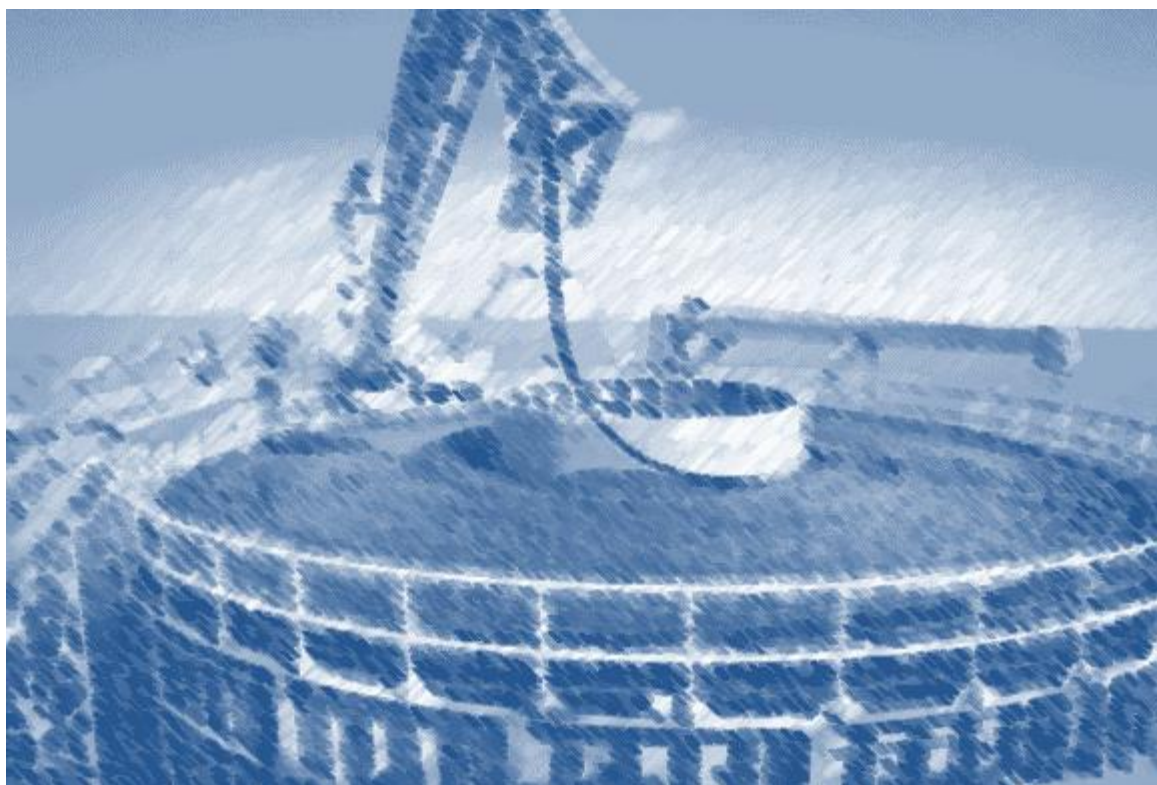


AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 1

Monitorings- en evaluatieplan elektromagnetische velden

Net op Zee Borssele



Inhoudsopgave

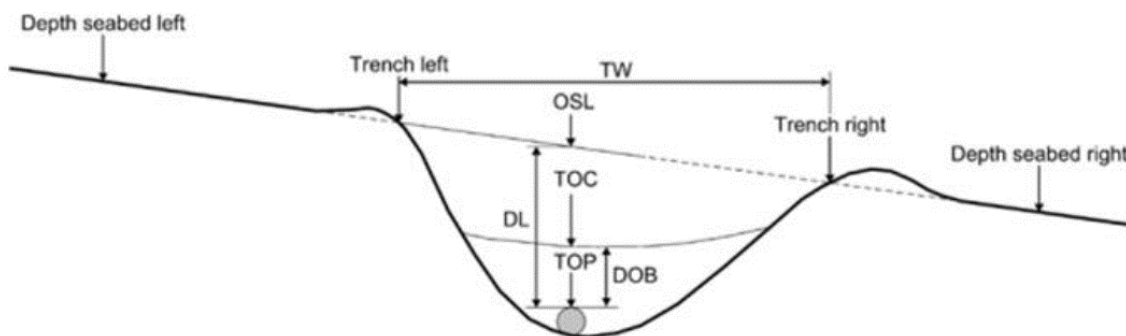
1. INTRODUCTIE	5
2. METHODE.....	9
3. ADAPTIEVE MONITORINGSCYCLUS	14
4. TECHNISCHE MONITORING ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN	18
5. ECOLOGISCHE MONITORING ZEEZOOGDIEREN	25
6. ECOLOGISCHE MONITORING KRAAKBEENVIS.....	30
7. ECOLOGISCHE MONITORING DIADROME VIS	31
8. ECOLOGISCHE MONITORING PLATVIS	37
9. RAPPORTAGE EN COMMUNICATIE.....	41
10. LITERATUURLIJST	45

Definities en afkortingen

afkorting/begrip	uitleg
as built	De door het 'installatie project' aangeleverde informatie die geldt als einde van de project fase en als start van de operatie fase.
bft	Beaufort (eenheid waarin windkracht wordt gemeten)
DFS	Demersal Fish Survey
Diadrome soorten	Organismen (vissen) die gedurende hun levenscyclus migreren tussen zout- en zoetwater.
DL	Depth of Lowering: begraafdiepte
DOB	Depth of Burial: gronddekking
EMV	Elektromagnetisch veld/velden
GAMM	Generalized Additive Model
GNA	Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit
HK (n)/(z)	Net op Zee project Hollandse Kust noord/zuid
HVAC exportkabels	Hoge voltage wisselstroom exportkabels
INBO	Instituut voor natuur- en bosonderzoek
MEP	Monitorings- en Evaluatieplan
NoZ	Net op Zee
OSL	Original Seabed Level: gemiddelde zeebedniveau
PAM	Passive Acoustic Monitoring
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
T	Tesla (eenheid waarin EMV wordt gemeten)
μT	microtesla (10 ⁻⁶)
nT	nanotesla (10 ⁻⁹)
TOC	Depth to Top of Cover
TOP	Depth to Top of Product
TW	Trench Width
VLIZ	Vlaams Instituut voor de Zee
WOZEP	Wind op Zee Ecologisch Programma
Wnb	Wet Natuurbescherming

Definities begraafdiepten

TenneT hanteert voor Borssele de volgende definities voor kabeldiepte (Afbeelding 1.1):



Afbeelding 1.1 Standaard benamingen van een kabeltrench, TW = Trench Width, OSL = Original Seabed Level: gemiddelde zeebedniveau, TOC = Depth to Top of Cover, TOP = Depth to Top of Product, DL = Depth of Lowering: begraafdiepte en DOB = Depth of Burial: gronddekking.

1. Introductie

1.1 Achtergrond

TenneT is de elektriciteitstransportnetbeheerder (TSO) van Nederland en een groot deel van Duitsland. Met meer dan 23.500 kilometer aan hoogspanningsverbindingen zorgt TenneT voor een veilige en betrouwbare levering van elektriciteit aan 42 miljoen eindgebruikers. TenneT is een van Europa's grootste investeerders in nationale en grensoverschrijdende netverbindingen op land en op zee, waarbij de Noordwest-Europese energiemarkten worden samengebracht en de energietransitie wordt aangedreven.

In Nederland is TenneT in 2018 – na aanwijzing als netbeheerder op zee in de Elektriciteitswet in 2016 - gestart met de uitrol van het elektriciteitsnetwerk in de Noordzee, of Net op Zee (NoZ), om de toekomstige windmolenparken aan te sluiten conform de routekaart vastgesteld door de overheid (zie kamerbrief Routekaart windenergie op zee kenmerk DGETM-E2020 / 17177527). Het eerste project binnen het NoZ is het aansluiten van windgebied Borssele met het landstation in de plaats Borssele. De routes van de exportkabels van het NoZ Borssele doorkruisen 3 Natura 2000-gebieden, te weten Westerschelde & Saeftinghe, Vlakte van de Raan en Voordelta. Werkzaamheden binnen deze gebieden zijn vergunningsplichtig onder Wet Natuurbescherming (Wnb). Een van de vergunningseisen is dat er een monitorings- en evaluatieplan (MEP) van de effecten van elektromagnetische velden (EMV) op mariene ecologie opgesteld dient te worden. Dit plan dient te onderzoeken of en in welke mate er effecten van elektromagnetische velden op zeezoogdieren en vissen zijn (zie kader). Vergelijkbare vergunningseisen zijn opgenomen in de Wnb vergunningen van NoZ Hollandse Kust (zuid) en NoZ Hollandse Kust (noord). Aangezien het NoZ Borssele als eerste in bedrijf zal worden genomen, wordt in dit plan de basis gelegd voor EMV monitoring en evaluatie, waar de toekomstige projecten op zullen voortborduren.

Vergunningseis project TOZ Borssele, ten aanzien van de monitoring

35. *De vergunningshouder legt 8 weken voor de start van de gebruiksfase schriftelijk of per email (nbwetteam@minez.nl) een Monitorings- en evaluatieplan ter goedkeuring aan het bevoegd gezag voor. In dit Monitorings- en evaluatieplan wordt vastgelegd op welke wijze en met welke frequentie zeezoogdieren en vissen worden gemonitord. De monitoring heeft als doel om vast te stellen of en zo ja, in welke mate er negatieve effecten op de hiervoor genoemde soortengroepen optreden door elektromagnetische velden van de onderzeese kabels.*
36. *Het Monitorings- en evaluatieplan geeft verder aan hoe en met welke frequentie de resultaten van de monitoring worden gerapporteerd aan het bevoegd gezag.*
37. *Het Monitorings- en evaluatieplan dient te worden bijgesteld indien de tussentijdse resultaten, gelet op het in het voorschrift 35 aangegeven doel, naar het oordeel van het bevoegd gezag daartoe aanleiding geven. Dergelijke tussentijdse wijzigingen behoeven de schriftelijke instemming van het bevoegd gezag alvorens zij worden doorgevoerd.*

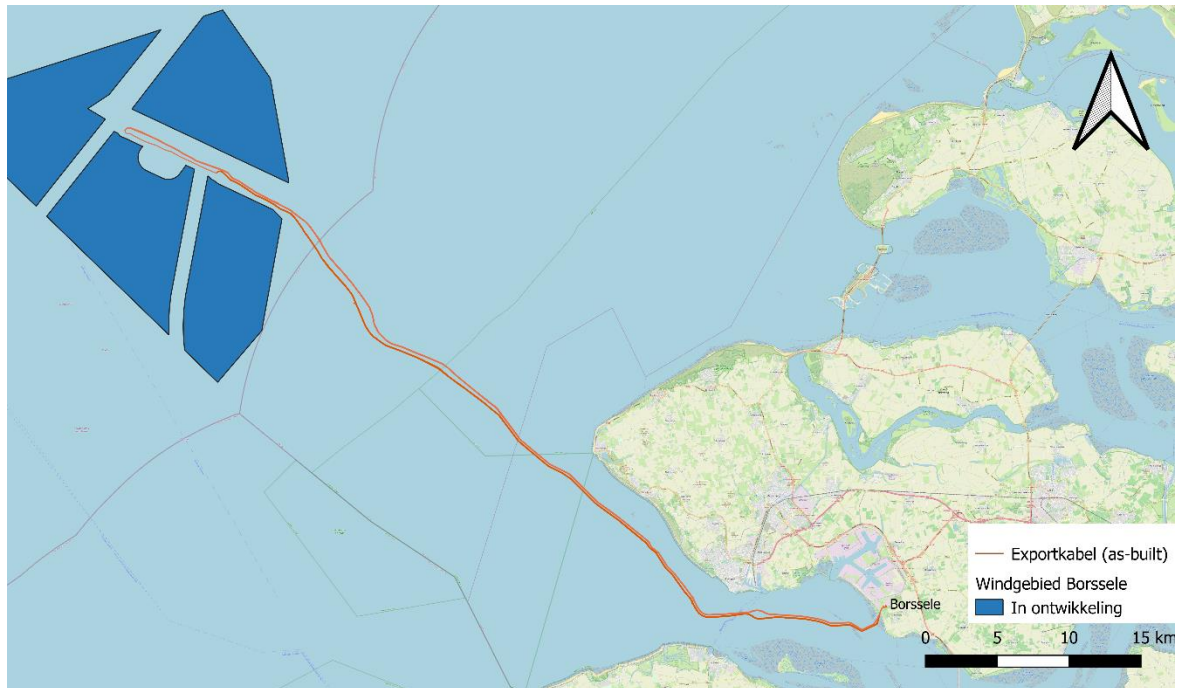
AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 6

De kennisbasis omtrent de mogelijke effecten van EMV op zeezoogdieren en vissen voorkomend in de Noordzee is niet stevig. Daarnaast worden de omvang en sterkte van het EMV vastgesteld door modellen en zijn er voor de 220 kV kabels nog geen validatiemetingen in het veld uitgevoerd. Literatuurstudie leert dat er diverse onderzoeken zijn gedaan naar mogelijke effecten zoals o.a. door Andrew B. Gill 2005, Hutchison et al. 2018, Love et al. 2017 en zeer recent door het WOZEP programma door Snoek et al. 2020. De studies zijn uitgevoerd onder verschillende omstandigheden in begraafdiepte en stroomhoogtes, en er is niet in alle gevallen voldoende informatie over de kabelconfiguratie om de link te leggen met de modelresultaten. Daarnaast is er nog geen 220kV 3-fase kabel gemeten. Er zijn echter geen eenduidige conclusies te trekken op basis van het huidig uitgevoerde onderzoek: er is te weinig kennis om concrete effecten te duiden. Tegelijkertijd zijn er te veel aanwijzingen om te kunnen concluderen dat er geen significante of waarneembare effecten zijn. Daarbij zijn stakeholders die zich zorgen maken over de mogelijke effecten van elektromagnetische velden op vissen en zeezoogdieren; in het bijzonder natuurorganisaties en de commerciële visserij. Deze zorgen richten zich niet alleen op mogelijke bestaande effecten van de bestaande parken maar met name op de voorgenomen toename van windenergie op zee en daarmee het aantal en vermogen van offshore elektriciteitskabels om de opgewekte stroom te transporteren.

1.2 Projectgebied

Tussen het windgebied Borssele en het landstation van het Net op Zee in de plaats Borssele zijn 4 220 kV hoogspanningskabels op basis van wisselstroom (HVAC) geïnstalleerd, 2 kabels vanaf het platform Borssele Alpha en 2 kabels vanaf het platform Borssele Bèta (Afbeelding 1.1).



Afbeelding 1.1 Route exportkabels (as-built) windgebied Borssele.

1.3 Doel

Het primaire doel van dit monitorings- en evaluatieplan is het voldoen aan de vergunningseisen zoals opgesteld door Bevoegd Gezag voor het Net op Zee Borssele. Daarnaast wordt gestreefd naar het verkleinen van de kennisleemtes op het gebied van ecologische effecten van EMV om in de toekomst mogelijke negatieve effecten uit te sluiten. Dit MEP vormt de basis van de EMV monitoringsstrategie van toekomstige Net op Zee projecten die aansluitend volgens de Routekaart van de overheid in bedrijf zullen worden genomen; zoals het Net op zee Hollandse Kust (zuid) dat in 2021 en in 2022 en het Net op zee Hollandse Kust (noord) in 2023 gereed dienen te zijn. In dit plan worden alleen de effecten van 220 kV wisselstroom kabels onderzocht. Gelijktroomkabels worden niet gebruikt in de verbindingen met de windgebieden uit de Routekaart 2014-2023.

1.4 Leeswijzer

In dit monitorings- en evaluatieplan wordt eerst de methodiek van het opstellen besproken in Hoofdstuk 2. Daarnaast wordt in hoofdstuk 3 de adaptieve monitoringscyclus beschreven die overkoepelend is voor het gehele onderzoek. Hierin wordt uiteengezet hoe dit plan bijdraagt aan de bredere monitoring van de ecologische effecten van elektromagnetische velden. Bij de evaluatie van de verschillende onderzoeken is het van belang ook een doorkijk te maken naar de toekomstige Net

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 8

op Zee (wisselstroom)projecten, gezien de vergunningseisen voor deze projecten zeer vergelijkbaar zijn.

Het onderzoeksprogramma is in 5 deelonderzoekplannen uiteen gezet te weten:

1. EMV sterkte en reikwijdte, en effecten op:
2. zeezoogdieren;
3. kraakbeervis;
4. diadrome vis; en
5. platvis.

Dit is beschreven in de respectievelijke hoofdstukken 4 t/m 8. In het laatste hoofdstuk wordt de overkoepelende rapportage en communicatie over het totale onderzoeksprogramma besproken.

2. Methode

2.1 Consultatie

Het monitoren van de ecologische effecten van EMV is een relatief onbekend vakgebied. Daarbij komt dat het monitoren van de diverse soorten in de open zee uitdagend is door aspecten zoals bereikbaarheid, weer en de grote schaal als mede de lengte van het kabeltracé. Dit maakt de opzet van de monitoring relatief complex en de uitkomst onzeker. Om een monitoringsplan op te stellen met de grootst mogelijke zekerheid tot bruikbare resultaten, zijn verscheidende experts geconsulteerd (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 geconsulteerde experts

Persoon	Instituut	Kennisgebied
Dr. Ine Pauwels	Intituut Natuur- en Bosonderzoek	Diadrome vis
Dr. Jan Reubens	Vlaams Instituut voor de Zee	Diadrome vis
Dr. Andrew Gill	Cefas	Kraakbeenvis
Dr. Tinka Murk	Wageningen Universiteit	Kraakbeenvis
Dr. Erwin Winter	Wageningen Marine Research	Platvis
Roelant Snoek MSc	Waterproof B.V.	EMV monitoring
Dr. Steve Geelhoed	Wageningen Marine Research	Zeezoogdieren

2.2 Soortenselectie

De vergunningseis beroept zich op de Wnb. Het kabeltracé doorkruist de Natura 2000-gebieden Westerschelde & Saeftinghe, Vlakte van de Raan en Voordelta. De habitatsorten vastgesteld voor deze gebieden staan genoemd in Tabel 2.2, onderverdeeld in zeezoogdieren en diadrome vis.

Tabel 2.2 Habitatsoorten Natura 2000-gebieden Westerschelde & Saeftinghe, Vlakte van Raan en Voordelta. Legenda instandhoudingsdoelstellingen: toename/verbetering: +, behoud: =, afname: -. Elft is enkel een habitatsoort voor gebied Voordelta (Rijkswaterstaat 2016a, 2016b, 2016c)

Groep	Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Instandhoudingsdoelstelling omvang en kwaliteit leefgebied		
			Westerschelde & Saeftinghe	Vlakte van de Raan	Voordelta
			Zeezoogdieren	bruinvis	<i>Phocoena</i>
	grijze zeehond*	<i>Halichoerus grypus</i>	=/=	=/=	=/=
	gewone zeehond*	<i>Phoca vitulina</i>	=/+	=/=	=/+
Diadrome vis	zeeprik*	<i>Petromyzon marinus</i>	=/=	=/=	=/=
	rivierprik*	<i>Lampetra fluviatilis</i>	=/=	=/=	=/=
	elft*	<i>Alosa</i>	nvt	nvt	=/=
	fint	<i>Alosa fallax</i>	=/=	=/=	=/=

* deze soorten maken geen onderdeel uit van dit monitoringsplan.

Zeezoogdieren

In overleg met Bevoegd Gezag is vastgesteld dat het onderzoek naar zeezoogdieren primair gericht zal zijn op de bruinvis (*Phocoena phocoena*), en deze soort is als zodanig opgenomen in het onderzoeksprogramma. De grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) en gewone zeehond (*Phoca vitulina*) zijn niet opgenomen in dit monitoringsplan omdat literatuur uitwijst dat het onwaarschijnlijk is dat deze soorten een effect ondervinden van EMV. Het is niet vastgesteld of zeehonden in staat zijn tot het detecteren van EMV (Normandeau, Exponent, T. Tricas 2011; Snoek and Lengkeek 2016). De ampullen van Lorenzini, of andere elektroreceptoren, zijn afwezig bij zeehonden. Het is wel bekend dat de soorten voor het vinden van voedsel sterk gebruik maken van hun snorharen (Dudzinski, Thomas, and Gregg 2017). Voor het vinden van soortgenoten wordt met name het reukvermogen gebruikt. Dit maakt het onwaarschijnlijk dat zeehonden gebruik maken van EMV voor hun overlevering. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat deze soorten effect ondervinden van EMV (Bray et al. 2016; Tricas and Carlson 2012).

Diadrome vis

De kennis van de effecten van EMV op diadrome vissen is zeer beperkt. Het is onbekend of soorten gevoelig zijn voor EMV. Er zijn 4 habitatsoorten diadrome vis. Echter zal het onderzoek met betrekking tot Borssele zich alleen richten op de fint (*Alosa fallax*). Dit heeft 2 redenen, ten eerste is er voor de fint als enige soort vergelijkbare data in de nul-situatie (zonder exportkabel) binnen het Fish Acoustic Receiver network. De andere reden is dat de slagingskans van het onderzoek op de andere soorten

zeer minimaal is. De vangstkans en overlevingskans na zenderen van de elft, zeeprík en rivierprík is zeer laag en zal alleen maar schade toebrengen aan deze nu al onder druk staande populaties. Het is niet bekend of de fint representatief is voor de andere habitatsoorten. Er zijn binnen hetzelfde programma ook gekweekte zalm gezenderd. Slechts een fractie van de gezenderde vissen werd waargenomen in de Westerschelde. Aangezien de soort nog niet natuurlijk voorkomt in het gebied is deze niet opgenomen in dit plan.

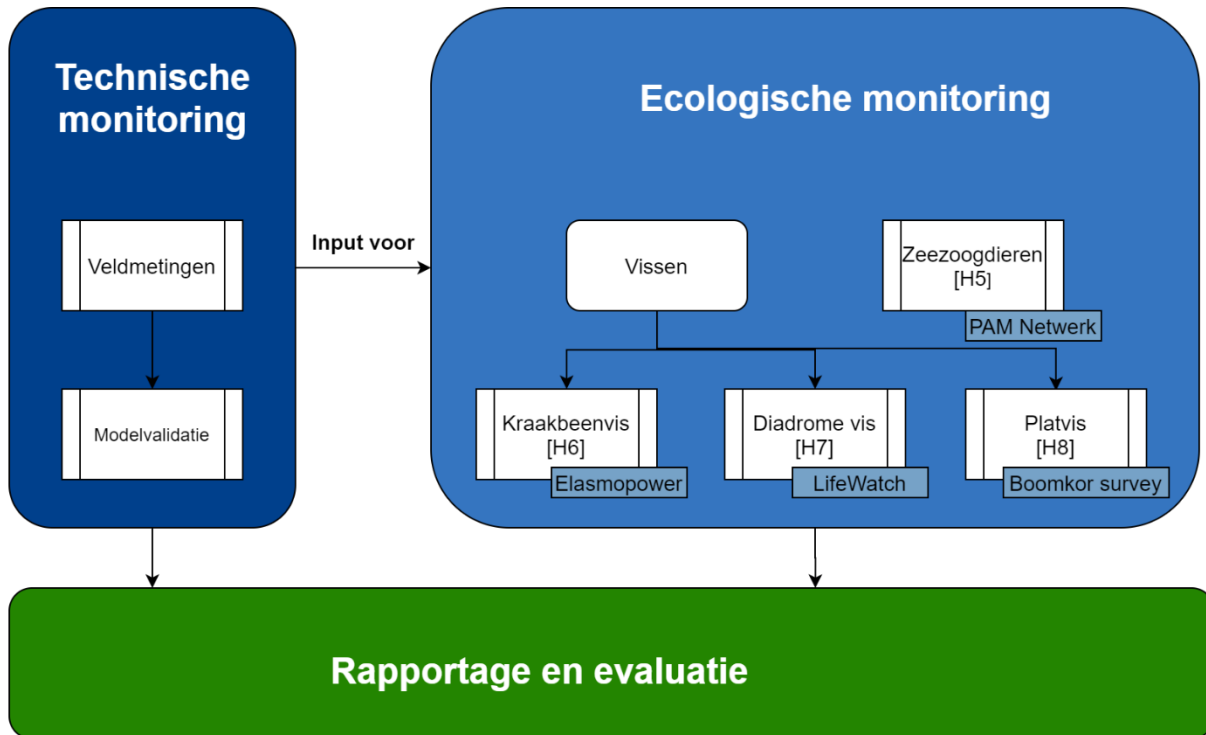
Platvis en kraakbeenvís

Naast de Natura 2000-soorten zijn nog 2 soortgroepen opgenomen in het monitoringsplan.

- Kraakbeenvís (haaien en roggen, ook wel elasmobranchen) - van deze soortgroep is bekend dat deze bijzonder gevoelig zijn voor EMV. Het is dus van groot belang nader onderzoek te doen naar hoe deze soorten worden beïnvloed door Net op Zee projecten. Er worden vanuit natuurbeschermingsorganisatie zoals Stichting de Noordzee en de Nederlandse Elasmobranchen vereniging zorgen geuit dat EMV mogelijk een negatief effect heeft op kraakbeenvís. De kraakbeenvissen die zullen worden gemonitord zijn: hondshaai (*Scyliorhinus canicula*), blonde rog (*Raja brachyura*) en stekelrog (*Raja clavata*). De soorten zijn gekozen op basis van de samenhang met andere onderzoeken (zoals Innorays en Life-Ip), beschikbaarheid (vangbaarheid) en geschiktheid voor onderzoek.
- Platvis - verschillende vertegenwoordigers van de commerciële visserij, met name de Nederlandse Visserijbond en Visned, hebben zorgen geuit over de effecten van EMV op commercieel beviste platvis. Gezien de kennisleemte op dit gebied is het van belang onderzoek te doen naar de gevolgen voor commercieel bevestigde soorten. Het onderzoek naar platvis is primair gericht op commercieel interessante soorten als schol (*Pleuronectes platessa*), tong (*Solea solea*) en kabeljauw (*Gadus morhua*).

2.3 Structuur

In Afbeelding 2.1 wordt de structuur van het onderzoeksprogramma weergegeven.



Afbeelding 2.1 Overzicht verschillende deelonderzoeken. Nummers verwijzen naar waar de respectievelijke monitoringsplannen te vinden zijn in dit document.

