

Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (west)

Effecten van aanleg op zeezoogdieren

Dr. F. Heinis

Eindrapport d.d. 29 augustus 2019

Inhoud

1	Inleiding.....	3
1.1	Achtergrond en kader.....	3
1.2	Offshore windenergiegebied Hollandse Kust (west)	3
2	Uitgangspunten bepaling effecten van impulsief geluid door aanleg windpark	5
2.1	Overzicht stappen effectbepaling.....	5
2.2	Bepaling van het brongeluid en de verspreiding ervan	6
2.3	Berekening van effecten door heien op bruinvissen en zeehonden	8
2.4	Beoordeling van effecten	14
3	Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (west) – kavel VI	16
3.1	Inleiding	16
3.2	Effecten op populaties van zeezoogdieren.....	16
3.3	Effecten op Natura 2000-gebieden	21
3.4	Effecten op beschermde soorten	25
3.5	Mitigerende maatregelen.....	25
4	Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (west) – kavel VII	27
4.1	Inleiding	27
4.2	Effecten op populaties van zeezoogdieren.....	27
4.3	Effecten op Natura 2000-gebieden	31
4.4	Effecten op beschermde soorten	34
4.5	Mitigerende maatregelen.....	35
5	Cumulatieve effecten	36
5.1	Afbakening.....	36
5.2	Cumulatieve effecten van Hollandse Kust (west)	36
5.3	Cumulatieve Effecten wind op zee op NCP (2016 – 2030)	41
6	Leemten in kennis	42
7	Referenties	45

BIJLAGEN

Bijlage 1 Modelling heigeluid

Bijlage 2 Modelling geofysische surveys

Bijlage 3 Gehoorgevoeligheid bruinvis en zeehond

1 Inleiding

1.1 ACHTERGROND EN KADER

Bij het heien van funderingen voor windturbines wordt veel geluid geproduceerd, waardoor zeer hoge geluidsniveaus in de omgeving van de heilocatie kunnen ontstaan. Afhankelijk van de afstand waarop dieren zich van de bron bevinden, kan dit bij zeezoogdieren tot effecten op het gedrag leiden of tot fysiologische effecten, zoals een tijdelijke of permanente verhoging van de gehoordrempel (TTS = *temporary threshold shift* en PTS = *permanent threshold shift*).

In het afgelopen decennium is de kennis over en het inzicht in de mogelijke effecten van heigeluid op de dominant in de Noordzee voorkomende zeezoogdieren (bruinvis, zeehonden) sterk toegenomen. Deze kennis is verwerkt in het in 2015 opgestelde 'Kader Ecologie en Cumulatie' (KEC). Dit toetsingskader bevat o.a. een aanpak voor het bepalen en beoordelen van cumulatieve effecten van het tijdens de aanleg geproduceerde impulsieve onderwatergeluid op belangrijke populaties van zeezoogdieren (Heinis e.a. 2015).

Door het sluiten van het Energieakkoord in 2013 is tot 2023 voorzien in de ontwikkeling van windparken in de windenergiegebieden Borssele, Hollandse Kust (zuid) en Hollandse Kust (noord). Met de publicatie van de routekaart windenergie op zee 2030 op 27 maart 2018 heeft het kabinet de voorziene uitrol gepresenteerd voor de verdere realisatie van windenergie op zee voor de periode 2024 tot en met 2030. In deze routekaart zijn de planning en keuze voor gebruik van bepaalde aangewezen windenergiegebieden voor de periode tot 2030 opgenomen. De kavelbesluiten voor de ontwikkeling van windenergie op zee in deze gebieden moeten ook worden beoordeeld aan de hand van het toetsingskader Ecologie en Cumulatie (KEC). In het KEC (update 2016) is met deze nieuwe ontwikkelingen echter nog geen rekening gehouden. Een nieuw KEC, waarin drie nieuwe windenergiegebieden, inclusief windenergiegebied Hollandse Kust (west) zijn meegenomen, is daarom begin 2019 gepubliceerd (www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie-zee/ecologie/cumulatie/kader-ecologie/). In dit KEC 3.0 zijn de resultaten van recent onderzoek en de nieuwste inzichten op het gebied van (de effecten van) impulsief onderwatergeluid verwerkt. In het KEC 3.0 zijn ook grenzen gesteld aan de hoeveelheid tijdens de bouw te produceren onderwatergeluid (geluidsnorm) om ervoor te zorgen dat een bepaalde ecologische norm niet wordt overschreden (zie verder § 2.3).

1.2 OFFSHORE WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST (WEST)

In het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zullen twee kavels worden uitgegeven, kavel VI en kavel VII. Voor kavel VI zullen bovendien twee verkavelingsvarianten worden onderzocht, een noordelijke variant (het basisalternatief) en een zuidelijke, ten zuiden van kavel VII gelegen verkavelingsalternatief (Ministerie van EZK, 2019).

Bij het bepalen en beoordelen van de effecten van de constructie van de windparken zijn daarnaast voor elk van de twee kavels (VI en VII) twee alternatieve opstellingen onderzocht:

- Alternatief 1, een opstelling met 76 turbines van 10 MW;
- Alternatief 2, een opstelling met 47 turbines van 16 MW.

Met deze twee alternatieven kan een beeld worden gekregen van de maximale bandbreedte van mogelijke effecten. Voor beide alternatieven is verder uitgegaan van monopaalfunderingen,

waarvan er, als de weersomstandigheden andere logistieke omstandigheden dat toelaten 2 per 3 dagen worden geheid.

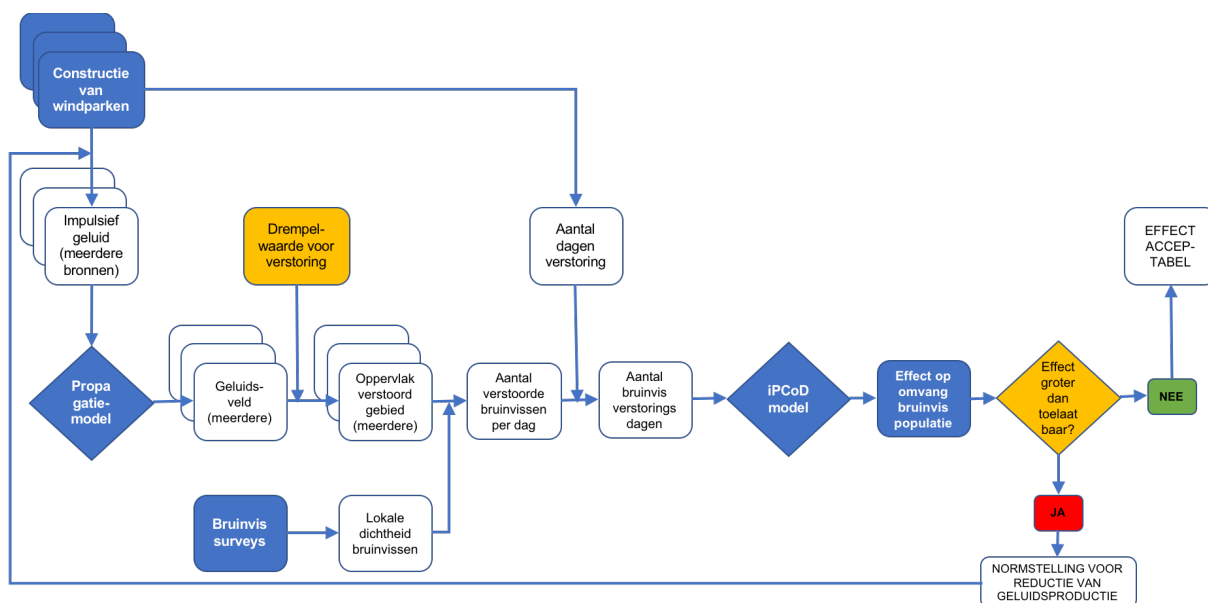
TNO heeft voor het KEC 3.0 berekeningen uitgevoerd. Daarbij zijn voor elk van de twee kavels van windenergiegebied Hollandse Kust (west) op een representatieve, realistische *worst case* heillocatie mogelijke effecten op bruinvissen onderzocht. De resultaten van deze berekeningen zijn in dit MER als uitgangspunt genomen (Heinis e.a. 2019). Voor het bepalen van de effecten op zeehonden zijn aparte berekeningen uitgevoerd, waarbij is uitgegaan van een geluidsnorm van 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m). De resultaten van deze, in bijlage 1 opgenomen berekeningen zijn conform Heinis e.a. (2019) geïnterpreteerd waarna de mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden zijn bepaald en beoordeeld. Daarnaast is onderzocht in hoeverre significante effecten op de, voor bruinvissen en zeehonden natuurlijke kenmerken van Natura 2000-gebieden zijn te verwachten en is op nationale en internationale schaal getoetst of de gunstige staat van instandhouding van de populaties in het geding is.

2 Uitgangspunten bepaling effecten van impulsief geluid door aanleg windpark

2.1 OVERZICHT STAPPEN EFFECTBEPALING

De bepaling van mogelijke (cumulatieve) effecten van impulsief onderwatergeluid tijdens de aanleg van windparken op de Noordzee op de relevante populaties van zeezoogdieren (met nadruk op de bruinvis) verloopt via een stapsgewijze procedure, de zogenaamde 'redeneerlijn'. Daarbij zijn de volgende, in Figuur 2-1 weergegeven stappen te onderscheiden:

1. Berekenen van een realistische *worst case* in de verspreiding van het geluid als gevolg van een enkele klap voor elk windpark; aan deze berekening ligt informatie over de bronsterkte, lokale omgevingsfactoren (w.o. bathymetrie en bodemsamenstelling) en kennis over de wijze waarop geluid in water propageert ten grondslag;
2. Berekenen van de oppervlakte door impulsief geluid verstoord gebied voor elk windpark; de berekende geluidverspreiding en een, eventueel frequentie gewogen, drempelwaarde voor het optreden van een significante gedragsverandering zijn hiervoor bepalend;
3. Berekenen van het aantal door geluid verstoorde bruinvissen uit de berekende verstoorde oppervlakten vermenigvuldigd met de lokale dichtheid van bruinvissen per seizoen;
4. Berekenen van het aantal bruinvisverstoringdagen uit het aantal verstoorde dieren per dag vermenigvuldigd met het aantal verstoringdagen;
5. Schatten van het mogelijke effect op de populatie met gebruikmaking van het iPCoD model;
6. Beoordelen van de geschatte populatieafname en toetsen aan de, door de overheid gestelde ecologische doelstelling (Ministerie van EZ & Ministerie van IenM, 2016 a, b).



Figuur 2-1 Schematische weergave van de stappen in de redeneerlijn voor het bepalen en beoordelen van de cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op bruinvissen bij de constructie van windparken

2.2 BEPALING VAN HET BRONGELUID EN DE VERSPREIDING ERVAN

Voor het schatten van de onderwatergeluidniveaus die optreden bij de constructie van windparken volgens de 'routekaart windenergie op zee 2030'¹ is gebruik gemaakt van het, in het kader van Wozep² ontwikkelde, Aquarius 4 model (de Jong e.a. 2019).

Dit model wijkt een op een aantal punten af van het eerder gebruikte Aquarius 1 model:

- In Aquarius 4 is het puntbronmodel van Aquarius 1 vervangen door een zogenaamd lijnbronmodel dat de eigenschappen van de hamer en paal direct meeneemt; dit betekent dat het effect van de paaldiameter, de hei-energie en de massa/stijfheden van de paal + hamer direct in het bronmodel worden meegenomen. In Aquarius 1 werd voor de bronsterkte van het heigeluid uitgegaan van de bovengrens van verschillende schattingen van de bronsterkte van de tijdens de bouw van het Prinses Amalia windpark (Q7) gemeten geluidsniveaus (de Jong & Ainslie, 2012). De bronsterkte werd geschaald naar hogere hei-energie o.b.v. de aanname dat een vast percentage van de klapenergie wordt omgezet in geluidenergie.
- In Aquarius 4 is meegenomen dat bij frequenties onder 250 Hz de absorptie van het sediment niet lineair is; dit is gebaseerd op beschikbare literatuur en de Gemini U8 paal metingen (zie Binnerts e.a. 2016);
- In tegenstelling tot de berekeningen met het Aquarius 1 model, wordt in Aquarius 4 het effect van wind verwaarloosd. In de Aquarius 1 berekeningen werd wel rekening gehouden met het effect van wind op de geluidoverdracht. Op grond van de validatiestudie (Binnerts e.a. 2016) is geconcludeerd dat het toegepaste model voor verstoring van het wateroppervlak door wind tot een overschatting van het propagatieverlies leidt. Dat werd in Aquarius 1 deels gecompenseerd door een onderschatting van het propagatieverlies als gevolg van het toepassen van een puntbron-model voor de heipaal in plaats van een lijnbron.

Het gebruik van het Aquarius 4 model leidt tot betrouwbaardere rekenresultaten die beter overeenkomen met de in het veld gemeten breedband geluidsniveaus (de Jong e.a. 2019). Voor de berekeningen in het kader van het KEC 3.0 is uitgegaan van een realistische *worst case* voor de hamer- en paalparameters (zie verder Heinis e.a. 2019). Net als bij Aquarius 1 worden met Aquarius 4 als output onderwatergeluidkaarten gegenereerd.

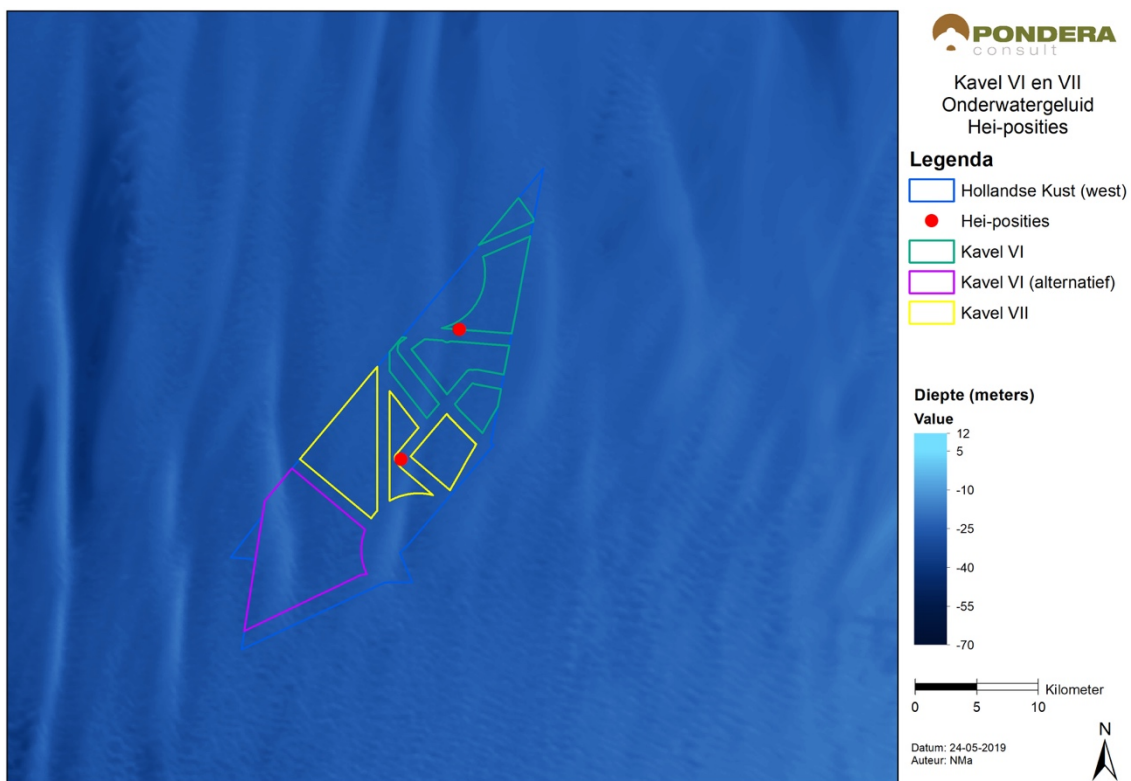
Voor het KEC 3.0 zijn effecten van de 'routekaart 2030 windparken' berekend voor de situatie dat de propagatie van het heigeluid niet door het nemen van mitigerende maatregelen wordt gedempt en voor de situatie dat geluidsnormen zullen worden toegepast. In deze notitie worden uitsluitend de effecten beschreven voor de situatie dat één universele geluidsnorm van 168 db re 1 μ Pa²s (750 m) wordt toegepast, omdat daardoor is verzekerd dat in cumulatie met geen ongewenste ecologische effecten optreden. Om een indruk te krijgen van de reikwijdte van het effect zijn voor elk van de twee kavels van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor een representatieve *worst case* paalpositie berekeningen uitgevoerd (Figuur 2-2). Dit betekent dat in elk kavel een relatief diep punt is gekozen. In beide kavels ligt de waterdiepte tussen 19 en 30 m. Voor overige parameters, zoals de geluidssnelheid in het water en de bodem en de bodemabsorptie zijn realistische waarden gekozen (zie verder bijlage 1).

¹ Kamerstukken II, 2017/18, 33 561, nr. 42.

² Wozep = Wind op Zee Ecologisch Programma, zie <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-33561-26.html> en <https://www.noordzeeloket.nl/functies-gebruik/windenergie/ecologie/wind-zee-ecologisch/>

Intermezzo Validatie Aquarius 4.0 model

Het hier toegepaste Aquarius 4.0 model is onlangs gevalideerd aan de hand van de resultaten van metingen verricht tijdens de aanleg van de windparken Gemini en Luchterduinen (de Jong e.a. 2019). Daarbij zijn vergelijkingen gemaakt tussen gemeten en berekende onderwater geluidsniveaus tot op een maximale afstand van 66 km van de heilocatie. Uit deze vergelijkingen blijkt dat de gemodelleerde breedband SELs goed overeenkomen met de gemeten waarden in het veld. Dit geldt echter in mindere mate als naar de niveaus van afzonderlijke frequenties wordt gekeken: de voorspelde niveaus bij hogere frequenties (> 1 kHz) liggen tot 10 dB onder die van de gemeten niveaus (zie § 9.2 in de Jong e.a. 2019). Het is nog niet duidelijk of dit voor deze frequenties een gevolg is van een onderschatting van het afgestraalde geluid van de paal of een overschatting van het propagatie verlies (of een combinatie daarvan). Voor het reduceren van deze onzekerheid is het van belang dat de modellen worden gevalideerd met meetgegevens van andere windenergieprojecten op zee. Genoemde onderschatting van de niveaus in de hogere frequenties hebben echter geen gevolgen voor de berekeningen van de *worst case* effecten op zeezoogdieren. Deze zijn namelijk gebaseerd op breedband geluidsniveaus en geven vanwege de goede overeenkomst tussen gemeten en gemodelleerde niveaus een betrouwbare inschatting van genoemde effecten.



Figuur 2-2 Paalposities van windpark Hollandse Kust (west) waarvoor berekeningen met AQUARIUS zijn uitgevoerd

Bij de interpretatie van berekende effecten van het door heien gegenereerde onderwatergeluid op mariene organismen is verder het te hanteren heischema van belang. In deze effectbeschrijving is ervan uitgegaan dat in elk van de kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) 76 windturbines van 10 MW (alternatief 1) of 47 windturbines van 16 MW (alternatief 2) zullen worden opgesteld. Het heien van één monopaal turbinefundering zal, zo blijkt uit opgedane ervaring bij de aanleg van o.a. het windpark Luchterduinen, inclusief korte pauzes maximaal ongeveer 2 uur³ duren. Dat betekent dat er in het bouwseizoen maximaal zo'n 152 uur wordt

³ Bij het gebruik van tripod- of jacket-funderingen neemt de totale duur van het heien per fundering toe, omdat per fundering meerdere palen worden geheid, respectievelijk 3 voor een tripod- of 4 voor een jacket-fundering. De totale heitijd per fundering zal daarmee 3 – 6 uur (tripods) of 4 – 8 uur bedragen (jackets) in plaats van maximaal 2 uur voor een monopaal fundering.

geheid voor alternatief 1 (76 palen x 2 uur) en 94 uur voor alternatief 2 (47 palen x 2 uur). Bij de aanleg zal – als de weersomstandigheden en andere, technische of logistieke omstandigheden dat toelaten – een zo compact mogelijk heischema worden gehanteerd. Dit houdt in dat twee turbinefunderingen per 3 dagen worden geheid. Zo kunnen de heiwerkzaamheden onder gunstige omstandigheden in 16 weken (alternatief 1) of in 10 weken (alternatief 2) zijn afgerond. Rekening houdend met mindere weersomstandigheden en/of materiaalpech e.d. is de verwachting dat de heiwerkzaamheden binnen een periode van maximaal 5 maanden (alternatief 1) of 3,5 maanden kunnen worden uitgevoerd (alternatief 2). In Tabel 2-1 zijn genoemde uitgangspunten samengevat.

