Biogene riffen in de Voordelta

Verspreiding en verkenning van verklarende factoren

T.M. van der Have
H. van der Jagt
P. Kamermans
H. Sas

Bureau Waardenburg
Ecologie & Landschap

WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Biogene riffen in de Voordelta

Verspreiding en verkenning van verklarende factoren

dr. T.M. van der Have, H. van der Jagt MSc, dr. P. Kamermans, drs. H. Sas

Status uitgave: eindversie

Rapportnummer:	19-052
Projectnummer:	17-0614
Datum uitgave:	15 augustus 2019
Foto omslag:	Platte oester *Ostrea edulis* op lege schelp van Japanse oester *Crassostrea gigas* Voordelta, september 2018. Bureau Waardenburg bv
Projectleider:	Dr. T.M. van der Have
Tweede lezer:	Drs. K. Didderen
Naam en adres opdrachtgever:	RWS, Water, Verkeer en Leefomgeving (Lelystad) Postbus 2243, 3500 GE Utrecht
Referentie opdrachtgever:	offerteaanvraag 31142756, project C000163 inzake Onderzoek Schelpdierbanken Voordelta
Akkoord voor uitgave:	dr. W.E.A. Kardinaal

Paraaf:

Graag citeren als: van der Have, T.M., van der Jagt, H., Kamermans, P. & H. Sas. 2019. Biogene riffen in de Voordelta. Verspreiding en verkenning van verklarende factoren. Bureau Waardenburg Rapportnr. 19-052. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Trefwoorden: Schelpdierbanken, biogene riffen, Natura-2000 gebied, bodem-beroerende visserij

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

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

Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem van Bureau Waardenburg bv is door CERTIKED gecertificeerd overeenkomstig ISO 9001: 2015. Bureau Waardenburg bv hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.

Bureau Waardenburg bv
Onderzoek en advies voor ecologie en landschap

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

Voorwoord

De Maasvlakte 2 is in 2008-2013 in het Natura 2000 gebied Voordelta aangelegd in het kader van Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR). Als compensatie-maatregel is een bodembeschermingsgebied ingesteld met beperkingen voor zware bodem-beroerende visserij en daarbinnen zijn een 3-tal rustgebieden voor vogels aangewezen (Natuurcompensatie Voordelta, NCV). Een uitgebreid monitoring- en evaluatieprogramma (MEP) onderzoekt sinds 2004 de uitgangssituatie en het effect van de compensatiemaatregelen op deze beschermde natuurwaarden (Prins *et al.*, 2015).

In 2015 werd bij de Blokkendam een schelpdierbank met platte oesters ontdekt in het kader van het project schelpdierbankherstel van ARK Natuurontwikkeling en WNF. Naar aanleiding van deze vondst en vervolgonderzoek aan de schelpdierbank heeft RWS-WVL Bureau Waardenburg gevraagd een nader verkennend onderzoek uit te voeren naar de huidige verspreiding van biogene riffen, eventuele randvoorwaarden voor hun ontwikkeling en de mogelijke relatie met de intensiteit van bodem-beroerende visserij.

Het projectteam van Bureau Waardenburg bestond uit Tom van der Have (projectleider), Helga van der Jagt (analyse). Het veldwerk werd uitgevoerd door Helga van der Jagt, Joost Bergsma en Udo van Dongen. Wageningen Marine Research leverde de gegevens over bevissingsintensiteit door de garnalenvisserij (Niels Hintzen) en is coauteur van het rapport (Pauline Kamermans), Hein Sas (Sas Consultancy) was betrokken bij de ontwikkeling van het project en is tevens co-auteur van het rapport. Mennobart van Eerden begeleidde dit project vanuit RWS-WVL.

Wij danken Karin Didderen voor commentaar op een eerdere versie van dit rapport.

Een deel van het beeldmateriaal in dit rapport is verzameld tijdens het pilot project Herstel Schelpdierbanken Voordelta (2015-2018) in opdracht van ARK Natuurontwikkeling en WNF en is nog niet eerder gepubliceerd. Onze dank gaat uit naar Karel van den Wijngaard (ARK) en Emilie Reuchlin-Hugenholtz (WNF) voor het ter beschikking stellen van dit materiaal.

Disclaimer
De studie betreft een beoordeling van de huidige aanwezigheid van beschermde soorten planten en dieren. Deze beoordeling is gebaseerd op bronnenonderzoek, veldonderzoek en deskundigenoordeel. Veldonderzoek is altijd een momentopname. Bureau Waardenburg waarborgt dat het onderzoek is uitgevoerd door deskundige onderzoekers volgens de gangbare standaardmethoden. Het bureau is niet aansprakelijk voor waarnemingen van soorten door derden en waarnemingen die na afronding van de studie bekend worden gemaakt.

Inhoud

Voorwoord 3

Samenvatting 6

1 Inleiding 9

1.1 Het belang van biogene riffen 9

1.2 Achtergrond vraagstelling 10

1.3 Doelen 12

1.4 Onderzoeksvragen, hypothesen en plan van aanpak 15

1.5 Leeswijzer 17

2 Materiaal en methoden 19

2.1 Duikonderzoek schelpdierbank Blokkendam 19

2.2 *Dropcam* videosurvey 19

2.3 Sonar survey 20

2.4 Visserij-intensiteit 20

2.5 Analyse van de gegevens 20

3 Resultaten 21

3.1 Schelpdierbank Blokkendam 21

3.1.1 Japanse oesters 21

3.1.2 Mosselen 21

3.1.3 Platte oesters 21

3.1.4 Facilitering vestiging platte oester door Japanse oester 22

3.1.5 Biodiversiteit 23

3.2 Visserij-intensiteit 23

3.3 *Dropcam* survey 25

3.4 Voorwaarden voor het ontstaan van biogene riffen en visserij-intensiteit 27

4 Discussie 29

4.1 Overwegingen bij het ontstaan van biogene riffen 29

4.3 Waarnemingen aan schelpdierbanken 29

4.4 *Lanice*-riffen 30

4.5 Implicaties voor beheer en bescherming 31

5 Bevindingen, conclusies en aanbevelingen 33

5.1 Bevindingen en conclusies 33

5.2 Aanbevelingen 34

6 Literatuur 35

Figuren 40
Bijlage 1 Dropcam bemonstering 2018-2019 54
Bijlage 2 Side-scan sonar beelden 58
Bijlage 3 Soortenlijst Blokkendam Schelpdierbank 59
Bijlage 4 Visserij intensiteit 2004-2017 64

Samenvatting

Het doel van deze studie is om meer inzicht te krijgen in de huidige verspreiding van biogene riffen, zoals gevormd door schelpdierbanken en schelpkokerwormen, in de Voordelta, tussen de Bollen van de Ooster en de Brouwersdam en voor de kust van Goeree-Overflakkee. Dit gebied dat wordt gekenmerkt door een zachte bodem (zand en slib).

Specifiek is door middel van literatuuronderzoek gekeken naar de voorwaarden voor het ontstaan van deze biogene riffen en de daaraan geassocieerde natuurwaarden. Via daadwerkelijk, verkennend onderzoek in de Voordelta is de mogelijke relatie met de intensiteit van bodem-beroerende visserij onderzocht. Tevens zijn daadwerkelijke waarnemingen uitgevoerd aan de soortenrijkdom van de aanwezige schelpdierbank.

De onderzoeksvragen zijn:

- Waar komen biogene riffen, zoals schelpdierbanken en schelpkokerwormen *Lanice conchilega*, voor in het gebied bij de Brouwersdam in de Voordelta?
- Is er een relatie tussen de aanwezigheid van biogene riffen, zoals schelpdierbanken en schelpkokerwormen *Lanice conchilega*, bij de Brouwersdam in de Voordelta en de langjarige bevissing door visserij met een garnalenkor in de afgelopen jaren?
- Is met de ontwikkeling van schelpdierbanken en andere biogene riffen de kwaliteit van H1110B (de bodemdierengemeenschap) toegenomen?
- Zijn er ook buiten deze locatie dergelijke ontwikkelingen aanwezig en hoe verhoudt zich dat tot de waargenomen visserijdruk?

De huidige studie heeft een verkennend karakter en betreft voornamelijk correlatief onderzoek. Dit onderzoek kan dus geen evidentie leveren voor oorzakelijke verbanden tussen visserij-activiteiten en biogene riffen. Hiervoor is een meerjarige BACI aanpak nodig (Before, After, Control, Impact,), in een aantal afgebakende gebieden met en zonder biogene riffen.

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen is gebruik gemaakt van de bestaande kennis over de Blokkendam schelpdierbank met platte en Japanse oesters op basis van het onderzoek in de periode 2016-2018 (Christianen *et al*., 2018; Didderen *et al.*, 2019; Sas *et al*., 2016, 2018) en van het daar eveneens aanwezige *Lanice*-rif. Voor aanvullende gegevens over de verspreiding van biogene riffen buiten het Blokkendamgebied zijn in september – oktober 2018 en januari 2019 onderwatervideo-opnames gemaakt van 56 (potentieel voor biogene riffen geschikte) bodemlocaties in het gebied tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam. Wageningen Marine Research leverde de gegevens over bevissingsintensiteit door de visserij met een garnalenkor.

De belangrijkste bevindingen van dit onderzoek zijn:

- Het hele onderzochte deelgebied tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam is in beginsel geschikt voor het ontstaan van platte oesterbanken: de abiotische omstandigheden zijn gunstig, er zijn actueel en potentieel

platte oesterlarven aanwezig die grotendeels afkomstig zijn uit de Grevelingen en er liggen op een aanzienlijk deel van het gebied lege schelpen als vestigingssubstraat.

- In dit gebied zijn meerdere biogene riffen (schelpdierbanken en *Lanice*-riffen) aanwezig, in met name deelgebieden die sinds 2004 (of langer) niet of nauwelijks bevist zijn geweest. Meer specifiek:
    - Een schelpdierbank van circa 40 ha met platte oesters, Japanse oesters en mosselen is aanwezig in een gebied dat rijk is aan schelpmateriaal en sinds 2004 (of langer) niet bevist is geweest. Waarschijnlijk is de bank ontstaan na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1998.
    - De drie *Lanice*-riffen die zijn gevonden lagen in gebieden die niet of licht bevist zijn geweest in de periode 2004-2017.
- In het andere onderzochte deelgebied, voor de kust van Goeree-Overflakkee, zijn geen biogene riffen gevonden. Dit deelgebied is het meest intensief bevist met een garnalenkor. Het doorzicht in dit deelgebied was onvoldoende voor videocamera waarnemingen, maar uit side-scan sonar gegevens is af te leiden dat op deze locaties geen biogene riffen voorkomen.
- Op de stukken met platte oesters is de soortenrijkdom van epibenthische soorten 60% hoger dan op de zandige stukken tussen de schelpdierbank.
- De lege schelpen van de Japanse oesters (exoot) hebben de vestiging van platte oesters (inheems) gefaciliteerd. Dit toont aan dat natuurlijke substraten de ontwikkeling van riffen en de daarmee geassocieerde soortenrijkdom bevorderen.

Uit literatuuronderzoek is eveneens bekend dat biogene riffen zorgdragen voor een toename van ruimtelijke structuur, soortenrijkdom (waaronder langlevende soorten) en vermoedelijk ook biomassa.

Vanwege de gevonden relatie tussen de intensiteit van visserij met een garnalenkor en het voorkomen van biogene riffen, is het aannemelijk dat de ontwikkeling van biogene riffen samenhangt met langdurige relatieve bodemrust, dat wil zeggen geen of beperkte visserij met garnalen-kor. Als dit juist is, is het bevorderen van bodemrust een strategie die leidt tot verhoging van natuurwaarden in de Voordelta. Echter, ook andere factoren, zoals golfdynamiek en natuurlijke sedimentsamenstelling, kunnen de vorming van biogene riffen beïnvloeden Vervolgonderzoek is nodig om de hypothese of het bevorderen van bodemrust al dan niet een effectieve strategie is ter verhoging van natuurwaarden in het gebied te testen.

Op basis van het verrichte onderzoek wordt aanbevolen om:

- Meerjarig BACI-onderzoek te doen naar de causale verbanden tussen visserij met een garnalenkor, natuurlijke factoren en het ontstaan van biogene riffen in de Voordelta.
- Biogene riffen van platte oesters, mosselen en schelpkokerwormen expliciet op te nemen in H1110B en het Aanwijzingsbesluit N2000-gebied Voordelta.
- Het actieve herstel van schelpdierbanken op geschikte locaties in de Voordelta voort te zetten of mogelijk zelfs te intensiveren.

1 Inleiding

De Maasvlakte 2 is in de periode 2008-2013 in het Natura 2000 gebied Voordelta aangelegd in het kader van Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR). Als compensatiemaatregel voor het verlies van beschermd gebied is in 2008 een Bodembeschermingsgebied ingesteld met beperkingen voor bodem-beroerende visserij en rustgebieden voor vogels aangewezen (Natuurcompensatie Voordelta, NCV). Een monitoring- en evaluatieprogramma (MEP) onderzoekt het effect van de compensatiemaatregelen op beschermde natuurwaarden (Prins *et al.*, 2015).

Het Natura 2000-gebied de Voordelta bestaat grotendeels uit permanent ondergelopen zandbanken, habitattype H1110B, De in de zandige bodem aanwezige benthische organismen bepalen nu grotendeels de kwaliteit van H1110B. Daar waar biogene riffen aanwezig zijn is de kwaliteit en verscheidenheid aan dieren in en op de bodem aanzienlijk hoger. Deze positieve ontwikkeling kan van belang zijn voor de natuurcompensatie.

Platte oester, mossel (beide inheems) en Japanse oester (exoot) maken momenteel geen deel uit van Habitat 1110B (permanent overstroomde banken, Noordzee-kustzone; Ministerie LNV, 2014). Dit habitattype is opgenomen in het aanwijzingsbesluit Voordelta en maakt deel uit van de instandhoudingsdoelstellingen. De kwaliteit van H1110B is landelijk beoordeeld als matig ongunstig, het doelbereik in de Voordelta is beoordeeld als “doel nog niet bereikt” en hier is geen herstelopgave aan verbonden (Ministerie van I&M, 2016).

In 2015 werd bij de Blokkendam in het zeegebied vóór de Brouwersdam een schelpdierbank met platte oesters ontdekt in het kader van het project schelpdierbankherstel van ARK Natuurontwikkeling en WNF (Figuren 1-2). Vlakbij de Blokkendam werd ook een locatie gevonden met een hoge dichtheid aan schelpkokerwormen *Lanice conchilega* (Figuur 3) gevonden, een soort waarvan bekend is dat deze ook biogene riffen vormt (Rabaut *et al.*, 2009). Gezien de positieve betekenis hiervan voor de kwaliteit van H1110B heeft RWS-WVL Bureau Waardenburg i.s.m. Wageningen Marine Research en Sas Consultancy gevraagd een verkennend onderzoek uit te voeren naar de relatie tussen het ontstaan van biogene riffen en bodem-beroerende visserij in de Voordelta.

1.1 Het belang van biogene riffen

Biogene riffen hebben door hun ruimtelijke structuur en hard substraat niet alleen een directe, positieve invloed op biodiversiteit, maar beïnvloeden ook de hydrodynamische omstandigheden (Baggett *et al*., 2014; Beck *et al*., 2011). De ruimtelijke structuur en het hard substraat creëren vestigingsmogelijkheden voor benthische organismen en geven bescherming aan juveniele stadia van benthische, demersale en pelagische organismen (e.g., zu Ermgassen *et al*. 2015). De ruimtelijk structuur remt de stroming

af waardoor sediment wordt ingevangen en de verblijftijd van fytoplankton rond het rif toeneemt. Schelpdierbanken die grotendeels bestaan uit *suspension feeders* leggen bovendien zwevend slib vast in pseudo-faeces.

Deze ecosysteemfuncties zijn ook kenmerkend voor *Lanice*-riffen: in hoge dichtheden en bij relatief hoge stroomsnelheden wordt veel sediment ingevangen waardoor het rif in hoogte en omvang toeneemt (zie review in Rabaut, 2010). De dichtheden van soorten en het aantal soorten binnen *Lanice*-riffen is significant hoger dan in het zacht sediment zonder *Lanice* (De Smet *et al*., 2015). Verder pompen schelpkokerwormen binnen hun kokers water rond met gevolgen voor de nutriënten huishouding (bio-irrigatie, Braeckman *et al*., 2014) en fungeren als opgroeigebied (*nursery*) voor juveniele platvis (o.a. schol *Pleuronectes platessa*; Kaiser *et al*., 2002; Rabaut *et al*., 2009b) en foerageergebied voor volwassen platvis (Rabaut, 2009).

1.2 Achtergrond

In opdracht van ARK en WNF wordt op de Blokkendam locatie sinds de ontdekking in 2015 gewerkt aan onderzoek en herstel van schelpdierbanken, zoals platte oester- en mosselbanken (Figuur 1; Sas *et al.*, 2016, 2018). Schelpdierbanken geven een belangrijke verrijking van de aanwezige natuurwaarden in het habitattype H1110. Platte oesters komen vooral voor in gebieden met zacht sediment, waar ze zich vestigen op levende platte oesters, levende schelpdieren of dode schelpen (Box 1-2, Figuur 2).

De vestiging van platte oesters op het zachte sediment rond de Blokkendam is waarschijnlijk gefaciliteerd door Japanse oesters, die zowel levend als dood substraat kunnen bieden aan platte oesterlarven (Christianen *et al.*, 2018). In 2016 en 2017 werden een aantal platte oesters gevonden binnen het permanent voor bodem-beroerende visserij gesloten gebied bij de Bollen van de Ooster (BvO, Sas *et al.*, 2017). Bij de Blokkendam (BD) is in 2016 ook een veld met schelpkokerworm (*Lanice conchilega*) gevonden (Figuur 3; Sas *et al.*, 2016). In 2017 en 2018 zijn ook bij de Bollen van de Ooster veel schelpkokerwormen aangetroffen (Figuren A2-A3; Lengkeek, 2018).

Box 1. Flat oyster *Ostrea edulis* life cycle (from Sas *et al*., 2019).

"Flat oysters have a complex life cycle shared by all members of the genus *Ostrea* (Figure B1). After a short pelagic period (6-10 days in flat oyster), oyster larvae settle permanently by cementing themselves to hard substrate. In the 6 months period after settlement they are called 'spat' (Walne 1974).

In the first three years they function as males (protandrous life cycle) and in subsequent years they can function alternately as females or males. This sex change and subsequent reproduction depends on environmental conditions (temperature, food). The males produce sperm clumps (spermatozeugmata; Ó Foighil *et al.*, 2000), which after spawning are inhaled by the females. The females are larviparous, that is, the eggs are present in the cavity and after fertilization the larvae are brooded by the female, 8-10 days in flat oyster. After brooding the larvae swarm into the water column in June – August."

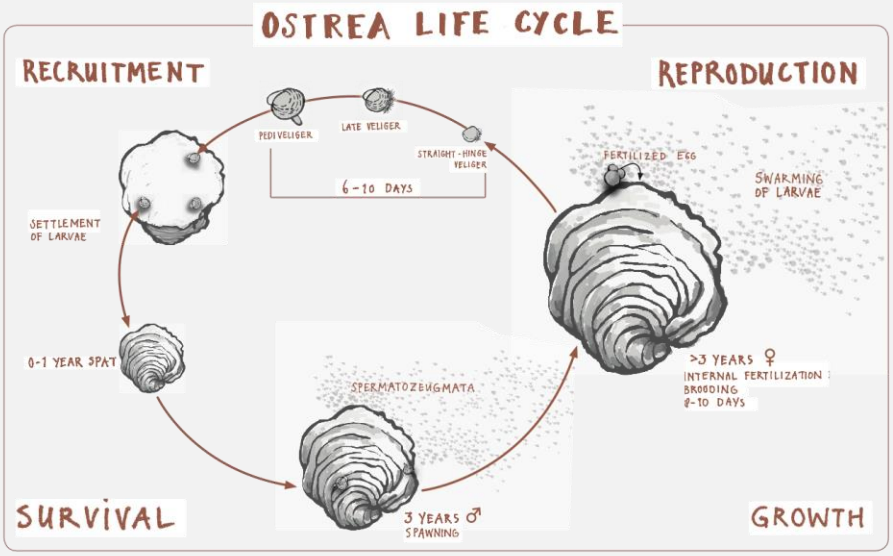


Figure B1. Flat oyster Ostrea edulis *life cycle.*

Biogene riffen (structuren die opgebouwd zijn uit dode of levende organismen) gevormd door mosselen en oesters, kunnen onderdeel uitmaken van Habitat type 1110 (permanent overstroomde zandbanken) waarvoor de Voordelta als Natura 2000 gebied is aangewezen. De kwaliteitskenmerken van H1110 worden echter vooral bepaald door de typische benthos soorten, waarvan het merendeel in het zachte sediment leeft (Profieldocument EZ, 2014). Slechts enkele benthische soorten die op het sediment leven (epifauna) zijn als typische soorten aangewezen voor H1110. De platte oester (nog) niet, maar de schelpkokerworm *Lanice conchilega* wel. Daarom wordt deze benthische soort in de survey meegenomen.

Bodem-beroerende visserij kan een grote invloed op biogene riffen hebben. Sterfte kan optreden van de structuurvormende soorten (Cook *et al.*, 2013), maar ook de integriteit van de biogene riffen kan worden aangetast en vernieuwing door jonge individuen kan sterk worden verminderd (Beck *et al.*, 2011). In gebieden waar oesterbanken zijn verdwenen kan bodem-beroerende visserij de vestiging van jonge individuen sterk beperken (zie referenties in: Gercken & Schmidt, 2014; Pogoda, 2019; Smaal *et al*., 2015). Bodem-beroerende visserij heeft ook een negatief effect op *Lanice*-riffen m.b.t. integriteit en biodiversiteit, maar die kunnen zich relatief snel herstellen (Rabaut *et al.*, 2007). In hoeverre bodem-beroerende visserij het ontstaan van *Lanice*-riffen negatief of positief beïnvloedt is echter nog weinig onderzocht. Bovendien hebben andere factoren (stroming, golfwerking, bewegingen van de zeebodem) ook invloed op het ontstaan en ontwikkeling van biogene riffen.