2.4 Toekomstig Net op Zee

Het overkoepelende doel is om mogelijke negatieve effecten van EMV op zeezoogdieren en vissoorten vast te stellen, dan wel waar mogelijk, uit te sluiten. Aangezien dit onderzoeksveld, alsmede de monitoringsmethodieken voor EMV, nog in de kinderschoenen staat, zal dit monitoringsplan een eerste verkenning vormen. Bij toekomstige Net op Zee projecten kan de methodiek worden verfijnd afhankelijk van de resultaten van dit onderzoek. In de rapportage van dit MEP worden derhalve ook aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek. Dit document dient te worden gezien als een adaptief en iteratief monitoringsplan, waarbij het eerste onderzoek is uitgewerkt voor het NoZ Borssele, en voor de projecten HK(z) en HK(n) als basis zal dienen.

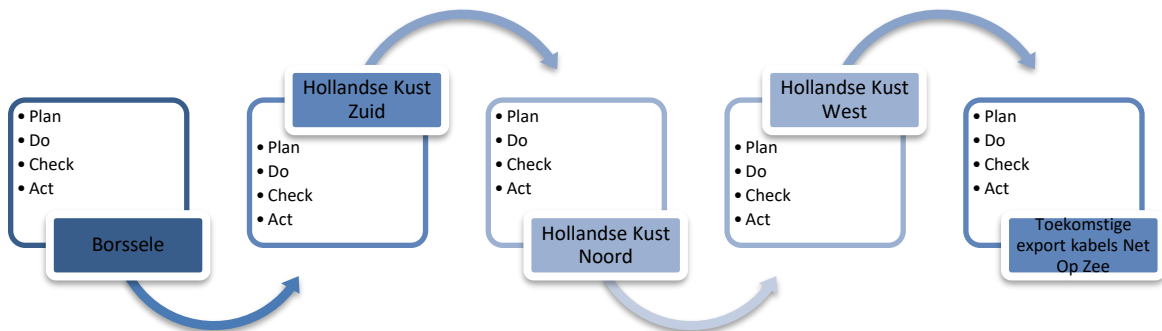
Het tijdspad van het MEP Borssele kent een zekere overlap met de start van het MEP voor HK(z) en HK(n). Op het moment dat deze MEP's zullen worden opgesteld, zal het MEP Borssele nog niet volledig zijn afgerond. Bij het opstellen van de MEP's HK(z) en HK(n) zullen tussentijdse rapportages van MEP Borssele worden gebruikt. In dit stadium zal, als alles volgens plan verloopt, er meer duidelijkheid zijn of de ingezette methodiek, zoals beschreven in de deelonderzoeken, effectief is in het vaststellen van de gevolgen van EMV. Daarnaast zal er ook meer duidelijkheid bestaan of een negatief effect van EMV voor bepaalde soorten al dan niet uit te sluiten is. Details over de exacte gevolgen van EMV zullen naar alle waarschijnlijkheid nog niet zijn vastgelegd.

Bij de evaluatie van dit MEP, alsmede bij het opstellen van de van toekomstige MEP's zal ook oog zijn voor de kosten van het onderzoek. Intensiever of frequenter onderzoek dient realistisch en verantwoord te worden toegepast. Hierbij zal de afweging moeten worden gemaakt in hoeverre het onderzoek kennisleemtes wegneemt versus de uitvoerbaarheid van dergelijk onderzoek.

3. Adaptieve monitoringscyclus

De vergunning vereist een MEP van EMV op zeezoogdieren en vissen. Het monitoren van ecologische effecten van EMV op soorten in het Nederlandse deel van de Noordzee zal bij Borssele voor het eerst worden uitgevoerd. Het voorliggende monitoringsprogramma is opgesteld op basis van de best beschikbare kennis. Er is echter weinig bekend over hoe deze effecten dienen te worden onderzocht waardoor de onzekerheid omtrent de effectiviteit van de monitoringsmethodiek hoog is. Aangezien de vergunningseisen voor de monitoring van andere Net op Zee projecten (zoals Net op zee Hollandse Kust (zuid) en Net op zee Hollandse Kust (noord)) zeer vergelijkbaar zijn, is het van belang de toegepaste methodiek en de uitkomst grondig te evalueren. Dit zal in alle waarschijnlijkheid resulteren in een aanpassing van de monitoringsmethodiek voor toekomstige Net op Zee projecten. Het monitoringsprogramma is daarom adaptief ingericht. Het verloop van dit proces is weergegeven in Afbeelding 3.1. De evaluatie van het MEP wordt na het eerste jaar uitgevoerd per deelplan, maar wordt in 1 overkoepeld rapport gerapporteerd. Aan de hand van deze overkoepelende rapportage zal een nieuwe plan-fase in worden gegaan.

De duur van dit monitoringsplan is 2 jaar, waarbij de dataverzameling van de deelonderzoeken, met uitzondering van de diadrome vis, in 1 jaar wordt uitgevoerd. Aan de hand van de onderstaande cyclus wordt besloten in welke vorm het onderzoek doorgang vindt bij het volgende project binnen het Net op Zee. De opzet is dat van elke monitoringscyclus geleerd wordt en deze in een verbeterde vorm wordt toegepast op het volgende project. Door het doorlopen van de onderstaande cyclus voor elk Net op Zee project wordt het onderzoek naar de effecten van EMV hopelijk steeds succesvoller en kunnen steeds meer effecten worden vastgesteld of uitgesloten. De duur van het totale monitoringstraject loopt tot het kennisniveau op een acceptabel niveau is, het gehele Net op Zee is uitgerold of Bevoegd Gezag het niet meer noodzakelijk acht om een EMV gerelateerde vergunningsplicht op te leggen.



Figuur 3-1 Overzicht van de Plan Do Check Act Cyclus voor EMV monitoring voor de uitrol van het Net op Zee.

Plan: **Planning**

In de vergunning is een monitoringseis vastgesteld. Om deze eis naar onderzoek kaders om te zetten in onderzoekskaders, zijn er deskstudie en expert input benodigd. Deze 2 aspecten vormen samen het monitoringsplan. Hierbij gaat het primair om 3 factoren:

1. Gedrag van doelsoorten: onder welke omstandigheden komt de soort in aanraking met de EMV van exportkabels?
2. Mogelijke impact: wat is de orde grootte van de gevoeligheid van de doelsoort voor EMV en welke gedragsverandering is te verwachten?
3. Mogelijke onderzoekstechnieken: welke technieken zijn geschikt voor het vastleggen van de gevolgen van EMV op de doelsoorten? Op welke ruimteschaal dienen de metingen te worden uitgevoerd en met welke frequentie (in de tijd)?

Op basis van de input van experts is de beste methodiek voor het bepalen van de ecologische effecten vastgesteld in dit monitoringsplan. De uitwerking van de verschillende deelplannen is te vinden in Hoofdstuk 4 tot en met 8.

Do: Monitoring

Nadat het monitoringsplan is vastgesteld, worden de verschillende deelplannen in werking gesteld en de respectievelijke surveys uitgevoerd. Het is de planning dat deze surveys in 2020 worden afgerond, maar een eerste opzet hiervoor is te vinden in paragraaf 9.2. Nadat de surveys zijn afgerond, worden de methodiek en de inhoudelijke resultaten apart geëvalueerd.

Check: Evaluatie

Gezien de beperkte ervaring met het monitoren van ecologische effecten van EMV is het van belang de resultaten uitgebreid te evalueren. Op basis van de inhoudelijke resultaten dient de vraag te worden gesteld: kan een negatief effect worden uitgesloten? Het is aannemelijk dat een negatief effect in de meeste gevallen niet zal worden uitgesloten. Hierop wordt het van belang de vraag te stellen: is de methodiek geschikt om de effecten vast te stellen of kan deze verijnd worden? Het is denkbaar dat de huidige methodiek ongeschikt is voor het accuraat kunnen vaststellen van de ecologische effecten. Samen met experts wordt dan gezocht naar een verbetering van de monitoringsmethodiek. Hierbij is het mogelijk dat de monitoringsmethodiek, frequentie of intensiteit zal moeten worden aangepast, waarbij de inspanning (kosten) en de beoogde resultaten in balans dienen te zijn. Het is hierbij ook mogelijk dat de monitoring herhaald wordt om meer data te verkrijgen. Het is daarbij niet uitgesloten dat zal worden uitgeweken naar experimenten in een meer gecontroleerde omgeving. In bijvoorbeeld lab experimenten zou de initiële EMV gevoeligheid van verschillende soorten kunnen worden vastgesteld, wat inzicht brengt in de gevoeligheid van deze soorten.

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

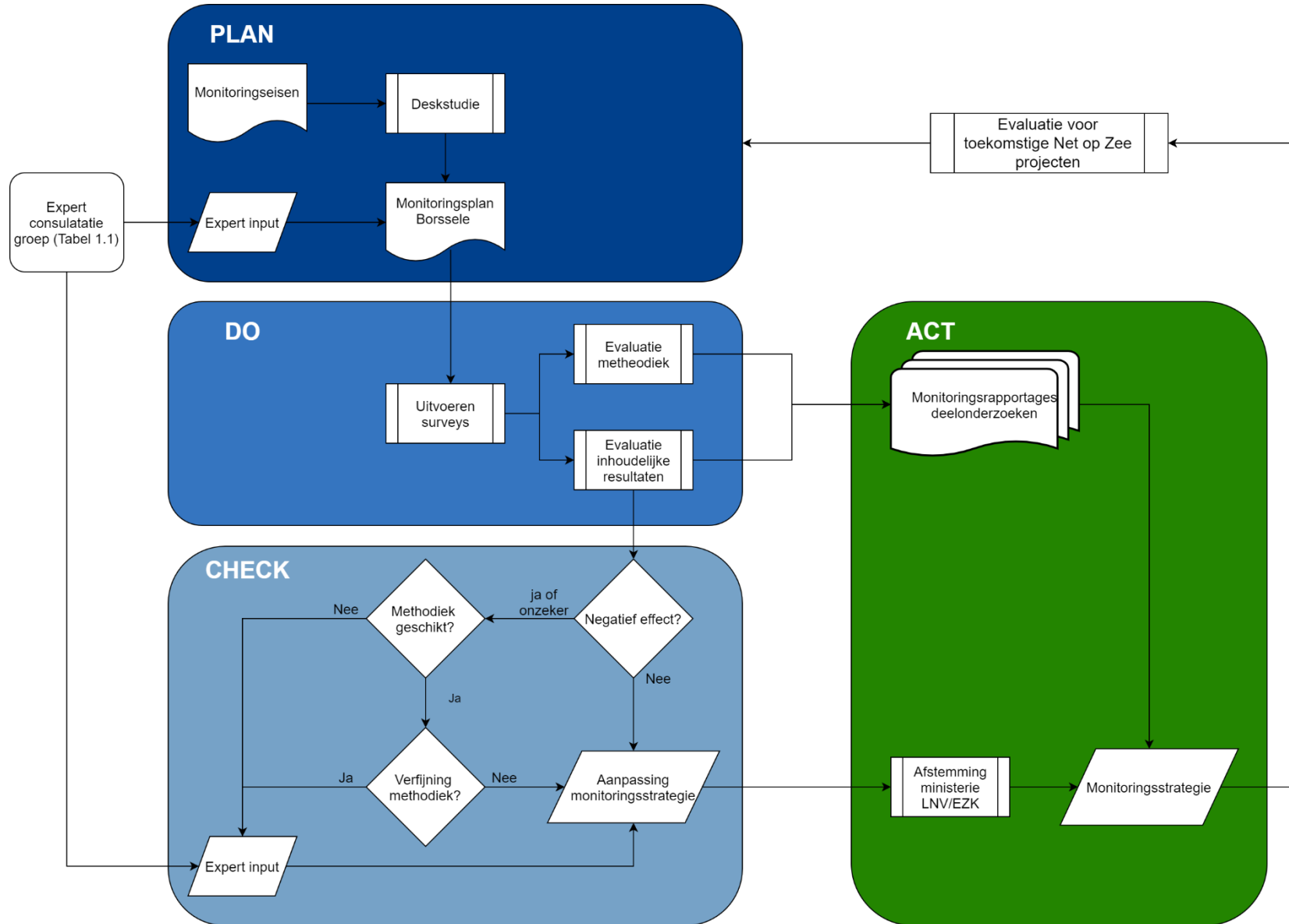
CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 16

Act: Rapportage

Op basis van de evaluatie wordt een advies gepresenteerd aan het Bevoegd Gezag over mogelijke aanpassingen aan de monitoringsstrategie voor toekomstige Net op Zee projecten. De planning hiervan is behandeld in hoofdstuk 9. Daarnaast zal per deelonderzoek een monitoringsrapportage worden aangeleverd. In de deze rapportage zullen de onzekerheden en verbeterpunten van het onderzoek worden behandeld, alsmede de feitelijke resultaten en analyse (uitkomst) van het onderzoek. In de rapportage wordt ook de link met overig EMV onderzoek, zowel nationaal (binnen WoZep) als internationaal, besproken. Een specificatie van de rapportages van de deelonderzoeken is te vinden in paragraaf 9.1.

3.1 Deelonderzoeken

In het volgende hoofdstuk worden de verschillende deelplannen nader toegelicht. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de technische monitoring van de EMV (Hoofdstuk 4) en de ecologische monitoring per soortengroep (Hoofdstuk 5 t/m 8). Hoewel de deelonderzoeken gescheiden worden uitgevoerd, is het van belang dat de meetgegevens van de technische monitoring met de ecologische onderzoeken worden gedeeld. Wat de omvang van het EMV onder verschillende omstandigheden is, is benodigd om inzicht te verwerven in de ecologische effecten. Het is dus van belang dat de uitkomsten van dit onderzoek tijdig worden opgeleverd als input voor de verschillende ecologische deelonderzoeken. De technische monitoring dient gezien te worden als input voor de ecologische monitoring (zie ook sectie 2.3 Structuur).



Afbeelding 3.1 Proces evaluatiecyclus monitoring- en evaluatieplan Net op Zee Borssele

4. Technische monitoring elektromagnetische velden

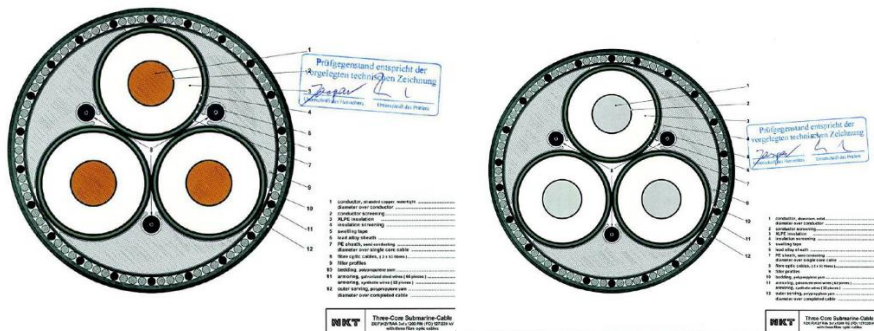
4.1 Introductie

4.1.1 Onderzoeksvraag

- a) Wat is de omvang en sterkte van de werkelijke magneetvelden bij verschillende begraafdieptes en stroomsterktes van de *High Voltage Alternating Current (HVAC)* 220 kV exportkabels van het offshore windgebied Borssele?
- b) Hoe verhouden de omvang en veldsterktes van de *HVAC* 220 kV exportkabels van het offshore windgebied Borssele zich tot de resultaten van de huidige rekenmodellen?

4.1.2 Achtergrond

De EMV contour rondom hoogspanningsverbindingen wordt normaliter bepaald op basis van berekeningen. Deze worden in een vroeg stadium (initiatiefase) van de totstandkoming van een verbinding uitgevoerd ten behoeve van de Milieu Effect Rapportage (MER) en vergunningen. Bij exportkabels is sprake van 3 soorten velden (zie kader). Dit onderzoek zal zich enkel richten op het magneetveld dat ontstaat door de stroom door de kabel (zie Figuur 4-1). Aangezien elektrische velden worden geremd door afschermmateriaal, worden de mogelijke effecten van onderzeese kabels op biota gegenereerd door magnetische velden of geïnduceerde elektrische velden (iEF's). Beweging van organismen door een magnetisch veld creëert geïnduceerde elektrische velden. Organismen die parallel aan de kabel bewegen, creëren geen geïnduceerd elektrisch veld. Organismen die loodrecht op het magnetische veld bewegen, induceren een maximaal elektrisch veld. Deze geïnduceerde elektrische velden zijn echter niet meetbaar in het veld. De magnetisch veldsterkte rond een kabelverbinding is afhankelijk van de afstand van het meetpunt tot de kabelverbinding, de kabelconfiguratie/dimensies, de doorgaande stromen en de klokgetallen (verhouding van geleiders ten opzichte van elkaar). Ook hebben metalen objecten (zoals bijvoorbeeld een metalen *armouring*) en meerdere circuits in de nabijheid een effect op het magneetveld.



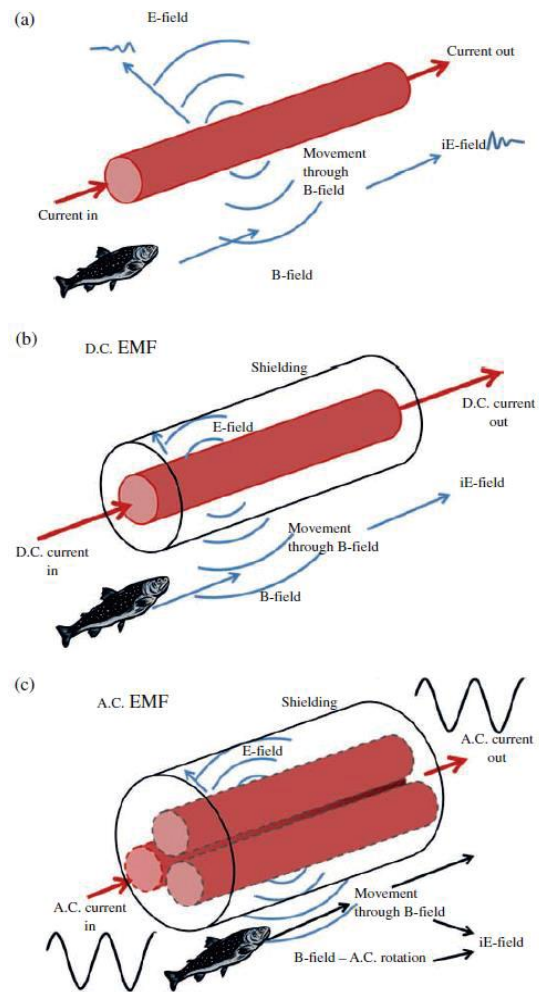
Figuur 4-1 driefase exportkabel zoals nearshore (links) en offshore (rechts) geïnstalleerd bij het Net op Zee project Borssele

Elektrische en magnetische straling rond exportkabel

Rond kabels ontstaan velden op verschillende wijze (Bartlett; and Thomsen 2012).

- Elektrische velden opgewekt doordat stroom door de kabel gaat (a). Echter worden de exportkabels afgeschermd door *sheathing*. In dit geval is er dus geen sprake van elektrische velden;
- Magnetische straling opgewekt doordat stroom door de kabel gaat (b en c) (EMV). De omvang van dit veld wordt o.a. bepaald door de stroomsterkte die door de kabel gaat en of het om gelijkspanning (DC) of wisselspanning gaat (AC). De exportkabels bij Borssele staan onder wisselspanning, waardoor situatie c hier van toepassing is;
- Elektrische straling opgewerkt doordat water langs de kabel stroomt of vissen door het veld van de kabel zwemmen. Dit is een geïnduceerd elektrisch veld wat vaak wordt aangeduid met iEF. Er is zeer weinig bekend over de omvang van dit veld. Ook is er geen betrouwbare methodiek beschikbaar voor het meten van dit veld. Aangenomen mag worden dat de omvang van dit veld vele malen kleiner is dan het EMV veroorzaakt door de stroom die door de kabel gaat. Om deze reden is de monitoring van de effecten van iEFs dus ook niet opgenomen in dit plan.

Afbeelding overgenomen uit Bartlett & Thomsen, 2012



Bij EMV berekeningen wordt veelal uitgegaan van worst-case uitgangspunten (bijvoorbeeld voor de maximale hoeveelheid doorgaande stroom). De reden hiervoor is dat in een vroeg stadium van het project details van de configuratie nog ontbreken. Met een worst-case berekening is dan zeker gesteld dat de uiteindelijke EMV contour in werkelijkheid niet de berekende contour zal overschrijden en dat altijd wordt voldaan aan de vergunningseisen. Het uiteindelijke magneetveld is in de praktijk altijd lager dan de berekende waarde. Door dit onderzoek zou het rekenmodel kunnen worden verbeterd, waardoor er met grotere zekerheid kan worden gesteld wat de omvang van het EMV is. Magnetische veldsterkten en veldrichting zijn te meten met behulp van een 3D-magneetveldmeter. De magnetische veldsterkte en fluxdichtheid zijn afhankelijk van:

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 20

- Stroombelasting (afhankelijk van windsnelheid);
- Afstand meetsonde tot kabel (begraafdiepte kabel, kabelbedekking en meetsonde diepte), de begraafdiepte voor Borssele varieert tussen >-12m bij de kust tot -1m verder offshore;
- Afstand tussen circuits (bijvoorbeeld: de exportkabel van Borssele Alpha en Borssele Beta zijn nearshore anders dan offshore georiënteerd ten opzichte van elkaar of bij kabelkruisingen);
- Kabeltype, de kabels gebruikt bij Borssele driefase kabels (zie Figuur 4-1);
- Kabellengte, de kabellengtes voor de 4 kabels zijn respectievelijk:
 - Borssele Alpha 1 = 60,73 km;
 - Borssele Alpha 2 = 60,74 km;
 - Borssele Beta 1 = circa 68 km (as built nog niet binnen);
 - Borssele Beta 2 = circa 68 km (as built nog niet binnen).

Doel

Het doel van de offshore magneetveld metingen is om:

1. de omvang en sterkte van de magneetvelden bij verschillende begraafdieptes en stroomsterktes van de HVAC exportkabels van offshore windpark Borssele vast te stellen; en
2. de gemeten veldsterktes te relateren aan de resultaten van de bestaande rekenmodellen gebaseerd op de rekenregels van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

4.2 Onderzoeksopzet

4.2.1 Apparatuur

De EMV rond kabels zal worden gemeten met behulp van een 'meetslee' die over de bodem wordt getrokken (zie Afbeelding 4.1). De meetslee heeft geïntegreerde tri-axial sensoren (Narda B-veld sensoren 100 cm²) en onderwatercamera's. De meetslee wordt in een transect haaks over de kabel getrokken. Hierdoor wordt een profiel gemeten van de EMV ten opzichte van de kabel. De gegevens worden in real-time opgeslagen en gekoppeld aan de GPS locatie van het onderzoeksschip. Hierdoor is het mogelijk om zeer nauwkeurig op en rond de kabels te meten. Ieder transect heeft een lengte van ongeveer 150m waarbij rond de 30 minuten wordt gemeten. De meetinstrumenten meten tussen de 30 Hz en 400 kHz, met een nauwkeurigheid van 1 nT, en een maximale meetbare waarde van 320 μ T. Deze waarden zijn afgestemd op de verwachtingswaarden conform de beschikbare modelberekeningen uit het MER. Aangezien de metingen zich zullen richten op relatief hoge frequenties (50-60 Hz), wordt aangenomen dat het statische aardmagnetische veld (50 μ T) geen invloed zal hebben op de resultaten.

Er is echter wel een dynamisch achtergrond EMV aanwezig, wat een basis EMV niveau vormt bij de metingen. Hiervoor dient gecorrigeerd te worden tijdens de analyse van de data. De meetslee is met

een kabel verbonden aan het onderzoeksschip. Deze kabel is gelabeld om de afstand tussen het schip en de meetslee te kunnen bepalen, daarnaast is de meetslee verbonden met een drijver met GPS logger aan de oppervlakte. De meetslee is ook uitgerust met een camera, waardoor het eventueel mogelijk is de biologische activiteit rond de kabels vast te leggen tijdens het uitvoeren van de metingen. De opnames en uitwerking van deze video data maken geen onderdeel uit van dit deelonderzoek.



Afbeelding 4.1 Meetslee elektromagnetische monitoring van WaterProof Marine Consultancy & Services B.V

4.2.2 Locaties & frequentie

Een overzicht van de verschillende locaties en de bijbehorende parameters is te vinden in Tabel 4.1. De combinatie van deze metingen moet het mogelijk maken de effecten van de externe factoren als begraaftediepte en stroombelasting naast elkaar te kunnen zetten. De transect metingen worden in triplo uitgevoerd om foutmarges in de metingen te beperken.

T-1 metingen

In de eerste meting wordt onderzocht wat het EMV is als het windpark nog niet actief is, maar de kabel al wel in positie ligt (T-1 meting). Dit biedt inzicht in de verhoogde omvang van het EMV ten opzichte van de achtergrondstraling van het aardmagnetisch veld. Vanaf september 2019 is de kabel alleen onder spanning, zodat de systemen op de transformatiestations kunnen worden getest. Hierbij zijn de turbines nog niet in gebruik. De kabel van Borssele Alpha is vanaf maart/april 2020 in gebruik genomen. Q3 2020 is in Borssele Alpha naar verwachting volledig operationeel (2x350 MW). Naar verwachting zal de exportkabel van Borssele Beta vanaf september in gebruik genomen worden. In

2021 vindt een herhaalmeting plaats wanneer beide parken operationeel zijn (Alpha en Beta). Het is bekend dat er vanaf 2020 al in zeer beperkte mate stroom door de kabel gaat, rond de 68 ampère. Of deze lage stroomsterktes leiden tot een waarneembaar EMV op het zeebed is niet bekend. Voor de T-1- meting is de verwachting dat de omvang van het EMV klein is, en mogelijk zelfs niet waarneembaar op het zeebed. Deze staat ingepland voor het einde van de zomer van 2020. De T-1-meting wordt daarom minder uitgebreid uitgevoerd dan de T-2 meting.

T-2 Offshore metingen

Wanneer het windpark aangesloten op Borssele Alpha volledig in bedrijf is, zullen metingen worden uitgevoerd op verschillende locaties met verschillende begraafdieptes en bij 2 types kabelkruisingen. Hierbij spelen weersomstandigheden, met name de windkracht, een belangrijke rol. In de eerste plaats omdat de windsnelheid en de hoeveelheid stroom door de kabel sterk met elkaar verbonden zijn. De omvang van EMV is nagenoeg lineair verbonden met de stroomsterkte. Daarnaast beperkt de wind de operationaliteit voor het uitvoeren van de metingen, waarbij alleen gemeten kan worden onder de 4 bft.

