

# **Offshore windenergiegebied Hollandse Kust Zuid**

## **Effecten van aanleg van kavel III en IV op zeezoogdieren**

Dr. F. Heinis

Eindrapport d.d. 8 maart 2017



# Inhoud

1	Inleiding .....	5
1.1	Achtergrond en kader.....	5
1.2	Offshore windenergiegebied Hollandse Kust Zuid .....	6
2	Uitgangspunten bepaling effecten van heien van turbinefunderingen .....	7
2.1	Bepaling van het brongeluid en de verspreiding ervan.....	7
2.2	Berekening van effecten door heien op bruinvissen en zeehonden.....	10
2.3	Beoordeling van effecten .....	20
3	Effecten van aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid.....	22
3.1	Inleiding .....	22
3.2	Effecten op populaties van zeezoogdieren .....	22
3.3	Effecten op Natura 2000-gebieden .....	30
3.4	Effecten op beschermde soorten .....	37
3.5	Mitigerende maatregelen.....	38
4	Effecten van aanleg kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid .....	44
4.1	Inleiding .....	44
4.2	Effecten op populaties van zeezoogdieren .....	44
4.3	Effecten op Natura 2000-gebieden .....	51
4.4	Effecten op beschermde soorten .....	58
4.5	Mitigerende maatregelen.....	59
5	Cumulatieve effecten .....	65
5.1	Afbakening.....	65
5.2	Cumulatieve effecten in één jaar (kavel III en IV).....	65
5.3	Cumulatieve effecten in één jaar op Natura 2000-gebieden .....	67
5.4	cumulatieve effecten in één jaar op beschermde soorten .....	68
5.5	Cumulatieve Effecten na constructie van windparken volgens het SER-akkoord.....	69
5.6	Cumulatieve effecten na 6 jaar op de totale Noordzee (internationaal scenario) .....	70
5.7	Cumulatieve effecten na mitigatie (VKA) .....	71
6	Leemten in kennis .....	75
7	Referenties .....	78

## BIJLAGEN

Bijlage 1 TNO-notitie

# 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 de afgelopen jaren 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. Veel van deze kennis is verwerkt in een, onder regie van de Werkgroep Onderwatergeluid<sup>1</sup> opgestelde redeneerlijn die is toegepast bij de effectbepaling en -beoordeling van een aantal 'Ronde 2' offshore windparken. Bij de voor deze windparken toegepaste benadering zijn (mogelijke) populatie-effecten van de hiervoor genoemde sub-letale fysiologische en gedragseffecten niet gekwantificeerd. Onder de destijds geldende voorwaarden voor vergunningverlening kon namelijk – zonder rekenen – worden beredeneerd dat significante effecten op de populatie uit te sluiten waren (bouw van 1 windpark per jaar, seizoensrestrictie voor heiperiode).

Voor de 'Ronde 3' windparken, waaronder het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid, voldoet deze aanpak niet meer, omdat in Nederland de ambitie bestaat om voor het bereiken van duurzame energiedoelen vooral in te zetten op het bouwen van offshore windparken. In het SER-akkoord (september 2013)<sup>2</sup> is voor offshore wind het doel vastgelegd om in 2023 in totaal 4.450 MW operationeel te hebben. Dit doel is niet tijdig haalbaar onder de in 'Ronde 2' geformuleerde voorwaarden. Dit betekent dat moet worden onderzocht wat de effecten op populaties van zeezoogdieren zijn als meer windparken per jaar worden gebouwd en of extra voorwaarden voor de constructiefase geformuleerd moeten worden. Vanwege de verwachte ontwikkelingen in Nederland en daarbuiten is de cumulatie van effecten van impulsief geluid door meerdere initiatieven op hele populaties niet bij voorbaat uit te sluiten.

In 2015 is door de Nederlandse overheid het 'Kader Ecologie en Cumulatie' ontwikkeld, dat uit meerdere onderdelen bestaat. Een, in Nederland breed gedragen aanpak voor het bepalen van de cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid op relevante populaties van zeezoogdieren in de Noordzee is er een van. Deze aanpak is door de eerdergenoemde

---

<sup>1</sup> De Werkgroep Onderwatergeluid is begin 2013 op initiatief van Rijkswaterstaat Zee en Delta opgericht. Deelnemers zijn afkomstig van Rijkswaterstaat, Directoraat-generaal Ruimte en Water, TNO, HWE, SEAMARCO, IMARES, Arcadis, Royal Haskonig DHV (vanaf 2014) en Deltares (vanaf 2014).

<sup>2</sup> <https://www.ser.nl/nl/publicaties/overige/2010-2019/2013/energieakkoord-duurzame-groei.aspx>

Werkgroep Onderwatergeluid in de tweede helft van 2014 ontwikkeld en beschreven in Heinis & de Jong (2015). Het via [www.noordzeeloket.nl](http://www.noordzeeloket.nl) te downloaden rapport vormt het primaire uitgangspunt voor de voorliggende effectbeschrijving en bestaat op hoofdlijnen uit de volgende onderdelen:

- Een beschrijving van de procedure ('redeneerlijn') voor het kwantificeren van de mogelijke (cumulatieve) effecten van 'impulsief' onderwatergeluid bij de aanleg van windparken op de Noordzee op de relevante populaties van zeezoogdieren (met nadruk op de bruinvis);
- Een toepassing van de redeneerlijn op de bruinvispopulatie door voor geselecteerde scenario's voor aanleg van windparken op het NCP en in de rest van de Noordzee én seismische exploratie de omvang van cumulatieve effecten van impulsief onderwatergeluid te schatten in de periode 2016-2022. Mitigerende maatregelen maken onderdeel uit van de scenario's;
- Een mogelijke toepassing van de redeneerlijn voor de zeehondpopulaties;
- Een samenvatting van de redeneerlijn in de vorm van een stappenplan/leidraad voor MER-schrijvers;
- Een overzicht van kennisleemten.

## 1.2 OFFSHORE WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST ZUID

Bij het bepalen en beoordelen van de effecten van de constructie van het windpark zijn voor elk van de 4 uit te geven kavels twee alternatieve opstellingen onderzocht:

- Alternatief 1, een opstelling met 63 turbines van 6 MW;
- Alternatief 2, een opstelling met 38 turbines van 10 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 elke 24 uur 1 wordt geheid.

TNO heeft voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op dezelfde manier als voor de Borssele kavels berekeningen uitgevoerd. Daarbij zijn voor elk van de mogelijke 4 kavels twee paalposities en drie hei-energieën onderzocht om zo een goed beeld te krijgen van de bandbreedte van mogelijke effecten. De resultaten van deze, in bijlage 1 opgenomen berekeningen zijn conform Heinis & de Jong (2015) 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.

## 2 Uitgangspunten bepaling effecten van heien van turbinefunderingen

### 2.1 BEPALING VAN HET BRONGELUID EN DE VERSPREIDING ERVAN

Voor het schatten van de onderwatergeluidniveaus die optreden bij de bouw van windparken is gebruik gemaakt van het door TNO ontwikkelde rekenmodel AQUARIUS 1.0. Dat model is gebaseerd op de benaderingsmethode die is beschreven in Weston [1971, 1976]. Het model berekent de ruimtelijke verspreiding van het geluid, op basis van gegevens over de geluidbron, de bathymetrie, het sediment en de windsterkte. Als output worden onderwatergeluidkaarten gegenereerd, indien gewenst voor verschillende diepten in de waterkolom.

Voor de berekening van de verspreiding van het heigeluid bij de constructie van het windpark Hollandse Kust Zuid is aangenomen dat het heigeluid zoals gemeten bij het Prinses Amaliawindpark (Q7, de Jong & Ainslie, 2012) maatgevend is voor het heien van monopalen op de Noordzee. Bij de voor windpark Prinses Amalia gebruikte funderingen werd geheid met een maximale energie van 800 kJ. Het maximale, over de frequentiebanden gesommeerde bronniveau bedroeg daar 221 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$ . Dit bronniveau is bij de verdere berekeningen gebruikt. De laagste inschatting van het bronniveau bedroeg 215 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{m}^2$  (zie verder bijlage 1). Er is daarbij uitgegaan van een fundering van monopalen, die door heien in de zeebodem zullen worden verankerd. De hiervoor benodigde hei-energie bedraagt, afhankelijk van de diameter van de te heien funderingen 1.000 tot maximaal 3.000 kJ. Bij de berekeningen is aangenomen dat eenzelfde percentage van de klapenergie (als bij het Prinses Amalia windpark) wordt omgezet in geluidenergie. Dit betekent dat het over de frequentiebanden gesommeerde bronniveau bij de aanleg van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid per heiklap respectievelijk ongeveer 1 dB tot 6 dB groter zal zijn.

Effecten zijn berekend voor de situatie dat de propagatie van het heigeluid niet wordt gedempt en voor de situatie dat geluidsnormen zullen worden toegepast. Het gaat daarbij om een, onlangs door de Nederlandse overheid voor het windenergiegebied Borssele ontwikkeld normenstelsel, waarbij is gedifferentieerd naar aanlegseizoen en aantal turbines. Het normenstelsel is voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid iets aangepast (zie verder § 3.5.2).

Voor het bepalen van de voortplanting van het onderwatergeluid als gevolg van het heien voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid is een realistisch, met de praktijk overeenkomend heiscenario doorgerekend ('soft start'). Voor het goed positioneren van de paal wordt in de eerste ca. 10 minuten met een lagere energie en frequentie geheid. In de daaropvolgende ca. 30 minuten wordt de hei-energie opgevoerd tot maximaal vermogen (= ca. 95% van het volledige vermogen van de heihamer). In deze periode vinden af en toe controles plaats waarin niet wordt geheid. Na deze 40 minuten wordt vervolgens ononderbroken op maximaal vermogen geheid.

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat in beide alternatieven voor het heien van één paal maximaal 3.500 heiklappen nodig zijn. De berekeningen zijn uitgevoerd voor gemiddelde windcondities en voor windstilte (*worst case*).

#### **Intermezzo Validatie Aquarius 1.0 model**

Het hier toegepaste Aquarius 1.0 model is onlangs gevalideerd aan de hand van de resultaten van metingen verricht tijdens de aanleg van de windparken Gemini en Luchterduinen (Binnerts e.a. 2016). Daarbij zijn vergelijkingen gemaakt tussen gemeten en berekende onderwater geluidniveaus (breedband SEL<sub>1</sub>) tot op een maximale afstand van 66 km van de heilocatie. De resultaten van de modelberekeningen lagen in het algemeen onder die van de metingen, waarbij het verschil toenam met een toenemende afstand van de paal. Deze verschillen bleken het gevolg van diverse onzekerheden in de modellering (onder andere het modelleren van de heipaals als zijnde een puntbron) en in de invoergegevens, waaronder het ontbreken van accurate informatie over de akoestische eigenschappen van het sediment bij lage frequenties (typisch beneden 200 Hz).

In het Aquarius 1.0 model wordt de heipaals als een puntbron beschreven. Het spectrum van de akoestische bronsterkte (SL<sub>E</sub>) wordt daarbij geschat uit eerdere metingen. Zoals hierboven beschreven is daarbij gebruik gemaakt van de meetdata van het heien voor het Princes Amalia Windpark ('Q7'). Er is daarbij een schaling toegepast, met de aanname dat de energiebronsterkte recht evenredig is met de energie van de hamerklap.

Geconstateerd is dat:

- De puntbronbeschrijving leidt tot een onderschatting van het propagatieverlies ten opzichte van een lijnbron (en dus tot een overschatting van de geluidsniveaus).
- De bronsterkte hangt af van de hamerenergie maar ook van het contactoppervlak tussen paal en water (dus van paaldiameter en lengte van de paal in het water). Dat effect niet meenemen leidt tot een onderschatting van de geluidsniveaus bij grotere palen.
- Door de bodem te beschrijven als een half oneindig medium met een uniforme, frequentieonafhankelijke dichtheid, geluidsnelheid en absorptie wordt het verlies van geluidenergie in de bodem bij lage frequenties overschat (<200 Hz), dus de geluidsniveaus onderschat.
- De huidige modellering van het effect van verstoring van het wateroppervlak door wind leidt tot een overschatting van het propagatieverlies en dus tot een onderschatting van de geluidsniveaus, vooral bij lagere frequenties (<1 kHz).

