



Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij

Een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan commercieel interessante soorten

Auteur(s): Lisanne van den Bogaart, Jan Tjalling van der Wal, Linda Tonk, Oscar Bos, Joop Coolen, Marnix Poelman, Sophie Vergouwen, Luca van Duren, Henrice Janssen en Klaas Timmermans

Wageningen University &
Research rapport C127/19A

Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij

Een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan commercieel interessante soorten

Auteurs: Lisanne van den Bogaart; Jan Tjalling van der Wal; Linda Tonk; Oscar Bos; Joop Coolen; Marnix Poelman; met bijdragen van Sophie Vergouwen 2), Luca van Duren 2), Henrice Janssen 1) en Klaas Timmermans 3)

1) Wageningen Marine Research, 2) Deltares, 3) NIOZ

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-023.03-005) met bijdrage uit het Kennisbasis programma Circulair en Klimaat Neutraal (projectnummer KB-34-2C4).

Wageningen Marine Research
Yerseke, Februari 2020

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C127/19A

Keywords: multi-use, windmolenpark, voedselproductie

Opdrachtgever: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
T.a.v.: Dr. E. Knegtering
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

BAS code BO-43-023.03-005

Dit rapport is kosteloos te downloaden van <https://doi.org/10.18174/509196>
Wageningen Marine Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door Dr. M.C.Th.
Scholten, Algemeen directeur

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

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

A_4_3_1 V29 (2019)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Vraagstelling	7
2 Methoden en Resultaten	8
2.1 Geanalyseerde windenergie-op-zee-locaties	8
2.2 Vissen, weekdieren en schaaldieren in surveys	12
2.3 Vangbaarheid soorten in surveys	14
2.4 Draagkracht voor zeewier	15
2.4.1 Aannames voor beschikbaarheid van nutriënten voor zeewier	15
2.4.2 Rekenvoorbeeld (op basis van stikstof)	16
2.4.3 Kansrijkheid kweek van zeewieren in windparken	18
2.5 Weekdieren: schelpdieren	25
2.5.1 Mossel (<i>Mytilus edulis</i>)	25
2.5.2 Platte oester (<i>Ostrea edulis</i>)	36
2.6 Weekdieren: inktvissen	38
2.6.1 Zeekat (<i>Sepia officinalis</i>)	38
2.6.2 Dwergpijlinktvis (<i>Alloteuthis subulata</i>)	38
2.6.3 Gewone pijlinktvis (<i>Loligo vulgaris</i>)	40
2.7 Vissen	45
2.8 Schaaldieren	46
2.8.1 Noordzeekrab (<i>Cancer pagurus</i>)	47
2.8.2 Europese zee kreeft (<i>Hommarus gammarus</i>)	48
2.8.3 Fluwelen zwemkrab (<i>Necora puber</i>)	49
2.8.4 Spinkrabben (<i>Maja squinado</i> en <i>Maja brachydactyla</i>)	52
3 Conclusies en discussie	56
4 Aanbevelingen	61
5 Kwaliteitsborging	62
Literatuur	63

Samenvatting

In de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) zijn windparken gepland op diverse locaties. Door de windparken ontstaan nieuwe kansen voor multifunctioneel gebruik zoals maricultuur en niet-bodemberoerende visserij met passieve vistuigen. Deze studie brengt de potentiële - kwantitatieve - productiviteit van het kweken of vissen (passief vistuig) binnen bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee in kaart voor een aantal vormen van medegebruik; kweek van bepaalde soorten zeewier en schelpdieren en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen. Dit project is een vervolg op een voorgaand project waarbij een kwalitatieve beoordeling gegeven is van de kansrijkheid van de gebieden. In de huidige studie is voor een selectie van kansrijke soorten een berekening voor oogst of productie uitgevoerd. Daarnaast is dit rapport bedoeld om op basis van de huidige stand van kennis een inschatting te geven van de orde van grootte van het ruimtebeslag van zeewierproductie binnen toekomstige windparken. Met een aantal berekeningen wordt inzicht gegeven in de orde van grootte van opbrengsten, beschikbare/benodigde oppervlakten en benodigde nutriënten in de Noordzee. Op basis van deze analyse lijkt een areaal van enkele honderden km² zeewierproductie realistisch, hierbij is uitgegaan van een grove indicatieve berekening, met diverse aannames. Op basis van de beschikbare voedingsstoffen voor mosselen zou tussen ca. 50 en 100 ton drooggewicht mosselen per km² per jaar kunnen worden geproduceerd, waarbij de bronnen van onzekerheid in acht genomen dienen te worden.

Om een indruk te krijgen van het (relatieve) voorkomen van vissen, weekdieren en schaaldieren is gebruik gemaakt van VMS- en logboekgegevens samen met gegevens van twee jaarlijkse surveys (BTS en IBTS). Het is echter niet mogelijk gebleken om voor alle geselecteerde soorten een kwantitatieve inschatting te maken, aangezien er nog weinig bekend is over ruimtelijke verdeling van deze soorten. Daarom is voor deze soorten een overzicht gegeven van wat er in de literatuur over bekend is.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het kabinet-Rutte III wil 4 miljoen ton extra CO₂-reductie realiseren via windenergie bovenop de reductieopgave uit het Energieakkoord (Sociaal-Economische Raad, 2013). Inmiddels is daartoe een routekaart Windenergie op Zee (WoZ) tot 2030 uitgebracht (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018). Dat zal in elk geval de locaties Hollandse Kust (west), IJmuiden Ver en resterende kavels van Ten noorden van de Waddeneilanden betreffen, terwijl in de loop van 2019 of 2020 waarschijnlijk nog andere (zoek)locaties in de Nederlandse Exclusieve Economische Zone (EEZ) in beeld zullen komen. Dit betekent dat er een forse ruimteclaim van de energiesector in de Noordzee ligt. Dit heeft gevolgen voor de Noordzee als bron van voedsel (positief dan wel negatief) en daarmee de rol van de Noordzee o.a. in de context van een groeiende bevolking en voedselzekerheid. Enerzijds zal de aanleg van windparken de mogelijkheden voor de sleepnetvisserij (doorvaart, vissen) beperken, waardoor gezocht moet worden naar andere visgronden. De ruimte voor sleepnetvisserij zal hiermee concentreren, krimpen en/of verplaatsen. Anderzijds ontstaan door de windparken nieuwe kansen voor multifunctioneel gebruik door de ontwikkeling van maricultuur (i.e. schelpdier- en zeewierteelt), niet-bodemberoerende visserij met passieve vistuigen (o.a. staand want, *longlines*, fuiken, handlijn) en mogelijk nieuwe visserijtechnieken. Hierbij worden integraties van functies en ruimtes verwacht.

Dit project is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema Natuurinclusieve Energie. Dit project brengt de potentiële productiviteit van het kweken of vissen (passief vistuig) van bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee in kaart voor een aantal vormen van medegebruik; kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen. Na een kwalitatieve beoordeling van geschiktheid welke reeds in Van den Bogaart et al. (2019) is gemaakt, wordt in het huidige onderzoek een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan soorten gegeven. De selectie van soorten is gebaseerd op Van den Bogaart et al. (2019), aangevuld met soorten die vanuit het ministerie van LNV en diverse kanalen zijn geopperd. Voorliggend rapport is daarnaast bedoeld om op basis van de huidige stand van kennis een inschatting te geven van de orde van grootte van het ruimtebeslag van zeewierproductie binnen toekomstige windparken (uitgaande van de vijf genoemde soorten in Van den Bogaart et al. (2019)). Dat leidt tot een inschatting van de draagkracht van de Noordzee voor de teelt van zeewier. Dit rapport gaat vooralsnog uit van productie van zeewier zonder precisiebemesting. Uiteraard zal zowel de totale potentiële opbrengst van de Noordzee, als ook de potentiële opbrengst per hectare productie veel groter zijn als gebruik gemaakt wordt van lokale, gecontroleerde en selectieve bemesting. Op dit moment is precisiebemesting waarbij gegarandeerd de nutriënten alleen lokaal worden opgenomen door zeewier, zonder risico op eutrofiëring van de omgeving wetenschappelijk wel denkbaar, maar ontbreekt teelt-technische expertise om dit te realiseren. Daarmee is bemesting met de huidige stand van techniek niet wenselijk. Dat kan in de toekomst veranderen.

In het kader van eerste vastgelegde beleidskeuzen over doorvaart en medegebruik (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015) en het nog lopende traject Strategische Agenda Noordzee 2030, is het van belang inzicht te hebben in de relatieve geschiktheid van (potentiële) WoZ-locaties voor bepaalde vormen van medegebruik in relatie tot voedselvoorziening. In het bijzonder met betrekking tot de kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en tot niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen.

1.2 Probleemstelling

Om aan de klimaatdoelstellingen te kunnen voldoen, zal de komende decennia een grote uitbreiding plaatsvinden van windparken op zee. Tot 2030 is het streven om op het NCP in totaal 11.5 GW aan windparken te plaatsen in de aangewezen gebieden (ruim 3,000 km²) (Routekaart windenergie op zee 2030). Op de langere termijn (2050) is het vooruitzicht dat tot 25% van de Nederlandse Noordzee gereserveerd wordt voor windenergie (Matthijssen et al., 2018). Dit is ongeveer 14,000 km². Aandacht voor medegebruik van windenergielocaties neemt sterk toe. Verschillende trajecten hebben aandacht besteed aan de mogelijkheden voor meervoudig ruimtegebruik in relatie tot voedselvoorziening. Deze mogelijkheden worden inmiddels in verschillende stadia van ontwikkeling zichtbaar. Van den Bogaart et al. (2019) hebben reeds kwalitatief, met de focus op biologische randvoorwaarden, beoordeeld welke locaties potentie hebben om op verantwoorde wijze aan de voedselvoorziening vanuit zee te kunnen bijdragen aan de teelt of vangst van een aantal (potentieel) commercieel interessante soorten zeewier, weekdieren, vissen en schaaldieren, onder meer ook met het oog op de sterk groeiende wereldbevolking. Het ontbreekt echter aan informatie die de potenties van voedselproductie in de verschillende windparklocaties (zowel bestaande, geplande als potentiële locaties) weergeven. Deze informatie is van belang om de kansrijkheid van voedselproductie mee te nemen in het (ruimtelijk) Noordzeebeleid in het bijzonder in relatie tot windenergielocaties. Dit zijn nieuwe functies die aan de betreffende gebieden toebedeeld worden, waarvoor een kwantitatieve beoordeling gemaakt wordt over welke windparken het meest geschikt zijn voor de daadwerkelijke voedselproductie van verschillende kansrijke soorten.

Eén van de resultaten van het klimaatakkoord is de integrale kennis- en innovatieagenda voor klimaat en energie "innoveren met een missie" die in maart 2019 is verschenen (Taakgroep Innovatie, 2019). Daarin is het ontwikkelen van 14,000 km² "Blauwe Ruimte" voor zeewierproductie (in combinatie met natuur) expliciet benoemd. Daarnaast heeft het rijk in relatie tot zeewier onder meer aangegeven de komende jaren "substantiële impulsen" te willen geven aan de uitvoering van de zogeheten voedselagenda door onder meer samen met bedrijfsleven en kennisinstututen de kansen en mogelijkheden van nieuwe eiwitbronnen te stimuleren en de innovatiekracht op het terrein van duurzame eiwitproducten uit onder meer zeewier te "versterken" (via kennis- en innovatiebeleid en ondersteuning van de *Green Protein Alliance*) (Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van VWS, 2016). Verder geeft de zogeheten Transitieagenda biomassa en voedsel (Anonymus, 2018; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018) onder meer aan dat de overheid de ontwikkeling stimuleert van niet-grondgebonden biomassa, zoals zeewieren en dat de "actielijn" eiwittransitie inzet op de verbinding – van verschillende initiatieven met elk hun focus in de eiwitketen, van primaire productie tot consumptie - via onder meer ontwikkeling, opschaling en vermarkting van circulaire (plantaardige en dierlijke) eiwitproposities. Daarbij dient er aandacht te zijn voor de gehele keten, van teelt tot en met consumptie en waarbij bijvoorbeeld onder meer wordt gedacht aan zeewier.

In dit rapport worden de kwantitatieve potenties van windenergie-op-zee-locaties verkend voor de teelt of vangst van zeewier, schelpdieren, inktvissen, vissen en schaaldieren. Voor zeewier in het bijzonder wordt daarbij tevens ingegaan op de vraag of 14,000 km² zeewierproductie op de Noordzee een realistische opdracht kan zijn, wanneer geen rekening wordt gehouden met innovaties in productiesystemen en oog voor effecten op het functioneren van het ecosysteem. Zowel voor de zeewiersector zelf, als voor een verantwoord, duurzaam gebruik van het ecosysteem is het goed om de verschillende randvoorwaarden zo vroeg mogelijk in beeld te hebben. Op dit moment ontbreekt het nog aan kennis en modelsystemen om gedetailleerd inzicht te kunnen geven in de gevolgen van verschillende productiescenario's. Echter, een aantal relatief eenvoudige eerste-orde-berekeningen kan wel inzicht geven in de orde van grootte van opbrengsten, beschikbare/benodigde oppervlakten en benodigde nutriënten in de Noordzee. Deze berekeningen worden in dit rapport uitgewerkt.

1.3 Vraagstelling

De relatieve abiotische en biotische geschiktheid van bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee zijn reeds door Van den Bogaart et al. (2019) in kaart gebracht voor een aantal vormen van medegebruik met betrekking tot de kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen. De analyses betroffen de volgende soorten: "zeewier" (i.e.: de volgende vijf soorten als groep: blaaswier (*Fucus vesiculosus*), dulze (*Palmaria palmata*), knotswier (*Ascophyllum nodosum*), suikerwier (*Saccharina latissima*), vingerwier (*Laminaria digitata*)), mossel (*Mytilus edulis*), platte oester (*Ostrea edulis*), zeekat (*Sepia officinalis*), schol (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*), kabeljauw (*Gadus morhua*), zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) en "Noordzeekreeft" (*Homarus gammarus* L.) (huidige voorkeursnaam: "Europese zee-kreeft" (Nederlands Soortenregister, 2019)). Dit heeft geleid tot een kwalitatieve beoordeling van geschiktheid van windparklocaties voor voedselproductie in relatie tot genoemde soorten. Wegens gebrek aan gegevens werden gewone spinkrab (*Hyas araneus*) en rode spinkrab (*Hyas coarctatus*) niet meegenomen in de analyses.

In voorliggend rapport worden, in aanvulling op Van den Bogaart et al. (2019), ook kwalitatieve beoordelingen gedaan voor de volgende soorten of soortgroepen: gewone pijlinktvis (*Loligo vulgaris*), dwergpijlinktvis (*Alloteuthis subulata*), fluwelen zwemkrab (*Necora puber*), en spinkrabben (*Maja squinado* en *Maja brachydactyla*). Reden hiervoor is dat deze soorten mogelijk commercieel interessant zijn. Het huidige project brengt daarnaast de potentiële - kwantitatieve - productiviteit van het kweken of vissen (passief vistuig) binnen bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee in kaart voor een aantal vormen van medegebruik. Hierbij wordt een eerste kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van bovengenoemde soorten gegeven voor zover de beschikbare gegevens dat toelieten.

Het beoordelen van de technische mogelijkheden om in de kansrijke gebieden zeewier-, of schaal- of schelpdieren te produceren of met passieve vistuigen krabben, kreeft, zeebaars, kabeljauw, schol, tong en/of inktvissen te vangen, valt buiten de scope van dit project.

2 Methoden en Resultaten

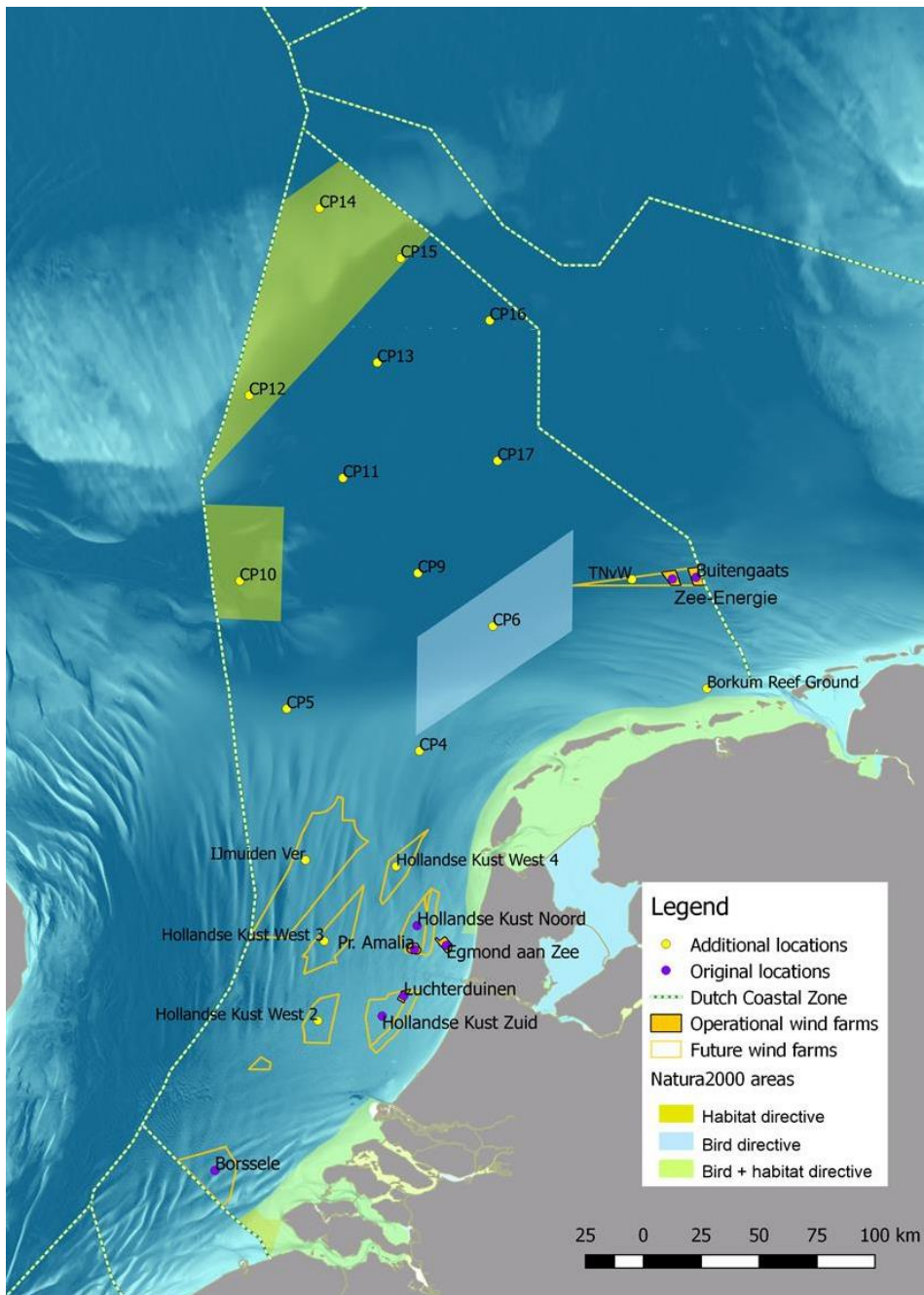
In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de wijze waarop de kansencarten voor de verschillende soorten tot stand zijn gekomen. Hierbij is integraal de gehanteerde methode per soort beschreven. Daarnaast is de ecologische draagkracht (methodisch en beschrijvend) voor zeewierkweek in de Noordzee expliciet meegenomen. De soorten zijn gebaseerd op de kennisvragen van het ministerie van LNV t.b.v. het eerder gedane onderzoek door Van den Bogaart et al. (2019).

Gehanteerde terminologie:

- Weekdieren: hierin zijn klassen opgenomen uit het fylum Mollusca: daartoe behoren onder meer soorten van de klassen tweekleppigen (Bivalvia; zie hieronder) en koptotigen (Cephalopoda; bijv. zee kat, gewone pijlinktvis).
- Schelpdieren: hiermee wordt bedoeld op de klasse tweekleppigen (Bivalvia; bijv. mossel, platte oester).
- Schaaldieren: hiermee wordt bedoeld op het subfylum kreeftachtigen (Crustacea): een groep binnen het fylum geleedpotigen (Arthropoda); tot de kreeftachtigen behoren onder meer soorten van de klasse echte kreeftachtigen (Malacostraca), bijv. Noordzeekrab en Europese zee kreeft.

2.1 Geanalyseerde windenergie-op-zee-locaties

In dit onderzoek is de kwantitatieve geschiktheid onderzocht voor de kweek of vangst van genoemde soorten of soortgroepen van bestaande, geplande en potentiële (fictieve) windenergie-op-zee-locaties. Deze zijn conform de beschouwing van mogelijkheden voor platteoesterintroducties in windenergie-op-zee-locaties door Kamermans et al. (2018), met uitzondering van het door Kamermans et al. (2018) ook geanalyseerde gebied de Borkumse Stenen (dit is geen windenergie-op-zee-locatie) (zie Figuur 1). Voor deze locaties is tevens de geschiktheid voor meervoudig ruimtegebruik voor een aantal vormen van medegebruik met betrekking tot de kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten schaaldieren en weekdieren uitgevoerd (Van den Bogaart et al., 2019). De resultaten van die studie zijn weergegeven in Tabel 1.



Figuur 1: de in dit onderzoek geanalyseerde bestaande, geplande en potentiële (fictieve) windenergie-op-zee-locaties (uit Kamermans et al. (2018)). Toelichting: "Hollandse Kust West 2" = "Hollandse Kust (zuidwest)"; "Hollandse Kust West 3" = "Hollandse Kust (west)"; "Hollandse Kust West 4" = "Hollandse Kust (noordwest)"; Borkum Reef Ground (Borkumse Stenen) is geen windenergie-op-zee-locatie en niet meegenomen in voorliggend onderzoek.

Tabel 1: relatieve abiotische en biotische geschiktheid van bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee voor een aantal vormen van medegebruik met betrekking tot de kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en de niet-bodem beroerende vangst van bepaalde soorten schaaldieren en weekdieren (naar Van den Bogaart et al., 2019). Hierbij zijn de databronnen opgenomen.

Windparklocatie	zeewier (inschatting)	mossel (inschatting)	platte oester (inschatting)	zeekat (aanlanding)	schol (visserijinspanning (BTS))	schol (visserijinspanning (IBTS))	schol (aanlanding)	tong (visserijinspanning (BTS))	tong (visserijinspanning (IBTS))	tong (aanlanding)	kabeljauw (visserijinspanning (BTS))	kabeljauw (visserijinspanning (IBTS))	kabeljauw (aanlanding)	zeebaars (visserijinspanning (BTS))	zeebaars (visserijinspanning (IBTS))	zeebaars (aanlanding)	Noordzeekrab (voorspelling)	Europese zeekreeft (= Noordzeekreeft) (voorspelling)
Bestaande en geplande locaties:																		
Egmond aan Zee	+	++	+	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	1	++	-
Pr. Amalia	+	++	+	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+	-
Luchterduinen	+	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	0	++	0
Buitengaats (Gemini)	0	0	+++	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	++	+
Zee-Energie (Gemini)	0	0	+++	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+++	+++
Borssele	+++	+++	+++	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	1	++	+++
Holl. Kust (zuid)	+++	+	+	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	0	+	-
Holl. Kust (noord)	+	++	+	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+	-
Holl. Kust (zuidwest)	+	++	++	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	1	++	+
Holl. Kust (west)	+	++	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	1	++	+
Holl. Kust (noordwest)	+	0	+	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	0	+	-
IJmuiden Ver	+	0	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	0	+	0
Ten Noorden van de Waddeneilanden (resterend)	0	0	+++	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+	-
Additionele potentiële locaties:																		
CP4	-	0	-	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+	-
CP5	-	-	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	0	0	0	-
CP6	-	0	-	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	+	-
CP9	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	-	-

CP10	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	0	0	0	+
CP11	-	-	-	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	-	-	
CP12	-	-	-	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	NA	0	0	-	-	
CP13	-	-	-	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	NA	0	0	-	-	
CP14	-	-	-	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	+	
CP15	-	-	-	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	NA	0	0	0	+	
CP16	-	-	-	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	NA	0	0	-	-	
CP17	-	0	-	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	-	-	

Noot: potenties op basis van daadwerkelijk vastgestelde aan-/ afwezigheid: geen data in de buurt van deze locatie (NA), afwezig (0), aanwezig (1); potenties op basis van voorspelde gradiënten: best (+++), heel goed (++), goed (+), geschikt (0), minder geschikt (-).

2.2 Vissen, weekdieren en schaaldieren in surveys

Om een indruk te krijgen van het (relatieve) voorkomen van een aantal vissoorten in het Nederlandse EEZ-gebied, worden VMS- (i.e. *Vessel Monitoring through Satellite*) en logboekgegevens van visserijvaartuigen in het gebied geanalyseerd samen met de gegevens van twee jaarlijkse surveys die het gebied bestrijken. Het doel is de ruimtelijke verdeling van de Vangst per Eenheid van Visserijinspanning (CpUE) te schatten op basis van surveydata. De ruimtelijke verdeling van de Aanlanding per Eenheid van Visserijinspanning (LpUE) wordt geschat op basis van VMS- en logboekgegevens van de commerciële visserij. Zowel LpUE als CpUE zijn een maat voor het voorkomen van een soort en de periode in een gebied.

Het Nederlandse VMS-systeem is vanaf 1 januari 2000 in gebruik en wordt beheerd door de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). Een systeem om visserijvaartuigen te volgen via satelliettechnologie vloeit voort uit Europese regelgeving. Een VMS-systeem is verplicht voor alle Europese landen die aan de kust gelegen zijn. De gegevens worden verzameld voor toezicht, opsporing en handhaving maar ze zijn daarnaast bruikbaar voor de analyse van ruimtelijke dynamiek van visserijvloten. Schepen vanaf een lengte van 15 meter zijn sinds 2005 VMS-plichtig en vanaf 2012 zijn schepen groter dan 12 meter aan de VMS-plicht toegevoegd. Iedere twee uur (of een kortere intervaltijd indien dat gewenst is door de inspectiedienst) wordt er een VMS-sigitaal (ping) naar de satelliet gestuurd, waarbij de scheeps-ID, tijdstip, geografische positie, snelheid en richting van het schip wordt opgeslagen. Sinds 2015 is voor een aantal schepen deze intervaltijd verkort naar 30 minuten. Op basis van ID, tijd en positie kunnen VMS-gegevens gekoppeld worden aan logboekregistraties. In logboeken wordt dagelijks bijgehouden wat een visser gevangen heeft gedurende een reis. Naast de vangsthoeveelheden per soort staat in het logboek ook het type tuig, afmetingen en maaswijdte, motorvermogen van het schip en het ICES-kwadrant waar het grootste deel van vangst binnen het etmaal is gerealiseerd. Door een koppeling tussen VMS en logboeken te maken is het mogelijk de bevissingsfrequentie voor een specifiek deel van de Nederlandse vloot te onderzoeken. Of een schip aan het vissen is of niet wordt ingeschat aan de hand van de vaarsnelheid. Alleen die VMS-pings die duiden op vissen worden meegenomen in de analyse. Een gedetailleerde beschrijving van de procedure, met onderliggende aannames, is te vinden in Hintzen et al. (2013). Voor de surveygegevens is gebruik gemaakt van DATRAS. De DATRAS-database (DATabase of TRAWl Surveys) bevat verschillende door ICES gecoördineerde trawl-surveys in onder meer de Noordzee. In deze studie zijn gegevens uit de North Sea International Bottom Trawl Survey (NS-IBTS) (ICES, 2015) en de Beam Trawl Surveys (BTS) (ICES, 2009) gebruikt. North Sea IBTS-gegevens zijn afkomstig van Nederland, Zweden, Denemarken, Noorwegen, Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Duitsland en bestrijken de Noordzee, Het Kanaal en Skagerrak en Kattegat (ICES, 2015). BTS-gegevens zijn afkomstig van Nederland, België, Duitsland, Frankrijk en Verenigd Koninkrijk en bestrijken de Noordzee, Het Kanaal en de Ierse Zee (ICES, 2009). Deze gegevens zijn publiek toegankelijk via: https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx

Zowel de IBTS- als BTS-surveys zijn ingericht om visbestanden te monitoren. Deze surveys zijn ingericht op specifieke tuigen. Op schelpdieren, weekdieren en schaaldieren is de opzet van deze surveys niet afgestemd en dat brengt restricties met zich mee. Bijgevolg geven de lage vangstdichtheden van deze soortgroepen alleen een indicatief beeld. De soorten worden in voorkomende gevallen gesignaleerd, echter een kwantitatieve inschatting kan niet gemaakt worden op basis van deze gegevens. Hiervoor zijn specifieke surveys nodig, die met gebruikmaking van op de doelsoort(en) aangepaste vangsttechnieken een betrouwbaar(der) beeld van de verspreiding in ruimte en tijd geven. Bij gebrek aan zulke specifieke surveys wordt, met in achtname van de beperkingen, gebruik gemaakt van de bovengenoemde surveys.

