

Biodiversiteit kunstmatig hard substraat in de Noordzee (NCP)

Bureaustudie in opdracht van RWS Water, Verkeer en Leefomgeving (WVL)

Zwanette Jager (ZiltWater Advies)

Contactpersonen: Hans Ruiter, Waldo Broeksma

 Red seaweeds (Rhodophyta)		 Green seaweeds and stoneworts (Chlorophyta)		 Brown and yellow-green seaweeds (Ochrophyta)
 Sponges (Porifera)	 Sea anemones, corals, sea firs & jellyfish (Cnidaria)	 Sea gooseberries & comb jellies (Ctenophora)	 Flatworms (Platyhelminthes)	 Ribbon worms (Nemertina)
 Spoon worms (Echiura)	 Peanut worms (Sipuncula)	 Snails, slugs, mussels, cockles, clams & squid (Mollusca)	 Segmented worms e.g. ragworms, tubeworms & fanworms (Annelida)	 Arthropods, joint-legged animals, e.g. insects, crustaceans & spiders (Arthropoda)
 Horseshoe worms (Phoronida)	 Sea mats, horn wrack & lace corals (Bryozoa)	 Lamp shells (Brachiopoda)	 Starfish, brittlestars, sea urchins & sea cucumbers (Echinodermata)	 Sea squirts, fish, reptiles, birds and mammals (Chordata)

ZiltWater-Rapport ZW 2013-04

Holwierde, 15/11/2013

ZiltWater Advies is niet aansprakelijk voor gevolgschade of voor schade die voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van ZiltWater Advies; opdrachtgever vrijwaart ZiltWater Advies van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© ZiltWater Advies / RWS Water, Verkeer en Leefomgeving.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever en ZiltWater Advies.

Illustraties voorblad zijn afkomstig van www.marlin.ac.uk (Biodiversity and Conservation).



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Aanpak van de desk study	7
2.1	Inventarisatie van kunstmatig hardsubstraat op het NCP	7
2.2	Literatuuroverzicht	8
2.3	Vergelijkingen van de soortenrijkdom.....	8
3	Beschrijving van kunstmatig hardsubstraat op het NCP	9
3.1	Kunstriffen.....	9
3.2	Wrakken	9
3.3	Mijnbouwplatforms.....	10
3.4	Windturbines	13
4	Overzicht van onderzoeken naar aangroei	15
4.1	Kunstriffen.....	15
4.2	Wrakken	15
4.3	Mijnbouwplatforms.....	17
4.4	Windturbines	18
5	Overzicht van visstudies	21
5.1	Kunstriffen.....	21
5.2	Wrakken	21
5.3	Mijnbouwplatforms.....	21
5.4	Windturbines	22
6	Vergelijkingen van typen kunstmatig hardsubstraat op het NCP	23
6.1	Ruimtelijke verspreiding van kunstmatig hardsubstraat op het NCP	23
6.2	Soortendiversiteit epifauna	24
6.3	Vissoorten.....	26
6.4	Unieke soorten epifauna	26
6.5	Rode lijstsoorten.....	27
7	Discussie	29
8	Samenvattende conclusies en aanbevelingen	35
9	Gebruikte literatuur	37
10	Bijlage	39





1 INLEIDING

De Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM) beoogt het bereiken van een goede milieutoestand (GMT) van de zee in 2020. De KRM verplicht de lidstaten een Mariene Strategie op te stellen. Deel I van deze Mariene Strategie bestaat uit een initiële beoordeling, de beschrijving van de te bereiken goede milieutoestand, en het formuleren van daarbij behorende doelen en indicatoren. Deel II bestaat uit het opstellen van een monitoringsprogramma (2014) en Deel III uit het treffen van de nodige maatregelen om in de mariene wateren een goede milieutoestand te bereiken en/of behouden (ontwerp programma van maatregelen 2015, geïmplementeerd in 2016). Op 5 oktober 2012 heeft de Ministerraad de "Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020 Deel I" en de bijbehorende "Nota van Antwoord" (met de resultaten van de zienswijzeprocedure) goedgekeurd.

De aanleiding voor deze studie ligt in het ontbreken van een eenduidig beleidskader bij de overheid voor de verschillende vormen van "gebruik" van kunstmatig hard substraat in de Noordzee. Om die reden wordt als deelproject van de uitwerking van de Mariene Strategie Deel 1 een traject ingezet om de kennis van de ecologische waarde van kunstmatig hard substraat te vergroten, om daarmee dat kader vorm te kunnen geven.

De aandacht richt zich daarbij op verschillende soorten kunstmatig hard substraat:

- Scheepswrakken
- Mijnbouwinstallaties (platforms)
- Windturbineparken
- Kunstriffen

Door verschillende maatschappelijke partijen wordt de ecologische functie van kunstmatig hard substraat benadrukt, met name voor biodiversiteit. Het onderliggende belang loopt voor de verschillende partijen sterk uiteen.

Voor scheepswrakken loopt er een traject waarin stakeholders geconsulteerd worden en de biodiversiteit rond een tiental geselecteerde scheepswrakken op de Nederlandse Noordzee in kaart gebracht wordt.

Om het ecologische belang, zowel in kwaliteit als omvang, van de verschillende soorten kunstmatig hard substraat te kunnen vergelijken, is het van belang om, naast wrakken, ook de biodiversiteit op en rond **platforms, windturbines en kunstriffen** zo goed mogelijk in beeld te krijgen. Hiermee kan de overheid een onderbouwde (beleids)afwegingen maken.

In de huidige studie wordt het ecologisch belang van platforms, windturbines en kunstriffen in de Noordzee zo goed mogelijk in beeld gebracht en beschreven (kwalitatief en kwantitatief). Dit dient als basis voor het maken van (beleids)afwegingen door de overheid. De studie richt zich vooral op het Nederlands Continentaal Plat (NCP).

Leeswijzer

De aanpak die in deze studie is gevolgd wordt uitgelegd in Hoofdstuk 2, dat tevens beschrijft van welke literatuur of gegevensbronnen op internet gebruik is gemaakt.

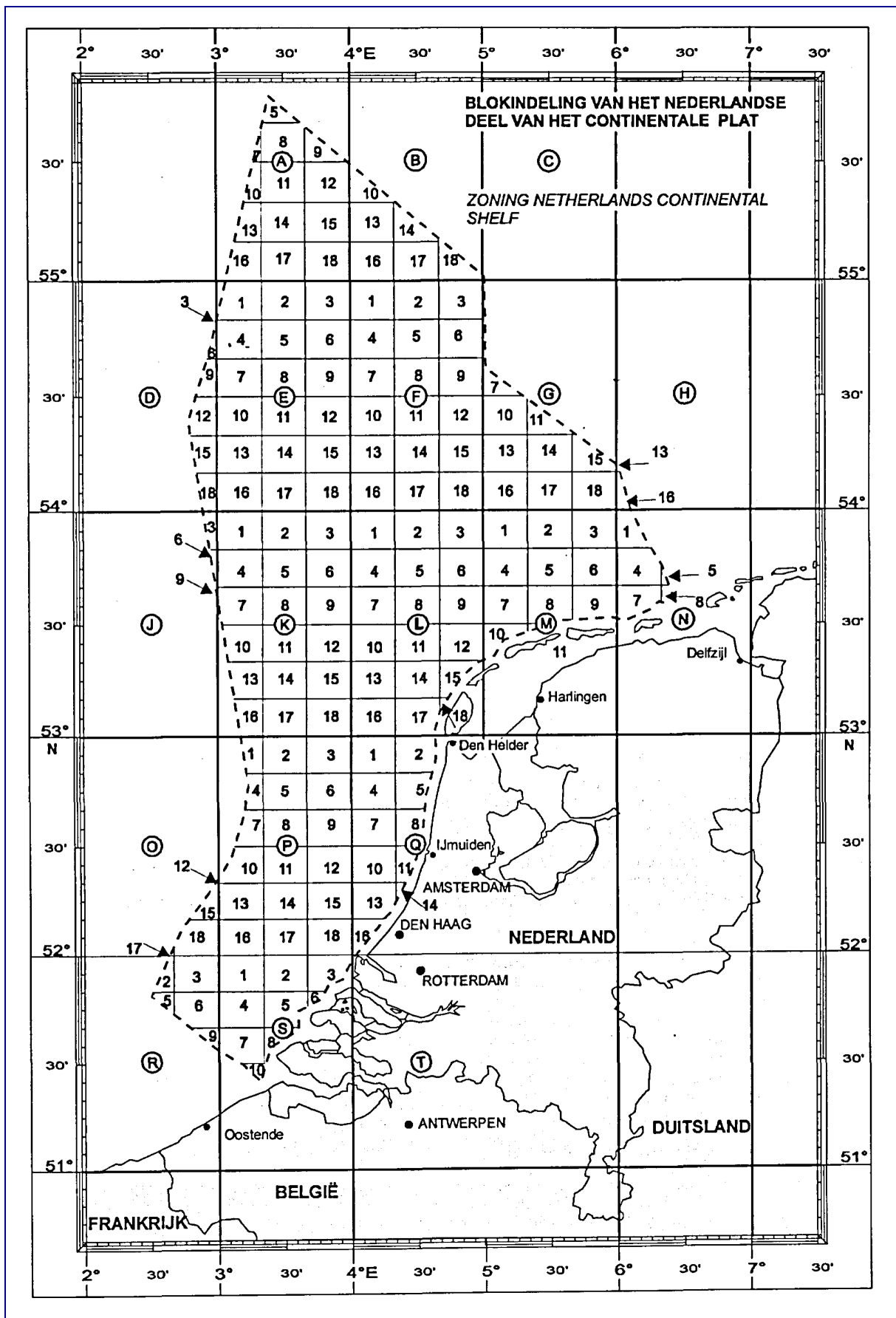
In Hoofdstuk 3 worden de verschillende typen hardsubstraat beschreven; er wordt ingegaan op de soorten constructies, de aantallen per type hardsubstraat en de ruimtelijke verspreiding op het NCP.

De gevonden studies naar aangroei en naar de aanwezigheid van vissen op en rondom verschillende typen hardsubstraat worden vervolgens in een overzicht gepresenteerd en inhoudelijk besproken (Hoofdstuk 4, Hoofdstuk 5) en onderling vergeleken (Hoofdstuk 6).

Dan volgt een discussie van de bevindingen (Hoofdstuk 7) en samenvattende conclusies (Hoofdstuk 8), alsmede enkele aanbevelingen.

De gebruikte literatuur is vermeld in Hoofdstuk 9 en gedetailleerde soortenlijsten van epifauna en vissen zijn opgenomen in de Bijlage (Hoofdstuk 10).





Figuur 1. Blokkenindeling van het Nederlands Continentaal Plat (NCP).



2 AANPAK VAN DE BUREAUSTUDIE

Bij wijze van indicator voor het ecologisch belang van kunstmatig hardsubstraat in de Noordzee is het begrip “Biodiversiteit” (een samentrekking van “Biologische Diversiteit”) gekozen. Biodiversiteit kan op verschillende manieren worden uitgedrukt. Een omschrijving die wordt gegeven door het UNEP (United Nations Environmental Programma) is: *“Diversity is a concept which refers to the range of variation or differences among some set of entities; biological diversity thus refers to variety within the living world. The term ‘biodiversity’ is indeed commonly used to describe the number, variety and variability of living organisms. This very broad usage, embracing many different parameters, is essentially a synonym of ‘Life on Earth’”. In een toelichting wordt biodiversiteit nader omschreven als “Biodiversity is very commonly used as a synonym of species diversity, in particular of ‘species richness’, which is the number of species in a site or habitat. Discussion of global biodiversity is typically presented in terms of global numbers of species in different taxonomic groups.”*

De soortenrijkdom, genoemd in de UNEP-omschrijving, is toegepast als synoniem voor biodiversiteit in deze ‘desk study’: aan de hand van gepubliceerde bronnen is geïnventariseerd welke soorten, hoeveel soorten, en hoeveel soorten per taxonomisch niveau, zijn aangetroffen op de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat op het NCP. Als referentiepunt zijn ook gegevens van een natuurlijk hardsubstraat (de Klaverbank) in de vergelijking opgenomen.

De nadruk is gelegd op de soortenrijkdom van de epifauna. Epifauna is een verzameling van organismen die aangroeien op het hardsubstraat; dit zijn vastzittende (sessiele) dieren en planten, zowel als de mobiele fauna die in samenhang met de sessiele organismen voorkomt. Daarnaast is speciale aandacht uitgegaan naar studies van de visfauna die voorkomt op of nabij de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat.

Veel van de sessiele epifauna op hardsubstraat komt niet voor in de omgeving met zachte bodems, en de aangroei op kunstmatig hardsubstraat levert daarom lokaal een verhoogde soortenrijkdom. In tegenstelling tot de sessiele epifauna, zijn vissen mobiel en kunnen zowel in/bij kunstmatig hardsubstraat worden gevonden, alsmede in de ruimere omgeving ervan. Het is daarom complexer dan bij de epifauna om effecten van de aanwezigheid van hardsubstraat op de visfauna vast te stellen, temeer daar veel vissen ook nog eens sterke seizoensmatige en jaarlijkse aantalsfluctuaties kunnen vertonen.

In het voorliggende rapport is getracht om in een bureaustudie van beperkte tijdsduur en omvang een overzicht te schetsen van de biodiversiteit op diverse typen kunstmatig hardsubstraat in het Nederlandse deel van de Noordzee. Allereerst worden de typen hardsubstraat (wrakken, mijnbouwplatforms, windturbines en kunstriffen) beschreven en geïnventariseerd. Vervolgens wordt de biodiversiteit van verschillende typen kunstmatig hardsubstraat onderling vergeleken, met een beschouwing van diverse factoren (aantal en ligging, structurele complexiteit en materiaal, etc.) die hierbij een rol kunnen spelen.

2.1 INVENTARISATIE VAN KUNSTMATIG HARDSUBSTRAAT OP HET NCP

Bij de inventarisatie van kunstmatig hardsubstraat, die wordt beschreven in Hoofdstuk 0, is gebruik gemaakt van de gangbare indeling van het NCP in concessieblokken, gekenmerkt door een lettercijfercode (Figuur 1). De positie van wrakken, platforms en windparken kan via deze codering worden aangeduid.

Een globale inventarisatie van wrakken is ontleend aan het wrakkenregister HP39 van de Hydrografische Dienst. In dit register zijn wrakken en obstructies op de zeebodem opgenomen en per NCP-blok gerangschikt. Niet alle objecten zijn daadwerkelijk wrakken, maar voor deze inventarisatie is een nader onderscheid niet gemaakt. Het aantal objecten per NCP-blok is op basis van HP39 (2002) bepaald.

Een overzicht van mijnbouwplatforms is gevonden op het NL Olie- en Gasportaal www.nlog.nl in het document *Platforms&Pijpleidingen_wijzigingen2012+_historie.pdf* onder het kopje “Infrastructuur”. Gegevens zoals naam van het platform (inclusief NCP-blok), exploitant, jaar van constructie, type platform en het aantal poten van het platform is daarin vermeld. Uit dit overzicht is het aantal platforms en het aantal poten van mijnbouwplatforms per NCP-blok bepaald.

Informatie over de huidige Nederlandse windmolenparken is gevonden op www.noordzeeloket.nl, www.noordzeewind.nl (OWEZ) en www.prinsesamaliawindpark.eu (PAWP).



2.2 LITERATUUROVERZICHT

Er is een overzicht gemaakt van recente publicaties of rapportages (als vuistregel: maximaal 5 jaar oud) die betrekking hebben op ecologisch onderzoek op de typen kunstmatig hardsubstraat op het NCP.

In sommige gevallen is evenwel oudere informatie of informatie van andere delen van de Noordzee bij de studie betrokken om kennisleemtes te vullen. Via bronnen op internet is gezocht naar recente studies van de aangroei op wrakken, mijnbouwplatforms en windturbines. Een selectie en een overzicht hiervan wordt gepresenteerd in Hoofdstuk 4.

2.3 VERGELIJKINGEN VAN DE SOORTENRIJKDOM

Veel van de gevonden rapporten bevatten een gedetailleerde soortenlijst in de bijlagen. Deze soortenlijsten zijn voor deze bureaustudie door ZiltWater Advies verzameld en ingevoerd in een Excel-werkblad, waarbij de naamgeving is gecontroleerd en gestandaardiseerd via het World Register of Marine Species (WoRMS; www.marinespecies.org). Aan de hand van de verzamelde soortenlijsten zijn in Hoofdstuk 5.1, als onderdeel van de inventarisatie, gedetailleerde vergelijkingen gemaakt van de soortenrijkdom van verschillende typen hardsubstraat. Er is door ZiltWater Advies een selectie gemaakt van gegevens, die betrekking hebben op het BCP en het NCP en voor vissoorten ook het Deense continentale plat (DK); bij mijnbouwplatforms zijn, wegens het ontbreken van NCP-data, gegevens afkomstig van het Britse continentaal plat (UK) betrokken.

De onderzoeksgegevens van de mijnbouwplatforms zijn doorgaans verkregen door videobeelden te analyseren; bij de windturbines zijn videobeelden geanalyseerd, maar ook (schraap)monsters door duikers verzameld, waardoor aanzienlijk meer soorten werden gevonden. Het onderzoek aan wrakken is door duikers uitgevoerd, soms ondersteund met video-opnames.

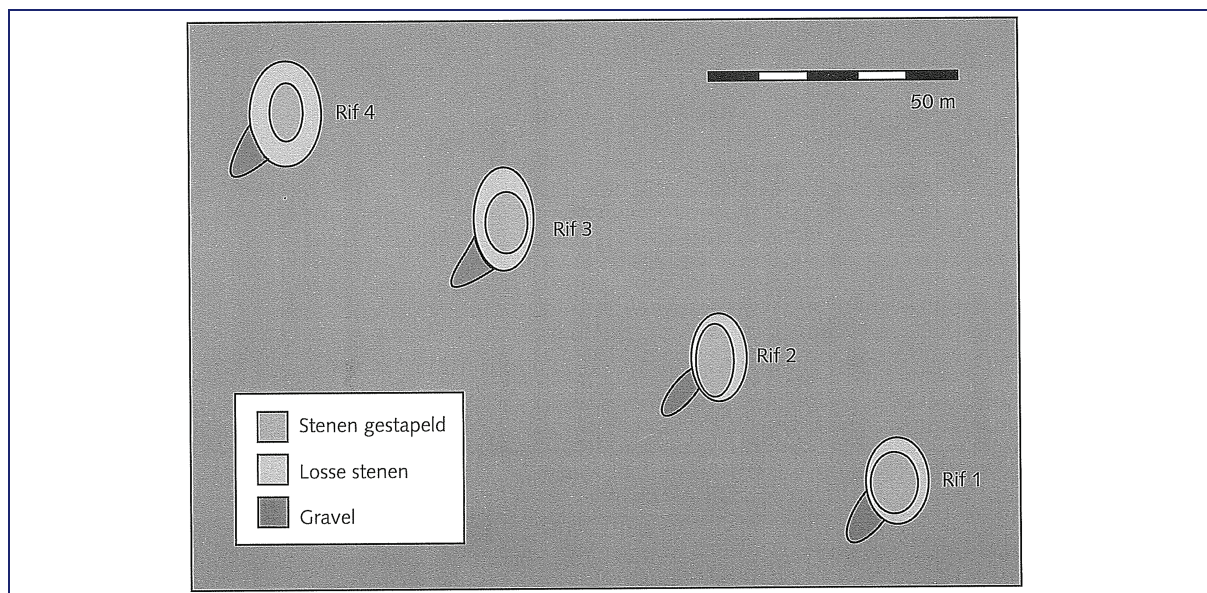
Behalve de methode van gegevensverzameling is de intensiteit van onderzoeksinspanning bepalend voor het aantal soorten dat kan worden aangetoond. Tussen de typen hardsubstraat zijn deze onderzoeksfactoren verschillend en niet gestandaardiseerd. Dit gegeven is van invloed bij de beoordeling van het aantal soorten dat in de diverse studies is aangetroffen.