De visserij-intensiteit in de Voordelta wordt sinds 2004 gemonitord in het kader van de PMR-NCV evaluatie (bijvoorbeeld, Prins *et al.*, 2015). Het gebied tussen de Bollen van de Ooster en de Brouwersdam is al lange tijd (ten minste sinds 2004) weinig bevist door visserij met boomkor en garnalenkor, in tegenstelling tot de aansluitende gebieden langs de kust van Goeree-Overflakkee (waar geen zware boomkorvisserij, maar wel visserij met de garnalenkor is toegestaan in het Bodembeschermingsgebied). Deze duidelijke en grote verschillen in langjarige visserij-intensiteit maakt het mogelijk een verkennend onderzoek te doen naar de mogelijke relatie tussen bodem-beroerende visserij en het aanwezig zijn van biogene riffen op een relatief beperkt gebied binnen de Voordelta.

1.3 Doelen

Doel van het project is om meer inzicht te krijgen in de actuele verspreiding van biogene riffen, zoals schelpdierbanken en schelpkokerwormen, in de Voordelta tussen de Bollen van de Ooster en de Brouwersdam in de overwegend zacht sediment gebieden. Daarnaast wordt ingezoomd op de mogelijke correlatie met bodem-beroerende visserij om te onderzoeken welke rol dit speelt bij het aanwezig zijn van natuurlijke riffen. Dit onderzoek heeft een verkennend karakter, want het kan alleen correlaties tussen de genoemde factoren aanwijzen. Voor het identificeren van

causale relaties tussen visserij met garnalenkor en biogene riffen is nader, meerjarig onderzoek nodig volgens de BACI-methode (Before, After, Control, Impact), waarbij ook de andere factoren van invloed op biogene riffen (zoals golfwerking) moeten worden meegenomen.

Onderzoeksvragen:

- Waar komen biogene riffen, zoals schelpdierbanken en schelpkokerwormen *Lanice conchilega*, voor in het gebied bij de Brouwersdam in de Voordelta?
- Is er een relatie te leggen tussen de verspreiding en abiotische gegevens, oftewel: is het gehele gebied geschikt voor biogene riffen?
- Zijn er aanwijzingen dat visserijintensiteit van invloed is op het voorkomen van biogene riffen in dit gebied?
- Neemt met de aanwezigheid van schelpdierbanken en andere biogene riffen de kwaliteit van H1110 (de bodemgemeenschap) toe?

Box 2. Steering factors in oyster reef development (adapted from Sas *et al*., 2019).

Shellfish reef development is successful if high densities of shellfish occur with substantial structural complexity. In the case of flat oysters such a reef should have a minimal density of 5 individuals per m^2 (OSPAR, 2000). This can, in principle, be accomplished if in the oyster life cycle the key driving factors are present and positive (see Figure B2). These include (e.g, Baggett et al., 2014; Beck *et al.*, 2009):

- Suitable abiotic (temperature, depth, current speed, turbidity) and biotic (food abundance, predators, disease, competitors) conditions for successful survival, growth and reproduction;
- The presence of suitable settling substrate, such as live oysters and other bivalves and empty bivalve shells in a predominantly soft sediment environment.

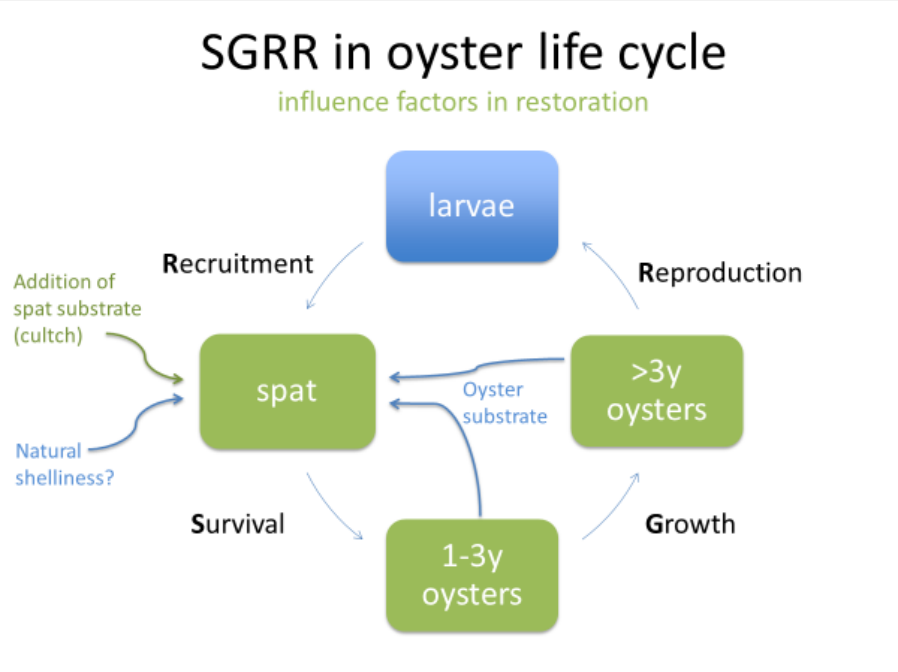


Figure B2. *Important driving factors of flat oyster bed development (in green): presence of adult oysters (of both sexes and different ages), which produce larvae and the availability of suitable substrate for settling of these larvae. Blue arrows indicate that oysters (1-3 y and >3y) and natural shelliness provide settling substrate. In restoration projects substrate can be added if the population is substrate-limited.*

1.4 Onderzoeksvragen, hypothesen en plan van aanpak

Ontstaan schelpdierbanken

Na de ontdekking in 2015 is naar de omvang, kwaliteit en ontstaan van de schelpdierbank bij de Blokkendam de laatste jaren uitgebreid onderzoek gedaan (Sas *et al.*, 2016, 2018a; Didderen *et al.*, 2019). Uit dit onderzoek blijkt dat deze schelpdierbank vooral bestaat uit Japanse oesters, platte oesters en in mindere mate mosselen. Wereldwijd zijn oesterriffen sterk achteruitgegaan (Beck *et al.*, 2011) en is er vooral in de VS veel onderzoek gedaan naar herstel van oesterriffen, waardoor inzicht is verkregen in de voorwaarden voor het ontstaan van oesterriffen en de beste methoden en technieken voor herstel (Box 2; Baggett *et al.*, 2014). Oesterbanken komen voor op locaties waarvan (1) de abiotische condities geschikt zijn, (2) larven aanwezig zijn, (3) voldoende vestigingssubstraat (e.g. dode, lege schelpen) en met (4) voldoende bodemrust. In de landen rond de Noordzee zijn in recente jaren initiatieven ontwikkeld voor herstel van platte oesterbanken (Pogoda *et al.*, 2019; Smaal *et al*,. 2015; www.noraeurope.org).

Platte oesters hebben een complexe levenscyclus, de ontwikkeling van vrouwtjes duurt relatief lang, de larven blijven gedurende de ontwikkeling enige tijd in het moederdier (broedzorg) en na het uitzwermen moeten de larven zich snel vestigen (Box 1). Hierdoor is de verspreidingsafstand van larven van de platte oester veel beperkter dan bij de Japanse oester en mossel. De laatste twee soorten zijn "*broadcast spawners*", waarvan de mannetjes en vrouwtjes gelijktijdig hun gameten in grote aantallen in de water kolom uitstoten waar vervolgens de bevruchting en ontwikkeling van larven plaatsvindt, die zich over grote afstanden kunnen verspreiden.

Schelpkokerworm riffen

De schelpkokerworm *Lanice conchilega* is een algemene soort in het Noordzeegebied en typerend voor permanent overstroomde zandbanken (Rabaut, 2009). De soort vormt kokers door vooral kalkfragmenten (60-80%) en zandkorrels aan elkaar te lijmen. Deze kokers zijn tientallen centimeters in de bodem ingebed en steken tot circa 4 cm uit boven de zeebodem. Bij hoge dichtheden bezinkt sediment tussen de kokers en groeien de kokers mee met de sedimentophoging (bijvoorbeeld, Alves *et al.*, 2017). Hoewel de wormen relatief kort levend zijn, kunnen deze structuren meerdere jaren aanwezig zijn en een aanhechting vormen voor juvenielen (Rabaut, 2009). Bij dichtheden van meer dan 500 wormen per m^2 en een hoogte van ca 5 cm is er sprake van een laag *Lanice*-rif, dat relatief beperkt van omvang is en een beperkte levensduur heeft (Rabaut *et al.*, 2009). Dichtheden en hoogte kunnen oplopen tot respectievelijk > 1500 individuen/m^2 en >9 cm hoogte, waarbij dan sprake is van een hoog *Lanice*-rif. De hoge *Lanice*-riffen kunnen een groot oppervlak van de zeebodem bedekken, meerdere jaren aanwezig zijn en gekenmerkt worden door een relatief hoge soortenrijkdom (> 30 soorten) t.o.v. zandig sediment zonder *Lanice*-riffen (Bos *et al.*, 2014; Coolen *et al.*, 2015; De Smet *et al.*, 2015).

Voor beide typen biogene riffen kunnen we op basis van bovengenoemd onderzoek de volgende werkhypothesen opstellen. Voor schelpdierbanken is deze toegespitst op

platte oesters, die de ten opzichte van Japanse oesters en mosselen kritischer zijn met betrekking tot de ontstaansvoorwaarden. Voor het begrip *Lanice*-rif worden de criteria van Rabaut *et al.* (2009; dichtheid, hoogte) en Willems *et al.*, (2008; bodemstructuur) gebruikt.

Hypothese 1

- Platte oesterbanken ontstaan, ontwikkelen en handhaven zich op locaties waarvan (1) de abiotische condities binnen de tolerantierange vallen van platte oesters, (2) larven in de waterkolom aanwezig zijn, (3) voldoende vestigingssubstraat in de vorm van levende schelpdieren en/of dode, lege schelpen, met (4) afwezigheid van bodem-beroerende visserij.

Hypothese 2

- *Lanice*-riffen ontstaan, ontwikkelen en handhaven zich in gebieden met (1) een relatief dynamische, zandige bodem met een substantiële slibfractie en (2) een beperkte invloed van bodem-beroerende visserij.

Plan van aanpak

(1) Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen en toetsing van de werkhypothesen zal gebruik worden gemaakt van de bestaande kennis over de Blokkendam schelpdierbank op basis van het onderzoek in de periode 2016-2018 (Sas *et al.*, 2016, 2018; Didderen *et al.*, 2019). Voor aanvullende gegevens over de verspreiding van biogene riffen buiten de Blokkendam schelpdierbank zijn in 2018-2019 video opnames m.b.v. een zogenaamde *drop-cam* gemaakt van het gebied tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam.

(2) De samenvatting van het onderzoek aan de Blokkendam schelpdierbank zal gericht zijn op de structuur en samenstelling voor met betrekking tot platte oesters, maar heeft ook inzichten geleverd in de biodiversiteit en relaties met Japanse oesters (Christianen *et al.*, 2018) en mosselen (Didderen *et al.*, 2019).

(3) Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste voorwaarden voor het ontstaan van schelpdierbanken (Box 2). Deze informatie geeft de onderbouwing van de factoren die relevant geacht worden voor het ontstaan van schelpdierbanken in het gebied tussen Blokkendam, Bollen van de Ooster (BvO) en Schaar van Renesse (SvR). Dit betreft: de aanwezigheid van larven, geschikt vestigingssubstraat (levende en dode schelpen), en geschikte abiotische factoren zoals diepte, bodemschuifspanning, stroomsnelheid, temperatuur (Kamermans *et al.*, 2015).

(4) De potentiële verspreiding van platte oesterlarven in het BD-BvO-SvR gebied zal worden weergegeven zoals voorspeld door een diffusie model (Kleissen *et al.*, 2016). In 2016-2018 zijn op verschillende locaties de concentraties larven bepaald door het nemen van watermonsters en microscopische identificatie (Sas *et al.*, 2016, 2018a; Didderen *et al.*, 2019a).

(5) Voor de verdere toetsing van de werkhypotheses zijn in 2018-2019 in de Voordelta video opnames gemaakt met een *dropcam* voor het opsporen en karteren van biogene riffen buiten de Blokkendam schelpdierbank en door literatuuronderzoek naar de factoren die het ontstaan van biogene riffen positief of negatief kunnen beïnvloeden.

(6) De aanwezigheid van vestigingssubstraat in de vorm van levende en dode schelpen op de zeebodem is geïnventariseerd met een *dropcam* in de periode oktober 2018 – januari 2019.

(7) Met de dropcam is ook beeldinformatie verzameld voor semi-kwantitatieve analyse van de aanwezigheid van *Lanice*-riffen, bodemgesteldheid, en voorkomen van krabben, zeesterren, mosdiertjes en wieren. Op elke locatie is ook een indruk verkregen van de bodemgesteldheid met een side-scan sonar. Deze meting is aanvullend en vooral van belang in gebieden waar het onderwater zicht gering is.

(8) De gegevens over visserij-intensiteit met de garnalen-kor worden geleverd vanuit het PMR-NCV Monitoring- en Evaluatie Programma.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 beschrijft de achtergrond, doelen, onderzoeksvragen, werkhypothesen en plan van aanpak van het project. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de gebruikte materialen en methoden in het veldwerk. Hoofdstuk 3 presenteert een samenvatting van het onderzoek aan de Blokkendam schelpdierbank, de resultaten van de *dropcam* survey (2018-2019), de visserij intensiteit 2004-2017 en relatie tussen het voorkomen van biogene riffen en visserijintensiteit. In Hoofdstuk 4 worden de werkhypothesen over het ontstaan biogene riffen en interactie met visserij besproken. Daarnaast bevat het een discussie over het belang van biogene riffen voor kwaliteit Habitat type 1110B. Hoofdstuk 5 bevat een aantal aanbevelingen voor verder onderzoek naar de kwaliteit en de ontwikkeling van Habitattype 1110B.

2 Materiaal en methoden

2.1 Duikonderzoek schelpdierbank Blokkendam

In de periode 2015 – 2018 heeft het duikteam van Bureau Waardenburg de Blokkendam schelpdierbank regelmatig bezocht voor het verkennende onderzoek, het opzetten en monitoren van de platte oester pilot (Sas *et al.*, 2016, 2018; Didderen *et al.*, 2019), en onderzoek naar biodiversiteit (augustus – september 2017; Christianen *et al.*, 2018). Op 13 oktober 2018 hebben in het kader van een grootscheepse inventarisatie op de schaal van de gehele bank 83 vrijwillige duikers van Stichting Anemoon de Blokkendam schelpdierbank bezocht, waaronder zeven experts op het gebied van algen, sponzen, slakken, zakpijpen en vissen (Didderen *et al.*, 2019a; Gmelig-Meyling & Ploegaert, 2019). De contour van de schelpdierbank begrenst ongeveer het gebied met een platte oester dichtheid hoger dan 5 m^{-2} (OSPAR, 2009; c 40 ha, Figuur 1). De waterdiepte op en rond de schelpdierbank is tussen de 2 en 5 meter.

2.2 *Dropcam* videosurvey

Binnen twee zoekgebieden zijn in totaal 109 bemonsteringlocaties voor video-opnamen gepland in een grid (Tabel 1; Bijlage 1). De meeste hiervan liggen ruwweg tussen de Blokkendam, Bollen van de Ooster en de Schaar van Renesse. Een tweede gebied met bemonsteringslocaties ligt voor de kust van Goeree-Overflakkee. Dit gebied is uitgekozen vanwege de hoge visserij-intensiteit en vergelijkbare diepte (Prins *et al.*, 2015).

De survey werd uitgevoerd op 25 september 2018, 10 oktober 2018 en 24 januari 2019. Op elke locatie is een video-opname (10 minuten) gemaakt van de zeebodem, op ca. 5 verschillende sub-locaties, waarbij twee laserstralen met een onderlinge afstand van 40 cm het onderzochte gebied markeren (Bijlage 1). Van elke opname is van de meest representatieve sub-locaties de globale bodemstructuur bepaald (zand, slib) en zijn schattingen gemaakt van de bedekking door (1) schelpkokerworm *Lanice conchilega*, (2) levende schelpdieren (e.g., platte oesters, Japanse oester, mossel), (3) lege schelpen, (4) algen en wieren. In aanvulling hierop zijn ook waarnemingen genoteerd van aantallen (5) mosdiertjes (Haringgraat *Halecium halecinum)*, (6) zeesterren (gewone zeester *Asterias rubens*, brokkelster *Ophiothrix fragilis* en Slangster *Ophiura ophiura*) en (7) krabben (e.g. strandkrab *Carcinus maenas*, zwemkrab *Liocarcinus holsatus*, Noordzeekrab *Cancer pagurus*).

2.3 Sonar survey

Op elke bemonsteringlocatie zijn ook met een side-scan sonar gegevens verzameld over de bodemgesteldheid (Bijlage 2). De beelden geven een indicatie voor de aanwezigheid van biogene riffen, zoals schelpdierbanken en *Lanice*-riffen. Dat is tevens de enige manier om dergelijke riffen op te sporen wanneer er sprake is van slecht zicht op een locatie.

2.4 Visserij-intensiteit

Wageningen Marine Research heeft gegevens aangeleverd van de visserij-intensiteit door de visserij met de garnalenkor in de periode 2004-2017, die o.a. in het kader van het PMR NCV Monitoring- en Evaluatie Programma zijn verkregen (Bijlage 4; Hintzen *et al.*, 2014; Prins *et al.*, 2014, 2015). Van een 500 m x 500 m gridcel is op basis van VMS en AIS gegevens de visserij-intensiteit berekend als Swept Area Ratio, het geschat beviste oppervlak gedeeld door het oppervlak van de gridcel per jaar (Gerritsen *et al*., 2013; Hintzen *et al*., 2014).

2.5 Analyse van de gegevens

Voor elke bemonsteringslocatie is de gemiddelde visserij-intensiteit in de periode 2004-2017 bepaald, uitgedrukt als de Swept Area Ratio. Hiermee is de verdeling bepaald van de aan- en afwezigheid van rif-vormende soorten (schelpdieren, *Lanice*), schelpkokerworm, overige soorten en schelpen over de verschillende klassen van visserij-intensiteit.

3 Resultaten

3.1 Schelpdierbank Blokkendam

De structuurvormende elementen van de Blokkendam schelpdierbank (Figuur 1) bestaan uit (1) Japanse oesters, (2) platte oesters die op levende en dode schelpen op het zacht sediment zijn gevestigd en (3) mosselen die op stenen, diverse soorten schelpdieren en op de zacht sediment bodem zijn gevestigd (Figuur 4).

De factoren die de ontwikkeling sturen van schelpdierbanken en platte oesterbanken in het bijzonder, zoals temperatuur, voedselaanbod en de aanwezigheid van larven en substraat, zijn weergegeven in Box 2. Met het plaatsen van vestigingssubstraat en levende oesters kan het herstel beïnvloed worden.

3.1.1 Japanse oesters

Japanse oesters komen voor op en rond de Blokkendam schelpdierbank deels op de breukstenen, deels op het zachte sediment en zijn doorgaans sterk begroeid met wieren en epifauna (Figuur 5). In 2016 is een heel groot exemplaar gevonden, waarop enkele platte oesters waren gevestigd, en een groot aantal soorten epifauna en wieren (Figuur 5D; Sas *et al.*, 2016). Kleine exemplaren zijn ook gevonden op losse schelpen op het zacht sediment (Figuur 4).

3.1.2 Mosselen

In 2015-2016 kwamen mosselen voornamelijk in kleine aantallen voor op en tussen de oesters (Figuur 4; Sas *et al.*, 2016), na de massale broedval in 2016 zijn in het gebied tussen de Blokkendam en Bollen van de Ooster (tijdelijk) mosselbanken ontstaan (Sas *et al.*, 2017), die grotendeels zijn verdwenen. Op en rond de schelpdierbank is in 2016 een mosselbank ontstaan (Figuren 6-8) waarop in 2017 en 2018 nieuwe cohorten mosselen weer gevestigd zijn (Figuur 9.; Didderen *et al.*, 2019). De aanwas in 2018 was het grootst op de mosselen die op de breukstenen waren gevestigd.

3.1.3 Platte oesters

Verspreiding van oesterlarven
In de Grevelingen komen veel platte oesters voor op percelen die beheerd worden om oesters te kunnen oogsten, maar ook buiten de percelen of op oude percelen (Figuur 11). Aan de Grevelingen kant van de Brouwerssluis, een open verbinding met de Voordelta, komen ook veel platte oesters voor (M. Dorenbosch, 2015). Door de Brouwerssluis kunnen met de getijdestroming oesterlarven vanuit de Grevelingen zich

verspreiden naar de Voordelta. De potentiële verspreiding van platte oesterlarven vanuit de Brouwerssluis is gemodelleerd met een verdunningsmodel vanuit een puntlozing in de Brouwerssluis (Kleissen, 2016; Sas *et al.*, 2016). De resultaten laten zien dat de larven, in de vorm van zwevende, passieve deeltjes zich met de stroming kunnen verspreiden van de Brouwerssluis naar de Blokkendam en verder tot voorbij de Bollen van de Ooster en eveneens naar de Schaar van Renesse (Figuur 12). Deze resultaten laten zien dat oesterlarven alle gebieden tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam binnen 6-7 dagen kunnen bereiken, de periode dat oesterlarven in staat zijn om zich te vestigen.