Tabel 2-1 Uitgangspunten voor berekeningen en effectbepaling

	Alternatief 1	Alternatief 2
Aantal turbines	76	47
Geïnstalleerd vermogen per turbine	10 MW	16 MW
Netto heitijd per monopaal fundering inclusief korte pauzes	2 uur	2 uur
Geschatte periode waarin heiwerkzaamheden plaatsvinden (min-max)	4 – 5 maanden	2,5 – 3,5 maanden

Bij de aanleg van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) spelen naast het heigeluid de volgende bronnen van impulsief onderwatergeluid een rol:

- Geluid dat wordt geproduceerd bij de constructie van het TenneT-platform (1 per kavel);
- Geluid dat wordt geproduceerd tijdens de geofysische surveys voorafgaand aan de bouw van de windparken (4 surveys in het windenergiegebied).

Beide bronnen van impulsief onderwatergeluid zullen in de bepaling van de cumulatieve effecten worden meegenomen.

2.3 BEREKENING VAN EFFECTEN DOOR HEIEN OP BRUINVISSEN EN ZEEHONDEN

2.3.1 Relevante effectparameters

De berekening van de geluidsverspreiding heeft als doel in te kunnen schatten hoeveel bruinvissen en zeehonden effecten kunnen ondervinden van de geluidbelasting tijdens het heien. Deze effecten kunnen zich manifesteren in de vorm van een gedragsrespons, zoals een versnelde ademhaling en wegzwemmen van de geluidsbron of in de vorm van een – fysiologisch – effect op het gehoor waardoor de dieren als gevolg van een langere blootstelling aan verhoogde geluidsniveaus tijdelijk (TTS: tijdelijke verhoging van de gehoordrempel) of permanent (PTS: permanente verhoging van de gehoordrempel) minder goed kunnen horen. Op grond van de resultaten van eerdere, voor ‘Ronde 2’ windparken uitgevoerde berekeningen is geconcludeerd dat **effecten op het gedrag maatgevend** zijn voor mogelijke effecten op populaties. Dit heeft onder andere te maken met het feit dat het gebied waarin bruinvissen en zeehonden TTS en PTS kunnen oplopen veel kleiner is dan het gebied waarbinnen gedragseffecten kunnen optreden. Bovendien treedt, mits PTS wordt voorkomen door het toepassen van mitigatie, bij alle mogelijk beïnvloede dieren volledig herstel van het gehoor op (bij verreweg de meeste binnen enkele uren na verlaten van het beïnvloedingsgebied of na afloop van het heien).

Met betrekking tot de mogelijke permanente effecten op het gehoor van bruinvissen (**PTS** = permanente verhoging van de gehoordrempel), kan ervan worden uitgegaan dat deze met het nemen van maatregelen kunnen worden voorkomen of in het geheel niet zullen optreden. Voor het MER voor windenergiegebied Hollandse Kust (noord) is beredeneerd dat, zelfs bij de soeplste geluidnorm van $SEL_{SS} = 174 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m de PTS-afstanden ruim binnen het bereik van

'acoustic deterrent device' (ADD)⁴ liggen, waardoor de dieren tot buiten de PTS-contour kunnen worden verdreven (Heinis, 2018). Voor windenergiegebied Hollandse Kust (west) is van een strengere geluidnorm uitgegaan, wat betekent dat de effectafstanden kleiner zullen zijn. Bovendien is het risico verwaarloosbaar klein dat effecten van PTS bij relatief lage frequenties (< 10 kHz) tot effecten op de overleving of vruchtbaarheid van bruinvissen en zeehonden, en daarmee op de populatie zullen leiden. Dit was een belangrijke conclusie van de recente workshop met zeezoogdierspecialisten voor de update van het Interim PCoD model (Booth & Heinis, 2018).

2.3.2 Drempelwaarden

Drempelwaarden voor het optreden van een significante gedragsrespons zijn zo veel mogelijk afgeleid uit recente 'peer reviewed' literatuur. Tabel 2-1 bevat een overzicht van de criteria die bij het bepalen van effecten op bruinvissen en zeehonden van belang zijn met de bijbehorende waarden. Daarbij is ervan uitgegaan dat de geluidsenergie van een enkele (maximale) heiklap bepaalt of er een significante gedragsverandering optreedt (verstoring). Voor effecten op het gehoor (PTS) gaat het om de totale geluidsdosis, i.e. de 'optelsom' van meerdere geluidpulsen, waaraan dieren tijdens het heien van één paal zijn blootgesteld (cumulatieve SEL). Voor de argumentatie bij de in de tabel opgenomen waarden wordt verwezen naar het in hoofdstuk 2 van Heinis e.a. (2015) opgenomen Intermezzo Drempelwaarden voor effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren.

Tabel 2-2: Drempelwaarden voor het inschatten van effecten op bruinvissen en zeehonden. SEL₁ = geluidsdosis als gevolg van een enkele heiklap; SEL_{CUM} = geluidsdosis door een zwemmend dier ontvangen als gevolg van het heien van de gehele paal; SEL_{1/CUM,w} = M-gewogen SEL voor zeehonden in water (zie Southall et al. 2007)

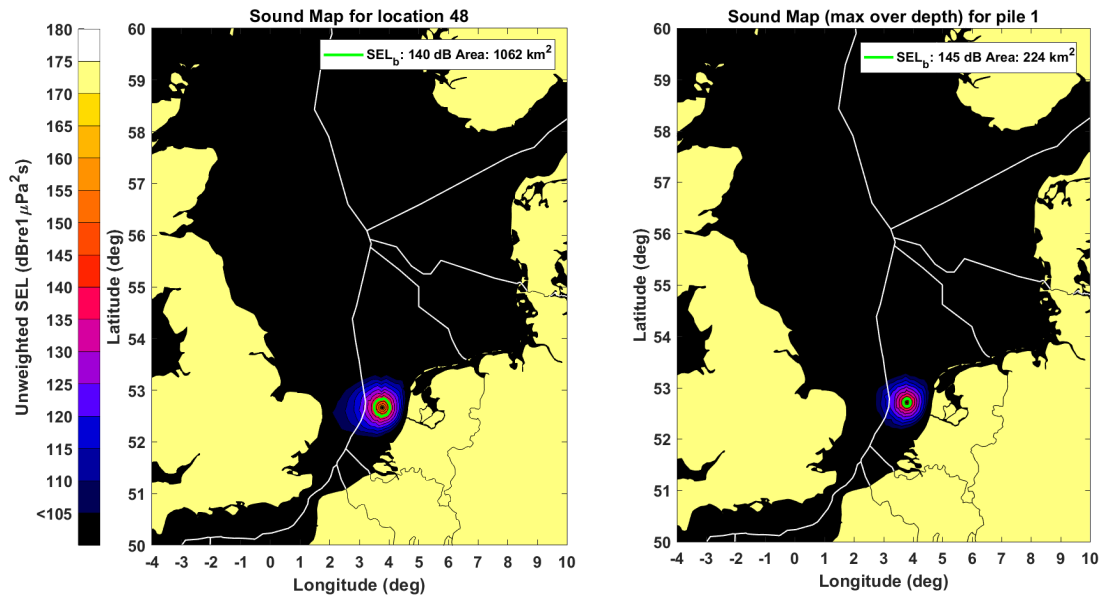
Soort	type effect	waarde	bron
Bruinvis	Gedragsrespons (verstoring)*	SEL _{SS} > 140 dB re 1 μPa ² s	Heinis, de Jong & Werkgroep onderwatergeluid (2015)
	PTS-onset	SEL _{CUM} > 179 dB re 1 μPa ² s	TTS-onset uit Lucke e.a. (2009) + 15 dB
Zeehonden	Gedragsrespons (verstoring)*	SEL _{SS,w} > 145 dB re 1 μPa ² s	SEAMARCO 2011
	PTS-onset	SEL _{CUM,w} > 186 dB re 1 μPa ² s	Southall e.a. (2007)

* Gedrag met een score van 5 of hoger op de gedragsrespons-schaal van Southall e.a. (2007). Dit betreft gedragingen als veranderingen in zwemgedrag en ademhaling, mijden van een bepaald gebied en veranderingen in roep- of klikgedrag (t.b.v. communicatie of foerageren).

2.3.3 Toepassen drempelwaarden bij bepalen van oppervlakten beïnvloed gebied

De effecten van heigeluid op het gedrag zijn berekend aan de hand van de met AQUARIUS gegenereerde onderwatergeluidkaarten, waarin de verdeling van de ruimtelijke geluidsimmissies als gevolg van een enkele heiklap is weergegeven (SEL_{SS}). Vervolgens is voor bruinvissen en zeehonden bepaald op welke afstand van de heilocatie de drempelwaarden voor de significante **gedragsrespons** (verstoring) worden overschreden. Een voorbeeld van de resulterende contouren is weergegeven in Figuur 2-3.

⁴ Omdat ADDs geluid produceren bij andere frequenties dan heigeluid, zijn mogelijke cumulatieve effecten op het gehoor verwaarloosbaar.



Figuur 2-3 Berekende verdeling van SEL₁ bij heien met toepassen van een geluidsnorm van 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ in kavel VI van windenergiegebied Hollandse kust (west). De groene lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen (links) en zeehonden (rechts).

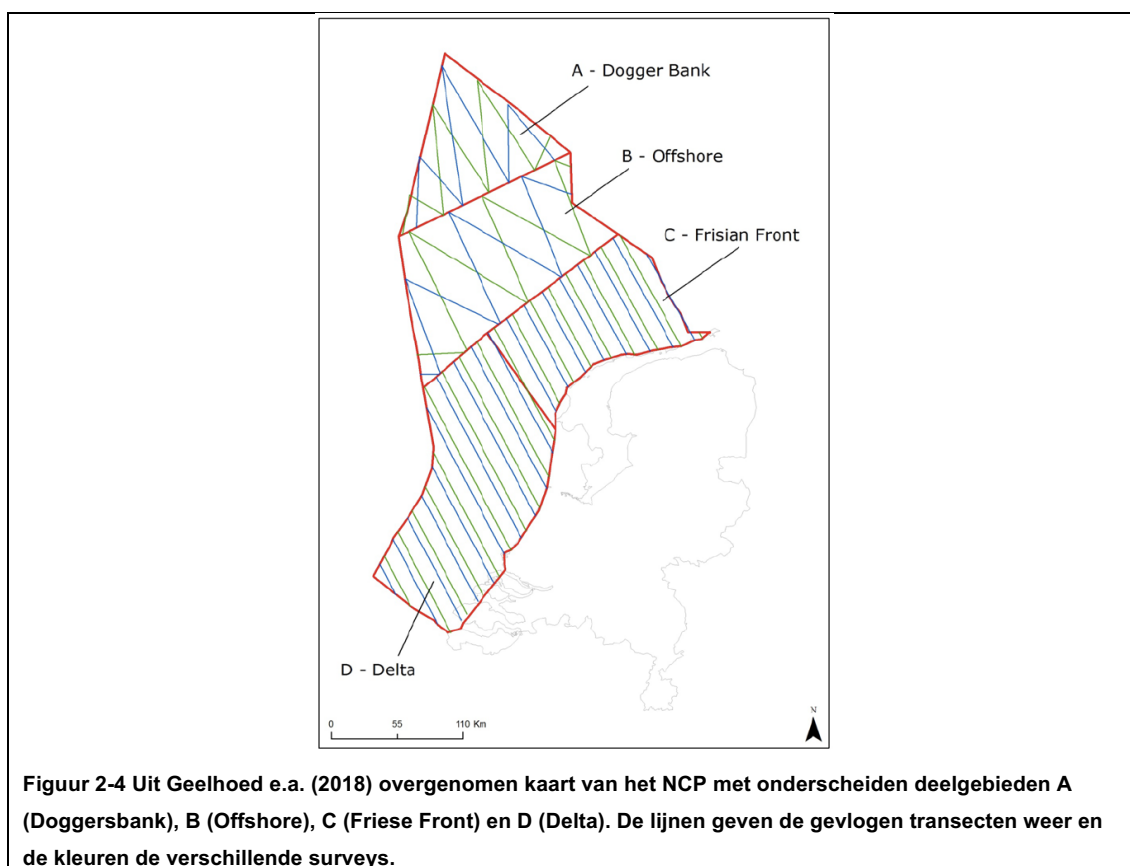
Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen en zeehonden (PTS) zijn geen berekeningen uitgevoerd. In § 2.3.1 is beredeneerd dat PTS door het toepassen van de geluidnorm en een 'slow start', eventueel in combinatie met ADD's, niet zal optreden.

2.3.4 Berekenen van het aantal verstoorde dieren

Bij het berekenen van het aantal door heigeluid beïnvloede dieren is ervan uitgegaan dat dit alle dieren betreft die aanwezig zijn binnen de contour waar de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden (*worst case*). Daarnaast is ervan uitgegaan dat de verstoring voor alle dieren die zich bij aanvang van de geluidproductie binnen deze contour bevinden even lang duurt. Dit betekent dus dat een dier dat zich bij de start van het heien dichtbij de geluidsbron bevindt net zo lang verstoord blijft als een dier dat zich veel verder bevindt. Er zijn uit Duits en Deens veldonderzoek bij de bouw van windparken aanwijzingen dat deze aannames sterke simplificaties van de werkelijkheid zijn (Brandt e.a. 2011; Dähne e.a. 2013; Diederichs e.a. 2014; Thompson e.a. 2013). Vooralsnog is het echter niet mogelijk om op basis van deze waarnemingen meer realistische aannames te doen.

Voor **bruinvissen** is voor elk van de paalposities het aantal door heigeluid verstoorde dieren berekend door het verstoringsooppervlak te vermenigvuldigen met de gemiddelde bruinvisdichtheid voor de tijd van het jaar waarin de verstoring plaatsvindt. Bij de berekening is uitgegaan van de resultaten van vliegtuigtellingen die zijn gerapporteerd door Geelhoed e.a. (2018). Daarbij is voor de dichtheid in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) uitgegaan van de geschatte gemiddelde dichtheid in deelgebied D (zie Figuur 2-4). Deze bedragen respectievelijk 0,721 individuen per km² voor de periode januari – mei, 0,698 individuen per km² voor de periode juni – augustus en 0,444 voor de periode september – december. Rond de schattingen ligt een bandbreedte van $\pm 50\%$ rond het gemiddelde. Volgens Geelhoed e.a. (2011) geven de schattingen een realistisch beeld van de (variatie) in dichtheden van bruinvissen in laatste jaren. Uit figuur 3.9.3

in Arts (2012) blijkt dat de gemiddelde dichtheid van bruinvissen op het NCP in de periode 2005 – 2011 min of meer is gestabiliseerd, na een sterke trendmatige toename in de periode ervoor.



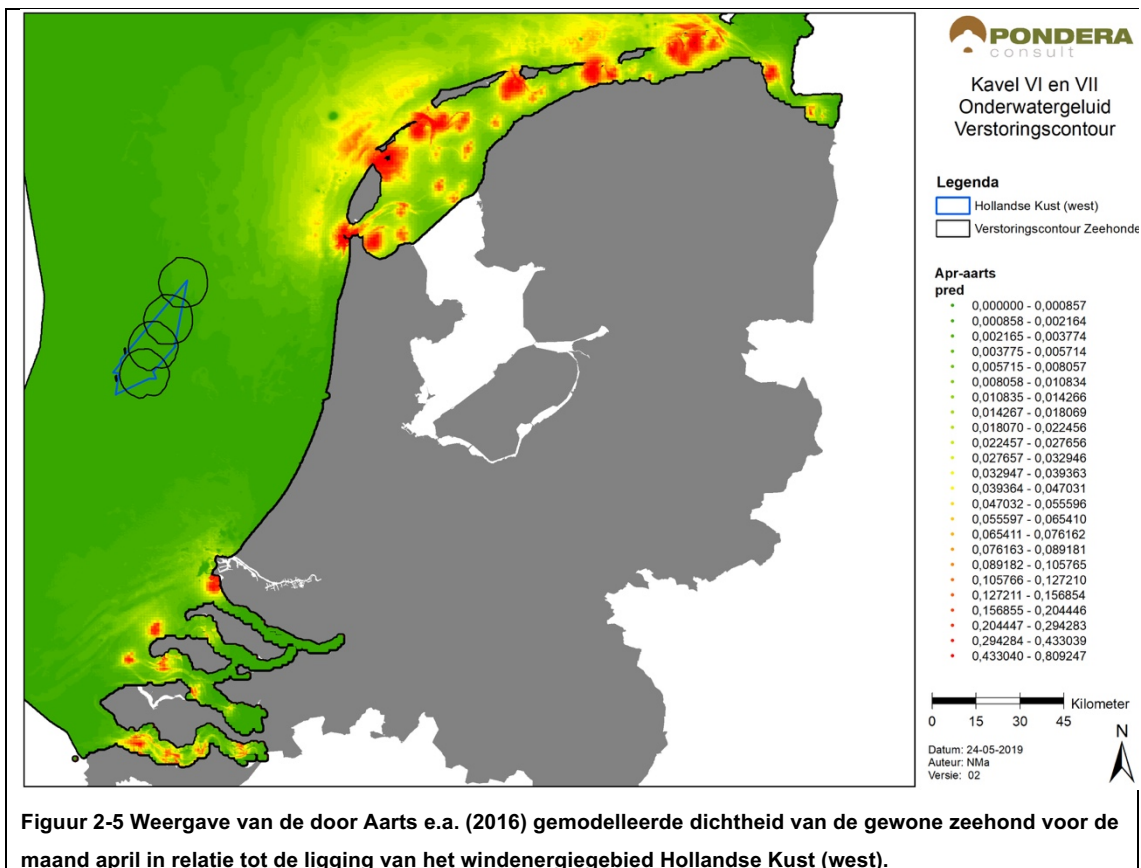
Voor het schatten van het aantal, bij aanvang van de hei-activiteit verstoorde **zeehonden** op het NCP is uitgegaan van de kaarten van Aarts e.a. (2016) waarin voor elke maand, met uitzondering van de maand augustus⁵ de dichtheid van de Nederlandse gewone zeehonden is gemodelleerd. In Figuur 2-5 is als voorbeeld de kaart van de maand april weergegeven. De kleuren in de kaart geven de dichtheid per km² weer (zie Intermezzo Schatting van aantal verstoorde zeehonden voor procedure).

Intermezzo Schatting van het aantal verstoorde zeehonden

De kaarten van Aarts e.a. (2016) geven voor elke maand, met uitzondering van de maand augustus weer hoe de Nederlandse Gewone zeehonden over het NCP zijn verdeeld. Het NCP is daarbij opgedeeld in rastercellen van 200 x 200 meter, waarbij aan elke cel een waarde is toegekend voor het gemiddeld aantal zeehonden dat op enig moment in de betreffende maand in die gridcel aanwezig is.

Voor het berekenen van het aantal (per maand) verstoorde zeehonden zijn de door TNO voor zeehonden berekende verstoringscontouren op de door Aarts aan PONDERA geleverde GIS-kaarten geprojecteerd (1 contour per paalpositie). Het totale aantal dieren dat zich op enig moment binnen de begrenzing van een verstoringcontour bevindt, is berekend door de waarden van de gridcellen binnen de betreffende contour bij elkaar op te tellen.

⁵ In juli-augustus verharen de zeehonden en vallen de zenders af, waardoor er voor de maand augustus geen zenderdata zijn. Overigens is de dichtheid van zeehonden op zee in deze maanden relatief laag, juist vanwege het feit dat dan de verharingsperiode is en de dieren een langere tijd op de ligplaatsten doorbrengen.



2.3.5 Bepalen van populatie-effecten

Voor de bepaling van de effecten van heigeluid op de populaties van zeezoogdieren is voor de windparken van de routekaart 2030, waaronder die binnen het windenergiegebied Hollandse Kust (west) uitgegaan van de aanpak die in het kader van het het KEC is ontwikkeld (Heinis e.a. 2015) en in 2018 is geüpdatet (Heinis e.a. 2019), zie § 2.1 voor een schematische weergave van de stappen in de redeneerlijn. Bij het bepalen van de mogelijke doorwerking van effecten van heigeluid op zeezoogdieren is ervan uitgegaan dat de effecten op het gedrag daarvoor maatgevend zijn en dat door het nemen van mitigerende maatregelen (toepassen 'slow start' en geluidsnorm, eventueel in combinatie met Acoustic Deterrent Devices) wordt voorkomen dat permanente effecten op het gehoor optreden (PTS).