3 BESCHRIJVING VAN KUNSTMATIG HARDSUBSTRAAT OP HET NCP

3.1 KUNSTRIFFEN

In Nederland is in 1992 een experiment met vier kunstriffen in de Noordzee begonnen, ruim 8 kilometer uit de kust bij Noordwijk, naast het REM-eiland. De riffen zijn 1.60 meter hoog, hebben een diameter van 12 meter en zijn 14 meter lang (Figuur 2). Ze liggen 50 meter uit elkaar op een diepte van 18 meter. De kunstriffen bestaan uit 112 ton basaltstortsteen uit Noorwegen.

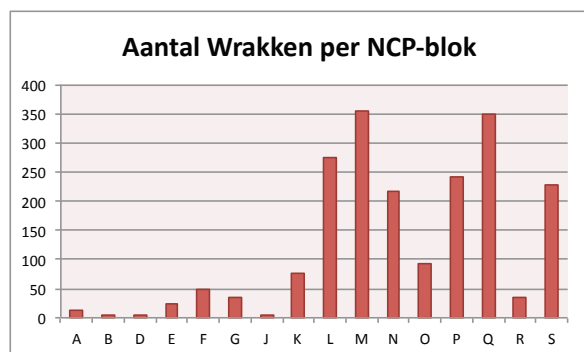


Figuur 2. Schematische afbeelding van het Kunstrif bij Noordwijk, geplaatst in 1992.

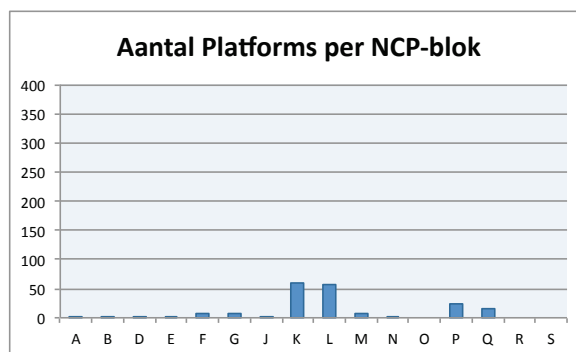
3.2 WRAKKEN

De verraderlijke zandige kust van Nederland is bezaaid met wrakken van uiteenlopende leeftijd, grootte en soort. Veel van deze wrakken liggen blijvend op de zeebodem, maar worden vaak bedolven onder een dikke laag zand. Waar delen van een wrak boven de zandbodem uitsteken, vormen ze een stevige ondergrond voor planten en dieren die zich niet op een woelige zandbodem kunnen vestigen (www.ecomare.nl). In het wrakkenregister (HP39) van de Hydrografische Dienst zijn 1953 objecten (voornamelijk wrakken) op het NCP vermeld, maar waarschijnlijk zijn het er veel meer (mogelijk tot zo'n 10.000; Van Moorsel et al. 1991). Anderen wijzen erop dat er andere objecten dan wrakken (o.a. koelkasten, ankers) en dubbeltellingen voorkomen in het register en dat het werkelijke aantal wrakken mogelijk toch lager ligt dan gedacht, namelijk ca. 100-200 (Van der Weide, 2008; Didderen et al. 2013).

Het aantal in HP39 geregistreerde objecten per NCP-blok varieert van 4 tot 354; het hoogste aantal 'wrakken' wordt aangetroffen in de kustnabije blokken M en Q, gevolgd door L, P, S en N (Figuur 3).

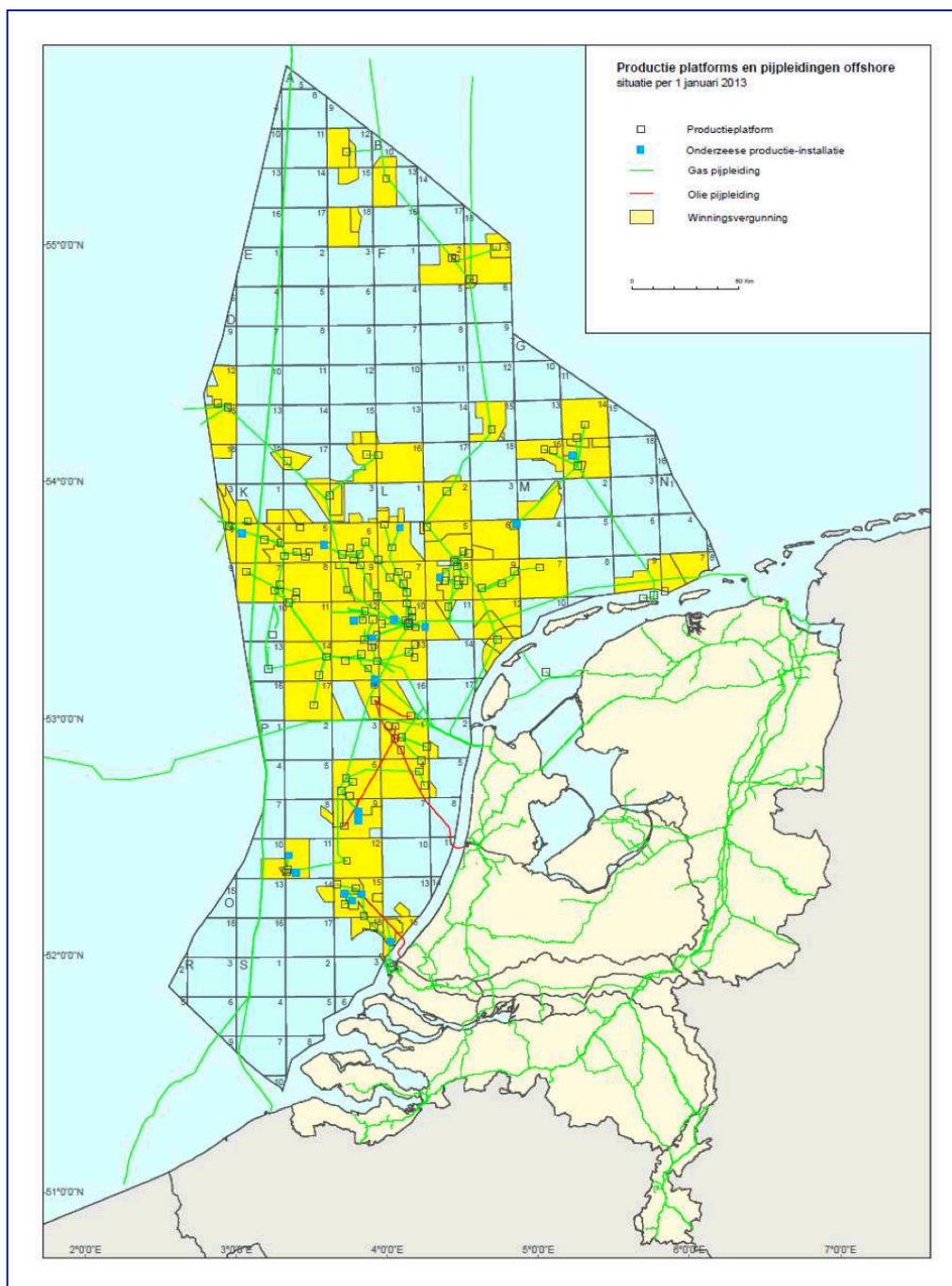


Figuur 3. Aantal 'wrakken' per NCP-blok. Gebaseerd op data in HP39 (2002). Voor indeling in blokken: zie Figuur 1.



Figuur 4. Aantal mijnbouwplatforms per NCP-blok. Gebaseerd op data in www.nlog.nl.



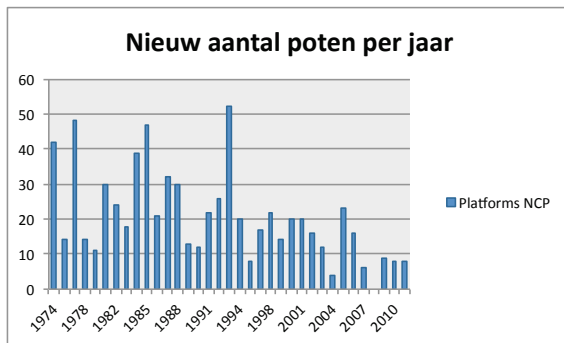


Figuur 5. Locaties van platforms en leidingen op het NCP. Bron: www.nlog.nl.

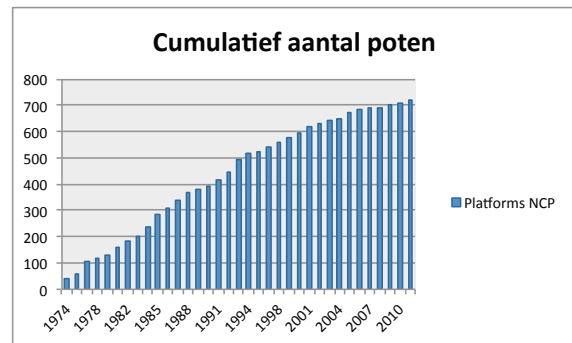
3.3 MIJNBOWPLATFORMS

De mijnbouwinstallaties op het NCP bestaan uit gasplatforms, olieplatforms en gecombineerde gas- en olieplatforms. Daarnaast zijn soms satellietplatforms geplaatst, of platforms voor huisvesting van werknemers. In de zuidelijke Noordzee vindt voornamelijk gaswinning plaats. In het midden en noorden van de Noordzee staan zowel olie- als gaswinningsplatforms. In totaal herbergt het NCP 186 platforms, rustend op een totaal van 718 poten. Het oudste platform dateert van 1974 en het jongste van 2011 (www.nlog.nl); het overzicht is bijgewerkt tot 2012. Het aantal platforms per blok varieert tussen 0 en 60; het hoogste aantal platforms bevindt zich in blok K, op de voet gevolgd door blok L (Figuur 4). Het aantal platforms (c.q. aantal poten) dat per jaar wordt geplaatst varieert (Figuur 6a); cumulatief bezien lijkt er in de loop der tijd sprake van een minder snelle toename van het aantal poten (Figuur 6b). De locaties van de platforms zijn weergegeven in Figuur 5.





a.

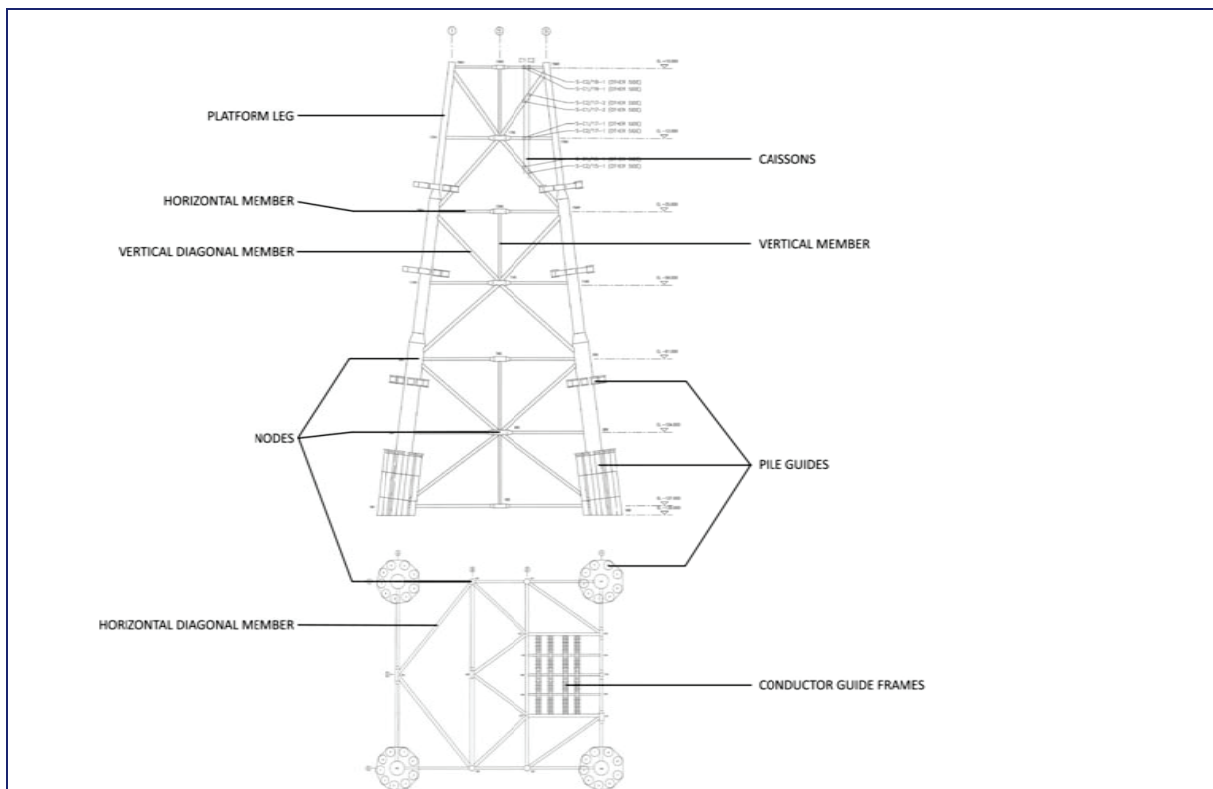


b.

Figuur 6 a. Trend in aantal poten van geplaatste olie- en gasplatforms op het NCP, b. Cumulatief aantal poten van geplaatste olie- en gasplatforms op het NCP. Bron: www.nlog.nl.

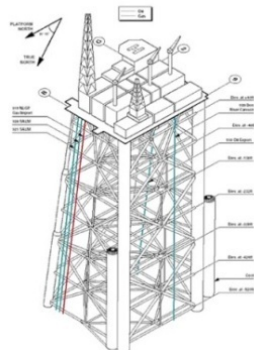
In de Noordzee gebruiken de mijnbouwmaatschappijen twee basistypen productieplatforms. Beiden hebben een onderbouw en een bovenbouw. Het ene heeft een onderbouw van staal, de ander één van beton (www.ecomare.nl). De meeste platforms op het NCP hebben een stalen constructie (pers. meded. A. Tacoma, NOGEP). Behalve het materiaal, bepaalt de constructie en het aantal poten hoeveel potentie er is voor de aangroei van organismen. De ruimte onder het platform kan te zwaar beschadigd zijn om aangroei van specifieke soorten (bijvoorbeeld wieren) toe te staan. Een individueel mijnbouwplatform biedt een koloniseerbaar oppervlak van naar schatting 8.000 m² (bij waterdiepte 30 m) en omvat de gehele verticale zonering (intergetijde tot sublitoraal); in Figuur 7 en Figuur 8 worden voorbeelden getoond van mijnbouwplatform-structuren op het Britse deel van de Noordzee, onderzocht door Guerin (2009).

De 'levensverwachting' van een productieplatform is 10-30 jaar. Als een platform uitgeteerd is moet hij ontmanteld worden (website Total EP). Vanaf 1996 worden jaarlijks platformen in de Noordzee uit productie genomen. Op het Nederlandse deel van de Noordzee werd het eerste platform in 1996 verwijderd, en in de toekomst zal men elk jaar enkele platformen demonteren (www.ecomare.nl). Hierdoor is er een "rig to reef" discussie ontstaan (sinds ca. 2000; zie <http://scholar.google.nl/>).



Figuur 7. Voorbeeld van een typische 'steel jacket' offshore structuur, met representatieve kenmerken gemarkeerd. Het schema is van platform North Alwyn A, op het Britse continentale plat (UK). Bron: Total E&P in Guerin (2009).





THISTLE ALPHA

Water Depth: 160m

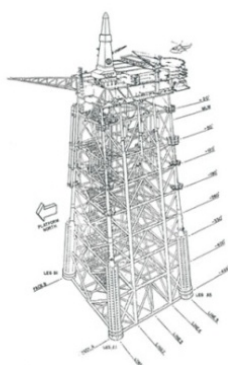
Subsea structure mass: 31,000 tonnes

Installation Date: 1977-1978

Operator: BP

Data provided: Selected digital stills of organisms on structure

Date surveyed: Images captured in 2004 and 2005



HEATHER ALPHA

Water Depth: 144m

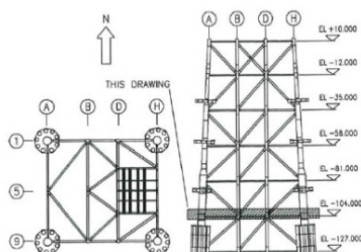
Subsea structure mass: 18,700 tonnes

Installation Date 1977-1978

Operator: Lundin Oil

Data provided: Structural survey footage (legs) and digital stills of points of interest

Date surveyed: July 2002, digital stills obtained in 2005



NORTH ALWYN A (NAA)

Water Depth: 125m

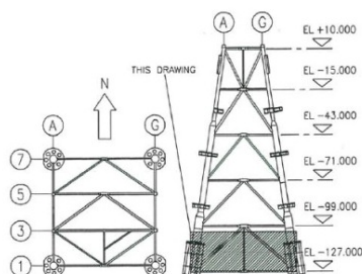
Subsea structure mass: 18,500 tonnes

Installation Date: 1985

Operator: Total

Data provided: Complete structure survey (video) including conductors

Date surveyed: June 2006



NORTH ALWYN B (NAB)

Water Depth: 125m

Subsea structure mass: 14,500 tonnes

Installation Date: 1986

Operator: Total

Data provided: Complete structure survey (video)

Date surveyed: July 2006

Figuur 8. Enkele voorbeelden van mijnbouwplatforms in het Britse deel van de Noordzee (bron: Guerin 2009).



3.4 WINDTURBINES

Afhankelijk van de diepte van de zeebodem worden de windturbines op verschillende manieren gefundeerd in de zeebodem (Figuur 9). De “gravity based” turbine rust op zijn eigen gewicht, een betonnen sokkel. Hoewel dit type meestal wordt toegepast in water ondieper dan 5 m heeft het windpark op de Thornton Bank (Belgische kust, diepte 20 m) ook een “gravity based” constructie. Monopiles zijn op dit moment het meest toegepast als fundering op waterdieptes tot ca. 30 m. Op grotere dieptes (30-60 m) wordt overgegaan op een Tripod fundering, zoals bijvoorbeeld is toegepast bij het Alpha Ventus windpark. Er zijn nog geen commerciële projecten die Floating fundering toepassen, maar dit type zal nodig zijn wanneer men in de toekomst op nog grotere dieptes (50-70 m) windturbines wil bouwen.

Net als bij een mijnbouwplatform omvat een turbinepaal de hele verticale zonering, maar in vergelijking met de mijnbouwplatforms zijn de windturbines minder complex. De voet van de turbinepaal is meestal omgeven door een bescherming tegen erosie, zeker bij de “gravity based” constructies en de monopiles (Figuur 10).



Figuur 9. Verschillende typen fundering voor windturbines op zee. Bron: Wilhelmsson (2010).

De eerste twee Nederlandse (monopile) windturbineparken die op de Noordzee werden gebouwd (2006-2008) zijn het offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ; 8 mijl uit de kust) en het Prinses Amalia Windpark (PAWP; buiten de 12-mijlszone). Ze beslaan een oppervlakte van respectievelijk 26,8 en 16,6 km².

De komende jaren zullen, met subsidie, naar verwachting nog drie parken worden gebouwd: windpark Luchterduinen (Q10) voor de Hollandse Kust en de parken Buitengaats en Zee-Energie (de zogenoemde Geminiparken) ten noorden van de Waddeneilanden. Voor de overige vergunningen die in 2009 zijn verleend, maar geen subsidie hebben gekregen, is een besluit tot behoud van de vergunningen tot 2020 genomen. Twee vergunningen zijn nog in procedure; Helmveld en Q4 west. Q4 west is de vervangende locatie voor Scheveningen Buiten, die door aanpassing van de scheepvaartroutes niet meer kon worden benut. Van elke vergunning zijn de actuele status en coördinaten beschikbaar. Een offshore windmolenpark is gemiddeld 20 jaar in gebruik (www.noordzeeloket.nl).

OWEZ (NCP)

Het OWEZ-windpark, van het consortium Noordzeewind, bevindt zich op het NCP in blok Q8. Iedere molen staat op een funderingspaal. De funderingspaal is een grote stalen paal die in de zeebodem wordt geheid. De diameter van deze paal is 4,6 meter en de plaatdikte is 5-6 cm.