Voor gewone pijlinktvis (*Loligo vulgaris*) zijn IBTS- en BTS-gegevens gebruikt van het geslacht *Loligo* (die gegevens kunnen zowel *Loligo vulgaris* als *Loligo forbesii* betreffen).

Voor spinkrabben (*Maja squinado* en *Maja brachydactyla*) zijn IBTS- en BTS-gegevens gebruikt van het geslacht *Maja* (die gegevens kunnen zowel *Maja squinado* als *Maja brachydactyla* betreffen).

Voor gewone spinkrab (*Hyas araneus*) en rode spinkrab (*Hyas coarctus*) is gezocht naar IBTS- en BTS-gegevens van het geslacht *Hyas* (die gegevens kunnen zowel *Hyas araneus* als *Hyas coarctus* betreffen). Echter, in de BTS- en IBTS-surveys worden deze soorten zo weinig gevangen, dat er geen bruikbare

gegevens beschikbaar zijn om kwantitatieve inschattingen te maken (zie tevens paragraaf 2.8). Tevens zijn spinkrabben van het geslacht *Hyas* nu niet aangewezen op basis van de Visserijwet 1963 en blijven ze klein waardoor het minder interessante soorten zijn.

Voor fluwelen zwemkrab (*Necora puber*) is uitsluitend gebruik gemaakt van specifieke IBTS-gegevens van deze soort.

2.3 Vangbaarheid soorten in surveys

Voor de nieuwe soorten en soortgroep (gewone pijlinktvis, fluwelen zwemkrab en grote spinkrab) zijn gegevens uit de North Sea International Bottom Trawl Survey (NS-IBTS) (ICES, 2015) en de Beam Trawl Surveys (BTS) (ICES, 2009) gebruikt. De DATRAS (DATAbase of TRAWl Surveys) database bevat verschillende door ICES gecoördineerde trawl-surveys in onder meer de Noordzee. Deze gegevens zijn publiek toegankelijk via:

https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx

Zoals in hoofdstuk 2 Methodes en resultaten al is beschreven, zijn er geen data beschikbaar in de BTS- en IBTS-surveys voor *Hyas* spec. Daarnaast blijven deze soorten klein en zijn mogelijk commercieel minder interessante soorten. Deze zijn derhalve achterwege gelaten voor analyse.

Het tuig dat gebruikt wordt bij deze surveys is belangrijk voor de "vangbaarheid" van de soort. Hiermee wordt bedoeld hoe goed het tuig is afgestemd op het vangen van de betreffende soort. Het gebruikte tuig is bedoeld om vissen te bemonsteren en niet om krabben of inktvissen te bemonsteren. Daarmee geeft het geen volledig beeld van de verspreiding van deze soorten. De kaarten zijn derhalve indicatief voor de verspreiding van de soorten en moeten ook op deze manier geïnterpreteerd worden. Niet voor elke soort(groep) zijn data van de beide surveys beschikbaar (Tabel 2). Dat houdt in dat bijv. tijdens de IBTS geen *Maja* spec. zijn gevangen en dat de vangbaarheid hier dus slecht is. De vangbaarheid van *Loligo* spec. bij de IBTS is redelijk tot goed, aangezien deze soorten in vrijwel alle NCP/ICES-kwadranten zijn aangetroffen (21 van de 27).

Tabel 2: Vangbaarheidgegevens van verschillende soorten voor de BTS- en IBTS-surveys. Indicatief wil zeggen dat de surveydata niet heel geschikt zijn om voorkomenskaarten te maken van de soorten.

Soort(groep)	BTS	IBTS
	Vangbaarheid	
<i>Loligo</i> spec.	Slecht, in 25 van 27 NCP/ICES-blokken, slechts 2 niet nul.	Redelijk tot goed, 27 van 27, waarvan 21 meer dan nul.
<i>Maja</i> spec.	Slecht, in 13 van 27, waarvan slechts 1 niet nul.	Slecht, 27 van 27 doch allemaal nul.
<i>Necora puber</i>	Niet gevangen, 0 van 27 -> geen kaart.	Matig, 26 uit 26, waarvan 6 niet nul.

2.4 Draagkracht voor zeewier

Draagkracht is een complex begrip, dat in verschillende contexten gebruikt wordt en waar vele definities voor gelden (Inglis et al., 2000). In de context van duurzaam beheer wordt draagkracht veelal beschreven als de bestands grootte van een soort zonder dat deze negatieve invloed heeft op het ecosysteem functioneren. In dit rapport wordt draagkracht gedefinieerd als de maximale hoeveelheid nutriënten die opgenomen kan worden door zeewierkweek zonder dat dit negatieve effecten heeft op de totale nutriëntenpool beschikbaar voor de groei van fytoplankton (microalgen). Fytoplankton staat aan de basis van het voedselweb, en over het algemeen geldt 'hoe meer microalgen, hoe meer biomassa van de hogere trofische niveaus kan worden ondersteund'. Deze relaties zijn echter complex waardoor het niet eenvoudig is om de draagkracht voor zeewier direct te vertalen naar draagkracht voor bepaalde vogels of vissen. In deze paragraaf staat daarom de interactie zeewier-nutriënten centraal.

Een essentieel verschil tussen landbouw en aquacultuur is dat water stroomt. Het betekent dat een aquacultuurkweker niet alleen afhankelijk is van wat er lokaal aan nutriëntenconcentratie in het water zit, maar dat er ook voedingsstoffen (nutriënten) van elders worden aangevoerd. Omgekeerd betekent dit ook dat nutriënten die bovenstrooms reeds zijn opgebruikt, niet langer benedenstrooms beschikbaar zijn. Een optimaal kweekstelsel (randvoorwaarde voor een economisch rendabele productie) gaat uit van maximale benutting en hiermee onttrekking van nutriënten uit de omringende omgeving. Dit binnen de *Maximum Sustainable Yield* (Maximaal Duurzame Oogst; i.e.: maximale vangst/oogst die op lange termijn van een bestand genomen kan worden onder de bestaande omstandigheden) van de kweekomgeving.

Uitputting kan op verschillende schalen plaatsvinden. Lokale uitputting kan optreden binnen een grote kwekerij, of een serie aaneengesloten kleinere cultivatieplots. Als aangevoerde nutriënten van buitenaf worden verbruikt binnen een kwekerij, dan zal de opbrengst van kweeklijnen binnen in de kwekerij achterblijven bij de lijnen die aan de randen hangen. Dit is een probleem voor de kweker, maar zolang er niet heel veel kwekerijen zijn hoeft dat niet een probleem te zijn voor de draagkracht van het omringende ecosysteem. Echter, als er op de schaal van de Noordzee een substantieel deel van de nutriënten die het ecosysteem binnenkomen, onttrokken worden door zeewierproductie, dan ontstaat er wel een draagkrachtprobleem.

Studies die gekeken hebben naar de potentiële opbrengst per hectare (Groenendijk et al., 2016; Reith et al., 2005) hebben een schatting van lokale opbrengsten geëxtrapoleerd naar grotere oppervlakten. In deze studies wordt geconcludeerd dat er opbrengsten te halen zijn van 20 ton zeewier droge stof per hectare, zonder bemesting. Hierbij is geen rekening gehouden met onttrekking van nutriënten door zeewierproductie elders in het systeem, noch is rekening gehouden met lokale uitputting. Zonder hier echt met modellen aan te rekenen is het lastig in te schatten wanneer lokale uitputting gaat optreden, maar het is niet onwaarschijnlijk dat bij een aaneengesloten culture van 1 hectare dit fenomeen al kan gaan optreden. Experts van Wageningen Research geven aan dat 10 ton droge stof per hectare waarschijnlijk realistischer is als uitgangswaarde (persoonlijke mededeling Van der Werf, Poelman, Lubsch). In recente studies van Lubsch (2019) en Lubsch en Timmermans (2018; 2019a, b) is voor verschillende Noordzee-zeewiersoorten onderzocht hoe voor stikstof en fosfaat de opnamekinetiek is. Deze resultaten vormen een wetenschappelijk verantwoord uitgangspunt om voor een gegeven de hoeveelheid zeewier, gegeven de hydrodynamische omstandigheden ter plekke, te voorspellen wat de maximaal haalbare opbrengst (en nutriëntonttrekking) zal zijn. Voor een inschatting van de totale draagkracht van de Noordzee kunnen berekeningen gemaakt worden, eveneens gebaseerd op de bovengenoemde beschikbare fysiologische kennis en de hydrodynamische omstandigheden inclusief de hiervoor beschreven opbrengst per hectare.

2.4.1 Aannames voor beschikbaarheid van nutriënten voor zeewier

2.4.1.1 Beschikbare nutriënten voor onttrekking door zeewier

Van alle nutriënten die in de winter in de Noordzee beschikbaar zijn komt ongeveer (van Duren et al., 2019):

- 25% via de Atlantische oceaan binnen
- 25% van antropogene bronnen (via rivieren)

- 50% van interne omzetting (recycling)

Dit betekent dat slechts de helft van de nutriënten elk jaar 'nieuw' de Noordzee in komen. Een duurzame exploitatie kan dus alleen maar op basis van maximaal de helft van de nutriënten, anders wordt de interne voorraad van de Noordzee uitgeput, dat is per definitie niet duurzaam.

2.4.1.2 Acceptabele onttrekking door zeewier

Het zal waarschijnlijk niet acceptabel zijn dat alle binnenkomende nutriënten volledig naar zeewierproductie gaan. Wat waarschijnlijk wel acceptabel is, is een politieke keuze die uiteindelijk genomen zal moeten worden op basis van een inschatting van de effecten van nutriëntenonttrekking op het voedselweb van de Noordzee en daarmee de consequenties voor zowel het natuurlijk ecosysteem als ecosysteemdiensten. Als rekenvoorbeeld zal hier een aanname gedaan worden dat 5% onttrekking van nieuwe nutriënten een aanvaardbaar niveau is. Dit getal is echter volledig arbitrair.

2.4.1.3 Limiterende nutriënten

In het verleden was stikstof op open zee de beperkende nutriënt en was fosfaat meestal in overmaat aanwezig. In de afgelopen decennia is door beleidsmaatregelen de nutriëntenbelasting afgenomen, maar is fosfaat veel sterker afgenomen dan stikstof (Herman et al., 2014). Zeker in de kustgebieden is de verhouding intussen dusdanig veranderd dat in grote delen van het jaar fosfaat de beperkende factor geworden is.

In deze rapportage is een voorbeeldberekening toegevoegd op basis van stikstof als limiterend nutriënt. In de praktijk zal dit sterk afhangen van de locatie.

2.4.1.4 Stoichiometrie

Algen nemen nutriënten in een bepaalde verhouding op uit het water en de biomassa van algen heeft een bepaalde verhouding koolstof : stikstof : fosfaat. Deze verhouding kan verschillen per soort en ook per locatie, afhankelijk van de nutriëntenconcentratie in de omgeving en andere milieufactoren, zoals mechanische belasting. De aannames die men doet t.a.v. stoichiometrie (i.e. balans tussen chemische elementen) van zeewier beïnvloeden de uiteindelijke schattingen van te behalen opbrengst.

2.4.2 Rekenvoorbeeld (op basis van stikstof)

De volgende verschillende berekeningen m.b.t. de draagkracht van de Nederlandse Noordzee voor zeewier *lijken* precies. Er worden getallen weergegeven tot 3 cijfers achter de komma, zodat de berekening navolgbaar is. Zoals aangegeven, zijn er substantiële bronnen van onzekerheid die geleid hebben tot het maken van bepaalde aannames, waardoor deze getallen vooral gezien moeten worden als ordes van grootte.

Genomen kentallen t.a.v. nutriënten zijn op basis van winterconcentraties:

- Gemiddelde concentratie N = 15 $\mu\text{mol/l}$ = 15 mmol/m^3 (van Duren et al., 2019)
- Gemiddelde diepte Nederlandse Noordzee = 25 m
- Geïntegreerd naar oppervlakte = 0.375 mol N/m^2 (375 mmol N/m^2)
- Uitgaande van een evenredige verdeling van nutriënten en productie over het NCP

Aangenomen verhoudingen voor zeewier:

- Verhouding koolstof : stikstof (C:N-ratio) suikerwier is ± 9 (van Duren et al., 2019)
- Verhouding koolstof : drooggewicht (C/DW) ± 0.4 (van Duren et al., 2019)

Uitgaande van een exploitatie met maximaal 50% onttrekking van de jaarlijks beschikbare nutriënten (zie sectie 2.4.1.1) en een N-concentratie van 0.375 mol N/m^2 betekent dat:

- Een maximale nutriëntenopname van $0.5 \cdot 0.375 = 0.1875 \text{ mol N m}^{-2} \text{ jr}^{-1}$ (i.e.: de helft van de totale winterconcentratie)

Uitgaande van de C:N-ratio van 9, wordt dan de hoeveelheid opgenomen koolstof:

- $0.1875 \text{ mol N m}^{-2} \text{ jr}^{-1} \cdot 9 = 1.688 \text{ mol C m}^{-2} \text{ jr}^{-1}$

Uitgaande van de molaire massa van koolstof ($M(C) = 12 \text{ g/mol}$) komt dat neer op het volgende gewicht aan koolstof in gram:

- $1.688 * 12 = 20.26 \text{ g C m}^{-2} \text{ jr}^{-1}$

Uitgaande van de verhouding koolstof : drooggewicht van 0.4, komt dat neer op het volgende drooggewicht aan zeewier:

- $20.26 * 0.4^{-1} = \pm 50 \text{ gDW m}^{-2} \text{ jr}^{-1}$

Uitgaande van de aanname dat in praktijk – bij stilstaand water - bij zeewierkweek een opbrengst van 10 ton drooggewicht per hectare per jaar = $1.000 \text{ g DWm}^{-2} \text{ jr}^{-1}$ realistisch is (zie inleidend deel van 2.3), ofwel 1000 gDW per vierkante meter, en dat uit voorgaande volgt dat in zee per vierkante meter de maximaal beschikbare – nieuwe - nutriënten voor zeewierkweek goed zijn voor een opbrengst van $\pm 50 \text{ gDW}$, houdt dat dus in dat op zee per vierkante meter fysieke zeewierkweek in totaal het volgende zeeoppervlak nodig zal zijn om te kunnen voorzien in de daarvoor benodigde nieuwe nutriënten:

- $1000 / 50 = 20 \text{ m}^2$

De Nederlandse EEZ heeft een totale oppervlakte van 58,000 km^2 . Dat betekent dat er:

- maximaal ongeveer $58,000 / 20 = 2,900 \text{ km}^2$ zeewier in de EEZ gekweekt zou kunnen worden als alle 'nieuwe' nutriënten naar het zeewier zouden gaan.

Maar met een arbitraire aanname dat maximaal 5% onttrekking van nieuwe nutriënten acceptabel zou zijn (zie sectie 2.4.1.2), zou de maximaal beschikbare ruimte voor zeewierproductie in de EEZ geschat worden op:

- $0.05 * 2,900 = \text{ca. } 145 \text{ km}^2$

2.4.2.1 Bronnen van onzekerheid

In bovenstaande berekening (sectie 2.4.2) zijn bepaalde aannames gedaan die leiden tot substantiële onzekerheden. Ten eerste is de uitkomst afhankelijk van met welke wiersoort gerekend wordt, aangezien de C:N-ratio per soort verschilt. In bovenstaande berekening wordt uitgegaan van suikerwier (*Saccharina latissima*) met een C:N-ratio in droge vorm van ca. 9; vingerwier (*Laminaria digitata*) heeft een C:N-ratio van bijna 22. Met een gelijkblijvende opbrengst van 10 ton droge stof per ha wordt de maximaal beschikbare ruimte voor vingerwier geschat op ongeveer 350 km^2 . Dulse (*Chondrus crispus*) heeft een C:N-verhouding van ongeveer 15 en de maximaal beschikbare ruimte valt daarmee tussen suikerwier en vingerwier in (Lubsch, 2019).

Ten tweede zal de schatting van de maximaal beschikbare ruimte voor zeewierkweek omgekeerd evenredig veranderen als uitgegaan wordt van een lagere of hogere opbrengst per hectare.

Ten derde is de aanname van een acceptabele onttrekking ook zeer bepalend voor de inschatting van de maximale beschikbare ruimte. Daarbij is in de berekening uitgegaan van een evenredige verdeling van nutriënten en zeewierproductie over de EEZ. In realiteit zijn er meer nutriënten in het zuidelijk deel van de EEZ en zal hier een groot deel van de zeewierproductie plaats kunnen vinden.

Als laatste is er in de berekening geen rekening gehouden met seizoen aspecten. Tijdelijke hoge onttrekking van nutriënten in de winter zal minder directe gevolgen hebben voor het mariene ecosysteem, omdat dan het fytoplankton minder actief is. In het voorjaar daarentegen, als de biomassa en daarmee de nutriëntopname van bijvoorbeeld suikerwier maximaal is, zal dat een direct effect kunnen hebben op het dan actieve fytoplankton.

2.4.3 Kansrijkheid kweek van zeevieren in windparken

Het bepalen van de kansrijkheid voor de kweek van zeevieren in offshorewindparken – in termen van biomassaopbrengst - berust op verschillende uitgangspunten. Deze worden hieronder besproken.

2.4.3.1 Beschikbare ruimte in offshorewindparken

Een verkenning van de randvoorwaarden voor medegebruik van ruimte binnen offshorewindparken heeft aangetoond dat niet alle ruimte in windparken bruikbaar is voor medegebruik en dat de ruimte die daadwerkelijk geschikt is voor zeevierenproductie nog meer beperkingen kent (Bolman et al., 2019). Rond kabels en leidingen ligt een veiligheidszone van 500 m aan weerszijden (750 m aan weerszijden voor telecomkabels) waarbinnen het niet is toegestaan om schepen, aquacultuurinfrastructuur of andere elementen te verankeren. Voor windparken met doorvaart mag hier wel overheen gevaren worden. Het is echter niet toegestaan om bijvoorbeeld hangcultures dwars over een kabel heen te spannen. De ruimte die daadwerkelijk bruikbaar zal zijn voor zeevierenproductie in de toekomst is sterk afhankelijk van:

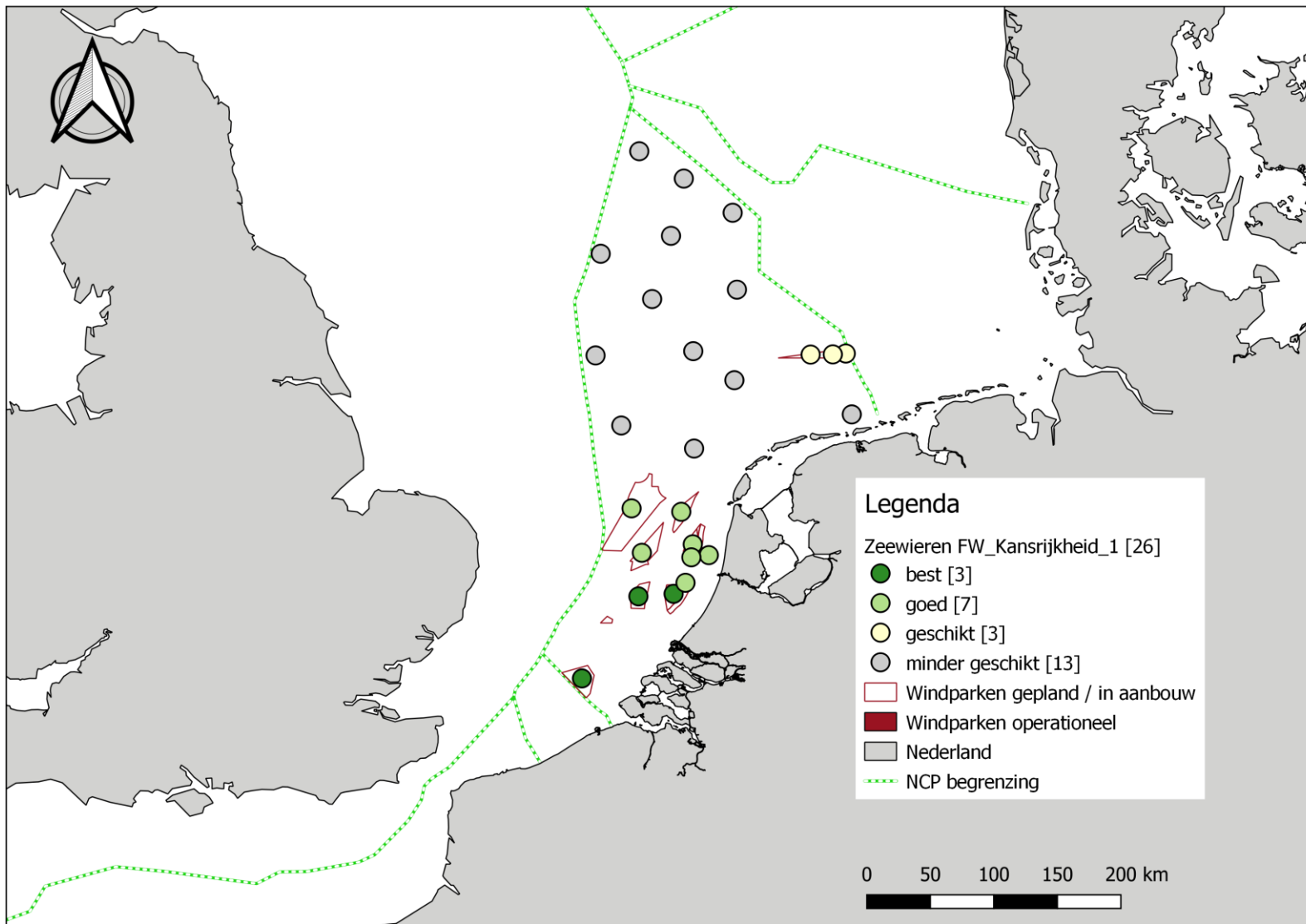
1. Beslissingen t.a.v. de veiligheidszone van *infield*-kabels in bestaande windparken. Als die op 250 meter onderhoudszone aan weerszijde van de kabel komt dan blijft er totaal maximaal zo'n 50% over voor alle vormen van medegebruik, als die beperkt wordt tot 50 meter aan weerszijden dan is zo'n 70% van windparken geschikt. Voor nog te bouwen windparken met grotere turbines en mogelijk een ruimere opstelling kan verhoudingsgewijs meer ruimte voor nevengebruik beschikbaar zijn.
2. De architectuur van *infield*-kabels. Kweeklijnen moeten in de lengterichting van de stroming gehangen worden, anders komt er te veel kracht op de lijnen te staan. Dat betekent dat in parken waar de *infield*-kabels dwars op de stroming liggen, de gebieden die voor zeevieren geschikt zijn, sterk zijn beperkt. Voor de reeds in gebruik zijnde parken en voor vergunde tenders, waar de planning al voor rond is, is hier weinig meer aan te veranderen. Voor nieuwe parken kan men randvoorwaarden opleggen in de kavelbesluiten om zo de mogelijkheden voor aquacultuur te maximaliseren.
3. Afspraken m.b.t. doorvaart. Momenteel mag in de meeste windparken gevaren worden met schepen kleiner dan 24 meter. In de toekomst zal doorvaart waarschijnlijk ook mogen met grotere schepen. Uiteraard kan er niet gevaren worden door gebieden die zijn aangewezen voor aquacultuur. In toekomstige windparken kan doorvaart mogelijk gemaakt worden in scheepscorridors. Die scheepscorridors zijn uiteraard ook niet bruikbaar voor aquacultuur.

Vanwege bovenstaande beperkingen is op basis van huidige inzichten een grove schatting dat van windparken ongeveer 25% daadwerkelijk geschikt zal zijn voor zeevierenkweek. Er zijn daarbij nog wel optimaliseringsmogelijkheden, maar grof geschat zal dit neerkomen op ongeveer 3,500 km² die binnen offshorewindparken bruikbaar is voor zeevieren- en/of mosselproductie, waar vrijwel dezelfde randvoorwaarden voor gelden. Hier is nog geen rekening gehouden met de randvoorwaarden genoemd in paragraaf 2.4.1 en 2.4.2. Als diepte voor de berekening is de bovenste 25 meter van de waterkolom als uitgangspunt genomen voor de beschikbaarheid van nutriënten voor groei. Voor enkele soorten is 5 m al beperkend voor de groei. In Van den Bogaart et al. (2019) zijn de bestaande en geplande windparken ingedeeld in "Best", "Goed" en "Voldoende" voor zeevierenkweek op basis van nutriëntfluxen (concentraties maal stroomsnelheden). Deze figuur is in dit rapport herzien naar aanleiding van aanvullende gegevens (Figuur 2).

Voor zeevierenkweek zijn de gebieden opnieuw ingedeeld als in Tabel 3.

Tabel 3: beoordeling geschiktheid windparken op zee met beschikbare oppervlakten.

Beoordeling	Windparklocaties	Oppervlakte (km²)
Best	Borssele (kavels I-V)	345
Best	Hollandse Kust (zuid) (kavels I-IV)	236
Best	Hollandse Kust (zuidwest) ("Hollandse Kust West 2")	217
Goed	IJmuiden Ver	1172
Goed	Hollandse Kust (west) ("Hollandse Kust West 3") (kavels VI-VII)	349
Goed	Prinses Amalia	22
Goed	Luchterduinen	16
Goed	Egmond aan Zee (OWEZ)	26
Goed	Hollandse Kust (noord) (kavel V)	174
Goed	Hollandse Kust (noordwest) ("Hollandse Kust West 4")	190
Voldoende	Ten noorden van de Waddeneilanden ("TNvW")	218
Voldoende	Buitengaats ("Gemini I")	34
Voldoende	Zee-Energie ("Gemini II")	33



Figuur 2: kansenkaart voor zeewierkweek op (potentiële) offshorewindenergielocaties (herziening van de kaart in Van den Bogaart et al. (2019)).

Uitgaande van 25% oppervlakte per windpark voor zeewierteelt, leidt dit tot een totale beschikbare ruimte per geschiktheidsgebied in km² zoals weergegeven in Tabel 4. Hierbij moet worden opgemerkt dat met name IJmuiden Ver een groot oppervlak beslaat ten opzichte van de overige parken. Dat het oppervlak groot is en er dus relatief meer ruimte beschikbaar is voor zeewierkweek, betekent niet automatisch dat de opbrengst per hectare ook groter is.

Tabel 4: beschikbaar areaal voor zeewierteelt per geschiktheidsgebied.

Geschiktheidsklasse zeewier	Best	Goed	Voldoende	Totaal
Totaal beschikbaar areaal voor zeewierteelt (25% per park) (km ²)	200	487	71	758
%	26.4	64.2	9.4	100

2.4.3.2 Onderzochte zeewiersoorten

In Van den Bogaart et al. (2019) waren de vijf beoogde zeewiersoorten behandeld als één groep. In voorliggende studie is dit uitgesplitst per groeiseizoen en de stoichiometrie per soort. Er kan zo een onderverdeling gemaakt worden in de meer gangbare wintersoorten voor zeewierkweek, en soorten die jaarrond groeien en een minder uitgesproken groeiseizoen hebben. De soorten en hun eigenschappen zijn hieronder weergegeven.