Voor **bruinvissen** is ervoor gekozen gebruik te maken van het Interim PCoD model van SMRU/University St. Andrews (Harwood e.a. 2013). De benaderingswijze die aan dit model ten grondslag ligt, wordt internationaal gebruikt (NRC, 2005; New e.a. 2014) wat betekent dat niet alleen de werkwijze, maar ook de verkregen uitkomsten internationaal vergelijkbaar zijn⁶. In het Interim PCoD model wordt een kwantitatieve relatie gelegd tussen gedragsverandering en factoren als overlevingskans en reproductiesucces (*vital rates*). De relatie is afgeleid door het raadplegen van deskundigen volgens een formeel *expert elicitation* proces, aangezien voor veel soorten meetgegevens voor het draaien van een 'full' PCoD model cf. New e.a. (2014) ontbreken. Daarbij zijn diverse technieken toegepast om de meningen van experts onafhankelijk te wegen en een

⁶ Een ander model, DEPONS (Disturbance Effects on the harbour Porpoise population in the North Sea), waarmee effecten van verstoring door heigeluid op de bruinvisspopulatie kunnen worden geschat, was ten tijde van het KEC 1.0 nog niet beschikbaar (Van Beest e.a., 2015, Nabe-Nielsen e.a., 2014). Een eerste versie voor algemene toepassing kwam in april 2017 beschikbaar. Er is inmiddels van die versie een update verschenen die is te downloaden via depons.au.dk.

numeriek schatting van de onzekerheid in de relatie te kunnen geven. In 2018 zijn een tweetal workshops gehouden waarin via *expert elicitation* op basis van nieuwe kennis en verbeterde inzichten voor bruinvissen en zeehonden opnieuw relaties zijn afgeleid (Booth & Heinis, 2018; Booth e.a. 2019). De resultaten zijn verwerkt in versie 5.0 van het iPCoD model, die in maart 2019 voor algemeen gebruik is vrijgegeven (<http://www.smruconsulting.com/release-ipcodb-version-5/>).

Voor de berekeningen die in het kader van het KEC 3.0 zijn uitgevoerd en die als uitgangspunt zijn genomen voor dit MER, is een beta-versie van iPCoD 5.0 gebruikt, waarin de resultaten van de workshops voor bruinvissen al waren verwerkt. Tijdens de *expert elicitation* workshop bleek dat de effecten van verstoring door heigeluid op *vital rates* met name voor bruinvissen aanzienlijk minder groot werden ingeschat dan bij de (schriftelijke) *expert elicitation* in 2013. Dit had er o.a. mee te maken dat de experts er bij het vormen van hun oordeel over het effect van verstoring op de *vital rates* gebruik konden maken van de resultaten van berekeningen met een door de Universiteit van St. Andrews in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam ontwikkeld energetisch model voor bruinvissen. Dit model is o.a. gevoed met de meest recente gegevens die in het kader van Wozep en het monitoringprogramma van het GEMINI-windpark door SEAMARCO zijn verzameld. Het model was een belangrijk hulpmiddel bij het vormen van een gefundeerd oordeel, waardoor bij de experts in veel gevallen ook meer consensus over de mogelijke effecten ontstond. Daarnaast zijn de experts er bij hun beoordeling van de effecten van verstoring door heigeluid op de *vital rates* van bruinvissen van uitgegaan dat het heien van één fundering gemiddeld genomen tot een verstoring van maximaal 6 uur zal leiden, in plaats van 24 uur in de eerdere *elicitation* (Booth e.a. 2019).

Voor het KEC 3.0 zijn verschillende scenario's voor de ontwikkeling van wind op zee doorgerekend. De uitkomsten laten zien dat er een verband bestaat tussen het aantal bruinvisverstoringsdagen en de reductie van de bruinvispopulatie op de Noordzee (Heinis e.a. 2019). De volgende benaderingsformule geeft het verband weer als van een 95% zekerheid wordt uitgegaan (= 5% kans dat de berekende populatiereductie groter is):

$$\text{Populatiereductie} = 1,06 \times 10^{-4} \times \text{bvvd}^{1,17}$$

De populatiereductie is daarbij uitgedrukt in het aantal individuen en bvvd staat voor het aantal bruinvisverstoringsdagen⁷.

Het totale aantal **bruinvisverstoringsdagen** is berekend door het aantal mogelijk verstoorde dieren per dag te vermenigvuldigen met het aantal **verstoringsdagen**. In het iPCoD model versie 5.0 wordt ervan uitgegaan dat elke (impuls)dag waarop wordt geheid (ongeacht de heiduur) bij alle bruinvissen die zich binnen de verstoringscontour bevinden tot een 6 uur durende verstoring leidt (zie hiervoor). Dit is een pragmatische keuze. Het **aantal mogelijk verstoorde bruinvissen per dag** wordt berekend door het berekende verstoringsoppervlak te vermenigvuldigen met een schatting van de dichtheid van de onverstoorde populatie rond het berekende verstoringsoppervlak. Voor de meest actuele dichtheidsschatting van bruinvissen is gebruik gemaakt van de door Geelhoed e.a. (2011, 2014, 2015, 2018) gerapporteerde resultaten van vliegtuigtellingen.

⁷ Het feit dat de relatie niet lineair is, heeft ook implicaties voor het in MER-studies schatten van cumulatieve effecten van verstoring door de aanleg van windparken op zee. Het betekent dat de cumulatieve populatiereductie als gevolg van de constructie van meerdere windparken niet kan worden berekend door de rekenresultaten voor afzonderlijke parken bij elkaar op te tellen. De cumulatieve effecten worden dan namelijk onderschat.

Voor **zeehonden** zijn eventuele cumulatieve effecten van impulsief geluid op de populatie nog niet gekwantificeerd. De *focus* van het onderzoek is op de bruinvis gelegd, omdat werd ingeschat dat de kans dat de populatie van deze soort cumulatieve effecten van impulsief geluid ondervindt groter is dan de kans dat dat bij zeehonden gebeurt. Bruinvissen hebben een grotere kans aan impulsief geluid door heien te worden blootgesteld dan zeehonden. Op de locaties waar de activiteiten voor de aanleg van de windparken van routekaart 2030 zijn gepland is de gemiddelde dichtheid van bruinvissen namelijk veel groter dan die van de twee, vooral in kustwateren voorkomende zeehondensoorten.

De motivatie om in het geval van bruinvissen te kiezen voor het Interim PCoD model is dat voor het zuidelijke deel van de Noordzee gegevens ontbreken over beweging en gedrag van individuen in de ruimte en tijd. Voor zeehonden zijn dergelijke data wel beschikbaar en zou de energetische consequentie van een interruptie in foerageermogelijkheden op basis van de locatie- en duikdata in principe kunnen worden berekend (e.g. New e. a. 2014, Costa 2012). Een, op de berekening van cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehondenpopulaties toegespitst model waarin van deze gegevens gebruik is gemaakt, is in ontwikkeling (WMR, G. Aarts c.s), maar nu nog niet beschikbaar. Voor zeehonden is daarom uitgegaan van de in 2013 ontwikkelde, op onderdelen iets aangepaste en in eerdere effectbeschrijvingen gebruikte redeneerlijn voor het bepalen van effecten op populaties (zie Heinis e.a. 2015). Bij de berekening van de mogelijke effecten op Gewone zeehonden is gebruik gemaakt van een in 2016 geactualiseerde verspreidingskaart (zie § 2.2.4).

2.4 BEOORDELING VAN EFFECTEN

De laatste stap van de redeneerlijn betreft het beoordelen van de geschatte populatieafname en de toetsing aan het, door de overheid vastgestelde maximaal toelaatbare effect op de populatie. Het stellen van ecologische normen, op grond waarvan via 'terugrekenen' geluidnormen zouden kunnen worden afgeleid, maakte geen onderdeel uit van het onderzoek voor het KEC 2015. Op de locaties van de geplande windparken komt vooral de bruinvis in relatief grote aantallen voor, waardoor de kans op eventuele effecten op de populatie van deze soort ook het grootst is. In het vergunningstraject rond de kavels I en II van windenergiegebied Borssele is, mede op basis van advies van de Commissie m.e.r. voor bruinvissen een ecologische norm, te weten een maximaal toelaatbaar effect, voor de windparken van het Energieakkoord vastgelegd met een bijbehorend stelsel van geluidnormen. De principes hiervan zijn vastgelegd in de KEC update 2016 (Ministerie EZ & Ministerie IenM, 2016).

Uitgangspunt bij de toetsing van de effecten op de bruinvispopulatie was dat met grote zekerheid (95%) moest kunnen worden vastgesteld dat de huidige (Nederlandse) bruinvispopulatie als gevolg van de aanleg van de windparken op zee van het Energieakkoord met niet meer dan 5% zou afnemen (zie Intermezzo Ecologische norm en Ascobans). Om dit te waarborgen heeft de overheid per kavel geluidnormen vastgesteld die tijdens de constructie van een windpark niet mogen worden overschreden. In het KEC (update 2016) is nog geen rekening gehouden met de bouw van windparken van de routekaart windenergie op zee 2030 in de windenergiegebieden Ten noorden van Waddeneilanden, Hollandse Kust (west) en IJmuiden Ver. Om de ontwikkeling van windenergie in deze gebieden mogelijk te maken, moeten deze windparken ook beoordeeld worden aan de hand van het KEC. Sinds de update van 2016 zijn er onderzoeken gepubliceerd en inzichten opgedaan die bepaalde aannames omtrent de effectrelaties wijzigen. Het inmiddels gepubliceerde KEC 3.0 waarin ook de nieuwste wetenschappelijke inzichten zijn meegenomen, maakt het mogelijk de effecten van de nieuwe windparken beter te beoordelen en te toetsen.

Bij het KEC 3.0 is in principe van dezelfde ecologische norm uitgegaan als in 2016. Dit betekent dat de met grote zekerheid geschatte populatieafname als gevolg van de constructie van windparken op het NCP tot en met 2030 niet meer dan 5% mag bedragen (en bij voorkeur minder).

Intermezzo Ecologische norm en ASCOBANS

Voor het kunnen toetsen van de gevolgen van impulsief onderwatergeluid voor bruinvissen is met name de vraag relevant of hiermee de staat van instandhouding van de populatie in het geding is. Uit berekeningen van Scheidat e.a. (2013) blijkt dat volgens de methode van PBR de acceptabele grens voor het NCP ligt op 272 dieren/jaar voor alle activiteiten. Deze waarde heeft echter betrekking op directe sterfte en houdt geen rekening met het mogelijke indirecte effect van verminderde reproductie. Voor het stellen van acceptabele grenzen aan effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren is van belang dat de staat van instandhouding van bruinvissen op het NCP als matig ongunstig is beoordeeld (Camphuysen & Siemensma, 2011). Op grond van het tussentijdse advies van de commissie MER op het concept MER voor de kavels I en II van het windenergiegebied Borssele is daarom besloten dat de populatie van de bruinvis als gevolg van de aanleg van windparken op zee op minimaal 95% van de huidige populatie moet blijven. Verder is als eis gesteld dat er een grote mate van zekerheid (95%) moet zijn dat de omvang van de populatie ondanks de aanleg van de windparken hierboven blijft. Op grond van gegevens van Geelhoed et al. (2011, 2014) is geschat dat de populatie op het NCP uit 51.000 dieren bestaat (Scheidat, mond. mededel.). Dit betekent dat de totale populatie op het NCP als gevolg van de aanleg van windparken op zee in de periode 2016 – 2030 niet verder mag dalen dan tot 48.450 dieren.

In het kader van het ASCOBANS-verdrag (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans in the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas) is als interim doel voor bruinvissen gesteld dat de populatie niet onder 80% van het draagkracht-niveau mag komen. Het is niet bekend wat dit niveau op het NCP is. Het met grote zekerheid instandhouden van de populatie op minimaal 95% van de huidige omvang als gevolg van de aanleg van windparken op zee voor de gehele periode 2016 – 2030 kan als een veilige keuze worden beschouwd.

3 Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (west) – kavel VI

3.1 INLEIDING

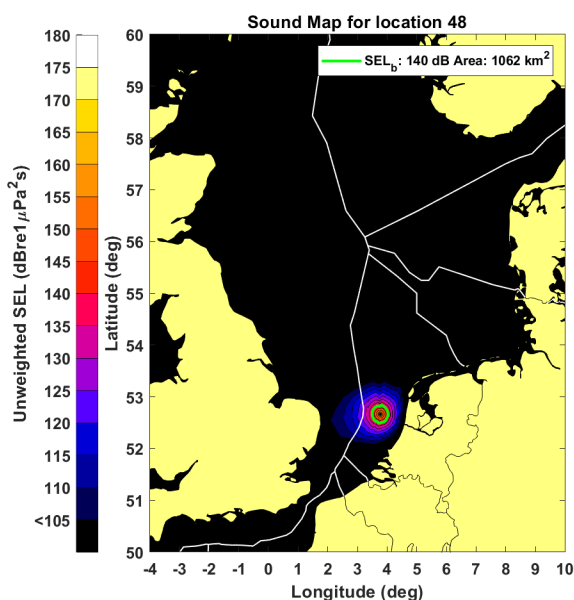
Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de mogelijke effecten van heigeluid voor de aanleg van kavel VI van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) in twee alternatieve opstellingen en twee verkavelingsvarianten. M.b.t. bruinvissen zijn berekeningen uitgevoerd voor één *worst case* paalpositie (Figuur 2-2). Voor zeehonden zijn effecten berekend voor deze locatie, maar is ook onderzocht wat de effecten zouden zijn op een positie in het kavel met de grootste dichtheid van zeehonden. Verder is er voor de berekening van de maximale omvang van het effect van uitgegaan dat het breedbandgeluidsniveau op 750 van de heilocatie 168 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ bedraagt. De mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden worden in § 4.2 beschreven. De toetsing van de effecten aan de Natura 2000-doelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden is opgenomen in § 3.3, waarna in § 3.4 wordt getoetst aan de bepalingen voor beschermde soorten in de Wet natuurbescherming (Wnb).

3.2 EFFECTEN OP POPULATIES VAN ZEEZOOGDIEREN

3.2.1 Bruinvis – basialternatief (noordelijk lverkavelingsalternatief)

Effecten op het gedrag van bruinvissen

De door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen relevante geluid tijdens het heien voor de constructie van windturbines op een *worst case* locatie in kavel VI van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) is weergegeven in Figuur 3-1. Bij deze geluidverdeling is ervan uitgegaan dat de, in het KEC 3.0 vastgelegde geluidsnorm van $\text{SEL}_{\text{SS}} = 168 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m wordt toegepast. Uit de figuur is af te leiden dat tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor bruinvissen maximaal 1.062 km^2 verstoord gebied kan ontstaan als de genoemde geluidsnorm wordt opgelegd.



Figuur 3-1 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van 168 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) op een representatieve *worst case* paalpositie in kavel VI (noord) van windenergiegebied Hollandse Kust (west). De groene lijn toont de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen.

De berekende effecten van het heien op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP zijn opgenomen in Tabel 3-1 en Tabel 3-2. Bij deze berekeningen is ervan uitgegaan, dat een 'soft start' procedure⁸ wordt toegepast en dat een limiet aan het maximaal te produceren geluidniveau is gesteld. Conform het KEC 3.0 is uitgegaan van een breedband geluidsniveau op 750 m van de heilocatie van SEL_{ss} = 168 dB re 1 µPa²s.

Tabel 3-1 Schatting van de maximale gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen van 10 MW) in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor de bruinvispopulatie in verschillende seizoenen. Er is van uitgegaan dat een geluidnorm van SEL_{ss} = 168 dB re 1 µPa²s (750 m) wordt toegepast. N.B. Er is geen rekening gehouden met eventuele populatie-effecten van permanente effecten op het gehoor (PTS),), omdat het optreden van PTS door de het inzetten van ADD's wordt voorkomen.

Alternatief 1 (76 turbines)	Jan – mei	Jun – aug	Sep - dec
	Max	Max	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	1.062	1.062	1.062
Bruinvissen binnen contour (n)	766	741	472
Dierversoringsdagen	58.193	56.337	35.836
Populatiereductie NCP	40	38	23

Tabel 3-2 Als Tabel 3-1 voor alternatief 2 (47 funderingen van 16 MW)

Alternatief 2 (47 turbines)	Jan – mei	Jun – aug	Sep - dec
	Max	Max	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	1.062	1.062	1.062
Bruinvissen binnen contour (n)	766	741	472
Dierversoringsdagen	35.988	34.840	22.162
Populatiereductie NCP	23	22	13

Uit de resultaten blijkt:

- Het effect van de constructie van windturbines in kavel VI op de bruinvispopulatie op het NCP voor beide alternatieven relatief gering is: de geschatte populatiereductie⁹ bedraagt maximaal ongeveer 0,08% van het aantal bruinvissen op het NCP (51.000).
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de twee onderzochte alternatieven, wat samenhangt met het aantal te heien funderingen: de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen) leidt tot een bijna tweemaal zo grote populatiereductie als die van alternatief 2 (47 funderingen).
- Verder is voor de omvang van het berekende effect op de bruinvissen in het Nederlandse deel van de Noordzee het seizoen waarin wordt geheid van belang: in het najaar is de populatiereductie het kleinst (23 dieren voor alternatief 1 en 13 dieren voor alternatief 2), omdat de bruinvisdichtheid dan relatief laag is; in het voorjaar en de zomer zijn de effecten ongeveer 70% groter.

⁸ De 'soft start' procedure heeft geen invloed op de totale omvang van het verstoorde gebied.

⁹ Deze reductie is niet het gevolg van directe sterfte van bruinvissen (door blootstelling aan het geluid), maar van het feit dat er minder vruchtbare vrouwtjes bijkomen, ofwel omdat er minder jongen worden geboren vanwege een té laag energetisch niveau van de moeder, ofwel omdat de sterfte onder de dieren < 1 jaar door een reductie in de fitness groter is. De deskundigen zijn het erover eens dat verstoring in geen enkel geval tot sterfte van juveniele dieren (> 1 jaar) of volwassen vrouwtjes zal leiden.

Effecten op het gehoor van bruinvissen

Effecten op het gehoor van bruinvissen (PTS) treden niet op of kunnen worden voorkomen door het toepassen van 'Acoustic Deterrent Devices' (zie § 2.3.1).

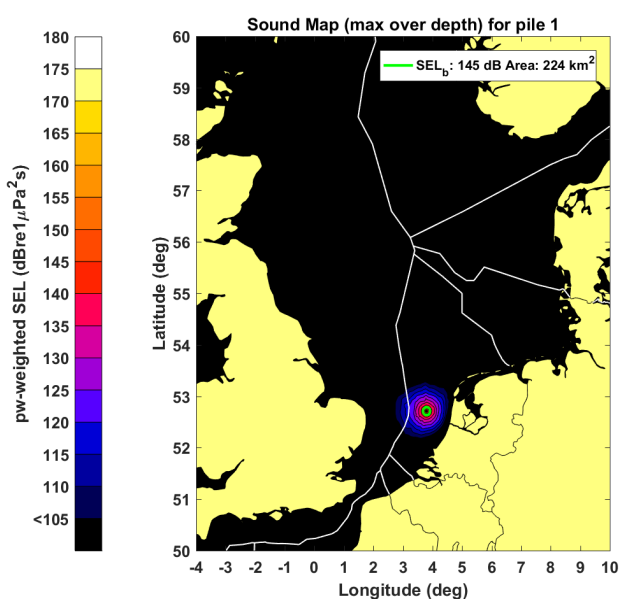
3.2.2 Bruinvis – zuidelijk verkavelingsalternatief

Voor wat betreft de effecten op bruinvissen zijn de twee verkavelingsalternatieven voor kavel VI van windenergiegebied Hollandse Kust (west) *niet* onderscheidend. De (variatie) in waterdiepte verschilt namelijk niet.

3.2.3 Zeehonden – basisalternatief (noordelijk verkavelingsalternatief)

Effecten op het gedrag van zeehonden

Voor zeehonden ontstaat in de uren dat rond de heilocatie wordt geheid een kleinere verstoringcontour dan die van bruinvissen, omdat zeehonden minder gevoelig op onderwatergeluid reageren (zie Tabel 2-2). Een voorbeeld van de door TNO berekende verdeling van het, voor zeehonden relevante geluid tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) op een van de onderzochte paalposities is weergegeven in Figuur 3-2. Bij deze geluidverdeling ervan uitgegaan dat de, in het KEC 3.0 vastgelegde geluidsnorm van $SEL_{SS} = 168$ dB re $1 \mu Pa^2 s$ op 750 m wordt toegepast. Tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) kan voor zeehonden maximaal 224 km^2 verstoord gebied ontstaan als de genoemde geluidsnorm wordt opgelegd.



Figuur 3-2 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van $168 \text{ dB re } 1 \mu Pa^2 s$ (750 m) op een representatieve paalpositie in kavel VI (noord) van windenergiegebied Hollandse Kust (west). De groene lijn toont de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor zeehonden.

De resultaten van de berekening van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid op zeehonden bij het heien van funderingen voor windturbines in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor twee alternatieve opstellingen zijn opgenomen in Tabel 3-3 en Tabel 3-4. Maximaal gaat het om 11 zeehonden die het beïnvloedingsgebied tijdens het heien van een fundering zullen mijden ($0,09\%$ van de Nederlandse populatie). De effecten zijn het kleinst in de periode mei – juli als de zeehonden vanwege het voortplantingsseizoen voor hun foerageertochten minder ver de zee op

gaan (Aarts e.a. 2016). Het aantal te heien funderingen in aanmerking genomen, is het effect van de constructie van alternatief 2 kleiner dan dat van alternatief 1. Dit is af te lezen aan het aantal dierverstoringsdagen van de twee alternatieven, dat ongeveer 60% groter is door de constructie van alternatief 1.