De lengte van deze funderingspalen varieert tussen de 40 en 50 m. Dit is afhankelijk van bodemgesteldheid en waterdiepte van de plek. De palen wegen ongeveer 250 ton per stuk. Na het heien zit de bovenkant van elke paal 5 meter onder de waterspiegel. De palen zijn dan ongeveer 30 m de zeebodem in geslagen. In totaal zijn er 36 windmolens gebouwd in OWEZ op een oppervlakte van 27 km². De bouw is gestart in mei 2006. In augustus 2006 waren alle 36 funderingen geheid en in oktober 2006 is het windpark in productie gegaan. Zie www.noordzeewind.nl.

Prinses Amaliawindpark (NCP)

Het Prinses Amaliawindpark, van Eneco, bevindt zich op het NCP in blok Q7. Het is het tweede offshore windpark in het Nederlandse deel van de Noordzee en het eerste dat zich buiten de 12-mijlszone bevindt, op een afstand van 23-26.4 km van de kust ter hoogte van IJmuiden. De waterdiepte ter plaatse is 19-24 m. In dit windpark is gekozen voor een monopaalfundering. De monopaal is een stalen buis van 320 ton, heeft een diameter van circa 4 meter en is ongeveer 50 meter lang. De monopaal wordt in ongeveer twee uur circa dertig meter de grond in geheid. Vervolgens wordt om de monopaal een zogenaamde J-buis geschoven. De J-buis geleidt de kabels vanuit de windturbine naar de bodem. Het laatste onderdeel van de fundering is het transitiestuk. Dit is de verbinding tussen de monopaal en de toren. Het transitiestuk wordt op de monopaal vastgezet met een cementachtige substantie, die 'grout' genoemd wordt. In totaal zijn er 60 windmolens gebouwd in Prinses Amaliawindpark op een oppervlakte van 14 km². Rond de turbinepalen is een stortstenen laag aangelegd, met een diameter van 15 meter. De funderingen zijn geplaatst in mei 2007 en in juni 2008 was het windpark operationeel. Zie prinsesamaliawindpark.eu/nl/.

OWEZ_R_112_T1_20100226

-19-

50863511-TOS/PCW 10-4207

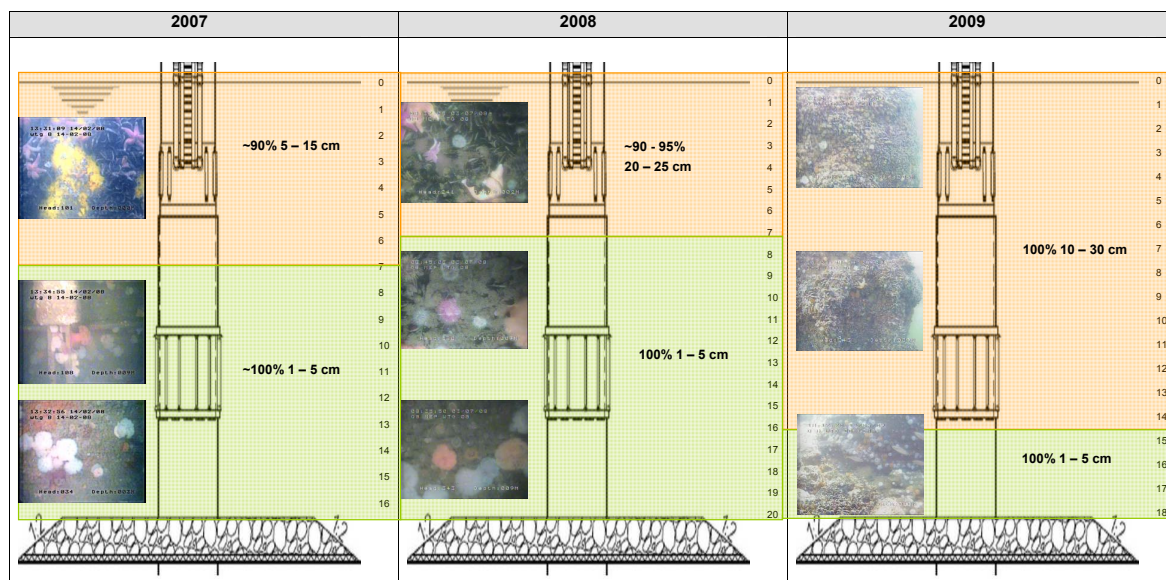


Figure 10 Fouling development during 2007, 2008 and 2009 at monopile WTG-08

Figuur 10. Schets van de zonering op een monopile en de aangroei op verschillende dieptes in OWEZ (Bruijs, 2010).



4 OVERZICHT VAN ONDERZOEKEN NAAR AANGROEI

4.1 KUNSTRIFFEN

De ontwikkeling van de kunstriffen bij Noordwijk zijn gemonitord en gerapporteerd door Leewis et al. 1997 (Tabel 1) en samengevat door Ecomare (www.ecomare.nl).

Tabel 1. Overzicht van onderzoeken aan kunstriffen op het NCP.

Land	Naam	Aantal soorten	Aantal onderzocht	Hardsub onderzoek
Nederland	Noordwijk	22	n.v.t.	Leewis et al. 1997

Na de aanleg is een aantal malen gedoken (vijfmaal per jaar) en de eerste resultaten kwamen goed overeen met de verwachtingen. De eerste 'kolonisten' waren hydroïedpoliepen, die een week na plaatsing al op het rif groeiden. Ook Noordzee-krabben en zeesterren hadden het rif toen al ontdekt. Na een maand verschenen zeepokken en zeeanemonen. In 1993 raakten de kunstmatige riffen vrijwel helemaal begroeid en vormden zee-anemonen de grootste bedekking. Op elk rif woonden na verloop van tijd naar schatting ongeveer 30 Noordzee-krabben. Verder is het opmerkelijk dat inktvis-eieren zijn aangetroffen. De belangrijkste ontdekking is de naaktslak *Polycera*. Die was in Nederland niet eerder waargenomen.

Op het kunstrif werden na verloop van tijd 22 soorten waargenomen, wat overeenkomt met het aantal soorten op een recent gezonken wrak. Het kunstrif bleef relatief soortenarm, wat mogelijk komt door de ligging in de abiotisch dynamische kustzone waarbij koude winters regelmatig de successie terugzetten.

Rijkswaterstaat besloot in maart 1996 te stoppen met het experiment bij Noordwijk. Het experiment had na drie jaar te weinig resultaat opgeleverd. Rond 1997 zou een evenwicht bereikt moeten zijn in de begroeiing en bewoning van de kunstmatige riffen. Op basis van de laatste metingen concludeerde Rijkswaterstaat echter dat de biomassa en het aantal organismen op en rond de riffen blijft toenemen maar veel minder omvangrijk dan bij bijvoorbeeld scheepswrakken. In vergelijking met kunstriffen in Engeland was de toename van het aantal soorten laag, daar werden twee keer zo veel soorten fauna geteld. De bouw van kunstriffen, met als enige doel natuurontwikkeling, werd in Nederland niet langer nagestreefd. Bron: www.ecomare.nl.

4.2 WRAKKEN

Er is relatief weinig actuele kennis van de ecologie en diversiteit van levensgemeenschappen op wrakken op het NCP (Lengkeek et al., 2011). De meest recente onderzoeken dateren uit de jaren tachtig (samengevat in Van Moorsel et al. 1991). Belgisch wrakkenonderzoek is van recente datum en omvat meerdere studies in het kader van het BEWREMABI-project dat zich richtte op Belgische scheepswrakken als hotspots voor mariene biodiversiteit. Zowel macrofauna (>1 mm) als meiofauna (< 1 mm) op wrakken en op naastgelegen zeebodem werd onderzocht. De resultaten van dit project zijn gerapporteerd in Mallefet et al. (2008) en zijn daarnaast uitgewerkt in meerdere PhD-theses (o.a. Crawford 2005, Zintzen 2007) en in diverse wetenschappelijke publicaties (o.a. Zintzen et al. 2008a, 2008b). Nederlands wrakkenonderzoek werd uitgevoerd door Bureau Waardenburg in opdracht van de Dienst Getijdewateren (Rijkswaterstaat), in het kader van de projecten INDICAT (1986-1989) en BIOMON (1989-1990). De resultaten hiervan werden geëvalueerd door Van Moorsel et al. (1991). In 2013 laat Rijkswaterstaat opnieuw een wrakkenonderzoek uitvoeren door Bureau Waardenburg, waarvan de resultaten eind 2013 zullen worden gerapporteerd (Lengkeek et al., in prep.). De selectie van de onderzochte wrakken werd onderbouwd in een voorstudie (Didderen et al. 2013).

Zie onderstaande Tabel 2 voor een overzicht.

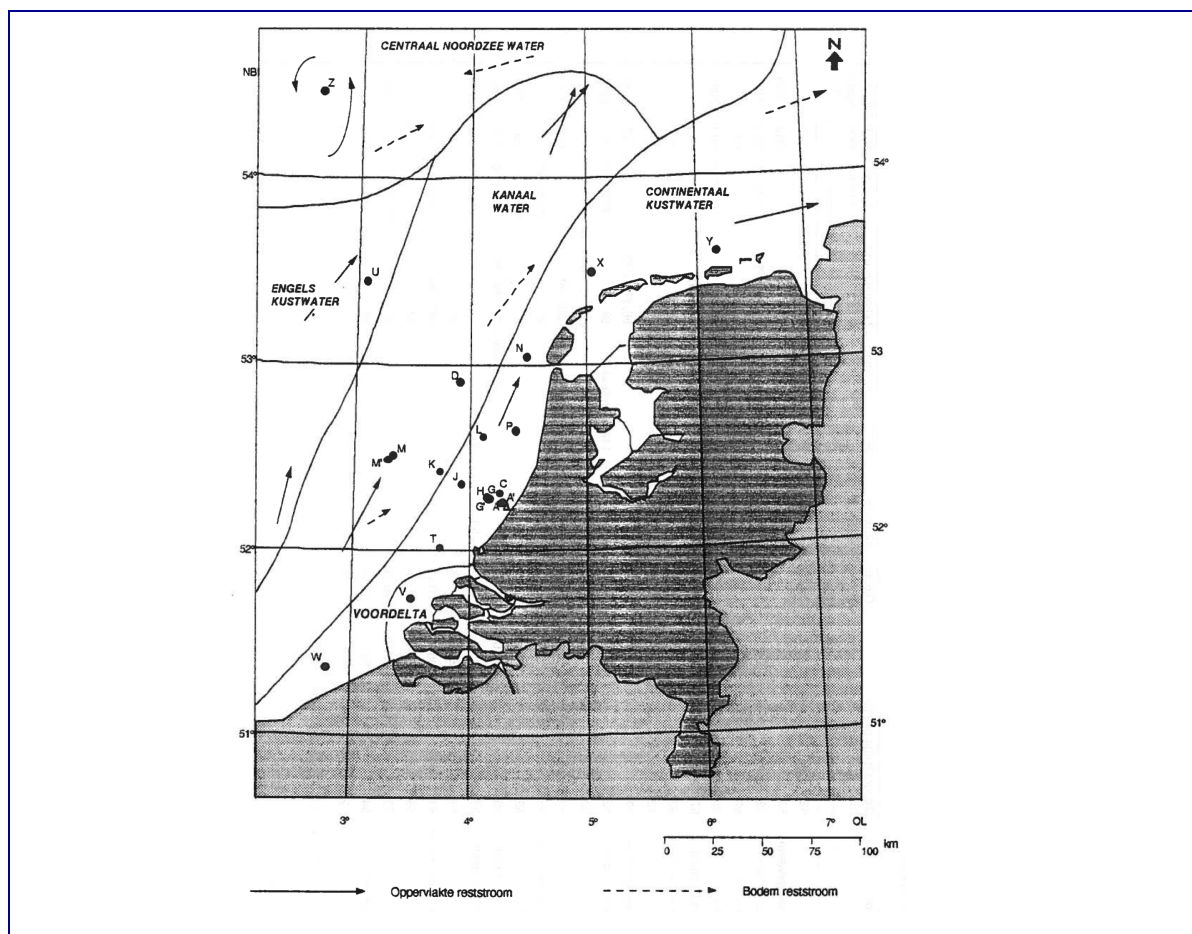
Tabel 2. Overzicht van wrakkenonderzoeken.

Land	Naam	Aantal soorten	Aantal wrakken onderzocht	Hardsub onderzoek
België	BCP	224	10	Mallefet et al. 2008
Nederland	NCP	138	21	Van Moorsel et al. 1991
Nederland	NCP	173	(?)	Didderen et al. 2013
Nederland	NCP	?	10	Lengkeek et al. (in prep.)



Mallefet et al. (2008) onderzochten 10 scheepswrakken op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) met verschillende afstanden tot de kust en analyseerden de diversiteit en de ruimtelijke en temporele variaties in de voorkomende gemeenschappen. Er werden 224 soorten (>1 mm grootte) aangetroffen, waarvan 46 nieuw waren voor de Belgische fauna, terwijl verscheidene soorten, die zeldzaam zijn op het BCP, op de wrakken in hoge dichtheden voorkwamen. Er groeiden geen algen op de wrakken. Gemiddeld 70% van het wrakkensubstraat was bedekt met aangroei. In aantal waren Amphipoden dominant (tot 445.800 ind/m²), terwijl de aangroei van de scheepswrakken qua biomassa werd overheerst door Cnidaria (neteldieren, zoals hydroïedpoliepen en anemonen). Ruimtelijk gezien konden er drie groepen wrakken worden onderscheiden op basis van de aangroei. Dichtbij de kust vond men een soortenarme gemeenschap, gedomineerd door de anemoon *Metridium senile*. De wrakken verder van de kust, en beïnvloed door Kanaalwater met meer stabiele abiotische kenmerken, werden gedomineerd door de hydroïedpoliep *Tubularia indivisa*. Tussengelegen wrakken werden eveneens bepaald door *T. indivisa*, maar met hogere dichtheden. Gemiddeld bedroeg de wrakkenaanegroei 628 g AFDW/m² (en slechts 10 g AFDW/m² in de omringende bodem). De meiofauna (ruwweg <1 mm) werd bestudeerd op slechts twee van de wrakken en werd gekenmerkt door hoge dichtheden van Nematoden en Amphipoden.

Van Moorsel et al. (1991) onderscheidde verschillende gemeenschappen op de 21 geselecteerde wrakken op het NCP, die varieerden van zuid naar noord evenwijdig aan de kust en loodrecht op de kust. Een aantal soorten kwam bijna altijd op de wrakken voor, zoals de zeeanjer (*Metridium senile*), de zeester (*Asterias rubens*), zeepokken (Cirripedia), kokerbouwende vlokreeftjes (Gammaridea) en de Noordzeekrab (*Cancer pagurus*). Soorten met een hoge bedekking (soms >50%) waren *Metridium senile*, Gammaridae, Cirripedia en de mossel (*Mytilus edulis*). Andere soorten, met een iets minder hoge bedekking en frekwentie, waren de broodspoon (*Halichondria panicea*), spookkreeftjes (*Caprellidae*), het golfbrekeranemoontje (*Diadumene cincta*), de ruwe zeerasp (*Hydractinea echinata*) en *Tubularia* soorten. De taxonomische samenstelling werd gedomineerd door: 9 sponzen, 18 holtedieren, 10 borstelwormen, 23 weekdieren waarvan 11 naaktslakken, 25 kreeftachtigen, 10 mosdiertjes, 4 stekelhuidigen, 5 zakpijpen en 19 vissoorten, en voorts 4 vertegenwoordigers van kleine phyla. Bijna al deze soorten zijn ook algemeen op de diepere delen van boorplatforms (verwijzingen in Van Moorsel et al. 1991).



Figuur 11. Globale ligging van verschillende watermassa's in de Nederlandse Noordzee (Van Moorsel et al. 1991).



In de zuidelijke Noordzee mengen zich verschillende watermassa's, zoals Kanaalwater, Engels kustwater, centraal Noordzeewater en Continentaal kustwater (Figuur 11). De variatie in aangroei-gemeenschappen was grotendeels te verklaren door de ligging van de wrakken in verschillende watermassa's (Van Moorsel et al. 1991, Mallefet et al. 2008).

Daarnaast was er sprake van variatie door de tijd (seizoen, jaar) en successie: een vaste opeenvolging van verschillende gemeenschappen. Door strenge winters kan de successie worden onderbroken en terugvallen naar een eerder stadium (Van Moorsel et al. 1991).

Niet elk wrak is ecologisch gezien even waardevol (Lengkeek et al., 2011). Verschillende factoren kunnen invloed hebben op de levensgemeenschap die ontstaat op een wrak. Zowel door Van Moorsel *et al.* (1991), als ook in de Belgische studie (Mallefet *et al.* 2008), is aangetoond dat de afstand van de wrakken tot de kust een belangrijke factor is die verschillen in de levensgemeenschappen veroorzaakt.

En er zijn meer factoren denkbaar, zoals bijvoorbeeld: de leeftijd van het wrak; het materiaal waaruit het wrak bestaat; het formaat van het wrak; hoeveel van het wrak boven het zand uit steekt; hoe diep het wrak ligt; de positie ten opzichte van andere wrakken (Lengkeek et al. 2011).

Een selectie van de meest waardevolle wrakken op het NCP, gekozen op basis van een aantal gedefinieerde criteria, is gepresenteerd in Didderen et al. (2013). Op deze wrakken werden in totaal 173 taxa (soorten) aangetroffen, verzameld uit hobby- en beroepsmatige inventarisaties door duikers.

4.3 MIJNBOWPLATFORMS

Er zijn erg weinig (recente) publicaties over de aangroei op mijnbouwplatforms in de Noordzee, laat staan op het NCP. Een overzicht van recent onderzoek op het Britse continentale plat (UK) is gevonden in de PhD-thesis van Guerin (2009), waarin ook de studies van Forteath et al. (1982) en Whomersly & Picken (2003) worden besproken (zie Tabel 3).

Tabel 3. Overzicht van platformonderzoeken.

Land	Naam	Aantal soorten	Aantal platforms onderzocht	Hardsub onderzoek
UK	Thistle Alpha, Heather Alpha, North Alwin (A en B), Dunbar, Bruce, Andrew, Hoton	>21	8	Guerin (2009)
UK	Montrose Alpha	26	1	Forteath et al. (1982)
UK	Tern Alpha, Eider, Gannet Alpha, Kittiwake Alpha	11	4	Whomersley & Picken (2003)

Guerin (2009) maakt al bij aanvang helder dat er een grote kennisleemte bestaat ten aanzien van de begroeiing van mijnbouwplatforms in de Noordzee. In zijn studie analyseerde Guerin video-beelden die door de industrie voor inspectiedoeleinden worden gemaakt. Ook van platforms op het NCP zijn dergelijke beelden ongetwijfeld aanwezig, maar blijkbaar tot op heden niet uitgewerkt met een wetenschappelijke doelstelling. Met inachtneming van alle beperkingen die het verwerken van video-beelden met zich meebrengt (mobiele fauna, zoals Amphipoden, wordt bijvoorbeeld niet goed waargenomen) heeft de studie van Guerin (2009) een aantal inzichten opgeleverd.

Guerin vond verschillen in aangroei tussen platforms en met name verschillen in de aangroei per dieptezone. De ondiepe zone (<5 m) wordt snel gekoloniseerd door algen, zeepokken, mosselen, etc. en vertoont een stabiel patroon tussen platforms. Daar waar voldoende licht is (vooral aan de buitenzijde van de platformfundering) bestaat de begroeiing vooral uit macroalgen. Op grotere diepte wordt de eerste kolonisatie gevormd door hydroiden, kokerwormen en mosdiertjes, waarna zich in 5-10 jaar tijd een door *Metridium* (zeeanjelier) gedomineerde gemeenschap ontwikkelt. Onder of tussen de zeeanjelieren groeit een 'background-fouling' met kokerwormen, hydroïden, overige anemonen etc. In de loop der jaren kan de bedekking met zeeanjelier teruglopen, waarna andere organismen, zoals de dodemansduim *Alcyonium digitatum*, een kans krijgen in de successie. Na een tiental jaren kan op de noordelijke platforms *Lophelia pertusa* tot ontwikkeling komen. *Lophelia pertusa* is een koudwater hard koraal met rifvormende eigenschappen. Het komt voor bij watertemperaturen van 6-8 °C en op dieptes >40 m (algemeen 200-1000 m). Het vormt een climax-stadium van de begroeiing. Verschillen in aangroei tussen platforms waren in hoofdzaak afhankelijk van de leeftijd en locatie van het platform.