Wintersoorten

Soorten die gekweekt kunnen worden in de Noordzee en waar op kleine schaal ervaring mee is (Stichting Noordzeeboerderij, Texel) zijn suikerwier (*Saccharina latissima*) en vingerwier (*Laminaria* sp.) (Reith et al. 2005; Bolman et al. 2019) (Tabel 5). Wintersoorten zullen minder last hebben van competitie om nutriënten met fytoplankton, maar omdat de soorten ook in het voorjaar nog groeien (tot juni), zal dit invloed hebben op de maximale capaciteit. Dit is in de huidige berekening niet meegenomen.

Jaarrond-groeiende soorten

Dulse (*Palmaria* sp.), blaaswier (*Fucus vesiculosus*) en knotswier (*Ascophyllum nodosum*) zijn soorten waarvan wordt overwogen om ze in de toekomst eventueel te kweken (Bolman et al. 2019) (Tabel 5). Er is weinig bekend over maximale golfbelasting van deze soorten. Blaaswier en knotswier zijn typische kustwieren en zullen waarschijnlijk los slaan offshore (persoonlijke communicatie L. Tonk). Van dulse wordt verwacht dat deze geschikt kan zijn voor offshoregroei omdat het een vrij robuuste soort is die op open gebieden de golfbelasting kan weerstaan (Grote, 2019). Soorten die meerjarig zijn en jaarrond groeien zullen meer last hebben van competitie met fytoplankton. Dit is in de huidige berekening niet meegenomen, maar zal wel de maximale capaciteit beïnvloeden.

Tabel 5: gegevens winter- en jaarrond groeiende soorten zeewier.

Soort	Groeiseizoen	C:N:P-ratio	C:N-ratio	N:P-ratio	C:DW (%)	Locatie	Referenties
Suikerwier (<i>Saccharina latissima</i>)	Winter/vroeg voorjaar	627.3:69.7:1	9.0 ±0.3	69.7 ±4.8	26.8-33.4%	Denemarken	(Bruhn et al., 2016)
Vingerwier (<i>Laminaria digitata</i>)	Winter/ vroeg voorjaar	606:24.9:1	21.7	24.9	36.4	Noorwegen	(Pedersen et al., 2010)
Blaaswier (<i>Fucus vesiculosus</i>)	Jaarrond	762:33.7:1	22.6	33.7	36	Noorwegen	(Pedersen et al., 2010)
Knotswier (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	Jaarrond	826:36.7:1	22.2	36.7	37.8	Noorwegen	(Pedersen et al., 2010)
Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)	Jaarrond	176:12:1	14.99	11.73	45	Spanje	(Martínez & Rico, 2002)

2.4.3.3 Globale berekening potentie van zeewier in windparken

Om de globale potentie van zeewier – in termen van biomassaopbrengst - in windparken te bepalen zijn de volgende aannames en uitgangspunten aangehouden die leiden tot een (beoogde) overschatting van de totale maximum-opbrengst:

- Concentratie van totaal anorganisch stikstof (NH_4 en NO_3) per m^2 tot een diepte van 25 m gemiddeld per windparkgebied is beschikbaar voor groei van zeewier;
- Anorganisch stikstof is als limiterende factor meegenomen voor alle soorten in alle gebieden. In realiteit zal in sommige gebieden zeewiergroei mogelijk eerder gelimiteerd zijn door fosfaat, en daarom zal de realiseerbare opbrengst in de praktijk lager zijn;
- Fytoplankton wordt niet direct meegenomen in de competitie voor nutriënten. In realiteit zal dit wel zo zijn en daarom zal de voor zeewier beschikbare hoeveelheid nutriënten lager zijn. Gemiddeld zijn er jaarlijks dus minder nutriënten beschikbaar in de waterkolom in het voorjaar en de zomer. Daarom wordt het indirect wel meegenomen voor jaarrond groeiende soorten;
- Fytoplankton zou kunnen groeien met de beschikbare concentratie stikstof met een stoichiometrisch uitgangspunt van C:N = 6. Dit is als vermenigvuldigingsfactor gebruikt met de stoichiometrie van de bovenstaande geselecteerde soorten;
- Concentraties in plaats van fluxen zijn gebruikt om overschattingen te beperken. Hoewel de concentratie in een gebied hoog kan zijn, kan een beperkte doorstroming ervoor zorgen dat de uiteindelijke beschikbaarheid van nutriënten lager ligt. Beiden zijn wel meegenomen in de bepaling van geschiktheidsgebieden, en dus verwerkt in de indeling van de geschiktheid;
- Er is geen rekening gehouden met welk deel van de beschikbare nutriënten uit het sediment komt en welk deel uit antropogene invloeden. Wanneer het zeewier alle aanwezige nutriënten opneemt en dit jaarlijks geoogst wordt, dan zal de sedimentbron van nutriënten opraken. In realiteit zullen de bepaalde waarden dus niet duurzaam zijn, omdat zeewier competitie voert met het fytoplankton voor nutriënten en omdat er minder organisch stof naar de bodem zal zakken voor remineralisatie (i.e. afbraak organisch materiaal tot anorganische componenten). Jaarlijks zullen bij deze maximale opbrengst voor zeewier en oogst hiervan de beschikbare nutriënten voor primaire productie afnemen en zal de opbrengst van de zeewier lager zijn;
- Er is geen rekening gehouden met de ruimtelijke opname van nutriënten door zeewier. Een vierkante meter ($1/\text{m}^2$) zeewierculture neemt een grotere ruimtelijke hoeveelheid nutriënten op (zie 2.4.2), wat er tevens voor zorgt dat er minder nutriënten beschikbaar zijn voor andere wieren of fytoplankton. Nogmaals een bevestiging dat de hieronder berekende hoeveelheid niet haalbaar zal zijn in de praktijk;
- Er is geen rekening gehouden met eventueel limiterend worden van licht voor fotosynthese als gevolg van dichte begroeiing van wieren.

Berekening geschiktheid voor selectie van zeewiersoorten

Voor de berekening is gebruik gemaakt van de totale hoeveelheid ($\text{gN}/\text{m}^2/\text{groeiseizoen}$) anorganisch stikstof (NH_4 en NO_3) over een diepte van 25 meter afkomstig uit de MER-zandwinningkaarten (Van der Kaaij et al., 2017). Er is gebruik gemaakt van twee kaarten met gemiddelde stikstofconcentraties gesommeerd over de bovenste 25 meter van de waterkolom: één voor de wintersoorten en één voor jaarrond groeiende soorten. Per soortgroep is uitgegaan van de gemiddelde stikstofconcentraties in hun groeiseizoen (winter versus jaarrond, zie Tabel 5).

Per windpark is de gemiddelde totale concentratie anorganisch stikstof bepaald ($\text{gN}/\text{m}^2/\text{groeiseizoen}$) voor de bovenste 25 meter (2 waarden, winter vs. jaargemiddeld). Deze hoeveelheid is omgerekend naar $\text{mmol}/\text{m}^2/\text{seizoen}$ door te vermenigvuldigen met de 1/molaire massa van stikstof ($M(\text{N}) = 14.00067 \text{ g/mol}$).

Dit leidt tot een totale concentratie $\text{mmol N}/\text{m}^2$ in de bovenste 25 m van de waterkolom, die per groeiseizoen gemiddeld beschikbaar is voor groei van zeewier per geschiktheidsgebied. In onderstaande concentraties per geschiktheidsgebied is gecorrigeerd voor de relatieve beschikbare oppervlakte per windpark (Tabel 6).

Tabel 6: beschikbare concentratie N per beschikbaar relatieve oppervlakte beschikbaar per windpark.

Beschikbare concentratie N per beschikbaar windparkgebied per geschiktheidsklasse	Groei seizoen	Geschiktheidsklasse		
		Best	Goed	Voldoende
mmol N/ m ² / groeiseizoen, tot een diepte van 25 m	Wintergemiddelde	126±5	97±5	71
	Jaargemiddelde	58±5	85±5	38

De aanname is dat de nutriëntenconcentraties die in het groeiseizoen beschikbaar zijn voor primaire productie voor fytoplankton (C:N = 6), tevens beschikbaar zijn voor zeewiergroei. Hierbij is rekening gehouden met de C:N-ratio per wiersoort, en deze is vermenigvuldigd, dit met de aanname dat fytoplankton deze beschikbare nutriënten zouden gebruiken. Er is een berekening gemaakt van de beschikbare hoeveelheid mol C/m²/groeiseizoen per soort. Mol C is omgerekend naar gram C door te vermenigvuldigen met de molaire massa van C ($M(C) = 12 \text{ g/mol}$).

Er is vanuit gegaan dat maximaal 25% van het oppervlak van het windpark gebruikt kan worden voor zeewierkweek (zie Tabel 4). Het aantal gDW/m²/jaar is vermenigvuldigd met het aantal m² per windpark dat beschikbaar zou zijn. Dit resulteert in het aantal tonDW/groeiseizoen (omgerekend naar ton in plaats van gram). Er is per gebied (Figuur 2) een som genomen van de totale maximumopbrengst per wiersoort (Tabel 7). Dit is bewust niet per park gedaan, omdat deze berekening globaal is en er nog veel punten van aandacht zijn (zie bovenstaande aannames en uitgangspunten). Uitspraken per park worden daarom achterwege gelaten. Daarnaast is per gebied een gemiddelde maximumopbrengst per soort per geschiktheidsgebied gegeven (Tabel 8). Echter, in de kustgebieden is fosfaat meestal limiterend. Daardoor zijn deze gebieden mogelijk gelimiteerd voor productie en de waarden daardoor mogelijk overschattingen.

Tabel 7: gesommeerde maximumopbrengst per soort per geschiktheidsgebied binnen het beschikbare areaal van de windparken (o.b.v. stikstofconcentraties).

Gesommeerde maximum-opbrengst per soort per geschiktheidsgebied	Soort	Geschiktheidsklasse:		
		Best	Goed	Voldoende
tonDW/groeiseizoen	Suikerwier (<i>Saccharina latissima</i>)	1600	2800	300
	Vingerwier (<i>Laminaria digitata</i>)	3100	5600	600
	Blaaswier (<i>Fucus vesiculosus</i>)	1500	2600	340
	Knotswier (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	1400	2400	3200
	Dulse (<i>Palmaria palmata</i>)	800	1350	180
% van totaalpotentie per geschiktheidsgebied		34%	59%	7%

Tabel 8: gemiddelde maximumopbrengst per soort per hectare per geschiktheidsgebied (o.b.v. stikstofconcentraties, N.B. in de kustlocaties van de "Goed" gespecificeerde gebieden kan fosfaat limiterend zijn en zal dit tot een overschatting leiden van de maximumopbrengst).

Gemiddelde maximumopbrengst per soort per geschiktheidsgebied tonDW/ha.	Soort:	Geschiktheidsklasse:		
		Best	Goed	Voldoende
	Suikerwier (<i>Saccharina latissima</i>)	7	10	4
	Vingerwier (<i>Laminaria digitata</i>)	14	21	9
	Blaaswier (<i>Fucus vesiculosus</i>)	7	11	5
	Knotswier (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	6	10	5
	Dulze (<i>Palmaria palmata</i>)	4	6	3

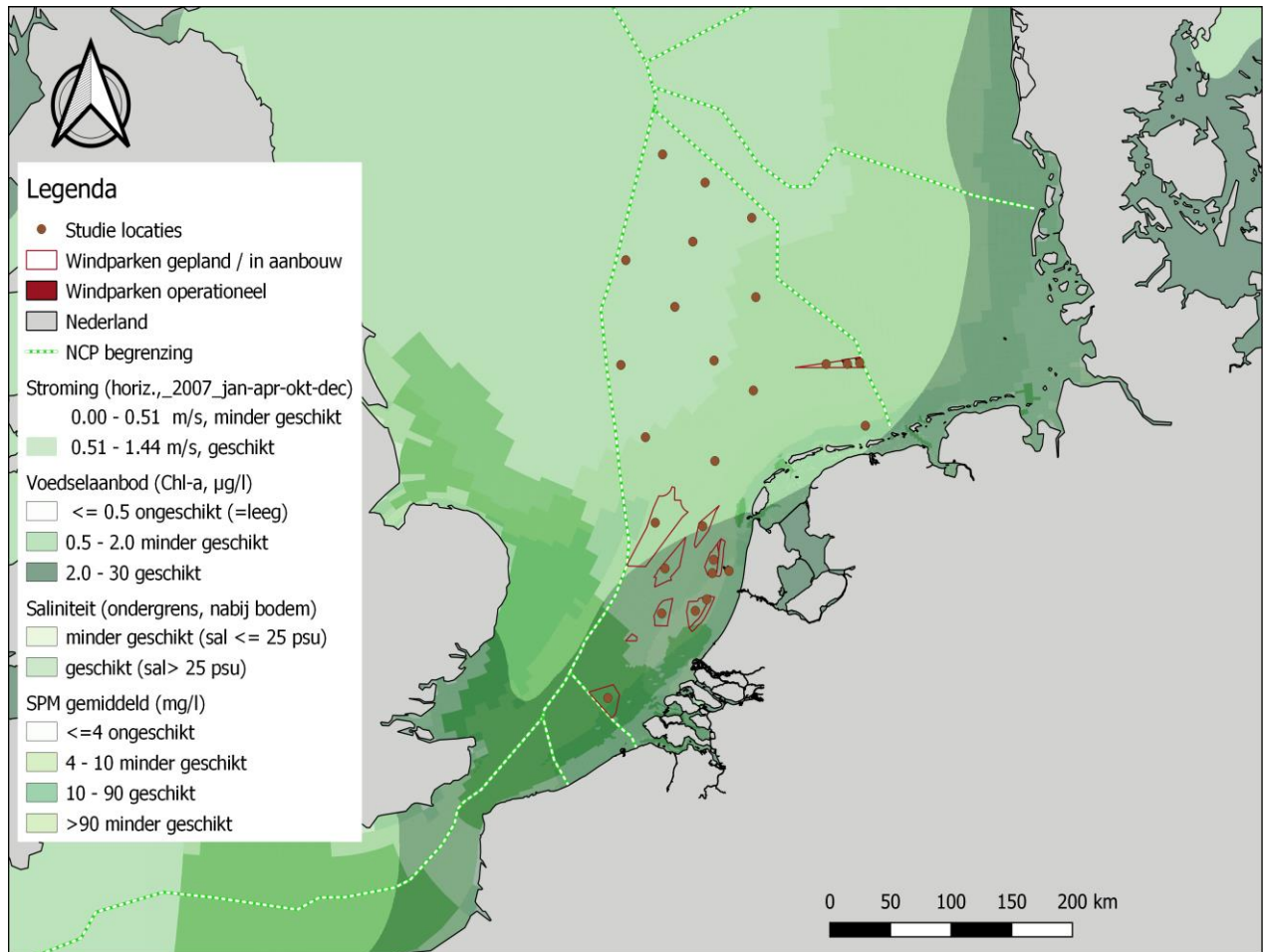
Uitgaande van beschikbaarheid van 25% oppervlakte per windpark en het totaal van anorganische stikstofconcentraties tot 25 meter diepte gemiddeld per groeiseizoen, zou de maximale opbrengst rond de 25 kton liggen per jaar in de meest kansrijke gebieden. Hierbij moeten alle kanttekeningen beschreven bij bovenstaande aannames en het globale karakter van deze berekening in acht worden genomen. De lokale draagkracht zal bepaald moeten worden aan de hand van de systeemconfiguratie en hoeveelheid productie, waarbij geadviseerd wordt hiermee rekening te houden in het ontwerp van de kwekerij.

2.5 Weekdieren: schelpdieren

2.5.1 Mossel (*Mytilus edulis*)

Een ecologische beschrijving van mosselen, inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in het voorgaande rapport (van den Bogaart et al., 2019). Hieraan is de geschiktheid van de windparkgebieden op basis van saliniteit (zoutgehalte), gemiddeld zwevendstofgehalte (SPM: *Suspended Particulate Matter*), voedselaanbod en stroming toegevoegd (Figuur 3).

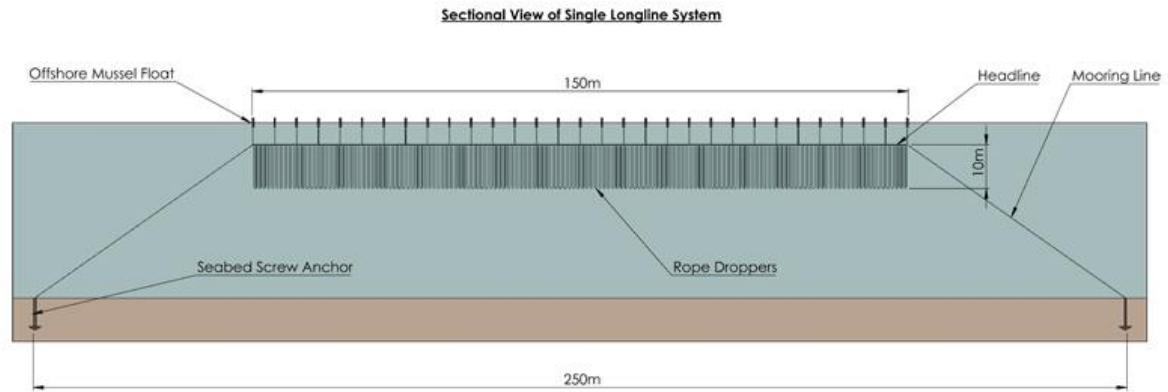
In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van een globale berekening van potentiële mosselkweek in windparken. Gezien de vele bronnen van onzekerheid (onzekerheden in modeluitkomsten, het niet goed kunnen meenemen van factoren zoals stroomsnelheden, etc.) en de hoeveelheid kanttekeningen beschreven bij de berekeningen, is het uiterst belangrijk het globale karakter van de berekeningen in acht te nemen.



Figuur 3: update van de kansenkaart voor mosselkweek in potentiële windparklocaties. De basis van de kaart is de kaart zoals gerapporteerd in Van den Bogaart et al., 2019. Toegevoegd zijn de geschiktheid van de gebieden op basis van saliniteit (zoutgehalte), zwevendstofgehalte (SPM (gemiddeld)), voedselaanbod en stroming.

2.5.1.1 Beschikbare ruimte binnen windparken

Het rapport van Bolman et al. (2019) bediscussieert de potentie van schelpdierkweek (mosselen en platte oesters) als vorm van medegebruik in windparken (zie Figuur 4 voor mosselhangcultuur).



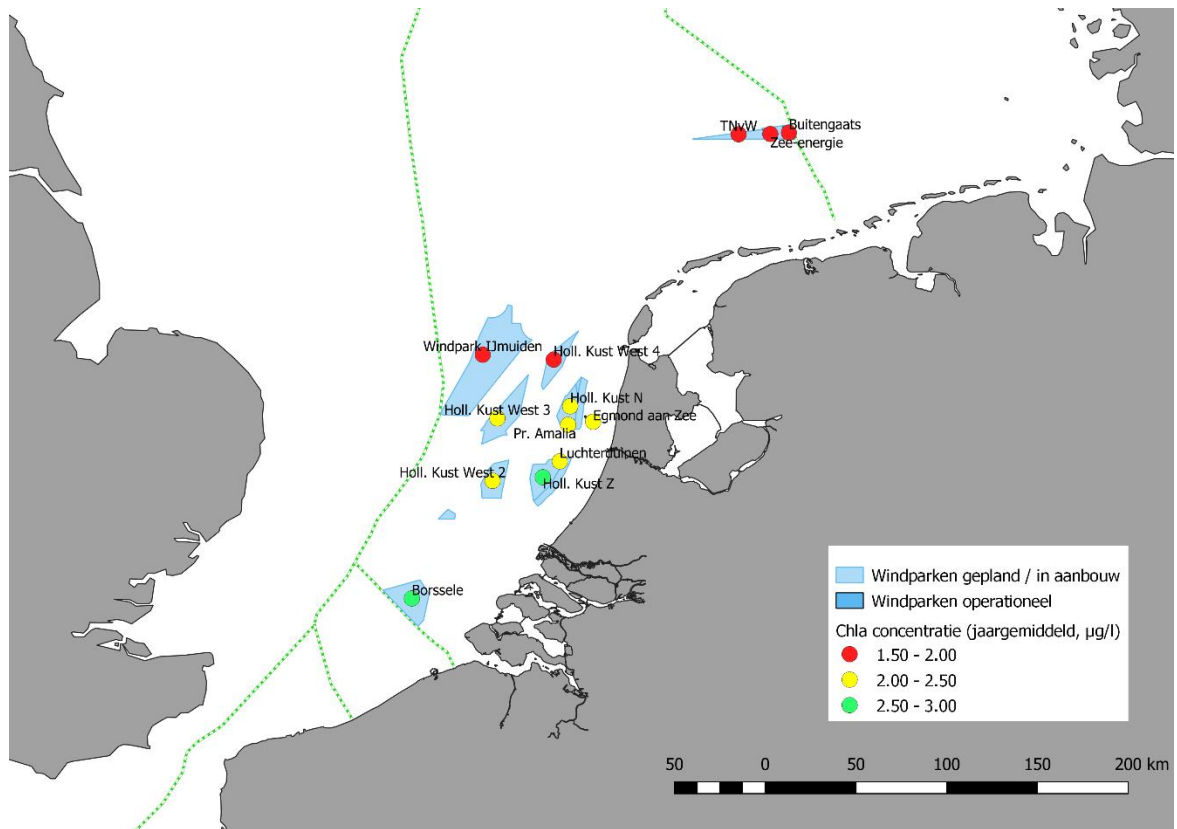
Figuur 4: overzicht van de hangende culturen van mosselen zoals offshore in dienst bij het Verenigd Koninkrijk (Fusion Marine 2019).

Voor de algemene inschatting aan beschikbare ruimte is uitgegaan van 25% van het oppervlak, op basis van de ruimte die vanwege regels rondom bekabeling en afspraken over doorvaart daadwerkelijk beschikbaar is geacht voor zeewierkweek (Bolman et al., 2019; zie ook 2.4.3.1).

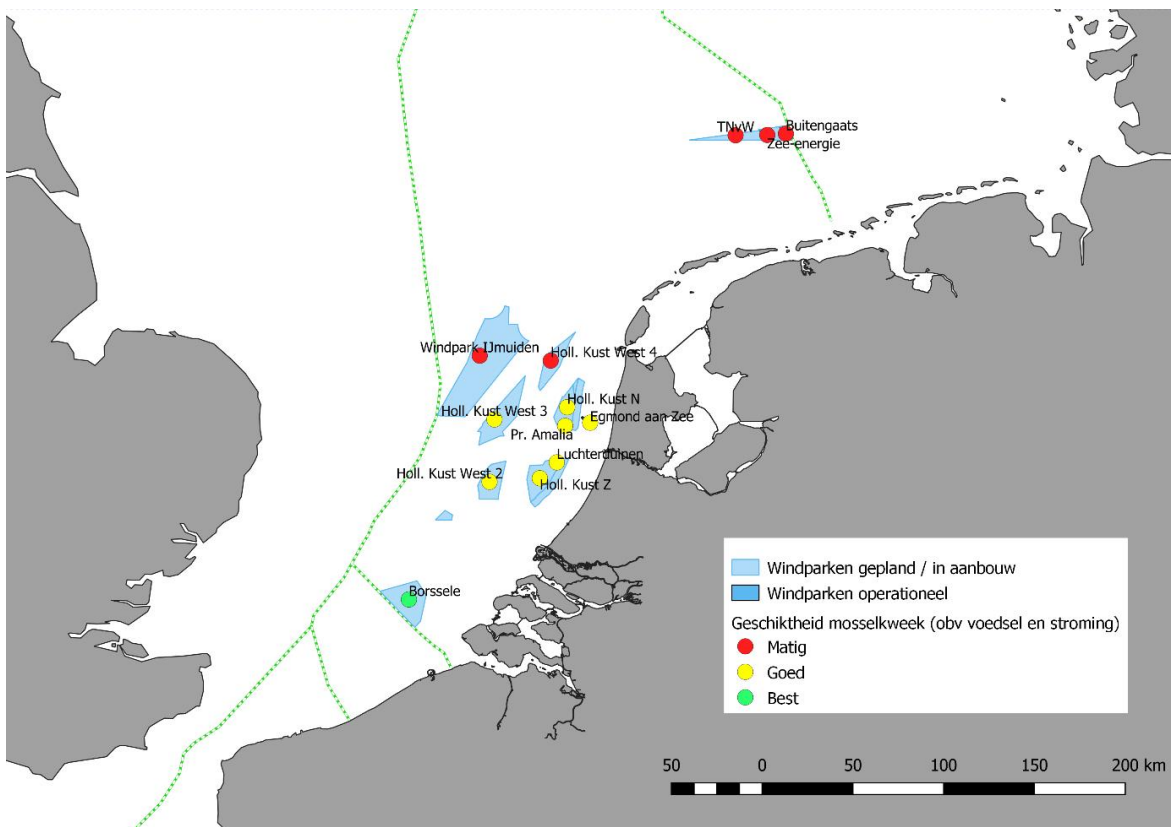
Voor mosselkweek zijn zowel de concentratie algen belangrijk, alsook de stroomsnelheid (hoeveel algen er per tijdseenheid langskomen). Zonder specifieke modellering is de stroomsnelheid niet te bepalen. Dat komt omdat niet bekend is hoeveel er daadwerkelijk door een kweekstructuur heen gaat – in plaats van eromheen of eronderdoor. Daarnaast heeft een aantal gebieden een symmetrisch getij, waardoor dezelfde watermassa meerdere keren langs een kweeklocatie komt. Dit kan leiden tot lokale depletie, doordat het voedsel al deels is onttrokken. Dit is afhankelijk van de configuratie van de kwekerij en dichtheid van de kweeksystemen. In onderstaande berekening is derhalve uitgegaan van de concentraties en niet van de flux (waarbij stroomsnelheid van belang is).

Wanneer enkel naar chlorofylconcentratie wordt gekeken, dan vallen de windenergiegebieden Hollandse Kust (zuid) en Borssele onder de categorie "Best" (Figuur 5). Hoe dit in de praktijk uit gaat werken, zal gemodelleerd en getest moeten worden, omdat stroming wel degelijk een belangrijke factor is. Als er een hypothetische fluxberekening gedaan wordt (door chlorofylconcentratie te vermenigvuldigen met de snelheid), dan komt Borssele er als aanmerkelijk beter uit dan Hollandse Kust (zuid) (Figuur 6). De stroomsnelheden op Borssele zijn aanmerkelijk hoger, maar zijn daar zeer symmetrisch. De effecten hiervan kunnen de geschiktheid (beperkt) lager maken, de symmetrie dient te worden meegenomen in het ontwerp van een kwekerij. Op Hollandse Kust (zuid) is meer reststroom, waardoor minder lang hetzelfde volume water langs de locatie op en neer gaat.

Voor het berekenen van de potentie van mosselkweek is gebruik gemaakt van de categorie-indeling zoals in Tabel 9, enkel gebaseerd op chlorofylconcentratie (voedselaanbod). Er is hierbij geen rekening gehouden met de stroming, omdat daarvoor specifieke modellering benodigd is. Dit leidt tot een totale beschikbare ruimte (in km² per geschiktheidsgebied) zoals weergegeven in (Tabel 10).



Figuur 5: geschiktheid op basis van jaargemiddelde chlorofyl a-concentratie.



Figuur 6: geschiktheid op basis van jaargemiddelde chlorofyl a-concentratie x gemiddelde lokale stroomsnelheid.

Tabel 9: beoordeling windparken per geschiktheidsgebied, gebaseerd op chlorofyl a-concentratie.