In de periode 2016-2018 zijn bij de Blokkendam (2016-2018) en de Brouwerssluis (2016-2017) watermonsters genomen om de concentratie oesterlarven te meten. De eerste oesterlarven worden vanaf week 23 (Brouwerssluis) en week 25 (Blokkendam) waargenomen (Figuur 13). De piekaantallen variëren van jaar tot jaar en vielen in de periode 2016-2018 tussen week 25 en 28 (Brouwerssluis) week 26 en 29 (Blokkendam). Deze variatie in timing wordt grotendeels door het temperatuurverloop in het voorjaar bepaald (Maathuis, 2018; Didderen *et al.*, 2019). Op de Bollen van de Ooster is eveneens wekelijks een larvenbemonstering gedaan in 2018. Ook hier werden larven vastgesteld al waren de concentraties op deze locatie lager dan op de twee andere locaties.

De veldwaarnemingen bevestigen in grote lijnen de modelresultaten. De timing en concentraties van oesterlarven bij de Brouwerssluis en de Blokkendam verschillen niet veel, zoals ook voorspeld is door het verdunningsmodel (Kleissen, 2016). Dit maakt het aannemelijk dat platte oesterlarven zich vanuit de Brouwerssluis over het gehele gebied tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam kunnen verspreiden.

3.1.4 Facilitering vestiging platte oester door Japanse oester

Professionele scuba duikers hebben in augustus – oktober 2017 de structuur, opbouw en biodiversiteit van de Blokkendam schelpdierbank onderzocht. 75 kwadranten (50 cm x 50 cm) werden uitgezet met een onderlinge afstand van 5 m langs 15 transecten (met 5 kwadranten) elk met een lengte van 25 m verspreid over de gehele schelpdierbank (c 40 ha, Figuur 1; Christianen *et al*., 2018). Binnen de kwadranten is de dichtheid, bedekking en populatie samenstelling vastgesteld van platte oesters, Japanse oesters en mosselen. De grootte verdeling van platte oesters werd bepaald door 122 oesters op te meten. De biodiversiteit werd bepaald door alle epibenthische ongewervelden (> 5mm) te determineren in de kwadranten op stukken kaal zand en op stukken met platte oesters. Verder werd het substraat waarop platte oesters waren gevestigd bepaald door nauwkeurige inspectie van het gebied waar de twee schelpkleppen van de oester aan elkaar zijn bevestigd (umbonale gebied). Na de meting en inspectie werden alle oesters weer teruggeplaatst in de schelpdierbank.

Drie soorten tweekleppigen domineren de schelpdierbank: platte oester (gem. dichtheid 6,8 m^{-2}), Japanse oester (gem. dichtheid 19,4 m^{-2}) en mossel (8.8 m^{-2}). De platte oesters zijn verspreid over de gehele schelpdierbank uitsluitend op zacht substraat (grof zand, zand met slib of een kleibodem), deels in de buurt van breukstenen, maar nooit erop. De mosselen zijn voor geconcentreerd in het zuidelijk deel van de schelpdierbank. De gemiddelde grootte van de platte oesters was 6,6 cm (Figuur 14). De platte oesters waren voornamelijk gevestigd op schelpfragmenten van de Japanse oester (81,3%), significant meer dan op schelpfragmenten van andere soorten tweekleppigen (12,7 %, mosselen, kokkels en platte oesters; Figuren 14-15). Deze resultaten laten zien dat de vestiging van (inheemse) platte oesters rond de breukstenen van de Blokkendam gefaciliteerd is door de lege schelpen van de Japanse oesters (invasieve exoot) die zich op de breukstenen hebben gevestigd.

3.1.5 Biodiversiteit

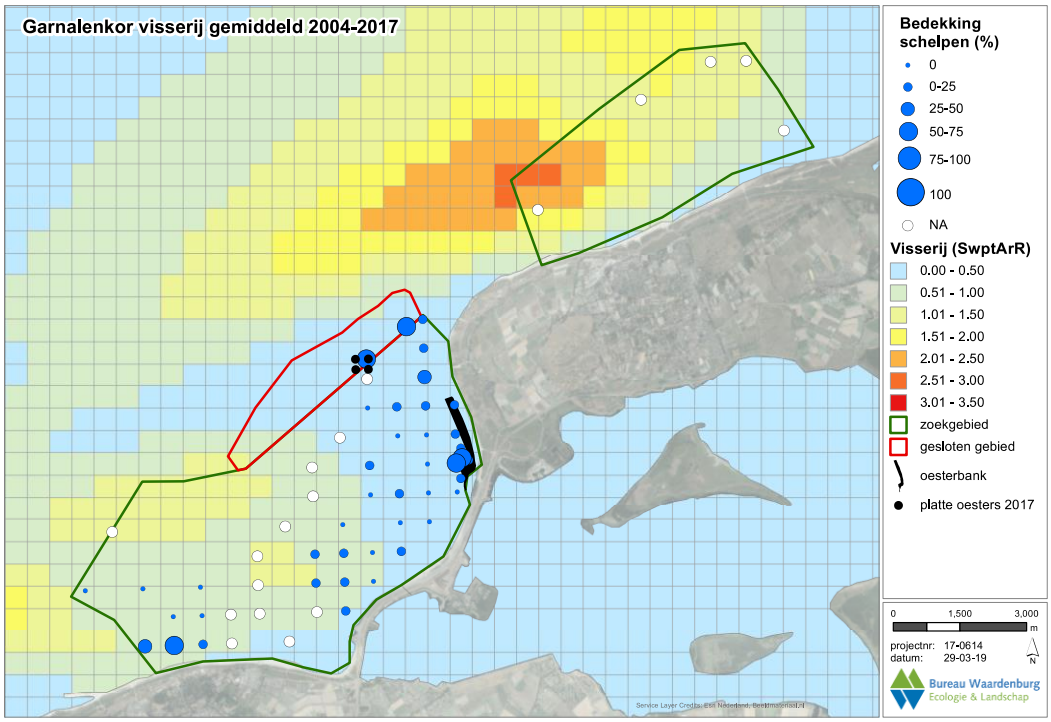
In de periode 2015-2018 zijn in totaal 157 soorten organismen waargenomen en gefotografeerd door duikers op en direct rond de Blokkendam schelpdierbank (Figuur 16-18; Didderen *et al.*, 2019; Bijlage 1) tijdens veldwerk en gerichte surveys (aug-okt 2017, Christianen *et al.* 2018; 22 oktober 2018 tijdens de Schelpdierbankdag RAVON & Stichting Anemoon (Gmelig-Meyling & Ploegaert, 2019).

Deze lijst omvat (in systematische volgorde, Bos *et al.*, 2011): roodwieren (18), groenwieren (4), bruinwieren (4), sponzen (11), ribkwallen (2), neteldieren (21), mosdiertjes (6), snoerworm (1), borstelwormen (5), weekdieren (20), kreeftachtigen (26), zeepissebedden (1), stekelhuidigen (4), zakpijpen (11), vissen (26). Het grootste deel (75%) van deze soorten is geassocieerd met hard substraat (Bos *et al.*, 2011).

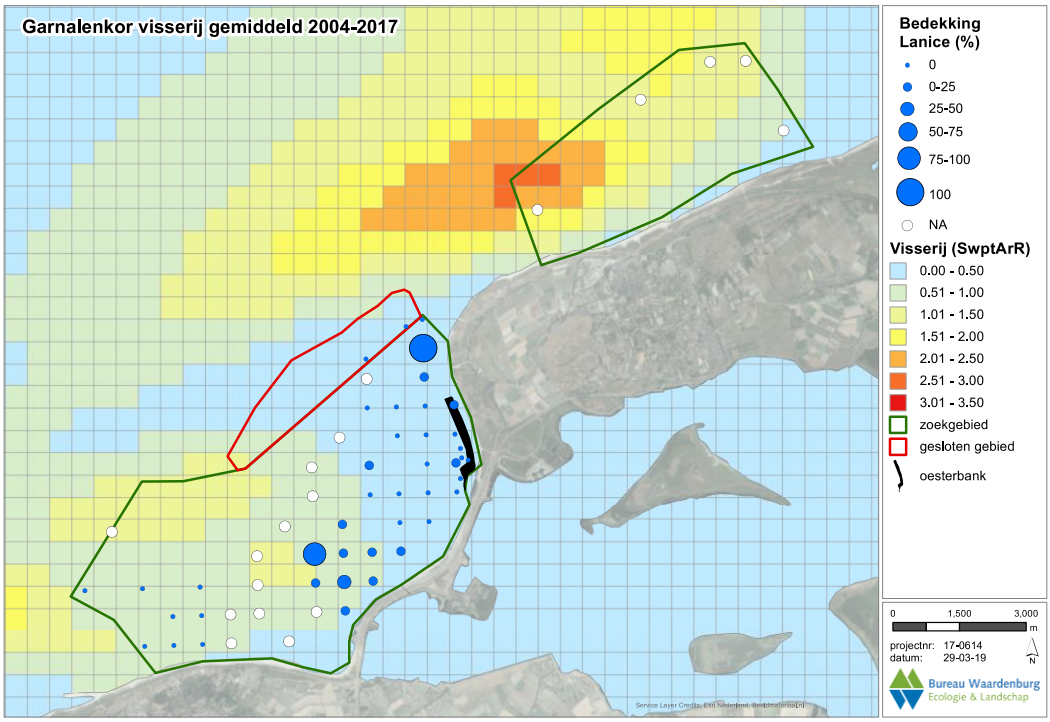
Tijdens het onderzoek in 2017 werden in totaal 74 epibenthische soorten waargenomen in de kwadranten (Christianen *et al.*, 2018). Significant meer soorten (60%) werden waargenomen in de kwadranten met oesters (14,9) in vergelijking met de zacht substraat kwadranten (9,3) binnen contouren van de schelpdierbank. De ontwikkeling van de schelpdierbank heeft eveneens geleid tot een hogere biodiversiteit.

3.2 Visserij-intensiteit

De intensiteit van visserij met een garnalenkor (uitgedrukt als Swept Area Ratio) varieert van jaar tot jaar, maar concentreert zich vooral in het gebied ten noorden van de BvO en Goeree-Overflakkee en ten zuiden en zuidwesten van de BvO (Bijlage 2). Dit patroon wordt vooral duidelijk uit de gemiddelde visserij-intensiteit in de periode 2004-2017 (Figuren 19-20). Deze gegevens laten zien dat in deze periode het gebied ten zuidoosten van de BvO nauwelijks bevist is geweest (Figuren 19-20). Binnen het onderzoeksgebied varieerde de gemiddelde visserij-intensiteit (S.A.R.) van 0 tot 3,5, in de bemonsterde locaties van 0 tot 2,5 (Tabel 2).



Figuur 19. Percentage bedekking met lege schelpen in het Voordelta onderzoeksgebied (Blauwe stippen; dropcam waarnemingen 2018-2019), waarnemingen met onvoldoende doorzicht (witte stippen), contour Blokkendam (zwart), waarnemingen van platte oesters in 2017 (zwarte stippen) en visserij-intensiteit (swept area ratio).



Figuur 20. Percentage bedekking met schelpkokerworm Lanice conchilega *in het Voordelta onderzoeksgebied (Blauwe stippen; dropcam waarnemingen 2018-2019), waarnemingen met onvoldoende doorzicht (witte stippen), contour Blokkendam (zwart), en visserij-intensiteit (swept area ratio).*

3.3 *Dropcam* survey

Tijdens de bemonstering bleek dat het doorzicht op 18 locaties slechts enkele centimeters betrof en op de video-opnames de bodem niet zichtbaar was (Tabellen 1-2). Uit de simultaan opgenomen sonarbeelden bleek dat de bodem op al deze locaties uit slib bestond zonder structuren die biogene riffen kunnen aanduiden. Dit betrof het gebied ten noorden van Goeree-Overflakkee (locaties 1-22) en het westelijk deel van het zoekgebied tussen Schaar van Renesse, BvO en BD (Figuur 19). Op basis van deze resultaten is besloten het noordelijke en westelijke deel van zoekgebied niet verder te bemonsteren. De locaties met onvoldoende doorzicht voor video-opnames lagen voornamelijk in de gebieden met de hoogste visserij-intensiteit (Tabel 2).

Tabel 1. Aantal geplande bemonsteringlocaties, bemonsterde locaties, geen doorzicht, aantal locaties met gegevens, niet-bemonsterde locaties en extra locaties met gegevens uit 2018-2019 (25 september 2018, 10 oktober 2018, 24 januari 2019).

monster-locaties	gepland	bemonsterd	geen doorzicht	data	niet bemonsterd
1 t/m 22	22	5	5	0	17
23 t/m/ 98	76	40	9	31	36
99 t/m 108	10				10
109 t/m 120	12	10	4	6	2
121 t/m 125	5	5		6	
totalen	125	60	18	43	65

Schelpen

Op meer dan de helft van de bemonsterde locaties met doorzicht lagen lege schelpen, variërend van 0-25% tot 75-100% bedekking van schelpen, onder meer bestaande uit halfgeknotte strandschelpen, Amerikaanse zwaardschede, kokkels en mosselen (Tabel 2; Figuur 19). Gebieden met relatief veel schelpmateriaal (50-100%) werden gevonden bij de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en vooral rond de Blokkendam schelpdierbank, in de rest van het gebied was de bedekking met schelpen relatief laag (0-25%).

Schelpdieren

Levende epibenthische schelpdieren, zoals platte oester en mossel, werden tijdens de dropcam survey alleen op en rond de Blokkendam schelpdierbank gevonden. In de WOT monitoring van schelpdieren zijn in 2017 ook platte oesters gevonden op de locatie van de Blokkendam schelpdierbank en bij de Bollen van de Ooster, op de rand van het permanent gesloten gebied (Figuur 19). Deze vondst was aanleiding om op de BvO een nieuwe pilot locatie in te richten voor platte oester herstel (Sas *et al.*, 2018; Didderen *et al.*, 2019).

Lanice

Op 14 van de 38 locaties met gegevens werden schelpkokerwormen waargenomen (Tabel 2; Figuur 20). Op twee locaties was de bedekking heel hoog (75-100%). De meeste schelpkokerwormen zijn in de twee laagste bevissingsintensiteit-klassen waargenomen (Tabel 2). Daarnaast is bij eerder duikonderzoek (niet met de dropcam) bij de Blokkendam een *Lanice*-rif met hoge bedekking gevonden, in een gebied waar niet bodem-beroerend wordt gevist (Bijlage 1, Figuren A2-A3; Sas *et al*., 2016). Op basis van drie representatieve opnames per locatie is voor de twee eerstgenoemde locaties een schatting gemaakt van de dichtheid van *Lanice*. Op de noordelijke locatie bij de BvO was de dichtheid gemiddeld 2000 individuen/m^2, op de meer zuidelijke locatie was de dichtheid 1000 ind/m^2, waartussen veel dode exemplaren. De *Lanice*-dichtheden op deze twee locaties kwalificeren zich, respectievelijk, als hoog en

medium *Lanice*-rif (Rabaut *et al.*, 2009). Waarschijnlijk is het *Lanice*-rif bij de Blokkendam ook van deze categorie. Op basis van de sonarbeelden wordt geconcludeerd dat op de onderzochte locaties zonder doorzicht geen *Lanice*-riffen voorkomen.

Overige soorten

Andere soorten die met de dropcam werden waargenomen betroffen mosdiertjes (haringgraat *Halecium halecinum*), zeesterren (gewone zeester *Asterias rubens*, brokkelster *Ophiothrix fragilis* en Slangster *Ophiura ophiura*) en strandkrab (*Carcinus maenas)*. De meeste waarnemingen waren geassocieerd met biogene riffen (*Lanice*, platte oesters en mosselen) en werden vooral in de laagste bevissingsintensiteit categorie gevonden (Tabel 2).

Tabel 2. Waarnemingen van biogene riffen (schelpdieren, Lanice), schelpkokerwormen en schelpen per Swept Area Ratio klassen (bevissingsintensiteit). NA: geen doorzicht. [1] In 2016 is vlakbij de Blokkendam eveneens een Lanice-rif gevonden (Sas et al., 2016). Deze locatie is in 2018 niet bemonsterd.

Bevissingsdruk S.A.R. Klassen	0 - 0,5	0,51 - 1.0	1,0 - 1,5	1,51 - 2,0	2,01 - 2,5	N
Platte oesters	2	0	0	0		2
Mosselen	6	0	0	0		6
Lanice-rif	1	1	0	0		2
Lanice	7	6	1			14
Haringgraat	9	3	1	0		13
Zeesterren	5	1	0	0		6
Krabben	8	0	1	0		9
Wieren	5	0	0	0		5
Schelpen	18	6	1			25
NA	4	7	6	1		18
Totalen selectie	31	21	7	1		60
Totalen gepland	49	44	24	6	2	125

3.4 Voorwaarden voor het ontstaan van biogene riffen en visserij-intensiteit

In een voorbereidend onderzoek naar geschikte locaties voor platte oester herstel locaties is vastgesteld dat het gehele gebied tussen de Blokkendam en BvO met betrekking tot biotische en abiotische condities, zoals aanwezigheid predatoren,

bodemgesteldheid, bodemschuifspanning, stroomsnelheid, temperatuur, waterdiepte en zoutgehalte in beginsel geschikt is voor platte oesters (Kamermans *et al.*, 2015).

Ook uit de potentiële en actuele verspreiding van platte oesterlarven (eerder onderzoek) en aanwezigheid van geschikt vestigingssubstraat (lege schelpen, dit onderzoek) blijkt dat het gehele gebied tussen de Schaar van Renesse, BvO en Blokkendam in principe geschikte is voor het ontstaan van platte oesterbanken. Echter, platte oesters en schelpdierbanken met platte oesters, Japanse oesters en mosselen zijn uitsluitend aangetroffen in gebieden die tenminste sinds 2004 niet zijn bevist door een garnalenkor (Tabel 2; Figuur 19).

De hoogste dichtheid en bedekking van een *Lanice*-rif is aangetroffen in een gebied dat in de periode 2004-2017 niet of nauwelijks is bevist (ten zuidoosten van BvO en bij de Blokkendam; Tabel 2; Figuur 20). Een gemiddeld ontwikkeld *Lanice*-rif is aangetroffen in een gebied dat licht is bevist in de periode 2004-2017 (Tabel 2; Figuur 20).

Hoewel in de gebieden met de hoogste visserij-intensiteit het doorzicht onvoldoende was, geven de sonarbeelden aan dat hier geen biogene riffen aanwezig zijn. De meeste waarnemingen van andere zichtbare op de bodem levende dieren en wieren waren geassocieerd met biogene riffen (platte oesters, mosselen, *Lanice*) en werden eveneens voornamelijk gevonden in niet of nauwelijks beviste gebieden.

4 Discussie

4.1 Overwegingen bij het ontstaan van biogene riffen

Het gehele gebied tussen de Blokkendam, Bollen van de Ooster en Schaar van Renesse is m.b.t. abiotische factoren in potentie geschikt voor het ontstaan van biogene riffen, al kunnen verschillen in golfwerking, beweging van de zeebodem, gesuspendeerd anorganisch materiaal en sedimentatie ook de mate van geschiktheid beïnvloeden. De invloed van deze factoren is niet onderzocht. In het gebied tussen Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam zijn biogene riffen daadwerkelijk gevonden in gebieden die sinds 2004 niet of nauwelijks bevist zijn geweest (Figuur 19). Een schelpdierbank met platte oesters, Japanse oesters en mosselen is gevonden in een langjarig (tenminste sinds 2004) volledig niet-bevist gebied, drie *Lanice*-riffen zijn gevonden in gebieden die nauwelijks tot licht bevist zijn geweest in de periode 2004-2017 (Figuur 20). Andere factoren zoals golfwerking, die verschil zouden kunnen maken voor het ontstaan van riffen, zijn echter niet onderzocht.

4.2 Waarnemingen aan schelpdierbanken

Het onderzoek aan de Blokkendam schelpdierbank in de periode 2015-2018 laat zien dat een complex, structuurrijk biogeen rif kan ontstaan in een overwegend zacht sediment biotoop (Christianen *et al*., 2018; Didderen *et al*., 2019; Sas *et al*., 2016, 2018). Hoewel de schelpen van Japanse oesters (zowel levend als dood) het ontstaan van de bank hebben gefaciliteerd, is de bank door de uitbreiding van platte oesters naar het noorden verder gegroeid op zacht substraat. Verder naar het noorden hebben platte oesters zich naast mosselen en Japanse oesters zich ook op lege schelpen van Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus* gevestigd.

De beschikbare onderzoeksgegevens over de Blokkendam schelpdierbank (Sas *et al.*, 2016, 2018; Didderen *et al.*, 2019) en over de voorwaarden voor het ontstaan van platte oesterbanken geven een indicatie voor de bevestiging van werkhypothese 1, Die voorspelt dat deze banken alleen kunnen ontstaan indien voldaan wordt aan alle voorwaarden. Verder blijkt uit het veldwerk dat meerdere locaties in het onderzoeksgebied voldoen aan de eerste drie voorwaarden, maar geen volledige bodemrust kennen. Het feit dat op al deze locaties geen schelpdierbanken zijn gevonden zijn is eveneens een ondersteuning van werkhypothese 1.