Op grond van de resultaten van de validatie is het niet mogelijk op korte termijn correcties op de uitgevoerde berekeningen voor windenergiegebied Hollandse Kust Zuid aan te brengen. Dit heeft te maken met het feit dat de onnauwkeurigheden in het model door verschillende, niet geheel onafhankelijke factoren worden veroorzaakt. Hoewel de gemodelleerde onderwaterniveaus lager zijn dan in het veld, is het risico dat de daaruit volgende **effecten** op zeezoogdieren systematisch worden onderschat is echter klein om de volgende redenen:

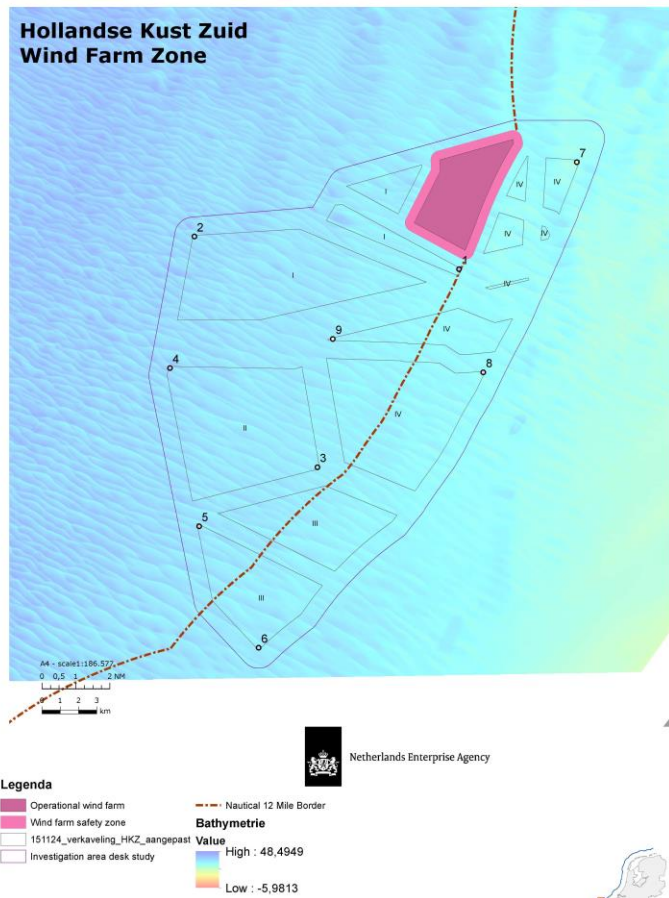
- Voor het bepalen van de effectafstanden als gevolg van heigeluid bij bruinvissen is uitgegaan van ongewogen breedband geluidsniveaus. Dit betekent dat alle frequenties worden meegenomen, ook de lagere frequenties waar bruinvissen niet of minder gevoelig voor zijn. Met de nu uitgevoerde berekeningen worden de daadwerkelijk optredende effectafstanden dus waarschijnlijk overschat. Heigeluid bevat relatief veel laagfrequent geluid en juist bij die lagere frequenties (< 1 kHz) blijkt het model het propagatieverlies te overschatten en dus de geluidsniveaus op grotere afstand te onderschatten.
- Voor het bepalen van de effectafstanden bij zeehonden is uitgegaan van M-gewogen breedband geluid, wat betekent dat vooral frequenties < ca. 100 Hz minder zwaar wegen (zie Fig. 1 Southall e.a. 2007). Daarboven worden frequenties tot ca. 10 kHz even zwaar meegewogen. Dit betekent dat alle frequenties in het heigeluid m.u.v. de zeer lage frequenties even zwaar meewegen en dat de resultaten van de modelberekeningen ook voor zeehonden conservatief zijn. Een eventuele onderschatting van de geluidsniveaus op grotere afstanden zullen daarmee naar alle waarschijnlijkheid geen grote fout in de schatting van de effectafstanden opleveren.
- Bij het bepalen van de effectafstanden voor bruinvissen en zeehonden is het gemiddelde genomen van de resultaten van de geluidberekeningen voor gemiddelde wind en voor windstille omstandigheden. Dit is dus een meer *worst case* situatie dan de gemiddelde omstandigheden.
- De bij windpark Gemini gevonden onderschatting van de geluidsniveaus bij de grotere palen en grotere waterdiepte is waarschijnlijk niet van toepassing voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid, waar de omstandigheden meer lijken op die bij het Princes Amalia Windpark en Luchterduinen.



Om een indruk te krijgen van de mogelijke invloed van paalpositie op de reikwijdte van het effect is dit voor 8 verschillende locaties in het, in 4 kavels uit te geven windenergiegebied Hollandse Kust Zuid gedaan (Figuur 2-1). Vergeleken met het plangebied voor Borssele is de variatie in waterdiepte binnen het plangebied voor Hollandse Kust Zuid relatief beperkt en hangt vooral af van de positie ten opzichte van de kust (hoe verder, hoe dieper). Om de maximale bandbreedte van effecten in beeld te krijgen is daarom in elk kavel een positie met minimale afstand tot de kust en een positie met maximale afstand tot de kust gekozen. Voor het uitgestrekte kavel IV zijn drie posities onderzocht, waarvan er twee op korte afstand van de kust liggen en de derde op het verst van de kust gelegen punt:

- Kavel I: positie 1 op ca. 20 m en positie 2 op ca. 23 m diepte;
- Kavel II: positie 3 en 4, beide op ca. 21 m diepte;
- Kavel III: positie 5 op ca. 22 m en positie 6 op ca. 21 m diepte;
- Kavel IV: positie 7 op ca. 18 m, positie 8 op ca. 20 m en positie 9 op ca. 21 m diepte.

Voor overige parameters, zoals de geluidssnelheid in het water en de bodem en de bodemabsorptie zijn realistische waarden gekozen (zie verder de bij deze notitie als bijlage 1 gevoegde memo van TNO).



**Figuur 2-1** Paalposities van windpark Hollandse Kust Zuid 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 elk van de 4 kavels van windpark Hollandse Kust Zuid uit 63 windturbines van 6 MW of uit 38 windturbines van 10 MW op monopaal funderingen zal bestaan. Het heien van één monopaal turbinefundering zal, zo blijkt uit opgedane ervaring bij de aanleg van het windpark Luchterduinen, inclusief korte pauzes maximaal ongeveer 2 uur<sup>3</sup> duren. Dat betekent dat er in het bouwseizoen maximaal zo'n 126 uur wordt geheid voor alternatief 1 (63 palen x 2 uur) en 76 uur voor alternatief 2 (38 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 eens per etmaal een turbinefundering wordt geheid. Zo kunnen de heiwerkzaamheden onder gunstige omstandigheden in 9 weken (alternatief 1) of in iets meer dan 5 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 4,5 maanden (alternatief 1) of 2,5 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	63	38
Geïnstalleerd vermogen per turbine	6 MW	10 MW
Netto heitijd per monopaal fundering inclusief korte pauzes	2 uur	2 uur
Geschatte periode waarin heiwerkzaamheden plaatsvinden (min-max)	9 – 18 weken	5 – 10 weken

## 2.2 BEREKENING VAN EFFECTEN DOOR HEIEN OP BRUINVISSEN EN ZEEHONDEN

### 2.2.1 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

<sup>3</sup> Er kan van worden uitgegaan dat bij gebruik van tripod- of jacket-funderingen met een maximale energie van 1.000 kJ zal worden geheid. Per fundering neemt de totale duur van het heien echter 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 – 4,5 uur (tripods) of 4 – 6 uur bedragen (jackets) in plaats van maximaal 2 uur voor een monopaal fundering.

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). Zie verder de uit Heinis en de Jong (2015) overgenomen argumentatie in het Intermezzo Relevante parameters voor effecten heigeluid op populaties.

Hoewel het gebied waarbinnen dieren **PTS** kunnen oplopen veel kleiner is dan het TTS-gebied, is het van belang te berekenen wat de omvang van het gebied onder *worst case* omstandigheden kan zijn. PTS-effecten kunnen namelijk direct doorwerken naar de populatie, omdat niet is uit te sluiten dat dieren met PTS dermate in hun normale functioneren worden gehinderd dat zij voortijdig zullen sterven. Er moet daarom aannemelijk worden gemaakt dat de kans dat dergelijke permanente effecten optreden verwaarloosbaar is of, als dat niet zo is, dat deze door het nemen van mitigerende maatregelen kunnen worden voorkomen.

#### **Intermezzo Relevante parameters voor berekenen effecten heigeluid op populaties**

Er is van uitgegaan dat effecten op het gedrag (verstoring/mijding) maatgevend zijn voor de effecten op populaties.

Effecten van TTS zullen niet of verwaarloosbaar doorwerken naar populaties, omdat:

- De voor eerdere passende beoordelingen berekende TTS-onset contouren veel kleiner zijn dan de maximale mijdingscontouren, wat betekent dat het aantal bruinvissen waarvan het gehoor tijdelijk minder gevoelig zal zijn, ook kleiner is dan het aantal verstoorde bruinvissen.
- Mits mitigatie wordt toegepast, waarmee PTS wordt voorkomen (zie hierna) bij alle mogelijk beïnvloede bruinvissen volledig herstel van hun gehoor optreedt. De mate van TTS die de dieren oplopen, hangt af van de locatie waarop zij zich bevinden bij de start van de heiwerkzaamheden: hoe dichter bij de geluidsbron hoe groter de TTS (en hoe langer het duurt voordat de TTS is hersteld). Het aantal dieren dat zich binnen een contour met relatief hoge geluidsniveaus bevindt, is echter beperkt vanwege het feit dat de oppervlakte binnen een bepaalde geluidscoutour kwadratisch toeneemt met de afstand. Bij verreweg de meeste dieren treedt daarom herstel op binnen enkele uren na verlaten van het beïnvloedingsgebied of na afloop van het heien. Ter illustratie: binnen het hele oppervlak van waarbinnen bruinvissen TTS kunnen oplopen, is dat voor slechts de helft van de dieren binnen dat oppervlak gedurende meer dan een uur (afgeleid uit berekeningen van TNO, zie tabel 6 in de bijlage).
- De effectafstanden voor TTS in werkelijkheid waarschijnlijk veel kleiner zijn tot nu toe berekend. De gehanteerde drempelwaarde voor 'TTS-onset' voor bruinvissen is namelijk gebaseerd op resultaten van een experimentele blootstelling van bruinvissen aan een airgun door Lucke et al. (2009). Het betreft de geluidsdosis ( $SEL_{cum}$ ) waarbij een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel van 6 dB is gemeten (dat betekent dus dat het gehoor 6 dB minder gevoelig is). Uit de resultaten van recent onderzoek van SEAMARCO blijkt echter dat met nagespeeld heigeluid een geringe TTS van 2,3 – 4 dB bij bruinvissen pas kan worden aangetoond bij een  $SEL_{cum}$  van 180 dB re 1  $\mu Pa^2s$  [Kastelein et al, 2014]. Deze waarde ligt aanzienlijk hoger dan de drempelwaarde van  $SEL_{cum}$  van 164 dB re 1  $\mu Pa^2s$  waarvan in de berekeningen is uitgegaan.
- De frequenties waarbij in bruinvissen TTS na blootstelling aan heigeluid kan optreden, niet in het frequentiegebied liggen dat van belang is voor het vinden van voedsel via echolocatie. Bij een aan nagespeeld heigeluid blootgestelde bruinvis blijkt de verhoging zich namelijk te beperken tot een relatief smalle band van lage frequenties [Kastelein et al, 2014]. Een statistisch significante TTS kon alleen bij frequenties van 4 kHz en 8 kHz worden aangetoond, maar bij de gemeten frequenties daarboven (16 kHz en 125 kHz, de echolocatie frequentie) en daaronder (2 kHz) niet. Opvallend is dat bij frequenties waarin zich de meeste geluidsenergie van het aangeboden heigeluid bevindt, te weten de 600 – 800 Hz frequentieband, geen TTS optreedt. Deze waarnemingen zijn van belang bij de beoordeling van de ecologische relevantie van een voorspelde gehoordrempelverschuiving. Een (tijdelijke) gehoordrempelverschuiving in het laagfrequentie deel van het gehoorspectrum is voor

bruinvissen voor het foerageren waarschijnlijk veel minder relevant dan in het hoogfrequente deel. Hoogfrequente geluiden van rond 125 kHz en de hoorbaarheid daarvan zijn voor deze soort namelijk van essentieel belang bij het vinden van prooien (echolocatie).

Met betrekking tot de mogelijke effecten van PTS is ervan uitgegaan dat deze effecten door het nemen van mitigerende maatregelen zullen worden voorkomen. Uit de voor verschillende windparken uitgevoerde berekeningen blijkt dat de afstand waarbinnen bruinvissen PTS zouden kunnen oplopen relatief klein is. Dit betekent dat het effect waarschijnlijk kan worden voorkomen door met een 'soft start' te heien en een 'acoustic deterrent device' (ADD)<sup>4</sup> in te zetten. Hiermee kunnen bruinvissen tot op een afstand die groter is dan de PTS-contour worden verjaagd. De PTS-afstanden zullen verder afnemen door de toepassing van de, naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm.

## 2.2.2 Drempelwaarden

Drempelwaarden voor het optreden van een gedragsrespons (mijding/verstoring) en PTS 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 gedragsverandering optreedt (mijding/verstoring). Voor effecten op het gehoor (PTS) gaat het om de totale geluidsdosis, i.e. de 'optelsom' van meerdere geluidspulsen, 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 en de Jong (2015) opgenomen Intermezzo Drempelwaarden voor effecten van onderwatergeluid op zeezoogdieren.