In Tabel 3-3 en Tabel 3-4 is ook een bandbreedte gegeven van het totale aantal, mogelijk verstoorde zeehonden nadat alle funderingen van alternatief 1 en alternatief 2 zijn geheid. Voor de ondergrens is van volledige plaatstrouw uitgegaan, wat betekent dat steeds dezelfde zeehonden op de dagen dat wordt geheid worden verstoord. Voor de bovengrens is het gemiddeld aantal verstoorde zeehonden per geheide fundering vermenigvuldigd met het aantal geheide funderingen. Hier is er dus van uitgegaan dat steeds andere zeehonden worden verstoord. Voor het beoordelen van een eventueel effect op de populatie is het aannemelijk dat de eerstgenoemde situatie maatgevend is, aangezien een meerdere malen verstoord dier in zijn normale functioneren meer wordt beïnvloed dan een dier dat eenmalig wordt verstoord.

Tabel 3-3 Schatting van de gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen) in het noordelijke (basis) verkavelingsalternatief voor kavel VI van windenergiegebied Hollandse Kust (west) op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).

Alternatief 1 (76 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	224	224	224
Zeehonden binnen contour (n)	7 – 11	3 – 4	4 – 5
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,06 – 0,09	0,02 – 0,03	0,03 – 0,04
Dierverstoringsdagen	566 – 847	213 – 317	267 – 409
Totaal aantal zeehonden verstoord	9 – 706	3 – 265	4 – 338
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,07 – 5,7	0,03 – 2,1	0,04 – 2,7

Tabel 3-4 Als Tabel 3-3 voor alternatief 2 (47 funderingen)

Alternatief 2 (47 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	224	224	224
Zeehonden binnen contour (n)	7 – 13	3 – 5	4 – 6
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,06 – 0,1	0,02 – 0,04	0,03 – 0,05
Dierverstoringsdagen	350 – 524	132 – 196	165 – 253
Totaal aantal zeehonden verstoord	9 – 437	3 – 164	4 – 209
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,07 – 3,5	0,03 – 1,3	0,04 – 1,7

Uit de resultaten blijkt dat effecten van het heien met een geluidnorm van 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) voor de aanleg van een windpark in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) op de Nederlandse populatie van gewone zeehonden om de volgende redenen zijn uit te sluiten:

- Afgezet tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren beperkt;
- De omvang van het beïnvloede gebied is gering ten opzichte van het totale leefgebied, waardoor er geen sprake zal zijn van ‘verdichtingseffecten’ (competitie om voedsel e.d.);
- De minimale afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust is dermate groot dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd (zie Figuur 2-5);
- Het effect is tijdelijk (1 dag per fundering, waarin ca. 2 uur per dag wordt geheid).

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeiende) populatie grijze zeehonden in Nederland is echter kleiner dan die van gewone zeehonden (ca. 5.000 in 2016; Ecomare, 2016; Arts e.a. 2014). Wanneer uitgegaan wordt van een vergelijkbare ruimtelijke verspreiding als bij gewone zeehonden zullen 4 grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is dat de werkelijke aantallen nog lager zullen zijn, omdat dichtheden Grijze zeehonden buiten 20 km van de kust zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

Effecten op het gehoor van zeehonden

Zeehonden reageren minder gevoelig op onderwatergeluid dan bruinvissen en kunnen sneller zwemmen, wat zich vertaalt in kleinere effectafstanden. Uit de berekeningen die zijn uitgevoerd voor de windparken van het Energieakkoord blijkt dat het gebied waarbinnen bij zeehonden de gehoordrempel permanent wordt verhoogd (PTS) door het heien voor de aanleg van al deze windparken, zonder dat een geluidsnorm wordt toegepast, al verwaarloosbaar klein is (maximaal 0,5 km²). Het windenergiegebied Hollandse Kust (west) ligt ten opzichte van de windenergiegebieden van het Energieakkoord verder van de ligplaatsen van zeehonden af, wat betekent dat de gemiddelde dichtheid van zeehonden nog lager is (zie Figuur 2-5). De kans dat zich in het gebied waar zeehonden PTS zouden kunnen oplopen een zeehond bevindt is daarom verwaarloosbaar. Bij toepassen van een geluidnorm wordt deze kans alleen maar kleiner.

3.2.4 Zeehonden – zuidelijk verkavelingsalternatief

Voor het zuidelijke verkavelingsalternatief zijn vergelijkbare berekeningen voor zeehonden gemaakt als voor het noordelijke (basis) verkavelingsalternatief. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 3-5 en Tabel 3-6. Omdat dit alternatief zuidelijker is gelegen en daarmee verder van de ligplaatsen van zeehonden ligging dan het noordelijke (basis) verkavelingsalternatief, zijn de effecten gemiddeld iets kleiner (zie Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Voor de beoordeling van deze effecten wordt verwezen naar § 3.2.3.

Tabel 3-5 Schatting van de gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen) in het zuidelijke verkavelingsalternatief voor kavel VI van windenergiegebied Hollandse Kust (west) op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).

Alternatief 1 (76 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	224	224	224
Zeehonden binnen contour (n)	5 – 5	2	2 – 3
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,04 – 0,05	0,02	0,02
Dierverstoringsdagen	379 – 433	213 – 317	145 – 165
Totaal aantal zeehonden verstoord	5 – 406	2 – 155	3 – 191
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,04 – 3,3	0,02 – 1,3	0,02 – 1,5

Tabel 3-6 Als Tabel 3-5 voor alternatief 2 (47 funderingen)

Alternatief 2 (47 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	224	224	224
Zeehonden binnen contour (n)	5 – 6	2	2 – 3
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,04 – 0,05	0,02	0,02
Dierverstoringsdagen	235 – 268	90 – 102	165 – 253
Totaal aantal zeehonden verstoord	9 – 437	3 – 164	111 – 126
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,04 – 2,0	0,02 – 0,8	0,02 – 1,0

3.3 EFFECTEN OP NATURA 2000-GBIEDEN

Effecten van de aanleg en exploitatie van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zijn alleen tijdens de aanlegfase van die omvang dat effecten op instandhoudingsdoelen voor zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het gaat om de effecten van de toename van onderwater geluidsniveaus als gevolg van het heien van de funderingen via zogenaamde externe werking. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in:

- **Directe externe werking:** het geluid beïnvloedt de kwaliteit van het leefgebied van de dieren waarvoor in het N2000-gebied instandhoudingsdoelstellingen gelden en
- **Indirecte externe werking:** de invloed van het geluid op dieren buiten het betreffende N2000-gebied moet deels worden toegerekend aan dit N2000-gebied (bijvoorbeeld als de foerageerfunctie buiten het N2000-gebied zodanig negatief zou worden beïnvloed dat dit niet verenigbaar is met de gestelde doelen voor het N2000-gebied).

Indirecte effecten op zeezoogdieren als gevolg van effecten op de populatieomvang van vissen (als stapelvoedsel voor zeezoogdieren) kunnen wel op voorhand worden uitgesloten (zie voor onderbouwing par. 3.61 in Achtergronddocument ten behoeve van MER en PB windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor vogels, vleermuizen, vissen en benthos).

Deze paragraaf bevat de toetsing van de, in de eerdere hoofdstukken beschreven en nader geanalyseerde effecten van onderwatergeluid op bruinvissen en zeehonden aan de instandhoudingsdoelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden.

3.3.1 Waddenzee

In het Natura 2000-gebied Waddenzee gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond (Tabel 3-7)¹⁰. Voor beide soorten betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de grijze zeehond zou dat moeten leiden tot het behoud van de populatie en voor de gewone zeehond tot een uitbreiding¹¹ van de populatie ten opzichte van de situatie ten tijde van de aanwijzing.

Tabel 3-7 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N2000-gebied Waddenzee

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

¹⁰ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Waddenzee is de bruinvis als habitatsoort toegevoegd met als doelstelling behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie.

¹¹ Ten tijde van de aanwijzing was de zeehondenpopulatie zich aan het herstellen van de gevolgen van een virusepidemie. Er werd van uitgegaan dat de gestaag groeiende populatie zich geleidelijk verder zou uitbreiden.

3.3.2 Noordzeekustzone

In het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren instandhoudingsdoelstellingen. Deze zijn in Tabel 3-8 samengevat.

Tabel 3-8 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Noordzeekustzone

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Bruinvis	Behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van zeehonden en bruinvissen die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden.

Uit de berekeningen blijkt dat het door onderwatergeluid verstoorte gebied voor **zeehonden** bij geen overlap vertoont met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is dus geen sprake van directe externe werking.



Figuur 3-3 Verstoringcontouren van zeehonden in relatie tot het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone door heien voor de aanleg van van kavel VI (beide verkavelingsalternatieven) van windenergiegebied Hollandse Kust (west).

Daarnaast neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van **indirecte externe werking**, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

Ook voor **bruinvissen** overlapt het door heigeluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, ondanks dat de verstoringsafstand voor bruinvissen ongeveer 10 km groter is dan voor zeehonden (verg. Figuur 3-3). Er is daarom voor bruinvissen ook geen sprake van directe externe werking. Daarnaast neemt de totale omvang van het leef- en foerageergebied tijdelijk af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking). Er is sprake van indirecte externe werking als significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet kunnen worden uitgesloten.

Door de Nederlandse overheid is bepaald dat met grote zekerheid moet kunnen worden vastgesteld dat de bruinvispopulatie door de aanleg van windparken op het NCP vanaf 2016 op minimaal 95% van de toen vastgestelde omvang blijft, d.w.z. 51.000 dieren. Uit de in § 3.2.1 gepresenteerde resultaten blijkt dat er een 5% kans is op een maximale populatiereductie door de aanleg van een windpark in kavel VI van windenergiegebied Hollandse Kust (west) 40 dieren bedraagt, d.w.z. ongeveer 0,08% van de Nederlandse bruinvispopulatie. De conclusie is dat bij de constructie van het windpark volgens beide alternatieven significante effecten op de bruinvispopulatie en daarmee op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone zijn uit te sluiten. Er is dus ook geen sprake van indirecte externe werking.

3.3.3 Voordelta

In het Natura 2000-gebied Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond¹². Voor de grijze zeehond betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de gewone zeehond is een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied geformuleerd. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Voordelta. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

3.3.4 Oosterschelde

In het Natura 2000-gebied Oosterschelde geldt een instandhoudingsdoelstelling voor de gewone zeehond. Het betreft een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren¹³.

¹² Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Voordelta is de bruinvis als habitatoort toegevoegd met dezelfde instandhoudingsdoelstelling als die voor de Noordzeekustzone en de Vlakte van de Raan (behoud omvang en verbetering leefgebied voor behoud populatie).

¹³ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Oosterschelde zijn de grijze zeehond en de bruinvis als habitatoorten toegevoegd. Voor beide soorten betreft het een behoudsdoelstelling.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Oosterschelde. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

3.3.5 Vlake van de Raan

In het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren dezelfde instandhoudingsdoelstellingen als in de Noordzeekustzone (zie Tabel 3-8). Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van bruinvissen en zeehonden die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden. Dieren kunnen het gebied mijden waardoor de oppervlakte beschikbaar foerageergebied afneemt.

Het voor gewone en grijze **zeehonden** verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan (zie Figuur 3-3). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door geluid verstoorde gebied ook niet met het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. De totale omvang van het foerageergebied buiten de Vlake van de Raan neemt echter wel af (indirecte externe werking). Het effect van deze indirecte externe werking op de bruinvispopulatie is reeds beschouwd in § 3.3.2 bij de bespreking van de effecten op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en wordt op dezelfde wijze beoordeeld.

3.3.6 Westerschelde & Saeftinghe

In het Natura 2000-gebied Oosterschelde geldt een instandhoudingsdoelstelling voor de gewone zeehond. Het betreft een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren¹⁴.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen

¹⁴ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor Westerschelde & Saeftinghe zijn de grijze zeehond en de bruinvis als habitatoorten toegevoegd. Voor beide soorten betreft het een behoudsdoelstelling.

sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

3.4 EFFECTEN OP BESCHERMDE SOORTEN

Tijdens de aanleg van windturbines in windenergiegebied Hollandse Kust (west) treedt verstoring van gewone zeehonden, grijze zeehonden en bruinvissen op. Het verstoren van zeezoogdieren als gevolg van de constructie van een windpark kan door het bevoegd gezag worden beschouwd als een overtreding van verbodsbepalingen genoemd in artikel 3.5, lid 2 (opzettelijk verstoren) en lid 4 (beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen en rustplaatsen) van de Wet natuurbescherming en daarmee dus ook in de Wet Windenergie op Zee (2014).

Uit de in voorgaande paragrafen opgenomen resultaten van berekeningen blijkt dat deze verstoring noch bij zeehonden noch bij bruinvissen tot effecten op de populatie zal leiden. De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is voor **zeehonden** niet in het geding, omdat de geluidsnormen die zullen worden opgelegd om significant negatieve effecten op de bruinvispopulatie te voorkomen, tot gevolg hebben dat ook geen significante effecten op zeehonden optreden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat de geluidsnormen erop zijn gericht dat door de aanleg van windparken op zee de afname van de bruinvispopulatie met grote zekerheid (95%) niet meer dan 5% zal bedragen. Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten.

3.5 MITIGERENDE MAATREGELEN

3.5.1 Overzicht mogelijkheden

Er zijn verschillende mogelijkheden om de negatieve effecten van onderwatergeluid bij de aanleg van windparken op zee op zeezoogdieren te beperken. Uit de analyses is gebleken dat het aantal dierverstoringsdagen maatgevend is voor de omvang van het effect op de populatie. Daarbij is ervan uitgegaan dat permanente effecten op het gehoor (PTS: *permanent threshold shift*) zullen worden voorkomen door het inzetten van zogenaamde 'Acoustic Deterrent Devices'.

Het aantal dierverstoringsdagen wordt berekend door het aantal door het onderwatergeluid verstoorde dieren te vermenigvuldigen met het aantal impulsdagen. Het aantal verstoorde dieren wordt berekend uit de vermenigvuldiging van het oppervlak door geluid verstoord gebied te met de lokale zeezoogdierdichtheid. Effecten kunnen dus worden beperkt door:

1. De oppervlakte door geluid verstoord gebied te beperken door en/of
2. De heiwerkzaamheden uit te voeren in een seizoen met een relatief lage dichtheid van zeezoogdieren en/of
3. Het aantal impulsdagen (= het aantal funderingen) te beperken.

Ad 1. Het oppervlak verstoord gebied kan worden beperkt door:

- In plangebieden met sterk variabele waterdiepten voor de funderingen locaties met een relatief geringe waterdiepte te kiezen; voor het hele plangebied van windenergiegebied Hollandse Kust (west) biedt dit echter weinig soelaas, omdat de variatie in waterdiepten relatief beperkt is;
- De propagatie van heigeluid (verder) te beperken door het toepassen van geluiddemping (heimantels, bellenschermen e.d.).

Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de herfst lager dan in het voorjaar en de zomer, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringscontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder bruinvissen bevinden. Het effect op de populatie is daardoor ook kleiner.

Ad 3. Het aantal impulsdagen beperken

Voor het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines is een hogere heil-energie nodig dan voor de aanleg van een windpark met meer, kleinere turbines. Bij het toepassen van één universele geluidsnorm maakt het voor de omvang het verstoringsoppervlak in principe echter niet uit met welke energie wordt geheid. Op 750 m van de heillocatie mag het geluidsniveau de betreffende waarde immers niet overschrijden. In het geval dat gekozen wordt voor een kleiner aantal, relatief grote turbines zal het uiteraard wel moeilijker zijn de gestelde geluidsnorm te halen. Vanwege het feit dat er tussen verschillende alternatieven geen verschil in de omvang van het verstoringsoppervlak zal zijn, zullen effecten van een windpark met een geringer aantal, relatief grote turbines altijd gunstiger uitpakken dan die van een windpark met meer, kleinere turbines.

4 Effecten van aanleg windenergiegebied Hollandse Kust (west) – kavel VII

4.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de mogelijke effecten van heigeluid voor de aanleg van kavel VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) in twee alternatieve opstellingen. M.b.t. bruinvissen zijn berekeningen uitgevoerd voor één *worst case* paalpositie (Figuur 2-2).

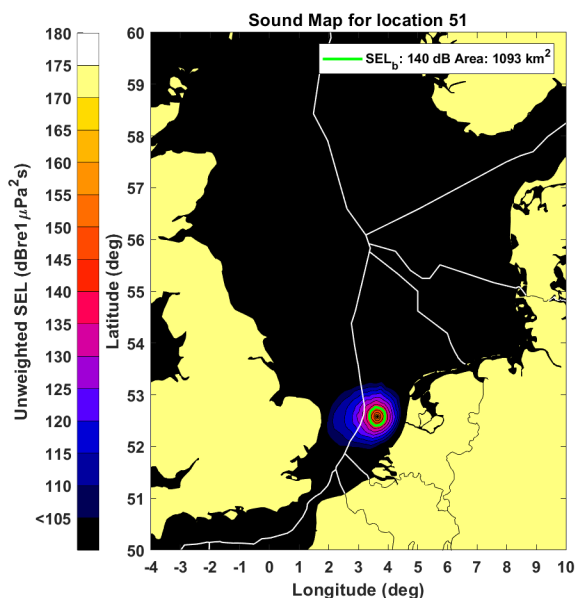
Verder is er voor de berekening van de maximale omvang van het effect van uitgegaan dat het breedbandgeluidsniveau op 750 van de heilocatie 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ bedraagt. De mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden worden in § 4.2 beschreven. De toetsing van de effecten aan de Natura 2000-doelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden is opgenomen in § 4.3, waarna in § 4.4 wordt getoetst aan de bepalingen voor beschermde soorten in de Wet natuurbescherming (Wnb).

4.2 EFFECTEN OP POPULATIES VAN ZEEZOOGDIEREN

4.2.1 Bruinvis

Effecten op het gedrag van bruinvissen

De door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen relevante geluid tijdens het heien voor de constructie van windturbines op een *worst case* locatie in kavel VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) is weergegeven in Figuur 4-1. Bij deze geluidverdeling is ervan uitgegaan dat de, in het KEC 3.0 vastgelegde geluidsnorm van $\text{SEL}_{\text{SS}} = 168 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m wordt toegepast. Uit de figuur is af te leiden dat tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor bruinvissen maximaal 1.093 km^2 verstoord gebied kan ontstaan als de genoemde geluidsnorm wordt opgelegd.



Figuur 4-1 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) op een representatieve *worst case* paalpositie in kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west). De groene lijn toont de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen.

De berekende effecten van het heien op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP zijn opgenomen in Tabel 4-1 en Tabel 4-2. Bij deze berekeningen is ervan uitgegaan, dat een 'soft start' procedure¹⁵ wordt toegepast en dat een limiet aan het maximaal te produceren geluidniveau is gesteld. Conform het KEC 3.0 is uitgegaan van een breedband geluidsniveau op 750 m van de heilocatie van SEL_{SS} = 168 dB re 1 µPa²s.

Tabel 4-1 Schatting van de maximale gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen van 10 MW) van kavel VII in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor de bruinvispopulatie in verschillende seizoenen. Er is van uitgegaan dat een geluidnorm van SEL_{SS} = 168 dB re 1 µPa²s (750 m) wordt toegepast. N.B. Er is geen rekening gehouden met eventuele populatie-effecten van permanente effecten op het gehoor (PTS), omdat het optreden van PTS door het inzetten van ADD wordt voorkomen.

Alternatief 1 (76 turbines)	Jan – mei	Jun – aug	Sep - dec
	Max	Max	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	1.093	1.093	1.093
Bruinvissen binnen contour (n)	788	763	485
Dierversoringsdagen	59.892	57.981	36.882
Populatiereductie NCP	41	40	23

Tabel 4-2 Als Tabel 4-1 voor alternatief 2 (47 funderingen van 16 MW)

Alternatief 2 (47 turbines)	Jan – mei	Jun – aug	Sep - dec
	Max	Max	Max
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km ²)	1.093	1.093	1.093
Bruinvissen binnen contour (n)	788	763	485
Dierversoringsdagen	37.038	35.857	22.809
Populatiereductie NCP	23	23	13

Uit de resultaten blijkt:

- Het effect van de constructie van windturbines in kavel VI op de bruinvispopulatie op het NCP voor beide alternatieven relatief gering is: de geschatte populatiereductie¹⁶ bedraagt maximaal ongeveer 0,08% van het aantal bruinvissen op het NCP (51.000).
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de twee onderzochte alternatieven, wat samenhangt met het aantal te heien funderingen: de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen) leidt tot een bijna tweemaal zo grote populatiereductie als die van alternatief 2 (47 funderingen).
- Verder is het seizoen waarin wordt geheid van belang: in het najaar is de populatiereductie het kleinst (23 dieren voor alternatief 1 en 13 dieren voor alternatief 2), omdat de bruinvisdichtheid dan relatief laag is; in het voorjaar en de zomer zijn de effecten ongeveer 70% groter.