Er werd door Guerin een zestal 'principal fouling' types onderscheiden: 1. Macroalgen, 2. *Metridium senile*, 3. Actiniaria (zeeanemonen, overige soorten), 4. *Alcyonium digitatum* (Dodemansduim), 5. *Lophelia pertusa* (koudwaterkoraal), 6. *Tubularia larynx* (gorgelpijppoliep). Daarnaast onderscheidde hij drie 'background fouling' types: 1. Light fouling, 2. Hard fouling, 3. Hydroid dominated; waarbij 0 = 100% bedekking met 'principal fouling'.

Mijnbouwplatforms kunnen door de rijke aangroei bijdragen aan de soortendiversiteit, maar hebben ook een keerzijde. Milieuaspecten van offshore gas- en oliewinning zijn uiteenlopend en hebben betrekking op habitatverlies, verontreiniging (door boorspoeling, productiewater, huishoudelijk afvalwater en calamiteiten), verandering van het substraat, vertroebeling, geluid en trilling (vooral in de aanlegfase), licht en (landschappelijke) optische verstoring (Tamis et al., 2010). Daarnaast is er een risico op het inslepen van invasieve soorten door het transport met schepen (ballastwater, aangroei op scheepshuid) van en naar boorplatforms in (voorheen ongerepte) natuurgebieden (OGP/IPIECA, 2010).

4.4 WINDTURBINES

Het OWEZ-project is begeleid met onderzoek; zie www.noordzeewind.nl of www.agentschap.nl. Er is ondermeer onderzoek verricht aan benthos en vissen. Het hardsub-onderzoek is uitgevoerd en gerapporteerd door Bureau Waardenburg (Bouma & Lengkeek 2012). Ook het PAWP-project is begeleid met onderzoek; zie www.prinsesamaliawindpark.eu/nl/. Er is o.a. onderzoek verricht aan vogels, vissen, zeezoogdieren en bodemleven. Het hardsub-onderzoek is uitgevoerd en gerapporteerd door eCoast (Vanagt et al. 2013). Zie Tabel 4 voor een overzicht.

In de ons omringende landen zijn ook al diverse windparken op zee gebouwd, waarbij begeleidende ecologische onderzoeken zijn uitgevoerd aan onder andere benthos en vis. Zo zijn er studies gedaan in de windparken op de Thorntonbank en Bligh Bank, gerapporteerd in Degraer et al. 2012 (Tabel 4). Omdat sommige windparken (te) jong zijn, zijn er nog niet altijd onderzoeksresultaten beschikbaar van de situatie na aanleg. Het oudste onderzochte windpark is Horns Rev 1 op het Deense continentaal plat (www.ens.dk), gerapporteerd in Leonhard & Pedersen (2006).

Onderzoeksresultaten van het testpark Alpha Ventus, 5 jaar na aanleg, zijn eind oktober 2013 in Berlijn gepresenteerd (zie <http://rave.iwes.fraunhofer.de/rave/pages/raveEcology>), maar ze waren nog niet beschikbaar op het moment dat de voorliggende studie werd uitgevoerd.

Tabel 4. Overzicht van onderzoeken aan hardsubstraat in windparken.

Land	Naam	Aantal soorten	Aantal monopiles onderzocht	Hardsub onderzoek
België	Thorntonbank	70	2 (staal, beton fundering)	Kerckhof et al. in: Degraer et al. 2012
België	Bligh Bank	49	3 (staal)	Kerckhof et al. in: Degraer et al. 2012
Denemarken	Horns Rev 1	111	6 (staal) + scour protection	Leonhard & Pedersen 2006
Nederland	OWEZ	55	3 (staal) + scour protection	Bouma & Lengkeek 2012
Nederland	Prinses Amalia	85	4 (staal) + scour protection	Vanagt et al. 2013

Leonhard & Pedersen (2006) onderzochten de aangroei op het windpark Horns Rev I (80 monopiles), dat is gebouwd in 2002 op een diepte van 6.5-13.5 m in de Noordzee bij Denemarken. De monopiles werden snel na plaatsing gekoloniseerd en vertoonden een verticale zonering zowel als een ontwikkeling in de tijd. In totaal werden 111 soorten aangetroffen (incl. vissoorten), waarvan 26 soorten vegetatie (algen, wieren). De scour-protection heeft een andere soortensamenstelling dan de monopiles. Opvallend was de aanvankelijk zeer dominante aanwezigheid van *Telmatogeton japonicus* in de splash zone. In de ondiepe sublitorale zone groeiden grote hoeveelheden mosselen (*Mytilus edulis*) en zeepokken (*Balanus crenatus*). De aantallen van deze soorten lijken te worden gecontroleerd door hun predator *Asterias rubens* (zeester). Op de basis van de monopiles was de kalkkokerworm *Pomatoceros triqueter* een van de eerste kolonisten; hier is de soort talrijker dan hoger op de monopile, mogelijk een gevolg van competitie om ruimte met andere soorten. Een andere kolonist is *Tubularia indivisa*, waarvan de aantallen worden gecontroleerd door competitie om ruimte en door predatie van de zeenaaktslak *Facelina bostoniensis*. Er vindt successie plaats in de aangroei, tot na ca. 5-6 jaar een climax-gemeenschap wordt bereikt. De successie kan van tijd tot tijd worden teruggezet door strenge winters of stormen. Er werden 2 exoten vastgesteld: *Telmatogeton japonicus* en *Caprella mutica*. Soorten met een bijzondere betekenis waren de rifvormende kokerworm *Sabellaria spinulosa* en het zeemos *Sertularia cupressina*.



Kerckhof et al. (Ch3 in: Degraer et al. 2012) onderzochten twee windparken op het Belgisch continentaal plat: Thorntonbank (C-power, betonnen fundering) en Bligh Bank (Belwind, staal). Er vond zoals verwacht een snelle kolonisatie plaats van het beschikbare substraat. Er was een grote overlap in soorten tussen beide windparken (41 van 78 taxa gemeenschappelijk). In beide windparken was de amphipode *Jassa herdmani* dominant aanwezig met dichtheden tot 90.000 ind./m² (dit is 70% van de telbare soorten). Andere dominante soorten in de beide windmolenparken waren de zeester *Asterias rubens* en het vlokreeftje *Stenothoe valida*.

Tijdens het eerste jaar verliep de successie in beide windparken zeer vergelijkbaar met enkele mobiele soorten zoals *J. herdmani* en *Corophium acherusicum* die een typische zomer/winter oscillatie vertoonden. De sessiele soorten zoals *Pomatoceros triqueter* en *Clytia hemisphaerica* vertoonden een sterk verschillend kolonisatiepatroon waardoor de overeenkomsten na het eerste jaar minder duidelijk waren. Op de betonnen gravitaire funderingen van het C-Power windmolenpark op de Thorntonbank werden beduidend meer soorten aangetroffen dan op de stalen monopiles van Belwind op de Bligh Bank (respectievelijk 70 en 49 soorten). Het verschil tussen beide parken werd bovendien nog benadrukt door het voorkomen op de C-Power funderingen van enkele soorten die typisch zijn voor kustgebonden mobiele sedimenten zoals de tweekleppigen *Abra alba* en *Mysella (Kurtiella) bidentata*. De biologische aangroei op beide parken vertoont sterke gelijkenissen met de aangroei-gemeenschappen op de artificiële en natuurlijke harde substraten in de omgeving en de rekrutering gebeurt blijkbaar uit een gemeenschappelijke soortenpool.

In vergelijking met de omliggende natuurlijke harde substraten is de taxonomische samenstelling van de sessiele epifauna verarmd. Dit kan, net zoals bij scheepswrakken, verklaard worden door specifieke kenmerken van de bestudeerde structuren zoals verticaliteit, samenstelling van het substraat of een lagere waterdiepte. Daarnaast speelt de activiteit van predatoren een belangrijke bepalende rol bij de opeenvolging van sessiele soorten. Deze fenomenen zorgen voor de specifieke patronen. De hoge mate van ruimtelijke heterogeniteit ('patchiness') suggereert dat het kolonisatieproces nog niet voltooid is. De climaxgemeenschap, de *Metridium senile*-gemeenschap, die kenmerkend is voor dit type van substraten in de Noordzee wordt bijgevolg nog niet maximaal bereikt.

Behalve het muiltje, *Crepidula fornicata*, werden geen andere geïntroduceerde soorten aangetroffen op de permanent ondergedompelde (subtidale) delen van de windmolenfunderingen. Deze waarneming contrasteert sterk met de intertidale en spatzone waar in de biologische aangroei-gemeenschap overwegend geïntroduceerde soorten aangetroffen werden.

Bouma & Lengkeek (2011) rapporteerden onderzoek in het OWEZ (Offshore Wind farm Egmond aan Zee). De aangroei op drie monopiles en bijbehorende 'scour protection' werd gevolgd in februari en september 2008 (T1) en 2011 (T4). Het rapport presenteert de resultaten van 2011 en maakt een vergelijking met de bevindingen in 2008 (ook al afzonderlijk gerapporteerd in Lengkeek & Bouma, 2009). In totaal werden 55 soorten aangetroffen op de monopiles; in 2011 waren er 23 nieuwe soorten bijgekomen ten opzichte van 2008, zoals een roodwier (*Porphyra* spp.), verschillende soorten anemonen, oester, de mariene mug *Telmatogeton japonicus* en broodspoon.

Op de turbinepalen ontstaat een verticale zonering in aangroei, die zich ontwikkelde in de loop der jaren. De intergetijdenzone van twee van de drie onderzochte monopiles waren vergelijkbaar, de derde paal bleef relatief onbegroeid. De intergetijdenzone werd gekarakteriseerd door de aanwezigheid van een band van groenwieren, verschillende soorten zeepokken, verschillende oesters in het bovenste deel en kleine mosselen in het onderste deel van deze zone.

De ondiepe subtidal zone (tot ca. 3 m diepte) was aanvankelijk (september 2008) bijna geheel bedekt met mosselen, in februari 2011 was de mosselbedekking minder en op de open plekken troffen de onderzoekers (kokers van) kleine crustaceën en anemonen (zeeanjelier en *Diadumene cincta*). In september 2011 leek de situatie weer op die in september 2008.

De diepere subgetijdenzone (ca. 3-12 m) werd gekenmerkt door een dikke laag grote mosselen met hoge bedekkingspercentages. De mosselen werden op hun beurt begroeid met kleine crustaceën en de anemoon *Diadumene cincta*. Noordzeekrabben hielden zich op in de open ruimtes tussen de mosselen. Polychaete wormen en krabben waren algemeen tussen de mosselen en soms werden er Japanse oesters en zeeëgels gevonden. Op nog grotere diepte, van circa 12 tot 15 m, waren de drie monopiles geheel bedekt met (kokertjes van) kleine crustaceën, anemonen (zeeanjelier, *Diadumene cincta*, *Sagartia* soorten) en 'boekertjes' van de hydroïedpoliep *Tubularia* (gorgelpijppoliep). Zeesterren waren zeer abundant op alle dieptes, zowel in februari als in september.



Op de erosiebescherming rond de voet van de turbine werden in totaal 35 soorten geïdentificeerd. Zeeanjer was het meest dominant met een bedekking tussen 50-100%, daartussen (kokertjes van) kleine crustaceën en korstvormende mosdiertjes. Zeesterren waren ook erg abundant. Minder abundante soorten waren andere anemoonsoorten (*Sagartia*, *Diadumene cincta*), krabben (fluwelen zwembkrab, Noordzeekrab) en verschillende soorten polychaete wormen en hydroïed-poliepen.

Mosselen vormen soms zulke dikke klompen dat ze door golfwerking naar beneden vallen en daar ten prooi vallen aan zeesterren. De sessiele organismen vormen de basis van de aangroei, mobiele soorten komen vaak voor in associatie met bepaalde sessiele soorten. De kleine crustaceën, mosselen en polychaete wormen kunnen op hun beurt een belangrijke voedselbron vormen voor vissen en vogels.

Vanagt et al. (2013) presenteren de ontwikkeling van de hard substraat epifauna en -flora, drie jaar na de constructie van het windpark. Vier turbinepalen werden geselecteerd en bemonsterd eind oktober 2011. Twee methoden werden gebruikt, beide uitgevoerd door professionele duikers: een kwalitatieve, met behulp van video-opnames, en een kwantitatieve methode, met behulp van schraapmonsters.

Drie jaar na de bouw van het windpark heeft zich reeds een soortenrijke gemeenschap ontwikkeld: in totaal werden 85 soorten gevonden. 81% van deze soorten behoorden tot vier phyla: Arthropoda, Annelida, Bryozoa en Cnidaria. De hoogste dichtheid werd gevonden 2 m beneden het wateroppervlak (158.824 ± 109.916 ind./m²), voornamelijk toe te schrijven aan de hoge aantallen kleine vlokreeftjes (*Jassa*). De gemiddelde densiteit nam af met toenemende diepte, veroorzaakt door lagere aantallen vlokreeftjes en een talrijker voorkomen van kolonievormende hydroïdpoliepen en mosdiertjes. De biomassa werd gedomineerd door de aanwezigheid van grotere individuen, zoals de gewone mossel en anemonen. De gewone mossel domineerde in biomassa in de ondiepe zones, terwijl op grotere diepte anemonen dominant waren.

De aanwezige gemeenschap op de turbinepalen kon in twee zones worden onderverdeeld: bovenaan een intergetijdenzone, gedomineerd door algen, mosselen, pissebedden en vlokreeftjes; daaronder een onderwaterzone, gedomineerd door hoge dichtheden vlokreeftjes, mossels, anemonen en zeesterren. Op de stortstenen werden hoge dichtheden van mosdiertjes gevonden, soms met een bedekking van > 50%.

De typische kolonisten van hard substraat werden enkel in lage dichtheden aangetroffen. Langlevende en langzaam groeiende soorten, zoals anemonen, domineerden, met uitzondering van de vlokreeftjes: deze zijn kort levende soorten en hebben een snelle reproductie. Dit geeft aan dat de aanwezige hard substraat gemeenschap al een bepaald stadium van rijpheid heeft bereikt na drie jaar. Het windpark was bijvoorbeeld reeds gekoloniseerd door 75% van de inheemse anemonen en een groot aantal mosdiertjes, waaronder een paar zeer zeldzame, en zelfs een soort die nieuw is voor de Nederlandse fauna. Ook werd een vlokreeftje aangetroffen dat nog niet bekend is van de Noordzee.

De grootste verschillen tussen de fauna op de windmolens en zacht substraat komen wat betreft dichtheid door de grote bijdrage van vlokreeftjes die matstructuren kunnen vormen, iets wat niet voorkomt op zacht substraat. In termen van biomassa zijn het vooral soorten zoals mossels, zee-egels, zeesterren en anemonen die frequent voorkomen op de turbinepalen, maar niet of nauwelijks op een zachte ondergrond. Slechts twee soorten werden zowel op een zachte als op een harde ondergrond gevonden.



5 OVERZICHT VAN VISSTUDIES

In onderstaande studies (Tabel 5) zijn onderzoeken naar vissen op en nabij verschillende typen kunstmatig hardsubstraat vermeld; deze bronnen zijn gebruikt bij de vergelijkingen in Hoofdstuk 6.

Tabel 5. Overzicht van onderzoeken aan vissoorten op/bij kunstmatig hardsubstraat op het NCP.

Land	Type	Aantal soorten	Visonderzoek per type kunstmatig hardsubstraat
NL	Kunstrif	12	Leewis et al., 1997
NL, BE	Wrak	39	Van Moorsel et al. 1991, Zintzen & Massin 2010, Didderen et al. 2013
UK	Platform	16	Guerin 2009
DK, NL	Turbine	56	Leonhard et al. 2011, Van Hal et al. 2012, Vandendriessche et al. 2012

5.1 KUNSTRIFFEN

Leewis et al. (1997) namen reeds binnen twee weken na plaatsing steenbolken, paling en Noordzee-krabben waar op en bij het rif. De vissen werden kennelijk vooral aangetrokken door de mogelijkheden van bescherming die het kunstrif biedt want enkele dagen na plaatsing is er nog geen aangroei van betekenis. Onderzoek van de maaginhoud van vissen bij het kunstrif toonde aan dat de vissoorten hun voedsel in hoofdzaak niet op het rif zochten, althans niet in de aangroei van de basaltblokken. Een uitzondering hierop wordt gevormd door Dwergbolke (*Trisopterus minutus*), die een voorkeur heeft voor de kokerbouwende kleine kreeftachtigen die de stenen op veel plaatsen overdekken. Daarnaast bleek Steenbolke (*Trisopterus luscus*) wel bij voorkeur in de directe nabijheid van het rif te foerageren, met name op de daar aanwezige populatie garnalen (*Crangon crangon*). Het aantal soorten op en bij het rif nam toe van 4 in 1992 tot 12 in 1993.

In Leewis et al. (1997) ontbreekt een soortenlijst van de vissen, waardoor Kunstriffen niet konden worden meegenomen in de analyse in Hoofdstuk 6.

5.2 WRAKKEN

Van Moorsel et al. (1991) vermeldt dat de meest algemene vissen op de door hen onderzochte wrakken Steenbolke (*Trisopterus luscus*) en Kabeljauw (*Gadus morhua*) waren.

Didderen et al (2013) noemen eveneens Steenbolke en Kabeljauw, alsmede verschillende soorten krabben en kreeften als voorbeelden van soorten die objecten als schuilplaats gebruiken. Ook voor de Noordzee bijzondere soorten, zoals de Kliplipvis (*Ctenolabrus rupestris*) en de Luipaardgrondel (*Thorogobius ephippiatus*) en soorten met economisch belang, zoals Kabeljauw en Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), gebruiken de objecten als schuilplaats. De sterk verhoogde habitatcomplexiteit van objecten op de zeebodem, maakt bovendien dat deze locaties belangrijke kraamkamers zijn, bijvoorbeeld voor juveniele kabeljauw. De praktijk leert dat objecten die ver uitsteken boven de bodem veel schuilplaatsen bieden voor dieren.

Zintzen en Massin (2010) vermelden in hun artikel de waarneming op/bij Belgische wrakken van 12 verschillende vissoorten, waaronder Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) en diverse Kabeljauwachtigen, maar geven hierop geen toelichting.

5.3 MIJNBOWPLATFOMS

Guerin (2009) concludeerde dat verschillende vissoorten voorkomen in associatie met de platform-structuren. Meer dan 1000 kleine kabeljauwachtigen (Steenbolke, Dwergbolke, Wijting) werden waargenomen nabij de zeebodem rond de fundering van het mijnbouwplatform North Alwyn A, samen met lagere aantallen (<50) grotere kabeljauwachtigen, zoals Kabeljauw en Schelvis (*Melanogrammus aeglefinus*). Potentieel zeer hoge aantallen Zwarte Koolvis (*Pollachius virens*) werden waargenomen tussen de poten van de meeste onderzochte platformen.

De onderzochte UK-platformen een ligging hebben die tamelijk noordelijk is, zeker in vergelijking met de mijnbouwplatformen op het NCP, wat tot uiting komt in de aangetroffen visfauna.



5.4 WINDTURBINES

Leonhard et al. (2011) onderzochten de visfauna in het Horns Rev I windpark en in een nabijgelegen referentiegebied, voor en na de aanleg van het windpark. De meest algemene vissoorten waren wijting (*Merlangius merlangus*) en schar (*Limanda limanda*). De introductie van hardsubstraat (scour-protection) in de zandige Noordzeebodem resulteerde in minimale veranderingen in de visgemeenschap en soortendiversiteit en beïnvloedde de plaatselijke Zandspiëring (*Ammodytes spp.*) populatie slechts tijdelijk door een tijdelijke verhoging van de gemiddelde korrelgrootte van het sediment. Zeven jaar na de bouw van het windpark kon daarin geen verschil meer worden aangetoond. De ruimtelijke en temporele variatie in de visgemeenschap weerspiegelde de effecten van veranderingen in omgevingsfactoren, zoals temperatuur en stromingspatronen.