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

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

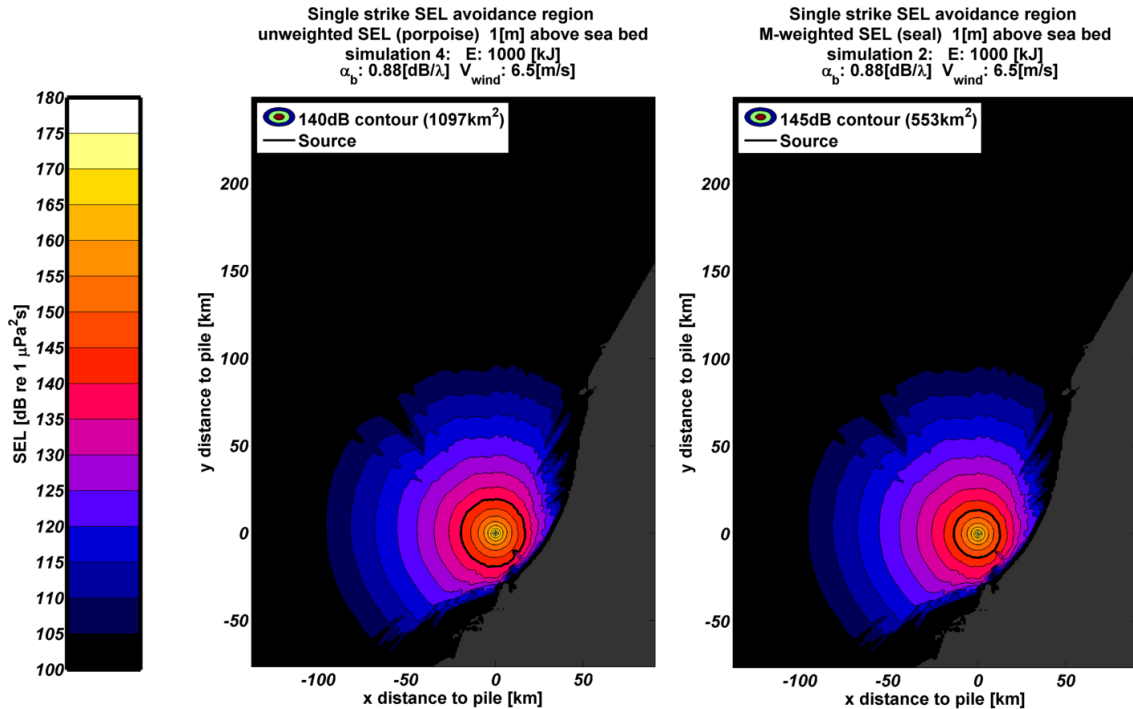
\* Gedrag met een score van 5 of hoger op de gedragsrespons-schaal van Southall e.a. (2007). Dit betreft gedragingen als veranderingen in zwemgedrag en ademhaling, mijden van een bepaald gebied en veranderingen in roep- of klikgedrag (t.b.v. communicatie of foerageren).

## 2.2.3 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<sub>1</sub>). Vervolgens is voor

<sup>4</sup> Omdat ADD's geluid in een ander frequentiegebied produceren dan heigeluid is de kans op cumulatieve effecten op het gehoor verwaarloosbaar.

bruinvissen en zeehonden bepaald op welke afstand van de heilocatie de drempelwaarden voor de significante **gedragsrespons** (verstoring/mijding) worden overschreden. Dit leidt tot een verstoringscontour met een soms grillige vorm, wat vooral het gevolg is van variaties in de waterdiepte (zie Figuur 2-2).



Figuur 2-2 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 5 (kavel III). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen (links) en zeehonden (rechts). Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.

Daarnaast is berekend welke (cumulatieve) geluidbelasting bruinvissen en zeehonden die zich in de nabijheid van de heilocatie bevinden en vervolgens met een bepaalde snelheid wegzwemmen zouden kunnen oplopen tijdens het heien van één paal. De totale geluidbelasting die het dier door de cumulatieve energie van alle heiklappen voor één fundering daarbij ondervindt (SEL<sub>CUM</sub>), is vergeleken met grenswaarden waarboven het geluid tot een **permanente verhoging van de gehoordrempel** (PTS) bij bruinvissen en zeehonden zou kunnen leiden.

Er zijn daarbij de volgende uitgangspunten gehanteerd:

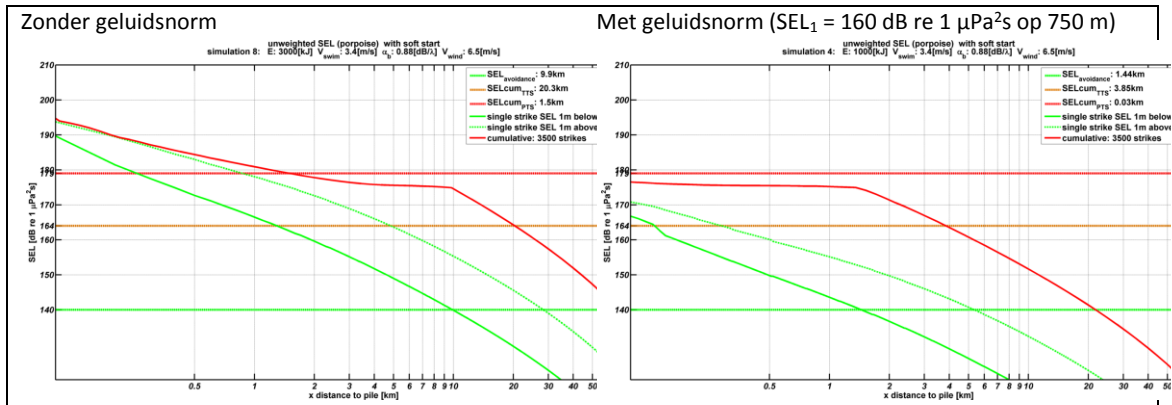
- Er wordt geheid volgens een realistisch 'soft start' scenario (zie § 2.1 en bijlage 1) mét en zonder een geluidsnorm (SEL<sub>1</sub> = 160 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  op 750 m);
- Voor de door bruinvissen en zeehonden ontvangen geluidsdoses als gevolg van het heien van een hele paal (SEL<sub>cum</sub>) is uitgegaan van de resultaten van modelberekeningen met het door TNO ontwikkelde propagatiemodel AQUARIUS; de berekeningen zijn uitgevoerd voor windsnelheden van 0 m/s en 6,5 m/s (gemiddelde windcondities) en realistische schattingen van overige omgevingsparameters;

- Voor de berekening van de oppervlakten waarbij PTS kan optreden, is uitgegaan van een cirkel ( $\pi r^2$ ) bij een uniforme waterdiepte van 23 m (maximale waterdiepte in het plangebied). In werkelijkheid zullen de oppervlakten kleiner zijn i.v.m. ondieper water richting kustzone.
- Dieren die zich bij aanvang van de heiwerkzaamheden binnen de contour bevinden waar de drempelwaarde voor verstoring/mijding wordt overschreden, bevinden zich bij de bodem en zwemmen na twee klappen naar het wateroppervlak, om het gebied vervolgens te verlaten door in een rechte lijn van de geluidsbron weg te zwemmen. Voor de bruinvis is uitgegaan van een zwemsnelheid van 3,4 m/s en voor zeehonden van 4,9 m/s. Deze waarden zijn aan de hand van diverse bronnen vastgesteld in de eerdergenoemde Werkgroep Onderwatergeluid.

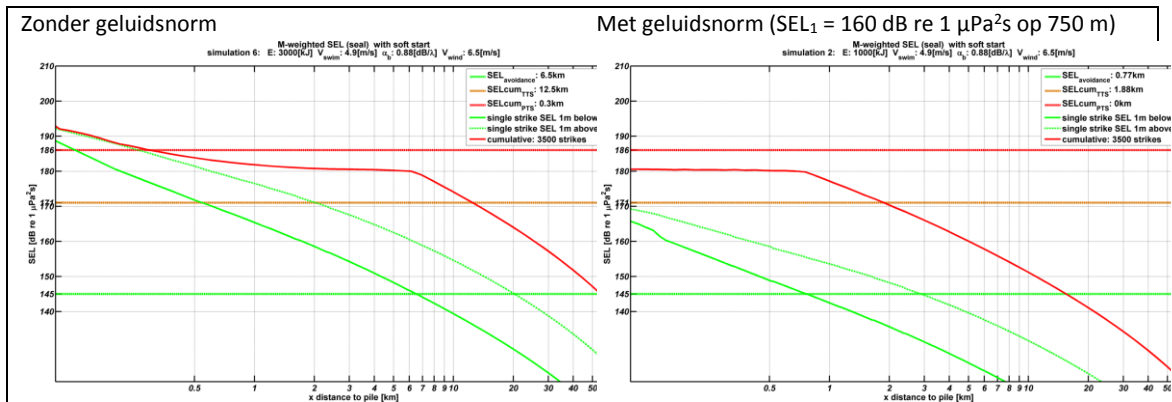
Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen en zeehonden is voor alle kavels van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid één *worst case* situatie doorgerekend. Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het plangebied voor windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voorkomende diepte van 23 m wordt geheid en dat deze diepte constant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden. De berekeningen zijn uitgevoerd voor situaties met en zonder toepassen van een (maximale) geluidsnorm ( $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s op } 750 \text{ m}$ ).

Onderstaande figuren bevatten de resultaten van de berekeningen voor de situatie met gemiddelde windsnelheid en een hei-energie van 3.000 kJ voor bruinvissen (Figuur 2-3) en zeehonden (Figuur 2-4). De figuren geven de berekende verdeling van de  $SEL_1$  op een diepte van 1 m onder de waterspiegel (groene doorgetrokken curve) en op 1 m boven de zeebodem (groene gestippelde curve). De  $SEL_{CUM}$  waaraan het dier wordt blootgesteld gedurende het complete heiscenario voor één windturbinefundering bij een hei-energie van 3.000 kJ en gemiddelde windcondities wordt weergegeven door de rode doorgetrokken lijn). Op de x-as staat de afstand tot de paal waarop een dier zich bij aanvang van het heien op 1 m van de waterbodem bevindt (*worst case* uitgangspositie). De horizontale lijnen tonen de niveaus van de drempelwaarden voor een significante gedragsrespons (groen) en PTS-onset (rood) voor bruinvissen (zie ook Tabel 2-2). Het snijpunt van de rode lijn met de rode stippellijn geeft de 'PTS-afstand'.

Uit de figuren kan worden afgelezen dat bij gemiddelde windsnelheid en een hei-energie van 3.000 kJ bij bruinvissen PTS kan optreden als zij zich bij aanvang van heien zonder toepassen van een geluidsnorm binnen 1,5 km van de heilocatie bevinden. Voor zeehonden bedraagt deze afstand 0,3 km. Als een (strenge) geluidsnorm van  $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$  wordt toegepast zal bij deze soorten geen PTS optreden.



Figuur 2-3 Berekende verdeling van de SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m onder de waterspiegel (groene doorgetrokken curve) en op 1 m boven de zeebodem (groene gestippelde curve) en de SEL<sub>CUM</sub> waaraan een bruinvis wordt blootgesteld gedurende het complete heiscenario voor één windturbinefundatie bij een hei-energie van 3.000 kJ en gemiddelde windcondities (rode doorgetrokken lijn), als functie van de afstand tot de paal waarop een dier zich bij aanvang van het heien op 1 m van de waterbodem bevindt (*worst case* uitgangspositie). De horizontale lijnen tonen de niveaus van de drempelwaarden voor een significante gedragsrespons (groen) en PTS-onset (rood) voor bruinvissen (zie ook Tabel 2-2). Het snijpunt van de rode lijn met de rode stippellijn geeft de 'PTS-afstand'. Deze bedraagt ca. 1,5 km als geen geluidsnorm wordt toegepast. Als wel een (streng) geluidsnorm wordt toegepast, treedt geen PTS op.



Figuur 2-4 Als Figuur 2-3 voor zeehonden. Als geen geluidsnorm wordt toegepast, bedraagt de 'PTS-afstand' 0,3 km. Als wel een (streng) geluidsnorm wordt toegepast, treedt geen PTS op.