Effecten op het gehoor van bruinvissen

Effecten op het gehoor van bruinvissen (PTS) treden niet op of kunnen worden voorkomen door het toepassen van 'Acoustic Deterrent Devices' (zie § 2.3.1).

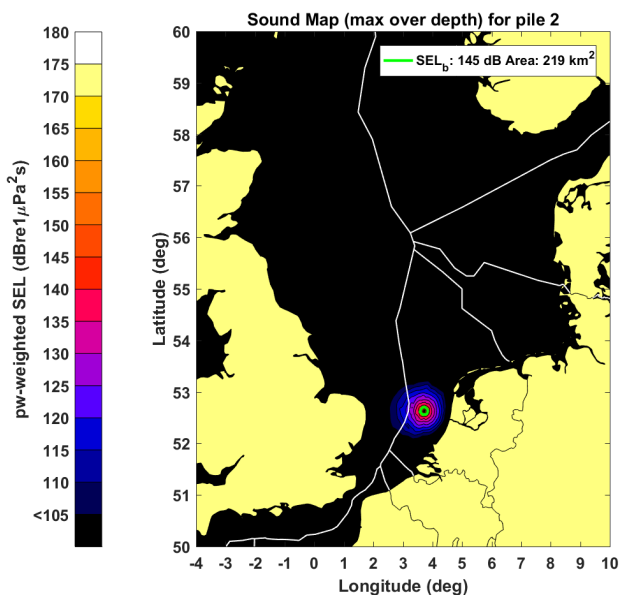
¹⁵ De 'soft start' procedure heeft geen invloed op de totale omvang van het verstoorde gebied.

¹⁶ Deze reductie is niet het gevolg van directe sterfte van bruinvissen (door blootstelling aan het geluid), maar van het feit dat er minder vruchtbare vrouwtjes bijkomen, ofwel omdat er minder jongen worden geboren vanwege een té laag energetisch niveau van de moeder, ofwel omdat de sterfte onder de dieren < 1 jaar door een reductie in de fitness groter is. De deskundigen zijn het erover eens dat verstoring in geen enkel geval tot sterfte van juveniele dieren (> 1 jaar) of volwassen vrouwtjes zal leiden.

4.2.2 Zeehonden

Effecten op het gedrag van zeehonden

Voor zeehonden ontstaat in de uren dat rond de heilocatie wordt geheid een kleinere verstoringscontour dan die van bruinvissen, omdat zeehonden minder gevoelig op onderwatergeluid reageren (zie Tabel 2-2). Een voorbeeld van de door TNO berekende verdeling van het, voor zeehonden relevante geluid tijdens het heien voor kavel VII in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) op een van de onderzochte paalposities is weergegeven in Figuur 4-2. Bij deze geluidverdeling ervan uitgegaan dat de, in het KEC 3.0 vastgelegde geluidsnorm van $SEL_{SS} = 168 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m wordt toegepast. Tijdens het heien in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) kan voor zeehonden maximaal 219 km^2 verstoord gebied ontstaan als de genoemde geluidsnorm wordt opgelegd.



Figuur 4-2 Berekende verdeling van SEL_{SS} bij heien met toepassing van een geluidsnorm van $168 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) op een representatieve paalpositie in kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west). De groene lijn toont de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor zeehonden.

De resultaten van de berekening van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid op zeehonden bij het heien van funderingen voor windturbines in kavel VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor twee alternatieve opstellingen zijn opgenomen in Tabel 3-3 en Tabel 3-4. Maximaal gaat het om 6 zeehonden die het beïnvloedingsgebied tijdens het heien van een fundering zullen mijden (0,05% van de Nederlandse populatie). De effecten zijn het kleinst in de periode mei – juli als de zeehonden vanwege het voortplantingsseizoen voor hun foerageertochten minder ver de zee op gaan (Aarts e.a. 2016). Het aantal te heien funderingen in aanmerking genomen, is het effect van de constructie van alternatief 2 kleiner dan dat van alternatief 1. Dit is af te lezen aan het aantal dierverstoringsdagen van de twee alternatieven, dat ongeveer 60% groter is door de constructie van alternatief 1.

In Tabel 4-3 en Tabel 4-4 is ook een bandbreedte gegeven van het totale aantal, mogelijk verstoorde zeehonden nadat alle funderingen van alternatief 1 en alternatief 2 zijn geheid. Voor de ondergrens is van volledige plaatstrouw uitgegaan, wat betekent dat steeds dezelfde zeehonden op de dagen dat wordt geheid worden verstoord. Voor de bovengrens is het gemiddeld aantal verstoorde zeehonden per geheide fundering vermenigvuldigd met het aantal geheide

funderingen. Hier is er dus van uitgegaan dat steeds andere zeehonden worden verstoord. Voor het beoordelen van een eventueel effect op de populatie is het aannemelijk dat de eerstgenoemde situatie maatgevend is, aangezien een meerdere malen verstoord dier in zijn normale functioneren meer wordt beïnvloed dan een dier dat eenmalig wordt verstoord.

Tabel 4-3 Schatting van de gevolgen van heien voor de aanleg van alternatief 1 (76 funderingen) van kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west) op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).

Alternatief 1 (76 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	219	219	219
Zeehonden binnen contour (n)	6	2	3
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,05	0,02	0,02
Dierverstoringsdagen	433	165	203
Totaal aantal zeehonden verstoord	6 – 433	2 – 165	3 – 203
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,05 – 3,5	0,02 – 1,3	0,02 – 1,6

Tabel 4-4 Als Tabel 4-3 voor alternatief 2 (47 funderingen)

Alternatief 2 (47 turbines)	Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Verstoringscontour (km ²)	219	219	219
Zeehonden binnen contour (n)	6	2	3
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,05	0,02	0,02
Dierverstoringsdagen	268	102	126
Totaal aantal zeehonden verstoord	6 – 268	2 – 102	3 – 126
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,05 – 2,1	0,02 – 0,8	0,02 – 1,0

Uit de resultaten blijkt dat effecten van het heien met een geluidnorm van 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) voor de aanleg van een windpark in kavel VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) op de Nederlandse populatie van gewone zeehonden om de volgende redenen zijn uit te sluiten:

- Afgezet tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren beperkt;
- De omvang van het beïnvloede gebied is gering ten opzichte van het totale leefgebied, waardoor er geen sprake zal zijn van ‘verdichtingseffecten’ (competitie om voedsel e.d.);
- De minimale afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust is dermate groot dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd (zie Figuur 2-5);
- Het effect is tijdelijk (1 dag per fundering, waarin ca. 2 uur per dag wordt geheid).

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeiende) populatie grijze zeehonden in Nederland is echter kleiner dan die van gewone zeehonden (ca. 5.000 in 2016: Ecomare, 2016; Arts e.a. 2014). Wanneer uitgegaan wordt van een vergelijkbare ruimtelijke verspreiding als bij gewone zeehonden zullen 2 grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is dat de werkelijke aantallen nog lager zullen zijn, omdat dichtheden Grijze zeehonden buiten 20 km van de kust zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

Effecten op het gehoor van zeehonden

Zeehonden reageren minder gevoelig op onderwatergeluid dan bruinvissen en kunnen sneller zwemmen, wat zich vertaalt in kleinere effectafstanden. Uit de berekeningen die zijn uitgevoerd

voor de windparken van het Energieakkoord blijkt dat het gebied waarbinnen bij zeehonden de gehoordrempel permanent wordt verhoogd (PTS) door het heien voor de aanleg van al deze windparken, zonder dat een geluidsnorm wordt toegepast, al verwaarloosbaar klein is (maximaal 0,5 km²). Het windenergiegebied Hollandse Kust (west) ligt ten opzichte van de windenergiegebieden van het Energieakkoord verder van de ligplaatsen van zeehonden af, wat betekent dat de gemiddelde dichtheid van zeehonden nog lager is (zie Figuur 2-5). De kans dat zich in het gebied waar zeehonden PTS zouden kunnen oplopen een zeehond bevindt, is daarom verwaarloosbaar. Bij toepassen van een geluidnorm wordt deze kans alleen maar kleiner.

4.3 EFFECTEN OP NATURA 2000-GEBIEDEN

Effecten van de aanleg en exploitatie van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zijn alleen tijdens de aanlegfase van die omvang dat effecten op instandhoudingsdoelen voor zeezoogdieren in Natura 2000-gebieden niet op voorhand kunnen worden uitgesloten. Het gaat om de effecten van de toename van onderwater geluidsniveaus als gevolg van het heien van de funderingen via zogenaamde externe werking. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in:

- **Directe externe werking:** het geluid beïnvloedt de kwaliteit van het leefgebied van de dieren waarvoor in het N2000-gebied instandhoudingsdoelstellingen gelden en
- **Indirecte externe werking:** de invloed van het geluid op dieren buiten het betreffende N2000-gebied moet deels worden toegerekend aan dit N2000-gebied (bijvoorbeeld als de foerageerfunctie buiten het N2000-gebied zodanig negatief zou worden beïnvloed dat dit niet verenigbaar is met de gestelde doelen voor het N2000-gebied).

Indirecte effecten op zeezoogdieren als gevolg van effecten op de populatieomvang van vissen (als stapelvoedsel voor zeezoogdieren) kunnen wel op voorhand worden uitgesloten (zie voor onderbouwing par. 3.61 in Achtergronddocument ten behoeve van MER en PB windenergiegebied Hollandse Kust (west) voor vogels, vleermuizen, vissen en benthos).

Deze paragraaf bevat de toetsing van de, in de eerdere hoofdstukken beschreven en nader geanalyseerde effecten van onderwatergeluid op bruinvissen en zeehonden aan de instandhoudingsdoelstellingen van relevante Natura 2000-gebieden.

4.3.1 Waddenzee

In het Natura 2000-gebied Waddenzee gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond (Tabel 4-5)¹⁷. Voor beide soorten betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de grijze zeehond zou dat moeten leiden tot het behoud van de populatie en voor de gewone zeehond tot een uitbreiding¹⁸ van de populatie ten opzichte van de situatie ten tijde van de aanwijzing.

Tabel 4-5 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N2000-gebied Waddenzee

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie

¹⁷ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Waddenzee is de bruinvis als habitatsoort toegevoegd met als doelstelling behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie.

¹⁸ Ten tijde van de aanwijzing was de zeehondenpopulatie zich aan het herstellen van de gevolgen van een virusepidemie. Er werd van uitgegaan dat de gestaag groeiende populatie zich geleidelijk verder zou uitbreiden.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Waddenzee. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

4.3.2 Noordzeekustzone

In het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren instandhoudingsdoelstellingen. Deze zijn in Tabel 4-6 samengevat.

Tabel 4-6 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Noordzeekustzone

Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Bruinvis	Behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van zeehonden en bruinvissen die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden.

Uit de berekeningen blijkt dat het door onderwatergeluid verstoorde gebied voor **zeehonden** geen overlap vertoont met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is dus geen sprake van directe externe werking. Daarnaast neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 4.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van **indirecte externe werking**, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

Ook voor **bruinvissen** overlapt het door heigeluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone, ondanks dat de verstoringafstand voor bruinvissen ongeveer 10 km groter is dan voor zeehonden. Er is daarom voor bruinvissen ook geen sprake van directe externe werking. Daarnaast neemt de totale omvang van het leef- en foerageergebied af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking). Er is sprake van indirecte externe werking als significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet kunnen worden uitgesloten.

Door de Nederlandse overheid is bepaald dat met grote zekerheid moet kunnen worden vastgesteld dat de bruinvispopulatie door de aanleg van windparken op het NCP vanaf 2016 op minimaal 95% van de toen vastgestelde omvang blijft, d.w.z. 51.000 dieren. Uit de in § 4.2.1 gepresenteerde resultaten blijkt dat er een 5% kans is op een maximale populatiereductie door de aanleg van een windpark in kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west) 41 dieren bedraagt, d.w.z. ongeveer 0,08% van de Nederlandse bruinvispopulatie. De conclusie is dat bij de constructie van het windpark volgens beide alternatieven significante effecten op de bruinvispopulatie en daarmee op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone zijn uit te sluiten. Er is daarom geen sprake van indirecte externe werking.

4.3.3 Voordelta

In het Natura 2000-gebied Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond¹⁹. Voor de grijze zeehond betreft het een zogenaamde behoudsdoelstelling (behoud omvang en de kwaliteit van het leefgebied). Voor de gewone zeehond is een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied geformuleerd. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Voordelta. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 4.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

4.3.4 Oosterschelde

In het Natura 2000-gebied Oosterschelde geldt een instandhoudingsdoelstelling voor de gewone zeehond. Het betreft een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren²⁰.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Oosterschelde. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 3.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

4.3.5 Vlakte van de Raan

In het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan gelden voor alle 3, in deze notitie besproken soorten zeezoogdieren dezelfde instandhoudingsdoelstellingen als in de Noordzeekustzone (zie Tabel 4-6). Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan leiden tot verstoring van bruinvissen en zeehonden die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden. Dieren kunnen het gebied mijden waardoor de oppervlakte beschikbaar foerageergebied afneemt.

¹⁹ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Voordelta is de bruinvis als habitatsoort toegevoegd met dezelfde instandhoudingsdoelstelling als die voor de Noordzeekustzone en de Vlakte van de Raan (behoud omvang en verbetering leefgebied voor behoud populatie).

²⁰ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor de Oosterschelde zijn de grijze zeehond en de bruinvis als habitatsoorten toegevoegd. Voor beide soorten betreft het een behoudsdoelstelling.

Het voor gewone en grijze **zeehonden** verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 4.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door geluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. De totale omvang van het foerageergebied buiten de Vlakte van de Raan neemt echter wel af (indirecte externe werking). Het effect van deze indirecte externe werking op de bruinvispopulatie is reeds beschouwd in § 4.3.2 bij de bespreking van de effecten op het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone en wordt op dezelfde wijze beoordeeld.

4.3.6 Westerschelde & Saeftinghe

In het Natura 2000-gebied Oosterschelde geldt een instandhoudingsdoelstelling voor de gewone zeehond. Het betreft een verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van het leefgebied. Deze heeft betrekking op het zorgen voor meer rust op de droogvallende platen en zou moeten leiden tot een regionale Deltapopulatie van tenminste 200 exemplaren²¹.

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Uit de resultaten van de in 4.2.2 gepresenteerde berekeningen blijkt dat er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake is van indirecte externe werking, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van heigeluid kunnen worden uitgesloten.

4.4 EFFECTEN OP BESCHERMDE SOORTEN

Tijdens de aanleg van windturbines in kavel VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west) treedt verstoring van gewone zeehonden, grijze zeehonden en bruinvissen op. Het verstoren van zeezoogdieren als gevolg van de constructie van een windpark kan door het bevoegd gezag worden beschouwd als een overtreding van verbodsbepalingen genoemd in artikel 3.5, lid 2 (opzettelijk verstoren) en lid 4 (beschadigen of vernielen van voortplantingsplaatsen en rustplaatsen) van de Wet natuurbescherming en daarmee dus ook in de Wet Windenergie op Zee (2014).

Uit de in voorgaande paragrafen opgenomen resultaten van berekeningen blijkt dat deze verstoring noch bij zeehonden noch bij bruinvissen tot effecten op de populatie zal leiden. De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is voor **zeehonden** niet in het geding, omdat de geluidsnormen die zullen worden opgelegd om significant negatieve effecten op de bruinvispopulatie te voorkomen, tot gevolg hebben dat ook geen significante effecten op zeehonden optreden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat de geluidsnormen erop zijn gericht dat door de aanleg van windparken op zee de afname van de bruinvispopulatie met

²¹ Onlangs is een ontwerp-wijzigingsbesluit voor alle Nederlandse Natura 2000-gebieden gepubliceerd. Voor Westerschelde & Saeftinghe zijn de grijze zeehond en de bruinvis als habitatoorten toegevoegd. Voor beide soorten betreft het een behoudsdoelstelling.

grote zekerheid (95%) niet meer dan 5% zal bedragen. Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten.

4.5 MITIGERENDE MAATREGELEN

4.5.1 Overzicht mogelijkheden

Er zijn verschillende mogelijkheden om de negatieve effecten van onderwatergeluid bij de aanleg van windparken op zee op zeezoogdieren te beperken. Uit de analyses is gebleken dat het aantal dierverstoringsdagen maatgevend is voor de omvang van het effect op de populatie. Daarbij is ervan uitgegaan dat permanente effecten op het gehoor (PTS: *permanent threshold shift*) zullen worden voorkomen door het inzetten van zogenaamde 'Acoustic Deterrent Devices'.

Het aantal dierverstoringsdagen wordt berekend door het aantal door het onderwatergeluid verstoorde dieren te vermenigvuldigen met het aantal impulsdagen. Het aantal verstoorde dieren wordt berekend uit de vermenigvuldiging van het oppervlak door geluid verstoord gebied te met de lokale zeezoogdierdichtheid. Effecten kunnen dus worden beperkt door:

4. De oppervlakte door geluid verstoord gebied te beperken door en/of
5. De heiwerkzaamheden uit te voeren in een seizoen met een relatief lage dichtheid van zeezoogdieren en/of
6. Het aantal impulsdagen (= het aantal funderingen) te beperken.

Ad 1. Het oppervlak verstoord gebied kan worden beperkt door:

- In plangebieden met sterk variabele waterdiepten voor de funderingen locaties met een relatief geringe waterdiepte te kiezen; voor het hele plangebied van windenergiegebied Hollandse Kust (west) biedt dit echter weinig soelaas, omdat de variatie in waterdiepten relatief beperkt is;
- De propagatie van heigeluid (verder) te beperken door het toepassen van geluiddemping (heimantels, bellenschermen e.d.).

Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de herfst lager dan in het voorjaar en de zomer, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringscontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder bruinvissen bevinden. Het effect op de populatie is daardoor ook kleiner.

Ad 3. Het aantal impulsdagen beperken

Voor het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines is een hogere hei-energie nodig dan voor de aanleg van een windpark met meer, kleinere turbines. Bij het toepassen van één universele geluidsnorm maakt het voor de omvang het verstoringsoppervlak in principe echter niet uit met welke energie wordt geheid. Op 750 m van de heilocatie mag het geluidsniveau de betreffende waarde immers niet overschrijden. In het geval dat gekozen wordt voor een kleiner aantal, relatief grote turbines zal het uiteraard wel moeilijker zijn de gestelde geluidsnorm te halen. Vanwege het feit dat er tussen verschillende alternatieven geen verschil in de omvang van het verstoringsoppervlak zal zijn, zullen effecten van een windpark met een geringer aantal, relatief grote turbines altijd gunstiger uitpakken dan die van een windpark met meer, kleinere turbines.

5 Cumulatieve effecten

5.1 AFBAKENING

In het onderzoek naar de cumulatieve effecten op zeezoogdieren is uitsluitend gekeken naar de effecten van impulsief geluid dat ten behoeve van en tijdens de constructie van windparken op zee wordt geproduceerd. Het betreft de volgende geluidsbronnen:

- Apparatuur die wordt gebruikt voor geofysisch onderzoek in het plangebied voor het windpark en de zeekabels (seismische surveys);
- Apparatuur voor het in de zeebodem verankeren van de fundering van de TenneT-platforms Hollandse Kust (west Alpha) en Hollandse Kust (west Beta);
- Apparatuur voor het in de zeebodem verankeren van de turbinefunderingen.

Mogelijke effecten van continu geluid (w.o. scheepsgeluid en geluid van operationele windparken) en de effecten van andere bronnen van impulsief geluid (sonar, explosies en seismische surveys voor olie en gas) zijn buiten beschouwing gebleven.

5.2 CUMULATIEVE EFFECTEN VAN HOLLANDSE KUST (WEST)

5.2.1 Scenario

Voor het verkrijgen van een indruk van de cumulatieve effecten van de constructie van windturbines in de kavels VI en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) op de zeezoogdieren van het NCP met andere initiatieven zijn de volgende scenario's beschouwd:

- Hollandse Kust (west): aanleg van beide kavels in de periode januari – mei (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platforms in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek volgens het KEC 3.0 scenario (zie Heinis e.a. 2019);
- Hollandse Kust (west): aanleg van beide kavels in de periode juni – augustus (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek volgens het KEC 3.0 scenario (zie Heinis e.a. 2019);
- Hollandse Kust (west): aanleg van beide kavels in de periode september – december (1 paal per 24 uur), constructie TenneT-platform in de periode januari – mei (*worst case*), seismisch vooronderzoek volgens het KEC 3.0 scenario (zie Heinis e.a. 2019).