Beoordeling	Windenergiegebied/ windpark
Best	Borssele (kavels I-V)
	Hollandse Kust (zuid) (kavels I-IV)
Goed	Hollandse Kust (noord) (kavel V)
	Prinses Amalia
	Luchterduinen
	Egmond aan Zee (OWEZ)
	Hollandse Kust (west) ("Hollandse Kust West 3") (kavels VI-VII)
	Hollandse Kust (zuidwest) ("Hollandse Kust West 2")
Voldoende	Ten noorden van de Waddeneilanden (TNvW)
	Buitengaats ("Gemini I")
	Zee-Energie ("Gemini II")
	IJmuiden Ver
	Hollandse Kust (noordwest) ("Hollandse Kust West 4")

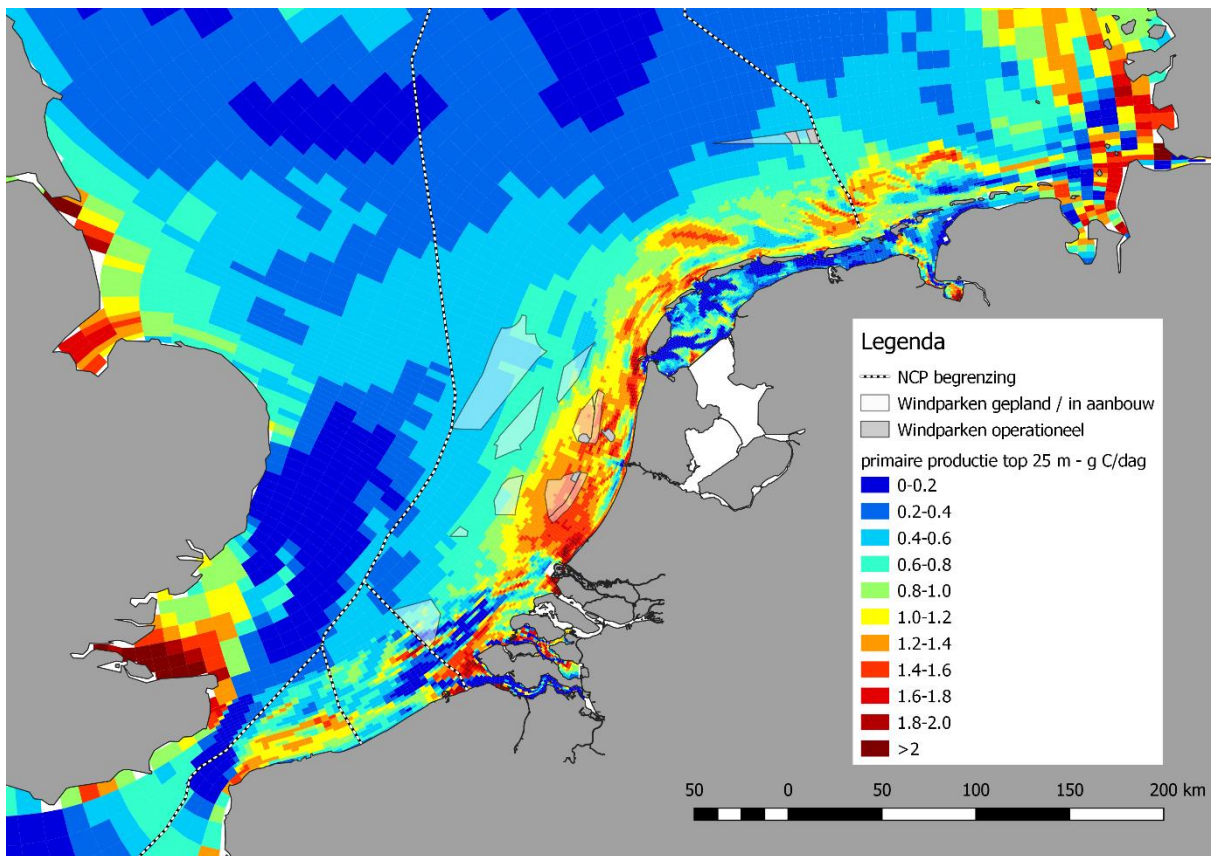
Tabel 10: totaal beschikbaar areaal voor mosselteelt (schelpdierteelt) per geschiktheidsklasse voor schelpdieren.

Totaal beschikbaar areaal voor mosselteelt (25% per park)	Geschiktheidsklasse:			Totaal
	Best	Goed	Voldoende	
km ²	145	201	412	758
%	19	27	54	100

Hierbij moet worden opgemerkt dat met name het windenergiegebied IJmuiden Ver een groot oppervlak beslaat ten opzichte van de overige parken en daarmee veel bijdraagt aan de resultaten voor de categorie "Voldoende".

2.5.1.2 Gegevens primaire productie

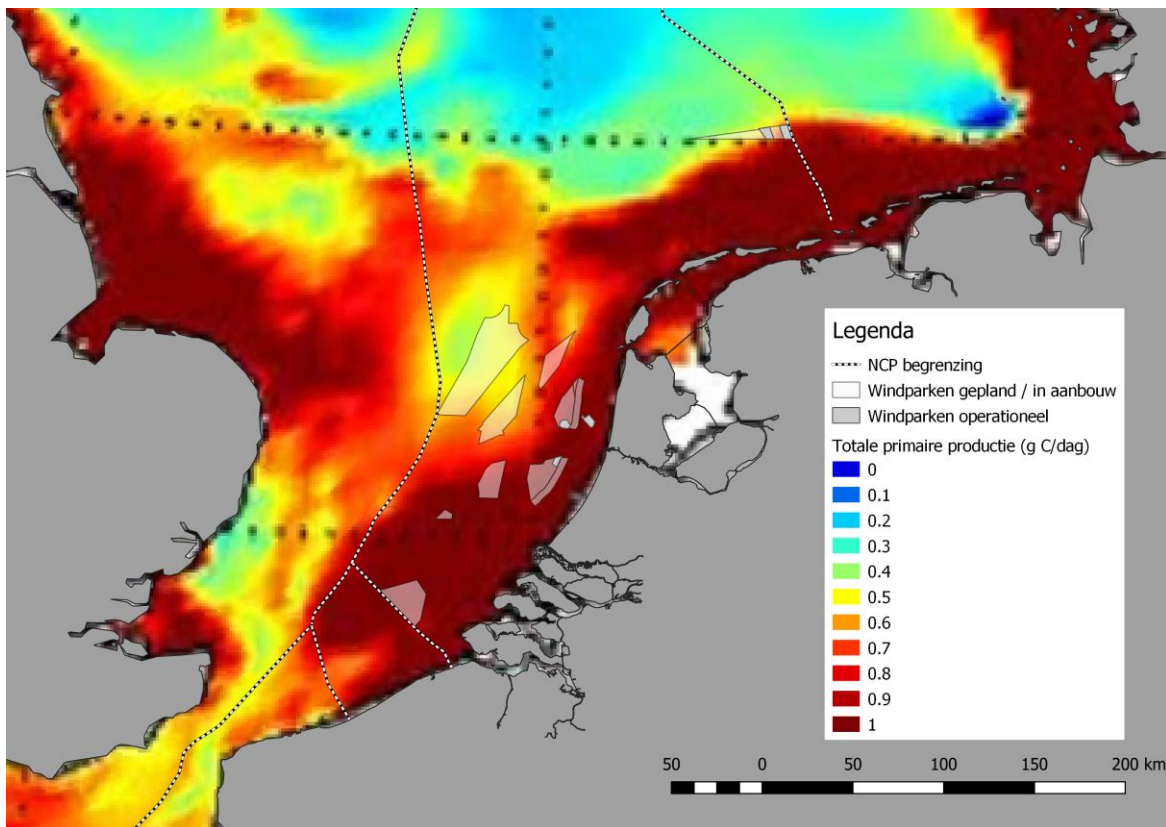
Om de berekeningen te maken voor mosselen, is gebruik gemaakt van de totale primaire productie per jaar in de bovenste 25 m van de waterkolom. Deze resultaten zijn afkomstig uit het model van de MER-zandwinning (Van der Kaaij et al., 2017) en zijn weergegeven in Figuur 7.



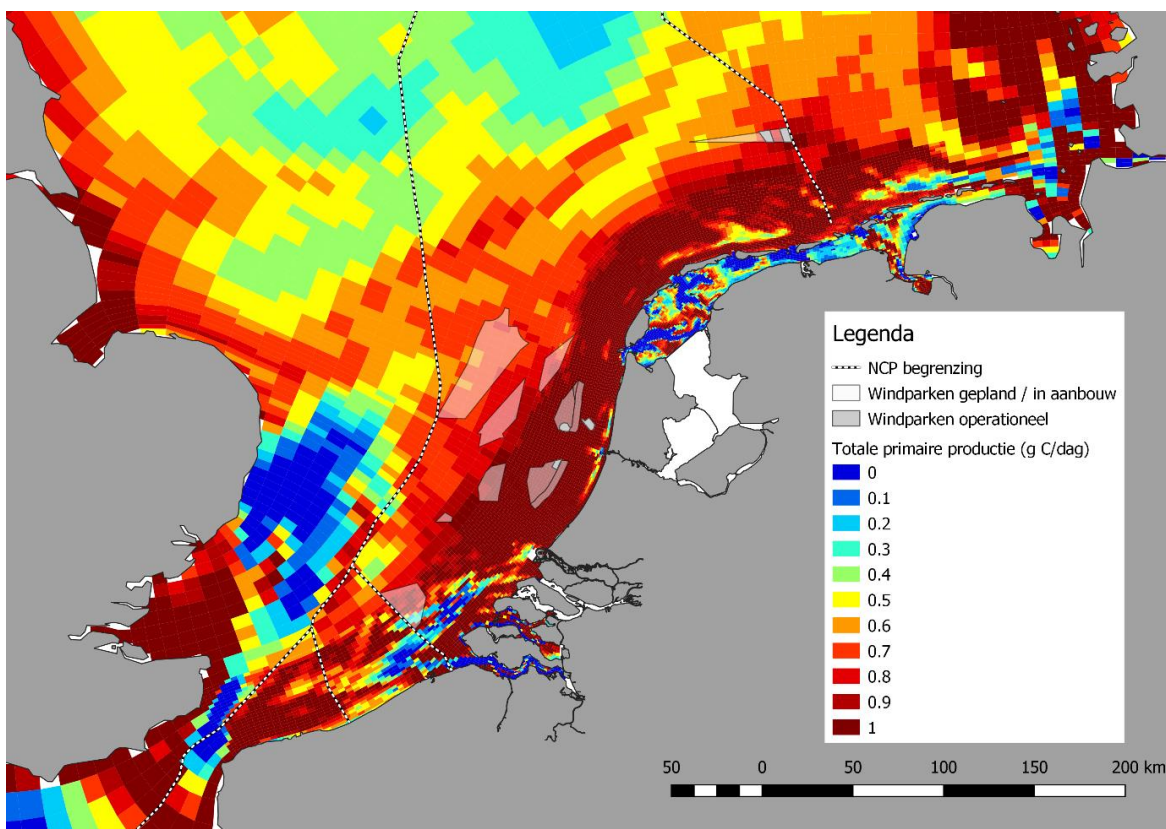
Figuur 7: totale primaire productie (gC/m²/dag) totaal over de bovenste 25 m (afkomstig uit MER Zandwinning).

In deze modelvoorspelling is de productiviteit van windenergiegebied Borssele relatief laag in vergelijking met de andere windparken. In het model lijkt dit een gevolg te zijn van de sedimentpluim vanuit de Schelde, waardoor dit gebied weliswaar relatief hoge nutriëntenconcentraties heeft, maar veel lichtlimitatie. Deze lichtlimitatie beperkt de primaire productie ter plekke. Het is onduidelijk of dit een modelartefact is. Enerzijds komen uit de EMODNETdata relatief hoge chlorofylwaarden en anderzijds komt dit niet overeen met modelvoorspellingen van ERSEM van het NIOZ¹. In grote lijnen voorspellen beide modellen vergelijkbare patronen en vergelijkbare waarden. Ter vergelijking is hieronder een figuur van een NIOZ-publicatie in GIS geo-referenced en de Deltares-modeluitkomst (nu van de gehele waterkolom, omdat het NIOZ-model de totale productie van de hele waterkolom berekent) uitgezet op dezelfde schaal om de vergelijking zichtbaar te maken (Figuur 8 en Figuur 9).

¹ <https://www.nioz.nl/en/about/cos/ecosystem-modelling/model-results-north-sea/north-sea-aggregated/net-primary-production>



Figuur 8: jaargemiddelde totale primaire productie (gC/m²/dag) over totale waterkolom (ERSEM-model NIOZ).



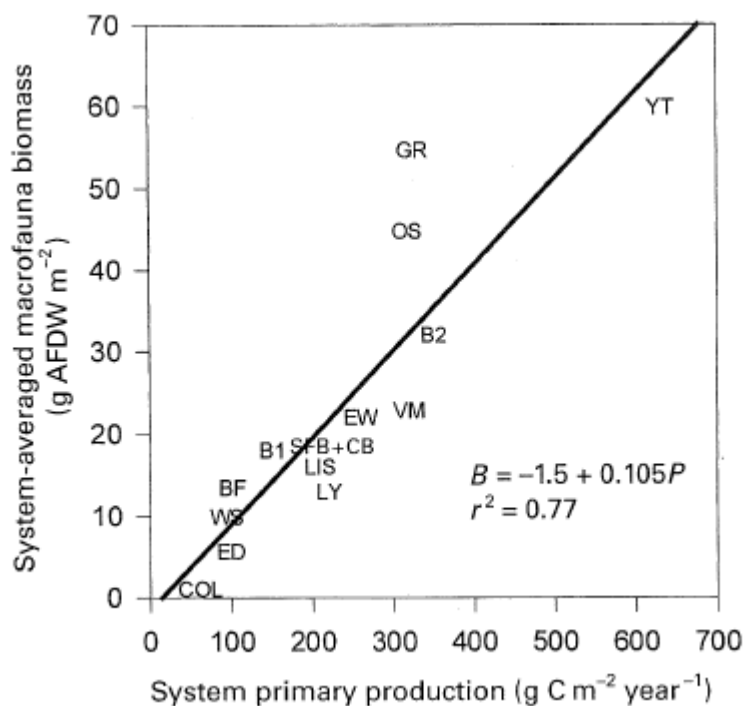
Figuur 9: jaargemiddelde totale primaire productie (gC/m²/dag) over totale waterkolom (Deltares MER Zandwinningmodel). N.B. op deze schaal is minder goed onderscheid te maken tussen bijvoorbeeld de windenergiegebieden Borssele en Hollandse Kust).

Er is een aantal verschillen in de onderliggende berekeningen van de twee modellen, onder meer de manier waarop lichtuitdoving in dit model verwerkt is. In het Deltares-model lijken met name gebieden die bekend staan om hoge slibgehalten (voor de Engelse kust, geulen Waddenzee en Westerschelde

inclusief monding) een lagere productiviteit te hebben. Uit de NIOZ-figuur zijn geen directe getallen af te leiden. Omdat de schaal slechts tot 1 gC/m²/dag loopt, is hier niet goed op te zien of Borssele ook in dit model een lagere productie heeft dan de modellen voor de Hollandse kust. Aangezien het Deltares-model goed afgestemd is op slib, wordt in de berekeningen van deze getallen uitgegaan.

Om de potentie van mosselkweek in windparken te bepalen - in termen van biomassaopbrengst - zijn de volgende aannames en uitgangspunten aangehouden:

- Het totale jaargemiddelde aan primaire productie (gC/m²/dag) is beschikbaar en is geïntegreerd over de bovenste 25 meter om de beschikbare hoeveelheid C voor de hangcultures mosselen te bepalen;
- Er is gewerkt met primaire productie per dag per km², in plaats van chlorofyl a-concentraties of fluxen. Fluxen zijn uiteindelijk bepalend voor de totale beschikbaarheid van fytoplankton om te filteren, en mogelijk kunnen waarden daarom in realiteit hoger liggen wanneer de stroomsnelheden in een gebied erg groot zijn. Anderzijds kunnen fluxen ook tot een overschatting leiden, omdat de stroomsnelheid die nu gemeten of gemodelleerd wordt sterk zal afwijken binnen hangcultures. Water zal voor een groot deel om de cultures heen gaan of er onderdoor en slechts voor een beperkt deel door de cultures. Ook is op veel plaatsen sprake van een symmetrische (heen-en-weer-gaande) getijbeweging. Water dat dus reeds gefilterd is komt na de kentering weer deels terug door de cultures. Door de lagere primaire productie (1-2 dagen voor een verdubbeling) zal gedurende het tij een depletie in algen plaatsvinden. Daarnaast kunnen nog aanwezige algen benut worden. De precieze gevolgen daarvan dienen met specifieke modellen beoordeeld te worden (afhankelijk van locatie, lay-out, dichtheid).
- Een schatting van 10% conversie tussen de primaire productie van een systeem (gC/m²/jaar) en de biomassa aan benthos (i.e.: bodemorganismen) die daarmee gecorreleerd is (g ADG (i.e. asvrij drooggewicht)) per m² is genomen op basis van de studie van Herman et al. (1999) (Figuur 10). Deze studie richtte zich op estuariene systemen (i.e.: monding van een rivier waar zoet rivierwater en zout zeewater onder invloed van getij vermengd worden waardoor brak water ontstaat), maar de verhouding van 10% in transfer van energie tussen trofische niveaus is een zeer algemene vuistregel voor zowel terrestrische als aquatische systemen. In de systemen die zijn onderzocht in Herman et al. (1999) nemen schelpdieren (meestal mosselen) een zeer groot deel van de primaire productie op. Dat zal in kweeksystemen met relatief hoge dichtheden ook het geval zijn. Echter, de exacte verhouding kan afwijken van deze 10%.
- Op basis van literatuurgegevens wordt een conversiefactor (i.e.: verhouding) van 40.2% koolstof : drooggewicht (C:DW) gebruikt (Tabel 11).



Figuur 10: relatie tussen primaire productie en macrobenthische biomassa. Afkortingen geven verschillende locaties op de wereld aan. Uit Herman et al. (1999).

Tabel 11: Uitgangspunten C:DW (%) voor mosselkweek.

Soort	Tijd	C:N:P-ratio	C:N-ratio	N:P-ratio	C:DW (%)	Locatie	Referentie
<i>Mytilus edulis</i>	Jaarlijks gemiddelde	173:32:01				Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	02/05/1988	135:27:01	4.97	27.08	36.02	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	06/06/1988	130:24:01	5.33	24.38	42.84	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	04/07/1988	256:42:01	6.04	42.40	39.71	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	15/08/1988	251:42:01	6.00	41.91	39.98	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	12/09/1988	265:46:01	5.75	46.06	42.08	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	11/10/1988	300:52:01	5.80	51.64	43	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	07/11/1988	265:43:01	6.12	43.34	41.13	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	06/02/1989	182:34:01	5.31	34.20	42.25	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	06/03/1989	101:21:01	4.84	20.90	40.02	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	06/04/1989	119:25:01	4.84	24.62	35.1	Oosterschelde	(Smaal & Vonck, 1997)
	Gemiddeld					40.213	

2.5.1.3 Rekenvoorbeeld

Per windpark is de gemiddelde primaire productie per dag vastgesteld ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{dag}$). De aanname is dat het equivalent aan koolstof in fytoplankton bij de gegeven primaire productie in de bovenste 25 m door de mosselen opgenomen kan worden. De gemiddelde primaire productie per dag is vermenigvuldigd met 365 om tot jaargemiddelden te komen. De resulterende waarden per geschiktheidsgebied zijn weergegeven in Tabel 12. Op basis van de vuistregel van 10% voor conversie tussen trofische niveaus (Herman et al., 1999; Lindeman, 1991) en de conversie van gram koolstof naar drooggewicht is dit omgerekend naar benthos biomassa voor mosselen in $\text{gDW}/\text{m}^2/\text{jaar}$ (Ricciardi & Bourget, 1998). Dit is per windgebied en per geschiktheidsgebied gedaan. De lokale draagkracht zal bepaald moeten worden aan de hand van de systeemconfiguratie en hoeveelheid productie, waarbij geadviseerd wordt hiermee rekening te houden in het ontwerp van de kwekerij.

Tabel 12: gemiddelde primaire productie per jaar in de bovenste 25 m per gebied.

Gemiddelde primaire productie jaar per gebied	Geschiktheidsklasse:		
	Best	Goed	Voldoende
($\text{gC}/\text{m}^2/\text{jaar}$)	365	403	198

Vanwege de relatief lage voorspelling van primaire productie in Borssele ($0.63 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{dag}$, ofwel $230 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{jaar}$), komt in de gebieden die in de categorie "Best" vallen de becijferde mosselproductie toch net lager uit dan voor de parken die – op basis van chlorofyl a-concentraties en/of chlorofyl a x stroomsnelheid – tot de categorie "Goed" waren gerekend. Met de aanname van een conversie van 10% (Herman et al., 1999; Lindeman, 1991) en de conversiefactor 40.2% C:DW leidt dit tot een biomassa mosselen ($\text{g DW}/\text{m}^2$) (Tabel 13).

Tabel 13: schatting biomassa mosselen (gDW/m^2) per jaar.

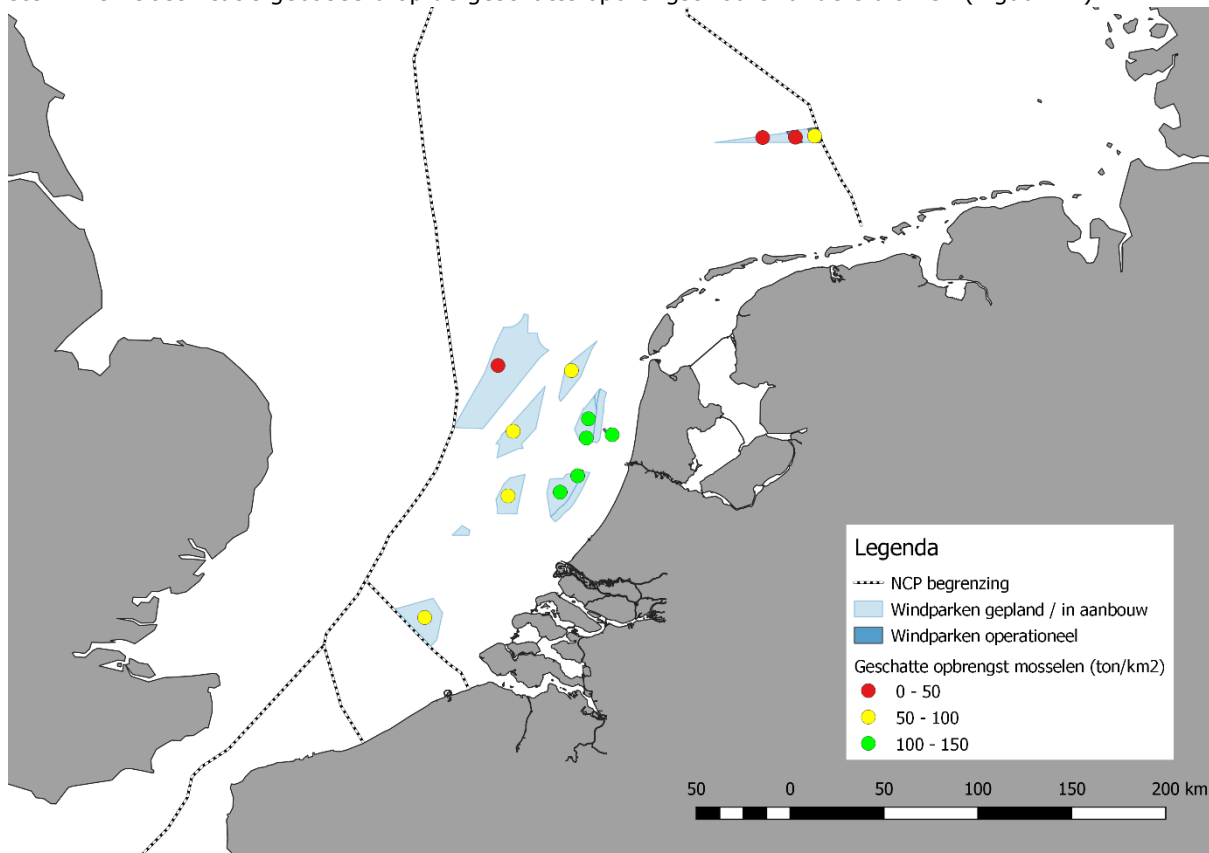
Biomassa mosselen per m^2 per geschiktheidsgebied op basis van de primaire productie per jaar	Geschiktheidsklasse (op basis chlorofyl a en/of chlorofyl a x stroomsnelheid):		
	Best	Goed	Voldoende
$\text{dw}/\text{m}^2/\text{jaar}$	91	100	49

Aan de hand van het beschikbare oppervlak voor mosselcultures per windpark van 25%, kan vervolgens de hoeveelheid te genereren DW mosselen (kton) per geschiktheidsgebied bepaald worden (Tabel 14). Vanwege de relatief lage voorspelling van primaire productie in windenergiegebied Borssele ($0.63 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{dag}$, ofwel $230 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{jaar}$), komt in de gebieden die in de categorie "Best" vallen de verwachte opbrengst lager uit dan voor de parken in de categorie "Goed".

Tabel 14: totale hoeveelheid drooggewicht mosselen te genereren per geschiktheidsgebied (25% oppervlak per windpark in de geschiktheidsgebieden) per jaar.

Totale hoeveelheid DW mosselen te genereren per gebied o.b.v. 25% ruimte beschikbaar per seizoen o.b.v. Chl a-concentraties	Geschiktheidsklasse (op basis chlorofyl en/of chlorofyl x stroomsnelheid):		
	Best	Goed	Voldoende
Kton ADG mosselen per geschiktheidsgebied	12	16	20
Percentage totale potentiële opbrengst (%)	26	33	41
Ton DW per km ²	91	100	49

Variabiliteit in de categorieën "Best" en "Goed" (op basis van de eerste classificatie uit Tabel 8) variëren sterk. Een classificatie gebaseerd op de geschatte opbrengst zou er anders uit zien (Figuur 11).



Figuur 11: classificatie op basis van opbrengst. Uiteraard verschilt dit afhankelijk van hoe de klassegrenzen gekozen worden.

Momenteel is er in het Verenigd Koninkrijk de eerste commerciële offshoremosselkweek operationeel, bij het bedrijf Offshore Shellfish Ltd. De ambitie van Offshore Shellfish is om op 3 locaties van totaal 15.4 km² een productie van 10,000 ton per jaar te genereren. Vermoedelijk is dit versgewicht (met schelp), al wordt dit niet expliciet vermeld. Uitgaande van deze verhouding zou dit neerkomen op een productie van 649 ton versgewicht met schelp per jaar per km² kweekareaal, wat overeenkomt met 32 ton drooggewicht per jaar (uitgaande van vleespercentage van 25% (162 ton vlees) en daarvan 20% droge stof (pers. com. Wijsman)). Dit zit dus in dezelfde orde van grootte als geschat voor de "Beste" en "Goede" gebieden (zie Tabel 14).

2.5.1.4 Bronnen van onzekerheid

Gezien de vele bronnen van onzekerheid (onzekerheden in modeluitkomsten, het niet goed kunnen meenemen van factoren zoals stroomsnelheden, etc.) en de alle kanttekeningen bij de berekeningen, is het uiterst belangrijk de grofheid van de berekeningen in acht te nemen. Met name de onzekerheid rond het windenergiegebied Borssele illustreert dit. In de eerdere classificaties (op basis van chlorofyl en/of

op basis van chlorofyl x stroomsnelheid) kwam dit windpark naar voren als potentieel het meest productief van alle windparken (zie ook Van den Bogaart et al., 2019). Op basis van de primaire productie gebaseerd op de MER-zandwinning-modellen zit dit windpark slechts op 57 ton/km², wat in de categorie "Goed" valt bij deze vrij arbitraire klassegrenzen. In het Deltares-model is dit een gebied met zeer grote variabiliteit in de ruimte, voornamelijk veroorzaakt door lokale effecten van de slibpluim uit de Schelde. Het is het gebied met de hoogste stroomsnelheden (>0.5 m/s) en dit zal uiteindelijk lokaal de productiviteit verhogen. Echter zonder een beter beeld is van hoe stroming zich gedraagt binnen een windpark met mosselkweek, kunnen hierover nog geen betrouwbare uitspraken worden gedaan.