T-2 Strand metingen

Bij hogere windsnelheden kan niet op zee worden gemeten. Om ook bij hogere windsnelheden het EMV te bepalen, zal een sensor voor langere duur worden begraven op het strand waar de exportkabel aanlandt. Deze sensor zal continue meten op 1m afstand van de kabel, waardoor er bij uiteenlopende windkrachten kan worden gemeten. Ter verificatie van deze meetmethode zullen aanvullend verschillende transecten op het strand worden uitgevoerd. Dit zal gebeuren onder normale omstandigheden (vergelijkbaar met wanneer de metingen op zee zijn gedaan) en bij een hoge windsnelheid (7 bft). Bij deze windkracht is de stroom output, en daarmee het EMV, het hoogst.

Tabel 4.1 Overzicht locaties en bijbehorende parameters voor de technische monitoring van EMV.

Locatie	Meting type	Frequentie	T1- meting	Test parameter
1. exportkabel 1m diepte	transect	triplo	ja	begraafdiepte
2. exportkabel 2m diepte	transect	triplo	nee	begraafdiepte
3. exportkabel 3m diepte	transect	triplo	nee	begraafdiepte
4. aanlanding (strand)	begraven	continu	nee	effect stroomsterkte over

Borssele)	sensor			tijd (wind)
5. aanlanding (strand Borssele)	transect	2xtriplo: bij 4 bft en 7 bft	nee	verificatie transect versus begraven sensor
6. kabelkruising telecom/data kabel	transect	triplo	ja	effect kruisende telecom/data kabel
7. kabelkruising olie/gas pijpleiding	transect	triplo	ja	effect kruisende olie/gas pijpleiding

4.2.3 Parameters

- Begraafdiepte (meter);
- Afstand tot de kabel (meter);
- Stroomsterkte door de kabel bepaald door de windkracht (Ampère en Beaufort);
- Elektromagnetische straling (Tesla).

4.2.4 Data analyse

De gemeten EMV waarden zullen worden geplot worden tegen de GPS locatie. Hierbij zou het EMV rond de exportkabels zichtbaar moeten worden. Voor de verdere analyse zal gebruik worden gemaakt van de gegevens van TenneT. Hierbij gaat het primair om de begraafdieptes en de hoeveelheid stroom in de kabel op het moment van meten.

4.2.5 Modelvalidatie

Er bestaan verschillende in-house reken modellen die de magnetische velden op basis van natuurkundige principes berekenen. Deze modellen zijn ingericht om te werken met de rekenregels van het RIVM aangaande bovengrondse hoogspanningslijnen. De meetresultaten kunnen naast deze modellen gelegd worden om te verifiëren of bepaalde aannames, die ten grondslag liggen aan de RIVM rekenregels, in de praktijk ook kloppen en/of gelden voor ondergrondse hoogspanningskabels op zee. Dit zal een beter inzicht opleveren in o.a. de waarden voor het (jaar)gemiddelde en het piek magnetische veld. De resultaten kunnen gebruikt worden om de nauwkeurigheid van toekomstige berekeningen van Net op Zee kabels te verhogen.

4.2.6 Onderzoeksschip

Het is mogelijk dat een EMV lokaal wordt beïnvloed door scheepsactiviteit. Daarom wordt bij huidig onderzoek gekozen voor een relatief klein schip (Afbeelding 4.2). Hierdoor is het echter alleen mogelijk om onder rustige omstandigheden te meten (<4 bft). Het is echter mogelijk dat het achtergrond effect van een groter onderzoeksschip beperkt zal zijn. Dit zal binnenkort worden geverifieerd, waardoor het eventueel ook mogelijk zal worden om met grotere schepen het onderzoek

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 24

te verrichten. Hierdoor zou er ook bij hogere windcondities kunnen worden gemeten.



Afbeelding 4.2 Onderzoekschip 'Bumblebee' van WaterProof B.V.

5. Ecologische monitoring zeezoogdieren

5.1 Introductie

5.1.1 Onderzoeksvraag

Is er een aantoonbaar verschil in de aanwezigheid van bruinvissen (*Phocoena phocoena*) binnen het elektromagnetische veld rond de exportkabels van het offshore windpark Borssele in relatie tot een referentiegebied?

5.1.2 Achtergrond

Er is beperkte literatuur beschikbaar omtrent de effecten van EMV op zeezoogdieren. Het wordt gedacht dat de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) niet gevoelig zijn voor elektromagnetische velden (Bray et al. 2016; Tricas and Carlson 2012). Dit komt met name door de afwezigheid van de ampullen van Lorenzini, of andere elektroreceptoren waardoor zeehonden magnetische velden kunnen waarnemen.

Verschillende studies in de Noordzee laten zien dat bruinvissen (*Phocoena phocoena*) door offshore windparken zwemmen (Hansen et al. 2013; van Polanen Petel, Geelhoed, and Meesters 2010; Scheidat et al. 2011; Teilmann, Tougaard, and Carstensen 2006; Tougaard et al. 2006). Dit suggereert dat de kabels in deze parken geen barrière vormen en dat er geen acute desoriëntatie plaatsvindt. Onderzoek van Tricas & Carlson (2012) suggereert dat de bruinvis magnetische velden vanaf 0,05 μT kan waarnemen. Vanaf welk niveau er ook effecten zouden kunnen optreden, is onbekend. Voorbeelden van effecten zijn desoriëntatie en verstoring van de navigatie. Kirschvink (1990) heeft een studie uitgevoerd waarbij de locatie van zeezoogdierenstrandingen wordt gerelateerd aan een verhoging van EMV t.o.v. het aardmagnetisch veld. In deze studie wordt 1% boven het aardmagnetisch veld aangehouden, in de Noordzee is dit 0,05 μT .

Binnen het onderzoek Wind op Zee Ecologisch Programma (WOZEP) is er ervaring met het monitoren van bruinvissen in relatie tot windmolenparken op zee in Nederland. Dit wordt gedaan met behulp van een Passieve Akoestisch Monitoring (PAM) netwerk, waarbij hoofdzakelijk wordt gekeken naar de effecten van onderwatergeluid door de installatie van turbinefundaties. Het onderzoek in de Borssele windparken wordt uitgevoerd door WaterProof BV (Roelant Snoek) en Wageningen Marine Research (ir. Steve Geelhoed). Door deze experts te betrekken bij dit onderzoeksplan kunnen de geleerde lessen rond de praktische installatie en operatie gedeeld worden, is er een grotere dataset beschikbaar door de beide data aan elkaar te koppelen en is het mogelijk referentielocaties te delen om zo een langere tijdsreeks te verkrijgen.

5.1.3 Doel

Het doel van de monitoring is om vast te stellen of er een verschil is tussen aanwezigheid van bruinvissen (*Phocoena phocoena*) binnen het elektromagnetische veld rond de exportkabels van het offshore windpark Borssele in relatie tot een referentiegebied.

De hypothese is dat als het EMV een relatief beperkt bereik heeft (<20 m), bruinvissen in diepwater weinig effect zullen ondervinden van de straling aangezien ze hier overheen kunnen zwemmen. Bij ondiep water is de hypothese dat dit niet mogelijk is, waardoor een barrière functie optreedt en de soort dus minder zal worden waargenomen. Om deze reden zal op verschillende dieptes worden gemeten.

Er is voor deze onderzoeksopzet gekozen voor een non-invasieve manier van monitoring. Een andere mogelijkheid is het zenderen van bruinvissen om eventueel effecten vast te stellen. Deze optie is in dit onderzoek niet meegenomen omdat de invasieve manier van onderzoek doen (plaatsen van de tag door de rugvin) en de lage resolutie (trek kans gezenderde individuen en kabels) niet haalbaar wordt geacht.

5.2 Onderzoeksopzet

5.2.1 Apparatuur

Een PAM netwerk wordt opgezet door het plaatsen van (een combinatie van) CPODs (zie kader) en SoundTraps. Dit netwerk meet de akoestische activiteit van bruinvissen, hetgeen als proxy voor de aan- /afwezigheid van bruinvissen wordt gezien. Gebaseerd op studies naar bruinvissen in het wild wordt aangenomen dat bruinvissen vrijwel continu echo locatiesignalen, zogenaamde click, uitzenden om te navigeren, voedsel te lokaliseren en te communiceren (Teilmann et al. 2005; Verfuß, Miller, and Schnitzler 2005). Er is onderscheid te maken tussen 'normale' echolocatie clicks en feeding buzzes. Feeding Buzzes vormen een patroon van clicks wat geassocieerd wordt met foerageren (95%) en maken van sociaal contact (5%). Hoewel het aantal detecties van feeding buzzes een fractie is van het aantal detecties van 'normale' bruinvis clicks kan een vergelijking van feeding buzzes -als proxy voor foerageeractiviteit- extra informatie opleveren (Berges et al. n.d.). Dit biedt inzicht in mogelijke gedragsveranderingen bij de bruinvissen. Een potentieel effect van EMV op foerageren kan ook positief zijn, aangezien een prooi eenvoudiger te vangen zou kunnen zijn.

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 27

CPODS

Continuous Porpoise Detectors (CPODs, version 1, Chelonia Ltd., U.K.) zijn passieve monitoringsinstrumenten. Een CPOD bestaat uit een polypropeen behuizing met een hydrofoon. Er is een metalen ring rond de CPOD die het mogelijk maakt om de CPOD te bevestigen aan een ankerlijn. In de behuizing zit een versterker, een digitale golflengte analysator, een datalogger en 10 D-cel batterijen. De CPOD heeft een positief drijfvermogen van ongeveer 0.7 kg. De data wordt opgeslagen op een Secure Digital (SD) kaart en wordt later geanalyseerd met een PC. Hierbij wordt de aanwezigheid van bruinvissen geïdentificeerd op basis van een reeks van ultrasonische echolocatie clicks. Om de hoeveelheid data te minimaliseren, worden clicks samengevat opgeslagen met enkel de tijd, duur, dominante frequentie bandbreedte en amplitude van het signaal. Afbeelding: Wageningen Marine Research.



5.2.2 Parameters

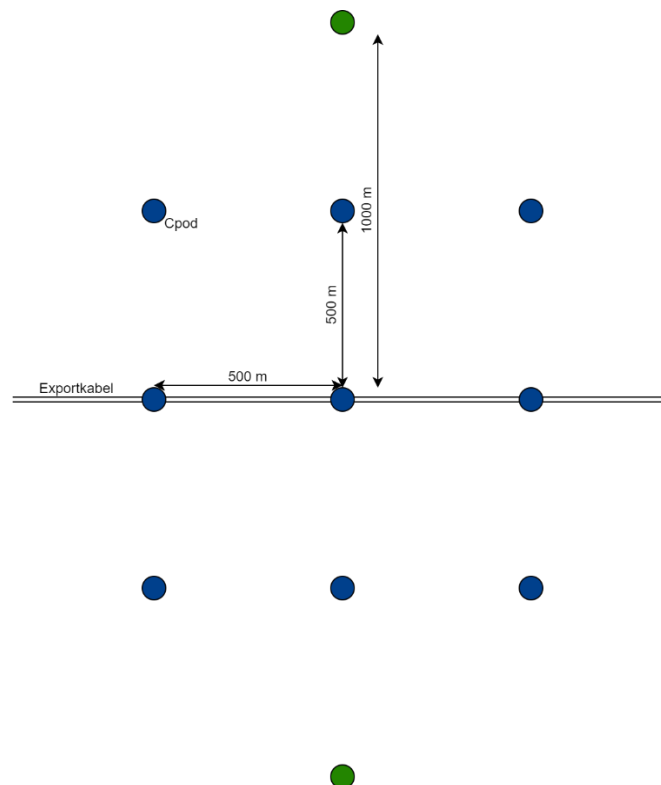
- Mate van akoestische activiteit per meetstation in relatie tot de referentielocatie;
- Mate van akoestische activiteit per PAM netwerk in relatie tot de referentielocatie;
- Verhouding normale clicks versus feeding buzzes (percentage);
- Afstand tot het EMV (meter).

5.2.3 Locaties & frequentie

Het meetnetwerk zal worden geplaatst op circa 20m diepte op voldoende afstand van omliggende scheepvaartroutes. De ruimtelijke opzet van het PAM netwerk is te zien in Afbeelding 5.1. De cirkels geven de akoestische ontvangers aan, waarbij blauwe cirkels het basis ontvangnetwerk aangeven en de groene cirkels de ontvangers op grotere afstand van de exportkabels. Dit biedt de mogelijkheid om een verschil in akoestische activiteit op/rond de kabel en op grotere afstand van de kabel te controleren. Het netwerk zal over een periode van 4 weken metingen verrichten in het voorjaar (maart-mei).

Boeien

De omvang van het PAM netwerk wordt beperkt door de hoeveelheid sensoren die geplaatst mogen worden. De exportkabels doorkruisen een druk bevaan gebied, waarbij boeien op het wateroppervlak een beperking vormen voor de scheepvaart. Het aanbrengen van extra boeien is niet gewenst vanuit het perspectief van medegebruik zoals o.a. visserij. Het aanbrengen van meetinstrumenten op boeien die nu al op zee zijn, is vaak wel mogelijk. Dit wordt, mede bepaald door de Gemeenschappelijke Nautische Autoriteit (GNA), niet gewenst.



Afbeelding 5.1 Ruimtelijke opzet PAM netwerk (bovenaanzicht). De blauwe cirkels geven het basis ontvangnetwerk aan, de groene cirkels geven de controle ontvangers aan.

Data analyse

Uit de verzamelde akoestische data worden bruinvis clicks door middel van software geëxtraheerd. Per meetstation worden de clicks naar de clickfrequentie als maat voor de akoestische activiteit omgezet. Vervolgens zal deze activiteit op de verschillende meetstations worden vergeleken. Hierbij kan a priori uitgegaan worden van een verschil tussen de meetstations 'op' de kabel en de meetstations parallel aan de kabel, en beide datasets met elkaar vergeleken worden. Een objectievere methode is het belang eventuele externe factoren (zoals bijvoorbeeld de afstand tot scheepvaartroutes) ook mee te nemen. Dit kan worden gedaan met behulp van een Generalized Additive Mixed Model (GAMM) analyse. Een GAMM beschrijft patronen in een parameter (i.c. akoestische activiteit) rekening houdend met de onderliggende patronen veroorzaakt door verschillende omgevingsfactoren (zoals scheepvaart). Hierdoor kan gecorrigeerd worden voor externe factoren en het effect van 1 parameter (i.c. exportkabel) uitgefilterd worden.

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 29

Indien voldoende data beschikbaar is, zou ook kunnen worden gekeken naar een verschil in feeding buzzes. Deze worden primair gecorreleerd aan foerageergedrag, waardoor een mogelijke gedragsverandering kan worden geconstateerd. Idealiter zou de sensitiviteit van bruinvissen voor EMV kunnen worden bepaald. Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat voldoende data beschikbaar zal zijn om dit met enige maat van zekerheid te kunnen bepalen. De opzet is hier kort uitgewerkt: Uit deelplan 1 (technische monitoring) komt wellicht een helder beeld van de EMV omvang afhankelijk van windkracht. Hierdoor zou een EMV omvang per meetlocatie kunnen worden berekend over het verloop van de bruinvis monitoring. Door dit vervolgens te vergelijken met de akoestische activiteit over de tijd kan wellicht een verband worden gevonden. Dit vereist echt een zeer solide dataset en een uitgebreide analyse. Voor deze analyse zal langer onderzoek nodig zijn, waarvan de tijdsduur nog niet bekend is. Er zijn te veel onzekere factoren om hier uitspraak over te doen. Na de initiële analyse van de verzamelde data kan wellicht worden aangegeven of sensitiviteitsonderzoek realistisch (zowel zinvol als kosten-efficiënt) is.

6. Ecologische monitoring kraakbeenvis

6.1.1 Onderzoeksvraag

Wat zijn de effecten van elektromagnetische velden van offshore wind kabels op bentische roggen en haaien voorkomend in de Noordzee? Dit onderzoek zal zich richten op de volgende soorten: hondshaai (*Scyliorhinus canicula*), blonde rog (*Raja brachyura*) en stekelrog (*Raja clavata*), onder voorbehoud van beschikbaarheid.

6.1.2 Achtergrond

Om onderzoek naar de relatie tussen EMV en elasmobranchen te borgen, sluit TenneT aan bij een grootschalig onderzoek 'ElasmoPower' middels een cofinanciering van de NWO call '[ENW PPS-fonds - TA](#)'. Hierbij draagt TenneT €120.000,- in-cash en €40.000,- in-kind bij aan dit onderzoek. Het 'ElasmoPower' onderzoeksvoorstel komt voort uit een consortium van Wageningen Universiteit, Wageningen Marine Research, Naturalis, Stichting de Noordzee, Witteveen+Bos en TenneT. Dit onderzoek bouwt met name door op eerder onderzoek van o.a. Gill et al., 2009; Hutchison, et al., 2018; Normandeau, 2011; Snoek & Lengkeek, 2016.

6.1.3 Doel

Het doel van de monitoring is om een dosis-effect relatie vast te stellen tussen het gedrag van hondshaai (*Scyliorhinus canicula*), blonde rog (*Raja brachyura*) en stekelrog (*Raja clavata*) in relatie tot verschillende EMF sterktes.

6.2 Onderzoeksopzet

Onderstaand is een samenvatting van de onderzoeksopzet die betrekking hebben op de monitoring, weergegeven. In bijlage 1 is het volledige onderzoeksvoorstel opgenomen.

1. **Bepaling omvang EMV:** bepaling omvang van EMV rond exportkabels bij verschillende hoeveelheden stroom;
2. **Bepaling detectie waarden:** bepaling van EMV waarden waarbij gedragsverandering en vermijding optreedt bij de verschillende soorten;
3. **Veld validatie:** bepaling van effecten EMV op de lokale biomassa en het gedrag van de verschillende soorten;
4. **Habitat gebruik:** bepaling van EMV op habitat selectie voor reproductie op artificiële structuren;
5. **Impact:** bepaling van de impact omvang van EMV van bestaande en toekomstige Nederlandse windmolenparken op zee;
6. **Disseminatie:** uitkomsten beschikbaar en bruikbaar maken voor toekomstige milieu effect rapportages. Deelrapportages met betrekking tot windgebied Borssele zullen worden opgeleverd binnen de doorlooptijd van dit MEP.

7. Ecologische monitoring diadrome vis

7.1 Introductie

7.1.1 Onderzoeksvraag

Zijn er aanwijzingen dat elektromagnetische velden van de exportkabel van offshore windpark Borssele het migratiegedrag van de fint (*Alosa fallax*) beïnvloedt?

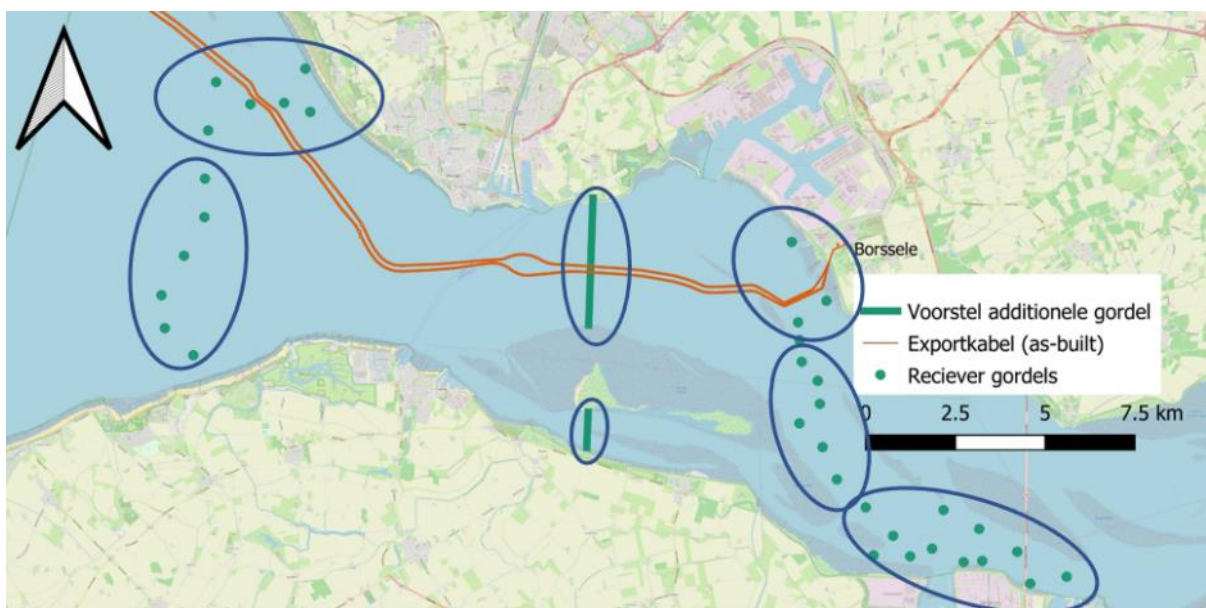
7.1.2 Achtergrond

Meetnetwerk

Om onderzoek naar migrerende vis uit te voeren, wil TenneT aansluiten bij het Fish Acoustic Receiver network van het Belgische LifeWatch observatory (<http://lifewatch.be/en/sensors>) wat deel uitmaakt van het Europese LifeWatch consortium dat voorziet in e-Science onderzoeksinfrastructuur. Het LifeWatch programma maakt onderdeel uit van de [Europese LifeWatch infrastructuur](#). LifeWatch is een programma dat werd opgericht als onderdeel van de *European Strategy Forum on Research Infrastructure* (ESFRI). Het programma heeft een groot aantal (circa 160) permanente akoestische ontvangers op strategische locaties die registreren wanneer een gezenderde vis voorbij zwemt. Deel van dit ontvangernetwerk is uitgelegd in de Westerschelde, o.a. bij de aanlanding van de Net op Zee Borssele kabels (Afbeelding 7.1 Lifewatch Recievergordels in de Westerschelde. Omcirkeling geeft een mogelijke clustering aan van binnen de verschillende gordels. Afbeelding 7.1). De data is open source voor alle deelnemers (na een moratorium periode) en dus kan er voor de analyse gebruik worden gemaakt van bestaande datasets, mits deze zijn vrijgegeven. Voor het verhogen van de slagingskans van het onderzoek is het nodig om een derde meetgordel toe te voegen aan het netwerk (Afbeelding 7.1, rode lijn). Dit is nader toegelicht in 7.2.1. Door het aansluiten bij Lifewatch worden de sensoren onderdeel van een groter netwerk - draagt TenneT met additionele ontvangers bij aan grootschaliger onderzoek en kan er gebruik gemaakt worden een grotere dataset. Daarnaast worden de sensoren opgenomen in de reguliere monitoringspoel van het programma wat verzekert dat de data op de juiste wijze frequent (1x per maand) wordt uitgelezen en onderhouden.

Verschillen in migratiegedrag kunnen mogelijk worden vastgesteld door verschillen te onderzoeken in de gezenderde fint detecties op de receivers van de 3 gordels die loodrecht op het kabeltracé staan. Dit kan aangeven of fint op een andere plaats de receiver gordel passeert voor en na de aanleg van de kabels. Aangezien het kabeltracé relatief noordelijk door de Westerschelde loopt (Afbeelding 7.1), zou het aantal migraties langs de zuidelijke ontvangers kunnen verschillen met het aantal migraties langs het noorden. Hierbij dient gecorrigeerd te worden voor het huidige migratiepatroon van de fint. Bovendien is er inzicht nodig in de ligging van de stroomgeulen en de stroomsnelheden. Het is namelijk mogelijk dat de vissen voornamelijk langs deze geulen migreren. Dat werd nog niet eerder in

een studie onderzocht, noch aan de hand van de bestaande telemetriegegevens voor het Schelde estuarium.



Afbeelding 7.1 Lifewatch Recievergordels in de Westerschelde. Omcirkeling geeft een mogelijke clustering aan van binnen de verschillende gordels. De verticale rode lijn geeft een additionele gordel aan die geplaatst dient te worden ter verhoging van de kwaliteit van het onderzoek.

Literatuur

Er zijn een aantal studies die informatie geven over gedragsverandering bij migratievis, met name gericht op paling. De resultaten uit deze onderzoeken geven een wisselend beeld. Orpwood, Fryer, Rycroft, & Armstrong, 2015 vonden in een laboratoriumstudie geen effecten op paling (Europese aal, *Anguilla anguilla*) bij migratie door een spoel. Ze onderzochten in deze studie echter slechts een relatief klein aantal palingen. DONG Energy (nu Vattenfall) heeft in 2006 een studie uitgevoerd naar de effecten van de Nysted cable in de Baltische zee met gemarkeerde paling. Deze studie toonde aan dat 39% van de teruggevangen paling over de kabel waren gezwommen, tegenover 50% van de palingen die waarschijnlijk van richting waren veranderd nadat zij gevangen waren. Hierbij was echter geen baseline studie gedaan en het betrof geen gecontroleerde studie, waardoor vele andere parameters een effect konden hebben. Daarnaast waren er van de 231 gemarkeerde palingen maar 18 teruggevangen. Westerberg en Lagenfelt toonden in 2008 aan dat palingen hun zwemsnelheid vertraagden bij het passeren van een 130 kV HVAC kabel. Armstrong et al 2015 vonden bij onderzoek met gekweekte Atlantische zalm in een laboratorium geen effect van 95 μ T op het gedrag van de vis.

Andere Natura 2000-soorten

In eerste instantie is getracht de Natura 2000-soorten zeeprik (*Petromyzon marinus*), rivierprik (*Lampetra fluviatilis*) en elft (*Alosa alosa*) op te nemen in dit onderzoeksplan naast fint. Echter is hiervan af gezien om een aantal redenen.

- Een eerste is dat het erg lastig is om individuen van deze soorten te vangen voor het plaatsen van de zenders. De elft bijvoorbeeld, zou al 20 jaar niet zijn gevangen in de Belgische wateren (pers. comm. Dr. Jan Reubens, 6-3-2020). Ook zeeprik is nog zeldzaam en werd slechts sporadisch gevangen in het Schelde-estuarium de afgelopen jaren. Rivierprik is wel meer voorkomend, en zou stroomopwaarts in de Schelde wel makkelijker te vangen zijn. Echter, hun vangst is enkel mogelijk op het moment dat zij stroomopwaarts zijn om zich voort te planten en na de voortplanting sterven de volwassen dieren.
- Om zenderonderzoek uit te voeren naar vis, en specifiek naar Natura 2000 beschermde soorten, is een vergunning benodigd. Om bovengenoemde redenen en om impact op deze zeer gevoelige populaties te beperken, is gekozen het onderzoek te richten op een enkele soort. Mocht uit de monitoring van fint blijken dat de soort sterk beïnvloed wordt door EMV, dan is het van belang te onderzoeken of de andere soorten kunnen worden opgenomen in de monitoring. Daarnaast kan ook bekeken worden of paling in de studie opgenomen kan worden. Het effect op paling werd, zoals bovenstaande literatuur aantoont, ook in andere studies al onderzocht. Bovendien werd het trekgedrag van deze soort ook al onderzocht op het bestaande netwerk in de Schelde. Tot slot kunnen er meer individuen van deze soort gevangen en gezenderd worden en is ze minder gevoelig voor de effecten van zendering dan bijvoorbeeld fint.