Steenbolk werd geobserveerd in gezelschap van scholen Kabeljauw, foeragerend op (vermoedelijk) de Crustaceën op de scour-protection. De Kliplipvis (*Ctenolabrus rupestris*, Goldsinny wrasse in het Engels) kwam vaak in aantallen voor bij de turbines. Individuele Botervisjes (*Pholis gunnellus*) en Pitvis (*Callionymus* soorten) hielden zich op in holtes en spleten tussen de stenen van de scour-protection (Leonhard & Pedersen 2006). Specifieke rifbewonende vissoorten, zoals de Kliplipvis, Puitaal (*Zoarces viviparus*) en Snotolf (*Cyclopterus lumpus*), werden vermoedelijk aangetrokken door de toegenomen mogelijkheden om zich te voeden met de epifauna en veroorzaakten een verhoging van de biodiversiteit in een kleine straal rond de windturbines. Hierdoor krijgt de visgemeenschap een meer geclusterde verspreiding (Leonhard et al., 2011). Bij Horns Rev I schitterden de grondels (*Pomatoschistus spp.*) door afwezigheid; dit werd door Leonhard et al. geïnterpreteerd als een mogelijke verklaring voor het niet toenemen in het windpark van de hoeveelheden demersale en pelagische vis (die zich voeden met grondels), in vergelijking met het referentiegebied. De visgemeenschap in het Horns Rev-gebied vertoonde een seizoensvariatie, met een lagere soortenrijkdom en abundantie in het voorjaar vergeleken met de herfst. Een strenge winter beïnvloedde de visgemeenschap, zowel in als buiten het windpark. Er lijkt een positief verband tussen de visrijkheid en soortenrijkdom en de diepte, waardoor de turbines op grotere diepte meer betekenis kunnen hebben als refugium voor vis.

Van Hal et al. (2012) constateerden in het OWEZ windpark, vergelijkbaar met de bevindingen van Horns Rev I, eveneens seizoenspatronen in het voorkomen van vissoorten. Grote concentraties vis werden waargenomen nabij de monopiles, voornamelijk in de zomer. Deze concentraties bestonden hoogstwaarschijnlijk uit horsmakreel (*Trachurus trachurus*). Verder werden significant hogere aantallen Kabeljauw (*Gadus morhua*), Noordzeekrab (*Cancer pagurus*), Steenbolk (*Trisopterus luscus*), Zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*), Groene zeedonderpad (*Taurulus bubalis*) en Pitvis (*Callionymus lyra*) waargenomen op de scour-protection nabij de monopiles. In tegenstelling hiermee was de geringere talrijkheid van platvissoorten zoals Tong (*Solea solea*), Schar (*Limanda limanda*) en Schol (*Pleuronectes platessa*) en ook van Wijting (*Merlangius merlangus*).

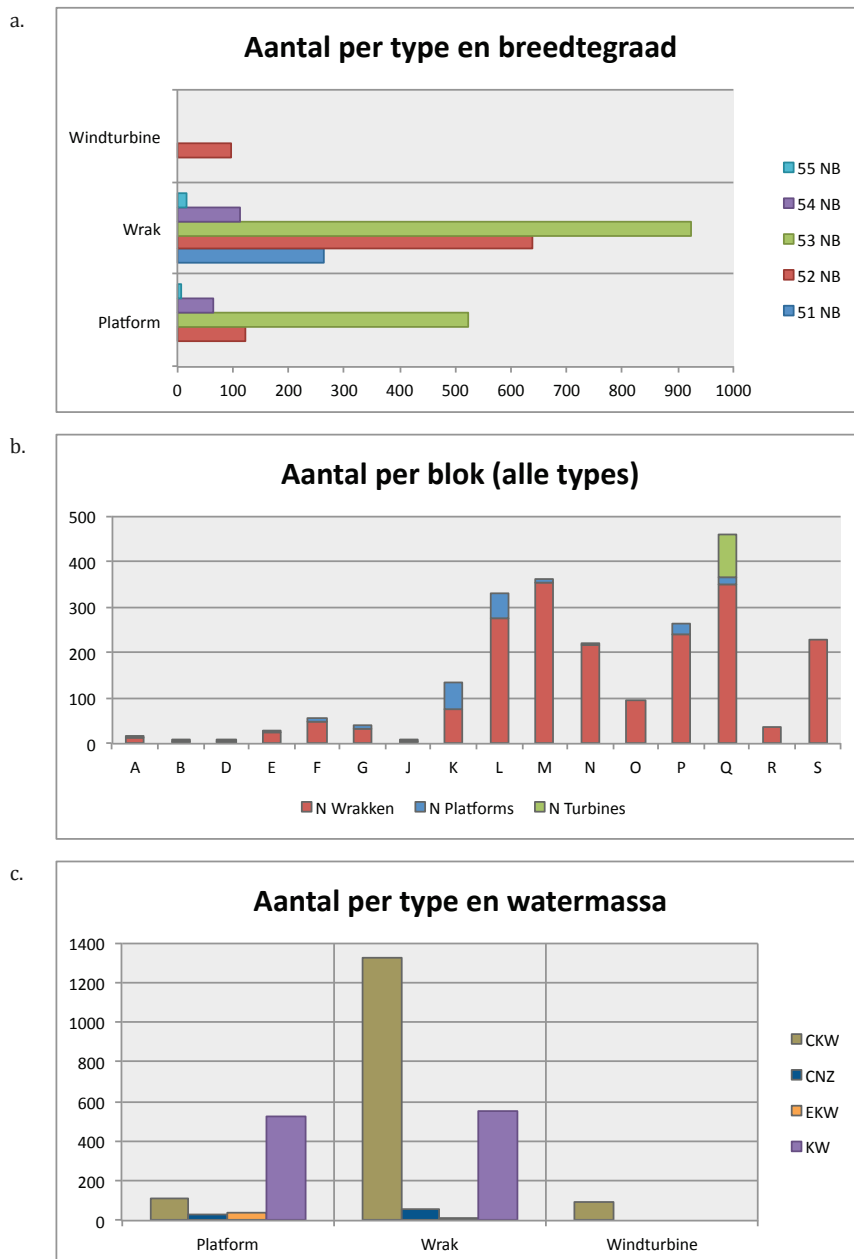
Vandendriessche et al. (2012) onderzochten de demersale visfauna in en bij het windpark op de Bligh Bank, een jaar na de constructie. De resultaten toonden een reductie van het aantal demersale vissen binnen het windpark, die grotendeels was toe te schrijven aan de afname van Kleine Pieterman (*Echiichthys vipera*), Schurftvis (*Arnoglossus laterna*) en Dwergtong (*Buglossidium luteum*). De veranderingen in demersale visfauna kunnen het gevolg zijn van het verdwijnen van visserijactiviteiten in het gebied of van lokale veranderingen in de bodemsamenstelling en bijgevolg ook van de infauna. In het beïnvloede gebied werd meer grote Schol (*Pleuronectes platessa*) gevonden vergeleken met het referentiegebied, en zeer beperkte aantallen Schol <20 cm. Dit kan wijzen op gereduceerde recrutering, verhoogde natuurlijke sterfte of emigratie van de kleinste lengteklassen schol, of op verbeterde groei. Van commercieel interessante platvissoorten werden hogere densiteiten waargenomen (tarbot, tong) en/of veranderingen in de lengte-frequentieverspreiding (tarbot, schol). Deze waarnemingen kunnen duiden op een refugium effect, maar dergelijke grote platvissen blijven niet lang in een zelfde gebied, dus dat effect is waarschijnlijk beperkt. Veranderingen in en om windparken werden reeds eerder geobserveerd in de nabijheid van de zes 'gravity based' funderingen van het windpark op de Thornton Bank (2 jaar na constructie; Vandendriessche et al. 2011). In de invloedssfeer van het windpark werden grotere individuen van de Zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*) en van de Garnaal (*Crangon crangon*) gevonden en in het najaar hogere dichtheden van kleine Wijting (*Merlangius merlangus*). Het is mogelijk dat het windpark een refugium-functie vervult voor een aantal vissoorten, waaronder mogelijk ook de Tarbot (*Psetta maxima*) en Tong (*Solea solea*).



6 VERGELIJKINGEN VAN TYPEN KUNSTMATIG HARDSUBSTRAAT OP HET NCP

6.1 RUIMTELIJKE VERSPREIDING VAN KUNSTMATIG HARDSUBSTRAAT OP HET NCP

De ruimtelijke verspreiding van de verschillende typen hardsubstraat op het NCP varieert (Figuur 12). De meeste wrakken liggen tussen breedtegraad 53° en 54° NB (Figuur 12b) en het aantal wrakken is het hoogst in de kustnabije blokken (Figuur 12a). Het aantal mijnbouwplatforms is veel lager dan het aantal wrakken; de meeste platforms liggen in blok K en L en eveneens voornamelijk tussen breedtegraad 53° en 54° NB (Figuur 12a, b). Er zijn geen platforms zuidelijker dan 52° NB geplaatst, terwijl op die breedtegraad nog wel ca. 263 wrakken liggen. Windturbines zijn vooralsnog alleen in blok Q geplaatst, gelegen tussen 52° en 53° NB. Het ene kunstrif bij Noordwijk speelt in deze vergelijking geen rol van betekenis en is buiten beschouwing gelaten. De Klaverbank bevindt zich in het noordwestelijk deel van NCP-blok K.



Figuur 12. Aantal (N) per type (Mijnbouwplatform, Wrak, Windturbine) en a. NCP-blok, b. Breedtegraad, c. Watermassa (CKW = Continentaal Kustwater, CNZ = Centraal Noordzeewater, EKW = Engels kustwater, KW = Kanaalwater). Toedeling aan watermassa's volgens Fig. 2 in Van Moorsel et al. (1991).



Alle windturbines, de meerderheid van de wrakken en een klein gedeelte van de mijnbouwplatforms bevinden zich in de invloedssfeer van het continentale kustwater (Figuur 12c). De meerderheid van de platforms en een in aantal vergelijkbaar aantal wrakken liggen in de (heldere) Kanaalwatermassa. Daarnaast zijn er nog enkele platforms en wrakken die zich in Centraal Noordzeewater bevinden. De watermassa is van invloed op het type aangroei dat op een substraat kan plaatsvinden; zie Paragraaf 4.1.

6.2 SOORTENDIVERSITEIT EPIFAUNA

Vergelijkingen van de taxonomische verscheidenheid van de epifauna die is aangetroffen in de Noordzee (BCP, NCP, UK) op verschillende typen kunstmatig substraat (Kunstrif, Platform, Turbine, Wrak) zijn in samengevat in Tabel 6 en Tabel 7 (zie ook Tabel 13 in de Bijlage). De gegevens zijn afkomstig van diverse onderzoeken (Van Moorsel et al. 1991, Leewis et al. 1997, Malfet et al. 2008, Guerin 2009, Kerckhof et al. 2010, Bouma & Lengkeek 2011, Vanagt et al. 2013, Dideren et al. 2013) die in Hoofdstuk 4 zijn besproken. Ter vergelijking met een natuurlijk hardsubstraat is ook de soortenlijst van de Klaverbank (Bijlage 10 in Van Moorsel 2003) toegevoegd aan het bestand. Vissoorten worden besproken in Paragraaf 6.3. In totaal zijn ca. 650 soorten mariene planten en dieren, behorend tot 19 Phyla, genoteerd in de diverse onderzoeken aan kunstmatig en natuurlijk hardsubstraat op het NCP (Tabel 7). Op het natuurlijk hardsubstraat (Klaverbank) komen veel soorten voor die niet werden gevonden op kunstmatig hardsub. Daardoor is het totaal van soorten in de kolom KUNSTMATIG aanzienlijk lager: in totaal ca. 400 soorten, behorend tot 16 Phyla.

Het **dierenrijk** (Animalia) is vertegenwoordigd met in totaal ca. 635 soorten (384 op kunstmatig hardsubstraat), behorend tot 18 (respectievelijk 16) Phyla. Op Phylumniveau komen Nematoden (1 soort) en Kelkdieren (*Pedicellina nutans*) enkel voor op Turbines. Snoerwormen en Platwormen werden niet aangetroffen op Kunstrif of Platform; Zakpijpen en Stekelhuidigen werden niet gevonden op Kunstrif. Cephalorhyncha, Sipuncula en Phoronida zijn uitsluitend genoteerd op de Klaverbank.

Het **plantenrijk** (Plantae) is vertegenwoordigd met in totaal 15 soorten Macroalgen, behorend tot 3 Phyla (Groenwieren, Bruinwieren, Roodwieren). Planten kunnen alleen leven in de oppervlakkige waterlagen waar licht doordringt dat nodig is voor fotosynthese. Daarom worden ze doorgaans niet gevonden op wrakken en op de Nederlandse kunstriffen, die diep op de bodem van de Noordzee liggen. Op de platforms groeien de algen vooral aan de buitenzijde van de platformpoten, en minder of niet aan de binnenzijde - vermoedelijk door de te grote schaduwwerking van het platform (Guerin 2009). De kelp-achtige Bruinwieren werden wel op de UK-platforms gevonden maar niet op windturbines. De Klaverbank ligt op een diepte dat er ondanks behoorlijk helder water geen wieren kunnen groeien, behalve 2 bijzondere soorten kalkroodwieren op de minst diepste delen (Van Moorsel, 2003).

Tabel 6. Vergelijking van biodiversiteit (aantal soorten per Phylum) op verschillende typen kunstmatig hardsubstraat: Kunstrif, Platform, Turbine, Wrak. Gecombineerde data van meerdere onderzoeken in de Noordzee.

Aantal soorten per Phylum per Type:		Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak	KUNSTMATIG	Klaverbank	ALLES
Animalia	Dierenrijk	30	67	125	297	384	357	635
Annelida	/Borstelwormen	3	8	21	63	77	121	169
Arthropoda	Geleedpotigen	3	16	32	71	93	103	167
Bryozoa	Mosdiertjes	5	7	16	21	39	11	41
Chordata	/Zakpijpen		1	1	13	13	5	15
Cnidaria	Neteldieren	16	16	23	36	50	24	61
Echinodermata	Stekelhuidigen		7	4	8	12	18	23
Entoprocta	Kelkdieren			1		1		1
Mollusca	Weekdieren	1	10	20	57	68	65	116
Nematoda	Nematoden			1		1	1	2
Nemertea	Snoerwormen			3	4	5	1	6
Platyhelminthes	Platwormen			1	2	3	1	4
Porifera	Sponzen	2	2	2	19	21	1	21
Ctenophora	Ribkwallen				3	3		3
Cephalorhyncha	?						1	1
Sipuncula	Pindawormen						4	4
Phoronida	Hoefijzerwormen						1	1
Plantae	Pantenrijk	0	8	4	3	15	2	15
Chlorophyta	Groenwieren		2	2	1	4		4
Ochrophyta	Bruinwieren		3		1	4		4
Rhodophyta	Roodwieren		3	1	1	5	2	7
TOTAAL		30	75	128	300	399	359	650



De meest soortenrijke Phyla waren de Arthropoda (vnl. Crustacea), Annelida (Borstelwormen), Mollusca (Weekdieren) en Cnidaria (Neteldieren). Op wrakken zijn opvallend veel soorten Sponzen gevonden.

Tabel 7. Taxonomische verscheidenheid (aantal per taxonomisch niveau) op verschillende typen kunstmatig hardsubstraat: Kunstrif, Platform, Turbine, Wrak. Gecombineerde data van meerdere onderzoeken in de Noordzee.

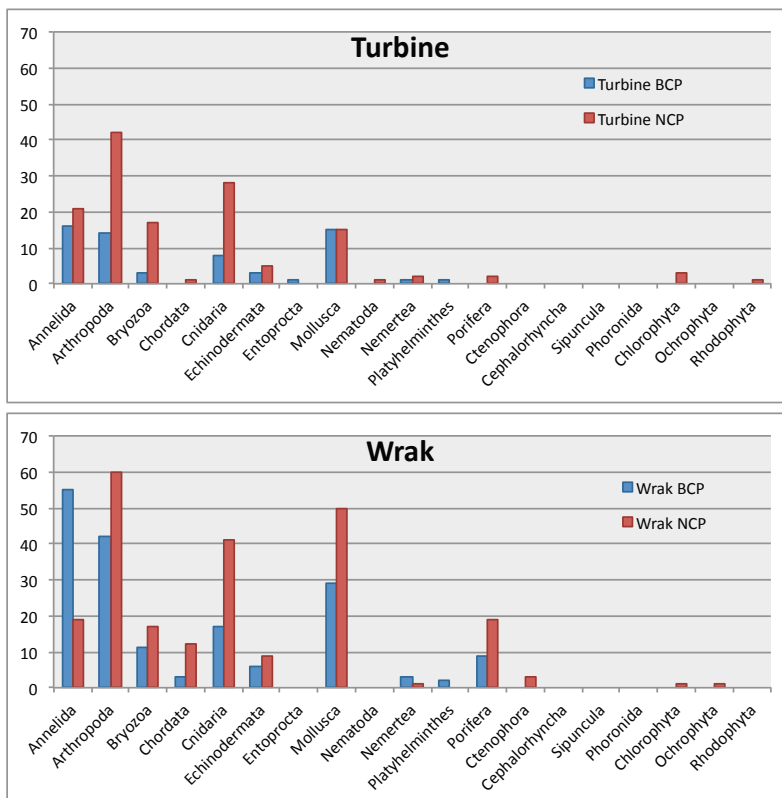
Aantal per niveau	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak	KUNSTMATIG	Klaverbank	Alle typen
Rijk	1	2	2	2	2	2	2
Phylum	6	11	14	14	16	12	18
Klasse	9	20	24	28	33	24	40
Orde	13	34	40	61	73	50	90
Familie	20	54	85	161	198	179	279
Genus	26	67	107	224	286	271	442
Species	30	75	128	300	401	359	650

Wat betreft het aantal Phyla zijn Turbine en Wrak even divers (beide 14 Phyla; Tabel 7): op Turbines zijn de Phyla Entoprocta en Nematoda gevonden, terwijl deze ontbreken op Wrakken; op Wrakken is echter een wiertje (*Petalonia fascia*) aangetroffen dat behoort tot de Ochrophyta en dat ontbreekt op Turbines. Ook vermeldt de wrakken-soortenlijst Ctenophora (Ribkwallen), hoewel strict genomen geen epifauna. Op lagere taxonomische niveaus (Klasse, Orde) zijn Wrakken het meest verscheiden met steeds de hoogste aantallen per taxonomisch niveau vergeleken met de andere typen kunstmatig hardsubstraat.

Op het meest verfijnde taxonomisch niveau van Familie, Genus en Species wordt de lijst qua verscheidenheid echter aangevoerd door natuurlijk hardsubstraat op de Klaverbank. Van de kunstmatige hardsubstraat-typen zijn Wrakken het meest soortenrijk met gezamenlijk 300 soorten, op afstand gevolgd door Turbines (128 soorten), Platforms (75 soorten) en Kunstrif (30 soorten) (Tabel 7).

In totaal zijn er 10 soorten aangetroffen (op Turbine en Wrak) die als 'Exoot' of invasieve soort (conform CBS/CLO, 2011¹) kunnen worden aangemerkt; het betreft (in alfabetische volgorde): *Aequipecten opercularis*, *Caprella mutica*, *Crassostrea gigas*, *Diplosoma listerianum*, *Echinus esculentus*, *Epitonium clathratulum*, *Fenestulina delicia*, *Liocarcinus pusillus*, *Megabalanus coccopoma*, *Telmatogeton japonicus*.

Figuur 13. Vergelijking van aangroei op kunstmatig hardsubstraat (Turbine, Wrak) op verschillende locaties (BCP, NCP).



¹ rood: zuidelijke soort die een noordelijker verspreiding heeft aangenomen (pers. meded. Marco Faasse).



Er zijn verschillen gevonden tussen de Belgische (BCP) en Nederlandse (NCP) Noordzee wat betreft de aangroei op Turbine en Wrak (Figuur 13). De Nederlandse turbines waren soortenrijker dan de Belgische in aantallen Arthropoda, Bryozoa en Cnidaria. De Belgische wrakken bevatten meer soorten Annelida, maar Nederlandse wrakken hadden meer Arthropoda, Chordata, Cnidaria, Mollusca en Porifera dan Belgische.