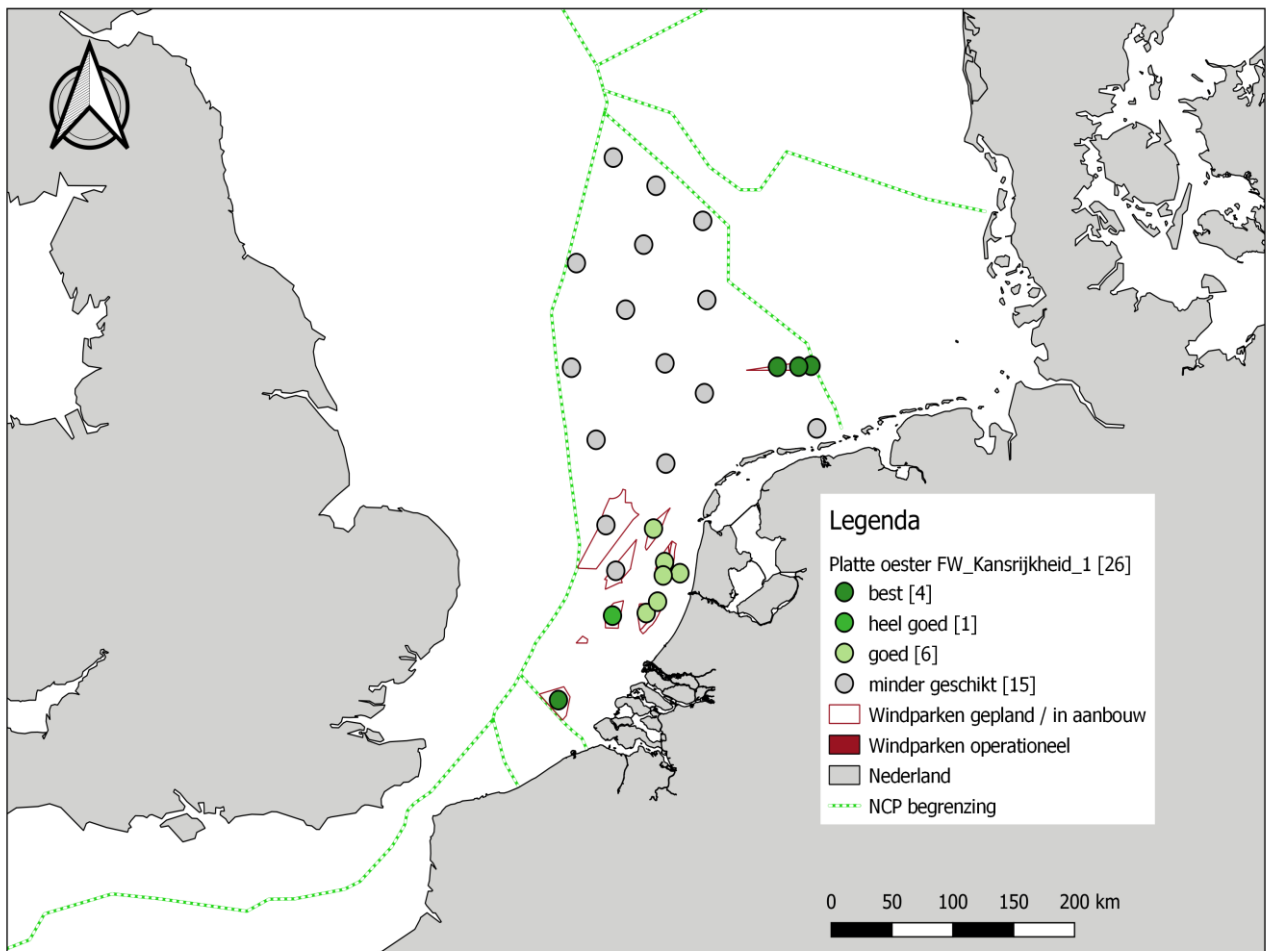
2.5.2 Platte oester (*Ostrea edulis*)

Een ecologische beschrijving van platte oester, inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in het voorgaande rapport (van den Bogaart et al., 2019).

In voorgaande paragraaf is een beschrijving gegeven van een globale berekening van potentiële mosselkweek in windparken. De conversiefactor C:DW voor platte oester blijkt vrijwel gelijk te zijn aan de factor voor mosselen (40,2%). Op basis van deze parameter gelden dus voor platte oester dezelfde kwantitatieve waarden als voor mossel. Daarbij moet opgemerkt worden dat het gaat om droge stof en niet om versgewicht.

Door Pogoda et al. (2011) is onderzoek gedaan naar de groeisnelheid, conditie en mortaliteit van platte oesters in offshore habitats (i.e.: omgeving met sterke stroming en hoge golven). Hiervoor zijn oesterbroedjes naar vier verschillende offshore locaties gebracht in de Duitse Noordzee. De resultaten laten zien dat de jonge oesters goed groeien in de offshore locaties. Gemiddelde groeisnelheden zijn vergelijkbaar met snelheden gemeten in de kustzone. Ook blijken de oesters in goede conditie te zijn (Conditie Index; ratio van vleesgewicht tot schelpgewicht). Als laatste blijkt ook de overlevingskans erg hoog (>99%, afgezien van één locatie waar grote hoeveelheden sediment in het water werden aangetroffen). Er wordt geconcludeerd dat de oesters goed tegen de extreme omstandigheden van de offshore locaties kunnen en dat oesters geschikt zijn om te kweken in dit soort gebieden. De combinatie van oesterkweek in windmolenparken wordt gezien als een veelbelovende optie, waarbij wel rekening gehouden moet worden met geschikte selectiecriteria van de gebieden (o.a. voldoende voedsel in combinatie met stroming).

Voor platte oester is de kanskaart voor kweek ten opzichte van voorgaand rapport niet veranderd. Op basis van aanvullende data zijn slechts details veranderd die geen verandering geven aan het bestaande kaartmateriaal. Volledigheidshalve is de kanskaart voor platte oester in potentiële windparklocaties bijgevoegd (Figuur 12). De meest geschikte locaties liggen voornamelijk in het zuidelijk deel van de Nederlandse Noordzee en relatief dichtbij de kust (met uitzondering van de Borkumse Stenen). Ook bevinden zich drie heel geschikte locaties in het noorden. De locaties in het noordelijk gedeelte van de Noordzee en op grotere afstand van de kust zijn minder geschikt.



Figuur 12: kanskaart voor oesterkweek in potentiële windparklocaties. De basis van de kaart is de kaart zoals gerapporteerd in Van den Bogaart et al., 2019.

2.6 Weekdieren: inktvissen

2.6.1 Zeekat (*Sepia officinalis*)

Een ecologische beschrijving van zeekat (klasse koptigen), inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in het voorgaande rapport (van den Bogaart et al., 2019).

Om de potentiële kwantitatieve productiviteit te berekenen van het passief vissen op zeekat binnen windparken, is ruimtelijke bestandsschatting nodig van deze soort. Op dit moment is er nog te weinig bekend over de ruimtelijke verdeling van zeekat en het is een zeer tijdrovende klus om dit goed in beeld te krijgen. Dit komt doordat de vangstmethoden voor zeekat afwijken van de standaardmethoden die momenteel gebruikt worden bij bijvoorbeeld de IBTS- of BTS-surveys. Het komen tot een absolute schatting, met eventueel seizoensdynamiek, is derhalve niet mogelijk in dit stadium. Om toch een grof beeld te geven van de potentiële opbrengst van zeekat in windparken, is gekeken naar studies die hier onderzoek naar gedaan hebben.

Een vorm van passieve visserij die voor zeekat gebruikt wordt, is de pottenvisserij. Deze potten bestaan uit een metalen cilindervormige frame bekleed met een net. Twee openingen aan de zijkanten van het net zorgen ervoor dat de zeekat wel naar binnen kan zwemmen, maar er niet meer uit. Mannelijke zeekatten worden gelokt door een reeds eerder gevangen vrouwelijk exemplaar die in een pot geplaatst wordt (van Marlen et al., 2011; Verhaeghe et al., 2008). Deze manier van vissen wordt al toegepast in Frankrijk en Groot-Brittannië rond het Kanaal (van Marlen et al., 2011). Het is een seizoensvisserij die uitgevoerd wordt in de kustwateren gedurende het voorjaar (maart-mei). In Frankrijk en Groot-Brittannië wordt gevist met 500 tot 1000 potten, waarbij 250 tot 300 potten om de twee dagen worden opgehaald (van Marlen et al., 2011). Aan de Engelse kust worden vangsten van 7 tot 10 kg per pot waargenomen, met uitzonderingen tot 36 kg per pot. Er wordt hoofdzakelijk gevist binnen 2 mijl uit de kust, omdat de zeekat dichtbij de kust migreert om eitjes af te zetten.

In 2008 is er door ILVO een project uitgevoerd waarin praktijkkennis is verzameld betreffende het vissen op zeekat (Verhaeghe et al., 2008). Uit de proeven die zijn gedaan ter hoogte van de Buitenratel Bank (Normandië) is gebleken dat het enkele minuten duurt om een pot op de bodem te plaatsen met een tussenafstand van ca. 20 à 30 m. De meeste zeekatten werden gevangen bij warm weer (vanaf april), dichtbij de kust en in helder water. Tijdens deze periode werd ca. 4 kg zeekat gevangen per val die twee dagen in het water stond. Met 800 potten zou dat leiden tot een vangst van ca. 3200 kg in twee dagen, mits de omstandigheden goed zijn.

Ook in Nederland is onderzoek gedaan naar het vissen op zeekat (van Marlen et al., 2011). In juni 2011 zijn er pilots uitgevoerd met deze visserijmethode, echter zonder resultaat. Het water bleek te troebel tijdens één van de trips, wat mogelijk de oorzaak is geweest. Maar ook bij twee andere trips waarbij de potten in helder water stonden, werden geen zeekatten gevangen. En ook als bijvangst van de staandwant- en sleepnetvisserij werd geen zeekat aangetroffen. In datzelfde jaar werden daarentegen veel zeekatten gevangen in het Kanaal bij Eastbourne, wat erop wijst dat de trek niet verder naar het noorden heeft doorgezet. Deze visserijmethode zal dus enkel rendabel kunnen zijn in Nederlandse offshorewindparken indien er voldoende zeekatten naar het noorden trekken en het zeewater helder genoeg is. Een voordeel dat wel zou kunnen optreden in windmolenparken is dat er geen sleepnetvissers actief zijn in deze gebieden. Daardoor is er een kleinere kans op het afvissen van potten die aan lange lijnen vastzitten.

2.6.2 Dwergpijlinktvis (*Alloteuthis subulata*)

Dwergpijlinktvis (klasse koptigen) is een veelvoorkomende soort in de Noordzee en kan gevangen worden met zogenaamde jigvisserij. Dit is een lijn met haken en aas waarbij de lijn korte op- en neergaande bewegingen maakt. Bij deze visserijmethode is er geen bodemberoering en weinig bijvangst (Jager, 2013). De aanlandingen van verschillende Noordzeelanden gezamenlijk variëren van ruim 3000 ton tot ruim 12.000 ton per jaar (tussen de jaren 2000 en 2010). Dit betreft gemengde aanlandingen van noordse pijlinktvis, gewone pijlinktvis en dwergpijlinktvis. De meeste inktvis wordt aangeland door Frankrijk; de Nederlandse visserij draagt nauwelijks bij aan de aanlandingen van pijlinktvissen vanuit de Noordzee. De populatie dwergpijlinktvis wordt geschat op 2500 miljoen exemplaren in de winter en

360 miljoen in de zomer (ICES, 2011; Jager, 2013). Er is nog veel onbekend over de dwergpijlinktvis in de Nederlandse wateren en daarom is het belangrijk om betere vangstgegevens bij te houden. Hoeveel aantallen er daadwerkelijk in het NCP voorkomen en wat de verspreiding daarvan is, is moeilijk te zeggen (Jager, 2013).

2.6.2.1 Conditie



Figuur 13: *Alloteuthis subulata*. Overgenomen van (Bos, 2008a). (<https://images.wur.nl/digital/collection/coll18/id/1232/rec/1>).

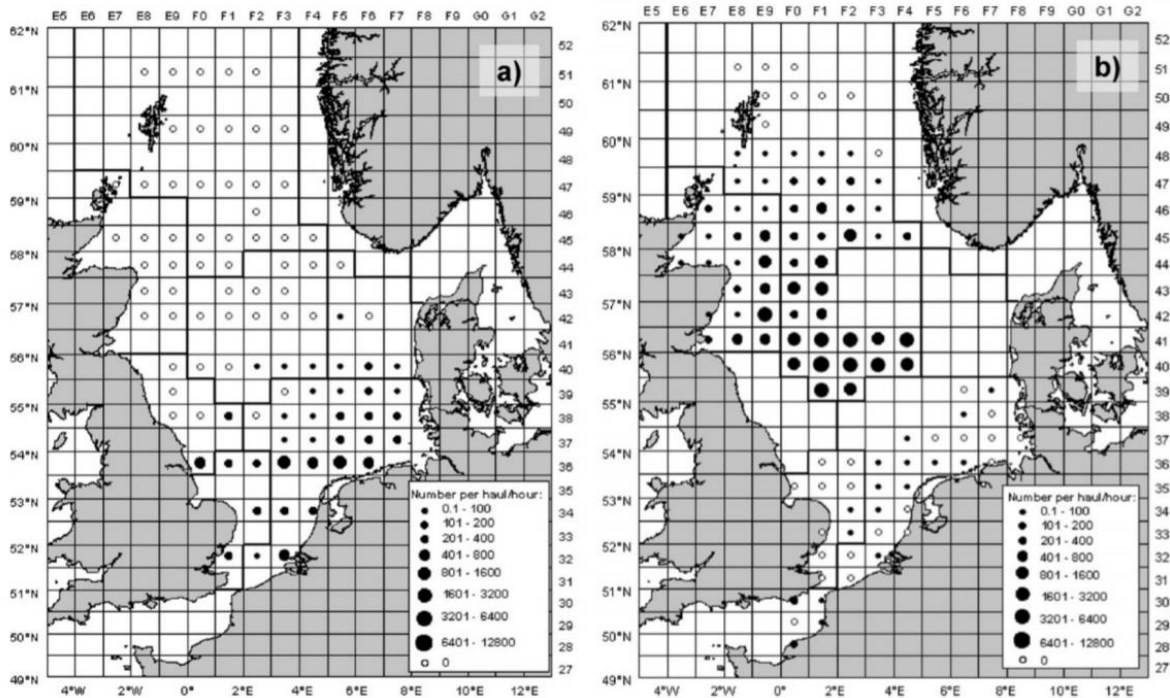
Habitat en biologie: het lichaam van de dwergpijlinktvis is slank pijlvormig en uitlopend in een scherpe punt (Figuur 13). De mannetjes kunnen een totale lengte van 20 cm bereiken en de vrouwtjes tot 17 cm. De dorsale mantel is niet met de kop vergroeid. De dwergpijlinktvis heeft acht vangarmen en twee tentakels. De lichaamskleur varieert van vuilwit tot bruinrood. Chromatoforen (i.e. celonderdelen die pigment bevatten en licht reflecteren) zorgen ervoor dat de inktvis van kleur kan veranderen. Deze soort wordt 1 à 2 jaar oud. Dwergpijlinktvis komt voor in ondiepe kustwateren, vlak boven de bodem. Het dieet bestaat uit kleine vis en garnalen (De Heij & Goud, 2013).

Seizoenspatroon: in het voorjaar trekt de dwergpijlinktvis naar de kust om te paaien en eieren af te zetten, waarna de volwassen exemplaren sterven. De eieren worden in trosjes aan hard substraat vastgemaakt en komen na ca. twee maanden uit. In het najaar trekken de jonge dieren naar de diepere en dan nog warmere wateren in het midden van de Noordzee. De watertemperatuur bepaalt hoe ver de dieren van de kust wegtrekken. Dat zal in de toekomst mede afhangen van de temperatuurstijging van het water door klimaatsverandering (De Heij & Goud, 2013).

Areaal en verspreiding: dichtbij de kust, van de Shetland-Eilanden tot in de Middellandse Zee. In de Noordzee is de dwergpijlinktvis de meest voorkomende inktvissoort en wordt met name aangetroffen in het Waddengebied en de Zeeuwse wateren (De Heij & Goud, 2013) (Figuur 14).

Abiotische factoren: dwergpijlinktvis komt voornamelijk in ondiepere wateren voor maar kan op dieptes tot 200 m aangetroffen worden (Jager, 2013).

Gebruik: consumptie (Jager, 2013).



Figuur 14: verspreiding van dwergpijlintvis in de Noordzee in de zomer (a) en winter (b) van 2007. Overgenomen van Jager, 2013.

2.6.3 Gewone pijlintvis (*Loligo vulgaris*)

In de Nederlandse Noordzee komen twee inktvissoorten van het geslacht *Loligo* voor: de gewone pijlintvis (*Loligo vulgaris*) en de noordse pijlintvis (*Loligo forbesii*). De laatste jaren is de hoeveelheid pijlintvissen (het betreft hier zowel gewone pijlintvis als noordse pijlintvis) in de Noordzee toegenomen (Visbureau, 2019). Dat zou mogelijk te maken hebben met het opwarmen van het zeewater waardoor deze meer naar het noorden trekken. De twee soorten worden beide gevangen door de Nederlandse visserij en worden vaak onder dezelfde noemer (*Loligo* spp.) verkocht (Visbureau, 2019). Om die reden zijn gegevens over deze soorten gecombineerd weergegeven in onderstaande kaarten.

De noordse pijlintvis is, in tegenstelling tot de gewone pijlintvis, geen echte kustbewoner. Hij leeft in het diepere deel van het Europese Continentale Plat. Op het NCP zijn geen paaiplaatsen van deze soort bekend en daar worden dan ook hoofdzakelijk onvolwassen dieren gevangen en nooit in grote aantallen. De meeste waarnemingen van noordse pijlintvis zijn gedaan op het noordelijk deel van het NCP rondom de Oestergronden en de Doggersbank, maar ook in het zuidelijk deel van het NCP zijn dieren aangetroffen. De noordse pijlintvis is niet bekend in de Waddenzee of Zeeuwse Delta (De Heij & Goud, 2013; Jereb et al., 2010). De meeste exemplaren van noordse pijlintvis die gevangen en verkocht worden, zijn afkomstig als bijvangst van diepwatervisserij (De Heij & Goud, 2013).

Voorheen was de pijlintvis voor Nederlandse vissers geen belangrijke soort en werd voornamelijk gezien als bijvangst. Tegenwoordig maken ze echter een belangrijk deel uit van de vangst. De aanvoer van pijlintvis (*Vulgaris* spp.) door Nederlands gevlagde schepen lag in 2018 rond de 1500 ton. Op de Nederlandse afslagen (aanvoer van Nederlands gevlagde schepen en niet Nederlandse gevlagde schepen) ligt het aanbod pijlintvis (*Vulgaris* spp.) jaarlijks rond de 1800 – 2000 ton (Visbureau, 2019). Het is niet duidelijk om hoeveel gewone pijlintvissen en hoeveel noordse pijlintvissen het hier gaat. De Nederlandse vissers op gewone en noordse pijlintvis maken voornamelijk gebruik van de flyshoot techniek. Bij deze methode worden lijnen met een net eraan achter het schip gehangen. Dit type visserij behoort tot de semipassieve visserij. De lijnen rollen over de bodem tijdens het vissen en veroorzaken stofwolken die de doelsoorten opschrikken en ervoor zorgen dat ze voor de touwen uit blijven zwemmen. Tijdens het binnenhalen van het net worden de (inkt)vissen naar de netopening gedreven. De effecten op het habitat zijn naar verwachting beperkt omdat het vistuig gedurende korte tijd en tot beperkte diepte de bodem doordringt (Polet & Depestele, 2010). Daarnaast kenmerkt het zich door lager energieverbruik en onderhoudskosten, geringere bodemberoering en bijvangst (Visbureau, 2019).



Figuur 15: *Loligo vulgaris*. Overgenomen van (Bos, 2008b). (<https://images.wur.nl/cdm/singleitem/collection/coll18/id/1350/rec/3>).

2.6.3.1 Condities

Habitat en biologie: het achterlijf van de gewone pijlinktvis loopt spits toe en de vinnen aan weerszijden van het achterlijf vormen een naar achteren wijzende pijlpunt (Figuur 15). De dorsale mantel kan een lengte bereiken tot 35 cm en totale lengte van het hele dier kan oplopen tot 60 cm (De Heij & Goud, 2013). Gewone pijlinktvis heeft acht vangarmen en twee tentakels. De lichaamskleur is vuilwit met vlekkelig bruinrood. Chromatoforen zorgen ervoor dat de pijlinktvis zich goed aan de achtergrond kan aanpassen. Vooral bij stress kunnen de chromatoforen donkerrood pulseren (De Heij & Goud, 2013). De levensverwachting van de gewone pijlinktvis varieert tussen de 9 maanden en 1.5 jaar. De gewone pijlinktvis komt voornamelijk voor op grofzandige bodems, maar ze zijn ook aangetroffen op slib en zeegras. Pijlinktvissen, vooral jonge individuen, verblijven overdag dicht bij de bodem en verplaatsen zich 's nachts omhoog in de waterkolom om te foerageren. Jonge individuen foerageren voornamelijk op planktonische schaaldieren en vislarven, terwijl volwassenen individuen vooral prederen op vis (Jereb et al., 2010).

Seizoenspatroon: de gewone pijlinktvis behoort tot de pelagische fauna en is een kustbewoner. In het voorjaar komen de volwassen dieren vanuit Het Kanaal naar het noorden om hier langs de kust te paaien. De volwassen dieren sterven na het paaien. In het najaar trekken de juvenielen weer terug naar het zuiden (De Heij & Goud, 2013). Een vrouwtje kan 1000 tot 6000 eitjes leggen per keer, welke in gelatineuze clusters van ca. 20 cm lengte afgezet worden op stenen of ander hard substraat. Afhankelijk van de watertemperatuur, komen de eitjes na 25 tot 45 dagen uit (De Heij & Goud, 2013; Jereb et al., 2010).

Areaal en verspreiding: de gewone pijlinktvis komt voor van Noorwegen en de Britse Eilanden langs de Europese kust tot zuidwestelijk Afrika. Ook in de Middellandse Zee is dit een algemeen voorkomende soort, inclusief de Adriatische Zee (Jereb et al., 2010; Lacourt, 1981). Langs de Nederlandse kust kunnen, afhankelijk van de watertemperatuur, vanuit Het Kanaal rond half april de eerste binnentrekkende exemplaren worden verwacht. In de Oosterschelde wordt de gewone pijlinktvis vooral waargenomen in mei en juni (De Heij & Goud, 2013; Jereb et al., 2010).

Abiotische factoren: de gewone pijlinktvis komt voor van het oppervlak tot een diepte van 500 m, maar komt het meest voor tot een diepte van 100 m. Pijlinktvissen leven in water met een temperatuur tussen de 12.5 en 20°C en saliniteit tussen de 30 en 38 psu (Jereb et al., 2010).

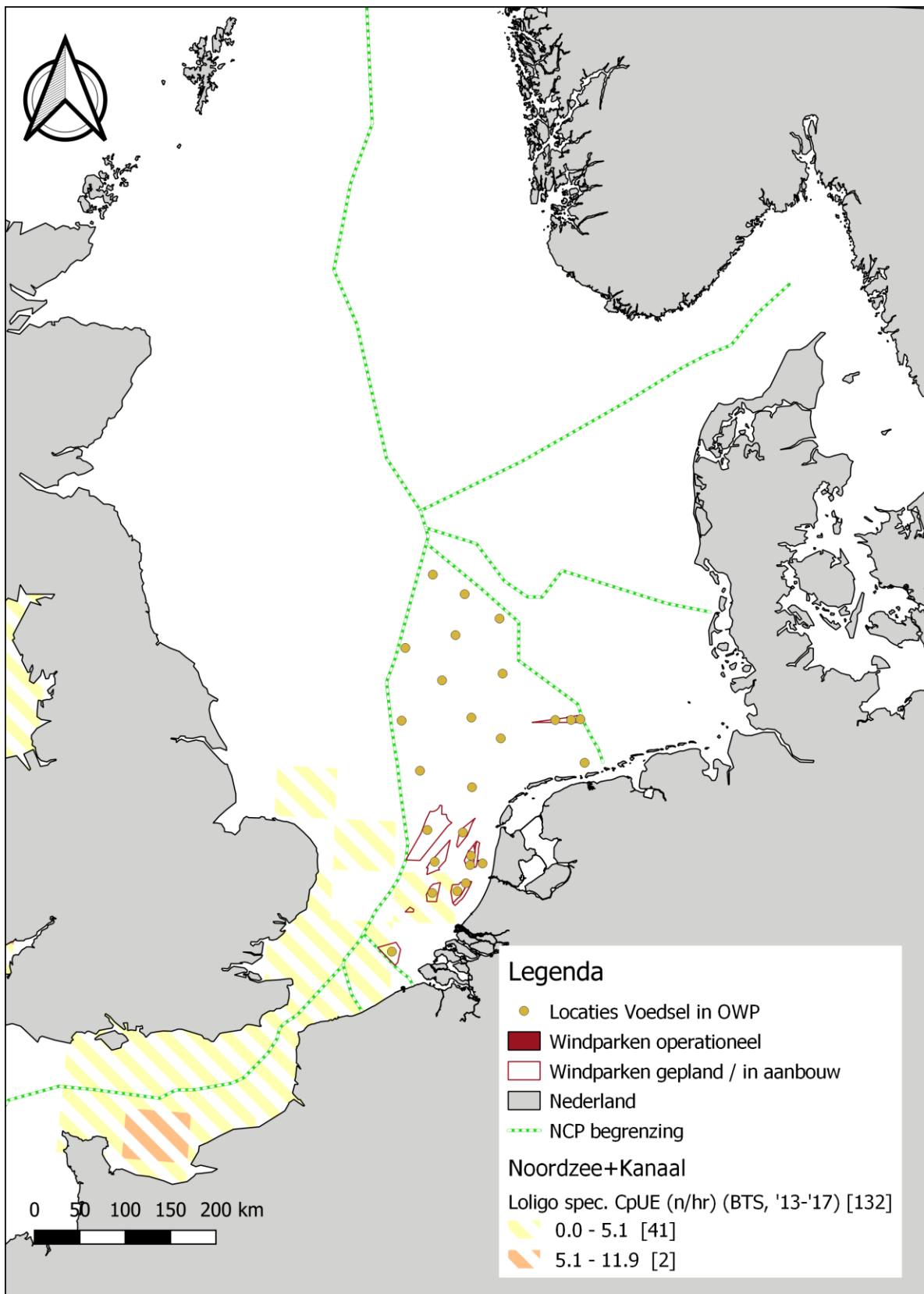
Gebruik: consumptie (Jereb et al., 2010; Lacourt, 1981).