Voor het onderzoek naar fint heeft INBO een lopende vergunning. Deze maakt het mogelijk om vissen te vangen en te zenderen in de Belgische wateren. Het is vervolgens wel toegestaan om met deze individuen metingen te verrichten in Nederland. Gezien het migratiepatroon van de fint is het logisch om de vissen in België te vangen, waardoor dus gebruik gemaakt zal worden van een Belgische vergunning. Op het moment loopt een aanvraag voor de verlening van de bestaande vergunning. Deze is in een gevorderd stadium van de aanvraag procedure en zal naar alle waarschijnlijkheid goedkeuring krijgen voor het onderzoek in 2021.

7.1.3 Doel

Het doel van dit monitoringsplan is om aan te tonen of het migratiegedrag van diadrome vissen beïnvloed wordt door de elektromagnetische velden van de kabels. Dit zal in dit eerste stadium onderzocht worden aan de hand van het migratiegedrag van fint ter hoogte van de kabels middels (een uitbreiding op) het akoestische telemetrienetwerk in de Schelde.

7.2 Onderzoeksopzet

7.2.1 Apparatuur

Akoestische telemetrie maakt gebruik van een netwerk van ontvangers die het signaal van zenders detecteren (Reubens et al. 2019). Zenders worden op of in individuele vissen geplaatst. Als de zender binnen de detectierange van de ontvanger komt, wordt de vis gedetecteerd. Binnen het netwerk worden verschillende ontvangers van Vemco ldt. (Canada) gebruikt. Hierbij wordt een individu, met een uniek zendernummer, en het precieze moment van de detectie vastgelegd. Factoren als zwemrichting of diepte van de vis kunnen dus niet worden gedetecteerd. Echter, als het individu op een later moment door een andere ontvanger wordt gedetecteerd, kan de migratie tussen deze 2 punten worden aangenomen. Het meetnetwerk is daarom verdeeld in gordels.

Tussen de monding van de Westerschelde en de monding van de Schelde bevinden zich op het moment 2 gordels (Afbeelding 7.1). Een gordel van receivers betekent dat er een lijn van receivers gemaakt wordt van de rechter- naar de linkeroever, zodoende geheel de breedte van de rivier te bedekken met de detectierange van de receivers. De receivers liggen niet op een rechte lijn, omdat deze zo veel mogelijk zijn bevestigd aan bestaande boeien.

De huidige opzet van het netwerk schiet echter tekort als het aankomt op verschillen in migratiepatronen rond exporkabels. Dit is naar voren gekomen bij een eerste verkenning van de beschikbare data. Er wordt daarom voorgesteld een derde gordel toe te voegen, die de onderzoekers in staat stelt migratieverschillen rond de kabel vast te stellen. Iedere gordel zal worden onderverdeeld in verschillende clusters. Dit zal later in dit hoofdstuk worden toegelicht.

7.2.2 Parameters

- migraties rond zuidelijke receivers (percentage);
- migraties rond noordelijke receivers (percentage);
- verschil in migratie patroon pre en post aanleg exporkabel (relatief verschil).

7.2.3 Locaties

Voor de monitoring zal gebruik worden gemaakt van het bestaande netwerk van ontvangers, aangevuld met een derde gordel (Afbeelding 7.1). Voor het onderzoek zullen finten moeten worden gevangen en gezenderd. Dit zal plaatsvinden in de Zeeschelde. De afgelopen jaren werden vangstinspanningen geleverd en finten gezenderd. Het grootste deel van alle reeds gezenderde finten werden gevangen ter hoogte van Branst (25 km stroomopwaarts op de Schelde vanaf Antwerpen). Ook in 2021 wordt op deze 4 locaties gevist met de ankerkuil en is het mogelijk dat er fint gevangen en gezenderd wordt. De locatie in Branst laat het beste toe om bijkomende vangstinspanningen te leveren met andere vangstechnieken.

Tijdens deze exercitie zullen naar verwachting ongeveer 20 finten succesvol worden gezenderd. De

verwachting is dat deze individuen na en mogelijk ook tijdens de paaiactiviteit door de Westerschelde heen zullen migreren. Van de eerste 8 gezenderde finten in 2015, zwommen 2 dieren tijdens het paaiseizoen en na zending van Branst tot in zee (voor de kust van Koksijde in België) en daarna weer terug de Schelde op tot in Branst. In de jaren daarna zijn nog eens 68 finten gezenderd. De detectiegegevens van deze jaren werden nog niet in detail geanalyseerd. Verwacht wordt dat een deel van de studiedieren een gelijkwaardig gedrag vertoonde waarbij ze meerdere keren in en uit het estuarium zwommen tijdens het paaiseizoen. De zenders van deze finten zijn niet meer bruikbaar, aangezien de batterij hiervan intussen leeg is.

Na ieder migratieseizoen zal de detectiedata worden geanalyseerd. Daarnaast dient de beschikbare data (daterend van voor de aanleg van de exportkabel) worden verwerkt. Ook is het van belang meer inzicht te krijgen in de detectierange van het meetnetwerk. De doorlooptijd van het onderzoek is 13 maanden.

7.2.4 Data analyse

Detectierange test

De detectierange van de ontvangers is niet consistent over de tijd. Het wordt deels beïnvloed door factoren als wind, stroming, golven en achtergrondgeluid. Hiervoor dient wellicht een range test te worden uitgevoerd wat in de eerste verkenning geen onderdeel uitmaakt van het onderzoek. Mocht het eerste onderzoek aanwijzingen geven dat er een relatie ligt tussen de ligging van de kabels en het migratiegedrag dan kan deze afstand in een volgend onderzoek worden bepaald.

Analyse data voor installatie exportkabel

Tijdens de eerste stap van dit onderzoeksplan zal de beschikbare data van de migratie van de fint moeten worden geanalyseerd. Deze data is de afgelopen jaren verzameld (2016-2019) en geeft dus een beeld van de situatie voor het aanleggen van de exportkabel. Het doel van deze analyse is om vast te stellen wat de huidige migratiepatronen van de fint zijn door de Westerschelde. Hierbij dient specifiek te worden gekeken naar een voorkeur voor een noord-zuid distributie. Om dit onderscheid succesvol te kunnen maken, moeten de ontvangers worden geclusterd. Aangezien het bereik van de ontvangers deels overlapt en afhankelijk is van omgevingsfactoren, worden 2 tot 3 clusters per gordel vooropgesteld (Afbeelding 7.1). De analyse van de beschikbare data zal zich in een eerste fase toespitsen op het percentage van de passages in deze verschillende clusters.

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 36

Analyse data na installatie exportkabel

Tijdens de fintmigratie in het voorjaar van 2021 zal de exportkabel in gebruik zijn, waardoor de soort hier mogelijk gevolgen van ondervindt. Door de passages van dit jaar te vergelijken met passagepatronen van afgelopen jaren kan worden onderzocht of er een verschil heeft opgetreden. Deze analyse zal op een vergelijkbare wijze worden uitgevoerd.

8. Ecologische monitoring platvis

8.1 Introductie

8.1.1 Onderzoeksvraag

Zijn er aanwijzingen dat elektromagnetische velden rondom stroomkabels van offshore windmolenparken het gedrag en voorkomen van de bentische vissoorten tong (*Solea solea*), schol (*Pleuronectes platessa*) en schar (*Limanda limanda*) beïnvloedt?

8.1.2 Achtergrond

Een onderzoek van DONG (Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project, tegenwoordig Ørsted) heeft een significant verschil gevonden in de hoeveelheid bot (*Platichthys flesus*) dat een kabel kruist bij een klein versus een groot EMV (DONG Energy et al. 2006). De achterliggende data van deze studie is echter niet beschikbaar. Bij een toxiciteit studie naar bot (Bochert & Zettler, 2004) werden individuen blootgesteld aan een 3,7 mT veld (gelijkspanning) voor een periode van 7 weken. Daarbij werd geconcludeerd dat er geen verschil in sterfte was. Daarnaast is er een studie naar schol door Metcalfe & Craig, 2012. Deze auteurs zagen dat 6 getagde schollen een constante koers konden aanhouden tijdens de nacht en namen dat als mogelijk bewijs voor een externe magnetische cue. Deze schollen zouden dus mogelijk last kunnen hebben van EMV van kabels, maar dit is enkel een suggestie. Bij survey met videotransect over kabels in de Noordzee zijn enkele platvissen (waarschijnlijk tong) waargenomen. Er was echter uit deze anekdotische waarnemingen geen patroon te ontdekken in abundantie in relatie tot EMV. Er zijn geen platvissen waargenomen binnen het EMV veld (Snoek et al 2020).

Dit onderzoek zal zich met name richten op verschillende commerciële en veel voorkomende platvissoorten. Hierbij zal worden aangesloten bij de Demersal Fish Survey (DFS). Dit onderzoek maakt gebruik van een relatief licht tuig, wat met korte trekken (ca. 5 min) juveniele vis vangt. Het voordeel hiervan is dat het eenvoudiger is om een grote steekproefomvang te krijgen. Dit is van belang omdat bekend is dat de vangstvariatie tussen de trekken relatief groot is.

8.1.3 Doel

Het doel van de monitoring is om vast te stellen of er een verschil is tussen de abundantie van bentische platvissen nabij versus op afstand van de exportkabels. Onder andere vanuit de commerciële visserij bestaat de zorg dat deze soorten negatief worden beïnvloed door deze kabels.

8.2 Onderzoeksopzet

8.2.1 Apparatuur

Dit onderzoek zal worden uitgevoerd door een kotter met bemonsteringen van de platvis met een boomkor-tuig. Hiervoor zal een standaard monitoringsvistuig (boomkor SNS (6m) of BTS (8m) met 40mm maaswijdte) worden ingezet. Voor het huidige voorstel wordt de trekduur verkort naar 5 minuten. Op deze manier kan de afgelegde afstand (ca. 600m lengte) nauwkeuriger binnen het mogelijke invloedgebied van de kabels geplaatst worden. Daarnaast kunnen er op die manier meer trekken per dag uitgevoerd worden. Er wordt tegelijkertijd gevist met 2 boomkorren per trek (aan weerszijden van het schip).

De trekken zullen worden uitgevoerd over het tracé van de exportkabel, en op 500m afstand parallel aan de kabel ten zuiden en ten noorden als referentielocatie. Aangezien de verwachting is dat het ruimtelijk bereik van het EMV relatief beperkt zal zijn (maximaal tientallen meters), is het van belang dat het tuig zo dicht mogelijk op het tracé geplaatst wordt. Er wordt ingezet op het vissen van 1 boomkor in de 50m brede zone waarin de kabel in het midden ligt (25m aan weerszijden). Het tuig is afhankelijk van de diepte met een kabel van ongeveer 4x de waterdiepte verbonden aan het schip. Door zijwaartse stroming zal het tuig zich dus niet recht achter het schip bevinden. Er zijn 2 manieren waarop de locatiebepaling van het tuig kan worden gedaan. In de eerste plaats kan een boei met GPS aan het tuig worden bevestigd, waardoor het mogelijk wordt om tijdens de trekken te corrigeren voor zijwaartse krachten. Daarnaast kan een camera op de giek waaraan de kor hangt worden bevestigd om de hoek tussen de giek en de viskabel te bepalen tijdens de trek. Dit moet het mogelijk maken voor de schipper om tijdens het korren een inschatting te kunnen maken van waar het tuig zich bevindt. Op deze wijze wordt er zowel zo nauwkeurig mogelijk gevist, en wordt bovendien het daadwerkelijke geviste tracé zo nauwkeurig mogelijk bepaald.



Afbeelding 8.1 Boomkor survey (foto Ingeborg de Boois, WMR)

8.2.2 Parameters

- Afstand tot het EMV (meter);
- Posities gedurende de trek (track);
- Totaal gewichten per soort (kg);
- Lengte per vis voor de verschillende soorten (schol, schar, tong) (cm).

8.2.3 Locaties & frequentie

De exacte locaties worden nog nader bepaald. Er worden telkens raaien met 1 trek met 2 boomkorren aan weerszijden van het schip uitgevoerd op een afstand van 500m parallel aan de exportkabel nabij windpark Borssele, 1 trek met 2 boomkorren in de zone van 50m rondom de kabel, en 1 trek met 2 boomkorren op 500m afstand parallel aan de exportkabel. Hierbij zal gekozen worden voor trekken op gelijke dieptes en bode samenstellingen, waardoor eventuele omgevingsfactoren zo veel mogelijk

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
DATUM 13 AUGUSTUS 2020
VERSIE 4.0
REFERENTIE
PAGINA 40

worden uitgesloten.

In totaal zullen er 15 raaien worden uitgevoerd; dus 15x2 samples op 500m ten zuiden en 15x2 samples op 500m ten noorden als controle trekken (referentie) en 15x2 samples in de 50m zone waarin de kabel ligt als potentiële impact bemonsteringen. Ter illustratie, voor een impact studie van het OWEZ windpark zijn 13 potentiële impacttrekken uitgevoerd, waarmee op basis van de in dat onderzoek gevonden variantie in visbiomassa een effect van 30% meer of 20% minder significant was (Hal et al. 2012). De bemonsteringen zullen worden uitgevoerd in de nazomer/herfst van 2021.

8.2.4 Data analyse

Op basis van de exacte tracks kunnen de trekken bij de kabel worden verdeeld in 2 groepen (trekken die het meest dicht bij de kabel lagen gebaseerd op de werkelijk gemeten tracés, t.o.v. de groep trekken die net iets verder van de kabel lagen).

Vervolgens kan worden bekeken wat de verschillen zijn in biomassa tussen de referentietrekken en de tracétrekken. Op basis van de gemeten lengtes per doelsoort wordt getest of er een significant verschil is tussen de referentietrekken en de trekken bij de kabel.

Voor elk van de doelsoorten kan met een power analyse gebaseerd op de gemeten variantie worden bepaald bij welke grootte van het effect, deze significant zou zijn. In het geval dat significante verschillen niet kunnen worden vastgesteld, zal een vergelijkbare redenering worden gevoerd als bij eerder genoemd onderzoek (van Hal et al. 2012). Normaliter kan bijvoorbeeld worden gesteld dat de biomassa op afstand van de kabel significant hoger dan nabij de kabel. Het is echter mogelijk dat een dergelijke significantie niet kan worden aangetoond. In dat geval zal de redenering worden omgedraaid en zal bijvoorbeeld worden gesteld dat dat een verschil in biomassa groter dan x % kan worden uitgesloten (zie kader hieronder).

Power analyse

Met een power analyse kan getest worden of het effect binnen de meetrage ligt. Bijvoorbeeld tussen -20% en +30%, wat betekent dat er geen significant effect is gevonden, en dat het effect niet kleiner is dan 20% minder aantallen/biomassa en niet groter is dan 30% meer biomassa/aantallen. Hoe groter de variatie tussen trekken en hoe kleiner het aantal trekken des te groter de range in effect zal zijn waarbinnen een verschil niet significant is. De kracht ('power') van het experiment is dan betrekkelijk laag. Andersom zal bij geringe variatie tussen de trekken en een groot aantal trekken de range van niet-significantie heel klein zijn (bijvoorbeeld tussen -1% en +1%), en is de 'power' van het experiment groot. Dat wil zeggen, als er een verschil wordt gevonden is dit al snel ook significant. Vaak is de variatie pas bekend na het onderzoek en kan de power achteraf worden vastgesteld.

9. Rapportage en communicatie

In dit Hoofdstuk worden de rapportage, planning, terugvalstrategie, communicatie en datamanagement overkoepelend voor alle deelplannen besproken.

9.1 Rapportage

Er zijn 2 vormen van rapportage die voortkomen uit het MEP.

- Monitoringsrapporten - deze rapporten bespreken de resultaten van de monitoringscampagnes per deelonderzoek en worden opgeleverd door de respectievelijke uitvoerende partijen. Deze rapporten worden als definitieve versies bij het Bevoegd Gezag aangeleverd. De rapportages worden maximaal 6 maanden na het veldwerk opgeleverd, en wanneer mogelijk eerder. De rapportage van diadrome vis wordt later opgeleverd dan voor zeezoogdieren en platvis omdat de datacollectie langer doorloopt. De geplande oplevering en de veldwerkplanning is weergegeven in sectie 9.2.
- Monitorings- en evaluatie rapport - dit rapport bevat een conclusie van de verschillende deelrapporten, de integratie tussen de deelrapporten en evaluatie van de monitoringstechnieken alsmede een aanbeveling voor aanpassingen. Input voor dit rapport zijn de deelrapportages, expert input en afstemming met Bevoegd Gezag. Dit rapport wordt in de volgende stappen opgeleverd:
 - 50% versie: structurele opzet van rapportage met een primaire doorkijk naar te verwachten resultaten;
 - 90% versie: versie waarin input van experts over het vervolg van de monitoring opgenomen;
 - 100% versie, met warme overdracht. Desgewenst kan dit worden ingericht als een integrale sessie waarbij de verschillende deelonderzoeken/experts hun ervaringen met elkaar kunnen uitwisselen.

Deze opzet biedt de mogelijkheid voor het Bevoegd Gezag om tijdig inzicht te krijgen in de geleerde lessen rond de monitoring.

9.2 Planning

De looptijd van de monitoring voor het Net op Zee Borssele is 2 jaar, van 1 september 2020 tot 1 september 2022. Het uitgangspunt is dat alle data verzameling, met voldoende herhalingen, in 1 jaar kunnen worden afgerond. Er is echter een uitzondering, namelijk de monitoring van de diadrome vis. Deze loopt van mei 2021 tot mei 2022 waarbij de meeste activiteit wordt verwacht in de 2 mei maanden, dat is ook de reden dat de dataverzameling van dit onderzoek over 2 jaar is uitgespreid. De EMV velden (technische monitoring) worden op 2 momenten in-situ gemeten, en wordt er ook een continue meting uitgevoerd die 12 maanden zal duren. Het PAM netwerk voor de bruinvismonitoring

wordt 1 maand continue uitgevoerd. De labonderzoeken voor kraakbeenvis worden continue uitgevoerd in 2021 en lopen door tot na de looptijd van dit project. Het veldwerk voor platvis wordt in de zomer van 2021 uitgevoerd. Binnen de verschillende onderzoeken worden waar mogelijk voldoende herhalingen uitgevoerd om zo zeker mogelijk te zijn van de resultaten.

In de onderstaande figuur wordt een indicatieve planning weergegeven van de verschillende monitoringsactiviteiten. De daadwerkelijke planning is afhankelijk van de operationele voortgang van de installatie van de kabels en de aansluiting van de windparken, alsmede het weer.

Activiteit	Planning veldwerk	maanden	2020				2021												2022								
			9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
Technische monitoring																											
1a	T-1 meting		■																								
1b	T-2 offshore			■																							
1c	T-2 strand continue		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
1d	T-2 strand transect			■																							
1e	Data analyse / model validatie																										
1f	Rapportage																										
Zeezoogdieren																											
2a	Uitzetten PAM netwerk																										
2b	Verrichten meetingen																										
2b	Data analyse																										
2c	Rapportage																										
Kraakbeenvis																											
3a	EMV veldmetingen		>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3b	Laboratorium onderzoek dosis-responserelaties																										<
3c	Veld validatie																										<
3d	Rapportage veldmetingen																										
Diadrome vis																											
4a	Data analyse 2016-2019		■	■																							
4b	Plaatsen extra receivers																										
4c	Zenderen vis																										
4d	Monitoring vis																										
4e	Data analyse																										
4f	Rapportage																										
Platvis																											
5a	Verrichten meetingen																										
5b	Data analyse																										
5c	Rapportage																										
> < = valt buiten planning, zie onderzoeksvoorstel																											

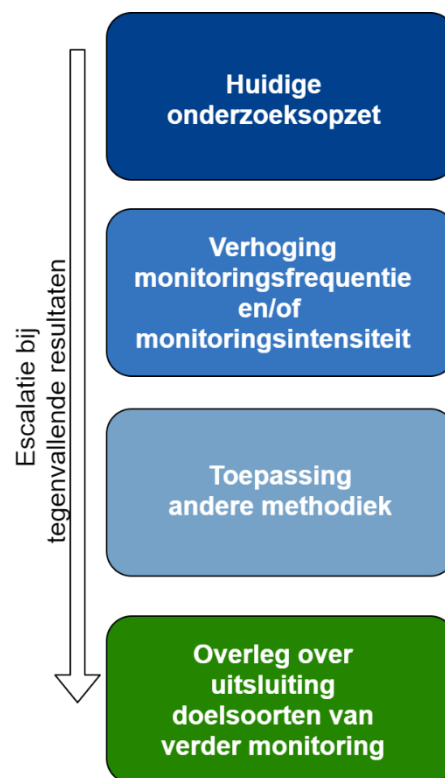
Figuur 9-1 Overzicht van de geplande monitoringsactiviteiten binnen het Monitorings- en Evaluatie Plan elektromagnetische velden Net op Zee Borssele.

9.3 Terugvalstrategie

Omdat dit monitoringsplan veel pionierswerk bevat, zijn tegenvallende resultaten van een of meerdere deelonderzoeken niet uit te sluiten. Om deze reden is een terugvalstrategie opgesteld (Afbeelding 9.1). Deze strategie is opgesteld op basis van de volgende stappen:

- Het uitgangspunt is dat de huidige onderzoeken zijn opgesteld op basis van de huidige best-practices als ervaren door verschillende wetenschappelijke instituten;

- Als deze opzet niet voldoende blijkt te zijn dan hebben de deelonderzoeken in hun ontwerp al ruimte ingebouwd voor intensiever en/of gericht monitoren. De frequentie of intensiteit kan worden uitgebreid in overleg met bevoegd gezag;
- Als de aanpassing te kort schiet dan dient nagedacht te worden over welke andere onderzoeksmethode mogelijk en wenselijk zijn in overleg met bevoegd gezag. Dit zou naar voren kunnen komen bij ervaringen door andere Noordzee landen, die vergelijkbaar onderzoek zouden kunnen gaan uitvoeren. Dit laat zich uiteraard niet voorspellen;
- In het geval dat blijkt dat met intensieve monitoring het vaststellen van de effecten van EMV op een of meerdere doelsoorten en andere methodiek geen nieuwe inzichten biedt, dient met bevoegd gezag afgestemd te worden of deze soorten moeten worden uitgesloten van monitoring. Voor de vergunning van Borssele zal uitsluiting van soorten geen gevolgen meer hebben. De duur van benodigd onderzoek is afhankelijk van de uitkomsten van het onderzoek. De uitkomst zal worden gebruikt om de MEPen voor de vergunning van toekomstige Net op Zee projecten vast te stellen.



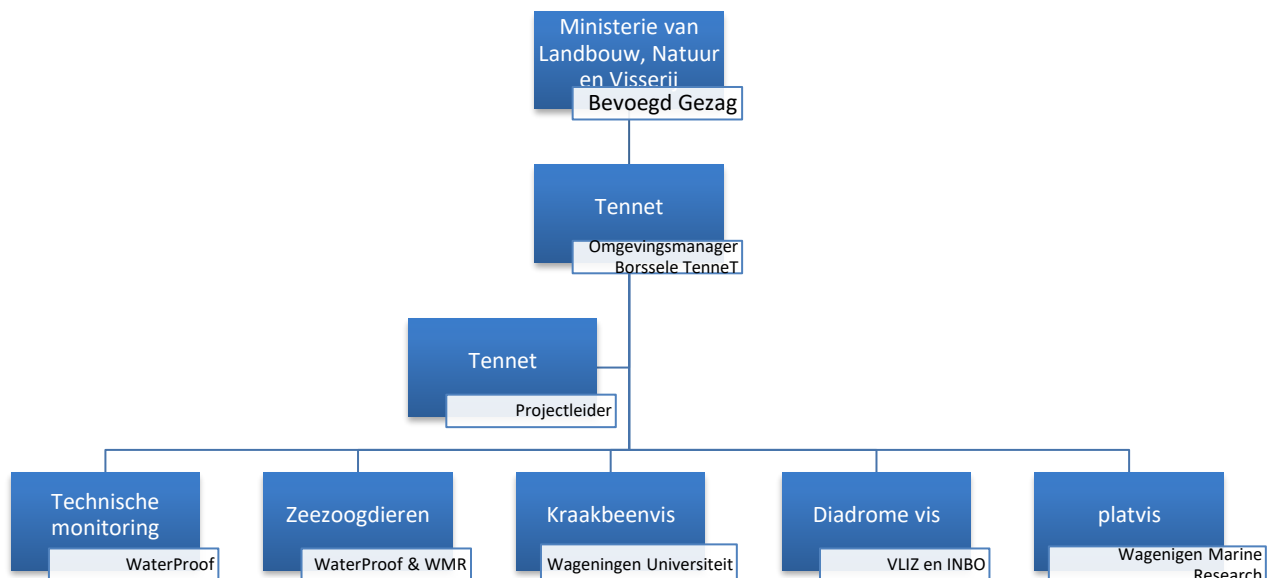
Afbeelding 9.1 Terugval strategie bij tegenvallende onderzoeksresultaten binnen de deelplannen van het Monitorings- en Evaluatie Plan elektromagnetische velden Net op Zee Borssele.

9.4 Communicatie

De werkzaamheden worden uitgevoerd door een projectteam dat wordt gecoördineerd door een door TenneT aangestelde projectleider en die tevens optreedt als contactpersoon voor het ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij. Namens Bevoegd Gezag treedt een door het ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij aan te wijzen persoon op als contactpersoon. De deelonderzoeken worden uitgevoerd door de personen aangegeven in het onderstaande organogram. Per fase van de rapportage zal een contactmoment zijn. De ruwe planning hiervoor is:

- 50% versie rond juli - augustus 2021
- 90% versie eind 2021
- 100% versie voorjaar 2022

De exacte planning is afhankelijk van de voortgang van de individuele deelonderzoeken. Met name de planning en doorlooptijd van het veldwerk zijn hierbij van belang.



Figuur 9-2 Overzicht communicatiestructuur van het Monitorings- en Evaluatie Plan elektromagnetische velden Net op Zee Borssele.

9.5 Datamanagement

De resultaten worden opgeleverd in de vorm van rapportages. De ruwe en bewerkte data zijn beschikbaar op verzoek. Er wordt integratie gezocht met het WOZEP datamanagementsysteem waar mogelijk. De data analyse voldoet aan de kwaliteitsstandaard van TenneT.