Sas *et al.* (2016) veronderstellen dat de vestiging van platte oesters in de Voordelta pas mogelijk werd na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1998, waarna platte oester larven vanuit de Grevelingen de Voordelta konden instromen. De uitbreiding en groei van de oesterbank naar een omvang van 40 ha heeft vervolgens vermoedelijk ca. 20 jaar geduurd. Het is echter ook niet uitgesloten dat de uitbreiding slechts in enkele jaren met een goede broedval heeft plaatsgevonden (vgl. de platte

oester populatie in de Solent, Helmer *et al.*, 2019) en zich heeft kunnen handhaven doordat er in de initiële fase ook andere factoren (e.g. golfwerking) zich betrekkelijk gunstig ontwikkelden.

De ontwikkeling van mosselen op en rond de Blokkendam bank is ook een goed voorbeeld van het belang van incidenteel optredende gunstige factoren voor broedval. Voorafgaand aan de massale broedval van mosselen in 2016, kwamen mosselen alleen in kleine aantallen voor tussen de oesters op de Blokkendam schelpdierbank (Sas *et al*., 2016). In de hoeken en gaten van grotere schelpdieren hebben mosselen minder last van predatie door krabben en zeesterren (Bertolini *et al.*, 2018). Na 2016 is het mosselzaad binnen de contouren van de schelpdierbank uitgegroeid tot een mosselbank op zacht substraat.

4.3 *Lanice*-riffen

Hoewel schelpkokerwormen algemeen voorkomen in de Noordzee en de Noordzeekustzone (Lindeboom *et al.*, 2008), hebben we binnen het onderzoeksgebied op slechts drie locaties hoge dichtheden gevonden die kwalificeren als biogeen rif (Rabaut *et al*., 2009). Vergelijkbare *Lanice*-riffen zijn gevonden in het gebied van de Borkumse Stenen (combinatie van Van Veen happer en side-scan sonar, Bos *et al.*, 2014; Coolen *et al.*, 2015). Ook elders in de Noordzee en Noordzeekustzone zijn lokaal hoge dichtheden *Lanice* gevonden die kwalificeren als rif (MWTL data, Bos *et al*., 2019, alleen Van Veen happer). In een sublitoraal gebied bij Rottum en Rottumeroog dat sinds 2002 voor bodem-beroerende visserij is gesloten is de dichtheid van schelpkokerwormen bepaald met Van Veen happer in combinatie met een sonar survey (side-scan en multi-beam sonar). Over een periode van 14 jaar is de dichtheid toegenomen, maar zijn nog niet de dichtheden bereikt waarbij sprake is van biogene riffen (Glorius *et al*., 2018).

Lanice-riffen zijn bestand tegen een lage intensiteit van bodem-beroerende visserij. Rabaut *et al.* (2009) vonden dat na een eenmalige bevissing het ca. zeven maanden duurde voordat de dichtheid volledig hersteld was. Dit zou betekenen dat *Lanice*-riffen zich bij een hogere visserij-intensiteit (meerdere keren per jaar) niet meer kunnen herstellen. Hoewel waarnemingen met de dropcam in een aantal gebieden door permanente troebelheid niet mogelijk waren, geven de sonar-waarnemingen aan dat in de gebieden met de hoogste visserij-intensiteit geen biogene riffen, zoals *Lanice*-riffen en schelpdierbanken, zijn gevonden. In een licht bevist gebied is weliswaar een gemiddeld-hoog *Lanice*-rif gevonden (volgens de criteria van Rabaut *et al.*, 2009), de enige andere *Lanice*-riffen die zijn waargenomen liggen in een gebied dat in de periode 2004-2017 nauwelijks of niet bevist is geweest en heeft bovendien een hogere *Lanice*-dichtheid.

In het hele zoekgebied is de bodem zandig met een variabele slibfractie en is volgens de huidige kennis en inzichten potentieel geschikt voor het ontstaan van *Lanice*-riffen. Er zijn echter ook verschillen in de natuurlijke factoren (golfdynamiek,

bodemsamenstelling) tussen subgebieden in de Voordelta, waardoor de vestigingskansen voor *Lanice* ook kunnen verschillen. Echter, een nauwkeurige analyse welke gebieden binnen het zoekgebied optimaal geschikt zijn voor de ontwikkeling van *Lanice*-riffen (zoals bijvoorbeeld de studie van Willems *et al.*, (2008)) valt buiten de scope van deze opdracht. Verder is het onbekend hoe jarenlange, intensieve bevissing met een garnalenkor de bodemstructuur structureel verandert en mogelijk minder geschikt maakt voor het ontstaan van *Lanice*-riffen.

Niettemin, zonder precies te kunnen duiden hoe bodemvisserij van invloed is, geeft de vondst van drie *Lanice*-riffen in gebieden die nauwelijks tot licht bevist zijn wel een indicatieve ondersteuning voor werkhypothese 2, namelijk dat *Lanice*-riffen ontstaan, ontwikkelen en zich handhaven in gebieden met een relatief dynamische, zandige bodem met een substantiële slibfractie en een beperkte invloed van bodem-beroerende visserij.

4.4 Implicaties voor beheer en bescherming

De typische soorten van H1110B behoren voornamelijk tot de infauna, terwijl de meeste soorten op de Blokkendam schelpdierbank epibenthisch zijn en geassocieerd met hard substraat. Ondanks dat zijn er een aantal typische soorten voor H1110B op de Blokkendam schelpdierbank vastgesteld (schelpkokerworm, gewone zwemkrab, grote heremietkreeft, gewone zeedonderpad, schol, tong en vijfdradige meun, zie Bijlage 1). De aanwezigheid van biogene riffen impliceert daarom een kwaliteitstoename voor H1110B. Bovendien zijn twee typische soorten van Habitattype H1170 (“Riffen van open zee”) op de Blokkendam schelpdierbank gevonden (geweispons *Haliclona oculata*, zeedahlia *Urticina felina,* zie Bijlage 1; Ministerie van EZ, 2014b).

De recente duikwaarnemingen van de mariene biodiversiteit op en rond de Blokkendam schelpdierbank zijn te beschouwen als momentopnames, maar geven wel een goed beeld van de potentiële soortenrijkdom. Deze soortenrijke schelpdierbank heeft zich ontwikkeld op zacht sediment in een gebied dat ten minste sinds 2004 vrijwel onbevist is gebleven. Deze waarneming en analyse van de voorwaarden en omstandigheden suggereren dat kwaliteitsverbetering van H1110B en H1170 door dit type schelpdierbank pas concreet mogelijk is als bodem-beroerende activiteiten langdurig achterwege blijven. Voorop staat dat locaties moeten voldoen aan basisvoorwaarden, zoals geschikt vestigingssubstraat en mogelijk ook beperkte golfdynamiek, en voldoende larven van structuurvormende organismen zoals mosselen en platte oesters (Christianen *et al*., 2018; Didderen *et al*., 2019; Sas *et al*, 2016, 2018).

De schelpkokerworm die de basis vormt voor *Lanice*-riffen is wel opgenomen als typische soort voor H1110B en maakt daarmee deel uit van de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebied Voordelta. Een duurzame toename van schelpkokerwormen in de vorm van een substantieel areaal *Lanice*-riffen

zou zodoende direct bijdragen aan de verbetering van de kwaliteit van H1110B. Indien deze soort in hoge dichtheden voorkomt (> 500 m^{-2}) over een gebied van meer dan 1000 m^2 dan kwalificeert een dergelijk voorkomen als biogeen rif (Hendrick & Foster-Smith, 2006; Rabaut *et al*., 2009). [1]

Bevissing van *Lanice*-riffen door experimentele boomkorvisserij liet zien dat naast een (tijdelijk) effect op *Lanice*-dichtheid, de bodem-beroerende visserij ook effect had op een aantal soorten geassocieerd met *Lanice*-riffen (Rabaut *et al*., 2007), waaronder tenminste twee typische soorten van H1110B (*Urothoe poseidonis* en *Nephtys cirrosa*). De vondst van drie locaties met *Lanice*-riffen in een gebied dat niet tot weinig bevist is geweest en de afwezigheid van *Lanice*-riffen in intensief bevist gebied maken het aannemelijk dat bevissing met een garnalen-kor de natuurlijke ontwikkeling van riffen belemmert en aldus een negatief effect kan hebben op de kwaliteit van H1110B in de Voordelta. Ondanks dat het onderzoek maar een relatief beperkt gebied en periode omvat, zijn de uitkomsten en relaties dusdanig eenduidig dat de conclusie ''aannemelijk'' gerechtvaardigd is.

Het grootste deel van de bemonsteringlocaties met onvoldoende doorzicht (ook bij langdurig kalm weer) ligt in gebieden die licht tot intensief bevist worden (Figuren 19-20; Tabel 2). Het is mogelijk dat bodem-beroerende visserij vooral in slibrijke gebieden re-suspensie van slib tot gevolg heeft en consolidatie van het slib in de bodem voorkomt (Kaiser *et al*., 2002).

De resultaten van dit verkennende onderzoek laten zien dat de kwaliteit van zowel H1110B als H1170 kan toenemen door ontwikkeling en herstel van biogene riffen, zoals schelpdierbanken en *Lanice*-riffen. Deze ontwikkeling van biogene riffen kan mogelijk worden bevorderd met bodemrust door het uitsluiten van bodem-beroerende activiteiten zoals bevissing met een garnalen-kor (cf. Degraer *et al*., 2009). Echter, er is momenteel onvoldoende kennis welke aanvullende voorwaarden daarvoor in de Voordelta van belang zijn. Zo is onduidelijk welke gebieden binnen de Voordelta momenteel optimaal geschikt zijn voor de ontwikkeling van *Lanice*-riffen (e.g., Degraer *et al*., 2009; Willems *et al*., 2008) en in hoeverre deze gebieden overlappen met de gebieden die geprefereerd worden voor de visserij op garnalen met de garnalen-kor. Verder zijn er meer gebieden geschikt voor de ontwikkeling van schelpdierbanken, maar is er onvoldoende kennis welke gebieden optimaal zijn en in hoeverre deze overlappen met gebieden met bodem-beroerende visserij.

[1] In Nederland worden onder Habitattype 1170 alleen riffen van geogene oorsprong bedoeld (Ministerie van EZ, 2014a,b). Twee typische soorten van H1170 zijn op de Blokkendam schelpdierbank gevonden (geweispons *Haliclona oculata*, zeedahlia *Urticina felina,* zie Bijlage 1; Ministerie van EZ, 2014b). Biogene riffen zoals mosselbanken kunnen wel deel uitmaken van H1110B en zijn daarmee ook een kenmerk voor structuur en functie van dit habitattype (Ministerie van EZ, 2014a). Dit impliceert dat schelpkokerwormen bij hoge dichtheden ook als biogeen rif onderdeel kan uitmaken van H1110B en daarmee bijdraagt aan de structuur en functie van dit habitattype.

5 Bevindingen, conclusies en aanbevelingen

5.1 Bevindingen en conclusies

Naar aanleiding van een toevallige vondst van een herstelde oesterbank is in deze studie gericht gezocht naar de aanwezigheid van en omgevingscondities voor biogene riffen op 56 potentieel geschikte locaties in de Voordelta.

De belangrijkste bevindingen van dit onderzoek zijn:

Voor het hele gebied tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam geldt dat er in deze studie geen redenen zijn gevonden om aan te nemen dat het niet geschikt is voor het ontstaan van schelpdierbanken: de abiotische omstandigheden zijn gunstig, er zijn actueel en potentieel platte oesterlarven aanwezig die grotendeels afkomstig zijn uit de Grevelingen en recentelijk van de Blokkendam zelf en er liggen op een aanzienlijk deel van het gebied voldoende lege schelpen als vestigingssubstraat.

De algemene conclusie is dat binnen het onderzoeksgebied op locaties waar langjarig sprake is van geen of een lage intensiteit bodem-beroerende visserij de kwaliteit van habitattype H1110B duidelijk hoger is door de ontwikkeling van biogene riffen in samenhang met een toename van ruimtelijke structuur, soortenrijkdom (waaronder langlevende soorten) en vermoedelijk ook biomassa. Op locaties waar wel sprake is van langjarige bodem-beroerende visserij is de kwaliteit lager vanwege het ontbreken van biogene riffen.

- Biogene riffen zijn aangetroffen in gebieden met langjarige afwezigheid, of geringe intensiteit, van bodem-beroerende visserij. Op wel door bodem-beroerende visserij beïnvloede locaties zijn geen biogene riffen aangetroffen. Ondanks dat het onderzoek maar een relatief beperkt gebied en periode omvat, zijn de uitkomsten en relatie dusdanig eenduidig dat het aannemelijk is dat er een relatie is tussen voorkomen van biogene riffen en bodem-beroerende visserij. Meer specifiek: in het gebied tussen Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en de Blokkendam zijn plaatselijk biogene riffen aanwezig. In deze gebieden is sinds 2004 (of langer) niet of nauwelijks door bodem-beroerende visserij (inclusief de garnalen-kor) gevist. Daar zijn waargenomen:
    - Een schelpdierbank met platte oesters, Japanse oesters en mosselen in een gebied dat rijk is aan schelpmateriaal. Het is waarschijnlijk dat de bank ontstaan is door vestiging van larven na de jaarrond openstelling van de Brouwerssluis in 1998.
    - Twee *Lanice*-riffen zijn gevonden tijdens drie *dropcam surveys* in september – oktober 2018 en januari 2019 en een bij een eerdere verkenning.

    - Een aantal platte oesters zijn gevonden op de grens van het jaarrond gesloten gebied bij Bollen van de Ooster.
- Uit side-scan sonar gegevens is af te leiden dat op de meest intensief beviste locaties in het onderzochte gebied geen biogene riffen voorkomen.
- De epibenthische soortenrijkdom van de Blokkendam schelpdierbank wordt vooral bepaald door soorten die geassocieerd zijn met hard substraat.
- Op de stukken met platte oesters is de soortenrijkdom van epibenthische soorten 60% hoger dan op de zandige stukken binnen de schelpdierbank.
- De lege schelpen van de Japanse oesters (exoot) hebben de vestiging van platte oesters (inheems) gefaciliteerd.

Vanwege de bovengenoemde relatie tussen de verspreiding van biogene riffen en visserij-intensiteit is het aannemelijk dat de ontwikkeling van biogene riffen samenhangt met langdurige relatieve bodemrust, dat wil zeggen geen of beperkte visserij met garnalen-kor in de periode 2004-2017. Echter, ook andere factoren, zoals golfdynamiek, kunnen de vorming van biogene riffen beïnvloeden, zodat vervolgonderzoek nodig is om de hypothese over het belang van bodemrust voor biogene riffen te testen.

5.2 Aanbevelingen

Op basis van het veldonderzoek en literatuuronderzoek wordt aanbevolen om:

- BACI-onderzoek te doen naar de causale verbanden tussen garnalenvisserij, natuurlijke factoren en het ontstaan van biogene riffen in de Voordelta.
- Biogene riffen van platte oesters, mosselen en schelpkokerwormen expliciet op te nemen in H1110B en het Aanwijzingsbesluit N2000-gebied Voordelta.
- Het actieve herstel van schelpdierbanken op geschikte locaties in de Voordelta voort te zetten of mogelijk zelfs te intensiveren.

6 Literatuur

Alves, R.M.S., Van Colen, C., Vincx, M., Vanaverbeke, J., De Smet, B., Guarini, J-M., Rabaut, M. & T.J. Bouma. (2017) A case study on the growth of *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) aggregations and their ecosystem engineering impact on sedimentary processes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 489: 15-23.

Baggett, L.P., S.P. Powers, R. Brumbaugh, L.D. Coen, B. DeAngelis, J. Greene, B. Hancock, and S. Morlock (2014) Oyster habitat restoration monitoring and assessment handbook. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA., 96pp.

Beck M.W., R.D. Brumbaugh, L. Airoldi, A. Carranza , L.D. Coen, C. Crawford, O. Defeo, G.J. Edgar, B. Hancock, M.C. Kay, H.S. Lenihan, M.W. Luckenbach, C.L. Toropova, G. Zhang and X. Guo (2011) Oyster Reefs at Risk and Recommendations for Conservation, Restoration and Management, BioScience, Vol. 61, No. 2 (February 2011), pp. 107-116

Bertolini, C., Montgomery, W.I. & N.E. O'Connor. 2018. Habitat with small inter-structural spaces promotes mussel survival and reef generation. Marine Biology 165: 163.

Bos, O.G., Glorius, S.T., Coolen, J.W.P., Cuperus, J., van der Weide, B.E., Aguera Garcia, A., van Leeuwen, P.W., Lengkeek, W., Bouma, S., van Hoppe, M. & H.M.L. van Pelt-Heerschap, (2014) Natuurwaarden Borkumse Stenen: project aanvullende beschermde gebieden. Report number C115/14, IMARES Wageningen UR, Wageningen.

Bos, O.G., Coolen, J.W.P. & J.T. van der Wal. 2019. Biogene riffen in de Noordzee. Actuele en potentiële verspreiding van rifvormende schelpdieren en wormen. Wageningen University & Research rapport C058/19.

Braeckman, U., Rabaut, M., Vanaverbeke, J., Degraer, S. & M. Vincx. 2014. Protecting the Commons: the use of subtidal ecosystem engineers in marine management. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 24: 275-286.

Christianen M.J.A., Lengkeek W., Bergsma J.H., Coolen J.W.P., Didderen K., Dorenbosch M., *et al.* (2018) Return of the native facilitated by the invasive? Population composition, substrate preferences and epibenthic species richness of a recently discovered shellfish reef with native European flat oysters (*Ostrea edulis*) in the North Sea. Marine Biology Research 14, 590–597.

Cook, R., Farinas-Franco, J.M., Gell, F.R., Holt, R.H.F., Holt, T. Lindenbaum, C., Porter, J.S., Seed, R., Skates, L.R., Stringell, T.B. & W.G. Sanderson (2013) The substantial first impact of bottom fishing on rare biodiversity hotspots: a dilemma for evidence-based conservation. PLOSone 8:e69904.

Coolen, J.W.P., Bos, O.G., Glorius, S., Lengkeek, W., Cuperus, J., van der Weide, B. & A. Agüera. (2015) Reefs, sand and reef-like sand: a comparison of the benthic biodiversity of habitats in the Borkum Reef Grounds, http://dx.doi.org/10.1016/j.seares.2015.06.010

De Smet, B., D'Hondt, A-S., Verhelst, P., Fournier, J., Godet, L., Desroy, N., Rabaut, M., Vincx, M. & J. Vanaverbeke. 2015. Biogenic reefs affect multiple components of intertidal soft-bottom benthic assemblages: the *Lanice conchilega* study. Estuarine, Coastal and Shelf Science 152: 44-55.

Degraer, S., U. Braeckman, J. Haelters, K. Hostens, T. Jacques, F. Kerckhof, B. Merckx, M. Rabaut, E. Stienen, G. Van Hoey, V. Van Lancker & M. Vincx

(2009). Studie betreffende het opstellen van een lijst met potentiële Habitatrichtlijn gebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 93 pp.

Didderen, K., P. Kamermans, A. van den Brink, T.M. van der Have, J.H. Bergsma, H. van der Jagt, W. Lengkeek, M. Maathuis, H. Sas (2019a) Shellfish bed restoration pilots Voordelta, Netherlands, Annual report 2018.

Didderen, K., P. Kamermans, W. Lengkeek (2019b) Borkum Reef oyster pilot 2018

Didderen, K., P. Kamermans, W. Lengkeek (2019c) Gemini wind farm oyster pilot 2018

Dorenbosch, M. (2015) Ecologische onderwater inventarisatie Middelplaathaven. Inventarisatie 2015 in het kader van Brouwerseiland. Bureau Waardenburg rapportnr. 15-150, Culemborg.Fariñas-Franco, J.M. Bryony Pearce, J.M. Mair, D.B. Harries, R.C. MacPherson, J.S. Porter. P.J. Reimer, W.G. Sanderson (2018) Missing native oyster (*Ostrea edulis* L.) beds in a European marine protected area: should there be widespread restorative management? Biological Conservation 221: 293-311.

Feldens, P., Schulze, I., Papenmeier, S., Schönke, M. & J. Schneider von Deimling. 2018. Improved interpretation of marine sedimentary environments using multi-frequency multibeam backscatter data. Geosciences 2018, 8, 214; doi:10.3390/geosciences8060214.

Gercken, J. S., & Schmidt, A. (2014) Current Status of the European Oyster (*Ostrea edulis*) and Possibilities for Restoration in the German North Sea, Bundesamt für Naturschutz.

Gerritsen, H.D., Minto, C. & C. Lordan (2013) How much of the seabed is impacted by mobile fishing gear? Absolute estimates from Vessel Monitoring System (VMS) point data. ICES Journal of Marine Science 70: 523-531.

Glorius, S.T., Tulp, I.Y.M., Meijboom, A., Bolle, L.J. & C. Chen (2018) Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea 2002-2016. Statutory Research Tasks Unit for Nature & Environment, WUR. WOT-technical report 129 / Wageningen Marine Research report C092/18.

Gmelig Meyling, A.W. & S. Ploegaert, (2019) Biodiversiteit op de Brouwersdam-schelpdierbank vastgesteld tijdens de schelpdierbankdag op 13 oktober 2019. Stichting ANEMOON & RAVON.

Heinrich, C., Feldens, P. & K. Schwarzer. 2016. Highly dynamic biological seabed alterations revealed by side scan sonar tracking of *Lanice conchilega* beds offshore the island of Sylt (German Bight). Geo-Marine Letters Doi:10.1007/s00367-016-0477-z.

Helmer, L., Farrell, P., Hendy, I., Harding, S., Roberson, M. & J. Preston. 2019. Active management is required to turn the tide for depleted *Ostrea edulis* stocks from the effect of overfishing, disease and invasive species. PeerJ Doi 7717/peerj.6431.

Kaiser, M.J., Collie, J.S., Hall, S.J., Jennings, S. & I.R. Poiner. (2002) Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. Fish and Fisheries 3: 114-136.