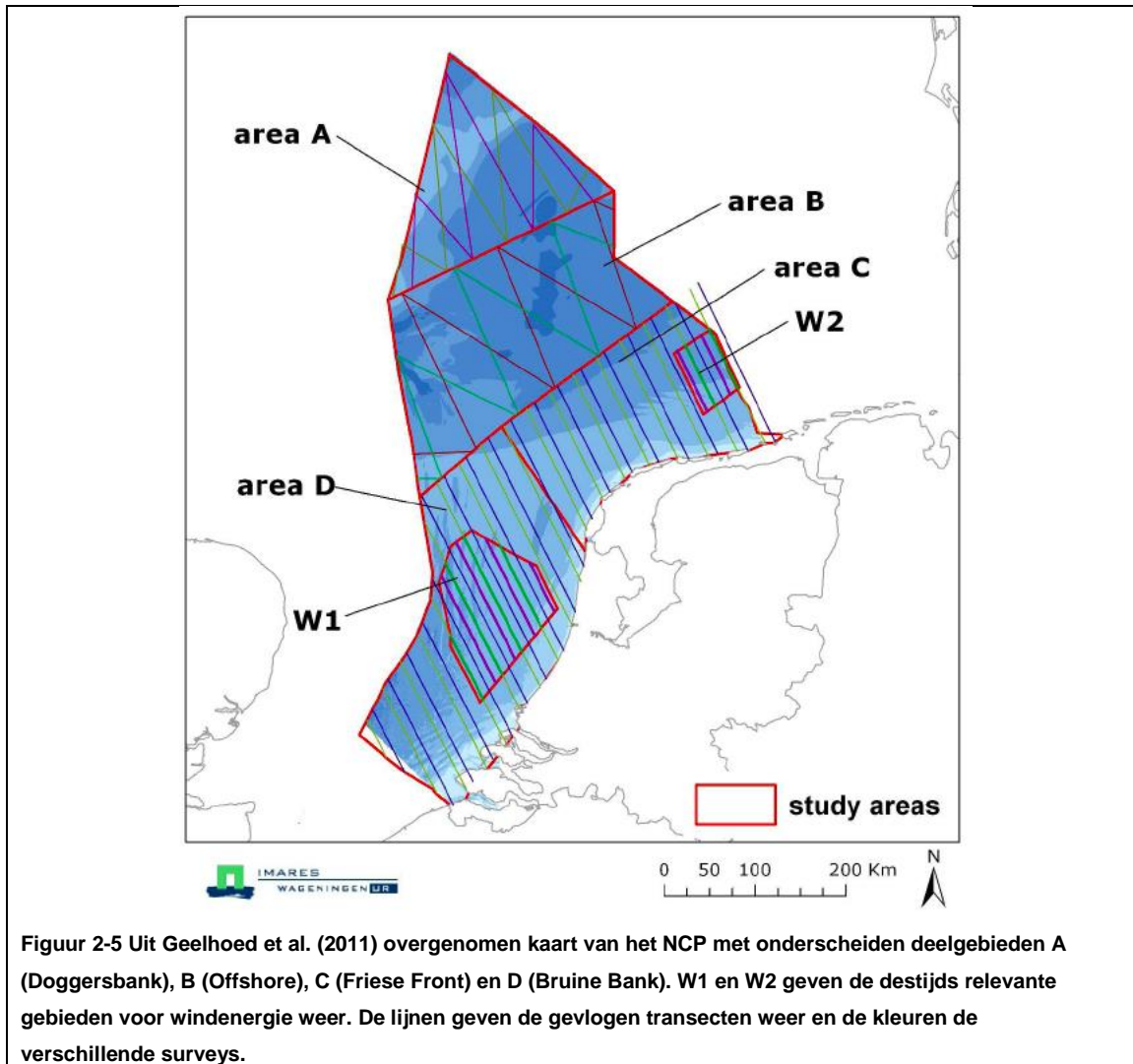
## 2.2.4 Berekenen van het aantal verstoorde dieren

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/mijding in de onderste helft van de waterkolom wordt overschreden (*worst case*). Met de lagere geluidniveaus nabij het wateroppervlak (hoger in de waterkolom treedt meer uitdoving op dan dieper in de waterkolom) wordt bij de schatting van effectafstanden geen rekening gehouden, in de veronderstelling dat zeezoogdieren in hun normale (foerageer)gedrag worden verstoord als ze niet van de hele waterkolom gebruik kunnen maken. 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 (zie overzicht in Heinis & de Jong, 2015). Voornamelijk 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, over de twee berekende windcondities gemiddelde verstoringsoppervlak 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 et al. (2011, 2014). Daarbij is voor de dichtheid in het plangebied voor het windpark Hollandse Kust Zuid uitgegaan van de geschatte gemiddelde dichtheid in deelgebied D (zie Figuur 2-5). Deze bedragen respectievelijk 1,174 individuen per km<sup>2</sup> voor de periode januari – mei, 0,484 individuen per km<sup>2</sup> voor de periode juni – augustus en 0,398 voor de periode september – december. Rond de schattingen ligt een bandbreedte van ± 50% rond het gemiddelde. Volgens Geelhoed et al. (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.

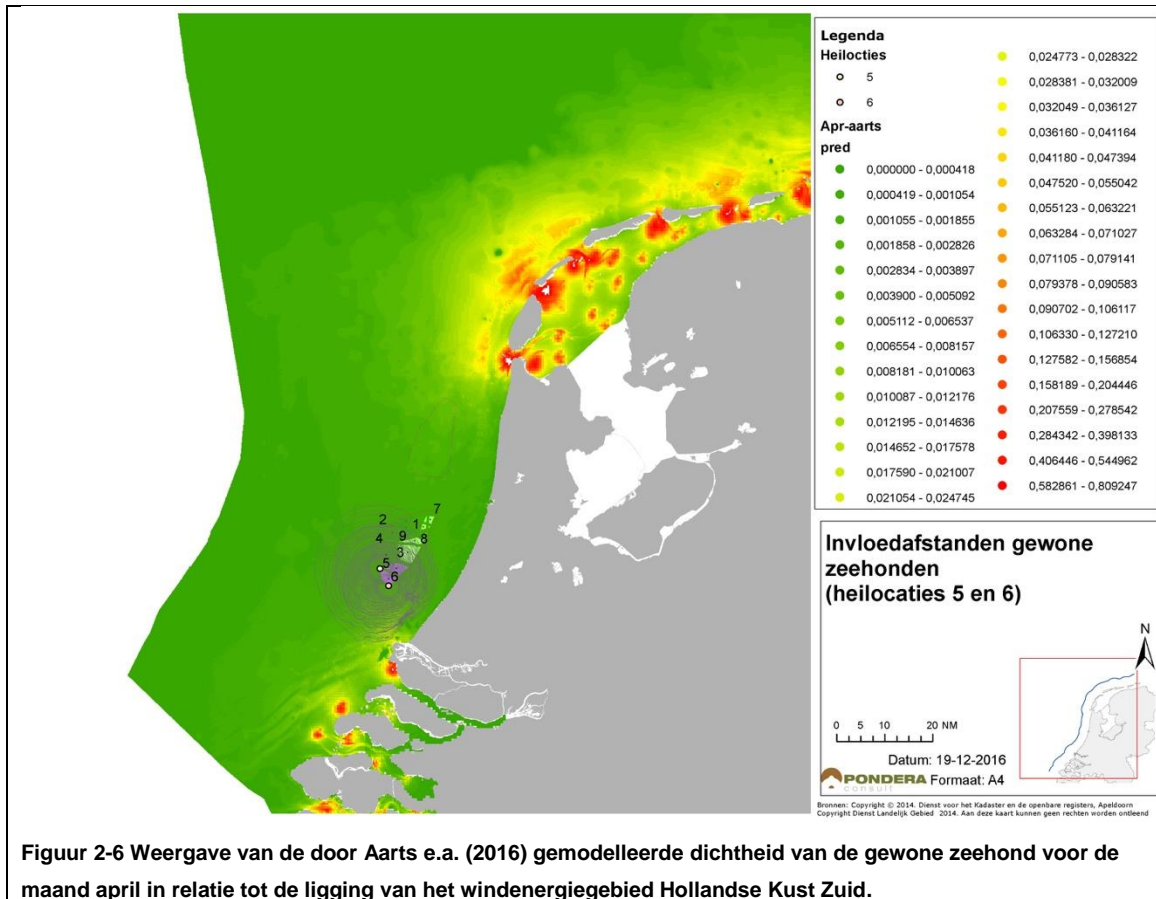




Voor het schatten van het aantal, bij aanvang van de hei-activiteit verstoorde **zeehonden** op het NCP is uitgegaan van de kaarten van Aarts e.a. (2016) waarin voor elke maand, met uitzondering van de maand augustus de dichtheid van de Nederlandse gewone zeehonden is gemodelleerd. In Figuur 2-6 is als voorbeeld de kaart van de maand april weergegeven. De kleuren in de kaart geven de dichtheid per km<sup>2</sup> 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 gridcellen van 200 x 200 meter, waarbij aan elke gridcel 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 verstoringcontouren op de door Aarts aan PONDERA geleverde GIS-kaarten geprojecteerd. Per paalpositie gaat het om vier contouren, te weten twee hei-energieën (1.000 en 3.000 kJ) en twee windomstandigheden (gemiddelde wind en geen wind). 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.



Figuur 2-6 Weergave van de door Aarts e.a. (2016) gemodelleerde dichtheid van de gewone zeehond voor de maand april in relatie tot de ligging van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid.

### 2.2.5 Bepalen van populatie-effecten

Voor de bepaling van de effecten van heigeluid op de populaties van zeezoogdieren is voor de 'Ronde 3' windparken, waaronder de windparken van Hollandse Kust Zuid voortgeborduurd op de aanpak die begin 2013 is ontwikkeld. In feite is de toen ontwikkelde, op enkele onderdelen getalsmatige aangepaste redeneerlijn aangevuld met een 'populatiemodule' waarmee cumulatieve effecten van impulsief geluid beter kunnen worden gekwantificeerd. 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 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 Marine (Harwood et al. 2013). De benaderingswijze die aan dit model ten grondslag ligt, wordt internationaal gebruikt (NRC, 2005; New et al. 2014) wat betekent dat niet alleen de werkwijze, maar ook de verkregen uitkomsten internationaal vergelijkbaar zijn. Bovendien is het Interim PCoD model het enige, op dit moment operationele instrument om effecten op populaties te

kwantificeren<sup>5</sup>. 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 et al. (2014) ontbreken. Daarbij zijn diverse technieken toegepast om de meningen van experts onafhankelijk te wegen en een numeriek schatting van de onzekerheid in de relatie te kunnen geven (zie Heinis & de Jong (2015) voor een algemene beschrijving en Harwood et al. 2014 voor details).

Onder regie van de Werkgroep Onderwatergeluid is de gevoeligheid van het Interim PCoD model voor variaties in diverse factoren onderzocht. Voor de resultaten daarvan wordt verwezen naar Heinis & de Jong (2015). De uitkomsten laten zien dat er een verband bestaat tussen het aantal bruinvisverstoringsdagen en de reductie van de bruinvispopulatie op de Noordzee. De volgende benaderingsformule geeft het verband weer als van een 95% zekerheid wordt uitgegaan (= 5% kans dat de berekende populatiereductie groter is):

$$\text{Populatiereductie} = \left( \left( \frac{1}{11,03 * bvdd} \right)^3 + \left( \frac{1}{0,8 * vulpop} \right)^3 \right)^{-\frac{1}{3}}$$

De populatiereductie is uitgedrukt in het aantal individuen, *bvdd* is het aantal bruinvisverstoringsdagen en *vulpop* is het aantal individuen in de *vulnerable subpopulation*.

Het totale aantal **bruinvisverstoringsdagen** is berekend door het aantal mogelijk verstoorde dieren per dag te vermenigvuldigen met het aantal **verstoringsdagen**. In principe wordt er in het PCoD model van uitgegaan dat elke (impuls)dag waarop wordt geheid (ongeacht de heiduur) als één verstoringsdag telt. Dit is een pragmatische keuze. Uit de nu bekende informatie over de duur van de verstoring komt namelijk nog geen eenduidig beeld naar voren. 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 et al. (2011, 2014) gerapporteerde resultaten van vliegtuigtellingen.

Voor **zeehonden** zijn eventuele cumulatieve effecten van impulsief geluid op de populatie nog niet gekwantificeerd, vooral als gevolg van de beperkte tijd die voor de werkzaamheden van de Werkgroep Onderwatergeluid in 2014 beschikbaar was. De *focus* van het onderzoek is op de

---

<sup>5</sup> Een ander model, DEPONS (Disturbance Effects on the harbour POrpoise population in the North Sea), is in ontwikkeling (Van Beest e.a., 2015, Nabe-Nielsen e.a., 2014). Het is niet bekend wanneer het model beschikbaar is voor algemene toepassing.

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 reageren namelijk gevoeliger op geluid én hebben een grotere kans aan impulsief geluid door heien te worden blootgesteld dan zeehonden. Op de locaties waar de activiteiten 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 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 et al. 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 echter niet op korte termijn 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 & de Jong, 2015). Bij de berekening van de mogelijke effecten op Gewone zeehonden is voor kavel III en IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid bovendien voor het eerst gebruik gemaakt van een geactualiseerde verspreidingskaart (zie § 2.2.4).

### 2.3 BEOORDELING VAN EFFECTEN

In 2015 is door de Nederlandse overheid het 'Kader Ecologie en Cumulatie' (KEC) gepubliceerd. Het bestaat uit een algemene Methodebeschrijving (deelrapport A) en drie Bijlagerapporten (Beschrijving en beoordeling van cumulatieve effecten bij uitvoering van de Routekaart Windenergie op Zee, Imares onderzoek Cumulatieve effecten Vogels en Vleermuizen, TNO/HWE-onderzoek Cumulatieve effecten zeezoogdieren). Het KEC reikt een methode aan om voor relevante soortgroepen de cumulatieve effecten van Windenergie op Zee te bepalen en te beoordelen. De effecten worden getoetst aan de biogeografische populatie, zodat een beeld wordt verkregen van het effect op de staat van instandhouding van de betreffende soorten. Eventueel te constateren significante gevolgen op populatieniveau van de Nederlandse Noordzee zijn naar rato om te slaan naar de betreffende Natura 2000-gebieden. Uit eerdere, voor het windenergiegebied Borssele uitgevoerde berekeningen bleek dat significante gevolgen op de bruinvispopulatie niet konden worden uitgesloten (Grontmij & Pondera, 2015). Daarom zijn in 2015 door TNO berekeningen uitgevoerd op grond waarvan het effect van het toepassen van verschillende geluidsnormen op de bruinvispopulatie kon worden bepaald.