In de berekeningen van cumulatieve effecten is er *worst case* van uitgegaan dat er voor de windturbines per etmaal één fundering wordt geheid en dat er dus geen sprake is van overlappende verstoringoppervlakten (waardoor het totale aantal dierverstoringsdagen afneemt). De TenneT-platforms hebben een zogenaamde jacketfundering, die met 6 palen in de zeebodem wordt verankerd. Er wordt conform het KEC 3.0 van uitgegaan dat deze met een heil-energie van 2.000 kJ worden geheid en dat per dag 1 paal wordt geheid. Tijdens het heien van een jacket-paal zal vanaf een gegeven moment de paal zo ver de bodem in gaan dat de afstraal effectiviteit hierdoor zal afnemen; omdat de paal niet meer de hele waterkolom zal overbruggen. Conform de door TNO uitgevoerde berekening voor de transformatorplatforms voor windenergiegebied Hollandse Kust (zuid) is ervan uitgegaan dat de paal gedurende de gehele heitijd over de hele waterkolom afstraalt (de Jong en Binnerts, 2016).

In het kader van het KEC 3.0 is ook inschatting gemaakt van de mogelijke effecten van het geofysisch onderzoek dat wordt uitgevoerd in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) en rond het geplande tracé voor de zeekabels. De resultaten van die berekeningen zijn hier overgenomen. Voor de daarbij gehanteerde uitgangspunten wordt verwezen naar bijlage 2.

5.2.2 Effecten op de bruinvispopulatie

De resultaten van de berekening van de cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen door het aanleggen van de windturbines in de kavels VI en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) in twee alternatieve opstellingen, de bijbehorende TenneT-platforms en het daarvoor benodigde seismische onderzoek zijn opgenomen in Tabel 5-1 en Tabel 5-2.

De Nederlandse overheid heeft bepaald dat significante gevolgen van de aanleg van windparken vanaf 2016 voor de bruinvispopulatie zijn uit te sluiten als met grote zekerheid kan worden vastgesteld dat de bruinvispopulatie op minimaal 95% van de destijds vastgestelde omvang blijft, d.w.z. 51.000 dieren. Door het impulsief geluid dat gepaard gaat met de constructie van een windpark in windenergiegebied Hollandse Kust (west) neemt de bruinvispopulatie op het NCP met grote zekerheid (95%) met niet meer dan 103 dieren af, wat overeenkomt met 0,2% van deze populatie. Deze maximale waarde kan worden bereikt als alle werkzaamheden in de periode januari – mei plaatshebben, wanneer de bruinvisdichtheid relatief hoog is.

De conclusie dat significante gevolgen voor de bruinvispopulatie zijn uit te sluiten.

Tabel 5-1 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op bruinvissen op het NCP door de constructie van windturbines in kavel VI (basisalternatief én zuidelijk verkavelingsalternatief) en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) (alternatief 1 = 76 turbines per kavel), twee TenneT-platforms (Alpha en Beta) en het benodigde seismische vooronderzoek in het plangebied.

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Seismisch vooronderzoek	42	1.484		
Constructie platforms	12	11.325		
Aanleg funderingen HKW				
Januari – mei	152	118.085		
Juni – augustus	152	114.318		
September – december	152	72.718		
Totaal NCP	Minimaal	85.528	62	0,1
	Maximaal	130.895	103	0,2

Tabel 5-2 Als Tabel 5-1 voor alternatief 2 = 47 turbines per kavel)

	Impulsdagen	Dierversoringsdagen	Populatiereductie (5 ^e percentiel)	
			aantal dieren	% NCP
Seismisch vooronderzoek	42	1.484		
Constructie platforms	12	11.325		
Aanleg funderingen HKW				
Januari – mei	94	73.026		
Juni – augustus	94	70.697		
September – december	94	44.971		
Totaal NCP	Minimaal	57.780	39	0,1
	Maximaal	85.836	63	0,1

5.2.3 Effecten op zeehonden

Voor zeehonden zijn geen aparte berekeningen voor de omvang van het verstoorde oppervlak door seismisch onderzoek gedaan. Er is daarom uitgegaan van de resultaten van de berekeningen voor

bruinvissen die in het kader van het KEC 3.0 zijn gedaan (zie Heinis e.a. 2019). Hiermee worden eventuele effecten op zeehonden overschat, aangezien zeehonden minder gevoelig op onderwatergeluid reageren en bovendien ook minder gevoelig zijn voor de relatief hoogfrequente componenten in de signalen van de ingezette apparatuur (zie audiogrammen bruinvis en zeehonden in bijlage 3).

De resultaten van de berekeningen van de gecumuleerde effecten van de constructie van kavel VI (basisalternatief) en kavel VII staan in Tabel 5-3 en tabel 5-4. Naar analogie van de eerder gepresenteerde berekeningen voor Hollandse Kust (west) (zie Tabel 3-3 en Tabel 3-4) is ook een bandbreedte gegeven van het aantal mogelijk verstoorde zeehonden nadat alle funderingen, inclusief de funderingen voor de TenneT-platforms zijn geheid én het seismische vooronderzoek in het plangebied voor Hollandse Kust (west) en langs het kabeltracé is uitgevoerd. Voor de ondergrens is van volledige plaatstrouw uitgegaan, wat betekent dat steeds dezelfde zeehonden op de dagen dat de werkzaamheden worden uitgevoerd worden verstoord. Voor de bovengrens is het gemiddeld aantal verstoorde zeehonden per geheide fundering vermenigvuldigd met het aantal geheide funderingen. Hier is er dus van uitgegaan dat steeds andere zeehonden worden verstoord. Voor het beoordelen van een eventueel effect op de populatie is het aannemelijk dat de eerstgenoemde situatie maatgevend is, aangezien een meerdere malen verstoord dier in zijn normale functioneren meer wordt beïnvloed dan een dier dat eenmalig wordt verstoord.

Voor het berekenen van de effecten van het seismisch onderzoek in het windenergiegebied Hollandse kust (west) is de gemiddelde dichtheid van de zeehonden vermenigvuldigd met het verstoorde oppervlak (*i.e.* 84 km²) als wordt uitgegaan van volledige plaatstrouw. Dit getal is vermenigvuldigd met het aantal verstoringsdagen (*i.e.* 2 x 12 = 24) voor de berekening van het aantal eenmalig verstoorde dieren. Voor de verstoring van zeehonden langs het kabeltracé is een vergelijkbare berekening uitgevoerd. Voor deze surveys is uitgegaan van een verstoord oppervlak van 33 km² en 18 (2 x 9) verstoringsdagen.

Uit de resultaten blijkt dat het bij de werkzaamheden voor de aanleg van twee kavels in windenergiegebied Hollandse Kust (west) geproduceerde impulsieve geluid maximaal 0,3% van de Nederlandse populatie gewone zeehonden meerdere malen verstoort.

De conclusie is dat op grond van dezelfde argumentatie als voor de afzonderlijke kavels VI en VII (zie § 3.2.2 en 4.2.2) cumulatieve effecten van de constructie van deze twee kavels, inclusief de aanleg van twee TenneT-platforms en het uitvoeren van seismisch vooronderzoek in het windenergiegebied en langs het tracé van de zeekeblen op populatie van gewone zeehonden zijn uit te sluiten:

- Aafgezeten tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren beperkt;
- De omvang van het beïnvloede gebied is gering ten opzichte van het totale leefgebied, waardoor er geen sprake zal zijn van 'verdichtingseffecten' (competitie om voedsel e.d.);
- De minimale afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust is dermate groot dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd;
- Het effect is tijdelijk (1 dag per fundering, waarin ca. 2 uur per dag wordt geheid).

De resultaten van de cumulatieve berekeningen voor de combinatie van kavel VII en het zuidelijke verkavelingsalternatief voor kavel VI staan in onderstaande tabel 5-5 en Tabel 5-6. De cumulatieve effecten op gewone zeehonden zijn iets kleiner, maar eveneens zeer beperkt. In alle gevallen zijn

de effecten op grijze zeehonden kleiner dan die op gewone zeehonden, omdat de populatie kleiner is (en de totale aantallen op het NCP ook).

Tabel 5-3 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in kavels VI (basis verkavelingsalternatief) en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) (alternatief 1 = 76 windturbines per kavel), de twee TenneT- platforms en het daarvoor benodigde seismische vooronderzoek. Het betreft gemiddelde waarden voor de onderzochte paalposities.

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	42	5	110	<0,1 – 0,9
Constructie platform	12	11	66	<0,1 – 0,5
Aanleg funderingen HKW				
Januari – april	152	15	1.139	0,1 – 9
Mei – juli	152	6	430	<0,1 – 3
September – december	152	7	541	0,1 – 4
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,3
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				3 – 11

Tabel 5-4 Als voor (alternatief 2 = 47 windturbines per kavel)

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	42	5	110	<0,1 – 0,9
Constructie platform	12	11	66	<0,1 – 0,5
Aanleg funderingen HKW				
Januari – april	94	15	704	0,1 – 6
Mei – juli	94	6	266	<0,1 – 2
September – december	94	7	344	0,1 – 3
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,3
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				2 – 7

Tabel 5-5 Cumulatieve effecten van impulsief geluid op zeehonden op het NCP door de constructie van winturbines in kavels VI (zuidelijk verkavelingsalternatief) en VII van het windenergiegebied Hollandse Kust (west) (alternatief 1 = 76 windturbines per kavel), de twee TenneT- platforms en het daarvoor benodigde seismische vooronderzoek. Het betreft gemiddelde waarden voor de onderzochte paalposities.

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	42	5	110	<0,1 – 0,9
Constructie platform	12	11	66	<0,1 – 0,5
Aanleg funderingen HKW				
Januari – april	152	11	839	0,1 – 7
Mei – juli	152	4	320	<0,1 – 3
September – december	152	5	394	<0,1 – 3
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,2
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				3 – 8

Tabel 5-6 Als voor (alternatief 2 = 47 windturbines per kavel)

	Impulsdagen	Aantal dieren meermalen verstoord	Aantal dieren eenmalig verstoord	% NCP
Sesimisch vooronderzoek	42	5	110	<0,1 – 0,9
Constructie platform	12	11	66	<0,1 – 0,5
Aanleg funderingen HKW				
Januari – april	94	11	519	0,1 – 4
Mei – juli	94	4	198	<0,1 – 2
September – december	94	5	244	<0,1 – 2
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)				0,1 – 0,2
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)				2 – 6

5.2.4 Natura 2000-gebieden

Bruinvissen

In § 3.3 en § 3.4 is vastgesteld dat de constructie van de kavels VI en VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west) de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor bruinvissen in de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan niet negetaief beïnvloedt (verstoringcontouren overlappen niet met de Natura 2000-gebieden). Er is dus geen sprake van directe extreme werking. De totale omvang van het leef- en foerageergebied neemt echter wel af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP, en daarmee op de instandhoudingsdoelstellingen van Natura 2000-gebieden, kan ontstaan (indirecte externe werking).

Uit de in § 5.2.2 gepresenteerde resultaten blijkt dat door het met de aanleg van de kavels VI en VII van windenergiegebied Hollandse Kust (west) gepaard gaande impulsieve geluid significante gevolgen voor de bruinvispopulatie zijn uit te sluiten. Dit betekent dat negatieve gevolgen voor de instandhoudingsdoelstellingen van de bruinvis in de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan via indirecte externe werking ook zijn uit te sluiten.

Zeehonden

Ook voor zeehonden geldt dat het windenergiegebied Hollandse Kust (west) zo ver van de Natura 2000-gebieden ligt dat er geen sprake is van overlap van de versztoringscontouren met een van de gebieden. Er is dus geen sprake van directe externe werking. De omvang van het foerageergebied op de Noordzee neemt echter tijdelijk af, waardoor er sprake zou kunnen zijn van indirecte externe werking. In § 5.2.3 is vastgesteld dat cumulatieve effecten van de constructie van de kavels VI en VII, inclusief de constructie van twee TenneT-platforms en het uitvoeren van seismisch onderzoek in het windenergiegebied Hollandse Kust (west) en langs het tracé voor de zeekebls op de populaties van gewone en grijze zeehonden zijn uit te sluiten. Dit betekent dat negatieve gevolgen voor de instandhoudingsdoelstellingen van deze soorten in de Natura 2000-gebieden via indirecte externe werking ook zijn uit te sluiten.

5.2.5 Beschermde soorten

De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is voor **zeehonden** niet in het geding, omdat de geluidsnormen die zullen worden opgelegd om significant negatieve effecten op de bruinvispopulatie te voorkomen, tot gevolg hebben dat ook geen significante effecten op zeehonden optreden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat in het KEC 3.0 is vastgelegd dat aan het impulsieve geluid bij de aanleg van windparken op zee in de periode 2016 –

2030 zodanige restricties worden opgelegd dat de bruinvispopulatie op het NCP met grote zekerheid (95%) op een niveau van minimaal 48.450 dieren zal blijven. Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten. De berekeningen voor het KEC 3.0 en de daaruit voortvloeiende geluidsnorm vormde de grondslag voor de berekeningen in dit rapport (zie ook hierna).

5.3 CUMULATIEVE EFFECTEN WIND OP ZEE OP NCP (2016 – 2030)

Voor het KEC 3.0 zijn voor de periode 2016 – 2030 de cumulatieve effecten van impulsief geluid op de bruinvispopulatie op het NCP berekend van de constructie van windparken op zee. Er is daarbij ook rekening gehouden met de aanleg van de TenneT-platforms en het uitvoeren van het benodigde seismische onderzoek. Voor de windparken uit het Energieakkoord is ervan uitgegaan dat de in de (ontwerp)kavelbesluiten vastgelegde, naar seizoen en aantal turbines gedifferentieerde geluidsnormen worden toegepast. Voor de windparken van de routekaart windenergie op zee 2030 is uitgegaan van één universele geleuidsnorm van SELss (750 m) = 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. Het in

Tabel 5-7 weergegeven scenario leidt tot in het totaal 807.969 bruinvisverstoringsdagen. Uit de in § 2.3.5 weergegeven benaderingsformule volgt dat dit leidt tot een kans van 5% op een reductie van de bruinvispopulatie na 2030 van **865** dieren (= ca. 1,7% van de bruinvissen op het NCP).

Tabel 5-7 Bruinvisverstoringsdagen ten gevolge van de aanleg van de windparken van het Energieakkoord met toepassen van de in (ontwerp) kavelbesluiten vastgelegde geluidnorm voor heien in het voorjaar en de windparken na 2023 met toepassen van één uniforme geluidnorm van SELss = 168 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (750 m) voor zowel de turbinefunderingen (voor 10 MW turbines) als de transformatorplatforms.

id	Naam	jaar	Capaciteit (MW)	Geschat aantal turbines	norm [dB]	Bruinvis verstoringsdagen
42	Tender 2015 – Borssele I/II	2020	752	94	163	16.824
43	Tender 2016 – Borssele III/IV	2020	732	79	163	24.160
44	Tender 2017 – Hollandse Kust (zuid) I/II	2021	752	94	165	34.633
45	Tender 2018 – Hollandse Kust (zuid) III/IV	2021	752	94	165	32.667
47	Tender 2019 – Hollandse Kust (noord) V	2023	760	95	165	38.289
Totaal verstoringsdagen a.g.v. heien turbinefunderingen Energieakkoord						146.572
48	Hollandse Kust (west) VI	2024	760	76	168	58.193
51	Hollandse Kust (west) VII	2025	760	76	168	59.892
53	Ten noorden van Waddeneilanden I	2026	760	76	168	126.016
55	IJmuiden Ver I	2027	1000	100	168	77.291
57	IJmuiden Ver II	2028	1000	100	168	77.291
59	IJmuiden Ver III	2029	1000	100	168	86.087
60	IJmuiden Ver IV	2030	1000	100	168	86.087
Totaal verstoringsdagen a.g.v. heien turbinefunderingen na 2023						570.858
Totaal verstoringsdagen a.g.v. heien platforms						70.801
Totaal verstoringsdagen a.g.v. geofysische surveys						19.738
TOTAAL BRUINVISVERSTORINGSDAGEN						807.969
Populatiereductie volgens benaderingsformule (5% kans)						865

6 Onzekerheden en leemten in kennis

Elke stap van de procedure die is doorlopen bij het bepalen van de effecten op populaties met de daarbij behorende parameters kent een bepaalde mate van onzekerheid. Het kan daarbij gaan om onzekerheden als gevolg van een min of meer bekende variatie, maar ook als gevolg van het feit dat over een bepaalde parameter weinig of vrijwel niets bekend is (dit is een kennisleemte). Een overzicht:

Drempelwaarde voor verstoring/gedragsverandering

- De berekende effectafstanden zijn sterk afhankelijk van de gekozen discrete drempelwaarde²². Op grond van resultaten van onderzoek onder gecontroleerde omstandigheden en in het veld is gebleken dat de drempelwaarde kan liggen tussen SELs = 136 en 145 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ (Kastelein e.a. 2013; BMU 2013; Diederichs e.a. 2014; Brandt e.a. 2018). Het betreft breedband en ongewogen geluidsniveaus. Het meest uitgebreide onderzoek is door Brandt e.a. (2018) uitgevoerd en betrof onderzoek naar de effecten van heigeluid op bruinvissen tijdens de constructie van de eerste zeven Duitse windparken. In deze studie werd een significante afname van de aanwezigheid van bruinvissen gevonden bij breedband en ongewogen geluidsniveaus van meer dan 143 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. De voor het MER Hollandse Kust (west) gekozen drempelwaarde van SELs = 140 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ is daarom mogelijk aan de voorzichtige kant. Als een hogere waarden van SELs = 143 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ in de berekeningen zou zijn gebruikt, zou het verstoorde oppervlak en daarmee ook het aantal bruinvisverstoringdagen ongeveer 30 – 40% kleiner zijn (Heinis e.a. 2019).
- In de berekeningen voor bruinvissen is voornamelijk geen rekening gehouden met de gehoorgevoeligheid als gevolg van de frequentie. Het is aannemelijk dat het toepassen van een met de frequentiegevoeligheid van het gehoor van de bruinvissen gewogen SEL-waarde een betere voorspelling geeft van de gedragsreactie. De ten tijde van het opstellen van het KEC 3.0 beschikbare gegevens lieten het echter niet toe duidelijke conclusies te trekken over de noodzaak daartoe. Tougaard e.a. (2015) hebben er enige tijd geleden op gewezen dat frequentieweging met een filter dat is gebaseerd op de inverse van het audiogram geschikt zou zijn voor het bepalen van effecten. De US National Marine Fisheries Service onderschrijft dit en heeft frequentieweging al geïmplementeerd in hun technische handleiding voor het bepalen van effecten op het gehoor van zeezoogdieren (NMFS, 2016). Als het gaat om projecten waar het heigeluid wordt gemitigeerd door gebruik van bellenschermen zou de toepassing van frequentieweging bij het bepalen van gedragsverstoring bij bruinvissen tot veel kleinere voorspelde verstoringsoppervlakken leiden, omdat deze gewogen SELs effectiever mitigeren dan ongewogen SELs (Dähne e.a. 2017).

Kwantificeren van het aantal verstoorde dieren

- De bandbreedte rond de dichtheidsschattingen voor bruinvissen is vrij groot en bedraagt ongeveer 50%. Verder is nog vrijwel niets bekend over eventuele seizoens-afhankelijke migratiepatronen, locatietrouw en mogelijke sexe- en leeftijd-specifieke variatie hierin.

²² Er wordt van een discrete drempelwaarde gesproken, omdat deze de grens aangeeft tussen 'in het geheel geen verstoring' en een of andere vorm van verstoring, gedefinieerd als **alle** reacties met een score van 5 of meer op de schaal van Southall et al. (2007). Dit in tegenstelling tot een dosis-effect relatie waarbij de kans op het optreden of het niveau van een effect geleidelijk toeneemt met het blootstellingsniveau (de dosis).

Hoewel in Deense wateren (zender)onderzoek loopt, waardoor voor individuele dieren meer informatie beschikbaar komt (e.g. Sveegaard, 2011, Nielsen e.a. 2018), zal deze leemte voor de Noordzee niet op korte termijn worden opgevuld. Hierdoor blijft het lastig een nauwkeuriger schatting te maken van het aantal dieren die in verschillende tijden van het jaar worden beïnvloed.

- Voor het NCP is door Wageningen Marine Research op basis van telemetriegegevens een, voor de berekeningen in deze notitie gebruikte kaart gemaakt met de ruimtelijke variatie in de dichtheid van gewone zeehonden (Aarts e.a. 2016). Voor grijze zeehonden is een dergelijke kaart ook beschikbaar (Brasseur e.a. 2010), maar deze is op gegevens van een beperkt aantal dieren gebaseerd en daarom minder betrouwbaar. In de laatste jaren zijn door de monitoring rond windparken op zee veel nieuwe zendergegevens zowel voor grijze zeehond beschikbaar gekomen. Ook is de kwaliteit van de gegevens doordat gps-zenders zijn gebruikt sterk verbeterd. Ontwikkeling van een kaart waarin deze nieuwe gegevens zijn verwerkt, indien mogelijk voor verschillende seizoenen, zou het mogelijk maken een betere schatting van het aantal door geluid verstoorde grijze zeehonden te maken.