Kamermans, P., Lengkeek, W., van der Have, T.M., Sas, H. & A.C. Smaal. 2015. Herstel platte oester op de Noordzee. Vooronderzoek schelpdierpilotlocaties Voordelta. Notitie november 2015.

Kamermans, P., L. van Duren & F. Kleissen (2018a) European flat oysters on offshore wind farms: additional locations Wageningen University & Research rapport C053/18

Kamermans, P., B. Walles, M. Kraan, L.A. van Duren, F. Kleissen, T.M. van der Have, A.C. Smaal and M. Poelman (2018b) Offshore Wind Farms as Potential Locations for Flat Oyster (*Ostrea edulis*) Restoration in the Dutch North Sea. Sustainability 2018, 10, 3942; doi:10.3390/su10113942

Kamermans *et al.* (in prep.) Culture of Bonamia-free flat oysters from an infected population.

Kleissen F (2016) Deltares Memo Oesterlarventransport in de Voordelta (1230725-000-ZKS-0005)

Lengkeek, W. (2018) Verslag 12 april 2018, duikinspectie locatie Blokkendam en T0 survey locatie Bollen van de Ooster. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Lindeboom, H.J., Dijkman, E.M., Bos, O.G., Meesters, E.H., Cremer, J.S.M., De Raad, I., van Hal, R. & A. Bosma, (2008) Ecologische Atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming (http://edepot.wur.nl/251730), Wageningen IMARES, Wageningen.

Maathuis M. (2018) Shellfish bed restoration in the Voordelta (North Sea): Factors determining the timing of swarming of European flat oyster (*Ostrea edulis*) larvae and the efficiency of different shell substrates for collecting O. edulis spat. MSc Thesis University of Amsterdam.

Mann R. (1979) Some biochemical and physiological aspects of growth and gametogenesis in *Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis* grown at sustained elevated temperatures. Journal of the Marine Biological Association of the UK 59, 95–110.

Ministerie van Economische Zaken (2014) Profieldocument H1110 Permanent overstroomde zandbanken. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Ministerie van Economische Zaken (2014) Profieldocument H1170 Riffen. Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016) Natura 2000 beheerplan Voordelta 2015-2021. Ministerie van I & M, Rijkswaterstaat.

Nicolaidou, A. 2003. Observations on the re-establishment and tube construction by adults of the polychaeta *Lanice conchilega*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 83: 1223-1224.

NORA (2017) Results of the workshop on flat oyster pilot monitoring, November 2017

Olsen, O. T. (1883) The Piscatorial Atlas of the North Sea, English and St. George's Channels: Illustrating the Fishing Ports, Boats, Gear, Species of Fish (how, Where, and when Caught), and Other Information Concerning Fish and Fisheries, Taylor and Francis London, UK.

OSPAR (2009) Background document for *Ostrea edulis* and *Ostrea edulis* beds. OSPAR Commission. qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/ P00428 _ostrea_edulis_ and_beds.pdf

Ó Foighil D. & Taylor D.J. (2000) Evolution of parental care and ovulation behaviour in oysters. Molecular Phylogenetics and Evolution 15, 301–313.

Pogoda B., B.H. Buck, W. Hagen (2011) Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). Aquaculture 319(3): 484-492.

Pogoda B. (2017) Presentation at NORA workshop, Berlin, November 2017

Pogoda, B. (2019) Current status of European oyster decline and restoration in Germany. Humanities 2019, 8,9; doi:10.3390/h8010009.

Prins, T.C. *et al.* (2014). PMR monitoring natuurcompensatie Voordelta. Eindrapport 1e fase 2009-2013 Deel B. Deltares, Delft.

Prins, T.C., van der Kolff, G.H., Tulp, I.Y.M. & J.A.M. Craeymeersch. (2015). PMR monitoring natuurcompensatie Voordelta. Samenvattende rapportage 2014. 1209129-000-ZKS-0034. Deltares, Delft.

Rabaut, M., Braeckman, U., Hendrickx, F., Vincx, M. & S. Degraer. (2007). Experimental beam trawling in *Lanice conchilega* reefs: impact on the associated fauna. Fisheries Research 90: 209-216.

Rabaut, M. (2009) *Lanice* conchilega, fisheries and marine conservation. Towards an ecosystem approach to marine management. PhD-thesis, Marine Biology Research Group, University of Gent.

Rabaut, M., Vincx, M. & S. Degraer. (2009a). Do *Lanice conchilega* (sandmason) aggregations classify as reefs? Quantifying habitat modifying effects. Helgoland Marine Research 63: 37-46.

Rabaut, M., Van de Moortel, L., Vincx, M. & S. Degraer. (2009b) Biogenic reefs as structuring factor in *Pleuronectes platessa* (Plaice) nursery. Journal of Sea Research. DO I10.1016/j.seares.2009.10.009.

Rodriguez-Perez, A., M. James, D.W. Donnan, T.B. Henrya, L.F. Møllere, W.G. Sanderson (2019) Conservation and restoration of a keystone species: Understanding the settlement preferences of the European oyster (*Ostrea edulis*), Marine Pollution Bulletin 138 (2019) 312–321.

Ropert, M. & J.C. Dauvin. 2000. Renewal and accumulation of a *Lanice conchilega* (Pallas) population in the baie des Veys, western Bay of Seine. Oceanologica Acta 23: 529-546.

Toupoint, N., Godet, L., Fournier, J., Retière, C. & F. Olivier. 2008. Does Manila clam cultivation affect habitats of the engineer species *Lanice conchilega* (Pallas, 1766)? Marine Pollution Bulletin 56: 1429-1438.

Sas H., Kamermans P., Have T. van der, Lengkeek W. & Smaal A. (2017) Shellfish reef restoration pilots Voordelta: Annual report 2016.

Sas H., Kamermans P., Have T. Van Der & Christianen M. (2018a) Shellfish reef restoration pilots Voordelta: Annual report 2017.

Sas, H., T.M. van der Have, P. Kamermans, W. Lengkeek (2018b) Flat oyster pilot design in North Sea offshore wind farm, report for Natuur & Milieu and Stichting de Noordzee.

Smaal A.C., Kamermans P., Have T.M. Van Der, Engelsma M. & Sas H.J.W. (2015) Feasibility of Flat Oyster (*Ostrea edulis* L.) restoration in the Dutch part of the North Sea. IMARES C028/15, 1–58.

Smaal, A.C., Kamermans, P., Kleissen, F., van Duren, L. & T.M. van der Have. 2016. Platte oesters in offshore windparken (POP). Wageningen University & Research Rapport C035/17.

Smaal, A.C., Kamermans, P., Kleissen, F., van Duren, L. & T.M. van der Have (2017) Flat oysters on offshore wind farms: Opportunities for the development of flat oyster populations on existing and planned wind farms in the Dutch section of the North Sea. WMR Report C052/17.

van der Have, T.M. & E. van der Zee. 2016. Terugkeer van de platte oester in de Waddenzee. Verkenning naar een mogelijk herstel van platte oesterbanken in de Waddenzee. Bureau Waardenburg & Altenburg & Wymenga. Rapportnr. 16-091, Bureau Waardenburg, Culemborg.

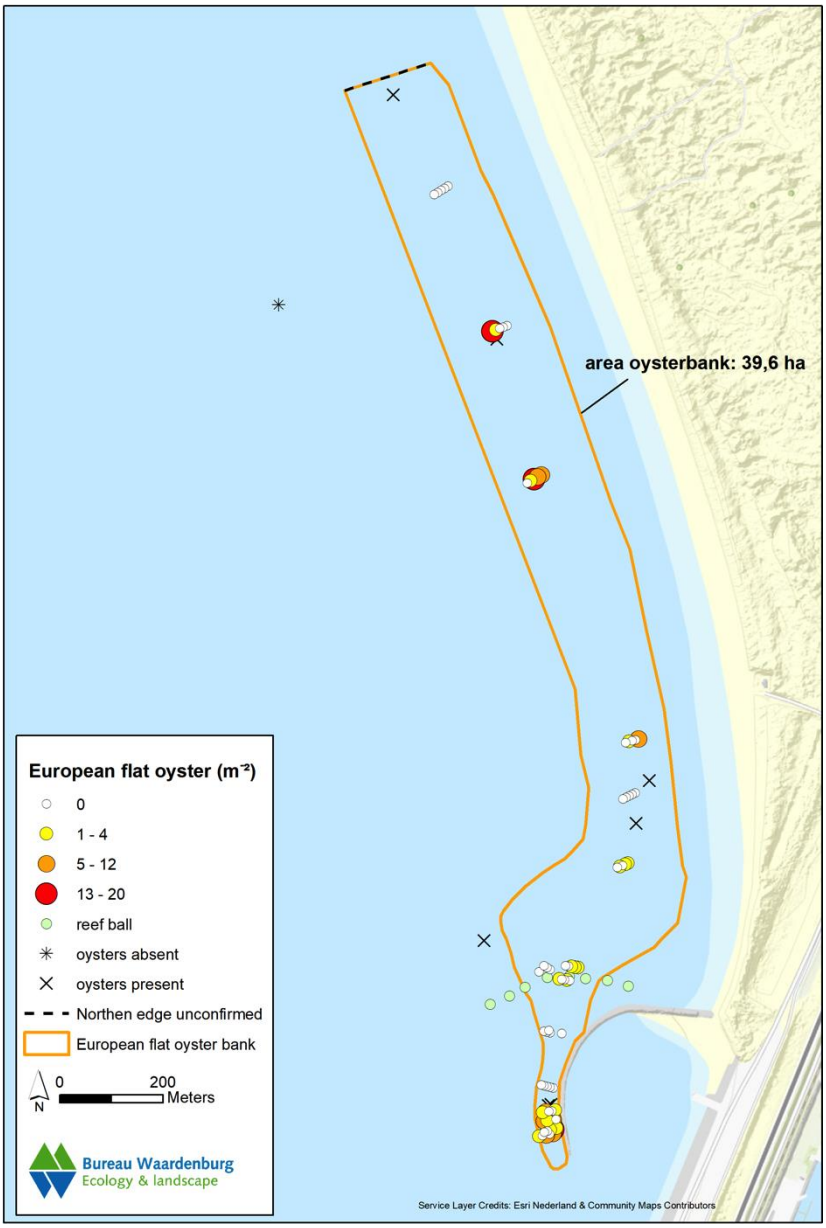
Van der Have T.M., Kamermans P. & van der Zee E. (2018a) Flat oysters in the Eijerlandse gat, Wadden Sea. Programma naar een Rijke Waddenzee report.

Walne, P. R. 1974. Culture of Bivalve Molluscs: Fifty Years Experience at Conwy

Willems, W., Goethals, P., Van den Eynde, D., Van Hoey, G., Van Lancker, V., Verfaillie, E., Vincx, M. & S. Degraer. 2008. Where is the worm? Predictive modelling of the habitat preferences of the tube-building polychaete *Lanice conchilega*. Ecological Modelling 212: 74-79.

zu Ermgassen, P.S.E., J.H. Grabowski, J.R. Gair, S.P. Powers (2015) Quantifying fish and mobile invertebrate production from a threatened nursery habitat. Journal of Applied Ecology: 10.1111/1365-2664.12576.

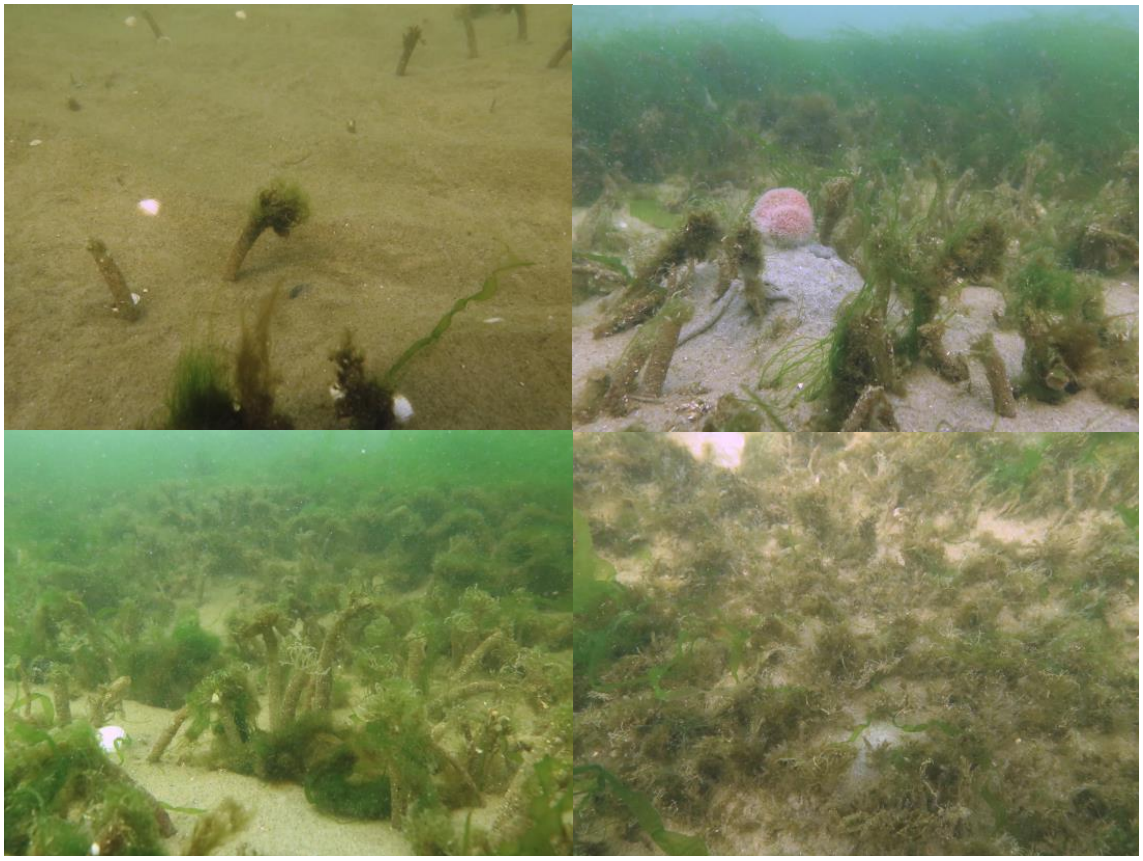
Figuren



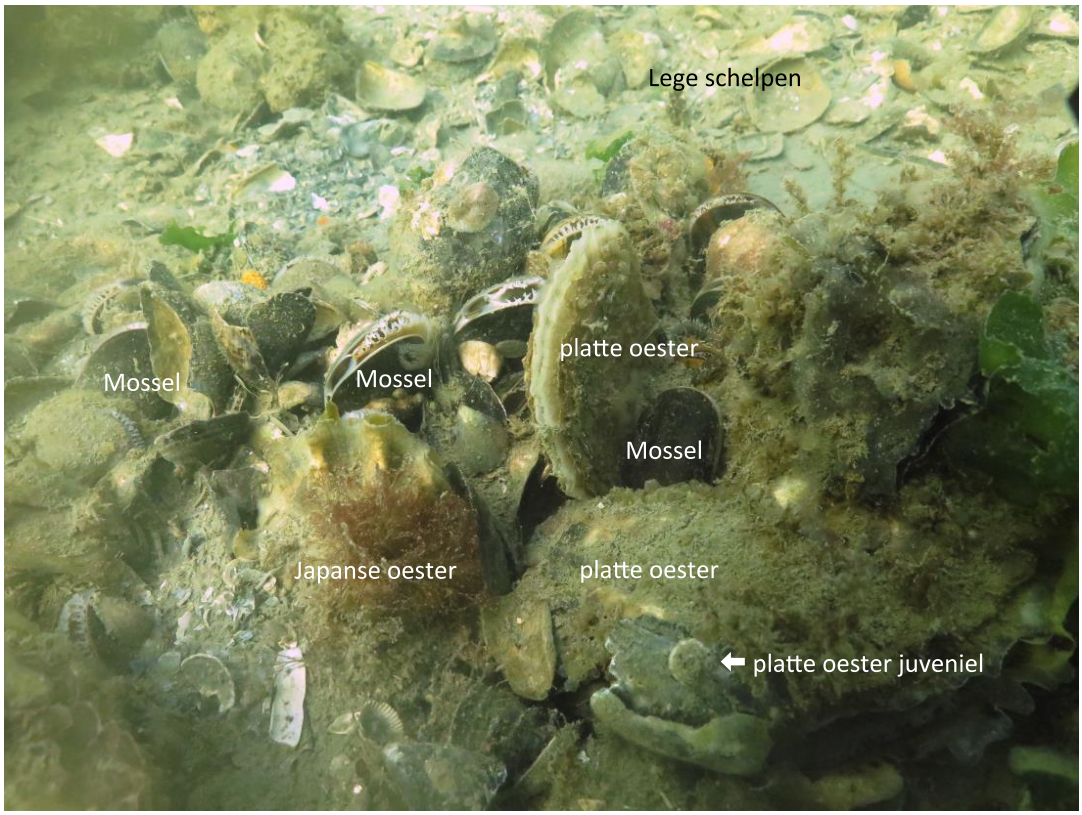
Figuur 1. Kaart van het gebied rond de Blokkendam met de contour van de schelpdierbank (circa 40 ha, oranje lijn), transect locaties van het onderzoek in 2017 met dichtheden platte oester (Christianen et al., 2018).



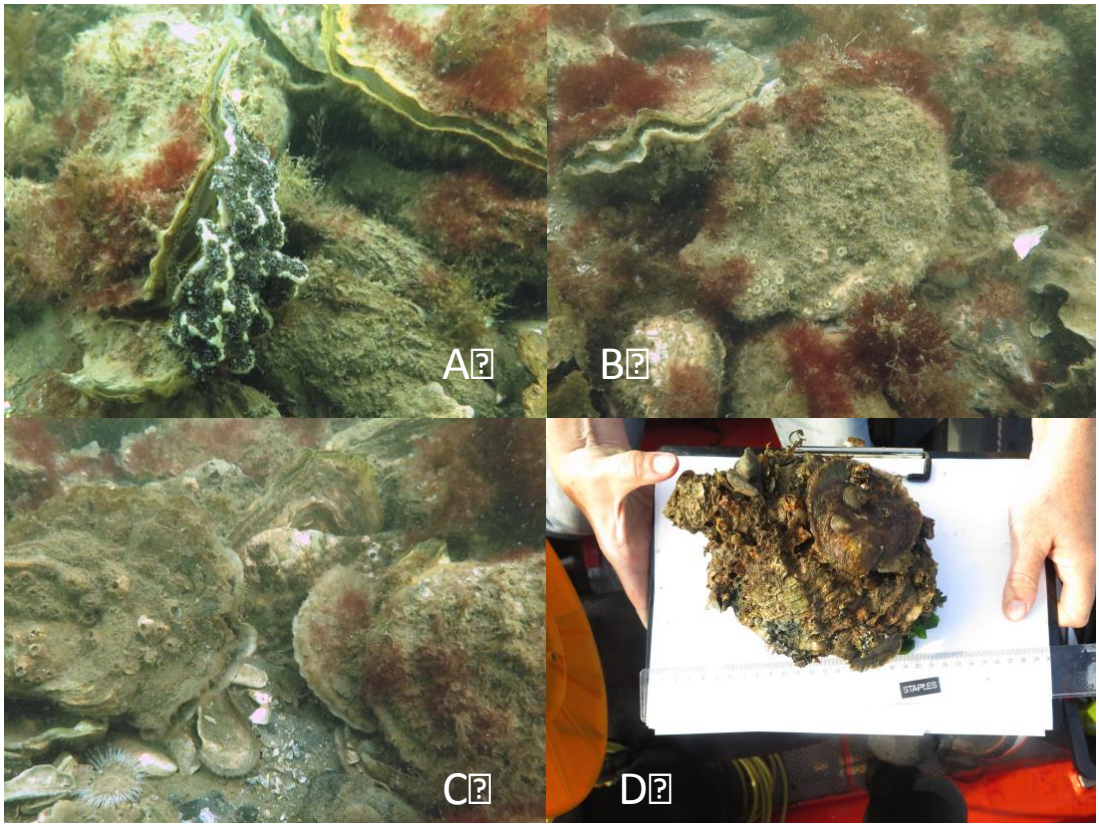
Figuur 2. Jonge platte oester op grote platte oester (linksonder) bij de Blokkendam schelpdierbank met diverse soorten wieren (21 augustus 2018).



Figuur 3. Schelpkokerworm Lanice conchilega *in verschillende dichtheden bij de Blokkendam schelpdierbank (28 juni 2016): lage dichtheid (linksboven) en Lanice-rif (hoge dichtheden, linksboven, onder).*



Figuur 4. Kenmerkend deel van de Blokkendam schelpdierbank op zacht sediment met een hoge bedekking van lege schelpen, grote mosselen (vermoedelijk cohort 2016), platte oesters, waaronder een juveniel van 2017, Japanse oester. De meeste schelpdieren zijn vermoedelijk hier op lege schelpen gevestigd (27 september 2017).



Figuur 5. Japanse oesters (Crassostrea gigas) op de Blokkendam schelpdierbank (A, B), samen met platte oester (C, rechts, 28 juni 2016); grote Japanse oester, gevonden op de Blokkendam schelpdierbank (22 september 2016) waarop drie platte oesters zijn gevestigd (D).