2.6.3.2 Analyse en kaarten

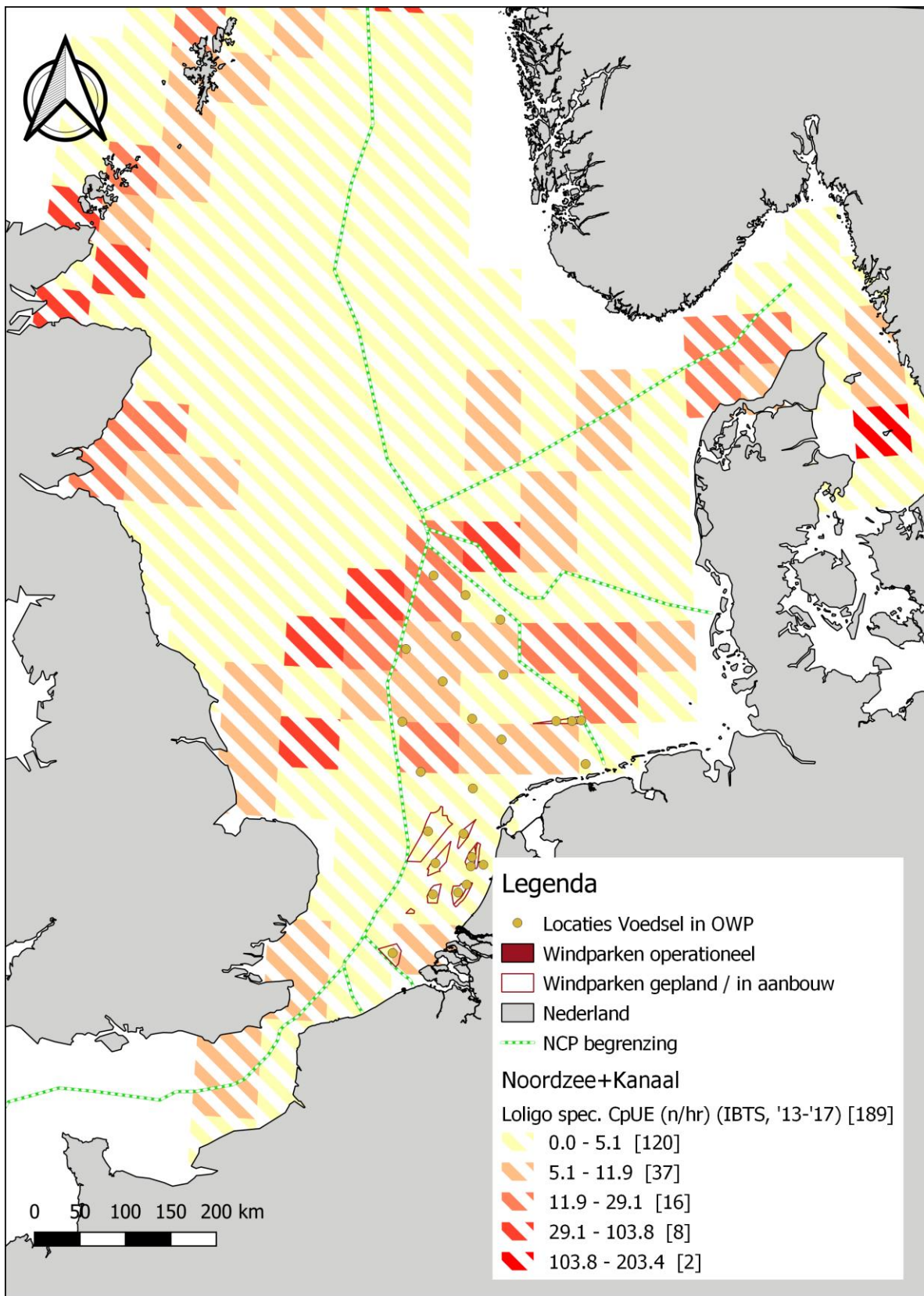
De beide kaarten voor pijlinktvis (i.e. geslacht *Loligo*) (Figuur 16, Figuur 17) laten in CpUE (aantal per uur) zien waar in de Noordzee pijlinktvissen van het geslacht *Loligo* gevangen worden. De gegevens kunnen zowel gewone pijlinktvis (*Loligo vulgaris*) als noordse pijlinktvis (*Loligo forbesii*) betreffen. Beide soorten zijn ook vastgesteld voor het Nederlandse deel van de Noordzee (Bos et al., 2017). Bij de weergave is gekozen voor een arcering om aan te geven dat noch de BTS- noch de IBTS-survey

ontworpen is om deze soorten te bemonsteren en zodoende de verspreiding hooguit als indicatief beschouwd kan worden. De aantallen in blokhaken achter de legende-eenheden geven aan hoe vaak een categorie voorkomt in de gehele dataset. Dat kan ook buiten de getoonde uitsnede zijn.

Op basis van de ruimtelijke verdeling van de visserijinspanning (BTS) blijkt dat *Loligo* slechts aanwezig is in het zuiden van de Nederlandse Noordzee. Uit de resultaten van de IBTS blijkt pijlinktvis wel overal te zijn aangetroffen, met grotere aantallen in het noordelijk deel en lagere aantallen dichtbij de kust. Om een inschatting te kunnen maken van de potentiële productiviteit van het vissen op pijlinktvis in windparken, is het van belang om een bestandsschatting te hebben van de twee betreffende soorten. De BTS- en IBTS-surveys zijn echter niet ontworpen om pijlinktvissen te bemonsteren en hiermee worden dus enkel pijlinktvissen als bijvangst genoteerd. Dit geeft slechts een indicatief beeld. Om een realistischer beeld te krijgen van het voorkomen van pijlinktvissen, zou een survey ontwikkeld moeten worden dat specifiek toegepast is op de twee betreffende soorten. Aangezien pijlinktvissen snel groeien, een korte levensduur hebben en een seizoenale levenswijze hebben, zullen metingen frequent uitgevoerd dienen te worden (Visbureau, 2019).



Figuur 16: *Loligo spec.* in de Noordzee: visserijinspanning (CpUE) BTS-survey.



Figuur 17: *Loligo spec.* in de Noordzee: visserijinspanning (CpUE) IBTS-survey.

2.7 Vissen

Een ecologische beschrijving van schol, tong, kabeljauw en zeebaars, inclusief geprefereerde abiotische factoren, is terug te vinden in het voorgaande rapport (van den Bogaart et al., 2019).

Een uitwerking naar biomassa, kansen en voorkomen van deze vissoorten is in het huidige rapport niet kwantitatief ingeschat omdat daarvoor meer analytisch vermogen en tijd nodig zijn dan beschikbaar binnen dit project. Dit vraagt namelijk om een specifieke verwerking en accumulatie van data. De data zijn in de basis niet voor dit doel ingewonnen (methodisch gezien). Er zijn ruimtelijke bestandsschattingen nodig van de verschillende soorten om tot een kwantitatieve inschatting te komen van potentiële vangsten. Daarnaast is de aanwezigheid van vis seizoensgebonden wegens migratie of reproductie. De IBTS-survey vindt enkel plaats in kwartaal 1 en deze data geven derhalve geen goed beeld van de aanwezigheid in de andere seizoenen. Ook zijn deze surveys ontwikkeld voor grote beheerunits en niet voor de lokale aanwezigheid van soorten. Om toch een beeld te kunnen geven van wat de mogelijkheden zijn van vissen in windmolenparken, is gekeken naar wat er bekend is in de literatuur.

Uit een rapport van Rasenberg et al. (2015) blijkt dat over de economische mogelijkheden (potentiële opbrengsten en kosten) voor visserij in windmolenparken vanuit de literatuur zeer weinig bekend is. Om meer over de economische mogelijkheden te kunnen zeggen, is het ten eerste van belang of sleepnetvisserij in en rondom windmolenparken toegestaan wordt. De huidige windparken zijn enkel overdag toegankelijk voor schepen met een lengte tot maximaal 24 meter met een Automatic Identification System (AIS). Daarnaast is er een minimale afstand van 50 meter tot de turbinepalen vereist en 500 meter tot een transformatorplatform. Dit geldt ook voor voorwerpen zoals lijnen, dobbers en haken. Ten tweede is het noodzakelijk om te weten of er ook daadwerkelijk vissen aanwezig zijn binnen de windmolenparken, en zo ja, welke vissoorten er aangetroffen worden die voor commerciële doeleinden gebruikt kunnen worden. Deze informatie zou kunnen helpen om visserijscenario's te ontwikkelen waardoor potentiële opbrengsten en kosten in beeld gebracht kunnen worden. Passieve visserijmethoden worden gezien als meest kansrijk voor visserij in en rond windmolenparken (lijnen, potten en staandwant). Deze methoden kosten relatief weinig brandstof en materiaal (Rasenberg et al., 2015). Doelsoorten voor staandwantvisserij zijn voornamelijk tong, kabeljauw, zeebaars en makreel (Rockmann et al., 2015). Uit een onderzoek naar vangstefficiëntie van schol met longlines bleek dat slechts twee schollen gevangen werden tijdens een reis waarbij dertien longlines en zeven aassoorten uitvoerig getest werden. Hierbij wordt opgemerkt dat er verschillende oorzaken mogelijk zijn voor het niet vangen van schol. Er is o.a. nog weinig bekend over aasgedrag van schol (Neitzel & Molenaar, 2018).

Uit dezelfde literatuurstudie van Rasenberg et al. (2015) blijkt ook dat in de omgeving van windturbines een hoger aantal vissen aangetroffen werden dan in de omgeving (Wilhelmsson et al., 2006). Soortenrijkdom en diversiteit waren echter niet significant verschillend binnen en buiten de windparken. Het is echter niet duidelijk of er daadwerkelijk meer individuen zullen komen op bestandsniveau of dat er slechts een verplaatsing optreedt. Het aantrekken van vissen heeft wel tot gevolg dat er een lagere visserijinspanning nodig is om dezelfde hoeveelheid vis te vangen. Een tagging- en telemetriestudie uitgevoerd door Van Hal et al. (2012) heeft de mogelijke effecten van een windmolenpark op vis onderzocht in een windpark 10 – 18 km uit de kust van Egmond aan Zee. Het gaat daarbij om de aanwezigheid van turbines (hardsubstraat), verstoring door de windmolens (geluid) en de afwezigheid van sleepnetvisserij. Hieruit blijkt dat de biomassa van demersale visvangsten in windparken niet significant verschillen van de demersale visvangsten in omringende referentiegebieden. In deze studie zijn wel op lokaal niveau observaties gedaan die een verschil aantonen tussen hardsubstraat habitat en zanderige bodem binnen het windpark. In de nabijheid van de monopiles zijn grotere aantallen vissen (o.a. makreel) aanwezig dan op de zanderige bodem. Ook zijn er hogere aantallen van o.a. kabeljauw, Noordzeekrab en steenbolk geobserveerd in het park op de erosiebeschermende platen in de buurt van de monopiles. Tussen het hard substraat van de turbines maken ze gebruik van het beschikbare voedsel en de schuilmogelijkheden.

Daarentegen zijn er lagere aantallen van o.a. tong en schol aangetroffen. Het individuele gedrag van vissen in en rond het windmolenpark werd onderzocht door middel van een tagging- en telemetriestudie. Hiervoor zijn tong en kabeljauw als representatieve soorten van respectievelijk zachtsubstraat en hardsubstraat getagd en gevolgd. Hieruit blijkt dat een deel van de kabeljauwen lange perioden (weken tot maanden) doorbrengen in het windmolenpark en dat er meer kabeljauw aanwezig is rondom de

turbines. Dat wijst erop dat windmolenparken fungeren als refugium voor deze soort. Individueel gedrag laat echter ook zien dat individuen al binnen enkele dagen wegtrekken uit het windmolenpark. Alle getagde individuen waren juvenielen en daardoor is er geen informatie verzameld over paaien van kabeljauwen in het windmolenpark. Daarentegen blijkt de verblijftijd van tong binnen de windparken beperkt te zijn. Deze beperkte verblijftijd wijst erop dat het windmolenpark niet gebruikt wordt als refugium voor tong en andere soorten met een vergelijkbare verblijftijd. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat hardsubstraatsoorten (bijv. kabeljauw) worden aangetrokken door de harde structuren om te foerageren en dat zandbodemsoorten (bijv. schol) niet worden aangetrokken door windmolenparken, mogelijk door de afname van hun habitat in windparken. Soortgelijke bevindingen worden ook gevonden in Belgische windparken (Reubens et al., 2013; Vandendriessche et al., 2013). De aanwezigheid van hardsubstraatsoorten binnen enkele meters van de monopiles wordt ook opgemerkt door P. Molenaar en S. Neitzel. Op grotere afstand van de monopiles (>10 m) wordt aanzienlijk minder vis waargenomen (persoonlijke ervaring Molenaar en Neitzel). Aangezien er niet binnen 50 meter van de monopiles gevestigd mag worden door zeesportvissers, is er geen mogelijkheid om informatie in te winnen over ervaring van zeesportvissers nabij de palen. In oktober 2019 is een enquête gehouden als onderdeel van een evaluatie over sportvisserij en doorvaart in windparken op de Noordzee. De resultaten zullen echter geen informatie opleveren over visserij binnen 50 meter van de palen, waar naar verwachting juist de meeste vis voor zal komen.

Naast de kansen die de bouw van windparken biedt aan bijvoorbeeld de onderwaternatuur (geen bodemberoerende activiteiten, toename hard substraat), zijn er ook negatieve effecten. Een van de risico's is onderwatergeluid tijdens de bouw van windparken en tijdens de operationele fase. Volgens Vrooman et al. (2018) heeft dit negatieve effecten op zeezoogdieren, maar mogelijk ook op vissen (en hun larven) en duikende zeevogels, al is hier nog weinig over bekend. Daarnaast is het nog niet bekend wat het effect is van elektromagnetische straling op vissoorten rond elektriciteitskabels op de bodem. Hoewel er aan de ene kant al veel bekend is over de effecten van windparken op de ecologie, zijn er aan de andere kant ook nog veel kennisleemten. Het is van belang dat deze hiaten de komende jaren beantwoord gaan worden (Vrooman et al., 2018).

2.8 Schaaldieren

Voor krabben en kreeften is een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij is gekeken naar dichtheden van enkele mogelijk commercieel interessante soorten (Noordzeekrab, Europese zeekeeft, fluwelen zwemkrab en spinkrabben), met als doel om relatieve dichtheden in kaarten om te kunnen zetten in een schatting van echte dichtheden. Hierbij is gekeken naar verschillende atlassen, duikwaarnemingen, bemonsteringen op offshorewindmolenparken en ICES-werkgroepen.

Atlassen

De Noordzeekrab en Europese zeekeeft worden niet genoemd in de verschillende atlassen (Degraer et al., 2006; Lindeboom et al., 2008; Witbaard et al., 2013). De fluwelen zwemkrab (*Necora puber*) wordt genoemd in de NIOZ-atlas (Witbaard et al., 2013).

Duikwaarneming

Voor de provincie Zeeland zijn veel duikwaarnemingen beschikbaar, waarbij duikers aangeven hoeveel individuen van een bepaalde soort ze per duik gezien hebben. Deze getallen kunnen niet direct in dichtheden worden vertaald (Meyling et al., 2014). Voor een tiental Noordzeewrakken zijn gegevens gepubliceerd in een rapport (Lengkeek et al., 2013). Een aanvullende wrakkendataset is nog in voorbereiding (St. Anemoon). Vaak wordt bij het duiken het aantal waargenomen exemplaren per duik genoteerd, waarbij een duik ongeveer 30 minuten duurt. Hoeveel m² er binnen die duik zijn bemonsterd wordt niet genoteerd en kan alleen maar worden geschat.

Bemonsteringen

In een onderzoek uitgevoerd door Vanagt et al. is een kwantitatieve bemonstering uitgevoerd op een offshorewindmolenpark (Vanagt et al., 2014). Echter, opschaling van een enkel individu per monster naar aantallen per m² leidt tot niet reële getallen.

ICES-werkgroepen

De ICES-werkgroep WGCRAb (Working Group on the Biology and Life History of Crabs) rapporteert over aanlandingen van krabben en kreeften, maar niet voor Nederland (ICES, 2017). Ook daarvoor geldt dat er geen dichtheden kunnen worden berekend.

2.8.1 Noordzeekrab (*Cancer pagurus*)

Een ecologische beschrijving van Noordzeekrab inclusief geprefereerde abiotische factoren zijn terug te vinden in het voorgaande rapport (Van den Bogaart et al., 2019). In dat rapport zijn kansrijke gebieden voor Noordzeekrab in kaartmateriaal weergegeven, gebaseerd op basis van huidig voorkomen op hard substraat, waarbij een modelleringslag heeft plaatsgevonden om de extrapolatie naar potentieel toekomstige windparklocaties te maken. Daarbij zijn de locaties ingedeeld van "minder geschikt" tot "best", zonder informatie te geven over potentiële opbrengst in windparken. Om een kwantitatieve analyse uit te voeren, zijn ruimtelijke bestandsschattingen nodig en is meer tijd nodig om deze data nader te analyseren. Dat past niet binnen het huidige project. Om toch een eerste inschatting te kunnen maken van de potentiële opbrengst van het kweken van Noordzeekrab in windparken, is in dit project gekeken naar wat er in de literatuur bekend is over het voorkomen van Noordzeekrab. Met deze informatie kan een inschatting gemaakt worden van het aantal individuen dat aanwezig kan zijn in windparken.

Uit visserijgegevens van de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) blijkt dat in Nederland 596 ton aan Noordzeekrab is aangeland in 2017. In Europa ging het in datzelfde jaar om 51761 ton². De Europese aanlandingen varieerden de afgelopen 70 jaar tussen 1100 en 60000 ton.

Op scheepswrakken in de Noordzee worden meestal dichtheden van enkele tientallen Noordzeekrabben per wrak gezien tijdens een duik (pers. obs. Oscar Bos).

Op basis van sleepnetdata heeft Slijkerman (2008) informatie verzameld over aanlandingen van Noordzeekrab. De hoeveelheid aangelande krabben per ICES-kwadrant lag tussen de 155 en 16.355 kg per jaar (2000-2007). Dit betreft bijvangst bij visserij op platvis. Deze getallen zeggen waarschijnlijk vooral iets over het zandige habitat. Aantallen Noordzeekrabben per m² kunnen er niet uit worden afgeleid.

In een onderzoek uitgevoerd in 2014 wordt de dichtheid van Noordzeekrab rondom windmolenturbines geschat. De dichtheid op steenstort rondom windmolenturbines in windpark PAWP wordt door Vanagt en Faasse (2014) op 17.9 individuen per m² geschat (17 m diepte, noord), en 35.7 individuen per m² op een andere locatie (Vanagt et al., 2014). Het getal volgt uit extrapolatie van het monsterframe van 0.20 x 0.28 m naar 1 m² (17.9 x zo groot). Bij een ander monster is de dichtheid voor de soort 0 individuen per m² (dezelfde locatie maar dan zuid). Hieruit blijkt dat de Noordzeekrab soms wel en soms niet wordt aangetroffen. In het OWEZ-windpark is de soort ook aangetroffen (Bouma & Lengkeek, 2012). Dichtheden worden hier niet genoemd.

Bij de Borkumse Stenen is een aantal duiktransecten uitgevoerd in een gebied van 100 m² (Bos et al., 2014). Daarbij werden op drie duiklocaties in het stenige gebied respectievelijk 2, 2 en 15 krabben/100 m² gezien (komt overeen met 0.02, 0.02 en 0.15 m²). Met een zogeheten *dropcam* werden in een sample twee individuen in 10 m² gezien (0.2 individuen per m²). Hieruit kan geconcludeerd worden dat in natuurlijk stenig gebied het aantal Noordzeekrabben op basis van een zeer beperkt aantal waarnemingen ligt tussen de 0.02 en 0.2 individuen per m².

Bij de Klaverbank zijn door Van Moorsel (2003) op videobeelden Noordzeekrabben gezien, maar dichtheden worden niet expliciet genoemd.

Op basis van zeer beperkte informatie gevonden in de literatuur zou een maximale dichtheid van 0.2 individuen per m² kunnen worden genomen voor Noordzeekrab in stenige gebieden. Dit getal is gebaseerd op de maximale dichtheden (N=2) bij de Borkumse Stenen (van Moorsel, 2003).

Op Noordzeekrab wordt voornamelijk in Engeland, Ierland en Frankrijk gevist met krabbenkorven. Deze korven lijken veel op kreeftenkorven en zijn beschikbaar in verschillende grootte en vormen. De bodem bestaat uit spijlen die aan de korf gemonteerd worden met touw en omwikkeld met rubberen banden stroken. Als bijvangst van deze methode komt kreeft voor. Door Van Marlen et al. (2011) is deze

² http://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector?tb_ds=Capture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY

methode getest nabij en over wrakken en pieren van IJmuiden. Hierbij is gebruik gemaakt van rechthoekige korven gevuld met aas die op 20 tot 40 m afstand van elkaar op de bodem werden geplaatst. De korven zijn bij voorkeur net naast het wrak of stenen van de pieren gezet. In 48u werden er op de beste plekken 40 tot 78 stuks per korf gevangen en 2 tot 8 stuks op de minder geschikte plekken (meer open plekken). Naargelang het kouder werd, werd de vangst minder. Om kosten te kunnen dekken is het noodzakelijk om met grote hoeveelheden korven te vissen (400 – 500 stuks). Nabij de kust is dit niet mogelijk in verband met ruimtegebrek, maar een alternatief zou het vissen in windmolenparken kunnen zijn. Daarvoor is wel een aangepast schip nodig met schietluik (i.e. korven worden uitgezet door vooruit te varen) en tanks om de krabben in leven te houden.

2.8.2 Europese zeekeeft (*Hommarus gammarus*)

Een ecologische beschrijving van Europese zeekeeft (huidige voorkeursnaam (Nederlands Soortenregister, 2019)) inclusief geprefereerde abiotische factoren zijn terug te vinden in het voorgaande rapport (Van den Bogaart et al., 2019; daarin "Noordzeekeeft" genoemd). In dat rapport zijn kansrijke gebieden voor Europese zeekeeft in kaartmateriaal weergegeven, gebaseerd op basis van huidig voorkomen op hard substraat (o.a. wrakken), waarbij een modelleringslag heeft plaatsgevonden om de extrapolatie naar potentieel toekomstige windparklocaties te maken. Daarbij zijn de locaties ingedeeld van "minder geschikt" tot "best", zonder informatie te geven over potentiële opbrengst in windparken. Om een kwantitatieve analyse uit te voeren, zijn ruimtelijke bestandsschattingen nodig en is meer tijd nodig om deze data nader te analyseren. Dat past niet binnen het huidige project. Om toch een eerste inschatting te kunnen maken van de potentiële opbrengst van het kweken van Europese zeekeeft in windparken, is in dit project gekeken naar wat er in de literatuur bekend is over het voorkomen van Europese zeekeeft. Zo kan een beeld geschetst worden van dichtheden van Europese zeekeeft.

Uit visserijgegevens van de Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) blijkt dat in Nederland in 2017 80 ton aan Europese zeekeeft is aangeland. In Europa ging het in datzelfde jaar om 5443 ton³. Vooral het Verenigd Koninkrijk maakt hier een groot deel van uit (3317 ton in 2017). De jaarlijkse hoeveelheid kreeft die wordt aangeland, verschilt sterk door de jaren heen, afhankelijk van de omvang van de kreeftenpopulatie. De Europese aanlandingen varieerden de afgelopen 70 jaar tussen 1600 en 5600 ton.

Rozemeijer & Van de Wolfshaar (2019) hebben een literatuuroverzicht gemaakt van bekende dichtheden van de Europese zeekeeft. In de Oosterschelde worden dichtheden van 0.0037 individuen per m² (berekend voor gehele Oosterschelde) en 0.06 individuen per m² (berekend voor dijken) genoemd. Voor de Engelse kust worden dichtheden van 0.267 individuen per m² (kunstrif) en 0.002-0.007 individuen per m² (gemengd substraat) genoemd.

Bij de Borkumse Stenen zijn geen kreeften gerapporteerd in Bos et al. (2014). Op scheepswrakken in de Noordzee worden meestal dichtheden van één tot enkele individuen per wrak gezien (pers. obs. Oscar Bos).

Vanagt en Faasse (2014) hebben de soort niet aangetroffen in het PAWP-windpark. Bouma & Lengkeek (2012) noemen de soort ook niet voor het OWEZ-windpark. Ook voor de Klaverbank wordt de soort door Van Moorsel (2003) niet genoemd.

Dichtheden van de Europese zeekeeft in de Noordzee zijn vrijwel onbekend, omdat hier geen onderzoek naar wordt gedaan op de juiste schaal en met de juiste methode. De lage dichtheid van de soort resulteert in weinig tot geen waarnemingen. Op basis van Noordzee-duikwaarnemingen (St. Anemoon data, in prep.) kan voorzichtig geconcludeerd worden dat in de Noordzee meestal maar 1 tot enkele individuen per wrak worden aangetroffen. Hierbij is het onderzochte oppervlak niet precies bekend, maar dit zal in de orde grootte liggen van enkele tientallen tot honderden m². Het verder uitwerken van visserijgegevens (bijvoorbeeld kreeftenvangst met kooien in omringende landen) zou meer duidelijkheid kunnen geven over oogstbare aantallen. Gebaseerd op bovenstaande zeer beperkte data concluderen we dat, in het geval van offshorewindparken, het waarschijnlijk is dat er rondom één turbinepaal slechts plek is voor een of enkele individuen. Uitgaande van een stortsteenoppervlak met een straal van 20

³ http://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector?tb_ds=Capture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY

meter is het oppervlak ($\pi \cdot r^2 = 3.14 \cdot 20 \text{ m} =$) 60.28 m². Indien daar 1 of 2 kreeften voorkomen, is de dichtheid ca 0.016-0.033 ind/m². Dit getal ligt in de range van de hierboven berekende dichtheden.

Dichtheden van Europese zeekeeft kunnen actief (aquacultuur) en passief (verbeteren omstandigheden) verhoogd worden. Zo kan het habitat verbeterd worden door het toevoegen van hard substraat (i.e. *reefballs*), kan er voedsel worden toegevoegd of kunnen jonge individuen worden toegevoegd aan de populatie (Rozemeijer & van de Wolfshaar, 2019). In deze studie is tevens een model gecreëerd die de groei van Europese zeekeeft en de productie simuleert. Dit model voorspelt dat een kreeft na 3 jaar een marktwaardige grootte bereikt, wat een carapaxlengte van 50 cm inhoudt. De productiviteit per turbine zal echter verschillen, afhankelijk van o.a. temperatuur. Het populatiemodel neemt rekrutering niet mee aangezien er weinig bekend is over de factoren die het voortplantingssucces van wilde kreeftpopulaties bepalen. Daarnaast waren er geen kreeften geobserveerd in het windpark vier jaar nadat het park in gebruik is genomen. Dit suggereert dat de kans op natuurlijke rekrutering op erosiebeschermende bestorting rondom turbines in windparken in de Noordzee klein is. De lage productiviteit die het model aangeeft (gebaseerd op data van Bouma & Lengkeek, 2012) is in lijn met wat er in de praktijk is waargenomen (zie hierboven).

Op kreeften kan gevist worden met behulp van potten of korven (zie Noordzeekrab). Dit type visserij is uitermate geschikt voor het vangen van krab en kreeft en aangezien verwacht wordt dat deze dieren aangetrokken worden door de harde substraten van windmolenparken, lijken er bijkomende opportuniteiten te ontstaan voor de kreeftenvisserij met potten in windmolenparken. Daarenboven zijn de risico's bij het toepassen van deze visserij erg beperkt en zou het ook in windparken toegepast kunnen worden (i.e. weinig bodemberoering, geringe bijvangst). Bepaalde schaaldiersoorten kunnen ook niet efficiënt bevestigd worden met sleepnetten, vooral wanneer de dieren in een schuilplaats zitten en er enkel kunnen uitgelokt worden met aas. Potten zijn hier een haalbaar alternatief (Verhaeghe et al., 2011). De mogelijkheden voor medegebruik van offshorewindparken door vissers, met als eerste focus de kreeften- en krabvisserij, worden bekeken in het project 'Win-Wind'. Dit is een door TKI Wind op Zee gesteund project waarbij WUR en visserij samenwerken. Dit project loopt tot halverwege 2021 en zal een volgende stap in de realisatie van commerciële voedselproductie in offshorewindparken opleveren.

2.8.3 Fluwelen zwemkrab (*Necora puber*)



Figuur 18: *Necora puber*. Overgenomen van (Bos, 2016) (<https://images.wur.nl/cdm/singleitem/collection/coll18/id/1424/rec/6>).