6.3 VISSOORTEN

De vissoorten die werden vermeld in de geïnventariseerde studies (zie Tabel 5) behoorden tot het Phylum Chordata (gewervelde dieren), Klasse Actinopterygii (Straalvinnigen); met uitzondering van één soort, behorend tot de Klasse Elasmobranchii (Kraakbeenvissen), namelijk de Stekelrog *Raja clavata* (Orde Rajiformes) die werd aangetroffen in het OWEZ-windpark (Tabel 8). In totaal werden ca. 78 vissoorten genoteerd, de meeste behorend tot de Baarsachtigen (28 soorten) gevolgd door Kabeljauwachtigen (14 soorten) en Scholachtigen (12 soorten). Het hoogste aantal vissoorten (56) werd genoteerd bij Turbines. Een overzichtstabel (Tabel 14 in de Bijlage) toont in detail het voorkomen van de vissoorten, taxonomisch gerangschikt, op de verschillende typen hardsubstraat.

Tabel 8. Vergelijking van biodiversiteit (aantal vissoorten per Orde) op verschillende typen kunstmatig hardsubstraat: Kunstrif, Platform, Turbine, Wrak. Gecombineerde data van meerdere onderzoeken in de Noordzee. Alle vermelde vissoorten behoren tot het Phylum Chordata.

Aantal soorten per Orde per Type:		Platform	Turbine	Wrak	Klaverbank	ALLES
Orde	Nederlandse naam					
Atheriniformes	Koornaarvissen			1		1
Beloniformes	Gepen		1	1		1
Clupeiformes	Haringachtigen		3	1	1	3
Gadiformes	Kabeljauwachtigen	8	6	11	6	14
Gasterosteiformes	Stekelbaarsachtigen		1			1
Gobiesociformes	Zuignapvissen				1	1
Lophiiformes	Zeeduivels	1			1	1
Mugiliformes	Harders			1		1
Perciformes	Baarsachtigen	3	21	16	9	28
Pleuronectiformes	Scholachtigen	1	11	4	7	12
Rajiformes	Roggen		1			1
Salmoniformes	Zalmachtigen		1			1
Scorpaeniformes	Schorpioenvisachtigen	2	7	4	4	9
Syngnathiformes	Zeenaalden	1	4	1		4
TOTAAL aantal Soorten		16	56	39	29	78

Het aantal orden waartoe de vissoorten behoorden varieerde van 6-10 voor de verschillende typen hardsubstraat (Tabel 9). In zijn algemeenheid was de diversiteit van de visfauna in de lagere taxonomische niveaus (Familie-Species) het hoogst in de windparken (Turbine).

Tabel 9. Taxonomische verscheidenheid van de visfauna (aantal per taxonomisch niveau) op verschillende typen kunstmatig (Platform, Turbine, Wrak) en natuurlijk (Klaverbank) hardsubstraat. Gecombineerde data van meerdere onderzoeken in de Noordzee.

Aantal per niveau	Platform	Turbine	Wrak	Klaverbank	Alle typen
Phylum	1	1	1	1	1
Klasse	1	2	1	1	2
Orde	6	10	9	7	12
Familie	10	28	22	16	36
Genus	14	47	37	24	65
Species	16	56	39	29	78

6.4 UNIEKE SOORTEN EPIFAUNA

Een criterium voor de bijzonderheid van het voorkomen van een soort is afgeleid uit het aantal onderzoeksbronnen waarin de soort werd vermeld voor een bepaald type kunstmatig hardsubstraat. Bijvoorbeeld als een soort uniek is voor "Turbine" wil dat zeggen dat de soort in één van de windpark-onderzoeken is gevonden, bijvoorbeeld PAWP of OWEZ. In totaal zijn 254 van de in totaal ca. 400 soorten epifauna slechts in één onderzoek beschreven; daarvan werden veruit de meeste unieke soorten (153) gescoord op Wrak. De scores zijn vermeld in Tabel 10. Vissen zijn hierbij niet beschouwd.



Tabel 10. Unieke soorten epifauna, aangetroffen op kunstmatig hardsubstraat van type:

Type	Aantal unieke soorten epifauna
Ongedetermineerd spp.	35
Kunstrif	2
Platform	32
Turbine	32
Wrak	153
TOTAAL	254

6.5 RODE LIJSTSOORTEN

Het aantal soorten ongewervelde dieren dat op de Rode Lijst van IUCN of OSPAR voorkomt is op de vingers van een hand te tellen. Het zijn de volgende soorten: Noordkromp (*Arctica islandica*), Purperslak (*Nucella lapillus*), Platte oester (*Ostrea edulis*) en Eetbare zeeappel (*Echinus esculentus*). Voorts vermeldt de OSPAR-lijst de volgende habitatvormende soorten: droogvallende mosselbanken (*Mytilus edulis*), *Lophelia pertusa* riffen, maerlbanken (*Pymatolithon calcareum*), Gewone Paardenmossel (*Modiolus modiolus*) banken, Oesterbanken (*Ostrea edulis*), Zeeveer (Pennatulacea) en gravende megafauna gemeenschappen, Kokerworm (*Sabellaria spinulosa*), en Zeemos (*Sertularia cupressina*) (Van Moorsel, ongepubliceerd).

De Purperslak, Gewone Paardenmossel en Zeeveer zijn niet aangetroffen in de soortenlijsten van de bestudeerde onderzoeksrapporten (Tabel 11). De Noordkromp werd alleen vermeld op de Klaverbank, waarschijnlijk omdat daar ook met een bodemhapper is bemonsterd. De Zeeappel en het koudwaterkoraal *Lophelia pertusa* werden alleen vermeld op de Platforms in de UK (Guerin, 2009). *Sertularia cupressina* is aangetroffen op de Klaverbank en op wrakken, zowel op het NCP als op het BCP, maar niet op de andere typen kunstmatig hardsubstraat.

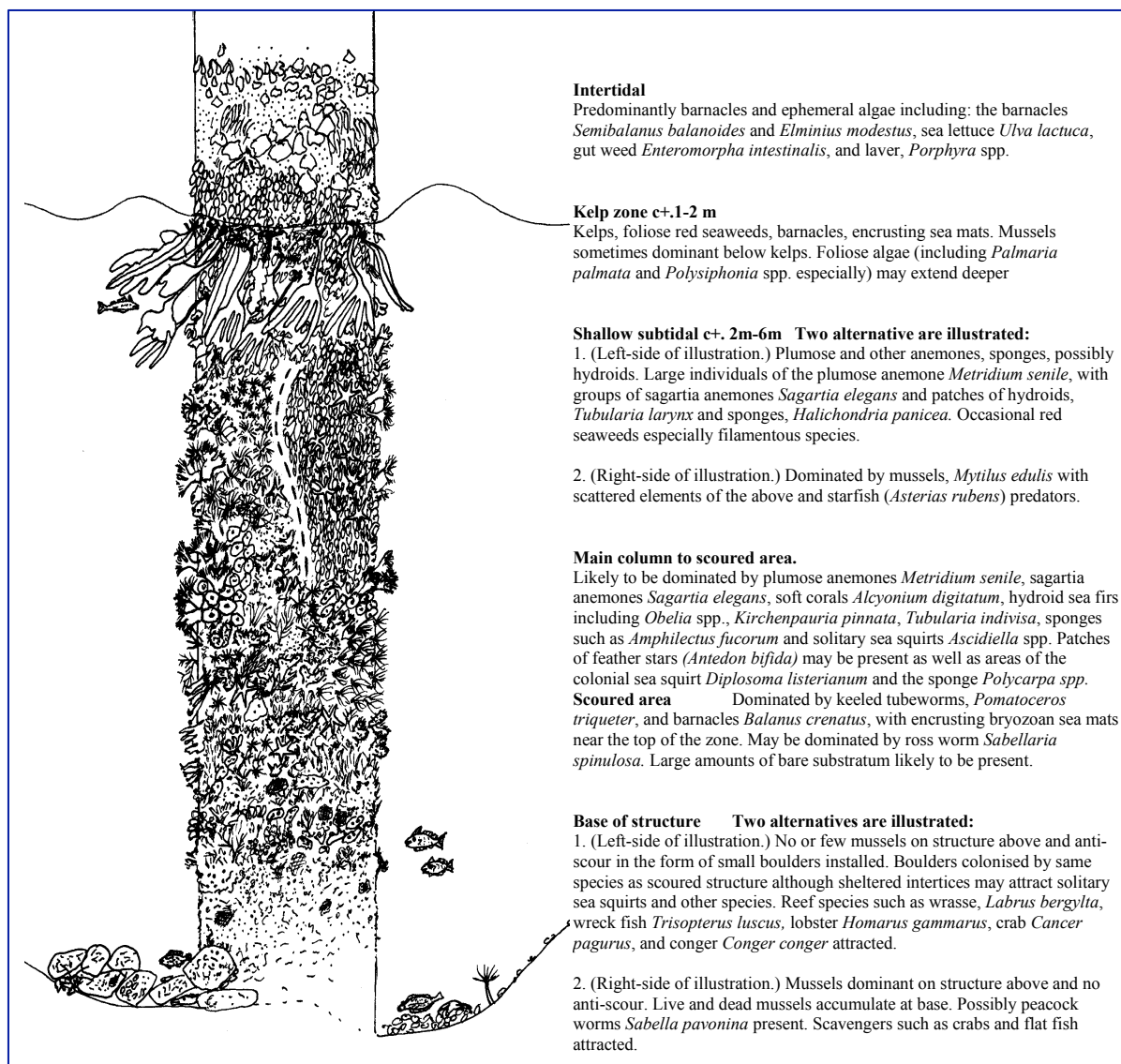
Tabel 11. Rode lijstsoorten, aangetroffen op kunstmatig hardsubstraat van type:

Soort	Type
<i>Arctica islandica</i>	Klaverbank
<i>Nucella lapillus</i>	-
<i>Ostrea edulis</i>	Platform UK, Turbine NCP, Wrak NCP
<i>Echinus esculentus</i>	Platform UK
<i>Mytilus edulis</i>	Kunstrif, Platform UK, Turbine NCP, Turbine BCP, Wrak NCP, Wrak BCP
<i>Lophelia pertusa</i>	Platform UK
<i>Modiolus modiolus</i>	(Platform UK: <i>Modiolus barbatus</i>)
<i>Pennatulacea</i>	-
<i>Sabellaria spinulosa</i>	Kunstrif, Turbine NCP, Turbine BCP, Wrak BCP, Klaverbank
<i>Sertularia cupressina</i>	Wrak NCP, Wrak BCP, Klaverbank

Van de vissoorten zijn de volgende soorten, vermeld op de IUCN Red List, aangetroffen: Stekelrog (*Raja clavata*) bij Turbine, Kabeljauw (*Gadus morhua*) bij alle typen kunstmatig hardsub, Schelvis (*Melanogrammus aeglefinus*) bij Platform; alsmede de Habitatrichtlijnsoorten Fint (*Alosa spp.*) bij Turbine en Zeeforel (*Salmo trutta trutta*) bij Turbine.

Een groot aantal van de vissoorten is opgenomen in de Nederlandse Visserijwet (1963). Voor sommige soorten zijn minimummaten bepaald of worden jaarlijkse vangstquota vastgesteld. Binnen het tijdsbestek van de huidige studie kon deze informatie niet verder in detail worden uitgewerkt.





Figuur 14. Gestyleerde tekening van gezonde gemeenschappen op structuren in water dieper dan 15 m waar erosie beperkt is tot het laagste deel van de kolom. Schets van de soorten is niet op schaal. Bron: Hiscock et al. 2002.



7 DISCUSSIE

Soortenrijkdom

De soortenrijkdom van de aangroeigemeenschap was het hoogst op wrakken (300 soorten) en het laagst op het kunstrif (30 soorten). Alle typen kunstmatig substraat gezamenlijk telden ca. 400 soorten (16 Phyla), eenzelfde ordegrootte als het natuurlijk hardsubstraat op de Klaverbank (359 soorten, 15 Phyla). De soortensamenstelling op kunstmatig en natuurlijk hardsubstraat overlapte slechts deels, want in totaal werden 650 soorten (19 Phyla) genoteerd in de verschillende Noordzeestudies (op BCP, NCP, UK) die in deze analyse werden betrokken. Bovendien werden in totaal ca. 78 vissoorten aangetroffen op of nabij de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat (op BCP, NCP, UK- en DK-continentele plat).

Het aantal soorten dat gevonden wordt hangt in hoge mate samen met de bemonsteringsinspanning en de gebruikte bemonsteringsmethode, waardoor de gevonden soortenaantallen tamelijk betrekkelijk zijn.

De **mijnbouwplatforms** in de studie van Guerin (2009) zijn onderzocht aan de hand van inspectievideo-beelden. Deze zijn soms onduidelijk en hebben beperkingen, maar het is in elk geval beter dan niets. Door alleen video-beelden te gebruiken worden echter veel kleine mobiele soorten gemist en ook soorten die tussen of onder andere organismen verscholen zitten. Het aantal soorten op Platforms is daardoor sterk onderschat. Opvallend is, dat er geen (recente) onderzoeken van Nederlandse platforms gevonden konden worden. Er zullen vast wel inspectie-opnamen plaatsvinden, maar die zijn niet gepubliceerd. Daarom is er ten aanzien van de aangroei op mijnbouwplatforms op het NCP een grote kennisleemte. Schaarse eerdere onderzoeken hebben zich vooral gericht op de aspecten van verstoring en vervuiling door mijnbouwplatforms van de omringende zeebodem, en blijkbaar niet zozeer op de aangroei en biodiversiteit.

Dit staat in groot contrast met de intensieve onderzoeksinspanning, die recent is en wordt gepleegd op **windturbines** in de Noordzee in diverse landen. Al deze windparken zijn nog slechts enkele jaren jong (m.u.v. Horns Rev I) en hebben daardoor niet altijd een climax-toestand van de soortensamenstelling kunnen bereiken. Het aantal soorten kan daardoor in toekomstige studies nog uitbreiden. Windturbine monopiles zijn cilindrische stalen elementen met weinig structuur en complexiteit. De fundering brengt hierin iets meer variatie: in de huidige inventarisatie is enigszins onderbelicht gebleven dat de erosie-bescherming aan de voet van de turbines (scour-protection) een meer gevarieerde soortensamenstelling kende dan de monopiles. Er zijn weinig opvallende verschillen tussen de verschillende turbines in de windparken die tot nog toe zijn onderzocht.

Wilhelmsson (2010) evalueert de betekenis van windparken voor de biodiversiteit en geeft aan dat wind turbines hardsubstraat verschaffen in gebieden en op dieptes die veelal worden gedomineerd door habitats met zachte bodems. Windparken kunnen in dat geval de afstand tussen natuurlijke gebieden met hardsubstraat overbruggen en daarmee de biogeografische verspreiding van soorten in een bepaald gebied veranderen. Dit geldt niet alleen voor de oorspronkelijk aanwezige soorten, maar kan ook invloed hebben op de verspreiding van exoten die als larven in het water voorkomen (via ballastwater of aangroei op de scheepshuid). Inderdaad blijkt ook uit de inventarisatie van de windparkenstudies in België en Nederland, maar eveneens in Denemarken en Zweden, dat een tiental exoten is aangetroffen op de windturbines. Op de wrakken en platforms in de Noordzee (UK) was dit niet het geval.

Behalve op windturbines is er ook een behoorlijke onderzoeksinspanning (geweest) op **wrakken**, en geen twee wrakken zijn hetzelfde. Dit komt dan ook tot uiting in de grote verscheidenheid aan soorten die op wrakken is gevonden. Ook liggen ruim 550 wrakken verder van de kust onder invloed van Kanaalwater, een heldere watermassa die stabiel is, en meer gevarieerde aangroei mogelijk maakt, dan Continentaal Kustwater.

De soortenrijkdom en ontwikkeling van de levensgemeenschap van het **kunstrif** bij Noordwijk bleven achter bij de verwachting. De auteurs concluderen zelf dat de gekozen locatie minder gunstig is gebleken voor de ontwikkeling van de levensgemeenschap dan op wrakken verder op de Noordzee. Dit had vooral te maken met de dynamiek in het gebied, die ervoor zorgt dat de in het groeiseizoen opgebouwde levensgemeenschap niet alleen diversiteit en biomassa verliest door het normale lage winterniveau van levensprocessen, maar ook door de inwerking van stormen (golven) en stromingen (schuren door zand en sedimentatie van slib op de riffen) (Leeuwis et al., 1997).



Het hoogste aantal 'unieke' soorten epifauna (153) werd gevonden op wrakken. Van de rode lijstsoorten werden de zeeappel en *Lophelia pertusa* uitsluitend gevonden op de UK-platforms, zeemos *Sertularia cupressina* op wrakken; de eetbare oester *Ostrea edulis* en mossel *Mytilus edulis* en de rifbouwende kokerworm *Sabellaria spinulosa* werden gevonden op alle onderzochte typen kunstmatig hardsubstraat.

Uit de verschillende vergeleken studies komt naar voren dat vissen op meerdere manieren gebruik lijken te maken van de objecten; de objecten bieden bescherming tegen predatoren, luwte bij harde stroming, beschutting voor het verschalken van prooi, voedsel (deels de aangroei op objecten, maar meer nog vinden vissen voedsel op de zandige bodem in de nabije omgeving van de objecten). Sommige soorten (inktvis, grondels) zetten hun eieren af op het hardsubstraat.

Vissen kunnen worden ingedeeld naar de functie die het kunstmatig hardsubstraat hen biedt (Bohnsack et al., 1991, geciteerd in Guerin 2009), maar een dergelijk onderscheid kon in de vergelijkingen van de verschillende onderzoeksgegevens niet worden gemaakt:

- 'reef associated'/'reef resident': obligate reefdwelling fish species which spend a large part of their life cycle at reef habitat, and usually feed on reef based resources;
- 'reef aggregated'/'visitors': species that are not always associated with reef habitat, nor dependent on reef based resources, but may be attracted to structures in large numbers;
- 'reef indifferent'/'transient': species which may be seen at reefs, but with no indication that they are particularly attracted to reef habitat.

Er slechts een gering aantal impact studies (BACI: Before After Control Impact) aan vis uitgevoerd bij windparken; bovendien zijn de Nederlandse windparken nog jong waardoor eventuele effecten zich nog niet duidelijk openbaren. Theoretisch kan een hogere visdichtheid bij de monopiles enige bescherming bieden tegen visserij, met een doorwerking op de vispopulaties. Dit is mogelijk het geval bij Kabeljauw, waar de telemetrie-studie van IMARES aantoonde dat een deel van de Kabeljauwen langdurige perioden in het windpark verbleef en andere onderzoeksresultaten suggereerden dat Kabeljauw zich ook kan voortplanten en vestigen in het windpark. Van Hal et al. (2012) concluderen echter dat al met al de aanwezigheid van het (OWEZ) windpark een beperkt, of geen, effect heeft op de visgemeenschap in de Nederlandse kustzone. Sommige vissoorten kunnen lokaal profiteren van de combinatie van het nieuw gecreëerde hardsubstraat en de uitsluiting van visserij in de windparken (Van Hal et al. 2012).

Er zijn weinig feitelijke gegevens over het visvoorkomen gevonden in de wrakkenstudies (veelal betrof het toevallige observaties door duikers, en geen methodische bemonstering). Hierdoor kan weinig kwantitatieve informatie worden gegeven over het voorkomen van specifieke vissoorten op of rondom wrakken (zoals bijvoorbeeld de voor de visserij interessante soorten: Zeebaars of Kabeljauw).

Er zijn geen gegevens gevonden over het voorkomen van vissoorten op of nabij de mijnbouwplatforms op het NCP. De visgegevens van de UK-platforms (in Guerin, 2009) kunnen niet worden geëxtrapoleerd naar de Nederlandse platforms, omdat die zuidelijker gelegen zijn en daardoor een deels andere visfauna (meer warmteminnende, minder koudeminnende soorten) zullen herbergen.

Verticale zonering en Diepte

Voorop mijnbouwplatforms en windturbines werd een duidelijke verticale zonering van de aangroei vastgesteld. Het hele scala van splash zone – intergetijde zone – subgetijde zone – hardsub bodem (scour protection) is er aanwezig. Dit in tegenstelling tot de meeste wrakken en het kunstrif, die op of deels in de bodem liggen, waar alleen een diepere subgetijdenzone aanwezig is. Wieren, die licht nodig hebben, ontbraken daarom op wrakken en op het kunstrif vrijwel volledig.