Uit onderzoek blijkt dat van de groep zeezoogdieren in de context van de zuidelijke Noordzee de bruinvispopulatie het meest gevoelig is voor verstoring door het aan windparken gerelateerde onderwatergeluid. Dit komt vooral doordat de dichtheid van deze soort op de locaties waar activiteiten zijn gepland ten opzichte van de andere relevante soorten (m.n. zeehonden) het hoogst zijn. Daarnaast reageren individuele bruinvissen gevoeliger op onderwatergeluid dan zeehonden. Om deze redenen wordt verondersteld dat wanneer de bruinvis voldoende

beschermd wordt, er ook voldoende bescherming wordt geboden aan de overige soorten zeezoogdieren en is de methode vooral gericht op het bepalen van effecten op de bruinvispopulatie.

Voor het kunnen toetsen van de gevolgen van onderwatergeluid is met name de vraag relevant of hiermee de staat van instandhouding van bruinvissen in het geding komt. Recente berekeningen (Scheidat e.a. 2013) laten zien dat volgens de methode van PBR de acceptabele grens voor het NCP ligt op 272 dieren/jaar voor alle activiteiten. Dit is echter de directe sterfte en hierin is geen rekening gehouden met het mogelijke effect van verminderde reproductie. Daarom wordt voor acceptabele grenzen aan effecten op zeezoogdieren vooral gekeken naar het ASCOBANS-verdrag (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans in the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas). Het interim doel van ASCOBANS voor bruinvissen is om de populatie op minimaal 80% van de draagkracht te houden. Wat deze populatieomvang is, is niet nader gedefinieerd. Daarom wordt vooralsnog uitgegaan van de omvang van de huidige populatie, die op het Nederlandse deel van de Noordzee volgens Scheidat en gebaseerd op Geelhoed e.a. (2011 en 2014) in de periode 2010 t/m 2014 uit gemiddeld 51.000 dieren bestond.

Mede op grond van het tussentijdse advies van de commissie MER op het concept MER voor de kavels I en II van het Borssele windpark is besloten om voor een acceptabele grens van een hoger percentage dan 80% van de huidige populatie uit te gaan gegaan, zolang er sprake is van een matig ongunstige staat van instandhouding (Camphuysen & Siemensma, 2011). Uitgangspunt bij de toetsing van de effecten op de bruinvispopulatie is dat met grote zekerheid (95%) moet kunnen worden vastgesteld dat de huidige bruinvispopulatie als gevolg van de aanleg van de 10 offshore windparken van het SER-akkoord met niet meer dan 5% afneemt. Dit betekent dat de berekende populatieafname per windpark/kavel niet meer dan **255** dieren mag bedragen ( $0,05 \times 51.000 / 10$ ). De totale reductie komt daarmee neer op 2.550 dieren, die als gevolg van de aanleg van het SER-akkoord (windenergie op zee) maximaal over een periode van 5 jaar mag optreden.

# 3 Effecten van aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid

## 3.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de mogelijke effecten van heigeluid voor de aanleg van kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in twee alternatieve opstellingen. In dit kavel zijn voor twee, in waterdiepte verschillende locaties berekeningen uitgevoerd, te weten paalpositie 5 met een waterdiepte ca. 22 m en paalpositie 6 met een waterdiepte van ca. 21 m (zie Figuur 2-1 voor locaties). De paalposities en alternatieven zijn zo gekozen dat de weergegeven resultaten naar verwachting de maximale bandbreedte weergeven van mogelijke effecten van de aanleg van windturbines in dit kavel. De mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden worden in § 3.2 beschreven. De toetsing van de effecten van het heien van funderingen in kavel I 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 Natuurbeschermingswet.

## 3.2 EFFECTEN OP POPULATIES VAN ZEEZOOGDIEREN

### 3.2.1 Bruinvis

#### **Effecten op het gedrag van bruinvissen**

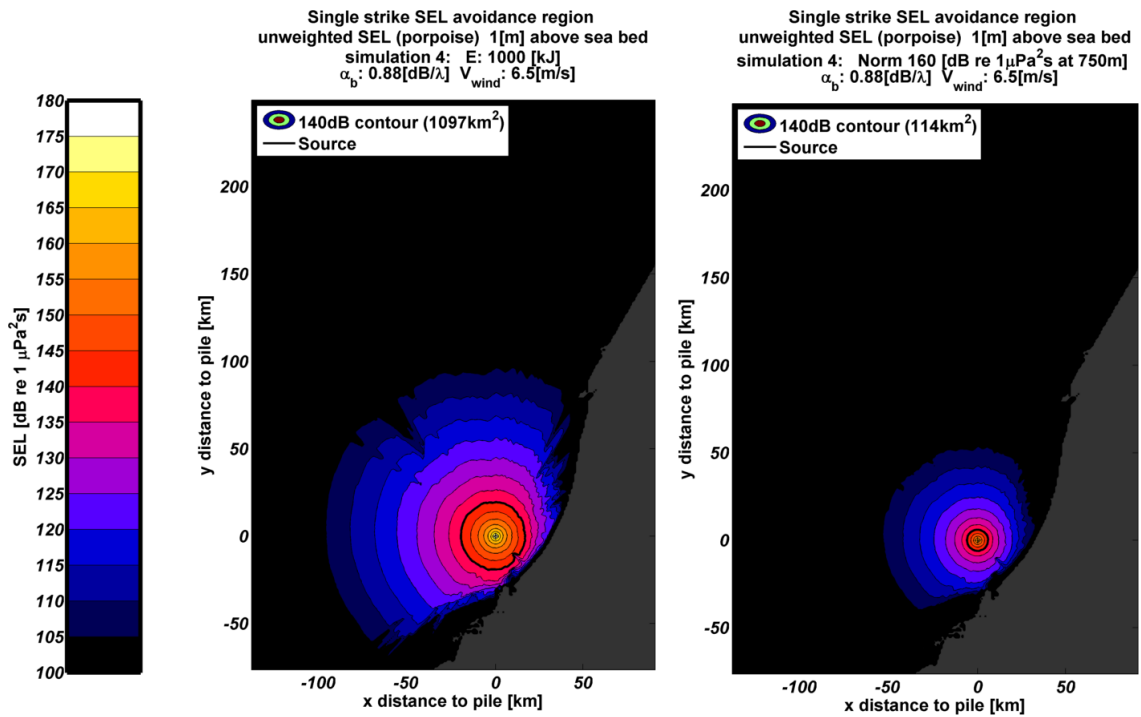
Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen relevante geluid tijdens het heien voor kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op een van de twee onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 3-1 (1.000 kJ) en in Figuur 3-2 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm  $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$  op 750 m van wordt toegepast<sup>6</sup>. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor bruinvissen wordt overschreden.

Uit de figuren is af te leiden dat tijdens het heien van kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid bij gemiddelde windsnelheden voor bruinvissen  $114 - 1.097 \text{ km}^2$  verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat  $114 - 1.853 \text{ km}^2$  is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde maximale oppervlakten zullen niet worden gehaald als een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De maximale oppervlakte, voor bruinvissen (onder windstille omstandigheden) verstoord gebied zal in dat geval tussen  $970 \text{ km}^2$  (alternatief 1, 63

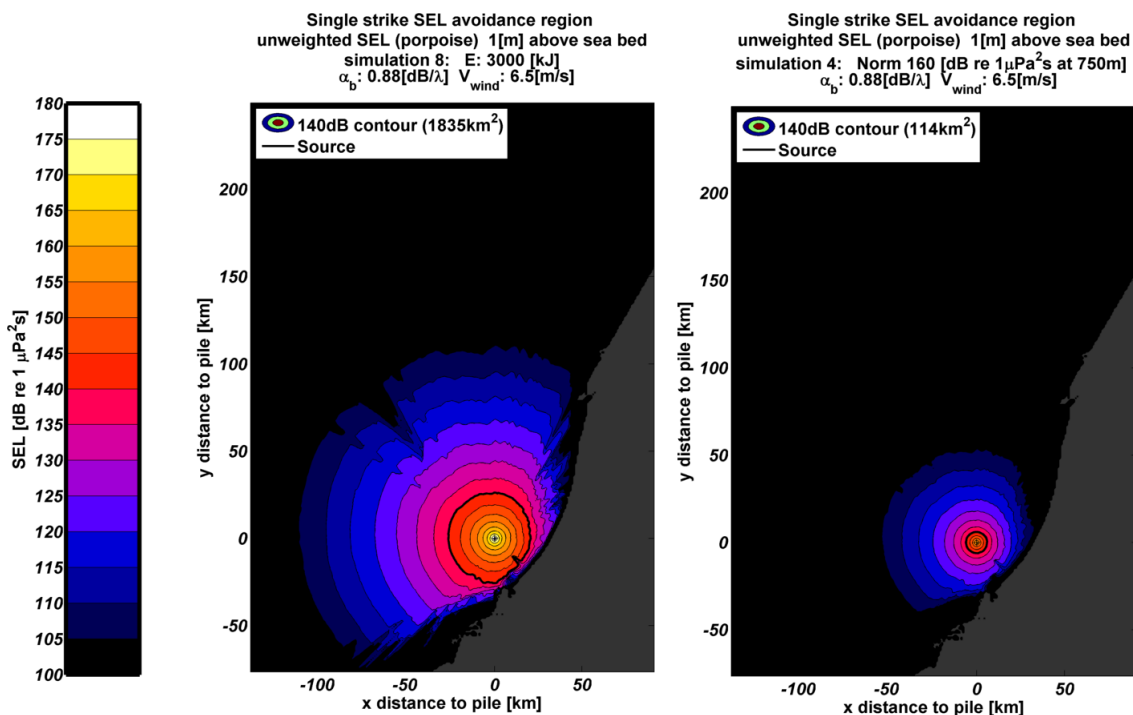
---

<sup>6</sup> In het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt de strengste norm iets hoger en bedraagt  $SEL_1 = 163 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ . Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus iets groter, te weten  $153 \text{ km}^2$ .

funderingen) en 1.722 km<sup>2</sup> komen te liggen (alternatief 2, 38 funderingen). Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).



Figuur 3-1 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 5 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen. Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.



Figuur 3-2 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 5 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 3-1.

De berekende effecten van de constructie van kavel III 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, met uitzondering van een 'soft start' procedure<sup>7</sup> geen geluidsbepurende maatregelen worden getroffen.

Tabel 3-1 Schatting van de gevolgen van heien zonder geluidsreducerende maatregelen voor de aanleg van alternatief 1 (63 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) voor kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor de bruinvispopulatie in verschillende seizoenen. Weergegeven zijn de effecten van heien op twee paalposities die maximaal verschillen in diepte en afstand tot de kust (positie 5, ver van de kust, diepte ca. 22 m; positie 6, dichtbij de kust, diepte ca. 21 m). Zie Figuur 2-1 voor paalposities. Rood: overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname van 255 dieren per park; groen: geen overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname. N.B. Er is geen rekening gehouden met eventuele populatie-effecten van permanente effecten op het gehoor (PTS).

Alternatief 1 (63 turbines)	Jan – mei		Jun – aug		Sep - dec	
	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	1.559	1.353	1.559	1.353	1.559	1.353
Bruinvisen binnen contour (n)	1.830	1.588	755	655	620	538
Dierversoringsdagen	115.307	100.071	47.537	41.256	39.090	33.925
Populatiereductie NCP	1.272	1.104	524	455	431	374

<sup>7</sup> De 'soft start' procedure heeft geen invloed op de totale omvang van het verstoorde gebied.



Tabel 3-2 Als Tabel 3-1 voor alternatief 2 (38 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)

Alternatief 2 (38 turbines)	Jan – mei		Jun – aug		Sep - dec	
	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	2.704	2.308	2.704	2.308	2.704	2.308
Bruinvissen binnen contour (n)	3.174	2.710	1.309	1.117	1.076	919
Dierversoringsdagen	120.631	102.964	49.732	42.449	40.895	34.906
Populatiereductie NCP	1.330	1.136	549	468	451	385

Uit de resultaten blijkt:

- De berekende reductie van de bruinvispopulatie op het NCP is het grootst als voor alternatief 2 in het voorjaar op paalpositie 5 wordt geheid; de reductie bedraagt dan 1.330 dieren (5-percentiel). Voor alternatief 1 is dit 1.272 dieren (5-percentiel). Dit komt overeen met een afname van de populatie op het NCP met 2,5% (alternatief 1) en 2,6% (alternatief 2). Voor de totale Noordzeepopulatie is dit voor beide alternatieven ca. 0,6%.
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de twee onderzochte alternatieven niet substantieel: voor alternatief 2 zijn de effecten gemiddeld genomen 4% groter dan voor alternatief 1; hieruit is af te leiden dat een drievoudige toename van de hei-energie (effect op oppervlakte verstoord gebied) minder sterk doorwerkt dan een 1,7-voudige toename van het aantal funderingen, en daarmee van het aantal bruinverstoringsdagen.
- In het gedeelte van de Noordzee waar het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt, zijn de verschillen in de waterdiepte relatief gering. Hierdoor is de heilocatie een minder belangrijke bepalende factor voor de omvang van het uiteindelijke effect dan in het windenergiegebied Borssele: op paalpositie 5 is het effect ongeveer 15% groter dan op paalpositie 6 (in Borssele ging het om een factor 2).
- Verder is het seizoen waarin wordt geheid van belang: in het najaar is de populatiereductie het kleinst (maximaal 431 dieren voor alternatief 1 en 451 dieren voor alternatief 2), omdat de bruinvisdichtheid dan relatief laag is; in het voorjaar zijn de maximale effecten ongeveer driemaal zo groot.
- Tenslotte is te zien dat de maximaal toelaatbare populatiereductie van 255 dieren per park (zie § 2.3) in alle gevallen wordt overschreden.