2.8.3.1 Condities

Habitat en biologie: de fluwelen zwemkrab heeft een carapaxlengte (i.e.: lengte van het schild (pantser)) van gemiddeld 50 mm en een carapaxbreedte van circa 66 mm (Figuur 18). Deze krabben kunnen een leeftijd van maximaal acht jaar bereiken (Hearn, 2002). De fluwelen zwemkrab is voornamelijk blauw van kleur maar door de bedekking met kleine roodbruine haartjes heeft de krab een rood en fluweelachtig voorkomen. Ze hebben rode ogen. De fluwelen zwemkrab komt voor tot een diepte van circa 70 m, op rotsige en stenige bodems (Hayward & Ryland, 2017) en houdt van beschutte plaatsen (Wilson, 2008). Het is een opportunistische soort die voornamelijk predeert op schaal- en weekdieren, maar voedt zich ook met detritus (i.e.: dood organisch materiaal) en algen (Norman & Jones, 1992).

Voortplanting: het mannetje maakt het vrouwtje het hof met olfactorische signalen en aanrakingen. Er is sprake van indirecte spermaoverdracht (Ruppert et al., 2004).

Areaal en verspreiding: van midden Noorwegen tot westelijk Afrika. Ook komt de soort voor in de Middellandse en Zwarte Zee (Hayward & Ryland, 2017).

Vanagt en Faasse (2014) hebben de soort waargenomen tussen de stortstenen van het PAWP-windpark, en in een schraapmonster. Hier wordt een dichtheid van 17.9 individuen per m² genoemd, wat voortvloeit uit het opschalen van 1 individu naar aantal individuen per m². In het OWEZ-windpark is de soort in 2011 niet waargenomen, maar in 2008 wel (Bouma & Lengkeek, 2012). Dichtheden worden echter niet genoemd. Voor de Klaverbank wordt door Van Moorsel (2003) de soort niet genoemd.

De fluwelen zwemkrab is op wrakken niet dominant, maar wel algemeen aanwezig (Lengkeek et al., 2013). Tijdens het onderzoek uitgevoerd door Lengkeek et al. (2013), zijn bij tien verschillende wrakken verspreid over het NCP tot maximaal 75 m uit de kust transecten van 45 m lang en 2 m breed (transect over wrak met zichtwaarnemingen) gezwommen door duikers. Aantallen per 90 m² zijn geschat op 6 tot 50 individuen. Omgerekend is dit een dichtheid van 0.066-0.55 individuen per m² (Lengkeek et al., 2013).

Deze range zou gebruikt kunnen worden als indicatie voor maximale dichtheden van fluwelen zwemkrab op hard substraat. Dichtheden op stortsteen of op windturbines zijn niet goed onderzocht.

Abiotische factoren: de fluwelen zwemkrab komt voor in watertemperaturen tussen de 4°C en 28°C (Hearn, 2004) en een diepte van 0 tot 70 m (Hayward & Ryland, 2017).

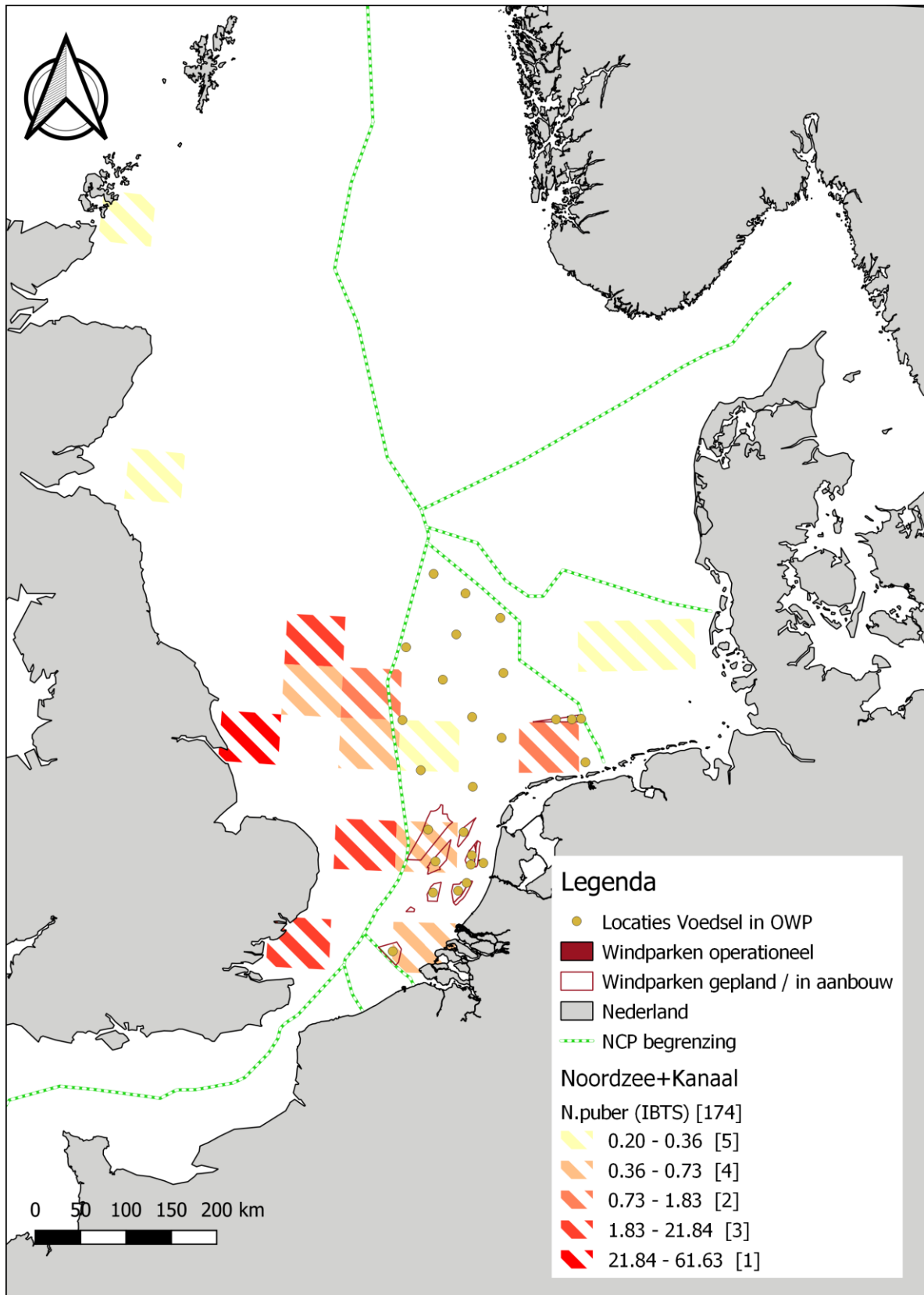
Gebruik: consumptie.

2.8.3.2 Analyse en kaart

Aanlandingen van de fluwelen zwemkrab in Europa betroffen 297 ton in 2017⁴. Voor Nederland zijn geen gegevens beschikbaar. Frankrijk maakte een groot deel uit van de aanlandingen in dat jaar, met 129 ton.

Voor de verspreiding van de fluwelen zwemkrab zijn uitsluitend gegevens beschikbaar afkomstig van de IBTS-survey (zie ook paragraaf 0). In Figuur 19 is te zien dat de fluwelen zwemkrab verspreid over de Noordzee in lage dichtheden (CpUE, aantal per uur) wordt aangetroffen. De arcering in de weergave geeft aan dat, net als bij pijlinktvis, de survey niet is toegesneden op deze soort en de verspreiding en dichtheid als indicatief geïnterpreteerd dienen te worden.

⁴ http://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector?tb_ds=Capture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY



Figuur 19: Fluwelen zwemkrab in de Noordzee: visserijinspanning (CpUE, n/hr) IBTS-survey.

2.8.4 Spinkrabben (*Maja squinado* en *Maja brachydactyla*)

Over het voorkomen van de spinkrabsoorten *Maja squinado* en *Maja brachydactyla* in de Nederlandse Noordzee blijkt geen eenduidig antwoord te vinden. Op basis van de ICES-database met surveygegevens worden beide soorten gerapporteerd in de Noordzee, maar niet (of slechts heel incidenteel) in het Nederlandse deel. Uit verschillende bronnen is op te maken dat de meningen verdeeld zijn over het voorkomen van deze soorten. Op basis van de soortbeschrijvingen in WoRMS blijkt dat *M. squinado* incidenteel is aangetroffen in het zuidelijke deel van de Nederlandse Noordzee⁵ en dat van *M. brachydactyla* geen waarnemingen zijn gedaan in Nederlandse wateren⁶. Uit de Soortenlijst Nederlandse Noordzee blijkt dat *M. squinado* als Nederlandse soort wordt aangeduid; *M. brachydactyla* komt niet in deze lijst voor (Bos et al., 2016). Deze verspreiding wordt ook aangehouden door Nederlands Soortenregister (nederlandsesoorten.nl; gebaseerd op Adema (1991)). Echter, Hayward en Ryland (2017) geven aan dat *M. brachydactyla* minder algemeen is in de Noordzee, maar zuidelijk wel is aangetroffen. *M. squinado* zou volgens deze bron een endemische soort zijn van de Middellandse Zee. Deze verspreiding wordt ook door Sealifebase aangehouden voor beide soorten^{7,8}. Ook volgens verschillende studies genoemd door Guerao et al. blijkt dat *M. squinado* een soort is die enkel in de Middellandse Zee voorkomt (Guerao et al., 2014). Op basis van deze informatie blijkt er geen duidelijkheid te zijn over welke soort in de Noordzee voorkomt. In onderstaande kaarten op basis van BTS- en IBTS-surveygegevens zijn derhalve gegevens van zowel *M. squinado* als *M. brachydactyla* gebruikt.



Figuur 20: *Maja squinado*. Overgenomen van (Pillon, 2012). (<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=107350&pic=48466>).



Figuur 21: *Maja brachydactyla*. Overgenomen van (Fockedeij, 2012). (<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=107347&pic=75473>).

⁵ <http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107350#distributions>

⁶ <http://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=107347#distributions>

⁷ <https://www.sealifebase.ca/summary/Maja-brachydactyla.html>

⁸ <https://www.sealifebase.ca/summary/Maja-squinado.html>

2.8.4.1 Condities

Habitat en biologie: De carapax van de grote spinkrab (*Maja squinado*) (Figuur 20) kan een lengte bereiken van maximaal 22 cm en een maximale breedte van 18 cm. Ook deze soort komt voor op stenige bodems, tot een diepte van maximaal 90 m. Juvenielen worden aangetroffen in ondiepere wateren op een combinatie van hard en zacht substraat (González-Gurriarán & Freire, 1994). *Maja squinado* prefereert watertemperaturen van 18 °C (Cheung et al., 2013).

Maja brachydactyla (Figuur 21) heeft een roodbruine of gelige kleur en de carapax is tot 20 cm lang. De carapax is ovaalvormig met een breed uitlopende achterkant en een smallere voorkant. Aan de voorkant heeft deze krab spits toelopende stekels, terwijl de rest van de carapax beschikt over kleinere stekels. Op de poten zijn kleine haartjes te vinden en de punten van de poten zijn zwart van kleur. Deze soort is te onderscheiden van *M. squinado* doordat deze laatste een langer rostrum heeft en minder haartjes op de carapax en poten (Hayward & Ryland, 2017). *Maja brachydactyla* komt voor op stenige of grofzandige ondergrond in ondiep water tot een diepte van maximaal 50 m (Hosie, 2009). Juvenielen komen voor in ondiepe wateren tot maximaal 15 m (Freire et al., 2009). Tijdens de zomer leven ook de volwassen individuen nabij de kust in ondiepe wateren, op een zanderige bodem met enkele stenen (Bodin et al., 2007). In de winter verplaatsen ze zich naar diepere wateren waar ze paren (Freire et al., 2009).

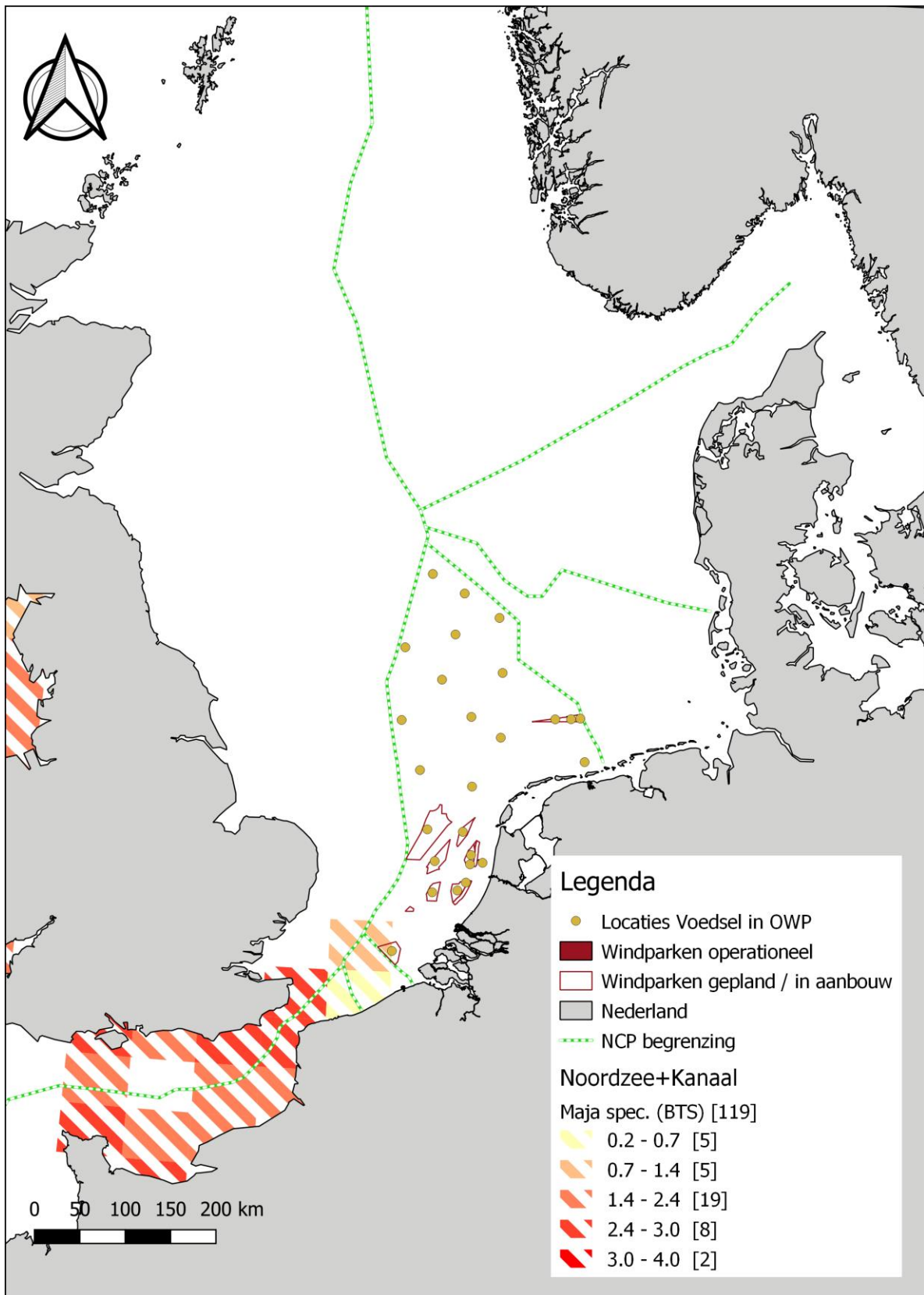
Areaal en verspreiding: over de verspreiding van de soorten is tegenstrijdige informatie beschikbaar (zie eerder).

Gebruik: consumptie.

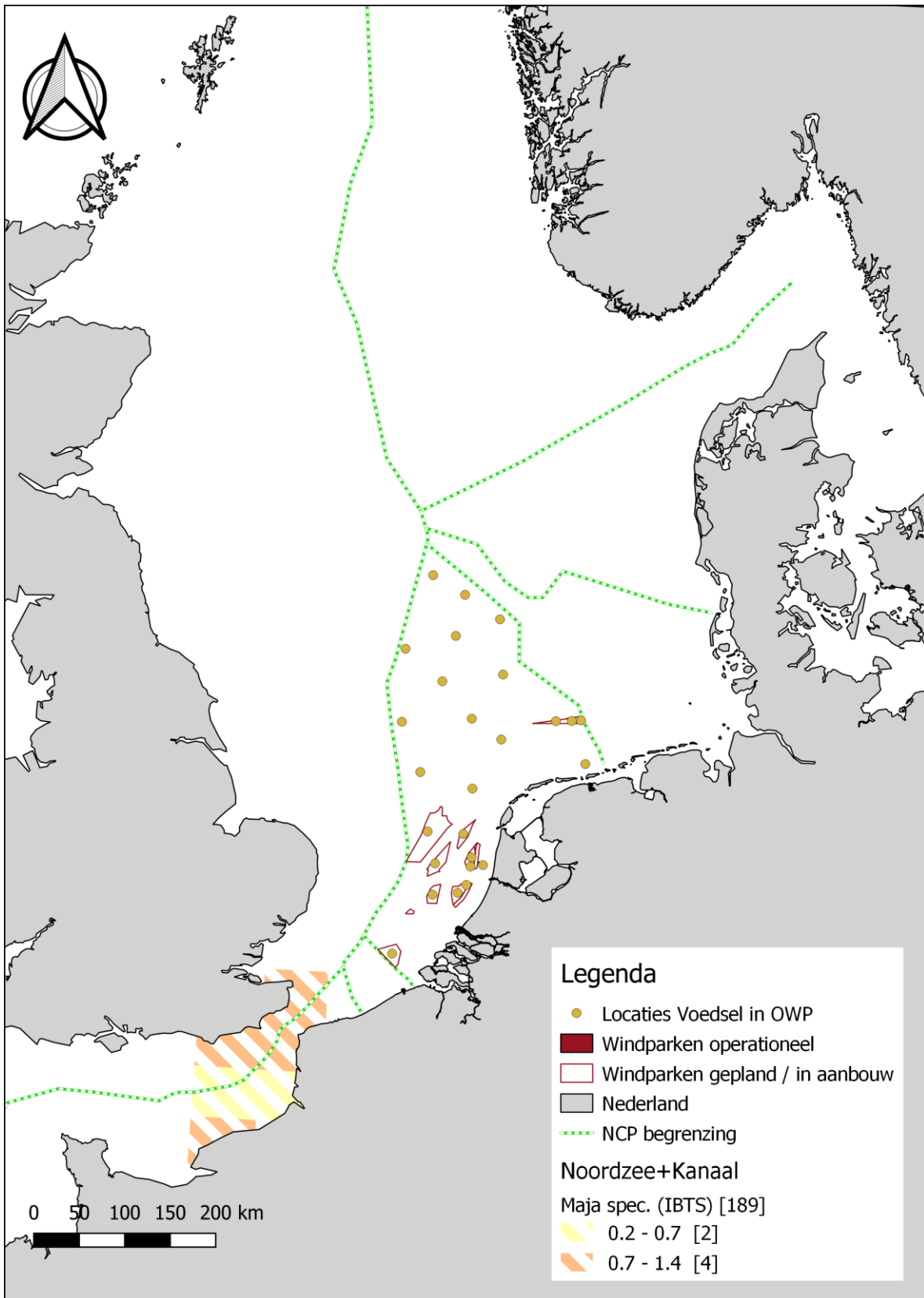
2.8.4.2 Analyse en kaarten

Spinkrabben (*Maja* sp.) worden zowel bij de IBTS- als de BTS-survey in lage dichtheden (CPuE, aantal per uur) gevangen en dan met name in de omgeving van Het Kanaal. Zeer sporadisch wordt melding gedaan van deze soort(en) in de Nederlandse Noordzee. De arcering in de weergave benadrukt het indicatieve karakter van de kaart. Zie ook paragraaf 0.

Ook tijdens andere surveys wordt slechts een enkele keer een spinkrab gevangen (P. Molenaar, persoonlijke communicatie). Zo worden er soms enkele exemplaren aangetroffen in het Botney Gat, een strook modderig substraat met stenen rondom. Ook meer zuidelijk richting Engeland (Het Kanaal) worden af en toe spinkrabben van het geslacht *Maja* aangetroffen. In Engeland en Ierland komen deze soorten veel meer voor dan in de Nederlandse Noordzee.



Figuur 22: *Maja spec.* in de Noordzee: visserijinspanning (CpUE, n/hr) BTS-survey.



Figuur 23: *Maja spec.* in de Noordzee: visserijinspanning (CpUE, n/hr) IBTS-survey.

3 Conclusies en discussie

Voorliggend rapport heeft de potentiële productiviteit van het kweken of vissen (passief vistuig) van bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee in kaart gebracht voor een aantal vormen van medegebruik; kweek van bepaalde soorten zeewier en schelpdieren en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen. Na een kwalitatieve beoordeling van geschiktheid welke reeds in Van den Bogaart et al. (2019) is gemaakt, is in het huidige onderzoek een kwantitatieve beoordeling van de kansrijkheid van de gebieden voor de potentiële productiviteit van een selectie aan soorten gegeven. Ook is een kwalitatieve beoordeling van geschiktheid toegevoegd voor een aantal soorten (i.e. gewone pijlinktvis, fluwelen zwemkrab en spinkrabsoorten van het geslacht *Maja*), welke nu zijn toegevoegd aan de eerdere overzichtstabel uit Van den Bogaart et al. (2019) (Tabel 15). Daarnaast is dit rapport bedoeld om op basis van de huidige stand van kennis een inschatting te geven van de orde van grootte van de benodigde en beschikbare ruimte voor zeewierproductie binnen toekomstige windparken (uitgaande van de vijf genoemde soorten in Van den Bogaart et al. (2019)).

Voor veel van de genoemde soorten is het echter niet mogelijk gebleken nu een kwantitatieve inschatting te maken (i.e. zeeekat, dwergpijlinktvis, gewone pijlinktvis, vissen (schol, tong, kabeljauw, zeebaars), Noordzeekrab, Europese kreeft, fluwelen zwemkrab en spinkrab). De reden hiervoor is dat er op dit moment nog te weinig bekend is over de ruimtelijke verdeling van deze soorten en het verder in beeld brengen valt buiten de scope van het huidige project. Het komen tot een absolute schatting, met eventueel seizoensdynamiek, is derhalve niet mogelijk in dit stadium. In vervolgonderzoek zouden deze mogelijkheden verder uitgediept kunnen worden. Om voor deze soorten toch een kwantitatieve benadering te geven, is gezocht naar wat er in de literatuur bekend is. Voor zeeekat zijn enkele studies bekend betreffende het vissen op zeeekat met potten. Hieruit blijkt dat deze visserijmethode rendabel zou kunnen zijn in Nederlandse offshorewindparken indien er voldoende zeeekatten naar het noorden trekken en het zeewater helder genoeg is. Voor dwergpijlinktvis en gewone pijlinktvis is ook getracht een kwantitatieve inschatting te geven van het voorkomen van deze soorten. Er zijn orde-grootte cijfers bekend van aanlandingen uit de Noordzee, maar hoe het bestand van deze soorten daadwerkelijk is, is moeilijk in te schatten. Om een realistisch beeld te krijgen van het voorkomen van (dwerg)pijlinktvis, is het van belang een survey te ontwikkelen die geschikt is voor het bemonsteren van deze soorten. Op basis van de data die dan verzameld worden, zou een bestandsschatting gemaakt kunnen worden die bijdraagt aan een kwantitatieve beoordeling van de potentiële productiviteit van inktvissen binnen windparken. Ook voor vissen (schol, tong, kabeljauw en zeebaars) bleek het niet mogelijk om binnen dit project kwantitatieve inschattingen te kunnen maken. De reden daarvoor is dat dit vraagt om specifieke verwerking en accumulatie van data, wat op dit moment niet mogelijk blijkt en derhalve buiten de scope van het huidige project valt. Er zijn ruimtelijke bestandsschattingen voor nodig om dit vraagstuk uit te werken. Daarnaast is de aanwezigheid van vissen seizoensgebonden wegens migratie en/of reproductie. De IBTS-survey vindt enkel plaats in kwartaal 1 en deze data geven derhalve geen goed beeld van de aanwezigheid in de andere seizoenen. Ook zijn deze surveys ontwikkeld voor grote beheerunits en niet voor de lokale aanwezigheid van soorten. Om toch een beeld te kunnen geven van wat de mogelijkheden zijn van het kweken van vis in windmolenparken, is in dit project gekeken naar wat er in de literatuur over te vinden is. Hieruit blijkt dat er over de economische mogelijkheden voor visserij in windparken weinig bekend is. Wel zijn er verschillende studies bekend naar de aantrekkingskracht van windparken op vissen. Hardsubstraatsoorten zouden worden aangetrokken door de turbines terwijl dit voor zachtsubstraatsoorten niet is aangetoond. Voor krabben en kreeften is getracht op basis van literatuurstudie een inschatting te maken van de voorkomende dichtheden van deze soorten. Deze getallen kunnen gebruikt worden om een schatting te maken van het aantal individuen dat mogelijk is per turbine en dus per windpark. Voor Noordzeekrab zal het om een maximale dichtheid van 0.2 individuen per m² gaan en bij Europese zeekeeft om enkele individuen per turbine. Door middel van kweken in kooien zijn er grotere dichtheden mogelijk. De fluwelen zwemkrab blijkt verspreid voor te komen in de Noordzee in lage aantallen, maar een kwantitatieve schatting was ook hier moeilijk te geven. Dat heeft ermee te maken dat ook hier onvoldoende bruikbare data beschikbaar zijn. Voor spinkrabben blijkt uit de literatuur dat er geen eenduidig antwoord te vinden is over de

verspreiding van *Maja squinado* en *Maja brachydactyla*. Tevens blijkt dat beiden soorten niet of slechts zeer sporadisch worden aangetroffen in de Nederlandse Noordzee.

In dit rapport is een beschrijving gegeven van een globale berekening van potentiële mosselkweek in windparken. Hierbij zijn veel bronnen van onzekerheid beschreven en kanttekeningen geplaatst, welke het globale karakter van de berekeningen illustreren. Op basis van deze berekeningen zou er tussen de ca. 50 en 100 ton drooggewicht mosselen gegenereerd kunnen worden per km² per jaar. Eén van deze aannames is een schatting van 10% conversie tussen primaire productie van een systeem en de biomassa aan benthos die daarmee gecorreleerd is. Daarnaast is gewerkt met primaire productie per dag per km² in plaats van met chlorofyl a-concentraties of fluxen, mede gezien dat bij fluxen de stroomsnelheid van belang is en hiervoor specifieke modellering noodzakelijk is. De aannames die gemaakt zijn, zorgen voor het indicatieve karakter van de berekeningen. Voor platte oester wordt dezelfde conversiefactor C:DW aangehouden als voor mossel, wat dus dezelfde waarden op zal leveren voor deze specifieke parameter. Hierbij moet worden opgemerkt dat het gaat om droge stof en niet om versgewicht. De lokale draagkracht zal bepaald moeten worden aan de hand van de systeemconfiguratie en hoeveelheid productie, waarbij geadviseerd wordt hiermee rekening te houden in het ontwerp van de kwekerij.

Voor zeewier is in dit rapport een beeld geschetst voor de ordegrrootte van toekomstige zeewierproductie in de Noordzee op basis van draagkracht, uitgedrukt als nutriëntenonttrekking. Op basis van deze analyse lijkt in de EEZ een maximaal beschikbaar areaal van enkele honderden km² realistisch, afhankelijk van de gekweekte soort. De berekeningen omvatten echter verschillende bronnen van onzekerheid, waardoor deze getallen wezenlijk kunnen variëren. Deze waardes dienen dan ook vooral gezien te worden als een indicatie, en een eerste aanzet om de discussie rondom ruimtegebruik door zeewierteelt in de Noordzee in een realistisch kader te plaatsen. Eén van de bronnen van onzekerheid is hoeveel opbrengst die verwacht kan worden per hectare. Nu is uitgegaan van 10 ton droge stof/hectare. De daadwerkelijke opbrengst zal sterk variëren per locatie. Gebieden met hoge nutriëntenconcentraties en hoge stroomsnelheden (dus verversingssnelheden) zullen een hogere opbrengst hebben dan bijvoorbeeld gebieden met hoge nutriëntenconcentraties en lage stroomsnelheden. Echter zal stroomsnelheid ook een effect hebben op de groei en het succes van de kweekunit; te hoge stroomsnelheden kunnen teelt-technische problemen geven. Naast ruimtelijke variatie, dienen ook seizoensaspecten betrokken te worden, met name de periode in het voorjaar wanneer er een piek in de productie van fytoplankton plaatsvindt (voorjaarsbloei).