Een algemeen beeld van de aangroei op harde substraten in water dieper dan 15 m wordt geschetst door Hiscock et al. (2002) in Figuur 14. In afwijking van dit beeld kwam op OWEZ geen kelp-zone voor, terwijl de mariene mug *Telmatogeton japonicus* wel op de meeste onderzochte windturbines voorkwam maar niet werd genoemd door Hiscock et al. In OWEZ kwamen mosselen voor tot op grotere diepte dan geschetst door Hiscock et al. Zo zijn er meerdere nuance-verschillen, maar het beeld komt in grote lijnen overeen met de zonering in Figuur 14: in de bovenste meters dominantie van mosselen en geassocieerde fauna van zeepokken, zeesterren, verschillende wormensoorten en krabben en het mosdiertje *Conopeum reticulum*; op grotere diepte dominantie van kokervormende *Jassa*-soorten, verschillende soorten anemonen (*Metridium senile*, *Sagartia* spp., *Diadumene cincta*) en hydroïedpoliepen (*Tubularia larynx*) (Lindeboom et al. 2011).



Het hele NCP is ondieper dan ca. 50 m, waardoor diepte niet echt een grote rol zal spelen in de verschillen in soortenrijkdom tussen de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat.

De verticale zonering van vissoorten bij de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat kon niet worden afgeleid uit de bestudeerde onderzoeksgegevens. Bij de UK-mijnbouwplatforms werden de hoogste aantallen vissen doorgaans waargenomen aan de voet van het platform (Guerin, 2009).

Vector

Veel aangroeiorganismen kennen een sessiele adulte fase en een pelagisch larvale verspreidingsfase. Hiermee kunnen de larven uitwaaieren over grote afstanden (honderden km?), afhankelijk van de restroming (Figuur 15), het gedrag van de larven en de lengte van de pelagische ontwikkelingsfase. Op de meest noordelijk gelegen platforms op het UK-plat wordt de afwezigheid van de normaal zeer algemene mossel (*Mytilus edulis*) verklaard door de (te) grote afstand van de kust, waardoor settlement met larven niet is opgetreden (Guerin, 2009). De windturbines bevinden zich tot nog toe in de nabijheid van de kust en van elkaar. Hierdoor is de vestiging van organismen niet beperkt door de larventoevoer. Het kan anders zijn voor de meer offshore gelegen mijnbouwplatforms en afgelegen wrakken, maar dat is voor het NCP niet bekend.

Ruimtelijke verspreiding en Watermassa

Daar waar water van verschillende origine bij elkaar komt worden meerdere soorten larven aangevoerd, wat tot een grotere soortenrijkdom leidt (Figuur 15). Kanaalwater wordt getypeerd door een hoog zoutgehalte (>35 PSU) en gematigde watertemperaturen (6-18 °C). Continentaal kustwater heeft een lager en meer wisselend zoutgehalte (31-34 PSU) en een grotere variatie in temperatuur (0-20 °C) dan Kanaalwater (OSPAR, 2000). De huidige windturbines zijn geplaatst nabij de kust en bevinden zich in Continentaal Kustwater: door de hogere dynamiek en sedimenttransporten is dit niet het meest stabiele en soortenrijke milieu. Wrakken en Mijnbouwplatforms zijn meer verspreid aanwezig op het NCP en de gevarieerde ruimtelijke verspreiding draagt bij aan een potentieel hogere soortendiversiteit. De mijnbouwplatforms en wrakken bevinden zich bovendien voor een groter deel in Kanaalwater, waardoor de aangroei op deze objecten een grotere verscheidenheid vertoont dan die op windturbines. De grote soortenrijkdom van de Klaverbank wordt mede verklaard uit de ligging op het snijpunt van meerdere watermassa's (Van Moorsel 2003).

Materiaal

Bij wrakken wordt de soortenrijkdom vergroot doordat er veel structuur en variatie in een wrak kan zijn: geëxponeerde en stromingsluwe delen, horizontale en verticale vlakken, buiten- en binnenzijde, verschillende materialen (staal, brons, hout) elk met specifieke aangroei-eigenschappen (Didderen et al., 2013). Niet elk materiaal is even geschikt als basis voor aangroei: ijzer gaat in zeewater roesten en bladderen, waarmee de successie telkens wordt onderbroken. Koper kan toxisch zijn voor sommige organismen. Hout vervalt vrij snel, zeker als er paalworm (*Teredo navalis*) in komt. De windturbines en mijnbouwplatforms zijn meestal van staalsoorten, voorzien van coatings, en kunnen onder het wateroppervlak vrijwel volledig begroeid raken. De scour-protection is vaak van stortsteen; in enkele gevallen is er een betonnen fundering. Ook deze materialen bieden goede vestigingsmogelijkheden voor de sessiele fauna.

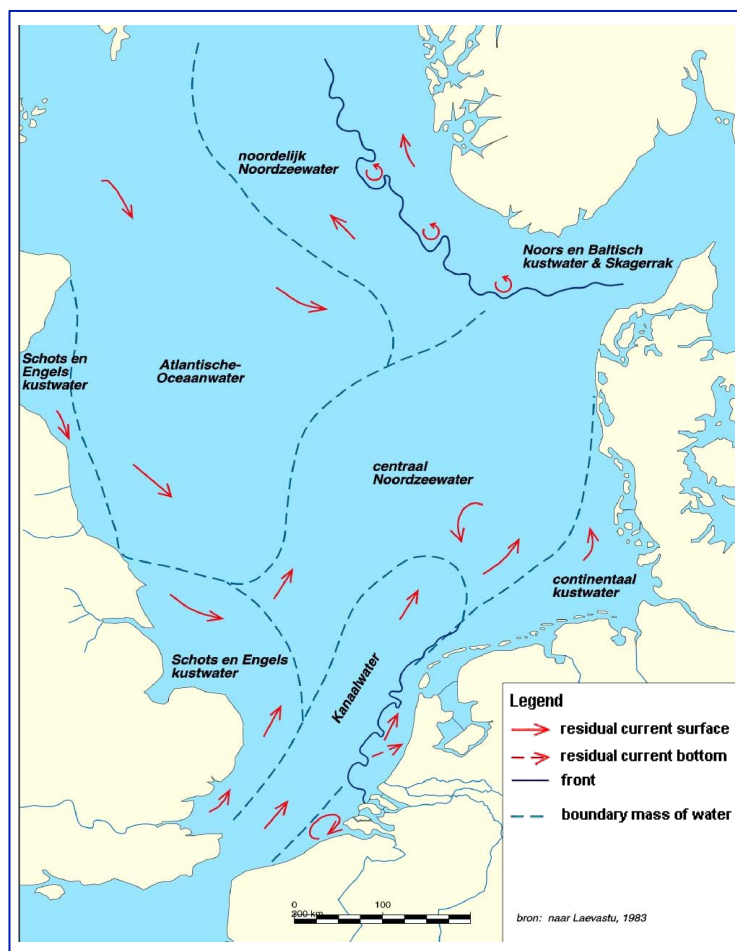
Onderhoud

Wrakken worden niet onderhouden; ze vervallen, worden gesloopt of gelicht, of raken onder zand bedolven. Er zijn geen richtlijnen gevonden ten aanzien van het onderhoud dat aan windturbines en mijnbouwplatforms wordt gepleegd. Wel worden er regelmatig onderwater videoinspecties uitgevoerd, zowel bij windturbines als platforms, waarvan onder andere de studie van Guerin gebruik heeft gemaakt.

Voor het **Prinses Amaliawindpark** is er in het ontwerp en constructie rekening gehouden met een zekere aangroei van 25 á 30 cm. Wanneer deze dikte overschreden zou worden zou dat ongewenst hoge belasting kunnen veroorzaken. Bij overschrijding van deze "marine growth" is het advies om die te verwijderen. Bij de periodieke inspecties in het park is vastgesteld dat de aangroei beperkt is, met name in de 1-2 m vanaf de waterlijn, en dat deze aangroei langs natuurlijke weg vermindert in het winterseizoen. Tot heden is er niet actief aangroei verwijderd door PAWP (mail J.B. Hak, RWS).

De monopiles zijn beschermd door speciale verflagen, waarvan de buitenste bestaat uit een polyurethaan coating, maar deze heeft geen (chemische) antifouling eigenschappen (Vanagt et al. 2013).





Figuur 15. Stromingspatronen en verschillende watermassa's in de Noordzee (Bruijs, 2006).

Tabel 12. Inventarisatie van relevante aspecten van verschillende typen kunstmatig hardsubstraat in de Noordzee.

Aspect	Kunstrif	Platform	Windturbine	Wrak
Verticale zonering				
Splash/Littoraal		x	x	
Sublittoraal	x	x	x	x
Scour-protection		x	x	
Watermassa				
Centraal Noordzee		x		x
Continentaal Kustw.	x	x	x	x
Engels Kustwater		x		x
Kanaalwater		x		x
Materiaal				
Beton		x	x	
Hout				x
Staal		x	x	x
Stenen (scour protection)	x (basalt)		x	
IJzer, koper, brons				x
Overig (leidingen etc.)		x		x
Transport (Vector)				
Water	x	x	x	x
Schip		x	x	
Anders (via de lucht)		x		
Diepterange				
<20 m	x		x	x
20-40 m		x	x	x
>40 m		x		x
Afstand van de kust				
nearshore	x		x	x
offshore		x		x
Som van aspect scores	6	16	12	15



Na 1-2 jaar neemt de biomassa van de sessiele epifauna niet veel meer toe omdat dan een natuurlijk evenwicht wordt bereikt tussen aangroei en verlies, bijvoorbeeld van aangegroeide mosselen als gevolg van zwaartekracht en golfwerking in combinatie met voedsel-/ruimtebeperkingen (Wilhelmsson 2010).

Habitatdiversiteit

In deze vergelijkende studie is de soortenrijkdom gebruikt als een indicator van biodiversiteit. Een aantal factoren bepaalt de diversiteit en aangroei van de epibiota (Guerin, 2009):

locatie, constructiemateriaal, oriëntatie van het oppervlak, rifprofiel, structurele complexiteit, timing van plaatsing, kolonisatie door epibiota.

Niet door Guerin genoemd, maar eveneens van belang zijn: verstoring van de epibiota door hetzij schurende werking van sediment, vervuiling, vertroebeling, antifouling. De diepte en verticale zonering zijn ook relevant en vooral of er een splash- en intergetijdenzone aanwezig is of niet, want hierin gedijen weer andere soorten (o.a. wieren) dan in diepere waterlagen. Bij de meeste wrakken en bij drijvende constructies ontbreekt een intergetijdenzone.

In een poging om de diversiteit van verschillende typen kunstmatig substraat onderling te vergelijken is getracht om een aantal relevante aspecten te inventariseren en te scoren, en de scores per type kunstmatig hardsubstraat op te tellen (Tabel 12). Voor deze aspecten betekent een hogere score een positieve uitwerking op de biodiversiteit.

Uit de scores in Tabel 12 blijkt dat Platforms en Wrakken inherent de meeste verscheidenheid in zich bergen, waardoor verwacht kan worden dat de biodiversiteit, *in casu* de soortenrijkdom van de epifauna, op deze objecten ook potentieel het grootst zal zijn.





8 SAMENVATTENDE CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De aangroei van (kunstmatige) harde structuren in de Noordzee geschiedt snel, en bereikt na ca. 4-6 jaar een evenwichtsfase in soortenrijkdom. De kolonisatie vindt voor een groot deel plaats doordat larvale stadia, die worden aangevoerd via de waterkolom, zich vestigen op een geschikte ondergrond. In principe putten zowel wrakken als windturbines als mijnbouwplatforms uit een vergelijkbare 'larvenpool' en vertoont de aangroei grote overeenkomsten. Verschillen ontstaan door de ligging in verschillende watermassa's (met verschillende larvenbronnen), verschillen in de geschiktheid van de ondergrond (staal, beton, hout) en minder of meer structurele (habitat)complexiteit van de objecten.

Op de objecten ontstaat een verticale zonering met verschillende soorten begroeiing: in de getijdenzone zijn dit overwegend mosselen en kokerbouwende amphipoden met de mobiele predatoren zeester en soms ook zeeëgel. Op windturbines werd in deze zone de mug *Telmatogeton japonicus* gevonden. Wieren groeiden ook in deze zone - op windturbines zowel als op mijnbouwplatforms. Dieper onder water overheersen gemeenschappen van anemonen of hydroïedpoliepen met de geassocieerde mobiele epifauna. De scour-protection van windturbines was relatief soortenrijk en herbergde zeeanellijeren, kokervormende crustaceeën, zeesterren en Noordzeekrabben, zwemkrabben en verschillende soorten wormen en hydroïedpoliepen.

Op windturbines werden in de getijdenzone een tiental "exoten" gevonden: soorten die van nature niet in de Noordzee voorkomen. Een aantal van deze soorten zijn soorten met een meer zuidelijke verspreiding die hun areaal noordwaarts hebben uitgebreid; sommige andere exoten komen via scheepstransporten uit andere werelddelen en hebben zich in de Noordzee gevestigd. Op wrakken en mijnbouwplatforms werden nauwelijks "exoten" aangetroffen; dit lijkt een specifiek aspect van windturbines. De huidige windparken zijn gebouwd in de kustzone in de nabijheid van havens en drukke scheepvaartroutes. Daar is de kans op introductie van nieuwe soorten wellicht groter dan verderop de Noordzee.

De onderzoeksinspanning aan de verschillende typen kunstmatig hardsubstraat is niet gelijk verdeeld. Er is in korte tijd veel onderzoek verricht aan de aangroei op windturbines, maar er zijn minder studies van de visfauna of de effecten van windparken op visverspreiding. Wat betreft wrakken is er mede door de recente studies meer kennis van de aangroei, maar weinig gegevens over de visfauna. Er is op het NCP geen enkel onderzoek bekend van de aangroei of visfauna op of rondom mijnbouwplatforms. In het licht van de naderende 'rig to reef' discussie is dit een serieuze kennisleemte. Een aanbeveling is dan ook om in kaart te brengen welke typen mijnbouwplatforms (materiaal, diepte, structuur) op het NCP aanwezig zijn en wat de aangroei en visfauna van de verschillende mijnbouwplatforms is.

Volgend uit de onderzoeksgegevens, die op een rij gezet zijn in deze bureaustudie, lijken wrakken het meest soortenrijk. De soortenrijkheid van platforms op het NCP is echter onbekend, en kan dus niet hiermee vergeleken worden. De soortenrijkdom van windturbines is lager dan die van wrakken, maar zal in de toekomst bij hogere leeftijd van de turbines mogelijk toenemen. Windturbines staan opgesteld in clusters in de windparken, waardoor er turbine-overstijgende effecten kunnen optreden. De relatief verhoogde aanwezigheid van exoten op windturbines is een aandachtspunt voor het beleid.

Er zijn enkele belangrijke kennisleemtes, zoals bijvoorbeeld de kennis over de aangroei op de mijnbouwplatforms op het NCP en feitelijke gegevens over de visfauna op of rondom wrakken en mijnbouwplatforms, die onderbouwde beleidsafwegingen bemoeilijken.





9 GEBRUIKTE LITERATUUR

- Bouma, S. & W. Lengkeek (2012). Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). Including results of samples collected in scour holes. Final report 2012. OWEZ_R_266_T1_20120206_hard substrate.
- Bruijs, M.C.M. (2006). Pre-survey of marine fouling on turbine support structures of the Offshore Windfarm Egmond aan Zee. Biological Fouling OWEZ_R_112_20060725. KEMA Rapport 50562062-TOS/MEC 06-9409.
- Bruijs, M.C.M. (2010). Survey of marine fouling on turbine support structures of the Offshore Windfarm Egmond aan Zee, June 2009. Biological Fouling OWEZ_R_112_T1_20100226. KEMA Rapport 50863511-TOS/PCW 10-4207.
- CBS/CLO (2011). Exoten in de Oosterschelde. CBS/CLO/Nov11/1065.
- Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2012) Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine ecosystem management unit. 155 pp. + annexes.
- Didderen, K., W. Lengkeek, J.W.P. Coolen, H.W. Waardenburg (2013). Harde substraten en biodiversiteit Vooronderzoek naar kunstmatige objecten in de Noordzee (NCP). BuWa Rapport 12-181.
- Guerin, A.J. (2009). Marine Communities of North Sea Offshore Platforms, and the Use of Stable Isotopes to Explore Artificial Reef Food Webs. University of Southampton, School of Ocean & Earth Sciences, PhD Thesis, 245 p.
- Kerckhof, F., Rumes, B., Jacques, T., Degraer, S., Norro, A., 2010. Early development of the subtidal marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea): first monitoring results. Int. J. Soc. UW Tech 29, 137–149.
- Leonhard, S.B., J. Pedersen (2006). Benthic Communities at Horns Rev Before, During and After Construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final Report; Annual Report 2005.
- Leonhard, S.B., C. Stenberg & J. Støttrup (eds.) (2011). Effect of the Horns Rev 1 Offshore Wind Farm on Fish Communities Follow-up Seven years after Construction. DTU Aqua Report No 246-2011.
- Leewis, R.J., I. de Vries, H.C. Busschbach, M. de Kluijver, G.W.N.M. van Moorsel (1997). Kunstriffen in Nederland. Eindrapportage project Kunstrif, Rijkswaterstaat Directie Noordzee.
- Lengkeek, W., S. Bouma & H.W. Waardenburg (2011). Een beschermde status voor wrakken in de Noordzee? BuWa Rapport 11-160.
- Lindeboom, H.J., H.J. Kouwenhoven, M.J.N. Bergman, S. Bouma, S. Brasseur R. Daan, R.C. Fijn, D. de Haan, S. Dirksen, R. van Hal, R. Hille Ris Lambers, R. ter Hofstede, K.L. Krijgsveld, M. Leopold, M. Scheidat (2011). Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. Environ. Res. Lett. 6 (2011) 035101 (13pp). doi:10.1088/1748-9326/6/3/035101.
- Mallefet, J., V. Zintzen, C. Massin, A. Norro, M. Vincx, V. DeMaerschalck, M. Steyaert, S. Degraer, A. Cattrijsse (2008). Belgian shipwreck: hotspots for marine biodiversity (BEWREMABI). Final Scientific Report. Belgian Science Policy. 155pp.
- Moorsel, G.W.N.M. van, H.W. Waardenburg & J. van der Horst (1991). Het leven op en rond scheepswrakken en andere harde substraten in de Noordzee (1986 tot en met 1990) - een synthese. Bureau Waardenburg bv, Culemborg, rapp. nr. 91.19
- OGP/IPIECA (2010). Alien invasive species and the oil and gas industry. Guidance for prevention and management. OGP Report Number 436.
- OSPAR (2000). Quality Status Report 2000 Region II – Greater North Sea. Chapter 2: Geography, hydrography and climate.
- Vanagt T., Van de Moortel L. & Faasse M. (2013). Development of hard substrate fauna in the Princess Amalia Wind Farm. Monitoring 3.5 years after construction. eCOAST report 2011036.



Vandendriessche S., Derweduwen J. & Hostens K., (2011). Monitoring the effects of offshore windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: baseline monitoring. pp. 65-81. In: Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B., (Eds.) (2011). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Selected findings from the baseline and targeted monitoring. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 157 pp. + annex.

Vandendriessche, S., J. Derweduwen & K. Hostens (2012). Monitoring the effects of offshore wind farms on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments. Chapter 5 in Degraer et al. (2012).

Van der Weide, H. (2008). Wrakkeneldorado in de Noordzee? Ontzenuwing van een mythe. Duiken 19 (9) 26-29.

Van Hal, R. , B. Couperus, S. Fassler, S. Gastauer, B. Griffioen, N. Hintzen, L. Teal, O. van Keeken, H.V. Winter (2012). Monitoring- and Evaluation Program Near Shore Wind farm (MEP-NSW): Fish community. IMARES Report C059/12 OWEZ_R_264_T1_20121215_final_report_fish.

Wilhelmsson, D., Malm, T., Thompson, R., Tchou, J., Sarantakos, G., McCormick, N., Luitjens, S., Gullström, M., Patterson Edwards, J.K., Amir, O. and Dubi, A. (eds.) (2010). Greening Blue Energy: *Identifying and managing the biodiversity risks and opportunities of offshore renewable energy*. Gland (CH): IUCN. 102pp.