10. Literatuurlijst

- Armstrong, J D et al. 2015. 'Behavioural Responses of Atlantic Salmon to Mains Frequency Magnetic Fields.' *Scottish Marine and Freshwater Science* 6(9).
<https://www.gov.scot/Resource/0048/00484957.pdf>.
- Bartlett, A. B. Gill; M., and F. Thomsen. 2012. 'Potential Interactions between Diadromous Fishes of U.K. Conservation Importance and the Electromagnetic Fields and Subsea Noise from Marine Renewable Energy Developments.' *Journal of Fish Biology* 81: 664–95.
- Berges, BJP et al. 'Comparison of Methodologies for the Detection of Harbour Porpoises Foraging from CPOD Data.'
- Bochert, R, and M.J. Zettler. 2004. 'Longterm Exposure of Several Marine Benthic Animals to Static Magnetic Fields.' *Bioelectromagnetics* 25: 498–502.
- Bray, Laura et al. 2016. 'Expected Effects of Offshore Wind Farms on Mediterranean Marine Life.' *Journal of Marine Science and Engineering*.
- DONG Energy and Vattenfall A/S. 2006. The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms Environmental impact assessment and monitoring. Prepared for The Environmental Group of the Danish 150 Offshore Wind Farm Demonstration Project *Review Report 2005*. <http://www.ens.dk/en-US/supply/Renewableenergy/%0AWindPower/offshore-Wind-Power/Environmental-Impacts/Sider/Forside.aspx>.
- DONG Energy, Vattenfall, Danish Energy Authority, and Danish Forest and Nature Agency. 2006. *Energy Danish Offshore Wind: Key Environmental Issues*.
- Dudzinski, Kathleen M, Jeanette A Thomas, and Justin D Gregg. 2017. 'Communication in Marine Mammals.'
- Gill, A.B. et al. 2009. Contract COWRIE 2.0 *Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF-Sensitive Fish Response to EM Emissions from Sub-Sea Electricity Cables of the Type Used by the Offshore Renewable Energy Industry*.
- Gill, Andrew B. 2005. 'Offshore Renewable Energy: Ecological Implications of Generating Electricity in the Coastal Zone.' *Journal of Applied Ecology* 42(4): 605–15.
- Hal, Ralf van et al. 2012. IMARES Wageningen UR *Monitoring- and Evaluation Program Near Shore Wind Farm (MEP-NSW)*.
- Hansen, S et al. 2013. 'Offshore-Testfeld Alpha Ventus Fachgutachten Meeressäuger 2.' *Untersuchungsjahr der Betriebsphase*.
- Hutchison, Z. L. et al. 2018. *Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (Shark, Rays, and Skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables*.
- Kirschvink, Joseph L. 1990. 'Geomagnetic Sensitivity in Cetaceans: An Update With Live Stranding Records in the United States.' In *Sensory Abilities of Cetaceans*,
- Love, M.S. et al. 2017. 'Assessing Potential Impacts of Energized Submarine Power Cables on Crab Harvests.' *Continental Shelf Research* 151: 23–29.
- Metcalfe, J., and J. F. Craig. 2012. 'Fish Migration in the 21st Century: Opportunities and Challenges.' *Journal of Fish Biology* 81(2): 361–64.
- Normandeau, Exponent, T. Tricas, and A. Gill. 2011. *Effects of EMFs from Undersea Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species*.
- Orpwood, James E., Rob J. Fryer, Phil Rycroft, and John D. Armstrong. 2015. 'Scottish Marine and Freshwater Science Vol 6 No 8: Effects of AC Magnetic Fields (MFs) on Swimming Activity in European Eels *Anguilla Anguilla*.'

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE Eindversie
 DATUM 13 AUGUSTUS 2020
 VERSIE 4.0
 REFERENTIE
 PAGINA 46

- van Polanen Petel, T, S Geelhoed, and E Meesters. 2010. Report / IMARES Wageningen UR;C177/10 *Harbour Porpoise Occurrence in Relation to the Prinses Amaliawindpark.*
- Reubens, Jan et al. 2019. 'Environmental Factors Influence the Detection Probability in Acoustic Telemetry in a Marine Environment: Results from a New Setup.' *Hydrobiologia* 845: 81–94.
- Rijkswaterstaat. 2016a. *Beheerplan Vlakke van de Raan.*
- . 2016b. *Beheerplan Voordelta.*
- . 2016c. *Natura 2000 Beheerplan Westerschelde & Saefthinghe 2016-2022.*
- Scheidat, Meike et al. 2011. 'Harbour Porpoises (*Phocoena Phocoena*) and Wind Farms: A Case Study in the Dutch North Sea.' *Environmental Research Letters.*
- Snoek, R. et al. 2016. *Potential Effects of Electromagnetic Fields in the Dutch North Sea Phase 1 – Desk Study.*
- . 2020. 'Potential Effects of Electromagnetic Fields in the Dutch North Sea Phase 2 – Pilot Field Study.' : 52.
- Snoek, R., and W. Lengkeek. 2016. *Potential Effects of Electromagnetic Fields in the Dutch North Sea Phase 1 – Desk Study.*
- Teilmann, J. et al. 2005. 'Echolocation Behaviour of a Wild Harbour Porpoise during Diving - Research - Aarhus University.'
- Teilmann, J., J. Tougaard, and J. Carstensen. 2006. *Summary on Harbour Porpoise Monitoring 1999-2006 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms.*
- Tougaard, J et al. 2006. Report commissioned by Vattenfall A/S *Harbour Porpoises on Horns Reef - Effects of the Horns Reef Wind Farm.*
- Tricas, Timothy C., and Bruce A. Carlson. 2012. 'Electroreceptors and Magnetoreceptors.' In *Cell Physiology Source Book*,
- Verfuß, Ursula K., Lee A. Miller, and Hans Ulrich Schnitzler. 2005. 'Spatial Orientation in Echolocating Harbour Porpoises (*Phocoena Phocoena*).' *Journal of Experimental Biology.*
- WESTERBERG, H., and I. LAGENFELT. 2008. 'Sub-Sea Power Cables and the Migration Behaviour of the European Eel.' *Fisheries Management and Ecology* 15(5–6): 369–75.
<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2400.2008.00630.x>.

AUTEUR ANNEMIEK HERMANS & JUST VAN DER ENDT

CLASSIFICATIE

Eindversie

DATUM

13 AUGUSTUS 2020

VERSIE

4.0

REFERENTIE

PAGINA

47

Bijlage 1 - Onderzoeksvoorstel Elasmopower

Project details
1. Basic details of the project
1a. Title of the proposal

How thrilled are elasmobranchs about electromagnetic fields in offshore wind farms?
Effects of electromagnetic fields from subsea power cables on benthic Elasmobranchs in the Dutch North sea.

1b. Project acronym

ElasmoPower ((dit vervangt EMFEB wat nog in de brieven als werk-acroniem is gebruikt))

2. Details of the project consortium
2a. Contact details of main and co-applicants (one representative of each participating university)

Main Applicant / Principal Investigator - PI (from academia)

Name, first name, title(s)	Murk, Albertinka J., Prof dr.		
Date of birth	05/08/1959		
Position	Professor		
End date contract	05/08/2026	Paid appointment?	Yes no
Part-time position?	Yes no	Part-time factor	n/a
University	Wageningen		
Department/Section	Department of Animal Sciences, Subdivision Marine Animal Ecology		
Postal Address	PO Box 338 6700AH WAGENINGEN		
Tel.	+31317483233	Email	tinka.murk@wur.nl

Co-applicant (from academia) (copy/paste as many times as needed)

Name, first name, title(s)	Winter, Hendrik V. dr. ir.		
Date of birth	03/06/1966		
Position	Researcher		
End date contract	permanent pos.	Paid appointment?	Yes no
Part-time position?	Yes no	Part-time factor	n/a
University	Wageningen Marine Research		
Department/Section	n/a		
Postal Address	Postbus 68, 1970AB IJMUIDEN		
Tel.	+31 (0) 317487115	Email	Erwin.winter@wur.nl

Co-applicant (from academia) (copy/paste as many times as needed)

Name, first name, title(s)	Nijland, Reindert, Dr.		
Date of birth	22/09/1979		
Position	Assistant Professor (tenure track)		
End date contract	15-02-2021	Paid appointment?	Yes no
Part-time position?	Yes no	Part-time factor	n/a
University	Wageningen		
Department/Section	Department of Animal Sciences, Subdivision Marine Animal Ecology		
Postal Address	PO Box 338 6700AH WAGENINGEN		
Tel.	+31 (0)317 4 83427	Email	reindert.nijland@wur.nl

Co-applicant (from academia) (copy/paste as many times as needed)

Name, first name, title(s)	Hoorn, Berry van der, drs.		
Date of birth	06/07/1971		
Position	Researcher		
End date contract	permanent pos.	Paid appointment?	Yes no

Part-time position?	Yes/ no	Part-time factor	n/a
University	Naturalis Biodiversity Center		
Department/Section	Research and Education		
Postal Address	Darwinweg 2, 2333 CR Leiden		
Tel.	+31619953125	Email	berry.vanderhoorn@naturalis.nl

2b. Contact details of private participant(s) (one representative of each participating company)

Private participant (from industry) (copy/paste as many times as needed)			
Name, first name, title(s)	Jaarsma, Saskia, MSc		
Position	Team manager Procurement Large Projects NL		
Company	TenneT		
Department/Section	Offshore NL		
Postal Address	Postbus 718 6800 AS Arnhem		
Tel.	+31 (0) 6 245 045 12	Email	Saskia.Jaarsma@tennet.eu
Private participant (from industry) (copy/paste as many times as needed)			
Name, first name, title(s)	Klinge, Marcel drs.		
Position	Department head Ecology		
Company	Witteveen+Bos		
Department/Section	PMC Ecology		
Postal Address	Postbus 233 7400 AE Deventer		
Tel.	+31 6 22 56 90 21	Email	marcel.klinge@witteveenbos.com

2c. Contact details of other participant(s) (one representative of each participating organisation)

Private participant (from industry) (copy/paste as many times as needed)			
Name, first name, title(s)	Graafland, Martine, MSc		
Position	Project leader WOZEP		
Company	Rijkswaterstaat		
Department/Section	WOZEP project		
Postal Address	Zuiderwagenplein 2, 8224 AD Lelystad		
Tel.	+31 (0) 650246255	Email	martine.graafland@rws.nl
Private participant (from industry) (copy/paste as many times as needed)			
Name, first name, title(s)	Kingma, I, Drs.		
Position	Program Lead Nature and Sustainable Food		
Company	Stichting de Noordzee / North Sea Foundation		
Department/Section	N.A.		
Postal Address	Arthur van Schendelstraat 600, 3511 MJ Utrecht		
Tel.	+31 6 4826 3524	Email	i.kingma@noordzee.nl

2d. Involvement of academic applicants in participating companies/organisations

Are you or your non-industrial co-applicants somehow involved in/connected to one or more of the companies participating in this TA-project?

yes no

2e. Involvement of industrial/other private representatives in participating academia

Are the industrial or other private representatives participating in this TA-project somehow involved in/connected to one or more of the universities participating in this TA-project?

yes no

2f. Consortium members involved in the proposed research

Name	Affiliation (Uni./Org./Company)	Type of involvement
Prof. dr. Albertinka J. Murk	Wageningen University	PI from academia (=compulsory) Project Manager (=compulsory) Promotor PhD student
dr.ir. Hendrik V. Winter	Wageningen Marine Research	Thesis co-supervisor, fish behavioural ecology
dr. Reindert Nijland	Wageningen University	Thesis co-supervisor, molecular ecology specialist
drs. Van der Hoorn, Berry	Naturalis Biodiversity Center	DNA metabarcoding specialist
Ms. Saskia Jaarsma MSc	TenneT	Industrial advisor OWF
drs. Marcel Klinge	Witteveen+Bos	Industrial advisor OWF
Ms. Martine Graafland MSc	WoZep	Governmental advisor OWF
dr. Irene Kingma	North Sea Foundation	Elasmobranch advisor
dr. Andrew Gill	Cefas (UK)*	Head of steering committee EMF elasmobranch specialist

* Cefas is part of the consortium through the Money follows Cooperation module of the call.

2g. Knowledge- and/or innovation question(s) of private participants**TenneT**

TenneT is the designated offshore grid operator in The Netherlands and a part of Germany. Considering the governmental roadmaps for development of offshore wind until 2030, TenneT will be developing an increasing amount of offshore infrastructure the upcoming years. Already during the first Dutch project, the offshore grid connection of wind area Borssele, the lack of knowledge regarding potential ecological effects of Electro Magnetic Fields (EMF) was noted. TenneT is inclined to investigate actual EMF resulting from the 220 kV AC export cables, in order to initiate a factual basis and improve the existing EMF-models. Potentially, cable burial depth could be adjusted, once more is known about actual EMF from the cables. As a grid operator, TenneT does not consider itself in the position to explore potential ecological effects. However, this research would be uniquely positioned to determine any (un)mitigated impacts, as well as long-term and cumulative impacts. The combination of technical and ecological knowledge will contribute to a sustainable development of offshore infrastructure development.

Witteveen+Bos

Witteveen+Bos is a consultancy firm with a large experience in writing environmental impact assessments (EIAs) and appropriate assessments (AAs) for the offshore environment. The lack of research on the impacts of electromagnetic fields, especially in relation to the southern North Sea species, prohibits a proper assessments of the ecological impact. Especially now plans for offshore wind are expanding, the need for a strong knowledge foundation on this subject becomes evident. By being part of the research on threshold values and dose response relationships of elasmobranchs in relation to EMF, Witteveen+Bos develops a niche expertise which forms a competitive advantage compared to other consultancy firms in writing EIAs and AAs. In addition, an in-depth knowledge of the influence of mitigating measures on EMF signatures enables development of in-house EMF fields models used for impact assessment and mitigation approaches. Witteveen+Bos is one of few engineering firms that can design offshore structures with a nature-inclusive component as it has both technical as well as ecological specialists on staff. Currently knowledge to design nature-friendly scour protection is insufficient, while rules and regulations are being stipulated. The design guidelines resulting from this project will allow Witteveen+Bos to obtain an (even more) important role in design & construction consortia.

WOZEP

In 2016, the Ministry of Economic Affairs commissioned Rijkswaterstaat to deploy an integrated research program to reduce the knowledge gaps with regard to the effects of offshore wind farms on the North

Sea ecosystem. This generic program was set up on the advice of RWS, which, based on research and monitoring at the Round 1 and 2 Wind Farms, concluded that the knowledge gaps are mainly generic rather than wind farm specific. In addition, a central research program can be managed more efficiently. This created the Offshore Wind Energy Ecological Program (WoZep). WoZep research results are used in the Ecology and Cumulation Framework (KEC). With the KEC, the cumulative effects of the proposed wind farms together with the existing and planned farms is assessed for (a representative selection of) the species with legal protected status. In addition, WoZep aims at eventually fulfilling a role in supporting the design of additional future ambitions for deploying offshore wind farms in the farther future. The WoZep program focuses on birds (collisions and habitat loss), bats (collisions), marine mammals and underwater noise, benthos, *fish and electromagnetic fields*, possible ecosystem effect and data and information management.

Although general information is available concerning the distribution of fish species in the North Sea, a lot remains unclear. Data about the presence and densities of marine fish populations are lacking. In addition, there are questions about the effects of OWFs on fish in the short term (acoustic disturbance and sediment dispersion) and in the long term (habitat change, operational underwater sound, electromagnetic fields and changes in fishing methods and fishing intensity). The research question addressed within EMFEB corresponds partly with the questions addressed within the WoZep program. Instead of having two separate research projects it is more efficient to combine forces and funds. The results of our previous pilot EMF research can be used as valuable data for the EMFEB project.

North Sea Foundation

The North Sea is an important source of energy. Oil and gas are extracted and windmills rise off the coast. A number of large-scale offshore wind farms will be built over the next seven years. The North Sea Foundation is in favor of the extraction and generation of energy at sea, provided that this is done in a nature-friendly manner with minimal negative impact on the North Sea ecosystem. One of our key areas of interest is the impact the upscaling of wind energy will have on marine life both in a positive (increased hard substrate and shelter areas) as a negative way (effect of industrial use of the sea).

Shark and rays play an important role in the North Sea ecosystem representing both the largest predatory fish as well as key meso-predators on benthic species. Due to habitat loss and over exploitation many species have decreased in abundance and now fall under international protective legislation or are in need of a recovery plan in Dutch waters. As all elasmobranch species are highly susceptible to electricity understanding their response to the electro-magnetic fields around windfarms and their wider infrastructure is an important variable in assessing habitat suitability. We are confident that the study outlined in this proposal provides some of the answers we seek in making informed decisions on the potential effects of the North Sea energy transition on vulnerable elasmobranch species.

2h. Past performance of the individuals mentioned in 2a, 2b, 2c and 2f, if applicable

Prof. dr. Albertinka J. Murk

Tinka Murk is professor Marine Animal Ecology and biologist by training. The chair group Marine animal ecology (MAE) of Wageningen university studies how marine animals adapt in response to a changing environment. The research of Tinka and her group is focused on different organismal levels, from eco-physiology, early life-stage development, population genomics, up to whole ecological community responses. An important aspect of the work is to also gain an understanding of the consequences of anthropogenic activities to ecosystem services and conservation management. If well thought over, anthropogenic activities are not necessarily negative (Fowler et al, 2018). For Wageningen University and Research she developed a vision (2010-2012) for the WUR investment program called TripleP@Sea and subsequently led this program (2012-2015) (www.triplepatsea.wur.nl/UK/). For nine years now Tinka is the project leader of the Dutch team within the US [C-IMAGE consortium](#) within the Gulf of Mexico Research Initiative studying unexpected interaction of oil spill dispersants in realistic sea water and the consequences of this for ecosystem services. She is chair of the Scientific advisory board of the North Sea foundation (2015-present) and

of the REEFolution foundation (2016-present) that aims to restore and create reefs together with local communities to improve and sustain biodiversity, stimulate awareness of the importance of sustaining natural resources and creating opportunities to improve livelihood conditions. Tinka was responsible for the ecological content of the edX MOOC (Massive Open Online Course) Building with Nature, and participated twice in a diving expedition to remove lost fishing gear from ship wrecks in the North Sea where she also studied how marine animals use wreck structures and sampled fish eDNA in water around the wrecks. Tinka has ample experience with PhD coaching, supervision and teaching. She has supervised/is supervising 45 PhD students, participated in >70 PhD committees, is scientific reviewer for the Graduate schools WIAS (Wageningen Institute of Animal Sciences) and WIMEK (Wageningen Institute for Environment and Climate Research), and has been coordinating and teaching PhD training courses. Tinka has published >200 publications and her h-index is 43 (avg. citations per item 41).

dr.ir. Hendrik V. Winter

Erwin Winter is an applied ecological scientist with 25+ years' experience working at Wageningen Marine Research. Erwin's research focuses on fish behavioural ecology in marine, estuarine and riverine ecosystems with emphasis on anthropogenic impact on fish. He worked on fish migration issues, monitoring ecological integrity of aquatic ecosystems, requirements of fish in large floodplain rivers, impact of renewable energy production (offshore wind farms, hydropower), anthropogenic sound (seismic surveys, pile driving) on fish. He is skilled in using various telemetry methodologies on many fish species, e.g. sharks, eels, salmonids, cyprinids, cod, sole, rays and lampreys. He was scientific coordinator of the NWO ZKO 'Noise Impact on Fish & Marine Mammals' project (2011-2015), of the VUM-program on effects of offshore windfarms (2012-2015) and project leader WMR part of PCAD4COD, effects of seismic surveys on behaviour of cod by 3D telemetry in offshore wind farms in Belgium and Netherlands (2017-2019). He works on ongoing tagging and telemetry studies on shark behaviour in the North Sea (since 2010) and in the Dutch Caribbean (since 2014, including BRUVs). Dr. Winter has (Co)-authored several papers on elasmobranchs in the North Sea, the use of monitoring techniques proposed for this study and effects of offshore wind in fish. Erwin participated in the following studies (a.o.) Breve, Winter, Overzee, Farrell, & Walker, 2016; Neo et al., 2014; Winter; & de Graaf, 2019; Winter, Aarts, & van Keeken, 2010.

Dr. Reindert Nijland

Reindert Nijland is assistant professor at the Marine Animal Ecology group at Wageningen University. His PhD was focussed on molecular microbiology and during his postdocs he studied the molecular ecology of the interactions between microbes and their host. Already at that time he published on the marine ecosystem, and described the introduction of several non-indigenous species in the North Sea. At Marine Animal Ecology he is using a molecular approach to study the presence and functioning of both microbes and macrobes in their interactions with the marine environment. Despite current threats for the marine environment, smart innovations are feasible based on thorough understanding of ecological mechanisms. Therefore, he embraced the use of MinION nanopore sequencing for both microbiome as well as macrobiome (shellfish, fish, etc.) analysis of environmental DNA (eDNA). Although nanopore sequencing is infamous for its high raw read error rate, this disadvantage has been all but solved after the latest technology updates. Currently, the combination of new metabarcoding primers and the (much) longer reads achievable by nanopore sequencing strongly improve the specificity and accuracy achievable by eDNA metabarcoding. This allows for a relatively low cost-high accuracy biodiversity assessment of the marine ecosystem. The first papers building upon this new technology are now published, with more currently under review and in preparation.

- Nijland R, Coolen JWP, Murk AJ: Marine eDNA metabarcoding using MinION DNA sequencing. *Under review.*
- Craeymeersch, J.A.; Faasse, M.A.; Gheerardyn, H.; Troost, K.; Nijland, R.; Engelberts, A.; Perdon, K.J.; Ende, D. Van Den; Zwol, J. van: First records of the dwarf surf clam *Mulinia lateralis* (Say, 1822)(2019) in Europe. *Marine Biodiversity Records*, 12:1
- de Jong NWM, Ramyar KX, Guerra FE, Nijland R, Fevre C, Voyich JM, McCarthy AJ, Garcia BL, van Kessel KPM, van Strijp JAG, Geisbrecht BV, Haas PA (2017): Immune evasion by a staphylococcal inhibitor of myeloperoxidase. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2017 114(35):9439-9444.

- van Moorsel WNM, Bennema FP, Nijland R (2017) First records of the sponge crab *Dromia personata* (Brachyura) in the Netherlands and its historical findings in the North Sea Marine Biodiversity Records 10:28
- Patot S, Imbert P, Baude J, Martins Simões P, Campergue J, Louche A, Nijland R, Bès M, Tristan A, Laurent R, Fisher A, Schrenzel J, Vandenesch F, Salcedo SP, François P, Lina G (2017) The TIR homologue lies near resistance genes in *Staphylococcus aureus*, coupling modulation of virulence and antimicrobial susceptibility. PLoS Pathogens 13(1):e1006092

drs. Berry van der Hoorn

Berry van der Hoorn studied animal ecology at the University of Amsterdam. His current position is Group Leader of the research group Biodiversity Discovery at Naturalis Biodiversity Center. Since 2011, he coordinates the national DNA barcoding programme for the flora and fauna of the Netherlands, collecting and processing circa 15.000 specimens. His research focus is on impact assessments of aquatic biodiversity using environmental DNA (eDNA). Berry is involved in various national and EU applied projects concerning the development of DNA-based tools for ecological impact assessments in both marine and freshwater. He is founder of the spin-off company BioMon - Netherlands Centre for Genetic Biodiversity Assessment (www.biomon.nl), a collaboration with the University of Leiden, KWR watercycle research and sequencing company BaseClear.

- Beentjes, K. K., Speksnijder, A. G. C. L., Schilthuizen, M., Hoogeveen, M., & van der Hoorn, B. B. (2019). The effects of spatial and temporal replicate sampling on eDNA metabarcoding. PeerJ, 7, e7335. <https://doi.org/10.7717/peerj.7335>
- Krol, L., Van der Hoorn, B., Gorsich, E. E., Trimbos, K., Bodegom, P. M. van, & Schrama, M. (2019). How Does eDNA Compare to Traditional Trapping? Detecting Mosquito Communities in South-African Freshwater Ponds. Frontiers in Ecology and Evolution, 7(July). <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00260>
- Weigand, H., Beermann, A. J., Čiampor, F., Costa, F. O., Csabai, Z., Duarte, S., ... Van der Hoorn, B. B. ... Ekrem, T. (2019). DNA barcode reference libraries for the monitoring of aquatic biota in Europe: Gap-analysis and recommendations for future work. Science of the Total Environment, 678, 499–524. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.247>
- Pawlowski, J., Kelly-Quinn, M., Altermatt, F., Apothéoz-Perret-Gentil, L., Beja, P., Boggero, A., ... Van der Hoorn, B. B., ... Kahlert, M. (2018). The future of biotic indices in the ecogenomic era: Integrating (e)DNA metabarcoding in biological assessment of aquatic ecosystems. Science of the Total Environment, 637–638, 1295–1310. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.002>

Ms. Saskia Jaarsma MSc

Saskia Jaarsma is a Senior Advisor within TenneT's department Offshore the Netherlands. She is responsible for the alignment of policy and offshore grid development with the government; as well as with other stakeholders like OWF developers and NGO's. Amongst others, her efforts resulted in the alignment of Development Framework for offshore wind energy by the Ministry of Economic Affairs and Climate with TenneT's bi-annual Investment Plan for the offshore grid. Also, in office she has fostered a long term cooperation with Dutch NGO's on behalf of TenneT, exploring certain topics of mutual interest, like nature inclusive design of the offshore grid. Previously, Saskia worked for DNV GL and KEMA as a principal consultant in the electricity transmission and distribution sector. She worked in numerous consultancy projects related to technical due diligence, risk management and power failure investigations. In 2001, she graduated at the Technical University of Eindhoven, completing the MSc study "Energytechnology and Policy" (related to Industrial Sciences). Saskia's translates TenneT's ambition to be a sustainable driver of the energy transition. This research proposal could have a crucial role in clarifying potential ecological impacts that remain intangible so far. As a grid developer with technology as core business, becoming involved in this research proposal and stretching the expertise to combine the worlds of technology and ecology, could be very rewarding, as was experienced in a similar study on nature inclusive design of the offshore grid.

drs. Marcel Klinge

Marcel Klinge is an aquatic ecologist who has been employed by Witteveen+Bos since 1990. From a strong inner motive he has developed into an experienced specialist in the fields of fish stocks and fisheries and the ecological functioning and restoration of water systems. He developed a systematic approach, in which knowledge of the complex interactions between water and nutrient flows and the food web has a central role and which is continually being developed, which forms the basis for the consultancy work. He is involved in many different projects, such as analyzing and solving problems with water quality, fish stocks or fishing, nature conservation, development or recovery, various spatial interventions, policy development, etc. He is also involved in various research programs. With his knowledge, enthusiasm and involvement, he has attracted and trained several ecologists over the years. Since 2010 he is head of the PMC ecology, a group of over 30 ecologists operating from the same systematic approach in both marine, aquatic and terrestrial ecosystems.