Het is duidelijk dat de draagkracht van de Nederlandse Noordzee beperkt is en dat er geen ruimte geclaimd kan worden voor duizenden vierkante kilometers zeewierproductie, maar dat veeleer in de orde van enkele honderden vierkante kilometers kan liggen. In principe is deze ruimte beschikbaar binnen de huidige aangewezen gebieden voor offshorewindenergie (tot 2030 en 2050). Met een uitbreiding van het reeds geplande windparkareaal is er zeker voldoende ruimte, maar hierbij moet worden opgemerkt dat toekomstige windparken waarschijnlijk verder van de kust en meer naar het noorden zullen worden geplaatst. Daar is de nutriëntenconcentratie beduidend lager dan vlakbij de kust en zijn ook stroomsnelheden (en dus verversingssnelheden) lager. Dat betekent dat zeewierproductie daar per hectare minder zal opbrengen en door de grotere vaarafstanden zal dit ook economisch veel minder aantrekkelijk zijn (tenzij logistieke uitdagingen worden overwonnen). Duidelijk is dat als onderzocht gaat worden wat de technische haalbaarheid is van verantwoorde bemesting van zeewier op zee, dit een totaal nieuwe blik op de potentie van zeewierproductie zal geven. Met de beschikbare kennis over fosfaat- en stikstofopname per eenheid bladoppervlakte van zeewier (Lubsch publicaties (2018, 2019)) kan een productiesysteem ontworpen worden met slow-release nutriënten die zeewierproductie loskoppelt van de natuurlijk beschikbaarheid van nutriënten. Een dergelijk precisie-productiesysteem biedt ook mogelijkheden om de productie niet alleen op groei maar ook op inhoudsstoffen te sturen. Zo'n systeem zal uiteraard eerst uitvoerig getest moeten worden zodat er zekerheid is dat bijv. geen eutrofiering optreedt. Zeker in combinatie met een geavanceerd bioraffinageproces van de zeewierbiomassa en aansluiting bij circulaire landbouwprocessen biedt dit goede mogelijkheden voor een circulair productiesysteem. Als de hoogwaardige eiwitten, koolhydraten en functionele componenten uit de zeewierbiomassa zijn geëxtraheerd, kan de resterende fractie worden omgezet in groen biogas, terwijl de overblijvende mineralen als bemesting (voor zeewier) kan worden gebruikt.

De vraag naar ruimte voor zeewierproductie binnen windparken had/heeft betrekking op een langetermijninschatting – rond 2050. Het rekenvoorbeeld dat is gegeven is gemaakt op basis van de huidige situatie en een afwezigheid van substantiële zeewierproductie in omliggende landen/zeeën. De antropogene nutriëntenbelasting is de afgelopen jaren fors afgenomen onder invloed van beleidsmaatregelen. Dit zal zich de komende jaren nog verder voortzetten, waarmee de draagkracht voor zeewierproductie zal afnemen. Ook zijn er in landen om ons heen testen aan de gang met offshoreproductie van zeewier. Als bijvoorbeeld in het Belgische deel van de Noordzee substantiële kwekerijen worden geplaatst zal dit een behoorlijke impact hebben op de potentiële opbrengst van zeewierproductie in het windpark Borssele, wat in potentie het windpark is met de hoogste opbrengst (zie bijvoorbeeld de Aquacultuur Atlas). Dit houdt in dat het raadzaam is internationaal af te stemmen over de plaatsing van zeewierproductie op de Noordzee, zowel binnen windparken als daarbuiten.

Eén van de belangrijke factoren is de beslissing wat een acceptabele nutriëntenonttrekking zou zijn. Een andere belangrijke beslissing is het al dan niet toepassen van een zeewierproductiesysteem dat los van de natuurlijk beschikbare nutriënten functioneert. Duidelijk is dat inzicht in de effecten van nutriëntenopname door zeewier van groot belang is. Het vergt ook beter inzicht in de verschillende trofische relaties in het ecosysteem van de Noordzee, en beter inzicht in interacties met andere doelstellingen op de Noordzee. Als een doelstelling is om bijvoorbeeld weer substantiële oppervlaktes aan oesterbanken te herstellen, dan zal de beschikbaarheid van fytoplankton (=voedsel voor de oesters) essentieel zijn. Als het zeewier alle nutriënten uitput zal het fytoplankton niet groeien en zullen de oesters voedseltekort hebben of zal een omslag in fytoplanktensamenstelling plaatsvinden. Voor deze complexe interacties is multidisciplinair fundamenteel en toegepast onderzoek nodig om de effecten af te kunnen wegen. Hierbij zullen uiteindelijk ook socio-economische factoren moeten worden betrokken. Ten slotte, is naast een evaluatie van potentiële opbrengsten, ruimtegebruik en mogelijke bijdrage aan de klimaatdoelstellingen (CO₂-onttrekking), het van cruciaal belang inzicht te krijgen in de directe impact en/of bijdrage van grootschalige zeewierteelt op het natuurlijk kapitaal, inclusief biodiversiteit in de waterkolom en bodem.

Tot slot zien wij in de ontwikkelingen rond ecologie en draagkracht (*spatial planning*), maritieme technologie, landbouw-gebaseerde productietechnieken in relatie tot duurzame productie van zeewier een zeer relevante rol voor Nederland in het mondiale speelveld. Het is van cruciaal belang om op basis van de beschikbare data over te gaan op een *spatial planning* model o.b.v. hierboven gegeven kansrijkheid voor kweek/vangst van verschillende soorten. Hiermee kan bij de planning van meervoudig ruimtegebruik rekening gehouden worden.

Tabel 15: relatieve abiotische en biotische geschiktheid van bestaande, geplande en mogelijke toekomstige windparklocaties op de Noordzee voor een aantal vormen van medegebruik met betrekking tot de kweek van bepaalde soorten schelpdieren en zeewier en de niet-bodemberoerende vangst van bepaalde soorten vissen, schaaldieren en inktvissen.

Windparklocatie	Zeewier (inschatting)	Mossel (inschatting)	Platte oester (inschatting)	Gewone pijlinktvis (BTS)	Gewone pijlinktvis (IBTS)	Zeekat (aanlanding)	Schol (visserijinspanning)	Schol (visserijinspanning (IBTS))	Schol (aanlanding)	Tong (visserijinspanning (BTS))	Tong (visserijinspanning (IBTS))	Tong (aanlanding) [Fig. 3.16c]	Kabeljauw (visserijinspanning (BTS))	Kabeljauw (visserijinspanning (IBTS))	Kabeljauw (aanlanding)	Zeebaars (visserijinspanning (BTS))	Zeebaars (visserijinspanning (IBTS))	Zeebaars (aanlanding)	Fluwelen zwemkrab (IBTS)	Maja spec. (BTS)	Maja spec. (IBTS)	Noordzeekrab (voorspelling)	Europese zeekreeft (=Noordzeekreeft) (voorspelling)
-----------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------	----------------------------	-----------------------------------	--------------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------------	------------------	-------------------	-----------------------------	---

Bestaande en geplande locaties:

Egmond aan Zee	+	++	+	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	1	0	0	0	++	-
Prinses Amalia	+	++	+	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+	-
Luchterduinen	+	+	+	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	0	0	0	0	++	0
Buitengaats (Gemini)	0	0	+++	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	++	+
Zee-energie (Gemini)	0	0	+++	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+++	+++
Borssele	+++	+++	+++	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	1	1	1	0	++	+++
Holl. Kust (zuid)	+++	+	+	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	1	0	0	0	0	+	-
Holl. Kust (noord)	+	++	+	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+	-
Holl. Kust (zuidwest)	+	++	++	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	1	0	0	0	++	+
Holl. Kust (west)	+	++	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	1	1	0	0	++	+

Holl. Kust (noordwest)	+	0	+	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	0	0	0	0	+	-
IJmuiden Ver	+	0	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	1	0	1	0	0	+	0
Ten noorden van de Wadden (resterend)	0	0	+++	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+	-

Additionele potentiële locaties:

CP4	-	0	-	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+	-
CP5	-	-	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	0	0	0	0	0	0	-
CP6	-	0	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	+	-
CP9	-	-	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-
CP10	-	-	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NA	0	0	0	0	0	0	+
CP11	-	-	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-
CP12	-	-	-	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-
CP13	-	-	-	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-
CP14	-	-	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	0	+
CP15	-	-	-	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	NA	0	0	0	0	0	0	+
CP16	-	-	-	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-
CP17	-	0	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	NA	0	0	0	0	0	-	-

Noot: potenties op basis van daadwerkelijk vastgestelde aan-/ afwezigheid: geen data in de buurt van deze locatie (NA), afwezig (0), aanwezig (1); potenties op basis van voorspelde gradiënten: best (+++), heel goed (++), goed (+), geschikt (0), minder geschikt (-).

4 Aanbevelingen

De studie laat zien dat windparken op zee een wisselende geschiktheid hebben voor de kweek of visserij van verschillende soorten. Dit resultaat wordt gezien als een eerste stap bij het in beeld brengen van het potentiële meervoudig ruimtegebruik in de toekomst.

Enkele aanbevelingen voor het vervolgproces zijn:

- Combineren van data rond visserij, zeewier, schelpdieren, schaaldieren, weekdieren, om te komen tot een "heat map" van biota. Dit creëert inzicht in potentiële overlappende en mismatchende mogelijkheden. De vergelijkingscriteria dienen hiervoor toegespitst te worden rond de ambities van de overheid (eiwit, biomassa, financieel);
- Een kwantitatieve benadering voor kansrijkheid van het vangen van schaaldieren en vissen op windparklocaties uitwerken via gerichte surveys;
- Het maken van seizoensafhankelijke kanskaarten voor schelpdieren en zeewier met als doel onderscheid te maken in de potentie voor mogelijke combinatiekweek en seizoenskweek van zeeiersoorten;
- Kennisontwikkeling rond interacties tussen verschillende soorten (ecosysteembenadering);
- Kennisontwikkeling rond interacties tussen bodemsoorten en pelagische soorten;
- Draagkrachtstudies rond potentiële productiescenario's (incl. lokale en cumulatieve effecten);
- Potentiële negatieve en positieve impacts van kweek van de in dit rapport genoemde soorten op zee identificeren;
- Modelleren van visserij gericht op commercieel interessante doelsoorten, ecologische en economische gevolgen visserij door scenario's voor concentratie van visserij, verplaatsing van visserij en/of technische innovaties;
- Vangstmogelijkheden voor visserij en gedrag van vissen in en rond windparken uitwerken (theoretisch en praktisch): waaronder passieve vistuigen, aangepaste bodemuigen, nieuwe demersale en pelagische technieken;
- Financiële output van visserij van de soorten onder de huidige omstandigheden in geplande windpark gebieden vaststellen;
- Opvolgen enquêtering sportvisserij over doorvaart en sportvisserij windparken (n.a.v. online enquête sportvisserij Nederland, oktober 2019). Echter, aangezien visserij verboden is binnen 50 meter van de monopiles, wordt geen informatie verwacht over aanwezigheid van vis nabij (<50 m) de palen;
- Het verkennen van het meenemen van biodiversiteitskansen van en door nieuwe kweekvormen, zowel in drijvende systemen (zeewier, mossel, oester) als het zoeken van koppelingskansen met bodemsystemen (riffen, vis, wormen en oesters).

5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. Dit certificaat is geldig tot 15 december 2021. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV GL.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

Literatuur

- Adema, J., 1991. De krabben van Nederland en België (Crustacea, Decapoda, Brachyura). Backhuys Publishers.
- Anonymus, 2018. Transitieagenda biomassa en voedsel. Bijlage 5 bij Min. IenW & Min. EZK (2018). <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/blg-830165>.
- Bodin, N., Le Loc'h, F., Hily, C., Caisey, X., Latrouite, D., Le Guellec, A.-M., 2007. Variability of stable isotope signatures ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in two spider crab populations (*Maja brachydactyla*) in Western Europe. *Journal of experimental marine biology and ecology* 343, 149-157.
- Bolman, B., A., B., Maarse, M., Roetert, T., Schouten, J.-J., Vergouwen, S., 2019. Verkenning toekomstig medegebruik windparken. Deltares, Delft, p. 74. 11203133-002-ZKS-0007.
- Bos, O., 2008a. *Allotheuthis subulata* [Online afbeelding]. Op 13 november 2019 verkregen van <https://images.wur.nl/digital/collection/coll18/id/1232/rec/1>.
- Bos, O., 2008b. *Loligo vulgaris* [Online afbeelding]. Op 31 juli 2019 verkregen van <https://images.wur.nl/cdm/singleitem/collection/coll18/id/1350/rec/3>.
- Bos, O., 2016. *Necora puber* [Online afbeelding]. Op 31 juli 2019 verkregen van <https://images.wur.nl/cdm/singleitem/collection/coll18/id/1424/rec/6>.
- Bos, O.G., Glorius, S., Coolen, J.W.P., Cuperus, J., van der Weide, B., Garcia, A.A., van Leeuwen, P., Lengkeek, W., Bouma, S., van Hoppe, M., 2014. Natuurwaarden Borkumse Stenen: project aanvullende beschermde gebieden. IMARES.
- Bouma, S., Lengkeek, W., 2012. Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm. Rep by Bur Waardenbg Bv Noordzeewind 84.
- Bruhn, A., Tørring, D.B., Thomsen, M., Canal-Vergés, P., Nielsen, M.M., Rasmussen, M.B., Eybye, K.L., Larsen, M.M., Balsby, T.J.S., Petersen, J.K., 2016. Impact of environmental conditions on biomass yield, quality, and bio-mitigation capacity of *Saccharina latissima*. *Aquaculture Environment Interactions* 8, 619-636.
- Cheung, W.W., Watson, R., Pauly, D., 2013. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* 497, 365.
- De Heij, A., Goud, J., 2013. Inktvissen - Cephalopoda. In: Bruyne, RH de, van Leeuwen, SJ, Meyling, AW Gmelig, Daan, R, Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied: Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca), pp.327-340. Tirion Uitgevers, Utrecht en Stichting Anemoon, Lisse.
- Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., Vanden Berghe, E., Vincx, M., 2006. De macrobenthosatlas van het Belgisch deel van de Noordzee.
- Freire, J., Carabel, S., Verísimo, P., Bernárdez, C., Fernández, L., 2009. Patterns of juvenile habitat use by the spider crab *Maja brachydactyla* as revealed by stable isotope analyses. *Scientia Marina* 73, 39-49.
- González-Gurriarán, E., Freire, J., 1994. Movement patterns and habitat utilization in the spider crab *Maja squinado* (Herbst)(Decapoda, Majidae) measured by ultrasonic telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 184, 269-291.
- Groenendijk, F., Bikker, P., Blaauw, R., Brandenburg, W., van den Burg, S., Harmsen, P., Jak, R., Kamermans, P., van Krimpen, M., Prins, H., 2016. North-Sea-Weed-Chain: sustainable seaweed from the North Sea; an exploration of the value chain. IMARES. C055/16.
- Grote, B., 2019. Recent developments in aquaculture of *Palmaria palmata* (Linnaeus)(Weber & Mohr 1805): cultivation and uses. *Reviews in Aquaculture* 11, 25-41.
- Guaero, G., Andree, K.B., Frogia, C., Simeó, C.G., Rotllant, G., 2014. Identification of European species of *Maja* (Decapoda: Brachyura: Majidae): RFLP analyses of COI mtDNA and morphological considerations (Erratum). *Scientia Marina* 78, 143.
- Hayward, P.J., Ryland, J.S., 2017. Handbook of the marine fauna of North-West Europe. Oxford University Press.
- Hearn, A., 2002. The transport chain of velvet crabs from Orkney, the Western Isles and Northumberland to Spain.
- Hearn, A., 2004. Reproductive biology of the velvet swimming crab, *Necora puber* (Brachyura: Portunidae), in the Orkney Islands, UK. *Sarsia: North Atlantic Marine Science* 89, 318-325.
- Herman, P., Beauchard, O., van Duren, L., Vloemans, M., Boon, J., 2014. De staat van de Noordzee.
- Herman, P., Middelburg, J., Van de Koppel, J., Heip, C., 1999. Ecology of estuarine macrobenthos. *Advances in ecological research* 29, 195-240.
- Hintzen, N., Coers, A., Hamon, K., 2013. A collaborative approach to mapping value of fisheries resources in the North Sea (Part 1: Methodology). IMARES.

- Hosie, A.M., 2009. Maja brachydactyla Common spider crab, in: (eds), I.T.-W.H.a.H.K. (Ed.), Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth.
- ICES, 2009. Manual for the Offshore Beam Trawl Surveys, 1.2 ed, p. 30.
- ICES, 2011. Report of the Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History (WGCEPH), Lisbon, Portugal, p. 118 pp.
- ICES, 2015. Manual for the International Bottom Trawl Surveys, Series of ICES Survey Protocols SISP 10 - IBTS IX, p. 86.
- ICES, 2017. Report of the Working Group on the Biology and Life History of Crabs (WGCRAB), Aberdeen, Scotland, UK, p. 78 pp.
- Inglis, G., Hayden, B.J., Ross, A.H., 2000. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. National Institute of Water & Atmospheric Research.
- Jager, Z., 2013. Factsheet Dwergpijlinktvis - Geïntegreerde visserij. In opdracht van MarinX / Stichting Geïntegreerde Visserij.
- Jereb, P., Vecchione, M., Roper, C., 2010. Family loliginidae. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species known to date 2, 38-117.
- Kamermans, P., van Duren, L., Kleissen, F., 2018. European flat oysters on offshore wind farms: additional locations: opportunities for the development of European flat oyster (*Ostrea edulis*) populations on planned wind farms and additional locations in the Dutch section of the North Sea. Wageningen Marine Research.
- Lacourt, A., 1981. De inktvissen (Cephalopoda) van de Nederlandse kust. Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging 145, 1-32.
- Lengkeek, W., Didderen, K., Dorenbosch, M., Bouma, S., Waardenburg, H., 2013. Biodiversiteit van kunstmatige substraten. Een inventarisatie van 10 scheepswrakken op het NCP. Bureau Waardenburg, Culemborg, 13-226.
- Lindeboom, H., Dijkman, E., Bos, O., Meesters, H., Cremer, J., De Raad, I., Van Hal, R., Bosma, A., 2008. Ecologische atlas Noordzee ten behoeve van gebiedsbescherming, 2e dr. Wageningen Imares.
- Lindeman, R.L., 1991. The trophic-dynamic aspect of ecology. Bulletin of mathematical biology 53, 167-191.
- Lubsch, A., 2019. North Sea seaweeds: DIP and DIN uptake kinetics and management strategies.
- Lubsch, A., Timmermans, K., 2018. Uptake kinetics and storage capacity of dissolved inorganic phosphorus and corresponding N: P dynamics in *Ulva lactuca* (Chlorophyta). Journal of phycology 54, 215-223.
- Lubsch, A., Timmermans, K.R., 2019a. Dissolved inorganic phosphate uptake and corresponding dissolved inorganic nitrate uptake in the seaweed *Palmaria palmata* (Rhodophyta): ecological and physiological aspects of nutrient availability. Journal of phycology (revised).
- Lubsch, A., Timmermans, K.R., 2019b. Uptake kinetics and storage capacity of dissolved inorganic phosphorus and corresponding dissolved inorganic nitrate uptake in *Saccharina latissima* and *Laminaria digitata* (Phaeophyceae). Journal of phycology.
- Martínez, B., Rico, J.M., 2002. Seasonal variation of p content and major n pools in *Palmaria palmata* (rhodophyta) 1. Journal of Phycology 38, 1082-1089.
- Matthijsen, J., Dammers, E., Elzenga, H., 2018. De toekomst van de Noordzee. De Noordzee in 2030 en 2050: een scenariostudie, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Meyling, A.G., van Lente, I., Schrieken, N., Gitteberger, A., de Bruyne, R., 2014. Het Duiken Gebruiken 3. Gegevensanalyse van het Monitoringproject Onderwater Oever (MOO): Fauna-onderzoek met sportduikers in de Oosterschelde en de Grevelingen. Periode 1994 t/m 2012.
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018. Routekaart windenergie op zee 2030, Den Haag. DGETM-E2020 / 17177527
- Ministerie van Economische Zaken en Ministerie van VWS, 2016. Brief d.d. 21 november 2016 van de Staatssecretaris van Economische Zaken en de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport over voortgang Voedselagenda voor veilig, gezond en duurzaam voedsel. Tweede Kamer, vergaderjaar 2016-2017, 31 532, nr. 174. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-31532-174.pdf>.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2015. Uitwerking besluit doorvaart en medegebruik van windparken op zee.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat & Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2018. Brief van de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat en de Minister van Economische Zaken en Klimaat over de totstandkoming van de transitieagenda's uit het Grondstoffenakkoord. Tweede Kamer, vergaderjaar 2017-2018, 32 852, nr. 53. <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-32852-53.pdf>.
- Nederlands Soortenregister, 2019. Europese zeekreeft *Hommarus gammarus*. Nederlands Soortenregister, www.nederlandsesoorten.nl. Geraadpleegd op 14 november 2019.
- Neitzel, S., Molenaar, P., 2018. Longline visserij op schol: een pilot onderzoek naar effectiviteit van longlines voor de visserij op schol. Wageningen Marine Research.
- Norman, C., Jones, M., 1992. Influence of depth, season and moult stage on the diet of the velvet swimming crab *Necora puber* (Brachyura, Portunidae). Estuarine, Coastal and Shelf Science 34, 71-83.

-
- Pedersen, M.F., Borum, J., Fotel, F.L., 2010. Phosphorus dynamics and limitation of fast-and slow-growing temperate seaweeds in Oslofjord, Norway. *Marine Ecology Progress Series* 399, 103-115.
- Pillon, R., 2012. Maja squinado [Online afbeelding]. Op 12 juli 2019 overgenomen van <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=107350&pic=48466>.
- Pogoda, B., Buck, B.H., Hagen, W., 2011. Growth performance and condition of oysters (*Crassostrea gigas* and *Ostrea edulis*) farmed in an offshore environment (North Sea, Germany). *Aquaculture* 319, 484-492.
- Polet, H., Depestele, J., 2010. Impact assessment of the effects of a selected range of fishing gears in the North Sea. ILVO.
- Rasenberg, M., Smith, S., Turenhout, M., Taal, K., 2015. Vissen in windmolenparken: inventarisatie van de (on) mogelijkheden. IMARES.
- Reith, E., Deurwaarder, E., Hemmes, K., Curvers, A., Kamermans, P., Brandenburg, W., Lettings, G., 2005. Bio-offshore: grootschalige teelt van zeevieren in combinatie met offshore windparken in de Noordzee. ECN. ECN-C--05-008.
- Reubens, J., Degraer, S., Vincx, M., 2013. Offshore wind farms significantly alter fish community structure-Aggregation of Atlantic cod and pouting. *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Learning From the Past to Optimise Future Monitoring Programs*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels 115121, 1.3-7.
- Ricciardi, A., Bourget, E., 1998. Weight-to-weight conversion factors for marine benthic macroinvertebrates. *Marine Ecology Progress Series* 163, 245-251.
- Rockmann, C., van der Lelij, A.C., van Duren, L., Steenbergen, J., 2015. VisRisc-riscoschatting medegebruik visserij in windparken. IMARES.
- Rozemeijer, M., van de Wolfshaar, K., 2019. Desktop study on autecology and productivity of European lobster (*Homarus gammarus*, L) in offshore wind farms. Wageningen Marine Research.
- Ruppert, E.E., Barnes, R.D., Fox, R.S., 2004. Invertebrate zoology: a functional evolutionary approach.
- Smaal, A.C., Vonck, A.P.M.A., 1997. Seasonal variation in C, N and P budgets and tissue composition of the mussel *Mytilus edulis*. *Marine Ecology Progress Series* 153, 167-179.
- Sociaal-Economische Raad, 2013. Energieakkoord voor duurzame groei. <https://www.ser.nl/-/media/ser/downloads/overige-publicaties/2013/energieakkoord-duurzame-groei.pdf>, Den Haag.
- Taakgroep Innovatie, 2019. Innoveren met een missie. Integrale kennis-en innovatieagenda voor klimaat en energie. Den Haag. Secretariaat klimaatakkoord.
- van den Bogaart, L., Poelman, M., Tonk, L., Neitzel, S., 2019. Geschiktheid zeewindparken voor maricultuur en passieve visserij.
- Van der Kaaij, T., van Kessel, T., Troost, T., Herman, P., van Duren, L., Villars, N., 2017. Modelondersteuning MER winning suppletie-en ophoogzand Noordzee 2018-2027: modelvalidatie. Deltares.
- van Duren, L., Poelman, D.M., Poelman, M., 2019. Een realistische kijk op zeevierproductie in de Noordzee. Gezamenlijke notitie van Wageningen Marine Research, NIOZ en Deltares, als onderdeel van Beleidsondersteunend Onderzoek Natuurinclusieve energie (BO-43-023.03-005). Yerseke: Wageningen Marine Research.
- van Hal, R., Couperus, A., Fassler, S., Gastauer, S., Griffioen, B., Hintzen, N., Teal, L., Van Keeken, O., Winter, H., 2012. Monitoring-and Evaluation Program Near Shore Wind farm (MEP-NSW): Fish community. IMARES.
- van Marlen, B., Vandenberghe, C., Craeynest, N., Korving, A., Cramer, R., Reker, E., 2011. VIP project: Passieve Visserij Ontwikkeling. IMARES Wageningen UR.
- van Moorsel, G.W.N.M., 2003. Ecologie van de Klaverbank: Biotasurvey 2002. Ecosub.
- Vanagt, T., Faasse, I.M., Lock, K., Bouma, S., Diving, W., 2014. Development of hard substratum fauna in the Princess Amalia.
- Vandendriessche, S., Reubens, J., Derweduwen, J., Degraer, S., Vincx, M., 2013. Offshore wind farms as productive sites for fishes. Degraer, S., Brabant, R., & Rumes, B.(2013). *Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Learning From the Past to Optimise Future Monitoring Programs*. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels, 153-161.
- Verhaeghe, D., Delbare, D., Polet, H., 2011. Haalbaarheidsstudie: Passieve visserij en maricultuur binnen de Vlaamse windmolenparken? Eindrapport MARIPAS.
- Verhaeghe, D., Van Craeynest, K., Polet, H., 2008. Eindrapport Project Schakels en Potten, studie naar de haalbaarheid van geselecteerde passieve visserijmethodes. spine anterior to first interneural process, 21-28.
- Visbureau, N., 2019. Factsheet Pijlinktvis.
- Vrooman, J., Schild, G., Rodriguez, A.G., van Hest, F., 2018. Windparken op de Noordzee: kansen en risico's voor de natuur. Stichting De Noordzee.
- Wilhelmsson, D., Malm, T., Öhman, M.C., 2006. The influence of offshore windpower on demersal fish. *ICES Journal of Marine Science* 63, 775-784.
- Wilson, E., 2008. *Necora puber*. Velvet swimming crab. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme [on-line]. Plymouth: Marine Biological Association of the United

Kingdom.[cited 18/12/2012]. Available from World Wide Web: <http://www.marlin.ac.uk/speciesinformation.php>.

Witbaard, R., Lavaleye, M., Duineveld, G., Bergman, M., 2013. Atlas of the megabenthos (incl. small fish) on the Dutch continental shelf of the North Sea.

Verantwoording

Rapport C127/19A

Projectnummer: 4318100268

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

Akkoord: Pauline Kamermans
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 20 februari 2020

Akkoord: Jakob Asjes
Manager integratie

Handtekening:



Datum: 20 februari 2020

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

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



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

Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'