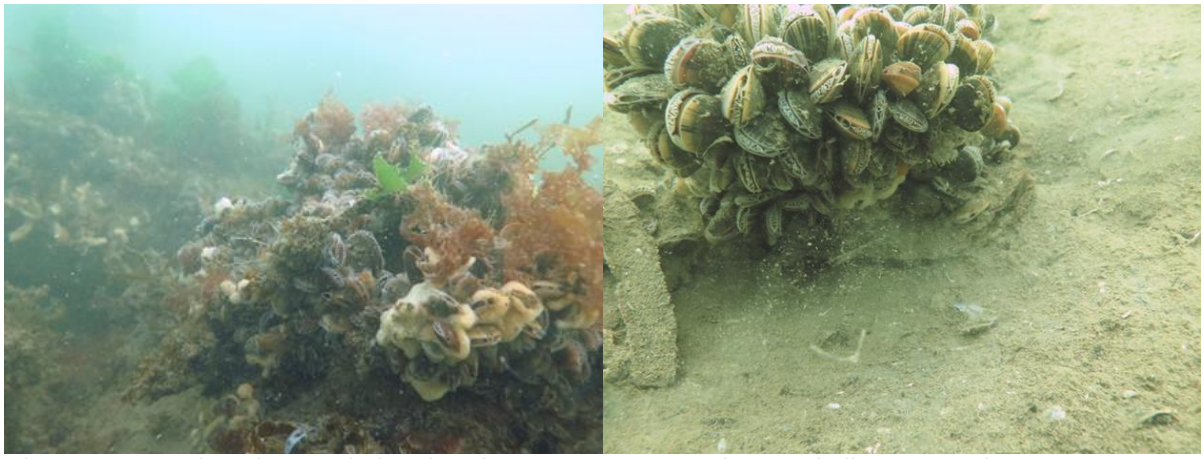


Figure 6: Mosselzaad gevestigd op breukstenen met macroalgen, zakpijpen en andere epibionten (links) en gevestigd op platte oester op zacht sediment (rechts; Sas et al., 2016).

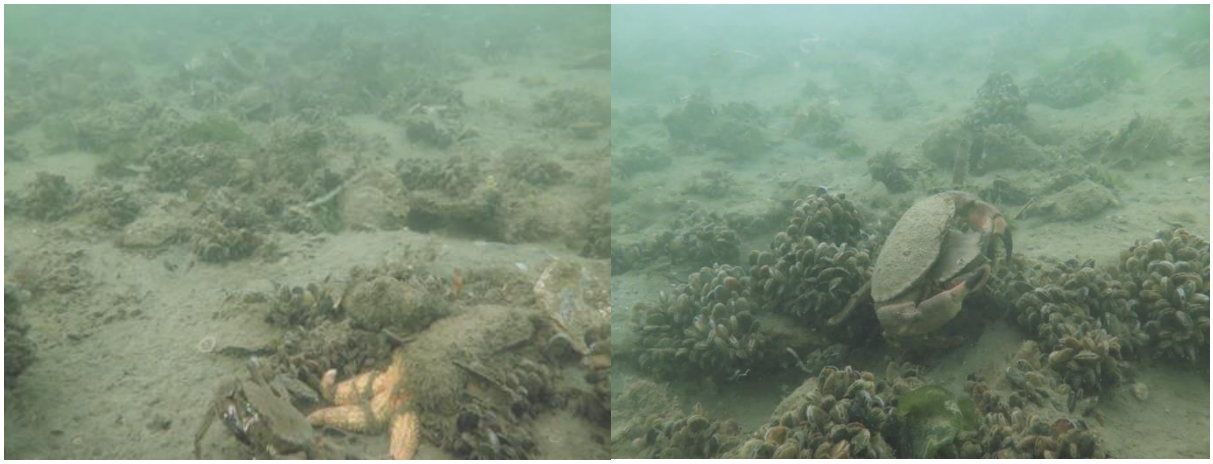


Figure 7: Verspreide trossen mosselzaad gevestigd op oesters en zacht sediment met zeester (links) en verspreid op zacht sediment met Noordzeekrab (rechts).

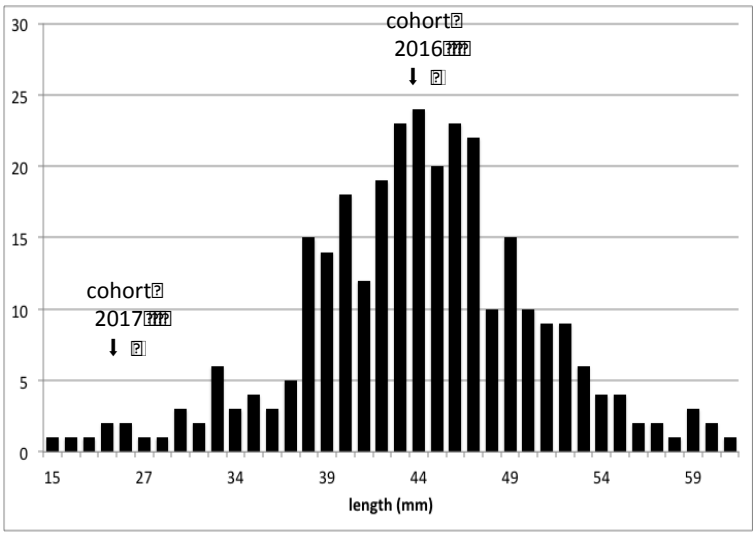
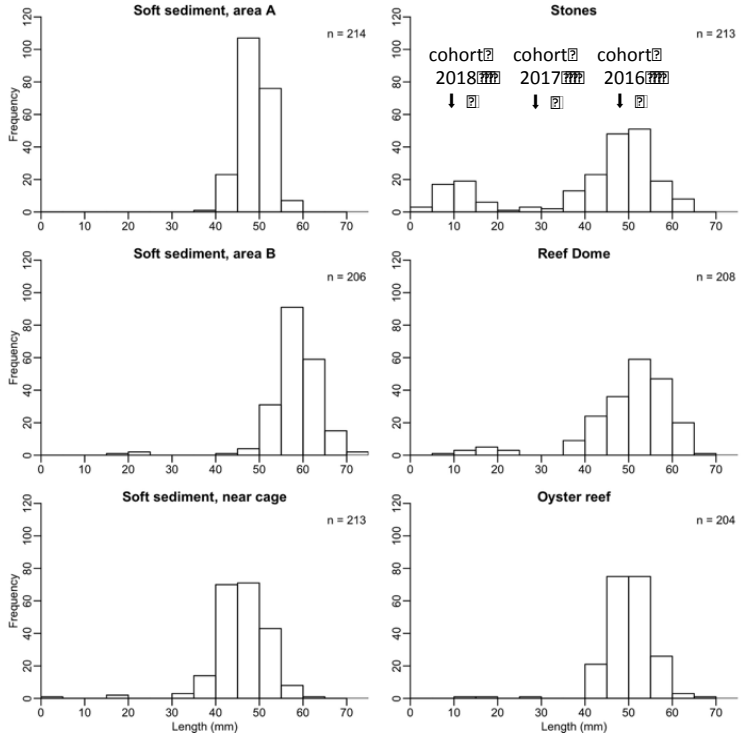
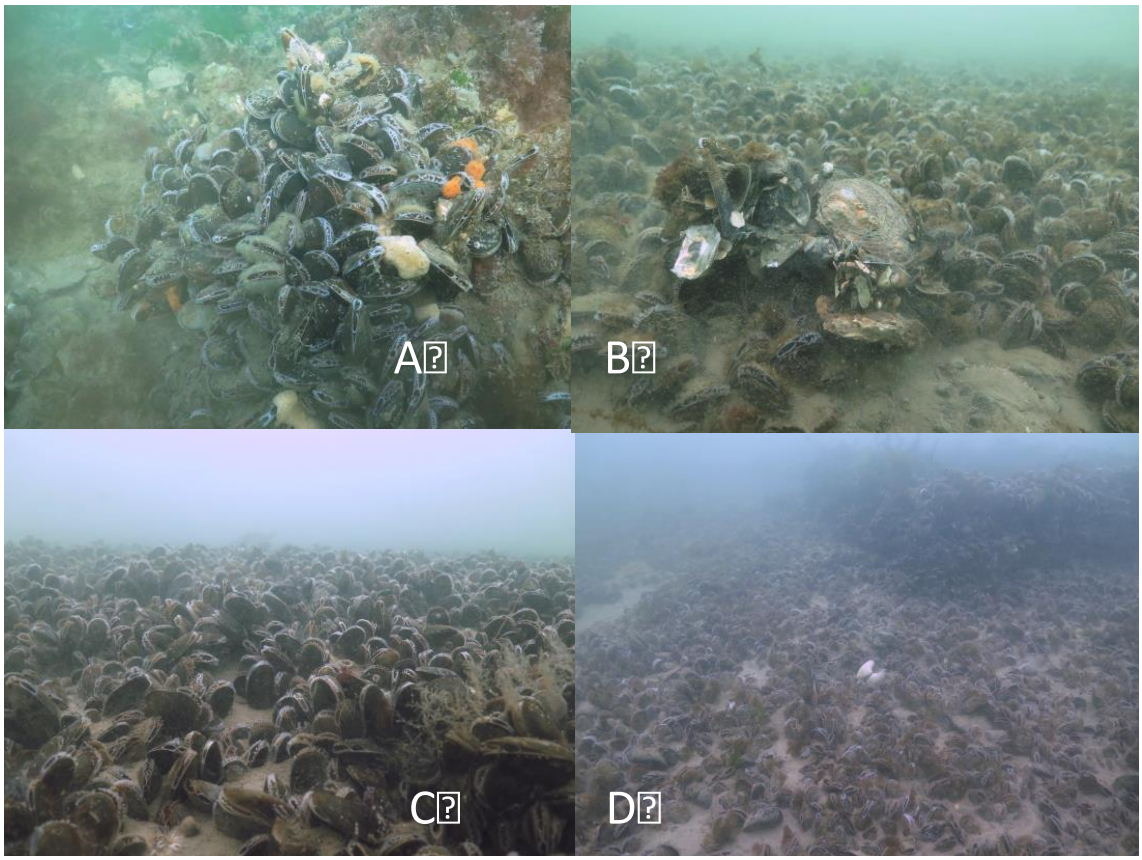


Figure 8: Frequentieverdeling van de lengte van mosselen op de Blokkendam schelpdierbank, augustus 2017 (N=301) (Sas et al., 2018). Het cohort 2016 is ontstaan tijdens de massale broedval in 2016, de broedval in 2017 was heel beperkt.

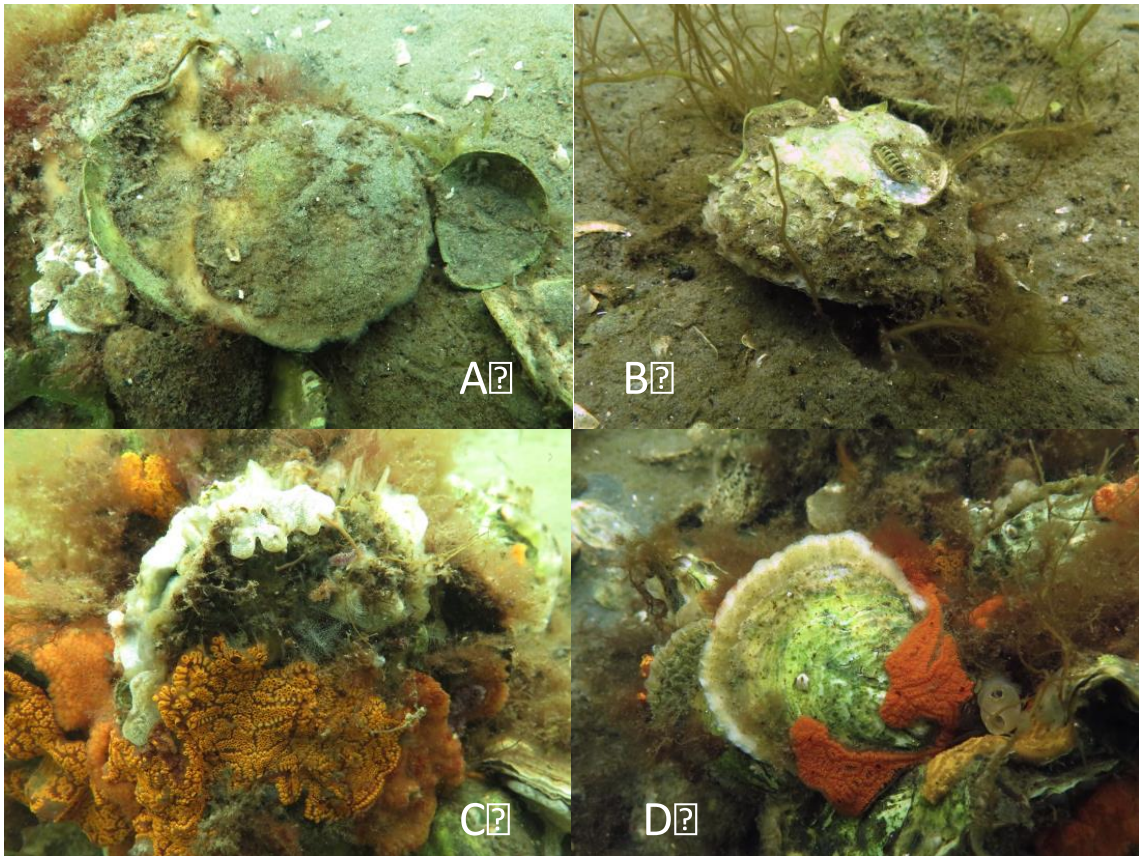


Figuur 9. Frequentieverdeling van de lengte van mosselen op verschillende biotopen binnen de Blokkendam schelpdierbank, 21 augustus 2018. De pijlen geven een indicatie van de verschillende cohorten.

.



Figuur 10. Mosselbank op zacht sediment binnen de contouren van de Blokkendam schelpdierbank, gevormd door mosselen van het cohort 2016 (A-D, 12 april 2018). Enkele platte oesters omhoog gewerkt door de mosselen (B).



Figuur 11. Platte oesters buiten de kweekpercelen bij Dreischor, Grevelingen (12 juni 2016; M. Dorenbosch): gevestigd op lege platte oester schelp (A), met grazende asgrauwe keverslak (B), zwaar begroeid met epifauna (C-D).

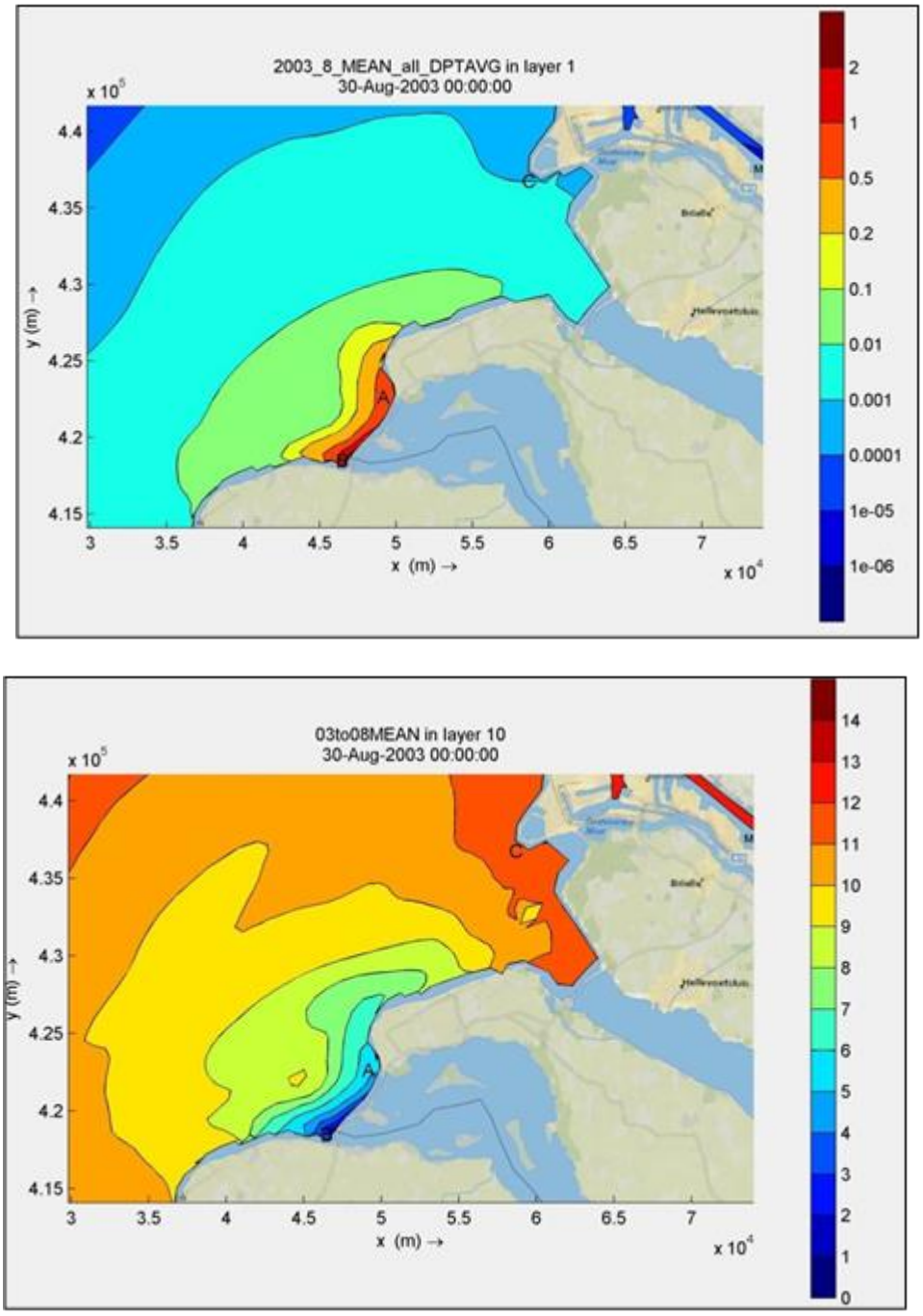


Figure 12: Model resultaten voor een water verdunning patroon (boven) en transport tijd (onder, bron: Kleissen 2016, in Sas et al., 2016).