Ms. Martine Graafland MSc

Martine Graafland graduated in 1997 from the University of Leiden in Biology and Environmental Sciences. After her graduation she started working at Rijkswaterstaat as an ecological specialist. Martine has done many different projects at Rijkswaterstaat before she started working on the effects of offshore wind on ecology in 2009. Together with her colleagues, she has set up a research program on the effects of offshore wind farms on ecology, is involved in the WoZep research program and is the project manager of the project that develops the Ecology and Cumulation Framework (KEC). Martine is currently also in the process of translating the results of this ecological research program into regulations in the Wind Farm Site Decision.

dr. Irene Kingma

Irene Kingma has worked in marine conservation for over a decade, specialising in elasmobranch conservation and management. From 2009 to 2019 she was founder and director of the Dutch Elasmobranch Society, a NGO specialised in the conservation and management of cartilaginous fish species. Her work focuses on the science-policy interface: using the best available scientific knowledge to provide answers to current policy challenges. Together with Dr. Paddy Walker she was contracted by the Dutch government to write the implementation strategy for elasmobranchs under the Marine Strategy Framework Directive, which was published in 2015: She also advised the Dutch government on an updated shark conservation strategy which was published in May 2019 and sets out the Dutch management plan for elasmobranch management in national, EU and international bodies. Within the consortium she provides a pivotal role in connecting the outcomes of the scientific experiments to the questions that need to be answered to improve elasmobranch conservation management in a changing North Sea Ecosystem.

dr. Andrew Gill

Andrew B Gill PhD FRSB is an internationally recognised applied ecological scientist with 28+ years' experience. He is a knowledgeable and experienced communicator about local and global aquatic environments with key interest in ecological management and sustainability. Andrews research focuses on fish behavioural ecology, elasmobranch ecology and the effects of EMF and noise on benthic and demersal species. He recently took up a role of Principal Scientist at Cefas (Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, UK), an executive agency of the UK government Department for Environment. Andrew has chaired and served on many international committees and authored/co-authored a number of cross-disciplinary international journal articles, book chapters and scientific reports, particularly in the field of environmental EMF.

- Hutchison, Z. L., Gill, A.B., Sigray, P., He, H., King, J. W, (2018). Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables. OCS Study BOEM 2018-003.
- Willsteed, E., Jude, S., Gill, A.B. & Birchenough, S.N.R (2018). Obligations and aspirations: A critical evaluation of offshore wind farm cumulative impact assessments. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 82(3), 2332-2345.

- Ball, R.A., Oliver, M.K. & Gill, A.B. (2015). Early life sensory ability - Ventilatory Response of Thornback Ray Embryos (*Raja clavata*), to predator-type electric fields. *Developmental Neurobiology*, 76(7), 721–729.
- Kimber, J.A., Sims, D.W., Bellamy, P.H. & Gill, A.B. (2014). Elasmobranch cognitive ability: using electroreceptive foraging behaviour to demonstrate learning, habituation and memory in a benthic shark. *Animal Cognition* 17, 55-65.
- Gill AB, Bartlett M & Thomsen F. (2012) Potential interactions between diadromous fishes of U.K. conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments, *Journal of Fish Biology*, 81 (2), 664-695.

2i. Past performance of the companies/other private organisations i.r.t. this project

Tennet

TenneT is a leading European electricity transmission system operator (TSO) with its main activities in the Netherlands and Germany. With over 23,000 kilometres of high-voltage connections we ensure a secure supply of electricity to 41 million end-users. We employ approximately 4,500 people, have a turnover of EUR 4.2 billion and an asset value totalling EUR 22 billion. TenneT is one of Europe's major investors in national and cross-border grid connections on land and at sea, bringing together the Northwest European energy markets and enabling the energy transition. We make every effort to meet the needs of society by being responsible, engaged and connected. The energy transition is one of the most impactful challenges facing society and energy supply. After a period of strong growth and as a key player in the energy market, TenneT is also restructuring to be prepared for its pivotal role in the energy transition. This means TenneT is transforming for sustainable growth based on four strategic pillars:

1. Energise our people and organisation, with an inclusive and safe environment where people enjoy coming to work. We are building a leadership model that empowers, inspires and creates growth opportunities, so everyone can perform at their best and work as one.
2. Drive the energy transition as a green grid operator and thought leader, developing innovative instruments and establishing a key role in the energy data world.
3. Secure supply today and tomorrow, by maintaining the grid to meet reliability targets and operating it to its maximum capability. We will design solutions for balancing the grid in the future, while meeting societal objectives and realising our grid projects as promised.
4. Safeguard our financial health, by implementing a regulatory framework to support our strategy and by delivering a return in line with what our capital providers expect, as well as by raising the necessary external financing.

Tennet is registered at the Chamber of Commerce under number 09155985.

Witteveen+Bos

Witteveen+Bos is an independent consultancy and engineering firm that consists of a close group of professionals and has a wide range of services in the field of water, infrastructure, environment and construction. The company consists of well over 1,000 employees, spread across different sectors and branches in the Netherlands and abroad. The work for this project will be carried out from Deventer by the Product market combination (PMC) 'Ecology'. Within these PMC specialists are employed in the fields of ecology, water quality management, nature management and design and nature legislation. The last thirty years the group has come proficient in project management and impact assessment of large and complex (marine) ecological projects or programs. The experiences ranges from interdisciplinary coastal infrastructure projects where design, execution and ecology go hand in hand as several dike protection projects (Prins Hendrik Zanddijk, Hosse Bosse Pettemer zeevering) to large scale building with nature projects (Zandmoter). Other examples are offshore Environmental Impact Assessments as for example Hollandse Kust Zuid, the appropriate assessment of the Cobra Cable and currently the EIA for Ten Noorden van de Waddeneilanden. Witteveen+Bos employs specialists on electromagnetic fields modelling and nature inclusive design possibilities in offshore wind parks. Clients involve T.S.O. Tennet and the ministry of Agriculture, Nature and Food Quality.

Witteveen+Bos is registered at the Chamber of Commerce under number 38020751.

WOZEP

WoZep is a research program that is carried out under Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat is part of the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management and responsible for the design, construction, management and maintenance of the main infrastructure facilities in the Netherlands. Rijkswaterstaat has been responsible for managing roads and waterways since 1798. Rijkswaterstaat is working every day to improve the Netherlands. To do this we are working on creating a clean, green and pleasant living environment for current and future generations. We share knowledge and map developments in our main areas of expertise. We provide up-to-date, unbiased and practical information to policymakers and to those who implement and execute policy, such as licensing officers and inspectors. We operate as a central link between policy development and policy administration.

Rijkswaterstaat is divided into different organizational units (regional and nationwide). WVL (Water, traffic and the environment) is one of the nationwide organization unit from Rijkswaterstaat. WVL is, among other things, responsible for the overview of the knowledge needs at Rijkswaterstaat, now and in the future. In this context, WVL has the task of organizing the purchase of knowledge and responsible for the outsourcing for entire Rijkswaterstaat. WVL is the first point of contact at Rijkswaterstaat for all knowledge institutes and knowledge organizations. In addition, WVL is tasked with sharing the available knowledge with colleagues and external parties. Through, among other things, participating in partnerships, forming strategic alliances with partners (knowledge institutes/organizations, Universities, market parties) and stimulating knowledge development and innovation with market parties.

RWS ZD is one of the regional organization units from Rijkswaterstaat. RWS ZD (Sea and Delta) is the competent authority for the legislation on the North Sea and advisor for the Ministry of EZK for the wind farm site decisions. RWS ZD and RWS WVL are working together in the WoZep program. Rijkswaterstaat is registered at the Chamber of Commerce under number 27364178

North Sea Foundation

For the past 40 years (founding year 1979) the North Sea Foundation has strived for a thriving, sustainable North Sea for nature and people. A sea with a well-functioning ecosystem that resiliently absorbs external influences and is used sustainably. This means that the limit for human use is determined by what the ecosystem can handle, so that our children and the generations that follow can enjoy the North Sea and its nature.

The Dutch part of the North Sea is one and a half times the size of our land area and has traditionally been an important carrier of our economy and will continue to do so in the future. At the same time, the North Sea is also our largest nature reserve, rich in diverse marine life. But the ecosystem is under pressure due to the many human activities. Sustainable use of the North Sea means that more profit can be gained, both for nature and for humans. The focus areas of the North Sea Foundation are: Protected natural areas at sea, Clean sea, Sustainable fishing and Nature-friendly energy.

In the Netherlands we are on the eve of a change in energy generation. By 2023, the energy of 5 million households must be generated using offshore wind farms. The North Sea Foundation sees the North Sea as an indispensable pivot in the energy transition, but believes that making energy supplies more sustainable cannot be at the expense of nature. We are therefore increasingly having discussions with governments and the business community to forge plans for environmentally friendly energy generation in the North Sea. The North Sea Foundation is registered at the Chamber of Commerce under number 41200744.

3. Summaries of the research proposal

3a. Scientific summary

The Dutch government is committed 37% of all energy derived from sustainable sources, with a complete sustainable Dutch energy supply in 2050. Currently three Offshore Wind Farms (OWF) are under construction, and five more are being developed which will result in a total of 11GW in 2030 and

a contribution of 40% of the current electricity use of the Netherlands (ROV, 2019). In offshore wind farms (OWFs) subsea power cables connect wind turbines to collector and/or transformer stations (in-field cables), and export-cables transport the generated power to land stations. These cables generate electromagnetic fields (EMFs) that can extend up to tens of meters around the cable. Sufficient evidence exists in published literature to conclude that marine species can be affected by anthropogenic EMFs.

Elasmobranchs (sharks, rays and skates) use magnetic and electric fields for orientation and finding their prey e.g. under the sand. This makes them extra vulnerable for adverse impact of EMFs associated with OWF and the offshore electricity grid. Elasmobranchs are predators of key importance in regulating food webs in the ecosystem of the North Sea. For this group of species the OSPAR convention and the MSFD advises extra attention and protection to prevent further population decline. Elasmobranchs are under several anthropogenic pressures, especially related to fisheries (e.g. bycatch and habitat destruction). As in OWFs fishing is limited, these areas are expected to become important refugia for elasmobranchs. In addition, the hard substrate used in scour protection could function as new habitat for egg deposition. These positive effect, however, could be counteracted by the introduced EMFs which cannot only result in a scare response, but also in an attraction to the cable when in the same range as EMFs emitted by prey. This could result in energy use which would be better spend foraging, migrating or mating. To date the research evidence is sparse relying mainly on desk-based assessments, reviews of limited literature and a handful of mesocosm studies which suggest behavioural changes, but indicate a need for further research. Important knowledge gaps range from species dependent dose-effect relations to spatial and temporal effects at the individual and population level. We need to know if there is any impact on habitat use, foraging efficiency, reproduction and migration routes of elasmobranchs and whether adverse effects could be mitigated. Such knowledge enables appropriate assessments and helps prevent major permitting delays. In addition, cable and scour protections could be altered to boost positive and reduce negative effects.

The aim of the proposed research is to determine the actual EMF field strengths around subsea power cables in the Dutch North Sea and assess the impacts from EMF originating from these power cables on the behaviour (avoidance or attraction), predator-prey interaction and reproduction (habitat use) through non-invasive techniques. This research will be carried out in the period 2020 to 2024 by a consortium of Wageningen University, Wageningen Marine Research, Naturalis, T.S.O. Tennet, Witteveen+Bos, WoZep (part of Rijkswaterstaat) and the North Sea Foundation.

3b. Formulation of the main goal(s) of the project

This study aims to reveal the effects of EMF associated with existing and planned offshore wind power cables on elasmobranchs and potential mitigation thereof. The following six aspects will be studied:

- 1) **EMF field levels** - determine actual EMF levels emitted by cables associated with offshore wind including high-voltage alternate current (HVAC) and high-voltage direct current (HVDC) levels and the influence of different variables as burial depth, substrate, power output and currents.
- 2) **Threshold levels** - determine the avoidance threshold and other behavioural changes (e.g. indicative of foraging behaviour, change in swimming depth) in dose-response experiments to EMF levels of the North Sea species starry smooth-hound (*Mustelus asterias*) or catsharks – (*Scyliorhinus* spp.), and two skate species*.
- 3) **Field validation** - determine effects of EMFs on relative abundance, biomass and behaviour of elasmobranchs in the field using Baited Remote Underwater Video Systems (BRUVs) at different EMF types and levels in an OWF (distances to cables);
- 4) **Habitat use reproduction**- determine effects of EMFS on selection of artificial habitat, e.g. scour protection, for egg deposition by elasmobranchs applying field ROV video surveys in OWFs;
- 5) **Impact** - determine the impact ranges of EMFs of existing and future Dutch OWFs on Elasmobranchs using developed models and (if required) advise on potential mitigation measures;
- 6) **Dissemination** - make the study results available for environmental impact assessment and appropriate decision making by end users.

3c. Popular summary

Ontrafelen van de effecten van elektromagnetische velden op roggen en haaien

Roggen en haaien (RH) zijn belangrijke toppredatoren die electromagnetische velden (EMV) gebruiken om prooidieren te vinden en om zich te oriënteren. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de EMV rond stroomkabels van offshore structuren het gedrag van RH beïnvloeden. Hoewel offshore windenergieparken kansen bieden voor herstel van RH als daar geen bodemvisserij is, zou EMV rond de stroomkabels dit teniet kunnen doen. Dit project wil met niet invasieve technieken onderzoeken wat de effecten van EMF op RH zijn en hoe daar desgewenst iets aan gedaan kan worden. Aan dit onderzoek werken Wageningen Universiteit, Wageningen Marine Research, Naturalis, TenneT, Witteveen+Bos, WoZep en Stichting de Noordzee mee.

4. Classification

4a. Field(s) of research

Main research field: 22.30.00

If applicable, other relevant research field(s): 22.40.00

4b. Keywords

Electromagnetic fields, Elasmobranchs, offshore wind, subsea power cables, Dutch North Sea, dose-response relations

4c. Topsector

Please specify from which TKI you have included a suitability assessment (see below):

Topsector	TKI suitability assessment*
Chemistry (incl. BBE)	<input type="checkbox"/>
Energy	<input checked="" type="checkbox"/>
Agri & Food	<input type="checkbox"/>

*Multiple possible

5. Other grant applications

Has/Have any additional grant(s) for this project or a similar research topic been requested either from NWO or from any other institution/funding agency? If so, please describe below.

title proposal:	N/A	
applicant(s):		
funding agency/budget applied for:		
date of submission/date of decision:		

Research proposal (max. 7 pages in total for section 6 + 7)
6. Scientific aspects
a. Aim/objectives

In the coming years development of offshore wind energy will substantially increase to meet the Paris climate targets whilst providing the necessary sustainability of the Dutch energy supply. In offshore wind farms (OWFs) subsea power cables connect wind turbines to transformation stations (in-field cables), and export-cables transport the generated power to land stations. These cables generate electromagnetic fields (EMFs) that have been shown to extend up to tens of meters from the cable (Hutchison et al, 2018; Thomsen et al., 2016).

Elasmobranchs (sharks, rays and skates) are key predators in the marine ecosystem. As benthic species they form a trophic link between the benthic-demersal and pelagic system as larger pelagic predators feed on the benthic-demersal species, particularly during swimming periods (reproductive gatherings and migration). Elasmobranchs are under heavy anthropogenic pressures due to fisheries. In the period 2009-2016 landings of elasmobranchs in the Netherlands varied between 328 and 615 tonnes, with values varying between 1757 to 2936 Euros per tonne (Eurostat, 2016). As such the species group elasmobranchs of concern for the OSPAR convention (OSPAR, 2019), the Marine Strategy Framework Directive (MSFD, 2018) and there are (commercial) fishing restrictions (van Dam, 2016).

Offshore wind farms can function as a marine protected area as no bottom trawl fishing is allowed within 500m of an OWF. This reduces by-catch, allows for seafloor integrity (reef formation) and numbers of prey to recover (Coates et al, 2016). In addition, the introduced hard substrate e.g. scour protection can re-introduce habitat needed for egg deposition (Gill & Kimber, 2005). Elasmobranchs are particularly sensitive to EMFs as they use magnetic and electric fields for orientation and foraging. This makes them vulnerable for the effects of EMFs associated with subsea cables used in OWF and the offshore grid. It is therefore unsure if elasmobranchs make use of this refugia function or even experience habitat loss due to avoidance of OWF. Subsea cables are placed directly in the habitat of benthic species. Individuals might be deterred by the EMFs emitted or may be overly attracted to them by mistaking the cable EMFs for the presence of prey. In addition, these EMFs could also influence the presence of their benthic prey species. As was summarised by Taormina et al., 2018b effects of EMF on elasmobranch behaviour can range from: effects on predator/prey interactions, navigation/orientation capabilities, avoidance/attraction and other behavioural effects and even physiological and developmental effects. The relationship between EMF strength and impacts on behaviour, however, are largely unknown, as are potential species differences and differences in sensitivity between life stages (egg, larvae, juvenile, adult).

This project aims to determine the actual EMF field strengths around subsea power cables in the Dutch North Sea and predict the impacts from EMF originating from these power cables on the behaviour (avoidance or attraction), predator-prey relation and reproduction (habitat use) through non-invasive techniques. These project will result in a risk and opportunities framework, including the effect of mitigation options (if required) and design guidelines to minimise the effects of EMF on elasmobranchs.

The **objectives** of the study are:

- 1) **EMF field levels** - determine actual EMF levels emitted by *cables associated with* offshore wind including high-voltage alternate current (HVAC) and high-voltage direct current (HVDC) levels and the influence of different variables as burial depth, substrate, power output and currents.
- 2) **Threshold levels** - determine the threshold for behavioural effects (e.g. indicative of foraging behaviour, change in swimming depth) in dose-response experiments under controlled conditions to EMF levels of the North Sea species: starry smooth-hound (*Mustelus asterias*) or catsharks – (*Scyliorhinus* spp.), and two skate species*.
- 3) **Field validation** - determine effects of EMFs on relative abundance, biomass and behaviour of elasmobranchs in the field using Baited Remote Underwater Video Systems (BRUVs) and eDNA analysis of fish presence at different EMF types and levels in an OWF (distances to cables);
- 4) **Habitat use** - determine relationship between EMFs and local food species presence and use of artificial habitat e.g. scour protection, for egg deposition by elasmobranchs. This will be done by applying molecular techniques (DNA-metabarcoding of benthic organisms and eDNA analysis for mobile organisms) and field ROV video surveys in OWFs;
- 5) **Impact assessment** - determine the impact ranges of EMFs of existing and future Dutch OWFs on Elasmobranchs using developed models and advise on potential mitigation measures if required;

- 6) **Dissemination** - the study will yield scientific as well as applied results, which will be made available for the scientific community as well as environmental impact assessment for stakeholders involved to enable appropriate decision making by end users. In addition, high quality video and photo's will provide the means to communicate the beauty and possible impact of what is happening under water to the general public.

* The final choice of shark species will depend on the availability and suitability for laboratory experiments. The two species of skate are yet to be determined.

The results of this study will reduce the uncertainties associated with the impact of EMFs resulting from OWF. It will help with understanding the refugia role of OWF in elasmobranch abundance and reproduction. The results will provide the industry partners and regulatory governmental bodies with a better understanding of the consequences for elasmobranchs being exposed to EMFs. This will aid in assessing, and possibly reducing, the environmental impact and increase the positive effects in further development of offshore wind.

Previous work

Elasmobranchs have shown to perceive an electric field from 0,1–0,5 $\mu\text{V}/\text{m}$, and have shown attraction behaviour at similar levels (references in Snoek & Lengkeek, 2016). At levels $>10 \mu\text{V}/\text{m}$ individuals portray avoidance behaviour (Gill & Taylor, 2001; Kalmijn, 1982). Reports by Hutchison et al, 2018; Thomsen et al., 2015 and Snoek et al. (in prep.) have provided data on EMF levels in the North Sea. These levels are in the detection range of elasmobranchs, but vary widely depending on cable configuration and power levels.

Field studies involving responses of elasmobranchs to EMFs are rare. There are indications of interaction of elasmobranchs with offshore power cables. Bite marks and embedded teeth were found on four transatlantic fibre-optic cables that experienced power transmission failure in the mid-1980s (Marra, 1989) and subsequent sheeting of the cable prevented further attacks. Attraction behaviour was seen in aggregating skates (Barry et al, 2008). This study on the MARS cable in Monterey Bay, California showed that Longnose skates (*Raja rhina*) were 126 times more abundant when the cable was not active. However, when the cable was powered, producing a stronger EMF, no significant difference in the abundance of skates near the cable was found in surveys in 2010 and 2015 (Kuhnz, et al 2015). In a recent mesocosm experiment Gill et al., 2009 showed an increase in sharp turns and reduced swimming speed of Ray (*Raja clavata*), Spurdog (*Squalus acanthias*) and Lesser-spotted Dogfish (*Scyliorhinus canicula*). Hutchison et al, 2018 showed increased exploratory behaviour of little skates (*Leucoraja erinacea*) towards the cables and the authors expresses concern for higher energetic costs searching for prey.

No field research has been carried out determining how different species of elasmobranchs use the OWF habitats, and how EMF may influence this. No shark, ray or skate egg cases were reported during monitoring of hard substrate fauna of the Dutch OWEZ or PAWP park (Bouma & Lengkeek, 2013; Vanagt & Faasse, 2014), nor in the demersal fish survey in PAWP (Van Hal, 2014). However these surveys were not specifically aimed at Elasmobranchs eggs, and detection chances may have been low due to missing specific locations or conducted outside the correct season (spring and autumn).

The need for more research is evident by the relatively high number of papers suggesting the relevance of these effects, but only very few studies provide the necessary laboratory and field experiments. The studies carried out are mainly focussed on large mobile adults, while evidence exists that embryos and juveniles respond as well as they portray a freeze response to EMFs (Ball et al, 2016; Kempster et al, 2013). Almost all related studies note a high priority for further laboratory and field work to obtain exposure-response information for important model species in different life stages (as summarised by Normandeau et al, 2011, Hutchison et al 2018 and Snoek & Lengkeek, 2016). This, however, requires advanced interdisciplinary research both in the laboratory as well as in the field offshore. The framework for crucial further research as proposed by Boehlert & Gill, (2011) has been used to determine the focus of this research proposal.

b. Approach (incl. pitfalls & solutions)

The proposed study aims to determine effects of EMF associated with existing and planned offshore wind power cables on elasmobranchs and potential mitigation thereof is divided in the above mentioned six work packages, depicted in the figure 1. The approach per work package is detailed in this section.

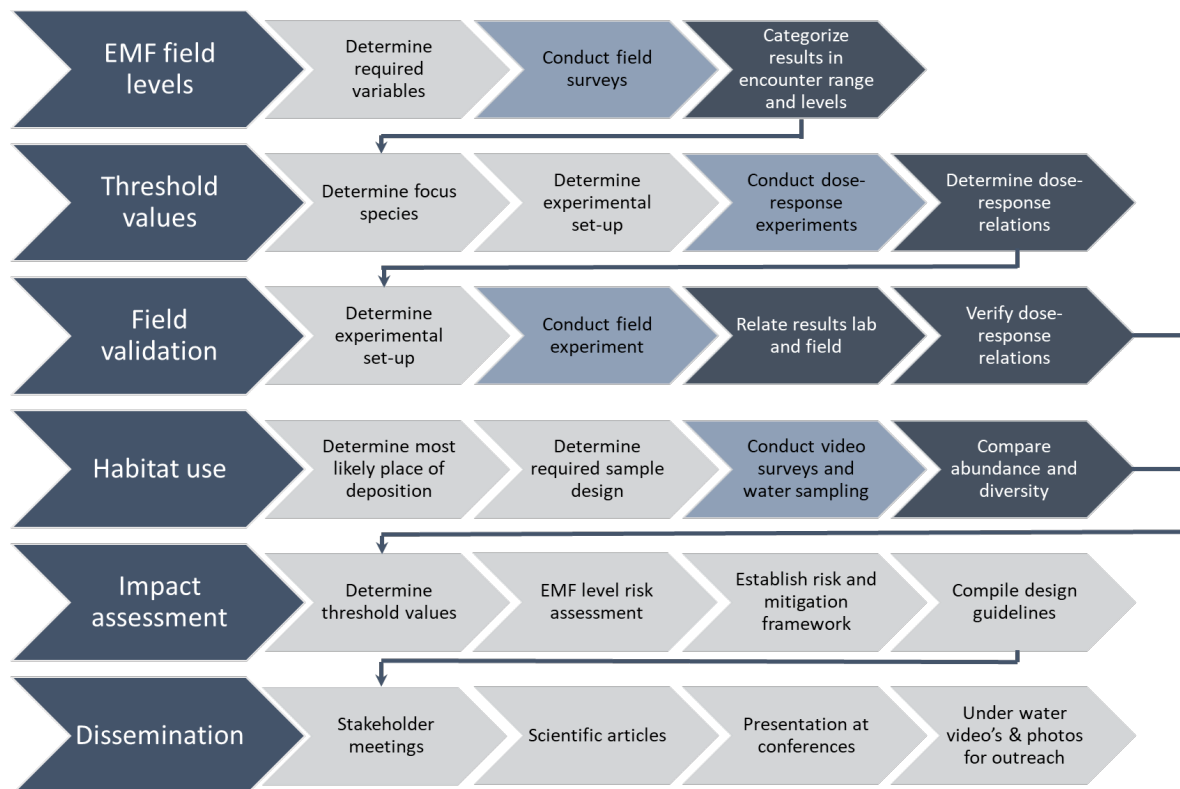


Figure 1 Schematic overview of work packages distinguished in the research approach. Grey arrows indicate the preparation phase, light blue arrows the field/laboratory work and the darker grey arrows indicate the analysis.