Doorvertalen van effecten op individuele bruinvissen naar populatie-effecten (iPCoD)

- Omvang gevoelige deelpopulatie (*vulnerable subpopulation*), een van de parameters in het iPCoD model. In de berekeningen voor het KEC 3.0, die aan de basis hebben gelegen voor de berekeningen in deze notitie, is uitgegaan van een *vulnerable subpopulation* van 350.000 dieren, d.w.z. gelijk aan de totale omvang van de Noordzeepopulatie. De belangrijkste redenen hiervoor zijn 1) dat er geen duidelijke aanwijzingen zijn dat er binnen de Noordzeepopulatie van bruinvissen deelpopulaties zijn die aan een kleiner deelgebied zijn gebonden en 2) uit een recente publicatie blijkt dat de *home range* van bruinvissen behoorlijk groot kan zijn (Nielsen e.a. 2018). Voor het KEC 1.0 is de gevoeligheid van de modelresultaten voor drie verschillende grootten van de *vulnerable subpopulation* onderzocht (Heinis e.a. 2015). Uit deze analyses bleek dat de omvang van de *vulnerable subpopulation* een rol begint te spelen bij een (berekende) populatiereductie van ongeveer de helft van de omvang van de *vulnerable subpopulation*. Het totale effect wordt beperkt tot ongeveer 80% van de *vulnerable subpopulation*. Dit betekent ook dat bij hogere waarden berekende populatiereductie toeneemt met de gekozen omvang van de *vulnerable subpopulation*. Een keuze voor een relatieve grote *vulnerable subpopulation* reduceert daarom het risico dat effecten worden onderschat.
- Doorvertaling van bruinvisverstoring naar effecten op vital rates. Het iPCoD model is in 2018 grondig geüpdatet en verbeterd, met name voor de bruinvis. Bij het bepalen van de relatie tussen verstoring en *vital rates* is gebruik gemaakt van een door de Universiteit van Amsterdam in samenwerking met de Uiniversiteit van St. Andrews ontwikkeld state-of-the-art energiebudget model. Uit de modelberekeningen blijkt duidelijk dat bruinvissen in veel gevallen voor een (tijdelijk) verlies van foerageermogelijkheden kunnen compenseren. Het is echter nog niet duidelijk of en zo ja, waarom de gebieden waar de grootste dichtheid wordt gezien ook de meest geschikte gebieden zijn. Hebben bruinvissen die uit een dergelijk geschikt gebied worden verdreven ook werkelijk minder kans te overleven en hoe hangen seizoensvariaties in het voorkomen samen met variaties in het voorkomen van voedsel?
- Aannames in iPCoD model over populatieontwikkeling en demografische parameters. In het Interim PCoD model is ervan uitgegaan dat de bruinvispopulatie stabiel is en dat de populatieontwikkeling niet afhangt van de dichtheid. Voor de modeluitkomsten betekent dit dat na een eenmaal aangebracht effect op de populatie, *i.e.* een afname als gevolg van

de activiteiten, de populatie hiervan na het beëindigen van de activiteiten niet herstelt. Dit is waarschijnlijk niet realistisch. Voor een meer realistische inschatting van de populatieontwikkeling in de jaren van de verstoring, maar vooral na het beëindigen ervan is meer kennis nodig over dichtheidsafhankelijke effecten op populatieontwikkeling. Is de 'carrying capacity' bereikt en zo ja, wat zijn beperkende factoren voor populatiegroei? Speelt competitie om voedsel een rol als de dichtheid van dieren toeneemt als zij door onderwatergeluid uit een bepaald gebied worden verdreven?

Doorvertalen van effecten op individuele gewone en grijze zeehonden naar populatie-effecten

Voor de **gewone en de grijze zeehond** zijn door zenderonderzoek veel meer gegevens over het natuurlijke gedrag in het veld beschikbaar dan voor de bruinvis. Het betreft zowel populatieschattingen als kennis over beweging van individuele dieren. In combinatie met experimenteel bepaalde gegevens over de energetische 'kosten' van gedragsverandering (zie bijvoorbeeld Rosen e.a. 2007; Sparling & Fedak 2004; Sparling e.a. 2007) zou het effect op de populatie kunnen worden ingeschat door een zogenaamd '*agent based*' model (zie bijvoorbeeld (Nabe-Nielsen e.a. 2014) te combineren met een Dynamisch Energie Budget. Inmiddels is door WMR, in samenwerking met SMRU/Universiteit van St. Andrews een start gemaakt met de ontwikkeling van een dergelijk model. Het zal echter nog enkele jaren duren voordat dit model operationeel is.

7 Referenties

- Aarts, G., J. Cremer, R. Kirkwood, J.T. van der Wal, J. Matthiopoulos & S. Brasseur, 2016. Spatial distribution and habitat preference of harbour seal (*Phoca vitulina*) in the Dutch North Sea. Wageningen Marine Research report C118/16.
- Aarts, G., S. Brasseur, S. Geelhoed, R. van Bemmelen & M. Leopold, 2013. Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES report C103/13.
- Arts, F. 2012. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991 – 2011. Rapport RWS Waterdienst BM 12.25.
- Binnerts, B., C. de Jong, M. Ainslie, M. Nijhof, Roel Müller & E. Jansen, 2016. Validation of the Aquarius models for prediction of marine pile driving sound. Sponsored by Rijkswaterstaat. TNO report TNO 2016 R11338.
- BMU, 2013. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Konzept für den Schutz der Schweinswale vor Schallbelastungen bei der Errichtung von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (Schallschutzkonzept).
- Booth, C., and F. Heinis, 2018. Updating the Interim PCoD Model: Workshop Report - New transfer functions for the effects of permanent threshold shifts on vital rates in marine mammal species.
- Booth, C., F. Heinis & J. Harwood, 2019. Updating the Interim PCoD Model: Workshop Report – New transfer functions for the effects of disturbance on vital rates in marine mammal species. Report Code SMRUC-BEI-2018-011
- Brandt, M.J., A-C. Dragon, A. Diederichs, M.A. Bellmann, V. Wahl, W. Piper, J. Nabe-Nielsen & G. Nehls, 2018. Disturbance of harbour porpoises during construction of the first seven offshore wind farms in Germany. Mar. Ecol. Prog. Ser. 596: 213 – 232.
- Brandt, M.J., A. Diederichs, K. Betke & G. Nehls, 2011. Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Marine Ecology Progress Series 421, 205-216.
- Brasseur, S., T. van Polanen Petel, G. Aarts, E. Meesters, E. Dijkman & P. Reijnders, 2010. Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Dutch North sea: population ecology and effects of wind farms. IMARES report No C137/10.
- Camphuysen, C.J. & M.L. Siemensma, 2011. Conservation plan for the Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in The Netherlands: towards a favourable conservation status. NIOZ Report 2011-07, Royal Netherlands Institute for Sea Research, Texel.
- Costa, D.P., 2012. A bioenergetics approach to developing a population consequences of acoustic disturbance model. In: Popper AN, Hawkins A (eds) “The effects of noise on aquatic life. Advances in experimental medicine and biology.” Springer Science and Business Media, New York, NY, p. 423–426.
- Dähne, M., A. Gilles, K. Lucke, V. Peschko, S. Adler, K. Krügel & U. Siebert, 2013. Effects of pile-driving on harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) at the first offshore wind farm in Germany. *Environmental Research Letters*, 8(2).
- Dähne, M., J. Tougaard, J. Carstensen, A. Rose & J. Nabe-Nielsen, 2017. Bubble curtains attenuate noise from offshore wind farm construction and reduce temporary habitat loss for harbour porpoises. Mar Ecol Prog Ser 580: 221–237.
- de Jong, C.A.F & M.A. Ainslie, 2012. Analysis of the underwater sound during piling activities for the Off-shore Wind Park Q7. Report TNO 2012 R10081.
- de Jong, C.A.F., B. Binnerts, M. Prior, M. Colin, M. Ainslie, I. Muller & I. Hartstra, 2019. Wozep – WP2: update of the Aquarius models for marine pile driving sound predictions. TNO Report, TNO 2018 R11671.
- Diederichs, A., H. Pehlke, G. Nehls, M. Bellmann, P. Gerke, J. Oldeland, C. Grunau, S. Witte & A. Rose, 2014. Entwicklung und Erprobung des Großen Blasenschleiers zur Minderung der

- Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten. BMU Förderkennzeichen 0325309A/B/C, BioConsult SH, Husum.
- Geelhoed, S., M. Scheidat & R. van Bemmelen, 2014. Marine mammal surveys in Dutch waters in 2013. IMARES report C027/14.
- Geelhoed, S., M. Scheidat, G. Aarts, R. van Bemmelen, N. Janinhoff, H. Verdaat & R. Witte, 2011. Shortlist Masterplan Wind - Aerial surveys of harbour porpoises on the Dutch Continental Shelf. IMARES report C103/11.
- Geelhoed, S.C.V., N. Janinhoff, S. Lagerveld, L.S. Lehnert & J.P. Verdaat, 2018. Marine mammal surveys in Dutch North Sea waters in 2017. Wageningen Marine Research (University & Research centre), WMR report C030/18.
- Geelhoed, S.C.V., S. Lagerveld & J.P. Verdaat, 2015. Marine mammal surveys in Dutch North Sea waters in 2015. IMARES report C189/15.
- Harwood, J., S. King, R. Schick, C. Donovan & C. Booth, 2013. A protocol for implementing the interim population consequences of disturbance (PCOD) approach: quantifying and assessing the effects of UK offshore renewable energy developments on marine mammal populations. Report SMRUL-TCE-2013-014. Scottish Marine and Freshwater Science 5(2).
- Heinis F., C.J. de Jong & Werkgroep Onderwatergeluid, 2015. Cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op zeezoogdieren. Rapport TNO 2015 R10335.
- Heinis, F., C.A.F. de Jong, S. von Benda-Beckmann & B. Binnerts, 2019. Framework for Assessing Ecological and Cumulative Effects – 2018; Cumulative effects of offshore wind farm construction on harbour porpoises. HWE rapport: 18.153RWS_KEC2018, January 2019
- Kastelein, R.A., N. Steen, R. Gransier & C.A.F. de Jong, 2013. Brief Behavioral Response Threshold Level of a Harbor Porpoise (*Phocoena phocoena*) to an Impulsive Sound. Aquatic Mammals 39: 315–323.
- Lucke, K., U. Siebert, P.A. Lepper & M.-A. Blanchet, 2009. Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli," J. Acoust. Soc. Am. 125, 4060–70.
- Ministerie van Economische Zaken & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016a. Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol windenergie op zee. Deelrapport A: Methodebeschrijving.
- Ministerie van Economische Zaken & Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2016b. Kader Ecologie en Cumulatie t.b.v. uitrol windenergie op zee. Deelrapport B: Beschrijving en beoordeling van cumulatieve effecten bij uitvoering van de Routekaart Windenergie op zee.
- Ministerie van EZ, 2019. Notitie reikwijdte en detailniveau kavels VI en VII windenergiegebied Hollandse Kust (west) DEF 2.1. 28 maart 2019.
- Nabe-Nielsen, J. R.M. Sibly, J. Tougaard, J. Teilmann & S. Sveegaard, 2014. Effects of noise and by-catch on a Danish harbour porpoise population. Ecol. Modell. 272, 242–251.
- New, L.F., J. S. Clark, D. P. Costa, E. Fleishman, M. A. Hindell, T. Klanjšček, D. Lusseau, S. Kraus, C. R. McMahon, P. W. Robinson, R. S. Schick, L. K. Schwarz, S. E. Simmons, L. Thomas, P. Tyack, J. Harwood. 2014. Using short-term measures of behaviour to estimate long-term fitness of southern elephant seals. MEPS 496:99-108.
- Nielsen, N.H., J. Teilmann, S. Sveegaard, R.G. Hansen, M-H.S. Sinding, R. Dietz & M.P. Heide-Jørgensen, 2018. Oceanic movements, site fidelity and deep diving in harbour porpoises from Greenland show limited similarities to animals from the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 597, 259 – 272.
- NMFS – National Marine Fisheries Service, 2016. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing: Underwater Acoustic Thresholds for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-55.
- NRC – National Research Council, 2005. Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects. National Academies Press, Washington DC.

- Rosen, D.A.S., A.J. Winship & L.A. Hoopes, 2007. Thermal and digestive constraints of foraging behaviour in marine mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 362: 2151-2168.
- Scheidat, M., R. Leaper, M. van den Heuvel-Greve & A. Winship, 2013. Setting Maximum Mortality Limits for Harbour Porpoises in Dutch Waters to Achieve Conservation Objectives. *Open Journal of Marine Science* 2013, 3.
- SEAMARCO, 2011. Temporary hearing threshold shifts and recovery in a harbor porpoise and two harbor seals after exposure to continuous noise and playbacks of pile driving sounds. Part of the Shortlist Masterplan Wind 'Monitoring the Ecological Impact of Offshore Wind Farms on the Dutch Continental Shelf'. commissioned by the Department of Water Management of the Netherlands Ministry of Infrastructure and Environment. SEAMARCO Ref: 2011/01.
- Southall, B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas & P.L. Tyack, 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, 33(4), 411–521.
- Sparling, C.E. & M.A. Fedak, 2004. Metabolic rates of captive grey seals during voluntary diving. *J Exp Biol* 207: 1615-1624.
- Sparling, C.E., J-Y. Georges, S.L. Gallon, M. Fedak & D. Thompson, 2007. How long does a dive last? Foraging decisions by breath-hold divers in a patchy environment: a test of a simple model. *Animal Behaviour* 74: 207-218.
- Sveegaard, S., J. Teilmann, P. Berggren, K.N. Mouritsen, D. Gillespie & J. Tougaard, 2011. Acoustic surveys confirm the high-density areas of harbor porpoises found by satellite tracking. *ICES Journal of Marine Science* 68: 929–936.
- Thompson, P.M., K.L. Brookes, I.M. Graham, K. Needham, G. Bradbury & N.D. Merchant, 2013. Short-term disturbance by a commercial two-dimensional seismic survey does not lead to long-term displacement of harbor porpoises. *Proc.R.Soc. B* 280: 20132001.
- Tougaard, J., A.J. Wright & P.T. Madsen, 2015. Cetacean noise criteria revisited in the light of proposed exposure limits for harbour porpoises. *Marine Pollution Bulletin* 90: 196–208.
- van Beest, F.M., J. Nabe-Nielsen, J. Carstensen, J. Teilmann & J. Tougaard, 2015. Disturbance effects on the Harbour Porpoise Population in the North Sea (DEPONS): Status report on the model development. Aarhus University, DCE-Danish Centre for Environment and Energy, 43 pp. Scientific Report from DCE-Danish Centre for Environment and Energy No. 140.

BIJLAGE 1 MODELLERING HEIGELUID

Per locatie is de onderwatergeluidverspreiding voor het heien van een representatieve fundatiepaal (turbine en platform) berekend. De geluidverspreiding hangt af van:

- type heihamer, massa van de hamer en hamerklapenergie
- massa van het aambeeld en contactstijfheid
- diameter, wanddikte en materiaal van de heipaal
- lengte van de heipaal in het water en in het sediment
- mitigatiemaatregel (bellenscherm, mantel, ...)
- waterdiepte (bathymetrie) rond de paal
- sedimenteigenschappen rond de paal (dichtheid, geluidsnelheid en absorptie)
- windsnelheid / golfhoogte

TNO heeft in de afgelopen jaren een suite van Aquarius rekenmodellen ontwikkeld waarmee de onderwatergeluidverspreiding rond een heipaal berekend kan worden. De keuze van een modelversie uit die suite hangt af van de beschikbare informatie en de complexiteit van de berekening (aantal door te rekenen variaties). De onzekerheid in de berekende geluidverspreiding zou in theorie af moeten nemen wanneer meer gedetailleerde informatie beschikbaar is. De beperkte modelvalidatie (PAWP, Luchterduinen, Gemini) laat zien dat we nog niet goed in staat zijn om die onzekerheid te kwantificeren, omdat we de bijdragen van de diverse parameters (zie de lijst hierboven) aan de onzekerheid niet goed kunnen scheiden.

- Voor de heigeluidberekeningen in deze studie is gebruik gemaakt van het, in het kader van Wozep verder ontwikkelde, Aquarius 4 model, zie de Jong e.a. (2018).
- De Aquarius 4 modelberekeningen leiden tot een geluidverspreiding in termen van het tertsbandspectrum van de SELs in de omgeving van de paal als functie van afstand en diepte.
- Als maat voor het kwantificeren van mogelijke verstoring van bruinvissen gebruiken we, in overeenstemming met de KEC redeneerlijn uit 2015, de ongewogen breedband waarde van de berekende SELs.
- Daarbij kiezen we de maximale waarde van de SELs over de waterdiepte²³. In Aquarius 4 wordt de SELs als functie van de diepte berekend in 10 equidistante stappen en vervolgens het maximum genomen.

Hamer

Hamertype en energie worden in een laat stadium van het ontwerp gekozen. Voor deze studie wordt op aangegeven van RWS aangenomen dat in alle gevallen de windturbines geplaatst worden op monopile fundaties, die worden geslagen met een geschatte maximum hamerenergie van 2000 kJ. Naar verwachting zal het vermogen per turbine over de jaren toenemen. Voor het heien van de monopiles voor turbines groter dan 12 MW wordt een maximum hamerenergie van 4000 kJ aangenomen. De grootste huidige hamer van IHC heeft een vermogen van 4000 kJ (max paaldiameter 7,5 m). Ook voor het heien van de kleinere palen (2-3m) voor de jacket fundaties van de platforms wordt een hamerenergie van 2000 kJ verondersteld, op basis van informatie verstrekt door TenneT.

Het Aquarius 4 model maakt gebruik van een geïdealiseerd model van de hamer (Deeks & Randolph, 1994). Daarvoor zijn gegevens nodig van de kinetische energie van de hamer, de massa's van de hamer en het aambeeld en van de contactstijfheid tussen hamer en aambeeld. Een analyse van alle mogelijke hamer types valt buiten de scope van de studie bij gebrek aan voldoende gedetailleerde gegevens. De bij Gemini toegepaste (IHC S-2000) hamer is als startpunt gebruikt voor het bepalen van de uiteindelijke parameters:

- Turbines t/m 12 MW: paaldiameter $D = 5.5$ m, 2000 kJ hamerenergie
- Turbines 15 MW: paaldiameter $D = 7,5$ m, 4000 kJ hamerenergie
- Platformpalen: paaldiameter $D = 3$ m, 2000 kJ hamerenergie

²³ In het Aquarius 1 kwam dat goed overeen met de waarde op 1 m van de bodem.

Overige parameters:

- Wanddikte monopile (API formule): $t = 0.01D + 6.35e^{-3}$ m
- Aambeeld massa = ram massa = hamerenergie * (1 ton/20 kJ)
- Contactstijfheid 20 GN/m

Locaties

De door RWS aangeleverde scenario's geven een centrale locatie voor elk gepland park. Dit levert niet noodzakelijk een 'realistische worst case' voor de berekende verstoringoppervlakte. Die worst case zal in het algemeen optreden bij de grootste diepte in het park en op de grootste afstand van de kust. Per park is daarom op basis van de bathymetrie een 'realistische worst case' locatie in de nabijheid van het opgegeven centrale punt gekozen.

Sediment

In de Aquarius modellen wordt het sediment gemodelleerd als een equivalente uniforme vloeistof (zonder afschuifstijfheid of gelaagdheid). In het Wozep onderzoek is aangetoond dat deze aanname laagfrequent leidt tot een goede match met de U8 meetdata, mits rekening gehouden wordt met een frequentieafhankelijke absorptie in het sediment. De volgende keuzen zijn gemaakt:

- 'Medium sand' parameterwaarden (Ainslie 2010, tabel 4.18): $\rho = 2086 \text{ kg/m}^3$, $c = 1797 \text{ m/s}$, en $\alpha = 0.88 \text{ dB}/\lambda$, bij een geluidsnelheid in het water van 1500 m/s.
- Afnemende absorptie ($\sim f^{1.8}$) beneden 250 Hz

Wind

Vanwege onzekerheid over de betrouwbaarheid van de modellering van het extra propagatieverlies ten gevolge van verstoring van het wateroppervlak door wind en golven is besloten om voorzichtigheidshalve dit effect weg te laten in de Aquarius 4 berekeningen, dus windsnelheid 0 m/s

- In 2015 werd het gemiddelde genomen van het met Aquarius 1 berekende verstoringsooppervlak met en zonder windverliezen. Achteraf is geconstateerd dat het model voor windverliezen in Aquarius 1 vooral zinvol was om de fout die gemaakt werd door de keuze voor een puntbronmodel te compenseren.
- In de nieuwe Aquarius 4 versie is dat niet meer nodig en nemen we de contouren voor berekeningen zonder wind.