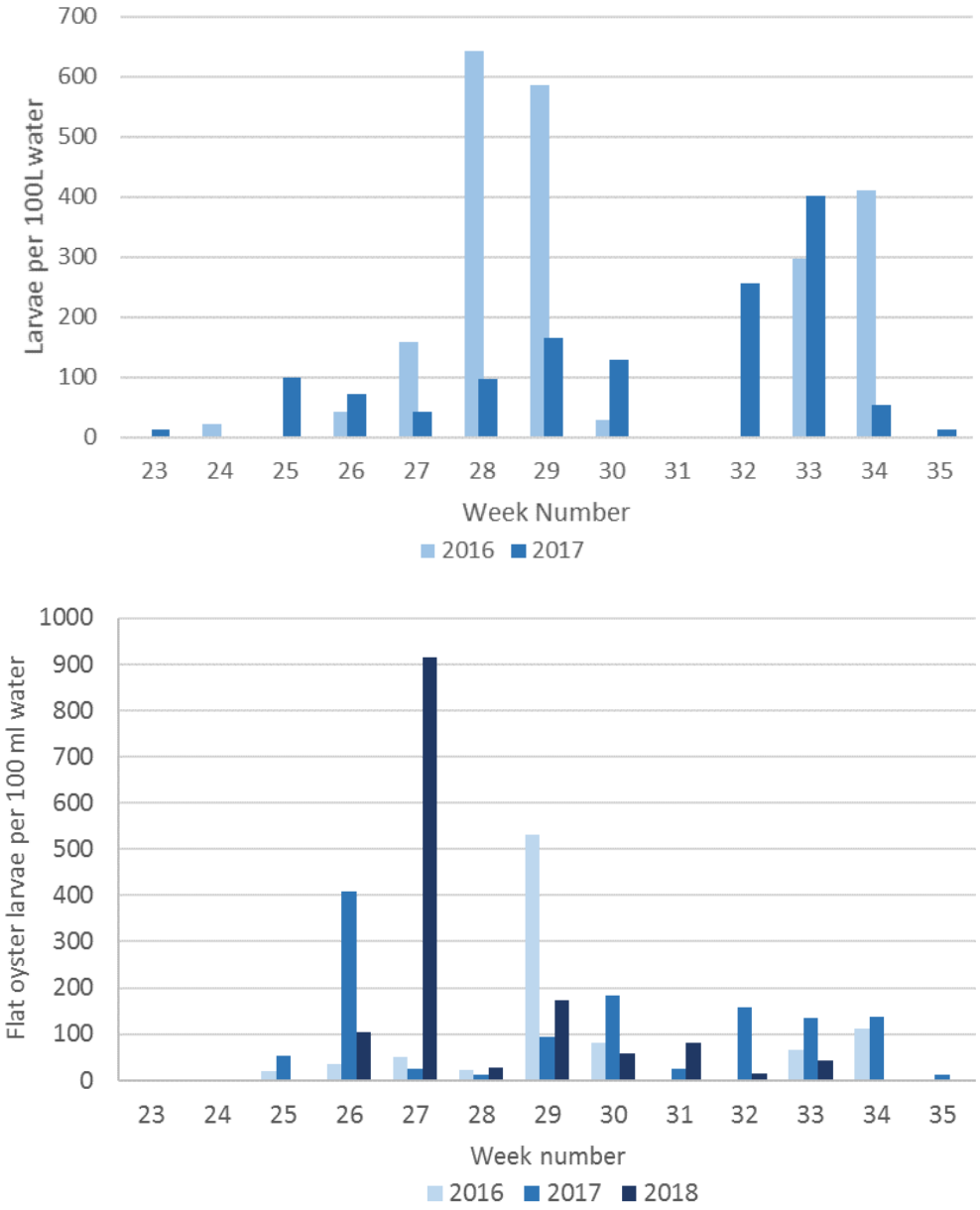
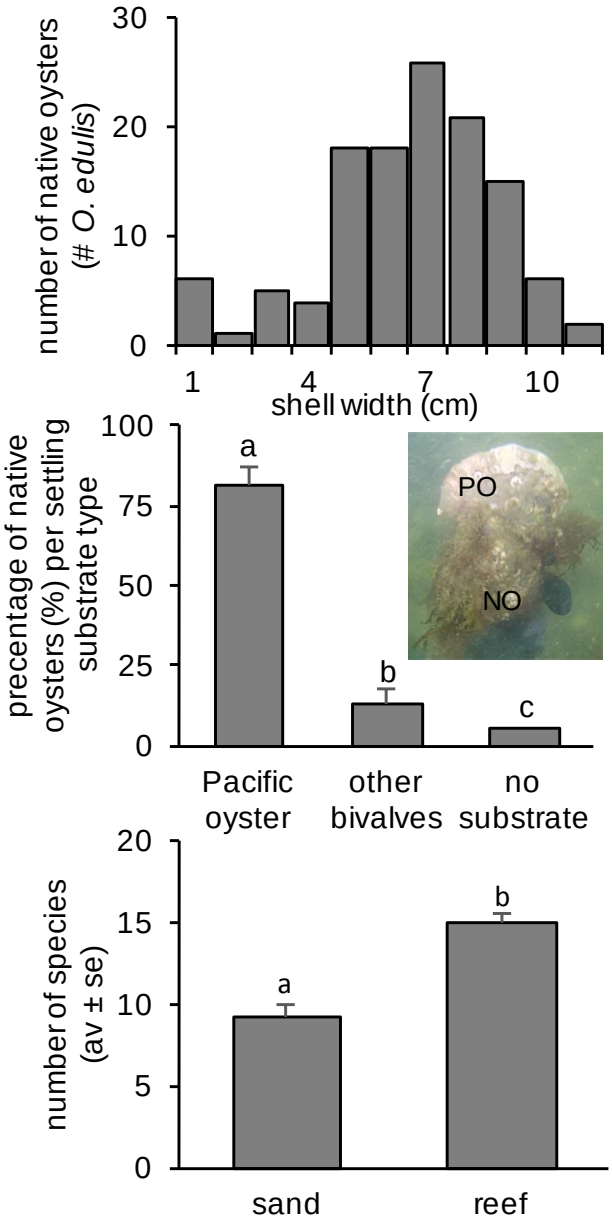
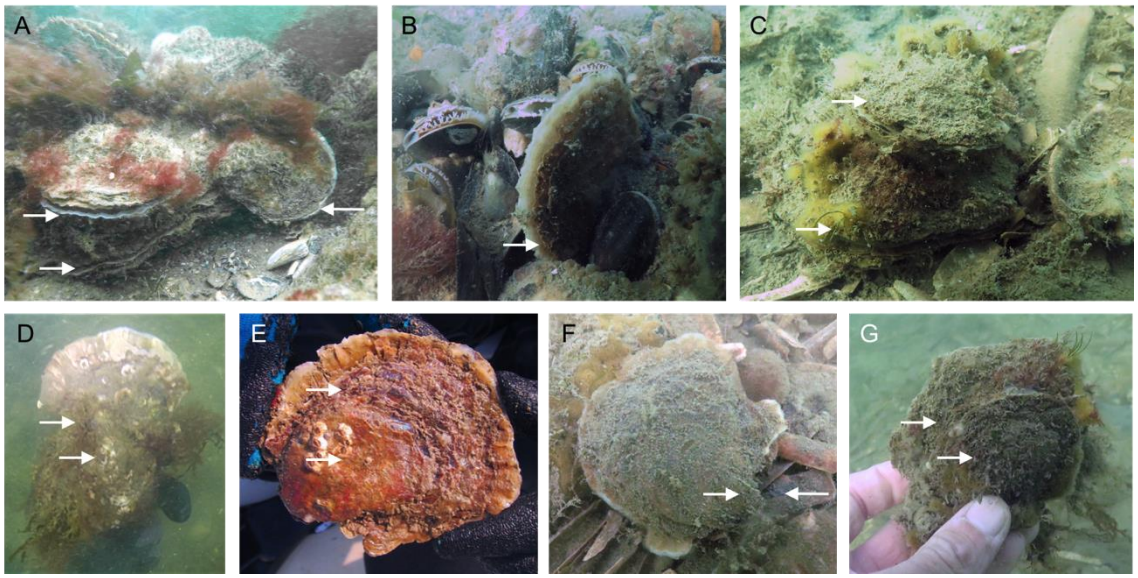


Figure 13. Concentraties van platte oesterlarven bij de Brouwersluis outlet (boven) en Blokkendam (beneden) in weken 23-35 2016, 2017 en 2018. In 2018 zijn geen monsters genomen bij de Brouwersluis (Bron: Didderen et al., 2019).



Figuur 14. Grootte verdeling van platte oesters in de Blokkendam schelpdierbank (boven); vestigingssubtraat van platte oesters (% op Japanse oesters, andere schelpdieren en geen substraat zichtbaar (midden), aantal soorten (visueel waargenomen) op de schelpdierbank (b) en op het zand binnen de schelpdierbank (Christianen et al., 2018).



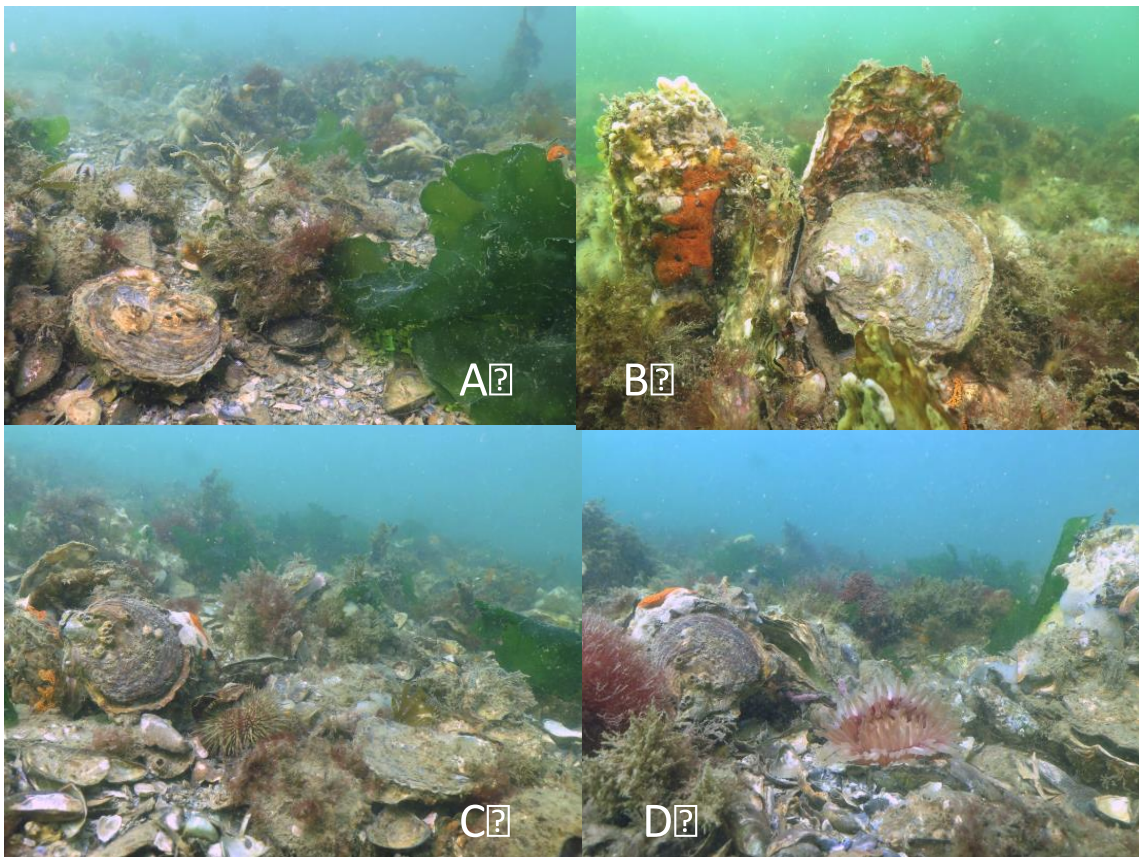
Figuur 15. Platte oesters die gevestigd zijn op levende platte oesters (A-E, G) en op lege schelp van Ensis directus (F); Christianen et al., 2018).



Figuur 16. Schelpdierbank bij de Blokkendam met roodwieren, groenwieren, bruinwieren, sponzen, zeedahlia, platte oesters, Japanse oesters, mosselen, lege schelpen (21 augustus 2018; Didderen et al., 2019).



Figuur 17: Links: bleke individuen van de golfbrekeranemoon (Diadumene cincta); rechts: zeedahlia (Urticina felina), beide soorten geassocieerd met hard substraat (augustus 2017; Sas et al, 2016).

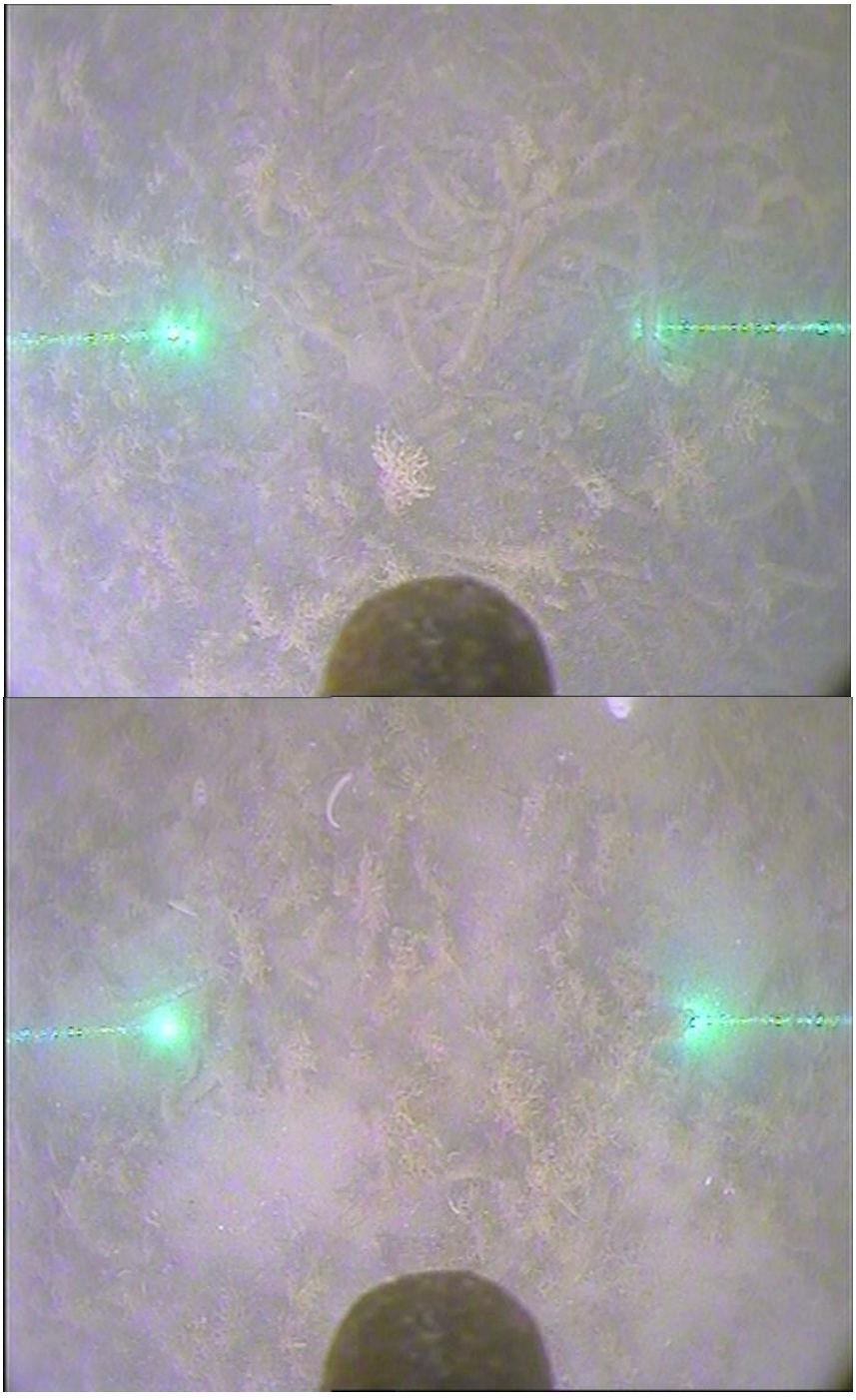


Figuur 18: Platte oesters op de Blokkendam schelpdierbank, met diverse soorten wieren (A), gevestigd op een lege Japanse oester schelp (B); met een gewone zeeappel (C) en zeedahlia (D) (21 augustus 2018).

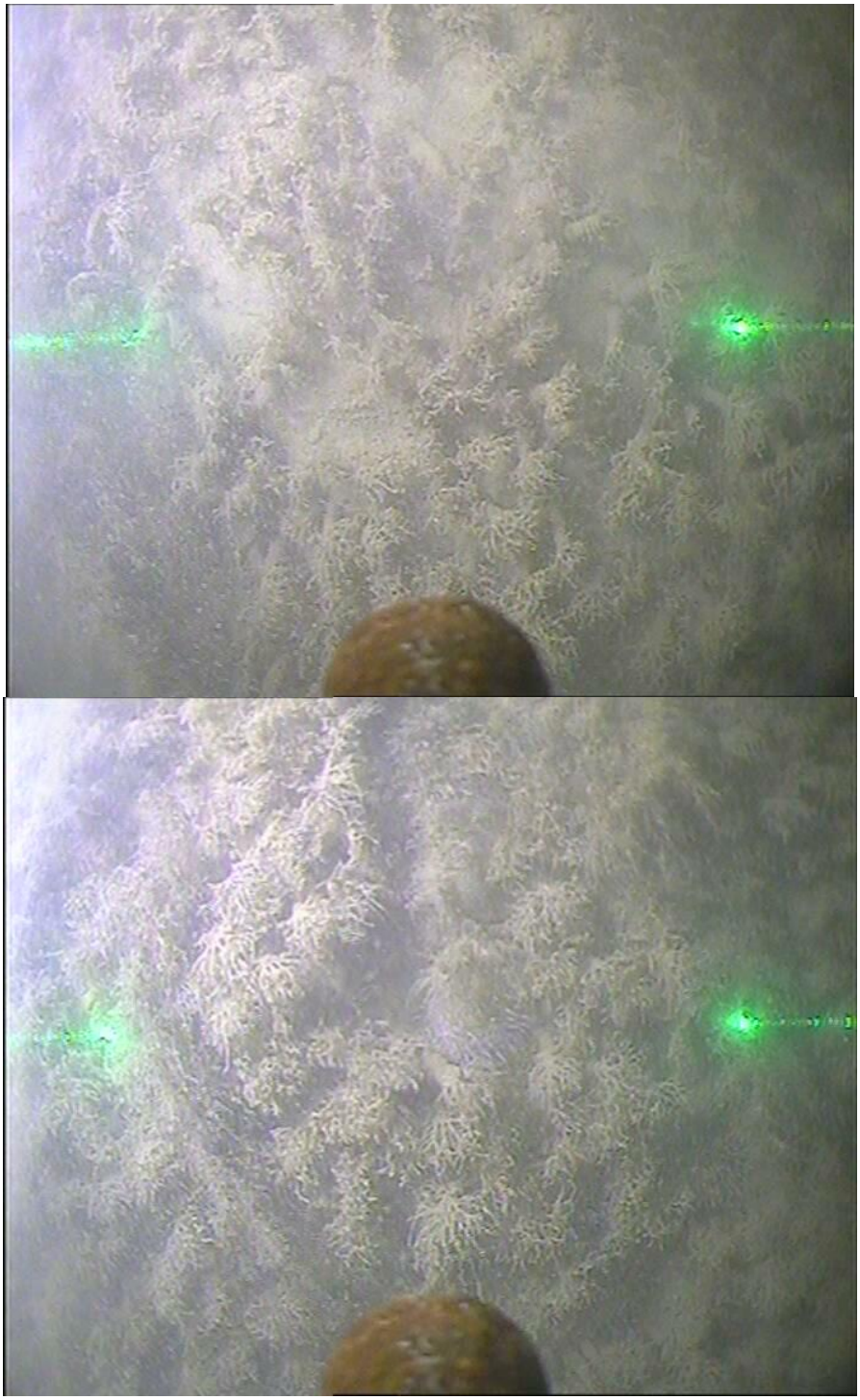
Bijlage 1 Dropcam bemonstering 2018-2019



Figuur A1. Kaart van het onderzoeksgebied in de Voordelta tussen de Schaar van Renesse, Bollen van de Ooster en Blokkendam (geplande locaties 23-119) en ten noorden van Goerree-Overflakkee (geplande locaties 1-22). De bemonsteringen zijn uitgevoerd op 25 september 2018 (geel), 10 oktober 2018 (oranje) en 24 januari 2019 (1,15, 16, 21, 22, 109-119).

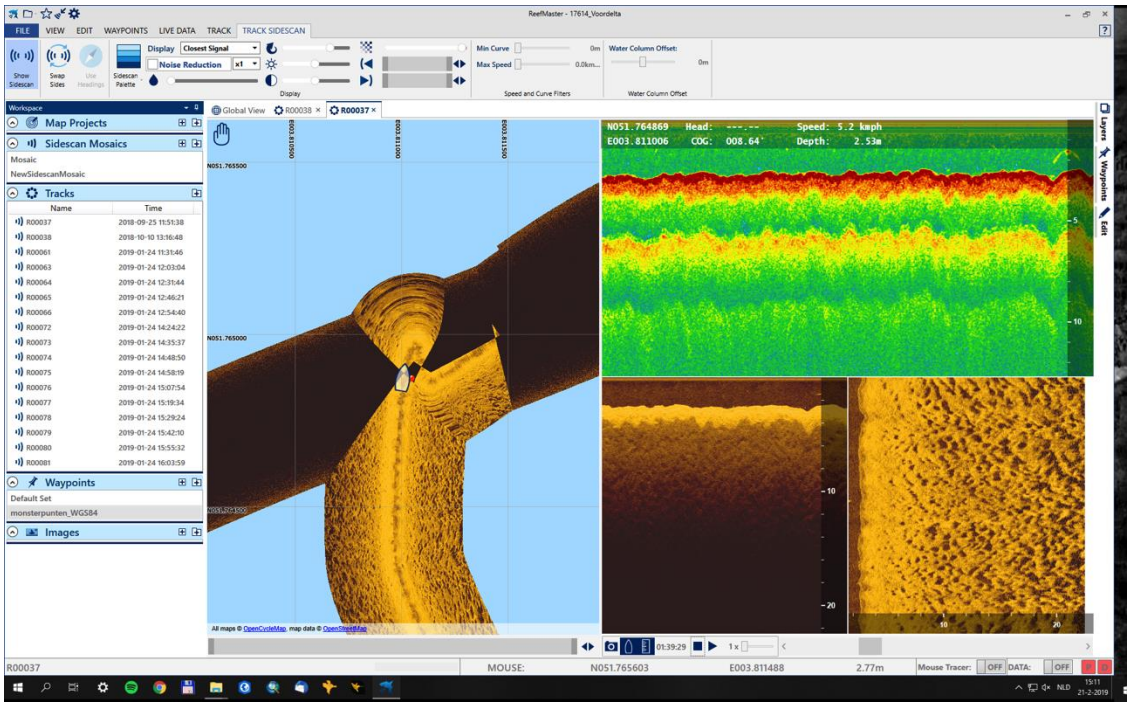


Figuur A2. Dropcam opnames Lanice-rif, locatie 45, met brokkelster (Ophiothrix fragilis) en deels lege kokers van schelpkokerworm (25 september 2018). De afstand tussen de twee laserstralen is 40 cm.

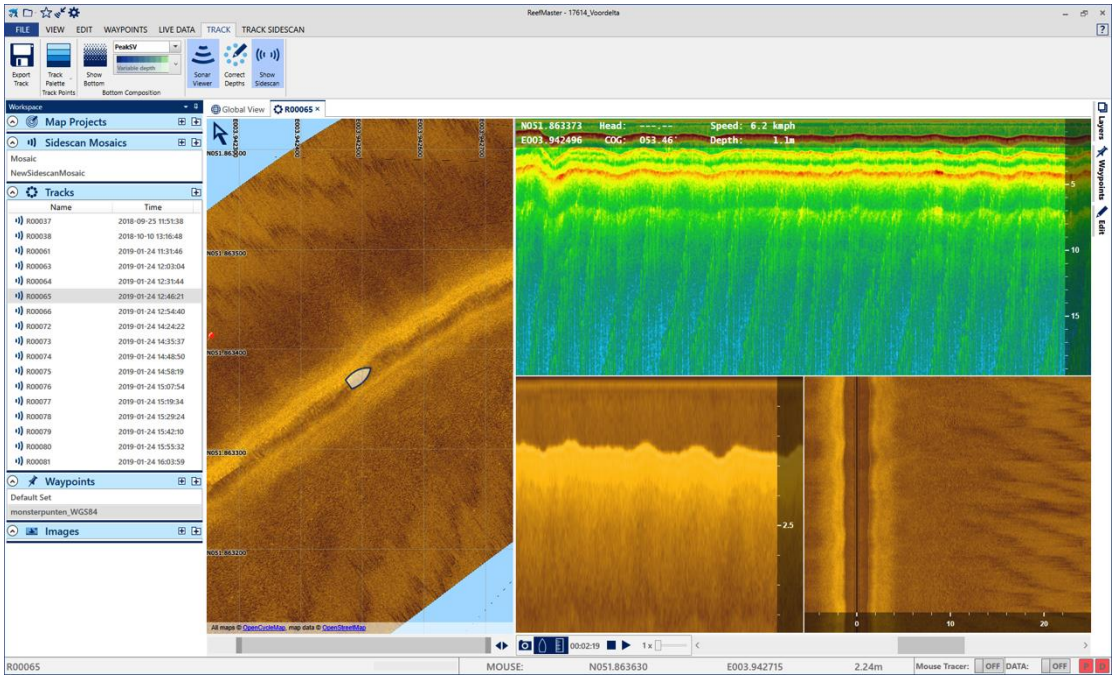


Figuur B5. Dropcam opnames van Lanice-rif op locatie 97 met uitsluitend levende en intacte schelpkokerwormen (25 september 2018)

Bijlage 2 Side-scan sonar beelden



Figuur A4. Side-scan sonar beelden van Lanice-rif op locatie 45 (25 september 2018).