### Effecten op het gehoor van bruinvissen

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het plangebied voorkomende diepte van 23 m wordt geheid en dat deze diepte contant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Uit de berekeningen blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km PTS kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,7 km. In het voorjaar, als de

bruinvisdichtheid het hoogst is, gaat het gemiddeld genomen (= afstanden bij gemiddelde en geen wind gemiddeld) om 16 dieren. Als met een lagere hei-energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Gemiddeld genomen bevinden zich in het voorjaar 3 bruinvissen binnen deze contour. Er kan van worden uitgegaan dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

### **3.2.2 Zeehonden**

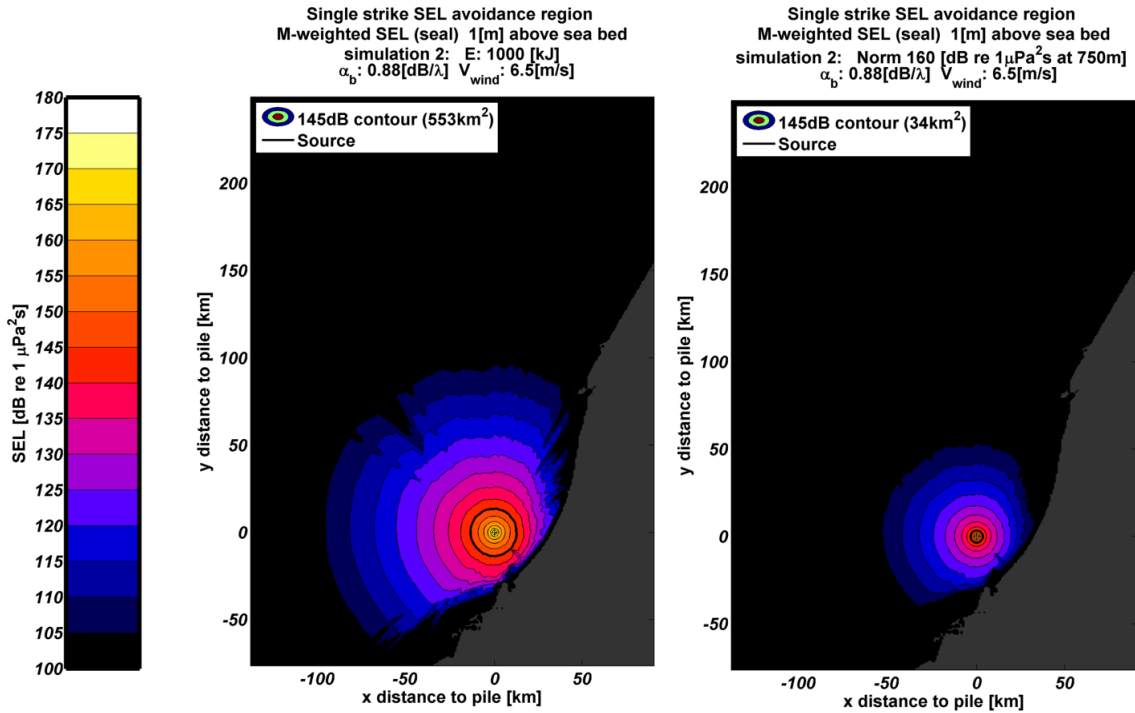
#### **Effecten op het gedrag van zeehonden**

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 TNO-notitie in bijlage 1). Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor zeehonden relevante geluid tijdens het heien voor kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op een van de twee onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 3-3 (1.000 kJ) en in Figuur 3-4 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm van  $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s op } 750 \text{ m}$  wordt toegepast<sup>8</sup>. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor zeehonden wordt overschreden.

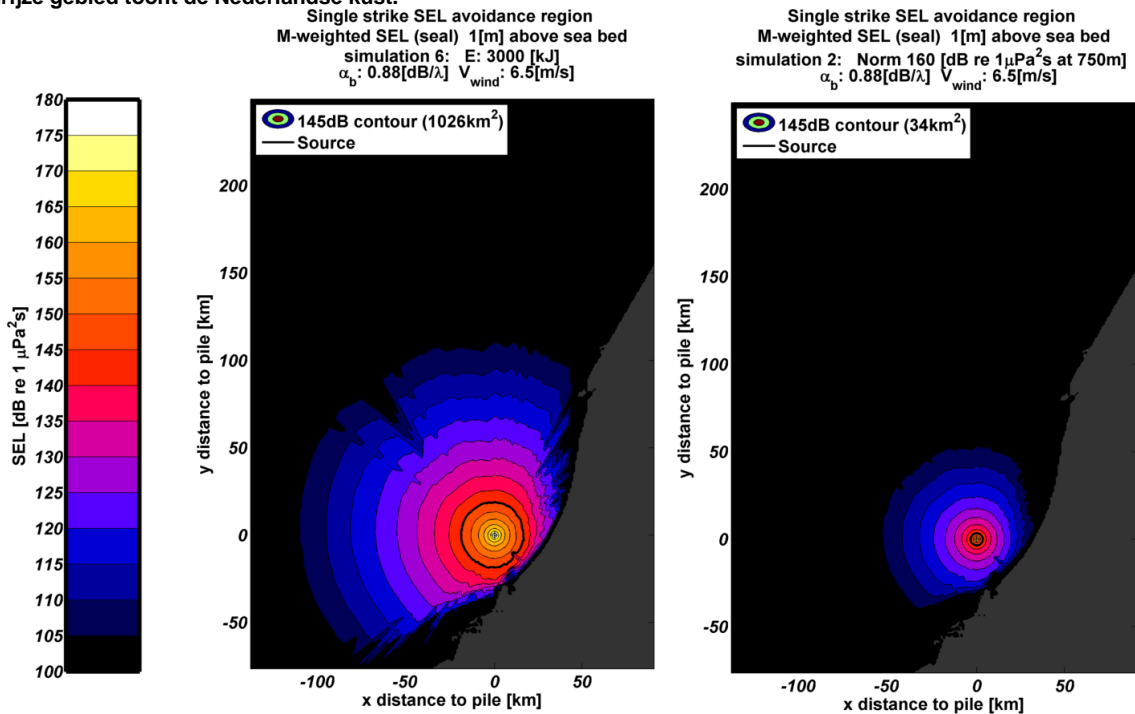
Uit de figuren is af te leiden dat tijdens het heien van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid bij gemiddelde windsnelheden voor zeehonden 34 – 553 km<sup>2</sup> verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat 34 – 1.026 km<sup>2</sup> is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde maximale oppervlakten zullen echter niet worden gehaald, omdat een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De maximale oppervlakte van het voor zeehonden (onder windstille omstandigheden) verstoord gebied zal in dat geval tussen 408 km<sup>2</sup> (alternatief 1, 63 funderingen) en 792 km<sup>2</sup> komen te liggen (alternatief 2, 38 funderingen). Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).

---

<sup>8</sup> In het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt de strengste norm iets hoger en bedraagt  $SEL_1 = 163 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ . Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus iets groter, te weten 52 km<sup>2</sup>.



Figuur 3-3 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 5 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor zeehonden. Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.



Figuur 3-4 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 5 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 3-3.

Net als voor bruinvissen zijn voor zeehonden in eerste instantie berekeningen uitgevoerd voor een situatie waarin zonder geluidsbeperkende maatregelen wordt geheid. De resultaten van de berekening van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid op zeehonden bij de constructie van kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor twee alternatieve opstellingen zijn opgenomen in Tabel 3-3 en Tabel 3-4. Maximaal gaat het om 32 zeehonden die het beïnvloedingsgebied tijdens het heien van een fundering zullen mijden (alternatief 1) of om 57 zeehonden (alternatief 2). Ten opzichte van de totale Nederlandse populatie van gewone zeehonden gaat het respectievelijk om 0,3% (alternatief 1) of om 0,5% (alternatief 2) van de populatie die in de periodes dat wordt geheid in het door heigeluid beïnvloede gebied kan worden verstoord. De effecten zijn het kleinst in de periode mei – juli als de zeehonden 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 1 kleiner dan dat van alternatief 2. Dit is af te lezen aan het aantal dierverstoringsdagen van de twee alternatieven, dat door de constructie van alternatief 2 8 – 21% groter is.

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 (de resultaten voor de twee paalposities zijn daarbij gemiddeld). 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 (63 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) kavel III van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het voor de twee onderzochte windcondities gemiddelde aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de grens waarde voor mijding wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).**

Alternatief 1 (63 turbines)	Jan – apr		Mei – jul		Sep – dec	
	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	757	693	757	693	757	693
Zeehonden binnen contour (n)	26	32	11	14	19	28
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2
Dierverstoringsdagen	1.610	1.997	673	880	1.189	1.762
Totaal aantal zeehonden verstoord	29 – 1.804		12 – 777		23 – 1.476	
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2 – 15		0,1 – 6		0,2 - 12	

Tabel 3-4 Als Tabel 3-3 voor alternatief 2 (38 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)

Alternatief 2 (38 turbines)	Jan – apr		Mei – jul		Sep – dec	
	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6	positie 5	positie 6
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	1.473	1.280	1.473	1.280	1.473	1.280
Zeehonden binnen contour (n)	51	57	22	26	40	50
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4
Dierversoringsdagen	1.953	2.159	838	975	1.517	1.909
Totaal aantal zeehonden verstoord	54 – 2.056		24 – 906		45 – 1.713	
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,4 – 17		0,2 – 7		0,4 – 14	

De conclusie is dat effecten van heigeluid bij de aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op gewone zeehonden op populatieniveau om de volgende redenen zijn uit te sluiten:

- Kavel III ligt relatief ver van de belangrijkste ligplaatsen van de zeehonden (in de Waddenzee), waardoor het aantal in het plangebied foeragerende zeehonden niet zo groot is; afgezet tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren daarom 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 verstoringcontour 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).

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeierende) 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 maximaal 12 (alternatief 1) of 22 (alternatief 2) grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is echter dat de werkelijke aantallen lager zijn, omdat buiten 20 km van de kust dichtheden Grijze zeehonden zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

### Effecten op het gehoor van zeehonden

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van zeehonden is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voorkomende diepte van 23 m wordt geheid en dat deze diepte constant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Zeehonden reageren naar verwachting minder gevoelig op onderwatergeluid dan bruinvissen en kunnen sneller zwemmen, wat zich vertaalt in kleinere effectafstanden. Zij houden zich

bovendien vooral dichtbij hun ligplaatsen in de Waddenzee en het Deltagebied op. Uit de berekeningen blijkt dat het gebied waarbinnen bij zeehonden de gehoordrempel permanent wordt verhoogd (PTS) door het heien voor de aanleg van het windpark, zonder dat een geluidsnorm wordt toegepast, al verwaarloosbaar klein is (maximaal 0,5 km<sup>2</sup>). Het is vrijwel uitgesloten dat zich bij aanvang van de heiwerkzaamheden een zeehond binnen deze contour bevindt (max. 0,03 zeehond bij heien bij windstille omstandigheden).

### 3.3 EFFECTEN OP NATURA 2000-GEBIEDEN

Effecten van de aanleg en exploitatie van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid 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.

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 3-5). 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 uitbreiding van de populatie.

**Tabel 3-5 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-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). Voor de gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Waddenzee instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis. Het verstoorde gebied ligt relatief ver van de ligplaatsen van zeehonden in de Waddenzee waardoor het gebied door slechts een beperkt aantal zeehonden tijdens de foerageertochten wordt aangedaan (zie Figuur 2-6 en Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Waddenzee kunnen daarom worden uitgesloten.