1) EMF field levels

Knowledge of the EMF levels that can be expected at sea is essential for performing relevant behaviour response studies in the lab. Knowledge of the EMF levels that can be expected at sea is essential for performing relevant behaviour response studies in the lab. Factors that (potentially) impact EMF levels as wind speed (current levels), burial depth, substrate type and survey conditions will be reviewed from the studies focusing on 33kv/66kv infield High Voltage Alternating Current (HVAC) cables and 150kv/220kv HVAC and High Voltage Direct Current (HVDC) export cables. Measurements will be conducted in the same method as to Snoek et al. (in prep) using a sled equipped with calibrated tri-axial sensors. To collect a continuous dataset long-term two stationary measurement devices will be deployed for 12 months by burial near a cable landing. This forms a cost-effective and weather independent solution to collect data during high wind periods which are often not workable from a vessel due to high waves. The results will be categorized based on percentage of occurrence in relation to the above mentioned variables. No long-term monitoring of EMF has been done and requires a new technique which requires some alterations of the current monitoring method. To prevent data loss, the monitoring set-up will be placed in duplicate (with sufficient distance apart), and the data output will be checked after two weeks of deployment to prevent any loss of data due to start-up problems. Following the data output will be checked quarterly.

2) Threshold values

We will determine dose-response relationships between EMF and behaviour with 2 shark and 2 skate species. The choice of focus species of the study will be based on policy relevance, availability, abundance (ICES data) and Dier Experimenten Commissie (DEC) (animal testing committee) approval. The experimental set-up will be designed after Kajjura & Fitzgerald, 2009; Kajjura & Holland, 2002 and Kimber et al, 2011, 2013. The experiments will be conducted at the SEAMARCO research facility in Zeeland, The Netherlands. Here previously acoustic dose-behaviour studies have been performed, and we will use the same monitoring devices and basins (Kastelein et al., 2019, 2013). Changes in behaviour will be monitored using a list of hierarchical response variables (behavioural displays) as sharp turns, bites in the cables, etc. obtained from a.o. Kimber et al, 2013. Dr. Andrew Gill, associated with most of the previous work will advise us on the detailed research plan to ensure the experimental set-up will be adapted appropriately to the project goals. Previous work was conducted with an a di-polar field to mimic

the EMF fields from subsea power cables. To imitate the field conditions more closely we aim to use a power cable in the experimental set-up. This has not been done to date and will only prove possible with an modified design, scaled to safe laboratory conditions. To achieve this we have secured the support of research institute TNO, specialised in EMFs and in contact with cable designing companies as NKT and Prysmian. The project requires a non-invasive experimental permit for the Law on Animal Testing from the Central Committee Animal Testing and the DEC which takes circa six months to obtain.

In addition to video observations, the EMF levels as experienced by individuals will be measured simultaneously with the location (and changes in speed/direction). This technique allows a very precise validation of dose-response relationships and could in the future be applied in the field. TNO has developed a small magnetic sensor for the Royal Dutch Navy. It is deemed feasible to incorporate the sensor in, for example, an Acoustic Data Storage Tag (ADST) used in shark tagging. In this project the EMF tag would be tested during the dose-response experiments with the aim of developing a proof of concept. The test would be conducted in collaboration with Dr. J. Reubens from Flanders Marine Institute (VLIZ) located in Belgium, who is actively involved in the development of new sensors with market leader VEMCO and is licenced to place tags on Elasmobranchs.

3) Field validation

A field test will be conducted to get insight on how the laboratory results translate to the North Sea ecosystem surroundings. Stereo Baited Remote Underwater Video Systems (BRUVs) will be used to collect data on species composition, relative abundance, length (age class) and biomass of elasmobranchs in offshore wind parks (Watson et al, 2005; Willis & Babcock, 2000), and the relation of the distribution to EMFs. The monitoring set-up will be based upon work done by Griffin et al, 2016 and Harvey & Shortis, 1998. The BRUVs will record the elasmobranch response to the EMF source and will be left to film for 60 min at two in-field cables, one export cable and two control area's (inside and outside of an OWF). The survey sites will be chosen in consultation with the cable owner to obtain the required permission, as well as the specific cable characteristics and power level during the time of sampling. In addition, in order to reduce the risk of insufficient elasmobranch events or poor visibility, CEFAS, ICES and WMR fisheries and production databases will be used to determine the OWF with the highest abundance for the selected target species. We will conduct analysis of turbidity data in different OWF and timing in the year to maximize the chance of sufficient water clarity. A tiered approach will be used, firstly conducting a pilot to ascertain relative abundance, followed by the EMF BRUV survey to detect avoidance and attraction. If successful the survey will be repeated to determine more subtle changes in behavior. During the surveys water samples will be collected at hourly intervals for 24h with an automated a Niskin Rosette sampler to analyse in the presence of fish species based on the eDNA in the water. This method has been recently optimised and is fully functional (Nijland et al, submitted). Via eDNA samples, processed by Wageningen University, the species diversity of elasmobranch and prey species on the different locations and over time will be revealed. In addition, sediment and hard substrate samples will be collected for DNA metabarcode analysis (see section 4).

During elasmobranch events the behaviour will be categorised in variables as timings, area-restricted behaviour, turning and time spent in the area. The bait set-up will be amended from the studies listed above to allow for separation between the EMF sense from the odour source. This is important as elasmobranchs use a hierarchy of senses, starting with the acoustic and chemo-sense at distance, nearer to a food source using mechano-sensory and visual senses (provided there is sufficient water clarity) and only in the last short distance (<1m) the electro-sense is employed. Therefore the fish oil dispersal will need to be carefully considered (if possible predicted) so that the fish would come up the odour gradient which then brings them into contact with the cable nearby. This adjusted to the set-up will be tested in the basins prior to the deployment in the field. In the field the water currents and state of tide will be taken into account to ensure an odour trail moving away from cable creates a gradient. Deployments will be separated by a minimum of 400 m to reduce the likelihood of elasmobranch moving between replicates.

4) Habitat use

Habitat use by elasmobranchs in relation to EMFs will be studied for use of artificial habitat e.g. scour protection, for egg deposition and local food species availability which could differ depending on the EMF as well. To study the impact of EMF on egg deposition we will conduct video surveys in combination with EMF measurements on the hard substrate directly above the cable and on the hard substrate where no cable is present. These data can indicate if oviparous elasmobranchs consider the presence of EMFs in

site selection for egg deposition. Authors of previous artificial hard substrate studies (Bouma & Lengkeek, 2013; Vanagt & Faasse, 2014) and frequent North Sea divers will be contacted to collect anecdotal evidence of egg deposition on artificial substrate. In addition, a power analysis will be conducted to determine the rate of possible encounters based on abundance and distribution of elasmobranchs based on CEFAS, ICES and WMR fisheries and production databases. These factors will be used to determine survey site selection. It is estimated that circa four locations: one mono-pile foundation, one transformation station, one cable crossing and 1 control site in two parks would be the minimum required to assess the egg deposition habitat use. The data collection will be carried out by Bureau Waardenburg and WaterProof. These parties have experience with ROV video surveys in combination with EMF level detection and are familiar with working in offshore wind parks. The analysis of the local food species availability will be done by applying molecular techniques. The sediment and hard substrate sampled on all study plots (see 3) will be analysed for DNA-metabarcoding of benthic organisms, and the eDNA analysis for mobile organisms in water samples (see 3) will together provide an impression of the local foodweb and prey species available. DNA Metabarcoding will be conducted by Naturalis. If deemed relevant based on the molecular analyses, also stable isotope analyses will be performed via Wageningen University to gain additional information about the local foodwebs.

5) Impact assessment

The ultimate goal is to assess EMF impacts on individual, population and ecosystem level in OWFs and the potential need to mitigate this. This study adds to this goal by increasing the knowledge foundation about the effects on elasmobranchs, as these animals are expected to be among the most sensitive for EMFs. The findings can help reduce the current uncertainty and debate and contribute with impact thresholds for the species targeted in this study, and provide recommendations for future multiple cables introduced in OWFs which will increase the exposure risk. The project results are designed to support decision makers and environmental impact assessments on EMFs as follows:

- Firstly the project will result in **dose-response relations**, both in controlled experiments and in the field, for the species targeted in this study but more general also for the foodwebs at the studied plots. An effort will be made to extrapolate the results to other elasmobranchs as well. This will be done by comparing physiology (size), distribution range, habitat use, behavioural characteristic (foraging and reproduction) and abundance.
- The second product consists of a **risk and opportunities framework** which will lay out the findings and relate them to the kind of risks and opportunities that decision makers need to be able to assess. This framework can target future research to improve the risk assessment process for EMF and therefore assist with risk reduction through greater confidence in the topic area knowledge. The opportunities will focus on scour protection design and help qualify and optimise the refugia benefits. This will be done in close collaboration with stakeholders.
- The last product will be an overview of **possible mitigation measures and design guidelines**. We will assess which EMF levels would be tolerable from an ecological perspective, and what the effects of different mitigation measures will be on the emitted levels. We will assess cost-efficiency possible mitigation measures and associated EMF level reduction together with industry partners. This will result in a set of design guidelines that can be used by government and industry in the reduction of EMF impact in future OWF development.

6) Dissemination

It is important to disseminate the scientific knowledge obtained and ensure implementation with (international) end-users. To ensure international knowledge transfer we aim to publish the results in scientific papers and present at international conferences (see section 7c). To achieve implementation with end-users we have compiled a steering group which includes the main governmental and industrial end-users (see section 7c). In addition, high quality video and photo's will provide the means to communicate the beauty and possible impact of what is happening under water to the general public as well.

c. Scientific novelty

In general there is a knowledge gap on the effects of EMF on Elasmobranchs to be able to assess the impact. This proposal will contribute to this by researching the following scientific novelties:

- Determine EMF levels of 33/66kV and 150/220kV levels by field measurements under varying circumstances;

- Dose-response levels for EMF on behaviour of Dutch North Sea (policy related) elasmobranch species;
- Using a (scaled) power cable as opposed to a bipolar field for EMF dose-response relations to more closely imitate field conditions;
- Understanding species composition, abundance, length (age class) and biomass of elasmobranchs in OWF, and possibly understanding behavioral field responses to EMFs;
- Understanding the levels of EMF reduction from different mitigating levels; and
- A higher understanding of the function of artificial hard substrate (scour protection) as nursery habitat and in the impact of EMF on the egg deposition site selection of female oviparous Elasmobranchs.
- New knowledge on the benthic and mobile foodweb species in relation to artificial hard substrate and EMF

7. Aspects of innovation and knowledge utilisation

a. Aim/objectives

The innovation and knowledge utilisation aim of the project is to:

- Quantitatively assess threshold values for altering behaviour of Elasmobranchs to be able to assess the impact of electromagnetic fields produced by offshore wind, specifically current and future infield and export offshore power cables;
- Obtain a understanding of the risks associated with elasmobranchs and subsea power cables interaction, ranging from individual behaviour to population effects;
- Quantitatively assess the available mitigation measures on offshore cables in terms of cost-effectiveness and implementation in the existing work method through a set of design guidelines.

b. Innovation potential and impact of the proposed research

The knowledge this project is generating contributes to development of sustainable energy production on large scale and long term in the North Sea. The planned expansion of offshore wind is spread across the entire Southern North Sea, including the adjacent Belgium, French, British, German and Danish waters, and will all involve large power cables. This project will contribute substantially to knowledge build up and utilization of the impact of subsea power cables on Elasmobranchs and the possible positive effects of OWF as refugia and new nursery habitat. The direct knowledge demand is visible from a societally, regulatory and industry perspective:

- **Society:** Elasmobranchs are under threat of fisheries, reduced habitat and possibly offshore wind related EMFs. Specially on the impact of EMFs are concerns NGO's as Stichting de Noordzee (Vrooman et al, 2019) and on awareness of the deterioration of the Dutch shark population by the Dutch Elasmobranchen society (reference to letter of support, provided as appendix to this application form). The fisheries industry has also expressed their concern on the subject (EMK, 2019). In addition of expanding on the impact knowledge base on the impact of EMF, this project also adds to the general awareness of Elasmobranchs in the North Sea by the industry. This project contributes to the overall knowledge base on the distribution of Elasmobranchs in the North sea.
- **Regulation:** the subject on the regulatory agenda. WOZEP is a research program instated by the responsible regulatory authority e.g. the ministry of Economic Affairs and ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. WOZEP is tasked with investigating knowledge gaps on the ecological effects of wind energy at sea. Effects of EMF on fish, specifically Elasmobranchs is included in the research agenda for 2017-2021, section 6.2 (WOZEP, 2016).
- **Industry:** Tennet is applying for environmental permitting for the offshore grid through Environmental Impact Assessments (EIA) and so-called Appropriate Assessments (AA). Currently the EIA for the transformation stations and export cables for Hollandse Kust (west Beta), IJmuiden Ver Alpha and Beta and Ten Noorden van De Wadden are written. The knowledge gap on the effects of EMFs, not only on Elasmobranchs, but also on other fish and marine mammals, is challenging. As the impact cannot be clearly assessed, and thus it is unclear if mitigation is required, this may open up the permitting process to delays due to objection procedures. Especially with regarding the large (international) expansion of offshore wind, gaining more knowledge of the (cumulative) effects is essential to reduce the risk of potential delays. Another

industry driver is the discussion on mitigation measures. It is the interest of Tennet is ensure cost-efficiency by selecting the most optimal form of integration in the exiting work method.

The results of this knowledge build-up and risk reduction are threshold values or impact levels. The resulting design guidelines will, where possible and required, optimize the sour protection to improve nursery habitat and reduce EMF impacts. In addition this project will contribute to the overall knowledge level of the abundance of elasmobranch and pray species in OWFs. These results can be applied in EIAs and AAs, permitting requirements and cable and scour protection design. The first results are available within three years after the start of the research as the laboratory research will have been completed and the EMFs in the field will be known. After five years a risk frame work, an overview of possible mitigation measures and design guidelines will be ready which will serve as a first step in assessing cumulative effects. There will be insight in the abundance of elasmobranchs and their pray in OWF. The knowledge generated by the project is not only useful for elasmobranchs but also for other fish and marine mammal species.

c. Cooperation within the project consortium, contact with potential end users

This project requires data and services of a range of disciplines. The products will be of use for a variety of end-users. This project therefore consists of a large consortium of public and private parties, and is supported by several (SME) suppliers. The project consortium is formed by Wageningen University (WU), Wageningen Marine Research (WMR), Naturalis, Tennet, Witteveen+Bos, WOZEP and the North Sea Foundation. The principle investigator is Prof. dr. Tinka Murk (WUR). The consortium is supported by Dr. Andrew Gill from CEFAS through the Money Follows Cooperation module. The research will be conducted by one PhD candidate supervised by Prof. dr. Tinka Murk, dr. Erwin Winter (WMR) and dr. Reindert Nijland (WU). A steering committee will be installed to monitor and evaluate the progress of the project. The steering committee will represent all project partners, including representatives of industry partners, NGOs (including the Dutch Elasmobranch Society), regulatory authorities (see Figure 2).

The program steering committee will come together biannually and will be headed by Dr. Andrew Gill. The progress of the program will be reported in biannual written reports, which are distributed a one



Figure 2 organization chart of project consortium. The industry partners are shown in blue, the research institutes in dark blue, and the public organisations and NGO's in light blue.

week in advance to the steering committee. An operational committee meeting held every 3 months will ensure a smooth execution of the operational activities and interaction between work packages. The operational committee is formed by the project manager, supervisor(s) and suppliers. A brief report of these meetings will be send to the program steering committee. The majority of the project partners and suppliers have worked together on previous project which strengthens the project cooperation. More intensified contact between industrial partners and the PhD students will stimulate a direct application of the findings and ensure the end products are directly applicable. This contact will assume the form of frequent telecons or meetings and could also include short industrial internships of the PhD Student at Tennet or Witteveen+Bos.

The results of the program will be disseminated through presentations at both international conferences, such as the Offshore Wind Europe (OWE), Conference on Wind and Wildlife Impacts (CWW) and the International Conference on Energy, Ecology and Environment (ICEEE) and Marine Renewable Energy Technologies (EIMR) conference as well as national symposia as the WOZEP progress symposium, Wind days, Offshore Energy and the North Sea Days. We intend to publish our results via an Open Access scheme in peer-reviewed international journals, such as Marine Biology, Marine Environmental Research, Marine Pollution Bulletin, Journal of Applied Ecology, Fish Biology and Marine Renewable Energy. In addition a high quality under water video will be produced as this environment is inaccessible for almost all people, and high quality under water photo's will be made.

d. Secondments (if applicable): Not applicable.

8. Description of the proposed work plan

8a. Project milestones and deliverables

An overview of the project phasing is shown in the Gantt chart below. The project planning is set-up with sufficient room for duplication of an experiment when set-backs occur.

Activity	Planning	2020		2021			2022		2023		2024		2025
			6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	
	EMF levels												
1a	Determine required variables												
1b	Conduct field surveys												
1c	Categorize results in ranges & variables												
1d	Publication												
	Threshold values												
2a	Determine focus species												
2b	Detail experimental set-up												
2c	Conduct dose-response experiments												
2d	Determine dose-response relations												
2e	Publication												
	Field validation												
3a	Determine sensor & experimental set-up												
3b	Conduct field experiments												
3c	Compare results lab and field												
3d	Verify dose-response relations												
3e	Publication												
	Habitat use reproduction												
4a	Determine most likely place of deposition												
4b	Determine required sample design												
4c	Conduct video surveys and water sampling												
4d	Comparing abundance												
4e	Publication												
	Impact analysis												
5a	Determine threshold values												
5b	Determine tolerable EMF levels												
5c	Establish risk and opportunities framework												
5d	Compile design guidelines												
	Dissimination												
6a	Steering group meetings												
6b	Publish project results												
6c	Conferences												
6d	Underwater photo's and videos												
6e	Thesis*												

* The thesis will be published in the year following the project (up to 72 months as was approved by NWO)

Project Objectives	
Number	Description
1	EMF field levels - determine actual EMF levels emitted by <i>cables associated with</i> offshore wind including high-voltage alternate current (HVAC) and high-voltage direct current (HVDC) levels and the influence of different variables as burial depth, substrate, power output and currents.
2	Threshold levels - determine the threshold for behavioural effects (e.g. indicative of foraging behaviour, change in swimming depth) in dose-response experiments under controlled conditions to EMF levels of the North Sea species: starry smooth-hound (<i>Mustelus asterias</i>) or catsharks – (<i>Scyliorhinus</i> spp.), and two skate species*.
3	Field validation - determine effects of EMFs on relative abundance, biomass and behaviour of elasmobranchs in the field using Baited Remote Underwater Video Systems (BRUVs) and eDNA analysis of fish presence at different EMF types and levels in an OWF (distances to cables);
4	Habitat use - determine relationship between EMFs and local food species presence and use of artificial habitat e.g. scour protection, for egg deposition by elasmobranchs. This will be done by applying molecular techniques (DNA-metabarcoding of benthic organisms and eDNA analysis for mobile organisms) and field ROV video surveys in OWFs;

5	Impact assessment - determine the impact ranges of EMFs of existing and future Dutch OWFs on Elasmobranchs using developed models and advise on potential mitigation measures if required;
6	Dissemination the study will yield scientific as well as applied results, which will be made available for the scientific community as well as environmental impact assessment for stakeholders involved to enable appropriate decision making by end users. In addition, high quality video and photo's will provide the means to communicate the beauty and possible impact of what is happening under water to the general public as well.

* The final choice of shark species will depend on the availability and suitability for laboratory experiments. The two species of skate are yet to be determined.

Project Milestones*				
Mile-stone#	Description	Relates to objective	Due month *	Responsible partner - involved supplier
1a	Monitoring plan ready field survey	1	3	WUR - WP
1b	EMF and survey data available	1	12	WUR - WP
1c	Periods of occurrence and influencing variables determined	1	15	WUR - PhD
1d	Publication on EMF field levels and parameters	6	21	WUR - PhD
2a	Focus species determined	2	3	WUR - PhD
2b	Experimental set-up ready	2	9	WUR - TNO
2c	Measurement data available dose-response study	2	30	WUR - SM
2d	Dose-response relations determined	2	33	WUR - PhD
2e	Publication of dose-response relations	6	39	WUR - PhD
3a	Monitoring plan BRUVs ready	2	24	WMR - BW/WP
3b	Monitoring data BRUVs available	2	45	WMR - BW
3c	Comparison laboratory and field data made	2	42	WMR - PhD
3d	Dose-response relations verified with field data	2	48	WMR - PhD
3e	Publication on results BRUV surveys	6	54	WMR - PhD
4a	Most probable locations of egg deposition determined	3	15	WMR - PhD
4b	Monitoring plan ready video surveys egg deposition	3	21	WMR - BW/WP
4c	Monitoring data video surveys egg deposition available	3	36	WMR - BW/WP
4d	Abundance egg capsules determined (relation to EMF fields)	3	42	WMR - PhD
4e	Publication of use of artificial habitat for egg deposition	6	48	WMR - PhD
5a	Behavioural thresholds determined	5	45	WUR - PhD
5b	Tolerable EMF levels determined	5	48	WUR - TNO
5c	Risk and opportunities framework established	5	51	WUR - PhD
5d	Design guidelines compiled	6	51	WUR - PhD
6a	Final steering group meeting	6	60	WUR - WB
6b	Publication project results	6	60	WUR - PhD
6c	Present at relevant conference	6	39;51;60	WUR - PhD
6d	Video and photos obtained	6	21;39	WUR - BW/DMP
6e	Thesis ready	6	72**	WUR - PhD
# Number format = objective number.milestone number				
* Counted from the actual start date of the project				
WP=WaterProof, BW=Bureau Waardenburg, SM=Seamarco, DMP=Dutch Maritime Productions				
** The thesis will be published in the year following the project (up to 72 months as was approved by NWO)				

* All of these milestones, with the exemption of 1, form go/no-go to determine if the sufficient information is gathered from the previous phase to start the activity. If this is not the case the milestone will be delayed as there is time in the planning to allow for repeats/extension.

**This survey may be moved up a year if a collaboration opportunity to share vessel time presents itself (month 28), it will remain in the spring (around may) when the eggs are laid

Project Deliverables				
Deliverable#	Description	Relates to objective	Due month *	Responsible partner - involved supplier
1a	Monitoring plan ready field survey	1	3	WUR - WP
1b	EMF and survey data available	1	12	WUR - WP
1c	Periods of occurrence and influencing variables	1	15	WUR - PhD
1d	Publication on EMF field levels and parameters	6	21	WUR - PhD
2a	Overview of focus species	2	3	WUR - PhD
2b	Experimental set-up	2	9	WUR - TNO
2c	Measurement data dose-response study	2	30	WUR - SM
2d	Overview of dose-response relations	2	33	WUR - PhD
2f	Publication of dose-response relations	6	39	WUR - PhD
3a	Monitoring plan BRUVs	2	24	WMR - BW/WP
3b	Monitoring data BRUVs	2	45	WMR - BW
3c	Comparison of laboratory and field data	2	42	WMR - PhD
3d	Dose-response relations verified with field	2	48	WMR - PhD
3e	Publication on results BRUV surveys	6	54	WMR - PhD
4a	Most probable locations of egg deposition	3	15	WMR - PhD
4b	Monitoring plan video surveys egg deposition	3	21	WMR - BW/WP
4c	Monitoring data video surveys egg deposition	3	36	WMR - BW/WP
4d	Abundance of egg capsules (relation to EMF fields)	3	42	WMR - PhD
4e	Publication of use of artificial habitat for egg deposition	6	48	WMR - PhD
5a	Behavioural thresholds	5	45	WUR - PhD
5b	Overview of tolerable EMF levels	5	48	WUR - TNO
5c	Risk and opportunities framework	5	51	WUR - PhD
5d	Design guidelines	6	51	WUR - PhD
6a	Minutes of meeting steering group	6	60	WUR - WB
6b	Journal articles	6	60	WUR - PhD
6c	Conference proceedings	6	39;51;60	WUR - PhD
6d	Video and photos	6	21;39	WUR - BW/DMP
6e	Thesis	6	72**	WUR - PhD
# Number format = objective number.deliverable number * Counted from the actual start date of the project WP=WaterProof, BW=Bureau Waardenburg, SM=Seamarco, DMP=Dutch Maritime Productions ** The thesis will be published in the year following the project (up to 72 months as was approved by NWO)				

[if applicable:] 8b. Secondment of all requested personnel in the project

Not applicable

9. Literature references

Please refer to the 'open' literature only.