Figuur A5. Side-scan sonar beelden van gebied zonder biogene structuur (locatie 21, 24 januari 2019)

Bijlage 3 Soortenlijst Blokkendam Schelpdierbank

(Bron: Didderen et al., 2019; Gmelig Meyling & Ploegaert, 2019; Stichting Anemoon).

Groep	Phyllum/klasse	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	NL naam
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Aglaothamnion tenuissimum*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Antithamnionella spirographidis*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Caulacanthus okamurae*		Puntig korstmoswier
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Ceramium cimbricum*		Ceramium cimbricum
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Ceramium virgatum*		Rood hoorntjeswier
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Chondrus crispus*	Irish moss	Iers mos
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Cryptopleura sp.*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Dasysiphonia japonica*		Veelvertakt pluimwier
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Erythrotrichia carnea*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Gracilariopsis longissima*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Griffithsia devoniensis*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Hypoglossum hypoglossoides*		Tongwier
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Mastocarpus stellatus*		Kernwier
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Melanothamnus harveyi*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Nitophyllum stellato-corticum*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Vertebrata fucoides*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Polysiphonia senticulosa*		
Roodwieren	1. Rhodophyta	*Pterothamnion plumula*		
Groenwieren	2. Chlorophyta	*Bryopsis hypnoides*		Warrig vederwier
Groenwieren	2. Chlorophyta	*Bryopsis plumosa*		Vederwier
Groenwieren	2. Chlorophyta	*Derbesia marina*		
Groenwieren	2. Chlorophyta	*Ulva australis*		Geperforeerde zeesla
Bruinwieren	3. Ochrophyta	*Dictyota dichotoma*		Gaffelwier
Bruinwieren	3. Ochrophyta	*Sargassum muticum*	Wireweed	Japans bessenwier
Bruinwieren	3. Ochrophyta	*Undaria pinnatifida*	Wakame	Wakame
Bruinwieren	3. Phaeophyta	*Fucus spiralis*	Spiral wrack	Kleine zee-eik

Groep	Phyllum/klasse	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	NL naam
Sponzen	01. Porifera	*Celtodoryx ciocalyptoides*		Gele wratspons
Sponzen	01. Porifera	*Cliona celata*	Yellow boring sponge	Boorspons
Sponzen	01. Porifera	*Halichondria bowerbanki*	Bowerbank's horny sponge	Sliertige broodspons
Sponzen	01. Porifera	*Halichondria panicea*	Breadcrumb sponge	Gewone broodspons
Sponzen	01. Porifera	*Haliclona (Haliclona) oculata*	Mermaid's glove horny sponge	Geweispons
Sponzen	01. Porifera	*Haliclona (Soestella) xena*		Paarse buisjesspons
Sponzen	01. Porifera	*Halisarca dujardinii*	Soft horny sponge	Weke balletjesspons
Sponzen	01. Porifera	*Hymeniacidon perlevis*	Crumb-of-bread sponge	Bleke piekjesspons
Sponzen	01. Porifera	*Leucosolenia variabilis*	Calcareous tube-sponge	Gewone buisjesspons
Sponzen	01. Porifera	*Mycale (Carmia) micracanthoxea*		Ruwe aderspons
Sponzen	01. Porifera	*Protosuberites denhartogi*		Oranje korstspons
Ribkwallen	02. Ctenophora	*Beroe gracilis*		Meloenkwal
Ribkwallen	02. Ctenophora	*Mnemiopsis leidyi*	Sea walnut	Amerikaanse ribkwal
Ribkwallen	02. Ctenophora	*Pleurobrachia pileus*	Sea gooseberry	Zeedruif
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Aequorea vitrina*		Lampenkapje
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Halecium halecinum*	Herring-bone hydroid	Haringgraat
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Hydractinia echinata*	Snail fur	Ruwe zeerasp
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Kirchenpaueria sp.*		
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Sarsia tubulosa*		Klepelklokje
Hydroidpoliepen	03. Cnidaria	*Tubularia indivisa*	Oaten pipes hydroid	Penneschaft
Kwallen	03. Cnidaria	*Aurelia aurita*	Moon jellyfish	Oorkwal
Kwallen	03. Cnidaria	*Rhizostoma octopus*		Zeepaddestoel
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Actinia equina*	Beadlet anemone	Rode paardenanemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Anemonia viridis*	Snackelocks anemone	Wasroos
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Cerianthus lloydii*	Lesser cylinder anemone	Viltkokeranemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Diadumene cincta*	Orange anemone	Golfbrekeranemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Diadumene lineata*	Green anemone	Groene golfbrekeranemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Metridium senile*	Plumose anemone	Zeeanjelier
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Sagartia elegans*	Elegant anemone	Sierlijke slibanemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Sagartia troglodytes*	Mud sagartia	Gewone slibanemoon
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Sagartiogeton undatus*	Small snakelocks anemone	Weduweroos
Zeeanemonen	03. Cnidaria	*Urticina felina*	Dahlia anemone	Zeedahlia
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Anguinella palmata*		Slangmosdiertje
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Conopeum reticulum*		Zeevitrage
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Crisularia plumosa*		Spiraalmosdiertje
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Schizomavella (Schizomavella) linearis*		Empingmosdiertje
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Schizoporella cf unicornis*		
Mosdiertjes	09. Bryozoa	*Tricellaria inopinata*		Onver wachts mosdiertje

Groep	Phyllum/klasse	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	NL naam
Snoerwormen	11. Nemerta	*Lineus longissimus*	Bootlace worm	Reuzensnoerworm
Borstelwormen	12. Annelida	*Arenicola marina*	Lug worm	Zeepier
Borstelwormen	12. Annelida	*Lanice conchilega*	Sand mason worm	Schelpkokerworm
Borstelwormen	12. Annelida	*Neoamphitrite figulus*		Slijmkokerworm
Borstelwormen	12. Annelida	*Phoronis hippocrepia*		Kleine hoefijzerworm
Borstelwormen	12. Annelida	*Pseudopolydora pulchra*		
Borstelwormen	12. Annelida	*Sabella pavonina*	Peacock worm	Waaierkokerworm
Huisjeslakken	13. Mollusca	*Buccinum undatum*	Common whelk	Wulk
Huisjeslakken	13. Mollusca	*Crepidula fornicata*	Slipper limpet	Muiltje
Huisjeslakken	13. Mollusca	*Elysia viridis*	Sap-sucking slug	Groene wierslak
Huisjeslakken	13. Mollusca	*Tritia nitidus*		Grofgeribde fuikhoren
Huisjeslakken	13. Mollusca	*Tritia reticulatus*		Gevlochten fuikhoren
Zeenaaktslakken	13. Mollusca	*Aeolidia papillosa*	Common grey sea slug	Grote vlokslak
Zeenaaktslakken	13. Mollusca	*Goniodoris castanea*		Bruine plooislak
Zeenaaktslakken	13. Mollusca	*Hermaea bifida*		Slanke rolsprietslak
Zeenaaktslakken	13. Mollusca	*Palio nothus*		Groene mosdierslak
Zeenaaktslakken	13. Mollusca	*Thecacera pennigera*	Winged thecacera	Gestippelde mosdierslak
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Acanthocardia echinata*	Prickly cockle	Gedoornde hartschelp
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Acanthocardia paucicostata*		Tere hartschelp
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Cerastoderma edule*	Common cockle	Kokkel
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Magallana gigas*	Pacific oyster	Japanse oester
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Ensis directus*		Amerikaanse zwaardschede
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Mya arenaria*	Sand gaper	Strandgaper
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Mytilus edulis*	Blue mussel	Gewone mossel
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Ostrea edulis*	European flat oyster	Platte oester
Tweekleppigen	13. Mollusca	*Venerupis corrugata*	Pullet carpet shell	Gewone tapijtschelp
Keverslakken	13. Mollusca	*Lepidochitona cinerea*	Grey chiton	Asgrauwe keverslak

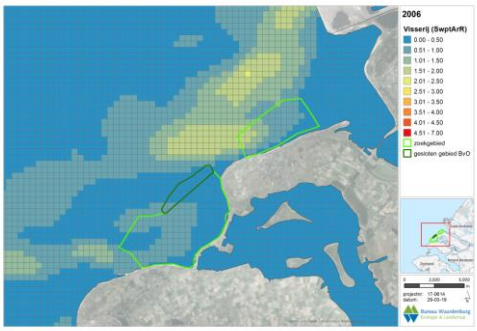
Groep	Phyllum/klasse	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	NL naam
Aasgarnalen	17. Arthropoda	*Praunus flexuosus*	Chameleon shrimp	Geknikte aasgarnaal
Krabben	17. Arthropoda	*Cancer pagurus*	Edible crab	Noordzeekrab
Krabben	17. Arthropoda	*Carcinus maenas*	Common shore crab	Strandkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Hemigrapsus sanguineus*	Pacific crab	Blaasjeskrab
Krabben	17. Arthropoda	*Hemigrapsus takanoi*	Japanese crab	Penseelkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Hyas araneus*	Great spider crab	Gewone spinkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Inachus phalangium*	Leach's spider crab	Gladde sponspootkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Liocarcinus depurator*	Harbour crab	Blauwpootzwemkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Liocarcinus holsatus*	Flying crab	Gewone zwemkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Liocarcinus navigator*	Arch-fronted swimming crab	Gewimperde zwemkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Macropodia rostrata*	Long-legged spider crab	Gewone hooiwagenkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Necora puber*	Velvet swimming crab	Fluwelen zwemkrab
Krabben	17. Arthropoda	*Pilumnus hirtellus*	Hairy crab	Ruig krabbetje
Krabben	17. Arthropoda	*Pisidia longicornis*	Long-clawed porcelain crab	Glad porseleinkrabbetje
Zeepokken	17. Arthropoda	*Sessilia*	Barnacles	Zeepokken
Eenoogkreeftjes	17. Arthropoda	*Mytilicola intestinalis*	Red worm disease	
Garnalen	17. Arthropoda	*Athanas nitescens*	Hooded shrimp	Kreeftgarnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Crangon crangon*	Common shrimp	Gewone garnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Hippolyte varians*		Veranderlijke steurgarnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Palaemon adspersus*	Baltic prawn	Roodsprietgarnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Palaemon elegans*	Grass prawn	Sierlijke steurgarnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Palaemon macrodactylus*	Oriental shrimp	Rugstreep-steurgarnaal
Garnalen	17. Arthropoda	*Palaemon serratus*	Common prawn	Gezaagde steurgarnaal
Heremietkreeften	17. Arthropoda	*Pagurus bernhardus*	Common hermit crab	Grote heremietkreeft
Kreeften	17. Arthropoda	*Homarus gammarus*	European lobster	Europese zeekreeft
Porseleinkrabben	17. Arthropoda	*Porcellana platycheles*	Great-clawed crab	Harig porseleinkrabje
Pissebedden	17. Isopoda	*Idotea granulosa*		
Stekelhuidigen	18. Echinodermata	*Amphipholis squamata*	Dwarf brittle star	Levendbarende slangster
Stekelhuidigen	18. Echinodermata	*Asterias rubens*	Common starfish	Gewone zeester
Stekelhuidigen	18. Echinodermata	*Ophiothrix fragilis*	Common brittle star	Brokkelster
Stekelhuidigen	18. Echinodermata	*Psammechinus miliaris*	Shore sea urchin	Gewone zeeappel

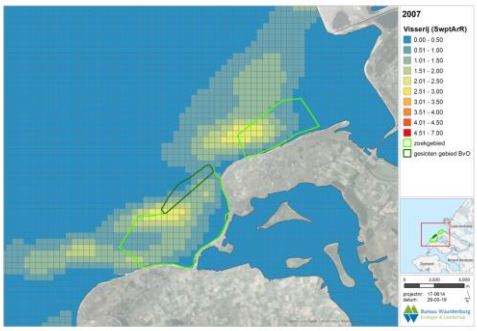
Groep	Phyllum/klasse	Wetenschappelijke naam	Engelse naam	NL naam
Roggen en haaien	20. Chordata	*Raja clavata*	Thornback ray	Stekelrog
Vissen	20. Chordata	*Aphia minuta*	Transparent goby	Glasgrondel
Vissen	20. Chordata	*Atherina boyeri*	Big-scale sand-smelt	Kleine koornaarvis
Vissen	20. Chordata	*Atherina presbyter*	Sand smelt	Koornaarvis
Vissen	20. Chordata	*Callionymus reticulatus*	Reticulated dragonet	Rasterpitvis
Vissen	20. Chordata	*Dicentrarchus labrax*	Sea bass	Zeebaars
Vissen	20. Chordata	*Entelurus aequoreus*	Snake pipefish	Adderzeenaald
Vissen	20. Chordata	*Gadus morhua*	Cod	Kabeljauw
Vissen	20. Chordata	*Gobius niger*	Black goby	Zwarte grondel
Vissen	20. Chordata	*Gobius paganellus*	Rock goby	Paganel-grondel
Vissen	20. Chordata	*Gobiusculus flavescens*	Two-spotted goby	Blonde grondel
Vissen	20. Chordata	*Myoxocephalus scorpius*	Short-spined sea scorpion	Gewone zeedonderpad
Vissen	20. Chordata	*Parablennius gattorugine*	Tompot blenny	Gehoornde slijmvis
Vissen	20. Chordata	*Pholis gunnellus*	Rock gunnel	Botervis
Vissen	20. Chordata	*Platichthys flesus*	European flounder	Bot
Vissen	20. Chordata	*Pleuronectes platessa*	European plaice	Schol
Vissen	20. Chordata	*Pomatoschistus microps*	Common goby	Brakwatergrondel
Vissen	20. Chordata	*Pomatoschistus minutus*	Sand goby	Dikkopje
Vissen	20. Chordata	*Pomatoschistus pictus*	Painted goby	Kleurige grondel
Vissen	20. Chordata	*Solea solea*	Common sole	Tong
Vissen	20. Chordata	*Symphodus melops*	Corkwing wrasse	Zwartooglipvis
Vissen	20. Chordata	*Syngnathus acus*	Greater pipefish	Grote zeenaald
Vissen	20. Chordata	*Syngnathus rostellatus*	Lesser pipefish	Kleine zeenaald
Vissen	20. Chordata	*Taurulus bubalis*	Longspined bullhead	Groene zeedonderpad
Vissen	20. Chordata	*Trisopterus luscus*	Pouting	Steenbolk
Vissen	20. Chordata	*Zoarces viviparus*	Viviparous blenny	Puitaal
Zakpijpen	20. Chordata	*Aplidium glabrum*		Glanzende bolzakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Ascidiella aspersa*		Ruwe zakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Botrylloides violaceus*	Colonial sea squirt	
Zakpijpen	20. Chordata	*Botryllus schlosseri*	Star squirt	Gesterde geleikorst
Zakpijpen	20. Chordata	*Ciliata mustela*	Five-bearded rockling	Vijfdradige meun
Zakpijpen	20. Chordata	*Ciona intestinalis*	Yellow sea squirt	Doorschijnende zakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Didemnum vexillum*	Carpet sea quirt	Japanse druipzakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Diplosoma listerianum*		Grijze korstzakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Molgula manhattensis*		Europese ronde zakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Perophora japonica*		Japanse zakpijp
Zakpijpen	20. Chordata	*Styela clava*	Rough sea squirt	Knotszakpijp

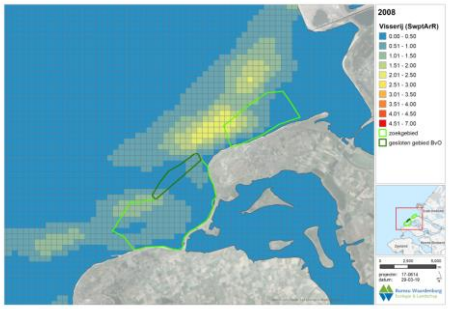
Bijlage 4 Visserij intensiteit 2004-2017

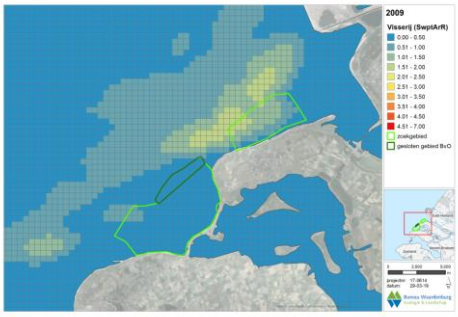


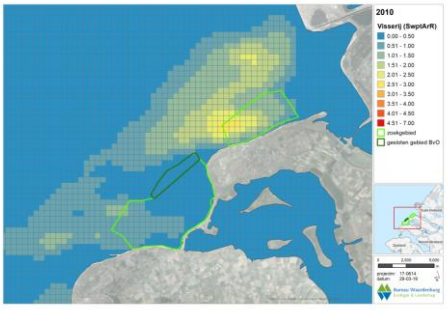


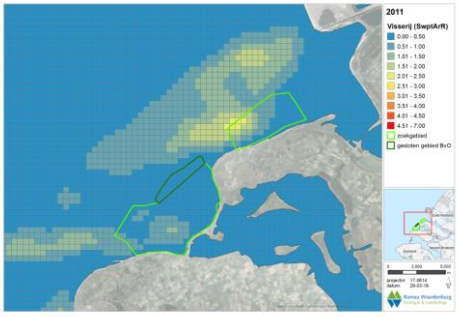


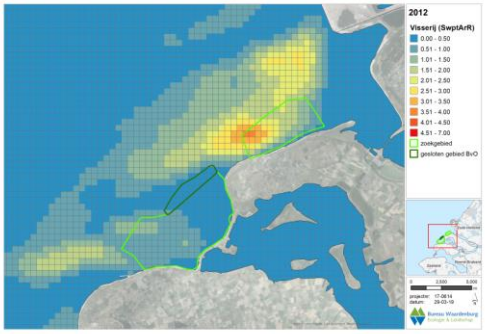


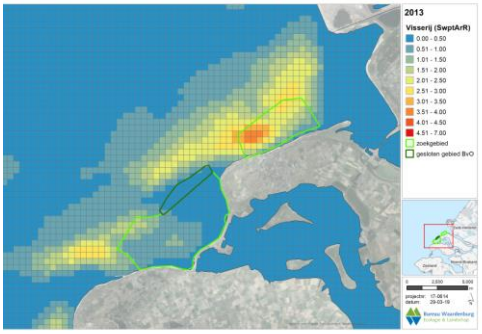


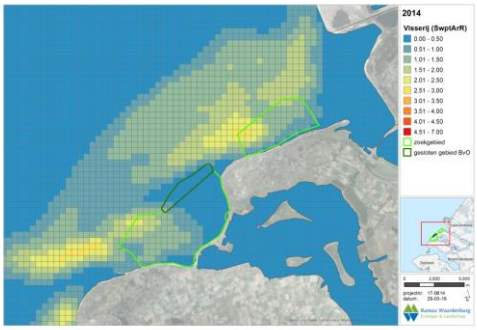


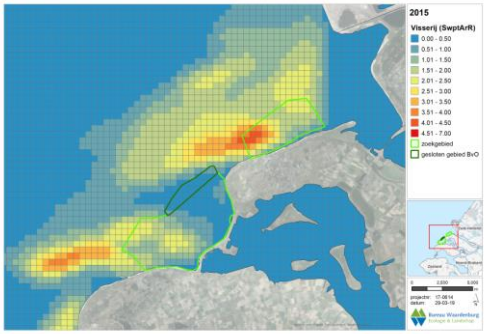


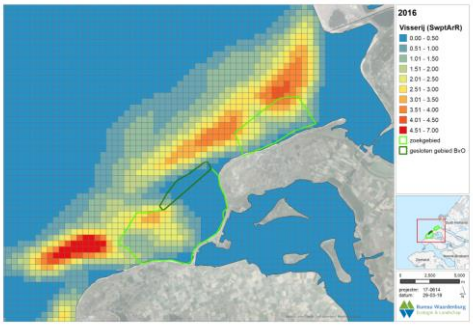


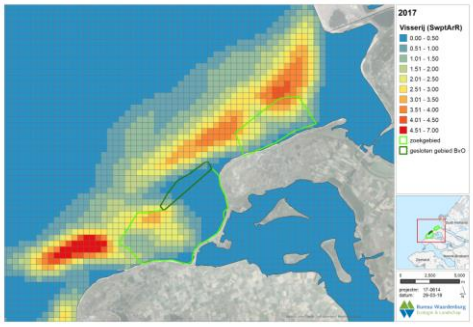

2012
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO


2013
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO


2014
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO


2015
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO


2016
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO


2017
Visserij (SwptArR)
0.00 - 0.50
0.51 - 1.00
1.01 - 1.50
1.51 - 2.00
2.01 - 2.50
2.51 - 3.00
3.01 - 3.50
3.51 - 4.00
4.01 - 4.50
4.51 - 7.00
zoekgebied
gesloten gebied BvO