagstukken.</i>	<b>247</b>	Bouwma, I.M. & J. Frissel. (2023). <i>Analyse eerste tranche provinciale programma's Uitvoeringsprogramma Natuur.</i>
<b>238</b>	Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, C.M.J. Hendriks, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2023). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2023.</i>	<b>248</b>	Delft, S.P.J. van, G.J. Maas (2023). <i>Landschappelijke Bodemkartering (LBK); Achtergronden, toepassingen en technische documentatie.</i>
<b>239</b>	Schalkwijk, L. van, E.T. Schotanus, M.J.L. Kik, A. Gröne & L.L. IJsseldijk (2023). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2022; Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>	<b>249</b>	Grashof-Bokdam, C.J., J.M. Houtkamp, B. de Knegt (2023). <i>Concept-denkmodel Basiskwaliteit Natuur; Discussiestuk Wageningen Environmental Research &amp; Planbureau voor de Leefomgeving.</i>
<b>240</b>	Langers, F. (2023). <i>Recreatie in groenblauwe gebieden; Actualisatie van CLO-indicator 1258 op basis van data van het Continu Vrijtijdsonderzoek uit 2018.</i>	<b>250</b>	Houtkamp, J.M., J. Sitters, J.B. Visser, A.M. Schmidt, N.A.C. Smits, R. Pouwels, S.W.M. Poppeliers (2023). <i>Toelichting op de monitoring- en beoordelingssystematiek van de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn; Ten behoeve van de evaluatie van het Programma Stikstofreductie en Natuurverbetering.</i>
<b>241</b>	Schmidt, A.M., P.J.H. Mathijssen, R.H. Jongbloed, J.E. Tamis, A.B. Goutbeek, R. Reinartz, R. Vogel, M.E. Sanders, J.T. van der Wal en I. Woltjer (2023). <i>Advies over de Nederlandse pledges voor de Europese Biodiversiteitsstrategie 2030; Toelichting op het advies van Wageningen Research en Sovon Vogelonderzoek aan het ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit.</i>	<b>251</b>	Los, S., C. van Haren, A. Cormont (2023). <i>Rapportage Modelinventarisatie voor klimaat-effecten en adaptatie.</i>
<b>242</b>	Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, L.A. Lagerwerf, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T.C. van der Zee (2023). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2021.</i>	<b>252</b>	Roebeling, P.C., R. Michels, N.B.P. Polman, H. Chouchane (2023). <i>Derde lerende evaluatie natuurpact: Reflectie en projectie voortgang ontwikkelingsopgaven natuur; Lessen voor de Derde Lerende Evaluatie Natuurpact (LEN3).</i>
<b>243</b>	Lerink, B.J.W., M.J. Schelhaas, F. Dolstra, J. Oldenburger, S. Teeuwen & A.P.P.M. Clerkx (2023). <i>Veldinstructie Achtste Nederlandse Bosinventarisatie (2022-2026); Versie 1.0.</i>	<b>253</b>	Pouwels R., I. Woltjer, B. de Knegt, H.D. Roelofsens & L. Biersteker (2023). <i>Achtergrondrapportage modelanalyses biodiversiteit en ecosysteemdiensten ten behoeve van de Ruimtelijke Verkenning.</i>
<b>244</b>	Kruijne, R. en D.W.G. van Kraalingen (2023). <i>Overdracht van meetresultaten van provincies naar de Grondwateratlas voor bestrijdingsmiddelen, versie 2022.</i>	<b>254</b>	Groot, G.A. de, W. van 't Westende, D.R. Lammertsma, F. Warmer, H.A.H. Jansman & M. Laar (2023). <i>Status van de Nederlandse otterpopulatie in 2022: nieuwe inzichten in genetische uitwisseling, mortaliteit en verkeerssterfte.</i>
<b>245</b>	Riel, M.C. van, R.C.M. Verdonshot, P.F.M. Verdonshot (2023). <i>Natuurherstel en klimaatbuffers in beekdalen; Een verkenning van de mogelijkheden tot integratie van wateropgaven in beekdalen.</i>	<b>255</b>	Baren, S.A. van, E.J.M.M. Arets, C.M.J. Hendriks, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas (2024). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands; Methodological background, update 2024.</i>
<b>246</b>	Sanders, M.E., H.J. Agricola, J.H. Faber, D.A. Kamphorst, F.H. Kistenkas, F. Langers, T. Selnes, M.J.M. Smits, G.B. Woltjer (2023). <i>De bijdrage en potentiële bijdrage van verschillende partijen aan de veranderingen in het natuur-, landbouw- en voedselsysteem; Achtergrondinformatie voor de Balans van de Leefomgeving 2023.</i>	<b>256</b>	Mathijssen P.J.H. en R.H. Jongbloed (2024). <i>Standaardlijsten drukfactoren en maatregelen; Voorstel voor een Nederlandse standaardlijst van drukfactoren en herstelmaatregelen en vertalingen naar de Europese codelijsten.</i>
		<b>257</b>	Geelhoed, S.C.V., M.J. van den Heuvel-Greve, C.J.A.F. Kwadijk & M.J.J. Kotterman (2024). <i>Contaminantenonderzoek en vliegtuigtellingen van bruinvissen (Phocoena phocoena) in Nederland, 2023.</i>
		<b>258</b>	Roo, N. de, S. Kristiaan, S.E.H. van Liere, B.C. Breman (2024). <i>Transitie of optimaliseren van het bestaande? Beleidsanalyse NPLG en WBS vanuit transitieperspectieven.</i>

<b>259</b>	Schalkwijk, L. van, A. Gröne & L.L. IJsseldijk (2024). <i>Postmortaal onderzoek van bruinvissen (Phocoena phocoena) uit Nederlandse wateren, 2023; Biologische gegevens, gezondheidsstatus en doodsoorzaken.</i>
<b>260</b>	Henkens, R.J.H.G., Cormont, A., Van Swaay, C.A.M., Wamelink, G.W.W. en F.G.W.A. Ottburg (2024). <i>Risico's en kansen van klimaatverandering voor de Nederlandse natuur; Invloed van temperatuurstijging, extreme droogte of natheid, zeespiegelstijging en verzilting op de doelen voor VHR, KRW, ecosysteemdiensten en algemene biodiversiteit.</i>
<b>261</b>	Glorius, S.T. & A. Meijboom (2024). <i>Ontwikkeling van enkele droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee; Periode 1995 tot en met 2022.</i>
<b>262</b>	Escaravage, V.L., M.J. Baptist, S. Wijnhoven (2024). <i>Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000.</i>





---

**Thema Informatievoorziening Natuur**  
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 54 71  
E [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl)  
[wur.nl/wotnatuurenmilieu](http://wur.nl/wotnatuurenmilieu)

ISSN 2352-2739



---

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

---