### 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 3-6 samengevat.

**Tabel 3-6 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Noordzeekustzone**

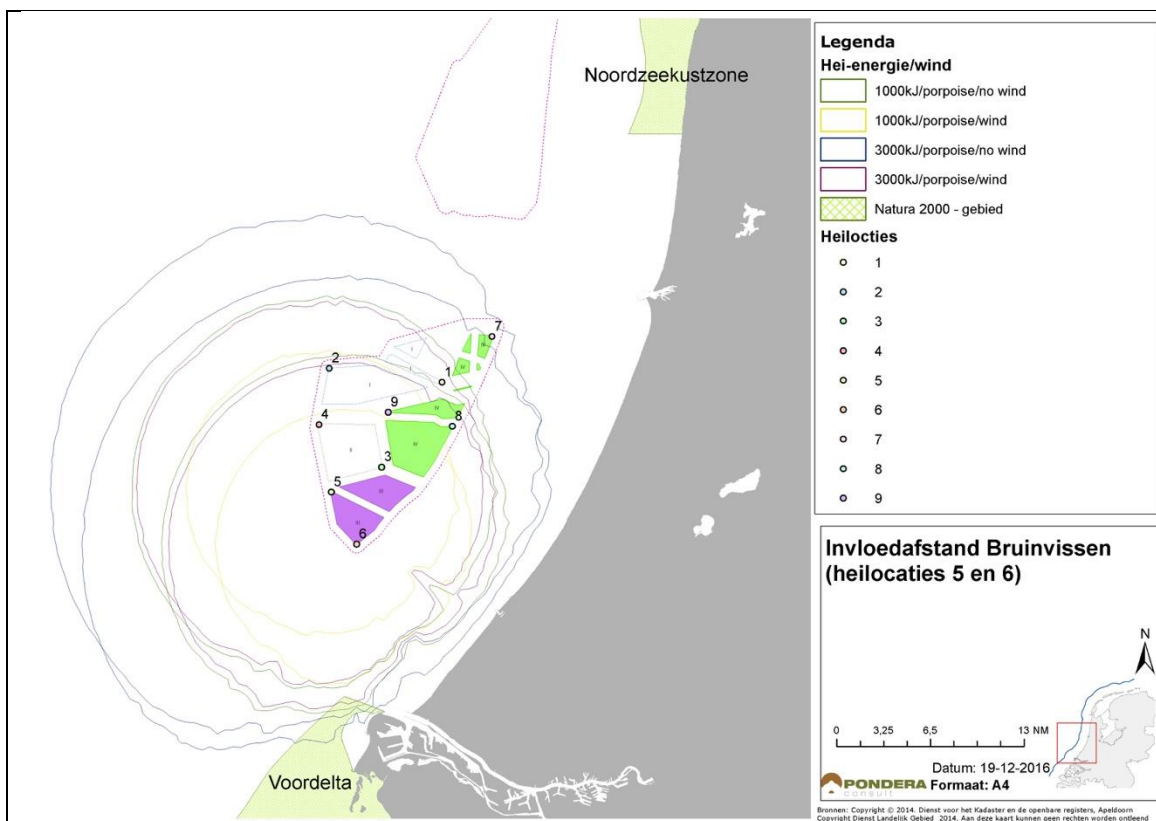
Soort	Instandhoudingsdoelstelling
Bruinvis	Behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Grijze zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie
Gewone zeehond	Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie

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

Voor **zeehonden** ligt het door onderwatergeluid verstoorde gebied in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Dieren kunnen het verstoorde gebied echter mijden waardoor de oppervlakte beschikbaar foerageergebied afneemt (indirecte externe werking). Voor de gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Noordzeekustzone instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname geen betekenis. Het verstoorde gebied ligt relatief ver van de ligplaatsen van zeehonden in de Noordzeekustzone waardoor het gebied door slechts een beperkt aantal zeehonden tijdens de foerageertochten wordt aangedaan (zie Figuur 2-6 en Tabel 3-3, Tabel 3-4). De dieren zijn voor hun voedselvoorziening dus niet afhankelijk van het effectgebied. Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Noordzeekustzone en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Noordzeekustzone kunnen daarom worden uitgesloten.



Voor **bruinvissen** overlapt het door heigeluid verstoorde gebied ook niet met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone (Figuur 3-5). De kwaliteit van het gebied als leefgebied voor de bruinvis wordt dus niet beïnvloed (directe externe werking). De totale omvang van het leef- en foerageergebied neemt echter wel af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking).



**Figuur 3-5 Overlap van verstoringscontouren van bruinvissen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone door heien, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid.**

Door de Nederlandse overheid is bepaald dat door de aanleg van windparken op het NCP cf. het SER-akkoord bij een voorspelde afname van de bruinvispopulatie van 255 dieren per park significante effecten niet kunnen worden uitgesloten (zie § 2.3). Uit Tabel 3-7 is af te leiden dat deze waarde in alle seizoenen voor beide onderzochte alternatieven wordt overschreden als geen geluidreducerende maatregelen worden getroffen.

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 niet zijn uit te sluiten.



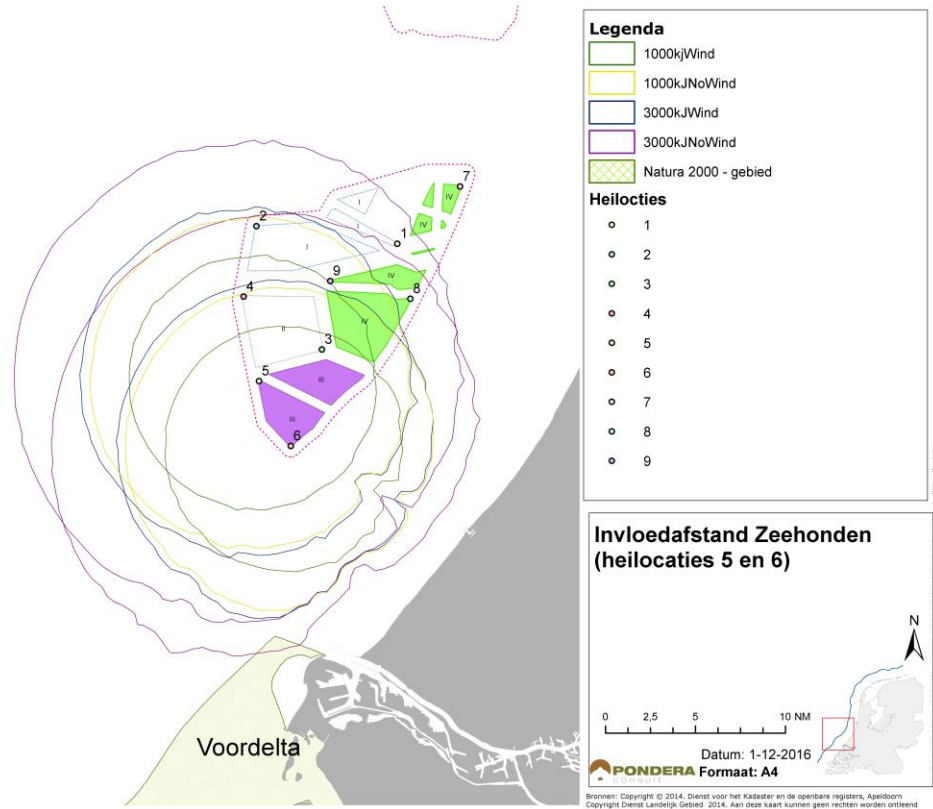
Tabel 3-7 Voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel I van windenergiegebied Hollandse kust Zuid in verschillende seizoenen (5 percentielwaarden = 5% kans op een grotere afname). Overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname van 255 dieren is in rood weergegeven (significante effecten op Natura 2000-gebieden niet uit te sluiten).

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Alternatief 1	1.272	1.104	524	455	431	374
Alternatief 2	1.330	1.136	549	468	451	385

### 3.3.3 Voordelta

In het Natura 2000-gebied Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond. 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. Uit de berekeningen blijkt dat de verstoringcontour voor **zeehonden** bij de aanleg van kavel III alleen bij heien onder windstille omstandigheden over maximaal 3,4 km<sup>2</sup> in alternatief 2 overlapt met het Natura 2000-gebied Voordelta. Dit is 0,4% van de totale oppervlakte van het Natura 2000 gebied (Figuur 3-6). Hierdoor neemt de kwaliteit van het gebied als foerageergebied voor zeehonden af als onder windstille omstandigheden op de dichtst bij de Voordelta gelegen paalpositie wordt geheid (directe externe werking). De totale omvang van het foerageergebied buiten de Voordelta neemt ook af (indirecte externe werking). Voor zowel de grijze als de gewone zeehonden waarvoor in de Voordelta instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringcontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren ten opzichte van de totale populatie daarom gering is (zie Figuur 2-6, Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor grijze en gewone zeehonden in het Natura 2000-gebied Voordelta kunnen daarom worden uitgesloten.



**Figuur 3-6** Overlap van verstoringscontouren van zeehonden met de Natura 2000-gebieden Voordelta en Vlake van de Raan door heien, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid.

### 3.3.4 Oosterschelde

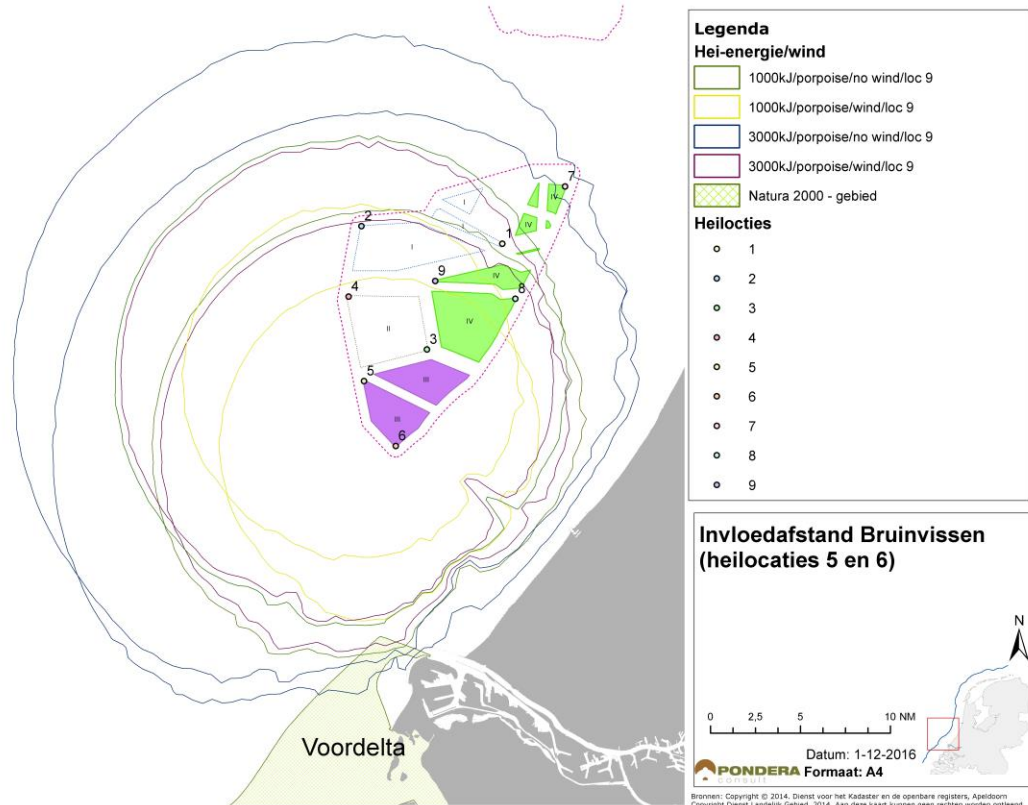
Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zeehonden de heilocatie tot op een bepaalde afstand mijden. Het verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Oosterschelde. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (externe werking). Voor zowel de grijze als de gewone zeehonden waarvoor in de Oosterschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren ten opzichte van de totale populatie daarom gering is (zie Figuur 2-6, Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zeehonden in de Oosterschelde kunnen daarom 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 3-6). 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.

Het voor gewone en grijze **zeehonden** verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan (zie Figuur 3-6). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Voor zowel de grijze als de gewone zeehonden waarvoor in de Vlake van de Raan instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren ten opzichte van de totale populatie daarom gering is (zie Figuur 2-6, Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor grijze en gewone zeehonden in het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan kunnen daarom worden uitgesloten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door geluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan (Figuur 3-7). 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.



**Figuur 3-7** Overlap van verstoringscontouren van bruinvissen met het Natura 2000-gebied Vlakte van de Raan door heien, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid.

### 3.3.6 Westerschelde & Saeftinghe

Het onderwatergeluid dat tijdens aanleg wordt gegenereerd door het heien van de funderingen kan tot gevolg hebben dat zehonden de heilocaliteit 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). Voor de gewone zehonden waarvoor in de Westerschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren ten opzichte van de totale populatie daarom gering is (zie Figuur 2-6, Tabel 3-3 en Tabel 3-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zehonden in het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe kunnen daarom worden uitgesloten.

### 3.4 EFFECTEN OP BESCHERMDE SOORTEN

Tijdens de constructie van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid 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) 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 met name bij bruinvissen tot effecten op de populatie kan leiden. Daardoor is niet uit te sluiten dat de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de regionale (NCP) populaties in het geding is. Vrijstelling kan alleen worden verkregen als geen afbreuk wordt gedaan aan de GSI van de soorten.