Zintzen, V. & C. Massin (2010). Artificial hard substrata from the Belgian part of the North Sea and their influence on the distributional range of species. Belg. J. Zool., 140 (1) : 20-29.

Zintzen, V., A. Norro, C. Massin, J. Mallefet (2008a). Spatial variability of epifaunal communities from artificial habitat: Shipwrecks in the Southern Bight of the North Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science 76 (2008) 327-344.

Zintzen, V., Norro, A., Massin, C., Mallefet, J. (2008b). Temporal variation of *Tubularia indivisa* (Cnidaria, Tubulariidae) and associated epizoites on artificial habitat communities in the North Sea. Marine Biology.



10 BIJLAGE

Tabel 13. Soorten epifauna die zijn aangetroffen in of nabij verschillende typen hardsubstraat in de Noordzee.

+: vermeld in soortenlijsten van de studies, genoemd in Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4 in dit rapport.

Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
DIERENRIJK				
Phylum Annelida	3	8	21	63
<i>Alentia gelatinosa</i>				+
<i>Alitta virens</i>				+
<i>Chaetopterus variopedatus</i>			+	
<i>Cirratulus cirratus</i>				+
<i>Cirratulus filiformis</i>				+
<i>Cirratulus</i> spp.				+
<i>Cirriformia tentaculata</i>				+
<i>Dipolydora coeca</i>				+
<i>Eteone longa</i>				+
<i>Eteone picta</i>				+
<i>Eulalia aurea</i>				+
<i>Eulalia</i> spp.				+
<i>Eulalia viridis</i>			+	+
<i>Eunereis longissima</i>			+	
<i>Eupolymnia nebulosa</i>				+
<i>Eupolymnia nesidensis</i>				+
<i>Eusyllis blomstrandii</i>				+
<i>Filograna implexa</i>		+		
<i>Gattyana cirrhosa</i>			+	+
<i>Harmothoe extenuata</i>			+	
<i>Harmothoe impar</i>			+	+
<i>Harmothoe pachenstegeri</i>			+	
<i>Harmothoe</i> spp.				+
<i>Hydroides norvegicus</i>		+		
<i>Kefersteinia cirrata</i>				+
<i>Lagis koreni</i>			+	+
<i>Lanice conchilega</i>	+		+	+
<i>Lepidonotus clava</i>			+	
<i>Lepidonotus squamata</i>			+	
<i>Lepidonotus squamatus</i>				+
<i>Lumbrineris latreilli</i>				+
<i>Lumbrineris</i> spp.				+
<i>Malmgreniella lunulata</i>				+
<i>Marphysa sanguinea</i>				+
<i>Myrianida</i> spp.			+	+
<i>Myxicola infundibulum</i>				+
<i>Nereimyra punctata</i>				+
<i>Nereis pelagica</i>		+	+	+
<i>Nicolea venustula</i>				+
<i>Nicomache</i> spp.				+
<i>Odontosyllis fulgurans</i>				+
<i>Ophelia</i> spp.				+
<i>Owenia fusiformis</i>				+
<i>Paradexiospira</i> spp.			+	
<i>Perinereis cultrifera</i>		+		
<i>Pholoe inornata</i>			+	+
<i>Phyllodoce laminosa</i>			+	
<i>Phyllodoce longipes</i>			+	+
<i>Phyllodoce maculata</i>				+
<i>Phyllodoce mucosa</i>			+	+
<i>Phyllodoce</i> spp.				+
<i>Pista cristata</i>				+
<i>Poecilochaetus serpens</i>				+
<i>Polycirrus</i> spp.				+
<i>Polydora hoplura</i>				+
<i>Polydora</i> spp.				+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Proceraea spp.				+
Procerastea halleziana				+
Procerastea perieri				+
Protula tubularia		+		
Sabella pavonina		+		+
Sabella spallanzanii				+
Sabellaria spinulosa	+		+	+
Scoloplos armiger				+
Serpulidae		+		
Sphaerodoropsis flavum				+
Sphaerodorum spp.				+
Sphaerosyllis bulbosa				+
Sphaerosyllis spp.				+
Spirobranchus triqueter	+	+	+	+
Sthenelais boa				+
Subadyte pellucida				+
Syllis armillaris				+
Syllis gracilis				+
Syllis prolifera			+	
Thelepus cincinnatus				+
Thelepus setosus				+
Phylum Arthropoda	3	16	32	71
Abludomelita obtusata			+	+
Acasta spongites				+
Achelia echinata				+
Achelia spp.				+
Amphitrite spp.				+
Anapagurus chiroacanthus				+
Atelecyclus rotundatus				+
Austrominius modestus	+		+	
Balanus balan				+
Balanus crenatus			+	+
Calanus spp.			+	
Callipallene emaciata				+
Cancer pagurus		+	+	+
Caprella equilibra		+		
Caprella linearis			+	+
Caprella mutica			+	+
Caprella spp.				+
Caprella tuberculata				+
Carcinus maenas				+
Caridea spp.		+		
Chirona hameri		+		
Corystes cassivelaunus				+
Crangon crangon				+
Diogenes pugilator				+
Ebalia tumefacta				+
Eualus cranchii				+
Galathea intermedia				+
Galathea spp.		+		
Galathea squamifera				+
Gammarus spp.				+
Gitana sarsi			+	
Hemigrapsus sanguineus				+
Hemigrapsus takanoi				+
Hippolyte varians				+
Homarus gammarus				+
Hyas araneus		+		+
Hyas coarctatus				+
Hyas spp.		+		
Hyperia galba				+
Idotea pelagica		+	+	
Inachus phalangium				+
Inachus spp.		+		
Iphimedia nexa				+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Janira maculosa				+
Jassa falcata		+		+
Jassa herdmani			+	+
Jassa marmorata			+	
Jassa spp.	+			+
Liocarcinus arcuatus				+
Liocarcinus depurator				+
Liocarcinus holsatus			+	+
Liocarcinus navigator				+
Liocarcinus pusillus				+
Liocarcinus spp.				+
Lithodes maja		+		
Lysianassa ceratina				+
Macropodia linaresi			+	
Macropodia parva				+
Macropodia rostrata				+
Macropodia spp.				+
Macropodia tenuirostris				+
Maja squinado			+	
Megabalanus coccopoma			+	
Melita hergensis				+
Metopa alderi				+
Monocorophium acherusicum			+	+
Monocorophium sextonae			+	+
Necora puber		+	+	+
Nototropis swammerdamei				+
Nymphon brevirostre				+
Nymphon gracile		+		
Pagurus bernhardus			+	+
Pandalina brevirostris				+
Pandalus montagui				+
Parajassa pelagica		+		
Pariambus typicus				+
Perforatus perforatus			+	
Phtisica marina			+	+
Pilumnus hirtellus			+	+
Pinnotheres pisum			+	
Pisidia longicornis			+	+
Pleurocrypta porcellanaelongicornis				+
Podicipina spp.			+	
Pseudoprotella phasma				+
Pycnogonum litorale				+
Semibalanus balanoides	+		+	
Stenothoe marina			+	+
Stenothoe monoculoides			+	+
Stenothoe spp.			+	+
Stenothoe valida		+	+	+
Telmatogeton japonicus			+	
Verruca stroemia			+	+
Phylum Bryozoa	5	7	16	21
Alcyonidium cellarioides				+
Alcyonidium condylocinereum			+	
Alcyonidium hirsutum		+		
Alcyonidium mytili	+			
Alcyonidium parasiticum	+		+	
Alcyonidium spp.			+	+
Arachnidium fibrosum			+	
Bicellariella ciliata		+		+
Bowerbankia spp.	+		+	
Bugula avicularia		+		
Bugula plumosa				+
Bugula simplex				+
Bugula stolonifera				+
Callopora dumerilii			+	
Cellepora pumicosa				+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Celleporella hyalina			+	
Celleporina caliciformis				+
Conopeum reticulum	+		+	
Conopeum seurati				+
Crisia aculeata				+
Cryptosula pallasiana			+	+
Disporella hispida				+
Electra pilosa	+	+	+	+
Farrella repens			+	
Fenestrulina delicia			+	
Flustra foliacea				+
Membranipora membranacea		+		+
Microporella ciliata			+	
Nolella pusilla				+
Omalosecosa ramulosa		+		
Plagioecia patina				+
Schizomavella linearis			+	
Scruparia ambigua			+	
Scruparia chelata				+
Scrupocellaria scruposa				+
Smittoidea prolifica			+	
Tubulipora liliacea		+		
Turbicellepora avicularis				+
Vesicularia spinosa				+
Phylum Chordata	0	1	1	13
Aplidium glabrum				+
Aplidium scabra				+
Ascidella aspersa				+
Botryllus schlosseri				+
Ciona intestinalis		+		+
Clavelina lepadiformis				+
Didemnum maculosum				+
Didemnum vexillum				+
Diplosoma listerianum			+	+
Diplosoma spp.				+
Molgula manhattensis				+
Molgula occulta				+
Polyclinum aurantium				+
Phylum Cnidaria	16	16	23	36
Abietinaria abietina				+
Actinia equina			+	
Actinothoe sphyrodetta			+	+
Alcyonium digitatum	+	+	+	+
Aurelia aurita	+	+	+	+
Bougainvillia muscus	+	+		+
Campanularia spp.	+		+	
Campanularia volubilis				+
Caryophyllia smithii		+		
Cerianthus lloydii				+
Chrysaora hysoscella				+
Clytia gracilis				+
Clytia hemisphaerica	+		+	+
Corynactis viridis		+		
Coryne eximia				+
Coryne spp.	+			
Cyanea capillata		+		+
Cyanea lamarckii				+
Diadumene cincta	+		+	+
Diadumene lineata				+
Ectopleura larynx	+	+	+	+
Gonionemus vertens				+
Halecium halecinum			+	+
Halecium sp.				+
Hybocodon prolifer				+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Hydractinia echinata	+		+	+
Hydrallmania falcata				+
Laomedea flexuosa		+	+	+
Laomedea longissima			+	
Lophelia pertusa		+		
Metridium senile	+	+	+	+
Nemertesia antennina				+
Neoturris pileata				+
Obelia bidentata	+			+
Obelia dichotoma		+	+	+
Obelia geniculata	+			
Obelia spp.			+	
Opercularella lacerata	+		+	
Prothanthea simplex		+		
Sagartia elegans			+	+
Sagartia spp.		+	+	
Sagartia troglodytes	+	+	+	+
Sagartiogeton undatus	+		+	+
Sertularia cupressina				+
Tubularia indivisa	+		+	+
Tubularia larynx			+	+
Tubularia spp.		+		
Urticina felina			+	+
Urticina spp.		+		
Phylum Echinodermata	0	7	4	8
Amphipholis squamata				+
Asterias rubens		+	+	+
Echinocardium cordatum				+
Echinus esculentus		+		
Henricia spp.		+		
Marthasterias glacialis		+		
Ophiocomina nigra		+		
Ophiothrix fragilis		+	+	+
Ophiura albida				+
Ophiura ophiura				+
Ophiura spp.			+	+
Psammechinus miliaris		+	+	+
Phylum Entoprocta	0	0	1	0
Pedicellina nutans			+	
Phylum Mollusca	1	10	20	57
Abra alba			+	
Aeolidia papillosa		+	+	+
Aeolidiella spp.				+
Aequipecten opercularis			+	+
Alloteuthis subulata				+
Anomia ephippium		+		+
Buccinum undatum				+
Cerithiopsis tubercularis				+
Crassostrea gigas			+	+
Cratena lineata				+
Crepidula fornicata			+	+
Cuthona amoena				+
Cuthona concinna				+
Cuthona gymnota			+	+
Cuthona nana				+
Cuthona spp.				+
Dendronotus frondosus		+		+
Doris pseudoargus				+
Doto coronata				+
Doto pinnatifida				+
Ensis spp.				+
Epitonium clathratulum			+	+
Epitonium spp.				+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
<i>Eubbranchus pallidus</i>				+
<i>Eubbranchus</i> spp.				+
<i>Euspira nitida</i>				+
<i>Facelina bostoniensis</i>			+	+
<i>Facelina</i> spp.				+
<i>Geitodoris planata</i>				+
<i>Goniodoris castanea</i>				+
<i>Heteranomia squamula</i>			+	+
<i>Hiatella arctica</i>		+		+
<i>Janolus cristatus</i>				+
<i>Kurtiella bidentata</i>				+
<i>Lamellaria latens</i>				+
<i>Lamellaria perspicua</i>				+
<i>Limacia clavigera</i>				+
<i>Loligo</i> spp.				+
<i>Mimachlamys varia</i>				+
<i>Modiolus barbatus</i>		+		
<i>Musculus discors</i>		+		
<i>Musculus</i> spp.				+
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+	+
<i>Nassarius incrassatus</i>			+	+
<i>Nassarius reticulatus</i>			+	+
<i>Nassarius</i> spp.				+
<i>Neptunea antiqua</i>		+		
<i>Odostomia scalaris</i>			+	
<i>Odostomia turrita</i>			+	
<i>Onchidoris bilamellata</i>			+	
<i>Onchidoris muricata</i>			+	
<i>Ostrea edulis</i>		+	+	+
<i>Polycera faeroensis</i>				+
<i>Polycera quadrilineata</i>				+
<i>Pusillina inconspicua</i>			+	
<i>Raphitoma linearis</i>				+
<i>Sepiolo atlantica</i>				+
<i>Simnia patula</i>				+
<i>Talochlamys pusio</i>		+		
<i>Tellimya ferruginosa</i>			+	
<i>Tergipes tergipes</i>				+
<i>Tritonia cf. manicata</i>				+
<i>Tritonia plebeia</i>				+
<i>Trivia arctica</i>				+
<i>Trivia monacha</i>				+
<i>Venerupis corrugata</i>			+	+
<i>Venerupis geographica</i>				+
<i>Venerupis</i> spp.				+
Phylum Nematoda	0	0	1	0
Nematoda			+	
Phylum Nemertea	0	0	3	4
<i>Baseodiscus delineatus</i>				+
<i>Emplectonema gracile</i>			+	
<i>Lineus longissimus</i>			+	+
<i>Nemertea</i> spp.				+
<i>Oerstedia dorsalis</i>			+	+
Phylum Platyhelminthes	0	0	1	2
<i>Eurylepta cornuta</i>				+
<i>Leptoplana tremellaris</i>			+	
<i>Turbellaria</i>				+
Phylum Porifera	2	2	2	19
<i>Amphilectus fucorum</i>				+
<i>Dysidea fragilis</i>				+
<i>Halichondria bowerbanki</i>	+			+
<i>Halichondria panicea</i>	+		+	+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Haliclona oculata				+
Hymeniacidon perlevis				+
Leucosolenia complicata		+		
Leucosolenia spp.				+
Leucosolenia variabilis			+	+
Mycale lingua		+		
Mycale micracanthoxea				+
Myxilla rosacea				+
Phorbas plumosus				+
Protosuberites epiphytum				+
Spongosorites spp.				+
Suberites ficus				+
Suberites massa				+
Suberites suberia				+
Sycon ciliatum				+
Phylum Ctenophora	0	0	0	3
Beroe gracilis				+
Mnemiopsis leidyi				+
Pleurobrachia pileus				+
PLANTENRIJK				
Phylum Chlorophyta	0	2	2	1
Blidingia minima			+	
Ulva intestinalis		+		
Ulva lactuca		+		
Ulva spp.			+	+
Phylum Ochrophyta	0	3	0	1
Alaria esculenta		+		
Laminaria digitata		+		
Laminaria hyperborea		+		
Petalonia fascia				+
Phylum Rhodophyta	0	3	1	1
Polysiphonia brodiei		+		
Polysiphonia spp.		+		
Polysiphonia stricta		+		
Porphyra spp.			+	
Porphyra umbilicalis				+
TOTAAL AANTAL SOORTEN	30	75	128	300



Tabel 14. Vissoorten die zijn aangetroffen in of nabij verschillende typen hardsubstraat in de Noordzee.

+: vermeld in soortenlijsten van de studies, genoemd in Tabel 5 in dit rapport.

Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Orde Atheriniformes				+
Familie Atherinidae				+
Atherina presbyter				+
Orde Beloniformes			+	+
Familie Belonidae			+	+
Belone belone			+	+
Orde Clupeiformes			+	+
Familie Clupeidae			+	+
Alosa spp.			+	
Clupea harengus			+	+
Sprattus sprattus			+	
Orde Gadiformes		+	+	+
Familie Gadidae		+	+	+
Gadus morhua	+	+	+	+
Melanogrammus aeglefinus		+		
Merlangius merlangus			+	+
Pollachius pollachius		+		+
Pollachius virens		+	+	+
Raniceps raninus				+
Trisopterus luscus		+	+	+
Trisopterus minutus			+	+
Familie Lotidae		+	+	+
Brosme brosme		+		
Ciliata mustela			+	+
Ciliata septentrionalis				
Gaidropsarus vulgaris				+
Molva molva		+		+
Orde Gobiesociformes				
Familie Gobiesocidae				
Diplecogaster bimaculata bimaculata				
Orde Lophiiformes		+		
Familie Lophiidae		+		
Lophius piscatorius		+		
Orde Mugiliformes				+
Familie Mugilidae				+
Chelon labrosus				+
Orde Perciformes		+	+	+
Familie Ammodytidae			+	
Ammodytes marinus				
Ammodytes spp.			+	
Ammodytes tobianus			+	
Hyperoplus lanceolatus			+	
Familie Anarhichadidae		+		
Anarhichas lupus		+		
Familie Blenniidae				+
Parablennius gattorugine				+
Familie Callionymidae			+	+
Callionymus lyra			+	+
Callionymus maculatus			+	
Callionymus reticulatus			+	
Familie Carangidae		+	+	+
Trachurus trachurus		+	+	+
Familie Gobiidae			+	+
Aphia minuta				+
Gobius niger				+
Pomatoschistus norvegicus				
Pomatoschistus pictus			+	
Pomatoschistus spp.			+	+
Pomatoschistus minutus			+	
Thorogobius ephippiatus				+
Familie Labridae		+	+	+
Ctenolabrus rupestris			+	+
Labrus bergylta		+	+	+



Species per Type:	Kunstrif	Platform	Turbine	Wrak
Symphodus melops			+	+
Familie Moronidae			+	+
Dicentrarchus labrax			+	+
Familie Mullidae			+	+
Mullus surmuletus			+	+
Familie Pholidae			+	+
Pholis gunnellus			+	+
Familie Scombridae			+	
Scomber scombrus			+	
Familie Sparidae				+
Spondyliosoma cantharus				+
Familie Trachinidae			+	
Echiichthys vipera			+	
Familie Zoarcidae			+	+
Zoarcetes viviparus			+	+
Orde Pleuronectiformes		+	+	+
Familie Bothidae			+	
Arnoglossus laterna			+	
Familie Pleuronectidae			+	+
Hippoglossoides platessoides			+	
Limanda limanda			+	
Microstomus kitt			+	+
Platichthys flesus			+	+
Pleuronectes platessa			+	+
Familie Scophthalmidae			+	
Lepidorhombus whiffiagonis				
Phrynorhombus norvegicus				
Scophthalmus maximus			+	
Scophthalmus rhombus			+	
Familie Soleidae			+	+
Buglossidium luteum			+	
Solea solea			+	+
Orde Rajiformes			+	
Rajidae			+	
Raja clavata			+	
Orde Scorpaeniformes		+	+	+
Familie Agonidae			+	
Agonus cataphractus			+	
Familie Cottidae		+	+	+
Micrenophrys lilljeborgii				+
Myoxocephalus scorpius		+	+	+
Taurulus bubalis			+	+
Familie Cyclopteridae			+	+
Cyclopterus lumpus			+	+
Familie Liparidae			+	
Liparis liparis liparis			+	
Familie Sebastidae		+		
Sebastes spp.		+		
Familie Triglidae			+	
Chelidonichthys lucerna			+	
Eutrigla gurnardus			+	
Orde Syngnathiformes		+	+	+
Familie Syngnathidae		+	+	+
Entelurus aequoreus		+		
Syngnathus rostellatus			+	
Syngnathus spp.			+	+
Syngnathus typhle			+	
Orde Gasterosteiformes			+	
Gasterosteus aculeatus			+	
Orde Salmoniformes				
Salmo trutta trutta			+	
TOTAAL Aantal Soorten	12	15	56	39