Transformatorplatforms

- gemiddeld 2 jacketpalen per dag
- hamerenergie 2000 kJ
- aanleg van de platforms één jaar voor het heien van de turbinefundaties

BIJLAGE 2 MODELLERING GEOFYSISCH SURVEYS

Beschrijving scenario's

Geofysische surveys worden over tijdsspanne van een aantal (1-5) jaren voor de aanleg van een windpark uitgevoerd om bodemgesteldheid in verschillende lagen in kaart te brengen en eventuele aanwezigheid van oude munitie te identificeren. Deze surveys beslaan zowel het gebied waar geheid (turbines en platforms) wordt, als ook het tracé waarlangs de kabels naar de kust worden gelegd.

Het scenario voor de geofysische survey bestaat uit 4 deelscenario's:

- 1) Globale survey van het gebied van het toekomstig windmolenpark
- 2) Gedetailleerde survey van de locaties van de toekomstige turbines, platforms en infieldkabels
- 3) Globale survey van het kabeltracé
- 4) Gedetailleerde survey van het kabeltracé

Ad 1) Globale survey van het gebied van het toekomstig windmolenpark

Uitgangspunten:

- Een geofysische survey bestrijkt ongeveer 10 km² per dag en gaat 24 uur continu door (afgezien van slecht weer en de maandelijkse uitwisseling van de bemanning, die we in deze studie negeren). Het aantal dagen per park = oppervlak geofysische survey gedeeld door 10 km².
- We nemen aan dat deze in het 5 jaar voor aanleg van het park wordt uitgevoerd.
- Er wordt gewerkt met een multibeam, een sidescansonar, een magnetometer, een subbottomprofieler en een multi channel sparker. Hier wordt uitgegaan van het gebruik van een sparker als *worst case* scenario, wat leidt tot effectafstanden van 3 km.
- We doen geen locatie-specifieke akoestische berekeningen, maar gaan er van uit dat per dag 10 km² gescand wordt, met een geschatte maximale verstoringsafstand (sarker) van ~3 km. Voor een rechthoekig scangebied wordt dat ~84 km² verstoringsoppervlak per dag.

Ad 2) Gedetailleerde survey van de locaties van de toekomstige turbines, platforms en infieldkabels

Uitgangspunten:

- Typisch uitgevoerd 1 à 2 jaar voor aanleg park (conform Gemini). Hierbij gaan we uit van 1 jaar voor de aanleg.
- Voor het overige gelden dezelfde aannames als bij de globale surveys (1).

Ad 3) Globale survey van het kabeltracé

Uitgangspunten:

- Het betreft een survey van het tracé van windenergiegebied naar land. Daarnaast wordt tevens een survey van de locatie van het platform / de platforms voorzien, vooral m.b.t. obstakels (Side Scan Sonar, Bathymetrie) en magnetische contacten (ivm 'unexploded ordnance', ook wel UXO's).
- Het totale gesurveyde oppervlak wordt geschat door het aantal km kabel maal een strook breedte. Deze breedte is afhankelijk van het aantal kabels en afstand tot het windpark (geschatte waardes in Tabel 3).
- Typische uitgevoerd 2 jaar voor het globale onderzoek.
- Tijdens deze survey wordt gebruik gemaakt van een Magnetometer, Sidescan Sonar, Subbottom profiler, Singlebeam en Multibeam Echolood. Een multi channel sparker is mogelijk niet nodig als de sub-bottom profiler voldoende informatie op kan leveren tot de begraafdiepte van de kabels (1 – 2 meter) vermeerderd met de hoogte van de zandgolven (locatie specifiek) en wordt hier niet meegenomen.
- omdat geen zeer diepe bodempenetratie nodig is. Hier hanteren we een effectafstand voor de sub-bottom profiler typische afstand van 1 km (zie Bijlagetabel 3-4).

We doen geen locatie-specifieke akoestische berekeningen, maar gaan er van uit dat per dag 10 km² gescand wordt, met een geschatte maximale verstoringsafstand (sub-bottom profiler) van ~1 km. Voor een rechthoekig scangebied wordt dat ~30-36 km² verstoringsoppervlak per dag (afhankelijk van tracé).

Ad 4) Gedetailleerde survey van het kabeltracé

Uitgangspunten:

- Het tracé van windzoekgebied naar land, wordt geschat door het aantal km tracé maal een strook rond de kabel (ca. 100 meter rond de kabel).
- Vindt plaats 1 jaar voor de aanleg van het turbines.
- Tijdens de survey wordt gebruikt gemaakt van de volgende systemen: Magnetometer, Sidescan Sonar, Subbottom profiler, Singlebeam en Multibeam Echolood, omdat geen zeer diepe bodempenetratie nodig is. Hier hanteren we een effectafstand voor de sub-bottom profiler typische afstand van 1 km (zie Bijlagetabel 3-4). Over het grootste gebied is een beperkte penetratie nodig, alleen tussen de kust en die 3 km lijn is wel een diepere penetratie nodig – orde 10 meter.
- We doen geen locatie-specifieke akoestische berekeningen, maar gaan er van uit dat per dag 10 km² gescand wordt, met een geschatte maximale verstoringafstand (sub-bottom profiler) van ~1 km. Hierbij worden eventuele bijdrage van inzet sparker tijdens de laatste 3 km en de kust en in rond het gebied van de platforms verwaarloosd. Voor een rechthoekig scangebied wordt dat ~30-36 km² verstoringsooppervlak per dag (afhankelijk van tracé).

De bovenstaande scenario's leiden tot de volgende schema's per park (Bijlagetabel 2-1) en per platform/kabeltracé (Bijlagetabel 2-2).

Bijlagetabel 2-1 Schema geofysische survey per park

Wanneer	Activiteit	Verstoringsooppervlak per dag (km ²)
5 jaar voor aanleg	Globale survey gebied windmolenpark en platforms	84
1 jaar voor aanleg	Gedetailleerde survey van de locaties van de toekomstige turbines en platforms	84

Bijlagetabel 2-2 Schema geofysische survey per kabeltracé

Wanneer	Activiteit	Verstoringsooppervlak per dag (km ²)
2 jaar voor aanleg	Globale survey van het kabeltracé	Afhankelijk van kabeltracé park (30 - 36)
1 jaar voor aanleg	Gedetailleerde survey van het kabeltracé	Afhankelijk van kabeltracé park (30 - 36)

Schattingen voor de kabeltracés zijn afhankelijk van de afstand tot het land en type kabelverbinding (AC of DC). De hier gehanteerde waardes staan aangegeven in onderstaande Bijlagetabel 2-3.

Bijlagetabel 2-3 Geschatte waarde voor afstanden van de transformator platforms tot het land, en bijbehorende geofysische survey van het kabeltracé. De aangenomen waardes voor verstoringsooppervlakte en aantal dagen survey staan tevens aangegeven.

Transformator-platform	Lengte tracé naar land / km (inschatting)	Breedte tracé / km (inschatting)	Oppervlak tracé / km ²	aantal km ² survey per dag	Aantal dagen survey	Verstoringsooppervlak per dag / km ²	Dichtheid voorjaar (ind/km ²)	bruinverstoringsdagen
HKW beta	75	1.2 (2 kabels)	90	10	9	33	0.721	214
TNW alpha	120	1.2 (2 kabels)	144	10	14.4	33	0.785	373
IJmuiden Ver	200 x 3 (kabels)	1	600	10	60	36	0.698	1507

Schatting effectafstanden geofysische instrumenten

Geotechnische surveys worden uitgevoerd ter voorbereiding van de aanleg van de windparken met diverse akoestische bronnen zoals multi-beam en side-scan sonars, bottom profilers en sparkers. De bronsterkte en frequentiebereik van de survey signalen wijken sterk af van heigeluid. Op basis van globale informatie over de akoestische bronnen in combinatie met een met de frequentiegevoeligheid van het gehoor van bruinvissen gewogen drempelwaarde is een schatting gemaakt van de verstoringafstand voor verschillende type systemen die gebruikt worden in deze surveys. De aannames voor de inschattingen van verstoringafstanden voor de bruinvis staan in de onderstaande paragrafen verder uitgewerkt en samengevat in Bijlagetabel 2-4.

Bijlagetabel 2-4 Typische systemen die tijdens geofysische surveys gebruikt bij de aanleg van windparken, platforms en kabeltracés. De derde kolom geeft een inschatting van verstoringafstanden aan voor de verschillende type systemen.

Type systeem	Voorbeeld systeem	Geschatte effectafstand
Multibeam Echosounder:	Kongsberg EM2040 Dual Head, Dual Swath / Dual Ping – Frequency 400 kHz	Boven bruinvisgehoorgrens; Geen significante sub-harmonischen; Verwachte effect afstanden (verwaarloosbaar) klein;
Side Scan Sonar:	Edgetech 4200 300/600 – Frequency: 239 kHz (LF) and 555 kHz (HF)	Boven bruinvisgehoorgrens; Geen significante sub-harmonischen. Verwachte effect afstanden (verwaarloosbaar) klein;
Sub-Bottom Profiler: Magnetometer: Geomatrix G882 Cesium vapour magnetometer	Innomar SES 2000 Standard parametric sub-bottom profiler – Power: > 50kW ; Frequency: 8 – 100 kHz	Verwachte effectafstanden tussen 1 en 2 km, veroorzaakt door primaire frequentie van de bron op 100 kHz; zie Bijlagefiguur 2-1
Sparker Single Channel	GSO 200-tip sparker (assumed operated at 500 J)	Verwachte effectafstanden tussen 1 en 2 km, op basis van schattingen; zie Bijlagefiguur 2-1
Sparker Multi Channel	GSO 360-tip Sparker seismic source + 2000 J PSU (operated at 900 J)	Verwachte effectafstanden tussen 3 en 4 km, op basis van schattingen; zie Bijlagefiguur 2-1

Akoestische eigenschappen van geofysische surveys

De tijdens geofysische surveys gebruikte echosounders zijn hoogfrequent (> 200 kHz) en niet hoorbaar voor bruinvissen (zie audiogram in bijlage 3). Metingen van dit soort type systemen lijken erop te duiden dat er nauwelijks akoestische energy bij lagere frequenties wordt uitgezonden (zie bijvoorbeeld Crocker e.a. 2018). De bronnen die significante geluidsniveaus veroorzaken bij voor bruinvissen hoorbare frequenties zijn de *sub-bottom profilers* en *sparkers*.

Een typische gebruikte sub-bottom profiler, een zgn ‘parametrische sub-bottom profiler’, genereert laagfrequent (~ 10 kHz) geluid door simultaan meerdere hoogfrequente (~ 100 kHz) geluiden uit te zenden. Door hoge frequenties te gebruiken leidt dit tot een zeer directionele, naar beneden gerichte bundel (~ 3-6 graden -3 dB bundelbreedte) van laagfrequent geluid. Uit de folders van aanbieders van parametrische sub-bottom profilers is af te leiden dat de het bronniveau (SL) rond hoofdfrequenties (85 – 125 kHz) > 240 dB re 1 µPa-m zit. De bronniveaus liggen bij de lage frequenties rond de 202 dB re 1 µPa-m. Dit komt overeen met een typische 30-40 dB reductie in bronniveau van de secundaire frequenties in een parametrische sonar (P. Beerens pers comm). Voor de afschatting van de effectafstanden wordt hier wordt uitgegaan van een typische SL = 240 dB re 1 µPa-m op 100 kHz. Voor de secundaire frequenties is van een SL = 202 dB re 1 µPa-m uitgegaan op 10 kHz. Typische puls-lengtes

voor de sub-bottom profiler liggen in de orde van $t_{\text{puls}} \sim 0.04 - 30$ ms. Hier wordt uitgegaan van een source level energy (SLE) binnen de hoofdbundel van $SLE = SL + 10 \cdot \log_{10}(t_{\text{puls}} / 1s)$ dB ~ 187 dB re $1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$. Voor het horizontaal afgestraalde geluid (dat effectief propageert en tot verstoring kan leiden), wordt hier nog eens 60 dB afgetrokken vanwege de hoge directionaliteit van deze bron.

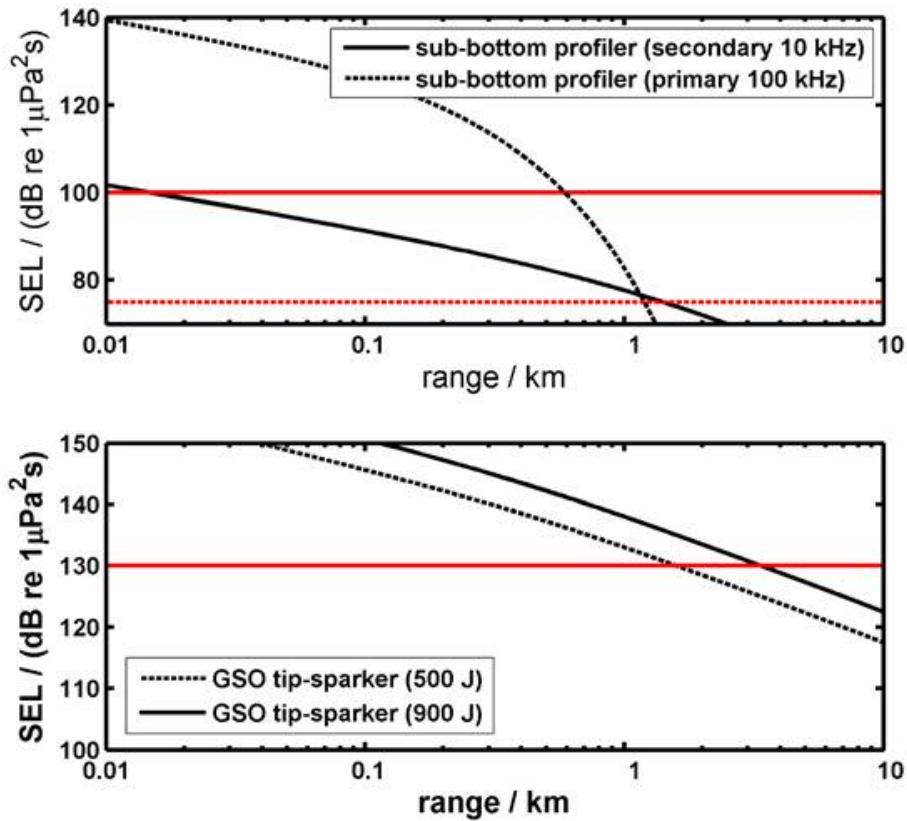
Sparkers zijn systemen die luchtbellens genereren aan den hand van elektrische ontladingen aan zgn. ‘tips’. Dit produceert een luchtbel wat een breedbandig impuls geluid genereert, die typisch hogere frequenties heeft dan een airgun die vaak voor seismische surveys wordt gebruikt. Typische bronniveaus worden gegeven in Crocker et al. (2018), en zijn afhankelijk van het gebruikte vermogen: SLE $\sim 167-181$ dB re $1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$ (500 J) en ESL $\sim 179-186$ dB re $1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}$ (900 J). Voor deze analyse wordt uitgegaan van de maximaal aangegeven waarden. De bandbreedtes van de gegeneerde puls zijn $BW_{-3\text{dB}} \sim 1.2-1.9$ kHz (500 J), en $BW \sim 3.2$ kHz (1000 J) (Crocker et al. 2018). Deze signalen worden in de onderstaande berekeningen grof benaderd door een signaal van 1 kHz met bovengenoemde SLE aan te nemen. Voor directionaliteit nemen we aan dat het vergelijkbaar is met een enkele airgun pulse.

Drempelwaarden voor gedragsverstoring zijn afgeleid uit een review van verstoringdrempels dat in het kader van WOZEP is uitgevoerd (de Jong & von Benda-Beckmann, 2017) en staan voor drie hier gehanteerde frequenties in Bijlagetabel 2-5 samengevat.

Bijlagetabel 2-5 SELss drempelwaardes voor bruinvisverstoring voor hogere frequente bronnen dan heien, op basis waarvan effectafstanden zijn geschat.

Frequentie / kHz	SELss / dB re $1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$
1	130
10	100
100	75

Het propagatieverlies voor deze bronnen op de Noordzee wordt geschat aan de hand van een cilindrische en de zgn. ‘mode-stripping’ regimes voor een puntbron (Vgl. 9.46 uit Ainslie, 2010), met waarden representatief voor een zandige bodem (typisch voor de Noordzee) (Bijlagefiguur 2-1). De afstanden die corresponderen met de verstoringdrempelwaardes uit Bijlagetabel 2-5 staan weergegeven in Bijlagefiguur 2-2 en samengevat in Bijlagetabel 2-4.



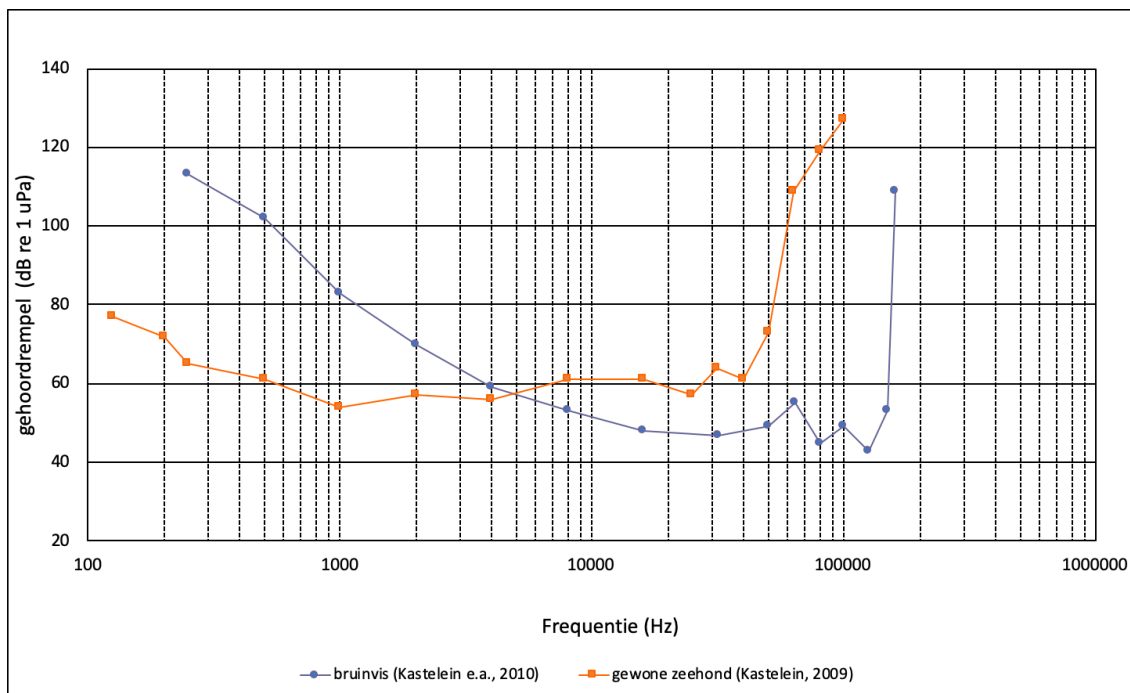
Bijlagefiguur 2-1 Single pulse SEL (zwarte lijnen) als functie van afstand tot de bron voor een parametrische sub-bottom profiler met de primaire frequentie (gestippelde lijn) en secundaire frequentie (bovenste panel) en twee type sparkers (onderste panel). De rode lijnen geven de frequentie-afhankelijke bruinvisverstoringsdrempels aan (uit Bijlagetabel 2-5).

Referenties:

Crocker, S.E. Fratantonio, F.D., Hart, P.E., Foster, D.S., O'Brien, T.F. & S. Labak, 2018. Measurement of Sounds Emitted by Certain High-Resolution Geophysical, Survey Systems IEEE JOURNAL OF OCEANIC ENGINEERING 99, 1-18, 10.1109/JOE.2018.2829958.

De Jong, C. & S. von Benda-Beckmann, 2017. Wozep underwater sound: frequency sensitivity of porpoises and seals, TNO Report TNO 2017 R11238, 1-53.

BIJLAGE 3 GEHOORGEVOELIGHEID BRUINVIS EN ZEEHOND



Referenties

Kastelein, R.A., P.J. Wensveen, L. Hoek, W.C. Verboom & J.M. Terhune, 2009. Underwater detection of tonal signals between 0.125 and 100 kHz by harbor seals (*Phoca vitulina*). J. Acoust. Soc. Am. 125: 1222 – 1229.

Kastelein R.A., L. Hoek, C.A.F de Jong & P.J. Wensveen, 2010. The effect of signal duration on the underwater detection thresholds of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) for single frequency-modulated tonal signals between 0.25 and 160 kHz. J. Acoust. Soc. Am. 128: 3211 – 3222.