- Ball, R. E., Oliver, M. K., & Gill, A. B. (2016). Early life sensory ability—ventilatory responses of thornback ray embryos (*Raja clavata*) to predator-type electric fields. *Developmental Neurobiology*, *76*(7), 721–729. <https://doi.org/10.1002/dneu.22355>
- Barry, J.P., Kuhnz, L., Buck, K., Lovera, C., Whaling, P.J. (2008). Potential impacts of the MARS Cable on the seabed and benthic faunal assemblages. *Monterey Bay Aquarium Research Institute Report*.
- Boehlert, G., & Gill, A. (2011). Environmental and Ecological Effects of Ocean Renewable Energy Development – A Current Synthesis. *Oceanography*, *23*(2), 68–81. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.46>
- Bouma, S., & Lengkeek, W. (2013). Benthic communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, *41*, 59–68. Retrieved from <https://www.repository.naturalis.nl/document/621045>
- Breve, N. w. p., Winter, H. v., Overzee, H. m. j., Farrell, E. d., & Walker, P. A. (2016). Seasonal migration of the starry smooth-hound shark *Mustelus asterias* between the southern North Sea and the Bay of Biscay, as revealed from tag-recapture data of an angler led tagging programme in the Netherlands. *Journal of Fish Biology*, (89), 1158–1177.
- Coates, D. A., Kapasakali, D. A., Vincx, M., & Vanaverbeke, J. (2016). Short-term effects of fishery exclusion in offshore wind farms on macrofaunal communities in the Belgian part of the North Sea. *Fisheries Research*, *179*, 131–138. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.02.019>
- EMK. (2019). ACTIE TEGEN WINDMOLENPARKEN. Retrieved October 5, 2019, from <https://www.vissersvoorvrijezee.nl/windmolenparken-2/>
- Eurostat. (2016). Landings of elasmobranchs in the Netherlands. Retrieved October 5, 2019, from <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- Fowler, A. M., Jørgensen, A., Svendsen, J. C., Macreadie, P. I., Jones, D. O., Boon, A. R., ... Coolen, J. W. (2018). Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *16*, 571–578. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/fee.1827>
- Gill, A., & Taylor, H. (2001). *The potential effects of electromagnetic fields by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes*.
- Gill, A.B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J., & Wearmouth, V. (2009). COWRIE 2.0 Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. In *Contract*.
- Gill, Andrew B, & Kimber, J. A. (2005). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom : The potential for cooperative management of elasmobranchs and offshore renewable energy development in UK waters The potential for cooperative management of elasmobranchs and o i. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, *85*, 1075–1081. <https://doi.org/10.1017/S0025315405012117>
- Griffin, R. A., Robinson, G. J., West, A., Gloyne-Phillips, I. T., & Unsworth, R. K. F. (2016). Assessing fish and motile fauna around offshore windfarms using stereo baited video. *PLoS ONE*, *11*(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149701>
- Harvey, E. S., & Shortis, M. R. (1998). Calibration Stability of an Underwater Stereo Video System : Implications for Measurement Accuracy and Precision. *Mar Tech Soc*, *32*, 3–17.
- Hutchison, Z. L., P. Sigray, H. He, A. B. Gill, J. King, and C. G. (2018). *Electromagnetic Field (EMF) Impacts on Elasmobranch (shark, rays, and skates) and American Lobster Movement and Migration from Direct Current Cables*.
- Kajiura, S. M., & Fitzgerald, T. P. (2009). Response of juvenile scalloped hammerhead sharks to electric stimuli. *Zoology*, *112*(4), 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2008.07.001>
- Kajiura, S. M., & Holland, K. N. (2002). Electroreception in juvenile scalloped hammerhead and sandbar sharks. *Journal of Experimental Biology*, *205*(23), 3609–3621.
- Kalmijn, A. J. (1982). Electric and Magnetic Field Detection in Elasmobranch Fishes Published by : American Association for the Advancement of Science Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1689048> Electric and Magnetic Field Detection in Elasmobranch Fishes. *Science*, *218*(4575), 916–918.
- Kastelein, R. A., Ainslie, M. A., & Kester, R. Van. (2019). Behavioral Responses of Harbor Porpoises (*Phocoena phocoena*) to U.S. Navy 53C Sonar Signals in Noise. *Aquatic Mammals 2019*, *45*(4), 359–366. <https://doi.org/10.1578/AM.45.4.2019.359>
- Kastelein, R. A., van Heerden, D., Gransier, R., & Hoek, L. (2013). Behavioral responses of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) to playbacks of broadband pile driving sounds. *Marine Environmental Research*, *92*, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.09.020>
- Kempster, R. M., Hart, N. S., & Collin, S. P. (2013). Survival of the Stillest : Predator Survival of the Stillest: Predator Avoidance in Shark Embryos. *PLoS ONE*, *8*(1), 4–9.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052551>
- Kimber, J. A., Sims, D. W., Bellamy, P. H., & Gill, A. B. (2011). The ability of a benthic elasmobranch to discriminate between biological and artificial electric fields. *Marine Biology*, 158, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00227-010-1537-y>
- Kimber, J. A., Sims, D. W., Bellamy, P. H., & Gill, A. B. (2013). Elasmobranch cognitive ability: using electroreceptive foraging behaviour to demonstrate learning, habituation and memory in a benthic shark. *Animal Cognition*. <https://doi.org/10.1007/s10071-013-0637-8>
- Kuhnz, L.A., Buck, K., Lovera, C., Whaling, P.J., Barry, J. P. (2015). *Potential impacts of the monterey accelerated research system (MARS) cable on the seabed and benthic faunal assemblages*.
- Marra, L. J. (1989). Sharkbite on the SL Submarine Lightwave Cable System: History, Causes, and Resolution. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 14(3), 230–237. <https://doi.org/10.1109/48.29600>
- MSFD. (2018). *Mariene Strategie (deel 1) Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren*. Retrieved from https://www.noordzeeloket.nl/publish/pages/151699/mariene_strategie_deel_1_actualisatie_2018_v2.pdf
- Neo, Y. Y., Seitz, J., Kastelein, R. A., Winter, H. V., ten Cate, C., & Slabbekoorn, H. (2014). Temporal structure matters: European seabass behaviour recovers more slowly from intermittent and fluctuating noise exposure than from continuous and consistent noise exposure. *Biological Conservation*, (66), 168–173.
- Nijland, R., Coolen, J. W. P., & Murk, A. J. (n.d.). Marine eDNA metabarcoding using MinION DNA sequencing. *Submitted*.
- Normandeau, Exponent, T. Tricas, and A. G. (2011). *Effects of EMFs from Undersea Power Cables on Elasmobranchs and Other Marine Species*.
- OSPAR. (2019). No Title. Retrieved September 27, 2019, from <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/list-of-threatened-declining-species-habitats>
- ROV. (2019). *Windenergie op zee*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzame-energie/windenergie-op-zee>
- Slabbekoorn, H., Dalen, J., de Haan, D., Winter, H. V., Radford, C., Ainslie, M. A., ... Harwood, L. (2019). Population level consequences of seismic surveys on fishes: an interdisciplinary challenge. *Fish and Fisheries*, 20(4), 653–685. <https://doi.org/10.1111/faf.12367>
- Snoek, R., & Lengkeek, W. (2016). *Potential effects of electromagnetic fields in the Dutch North Sea Phase 1 – Desk Study*.
- Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N., & Carlier, A. (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.026>
- Thomsen, F., Gill, A., Kosecka, M., Andersson, M., Andre, M., Degraer, S., ... Wilson, B. (2016). *MaRVEN - Environmental Impacts of Noise, Vibrations and Electromagnetic Emissions from Marine Renewable Energy. Final Study Report RTD-KI-NA-27-738-EN-N prepared for the European Commission, Directorate General for Research and Innovation*. <https://doi.org/10.2777/272281>
- van Dam, M. (2016). *KRM haaienplan* (p. 11). p. 11. Ministry of Economic Affairs.
- Van Hal, R. (2014). *Demersal Fish Monitoring Princess Amalia Wind Farm*. Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/380372>
- Vanagt, T., & Faasse, M. (2014). *Development of hard substratum fauna in the Princess Amalia Wind Farm Monitoring six years after construction*.
- Vrooman, J., Schild, G., Rodriguez, A. G., & van Hest, F. (2019). *North Sea wind farms: ecological risks and opportunities*. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/10Bugg23NIaJbZlZgFvH0AIPNgwvQFEJl/view>
- Watson, D. L., Harvey, E. S., Anderson, M. J., & Kendrick, G. A. (2005). A comparison of temperate reef fish assemblages recorded by three underwater stereo-video techniques. *Marine Biology*, (148), 415–425.
- Willis, T. J., & Babcock, R. C. (2000). A baited underwater video system for the determination of relative density of carnivorous reef fish. *Marine and Freshwater Research*, (51), 755–763.
- Winter, H. V., & de Graaf, M. (2019). *Diversity, abundance, distribution and habitat use of reef associated sharks in the Dutch Caribbean: Field studies using Baited Remote Underwater Video (BRUV) and acoustic telemetry. As part of the DCNA 'Save Our Sharks' project (Nationale Postcode Loteri*.
- Winter, H. V., Aarts, G., & van Keeken, O. a. (2010). *Residence time and behaviour of sole and cod in the Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ)*.
- WOZEP. (2016). *Offshore wind energy ecological programme (Wozep) Monitoring and research programme 2017-2021*.

Budget

10. General

10a. Project duration: 60 months (\leq 60 months)

11. Contributions

11a. Determination of total cash project budget

Contributions private participants (in k€)	Cash	In kind	Total
Non-SME 1: TenneT	120	60 (=S1)	180
Non-SME 2: Witteveen+Bos	10	5 (=S2)	15
Public: WoZep	100	25 (=P1)	125
Public: North Sea Foundation	10	20 (=P1)	30
Total contributions private participants	240(=C)	110 (=I)	350

Private participant	Calculation max. in kind eligible (k€)	Contributions that count for the Science PPP Fund-contribution		
		Cash (k€)	In kind [#] (k€)	Total (k€)
Non-SME 1	[cash non-SME1 / 2] (=Y1)	120	60	180
Non-SME 2	[cash non-SME2 / 2] (=Y2)	10	5	15
Public 1	[cash non-SME2 * 2] (=P1)	100	25	125
Public 2	[cash non-SME2 * 2] (=P2)	10	20	30
Joint eligible private contribution				350 (=Q)
Total private cash contribution		240		
Contribution SCIENCE PPP Fund (= Q * (7/3))		817	(max. k€ 1050)	
PPP-allowance (= C * 0.3)		72		
Total cash project budget		1129**	(=T)	

[#]Mention the correct *in kind* contribution:

for SME 1: S1 if $S1 < X1$ OR $X1 < S1$; for SME 2 likewise

for non-SME 1: nS1 if $nS1 < Y1$ OR $Y1 < nS1$; for non-SME 2 likewise

11b. Allocation of PPP allowance

The PPP-allowance will be used for [1] the development of a proof-of-concept EMF shark/ray tag and [2] Enhancing the dissemination of the project results through under water video and photo visualizations. The €72k PPP-allowance will fund:

- 1) €35k on the development of an EMF tag;
- 2) €37k on enhancing of project result dissemination
 - a) €7k on visualisation of the results (infographic, sketches of migration measures and design guidelines);
 - b) €20k on the video survey of elasmobranchs by Klaudie Bartelink employed by Dutch Maritime Productions;
 - c) €10k on photos of elasmobranchs by Udo van Dongen employed by Bureau Waardenburg.

If the PPP-allowance is not granted, no (possible) proof-of-concept of an EMF tag will be developed. This will prevent a first step in exploring a new monitoring technique to measure received values at an individual. If the development of a EMF-tag is not supported the main research goals and deliverables will not be impacted. It is important for the project partners that the knowledge developed in the project is disseminated properly to ensure the maximal benefit to all end-users, ranging from engineers to

decision makers. Video, photo and visualizations increase the chance of success for acceptance and implementation by this diverse target group. In addition the products will contribute to a general awareness of the importance of elasmobranchs in the North Sea and the role OWF can play in their conservation/recovery. If the dissemination is not enhanced by photo, video and visualizations the main research goals and deliverables will not be impacted.

11c. Specification of private *in kind* contributions

Overview of <i>in kind</i> contributions (in k€)		
Hours to be worked within the scope of the project	# hours x hour tariff (max. € 125/hr)	
Tennet - steering committee	40 hours x €125 p/h* 4h per meeting	€5k
Tennet - industry expertise	400 total	€50k
Witteveen+Bos - steering committee	40 hours x €125 p/h 4h per meeting	€5k
WOZEP - steering committee	128 hours x €125 p/h 12h per meeting	€16k
WOZEP - expert input	72 hours x €125 p/h	€9k
North Sea Foundation - steering committee	40 hours x €125 p/h 4h per meeting	€5k
North Sea Foundation - expert input	120 hours x €125 p/h	€15k
Materials and resources - TenneT		€5k
Use of equipment/software		-
Total <i>in kind</i> contributions (=I)		€110k

* Based on 2 steering committee meetings per year incl. travel time, review of material, and if applicable, acquiring expert input from other departments. The varying number of hours per partner per steering committee meeting is dependent on the type and level of contribution.

11d. Justification of the private *in kind* contributions

Tennet

As owner of the offshore grid, namely the offshore transformation stations and the export cables Tennet has detailed knowledge of design, installation, operation, maintenance and decommissioning of offshore cables. In addition the company has to monitor the EMF emitted by the export cables of the OWF Borssele to comply with environmental permitting. The engineering department of TenneT has the required knowledge to understand the variables that will influence the EMF levels. To understand which mitigation measures will be efficient, workable and cost-efficient the input of the experts of Tennet is indispensable. The hours to be worked on in the project are based on €125 p/h and are contributed by the following individuals:

- Frank de Vries, power cable expert (80h)
- Hans Scheefhals, Advisor operation and maintenance offshore cables (80h)
- Nick van den Broek, EMF strategist (80h)
- Derk Jan Huurnink, EMF advisor (80h)
- Alma Scholten, EIA coordinator (40h)
- Symen Veldhuis, Advisor Licensing Offshore (40h)
- Saskia Jaarsma, policy advisor (40h) - participant steering committee

Until 2025, TenneT will realise multiple offshore AC grid systems in the Netherlands. More specific, TenneT foresees EMF measurements of offshore 220 kV AC cables in the timeframe 2020-2022. As these

measurements and the research in this proposal will benefit from each other, TenneT will undertake efforts to create synergy by allowing the researchers to participate in the EMF offshore monitoring campaign and share data for a value of a minimum €5.000.

Witteveen+Bos

Witteveen+Bos will participate in the steering group twice per year for the complete project duration for 4h per meeting a total of 40 hours. During these meetings Witteveen+Bos will steer towards project results which are usable to conduct environmental impact assessments and appropriate assessments and optimising scour protection to a more nature inclusive design.

WOZEP

Rijkswaterstaat is responsible for the research program (WoZep) to study gaps in our knowledge relating to the impact of offshore wind farms on the ecosystem of the North Sea. EMF is one of the knowledge gaps within the WoZep project that RWS has been studying. To reduce this knowledge gap, close cooperation is required between all the different ongoing research programs in relation to the impact of offshore wind to ecology. By providing expert input to EMFEB knowledge and results can be exchanged. WoZep will provide this expert input for total of 72 hours based on €125 p/h.

WoZep is also part of an adaptive management process surrounding the legislative process for offshore wind in the Netherlands. Adaptive Management is a decision process that promotes flexible decision making that can be adjusted in the face of uncertainties as outcomes from management actions and other events are better understood. Careful monitoring of these outcomes both advances scientific understanding and helps adjust policies or operations as part of an iterative learning process. Part of adaptive management is the iterative cycle of Plan-Do-Check-Act (PDCA): as information and data are gathered over time, management approaches and decisions can be adapted to better accommodate the ecological process or system being managed, leading to better understanding of the target ecological system and improved management decisions. Participating in the steering committee will enlarge the usability of the research results. In addition, RWS has offshore experience and can help to make the project more offshoreproof. WoZep will participate in the steering group twice per year during the complete project duration and will contribute 12h per meeting.

North Sea Foundation

The North Sea foundation will participate in the steering group twice per year during the complete project duration for 4h per meeting, total 40h based on €125 p/h. The input during the steering meeting will focus on developing design guidelines and on the risk and opportunities framework. In addition, through separate consultations Dr. Kingma will consult on shark biology and North Sea conservation issues, and provide input on (other) OWF nature enhancement projects that are ongoing in the North Sea, for a total of 120h, 24h per year.

12. Expenses

12a. Determination of total personnel¹ expenses

Type of position	Quantity	Amount per position (k€)	Total amount (k€)
PhD student	1	239*	239
1 year postdoc-position	-	77*	0
2 year postdoc-position	-	155*	0
3 year postdoc-position	-	236*	0
1 year technician-position (HBO)	0,5	69*	35
2 year technician-position (HBO)	-	139*	0
<i>Subtotal personnel</i>			274
<i>Subtotal bench fees (add k€ 5 per PhD or Postdoc position)</i>			5
Total personnel/bench fees			279 (=Z)

*Approximate amounts from based on VSNU tariffs of July 1, 2019.

12b. Specification of expenses

Available for:

- Project expenses (cash) project partners = $T * 0.95$ (= P)
- Expenses (cash) NWO = $T * 0.05$ (= M)

Overview of cash expenses (in k€)	
Total personnel/bench fees	279
Total Material Credit (see section 3.2.2. of the Call text)	728
Total Investments (see section 3.2.2. of the Call text)	0
Money follows Cooperation (see section 3.2.2. of the Call text)	65
<i>Subtotal project expenses (= P)</i>	1072
Expenses NWO (= M)	56
Total cash expenses (should be equal to T)	1129

12c. Justification of the chosen mixture of personnel, materials/consumables, equipment, internationalization, etc. (see section 3.2.2. of the Call for Proposals).

The chosen mixture of the total budget is formed by one PhD position with a relatively large amount allocated to the module 'Material Credit'. The reason for the division is that the completion of this research requires offshore fieldwork and laboratory work with marine life. Both are extremely costly, and this is one of the main reasons this type of research has not been carried out for to date the Dutch North Sea species. Internationally, only two similar projects have been carried out (refer to section 6a, previous work). Due to these relatively high material and data collection cost project exceeds the material credit budget stipulated in the call. As stated in the call, when the budget is not sufficient for the execution of the research the application can deviate when motivated properly. In the table below an overview of the material credit, supplier and motivation is provided. Due to the relatively limited knowledge in this field in the Netherlands, we are using the 'Money follows Corporation' module to involve one of the leading experts in the field. The use of this module is motivated in the last Table.

¹ The costs for personnel will be in accordance with the most recent version of the VSNU-NWO *Akkoord bekostiging wetenschappelijk onderzoek* (see [Salaristabellen](#)).

Module: Material Credit

Activity, Company* and type of work	Budget	Motivation
Activity #1 - EMF field levels Service - Data collection Company - WaterProof	100	<p>The actual field EMF levels, the % of occurrence and the relation with mitigation aspect such as burial depth are vital to understand the impact on elasmobranchs (objective 1). Also, these EMF levels are needed as input to setup the laboratory experiments with field-representative EMF levels. To date WaterProof is the only company in the Netherlands that is experienced in this type of field survey. To reach objective 1, a minimum of 4 field days (incl. equipment, measurement protocol, vessel, personnel, data analysis and downtime €12,5 per day) is estimated to obtain a robust dataset to assess the EMF levels under various conditions (total €50K). Measurements will be conducted with the measurement sledge developed by WaterProof in 2018 equipped with calibrated tri-axial sensors. In addition two long-term (12 months) continuous data-sets are required with a quality control after the two weeks, then followed by every 3 months. A stationary measurement device will be placed for the long-term measurements, as this is a cost-effective and weather independent solution to collect data during high wind periods which are often not workable from a vessel due to high waves (€50k).</p>
Activity #2 - Laboratory facility Service - Laboratory Company - SEAMARCO	160	<p>The laboratory facility is required to conduct the dose-response experiments (objective 2). SEAMARCO is experienced in husbandry of marine species and in obtaining the required animals. In addition this facility is currently the only one in the Netherlands that is equipped for this type of research (size and number of basins) and has experience with obtaining the required DEC permitting. The budget is based on [1] the use of the research facility for 24 months, including animal husbandry, experimental support and the maintenance of the experimental set-up (€5000 p/m) [2] extension or application of a DEC permit - circa €5k [3] a onetime fee for preparing the basins to the required experimental set-up and obtaining the required material (camera etc.) €15k and [4] a onetime fee of €20k for obtaining the required animals through angling or bottom trawling fishing.</p>
Activity #3 - EMF set-up Service - Apparatus Company - TNO	60	<p>In order to obtain valid dose-response relations an EMF mimicking the field circumstances as closely as possible is required (objective 2). Research institute TNO is leading in the field of EMF and in this project will install the EMF experimental set-up using an cable if possible (as opposed to bi-pole set-up) allowing for variability in EMF levels, HVAC and HVDC. The budget will cover the inventory of the background EMF present in the laboratory, installation (signal generator, power amplifier, cabling), quality control of correct EMF levels and technical support during the laboratory tests (€40k). The hardware itself is estimated at (max. €20k).</p>
Activity #4 - BRUVs Service - Data collection Company - BuWa	75	<p>The set-up of Baited Remote Underwater Video sets will be used to for verification of the dose-response findings from the laboratory data. In addition the abundance of elasmobranchs in the vicinity of the cable in relation to an control site will be assessed (objective 2). Bureau Waardenburg has experience with BRUV's and ecological monitoring in offshore wind parks. BRUVs will be deployed at 5 sites in duplicate. This budget also includes the collection of water and soil samples at all locations and conservation for DNA analysis. (€65k). In addition, photos of the attracted elasmobranchs are taken at locations outside of the OWF which will be used in support of the project results dissemination. The photos will be taken by Edo van Dongen, an highly experienced underwater photographer in the employment of BuWa (€10k).</p>

Activity #5 - EMF tag Service - Apparatus Company - TNO	35	In order to determine whether the habitat use of elasmobranchs is influenced by EMF of wind turbine cabling, it is important in a study to relate the location of these species to the magnetic field to which they are exposed (objective 2). In this work package TNO will modify an in-house developed magnetic data logger to a tag with a magnetic sensor to log the exposed magnetic field. The balance between dimensions/weight, accuracy, frequency, data storage and ease of use will be considered in tag development. This will be conducted in collaboration with a company specialized in tags (like Vemco). The modification of the magnetic field recorder and incorporation in the tag will cost €25 and the required hardware is estimated at €10k.
Activity #6 - Video survey Service - data collection Company - BuWa	80	Video surveys are required to determine the presence of egg capsules on the scour protection (objective 3). Bureau Waardenburg has experience with underwater remote video surveys and working in offshore wind parks. The survey includes a minimum of three remote operated video transects at two different times (spring and autumn), locations to be determined. The budget covers a day rate of €10k incl. equipment, monitoring protocol, vessel, personnel and down-time, data processing and reporting incl. QA/QC for a total of 5 survey days (total €50k). In addition water and soil samples will be collected and a Niskin rosette will be placed at 2 locations for 24h to collect water samples for eDNA and metadata barcoding analysis (€30k).
Activity #7 - EMF survey Service - data collection Company - Waterproof	34	To be able to determine how the eggs are positioned in relation to the EMF the levels need to be measured simultaneously to the video surveys (objective 3 - see activity above). This combined survey has been carried out previously by Bureau Waardenburg and Waterproof for the research program WoZep (2i). The vessel is covered in the budget of activity 6, this budget covers the EMF equipment, personnel and data processing (€34).
Activity #8 - EMF survey Service - data collection Company - TNO	50	To be able to determine the most cost-effective mitigation measures with the lowest impact on the existing work method the reduction levels per measure need to be available (objective 5). Given TNOs extensive knowledge on EMFs they will provide the data required for this analysis. This includes the assessment of alternative cable configuration(s), the use of other frequency(s), deeper burial of cabling or increasing the voltage used in order to reduce the electric current. The budget is a lumpsum which includes a quantitative assessment of the reduction potential of each measure (€50k).
Activity #9 - Dive survey Service - Video Company - Dutch Maritime Productions	20	As part of the dissemination of the project results it is important to show end-users e.g. OWF owners, offshore grid owners and decision makers the impact of the project results (objective 6). This will be done by collecting dive video on hard substrate (cable crossings) to show the potential of hard substrate as a reef function, as well as the elasmobranchs that are present in the OWF. The budget includes a dive survey and editing the video's (€20k).
Activity #10 - eDNA Service - Data processing Company - WUR	19	In order to compile a risk and opportunities framework it is important to determine if OWF function as a refugia area, and if elasmobranchs visit the artificial reefs (objective 5). This will be done by collecting water and soil samples during activity 4 and 6 and processing these for eDNA. The processing of the samples will be conducted by the Marine Animal Ecology group which supports the only laboratory in the Netherlands equipped for Nanopore elasmobranch eDNA. The budget includes eDNA collection and lab processing (25€/sample), sequencing Nanopore MinION (€12k) and bioinformatics (€1.5k) for 240 eDNA samples (€19K total)
Activity #11 - DNA metadata barcoding	35	For the same reason as stated above in activity 10 samples will be processed with metadata barcoding to be able to compare relative abundance between locations. The budget includes specimen handling (€5k), lab processing (€8k),

Service - Data processing Company - Naturalis		sequencing NovaSeq 3Gb (€12k) and bioinformatics (€5k) and reporting (€5k) for 240 samples.
Activity #12 - DNA Service - Rent equipment Company - VLIZ	20	In order to collect a 24h sequence of (relative) diversity water samples will need to be taken at hourly intervals (objective 5). This will be done by a Niskin Rosette that will be rented from the VLIZ institute in Belgium. The budget includes the rental (incl. weather delays) and the transport of the rosette (€20k). The placement of the Rosette will be done during the surveys of activity 4 and 6 and is not included in this budget.
Activity #13 - Other	40	This budget is reserved to attend congresses to disseminate project results (objective 7). The budget considers the attendance of 4 international conferences, two in the EU (€1,5k) and 2 in the USA (€2,5k) during the entire project duration and covers an average of tuition fee, traveling expenses and accommodation for two project personnel (total €8k). The budget includes €10k for travel and accommodation expenses for field work visits to Zeeland where the laboratory work will be conducted. Another €15k is included for the organisation/execution of five workshops with the steering committee/ other end-users from the industry. In addition the budget covers €7k in visualisation for the dissemination of the results (infographic, sketches of migration measures and design guidelines).
	728	Total material credit

Module: Money follows Cooperation

<i>Expert, Company and type of work</i>	<i>Budget</i>	<i>Motivation</i>
Expert - Dr. Andrew Gill Service - Expert consultation Company - Cefas	50	<p>The project consortium will be supported by Dr Andrew Gill from the Centre of Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (Cefas). Cefas is a centre for applied marine and freshwater science and research based in the UK. Dr. Gill is an leading expert in the field of electromagnetic fields in relation to Elasmobranchs. Most the recent work done, including the only two field studies to date (BOEM, 2018, Gill et al. 2009) have been conducted with a team with Dr. Gill as PI or co-PI. By involving Dr. Gill as special advisor to the project, we are is ensured of his experience and expertise. Through his involvement with earlier and ongoing work the project can build closely on previous work research projects. In addition it will allow access to an international network, allowing access to other experts, crosspollination of ideas and overall increased quality.</p> <p>The budget is a lump sum for involvement in the steering commission and support of the PhD candidate and will allow for approximately 70 hours per year, based on 60 months €125 per hour, and include travel and accommodation expenses for one visit per year.</p>
Activity - Fish and trend Service - Data collection Company - Cefas	15	In order to have the highest chances of recording sufficient elasmobranch events with the BRUVs survey it is important to assess the highest density of elasmobranchs in the Dutch North Sea. An assessment of the fisheries and production data from the Southern North Sea collected by Cefas can provide insight in the distribution and abundance. The budget includes the compilation of existing data and processing into density tables or, if proven possible, maps to assess areas with the highest abundance.

Statement**13. Statement by the PI**

- By submitting this form through ISAAC, I declare that I have completed this form truthfully and I declare that I have informed the correct official(s) of my employing institute of this submission (e.g. the scientific director or dean).
- By submitting this form I declare that I satisfy the nationally and internationally accepted standards for scientific conduct as stated in the Netherlands Code of Conduct for Scientific Practice 2012 (Association of Universities in the Netherlands).
- By submitting this form I declare that I endorse and follow the Code Openness Animal Experiments (if applicable, see <http://www.knaw.nl/nl/actueel/publicaties/code-openheid-dierproeven>) and the Code Biosecurity (if applicable, see <http://www.knaw.nl/nl/actueel/publicaties/a-code-of-conduct-for-biosecurity>).

Name: Prof dr. Albertinka J. Murk

Place: Wageningen

Date: 7th of October 2019

Please submit the **application** accompanied by the **separate file listing the suggested referees**, the separate **letters of commitment** and the separate "**passendheidsverklaring**" to NWO in electronic form (**pdf format is required!**) using the ISAAC system, which can be accessed via the NWO website (www.isaac.nwo.nl). The application must be submitted from the account of the main applicant. For any technical questions regarding submission, please contact the ISAAC helpdesk (Isaac.helpdesk@nwo.nl).