Voor zeehonden kunnen populatie-effecten worden uitgesloten, omdat:

- Het tijdelijke effecten betreft (63 maal ca. 2 uur heien per etmaal voor alternatief 1 en 38 maal ca. 2 uur heien per etmaal voor alternatief 2);
- Het aantal mogelijk beïnvloede zeehonden beperkt is, omdat de dichtheid van zeehonden binnen het door heigeluid verstoord gebied relatief laag is (zie Tabel 3-3, Tabel 3-4);
- Het grootste deel van het door geluid beïnvloede gebied van beperkt belang is als foerageergebied (zie Figuur 2-6), waardoor er geen sprake zal zijn van ‘verdichtingseffecten’ (competitie om voedsel e.d.);
- De afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust dermate breed is, dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd.

De conclusie is dat voor gewone en grijze zeehonden de GSI niet in het geding is.

Ter beoordeling van het effect van verstoring op de GSI van de bruinvispopulatie op het NCP, is de door de overheid vastgestelde maximaal toelaatbare populatieafname van **255** dieren per aan te leggen windpark/kavel als criterium gebruikt. Wanneer de voorspelde afname onder deze norm blijft, kan een effect op de GSI van de betreffende populatie met zekerheid uitgesloten worden. Wanneer de voorspelde afname deze waarde overschrijdt, kan niet worden uitgesloten dat de GSI in het geding is.

De toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid is opgenomen in Tabel 3-8 (zie Tabel 3-7 voor berekende waarden). Hieruit blijkt dat bij constructie van beide alternatieven in alle seizoenen effecten op de GSI van de bruinvispopulatie niet zijn uit te sluiten.

De conclusie is dat in laatstgenoemde gevallen constructie alleen mogelijk is als mitigerende maatregelen worden genomen, zodat het geluid zich minder ver verspreidt; hierdoor neemt het oppervlak binnen de verstoringscontour (sterk) af (zie verder hierna in § 3.5).

**Tabel 3-8 Toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in verschillende seizoenen. Groen: gunstige staat van instandhouding niet in het geding; Rood: effecten op de gunstige staat van instandhouding niet uit te sluiten.**

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alternatief 1						
Alternatief 2						

## 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’, ‘soft start’ procedures of het met een lagere energie heien.

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

1. De oppervlakte door geluid verstoort 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 verstoort gebied kan worden beperkt door:

- In plangebieden met sterk variabele waterdiepten voor de funderingen locaties met een relatief gering waterdiepte te kiezen; voor het hele plangebied van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid biedt dit echter weinig soelaas, omdat de variatie in waterdiepten relatief beperkt is;
- Met lagere energie te heien;
- Niet heien tijdens windstilte (= glad wateroppervlak); het verstoort oppervlak is dan anderhalf tot tweemaal zo groot als bij gemiddelde wind;
- De propagatie van heigeluid te beperken door het toepassen van geluiddemping (bellenschermen e.d.).

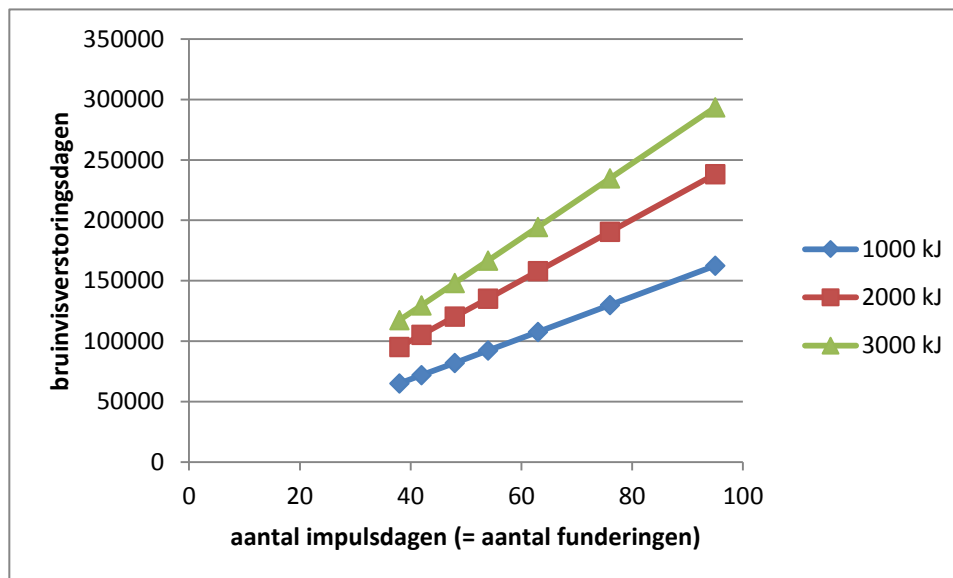
### Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

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

### Ad 3. Het aantal impulsdagen beperken

Uit de analyses blijkt dat een toename van het aantal te heien funderingen en daarmee het aantal impulsdagen sterker doorwerkt dan een afname van de hei-energie. In Figuur 3-8 is dit te zien aan het feit dat de lijnen van gelijke hei-energie niet evenwijdig aan elkaar zijn, maar meer uit elkaar gaan lopen naarmate het aantal impulsdagen toeneemt. Het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines waarvoor een hogere hei-energie nodig is, kan daardoor gunstiger uitpakken dan de aanleg van een windpark met veel, kleine turbines die met een lagere hei-energie kunnen worden geheid. De berekeningen voor windenergiegebied Borssele, waarbij een alternatief van 38 turbines (hei-energie 3.000 kJ) werd vergeleken met een alternatief van 95 turbines (hei-energie 1.000 kJ), lieten dit ook duidelijk zien. Voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid is het minder duidelijk, omdat voor het alternatief met de meeste funderingen (63 à 6 MW) van een relatief lage hei-energie van 1.000 kJ is uitgegaan. Hierdoor zijn de berekende effecten voor het alternatief met het minste aantal funderingen (38 à 10 MW) en waarbij van een hei-energie van 3.000 kJ is uitgegaan groter.

Het gegeven dat het heien met een grotere hei-energie minder sterk doorwerkt dan het aantal impulsdagen is gebruikt bij de uitwerking van een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerd stelsel van geluidsnormen (zie hierna).



**Figuur 3-8** Relatie tussen aantal impulsdagen (= aantal funderingen) en het aantal bruinvisverstoringdagen, uitgaande van een dichtheid van 1 bruinvis per km<sup>2</sup>, bij 3 hei-energieën

### 3.5.2 Toepassen van gedifferentieerde geluidsnormering

Verschillende, in § 3.5.1 beschreven overwegingen zijn eerder door de overheid gebruikt voor het ontwerpen van een, op het windenergiegebied Borssele toegesneden normenstelsel dat grenzen stelt aan de geluidsproductie bij de constructie van windparken op zee. Er is daarbij rekening gehouden met seizoensverschillen en aantal turbines per kavel, twee factoren die sterk doorwerken in het uiteindelijke effect op de (bruinvis)populatie. Voor de kavels binnen het windenergiegebied Borssele is door middel van locatie-specifieke onderwatergeluidmodellering bepaald bij welke geluidsnorm, afhankelijk van het aantal palen en seizoensafhankelijke bruinvisdichtheden, de effecten nog acceptabel zijn (d.w.z. de reductie van 255 dieren per kavel niet overstijgen). Er is voor gekozen om de geluidsnormering voor het gehele windenergiegebied Borssele vast te stellen. Dit betekent dat geen rekening is gehouden met gedetailleerde locatiespecifieke verschillen tussen of binnen de kavels. Het kavel waarin de strengste geluidsnormen moeten worden opgelegd, bepaalt de geluidsnormen in de andere kavels. Verder zijn de normen zo gekozen dat ook rekening wordt gehouden met een eventuele kleine overschrijding tijdens de leerfase in de opstartperiode<sup>9</sup>.

Voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid zijn op vergelijkbare wijze als voor windenergiegebied Borssele gedifferentieerde normen afgeleid. De geluidsnormen voor dit gebied liggen iets hoger dan de eerder vastgestelde normen voor het windenergiegebied Borssele. Dit is een gevolg van het feit dat de gemiddelde waterdiepte in het plangebied voor Hollandse Kust Zuid kleiner is. De voorgestelde normstelling staat in onderstaande Tabel 3-9.

**Tabel 3-9 Normstelling voor windenergiegebied Hollandse Kust Zuid, inclusief de opstart 'toeslag van 1 dB'**

Hollandse Kust Zuid	Maximale geluidsbelasting (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m)*		
380 MW per kavel	Periode		
# turbines	Jan – mei	Jun – aug	Sep – dec
63 (hier onderzocht)	163	169	171
54	164	170	172
48	165	171	173
42	166	172	174
38 (hier onderzocht)	167	173	175

\* De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de zomer en de herfst veel lager dan in het voorjaar, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringscontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder bruinvissen bevinden. In de zomer en het najaar kunnen daarom minder strenge normen worden gehanteerd dan in het voorjaar.

### Gevolgen voor de bruinvispopulatie op het NCP

<sup>9</sup> Vanuit de ervaring dat het moeilijk is om in de opstartperiode van de aanleg van een windpark gelijk aan de norm te voldoen en wetende dat er omstandigheden kunnen zijn (hardere ondergrond, windomstandigheden) die mitigerende maatregelen minder effectief of het geproduceerd geluid hoger kunnen maken, is een veiligheidsmarge van 1 dB ingebouwd. Dit betekent dat geluidsnorm 1 dB lager is dan nodig om met een zekerheid van 95% een afname van 255 dieren te voorkomen (zie § 2.3). Een kleine overschrijding van de norm door onvoorziene omstandigheden noodzaakt dan nog niet tot aanvullende maatregelen of het stilleggen van de bouw van een park.



Tabel 3-10 bevat voor de twee onderzochte alternatieven de resultaten van de berekening van effecten op bruinvissen als ervan wordt uitgegaan dat een, naar seizoen en aantal te heien palen gedifferentieerde norm is gesteld aan de propagatie van het heigeluid. Dit betekent dat op 750 m van de heilocatie de  $SEL_1$  niet groter mag zijn dan een bepaalde waarde (zie Tabel 3-9). Door TNO is berekend wat het toepassen van deze norm bij verschillende opstellingen zou betekenen voor de oppervlakte verstoord gebied en daarmee voor het aantal verstoorde bruinvissen en de bruinvispopulatie op het NCP. Het betreft *worst case* schattingen van de mogelijke gevolgen van heien voor de aanleg van Kavel III, omdat het om de paalpositie met de in het kavel aanwezige maximale waterdiepte gaat (ca. 22 meter). In de tabel is te zien dat met een zekerheid van 95% de reductie van de bruinvispopulatie door de aanleg van kavel III niet groter zal worden dan 222 dieren (constructie van alternatief 2 in de periode september – december). De maximaal toelaatbare populatiereductie van 255 dieren per park (zie § 2.3) zal door de aanleg van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor beide alternatieven in geen enkel geval worden overschreden.

**Tabel 3-10 Effecten van heien voor aanleggen van kavel III van windenergiegebied Hollands Kust Zuid (alternatief 1: 63 funderingen, alternatief 2: 38 funderingen) op de bruinvispopulatie op het NCP in verschillende seizoenen en met toepassen van een (gedifferentieerde) geluidsnorm. Bvdd = bruinvisverstoringdagen**

	Alternatief 1 (63 turbines)			Alternatief 2 (38 turbines)		
	Norm (dB re 1 $\mu Pa^2s$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie	Norm (dB re 1 $\mu Pa^2s$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie
Jan – mei	163	16.567	183	167	19.005	210
Jun - aug	169	17.563	194	173	18.815	208
Sep – dec	171	19.407	214	175	20.160	222

Uit de berekeningen voor een uniforme waterdiepte van 23 m blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km **PTS** kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,7 km. Als met een lagere hei-energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Dit zijn afstanden die ruim binnen het bereik van ‘Acoustic Deterrent Devices’ voor bruinvissen liggen (Kastelein, in prep.), zodat PTS kan worden voorkomen. Er kan van worden uitgegaan wordt dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

Als de geluidsproductie wordt beperkt door het toepassen van een (strengere) geluidsnorm van  $SEL_1$  van 160 dB re 1  $\mu Pa^2s$  op 750 m treedt in geen enkel geval PTS op. Voor hogere geluidsnormen dan 160 dB zijn geen aparte berekeningen uitgevoerd. Er kan echter worden beredeneerd dat, als er al PTS zou optreden, de afstanden zeker kleiner zullen zijn dan de PTS-afstanden die berekend zijn voor een hei-energie van 1.000 kJ. Bij ongemitigeerd heien met een hei-energie van 1.000 kJ op de diepste paalpositie van kavel III (22 m) bedraagt de  $SEL_1$  op 750 m

176 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  (zie TNO-notitie in bijlage 1). Deze waarde ligt nog boven de soepelste geluidsnorm van  $\text{SEL}_1 = 175 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$  op 750 m. Met het toepassen van een geluidsnorm, indien nodig in combinatie met de inzet van 'Acoustic Deterrent Devices' kan PTS bij bruinvissen zeker worden voorkomen.

### **Gevolgen voor Nederlandse zeehondenpopulatie**

Uit de resultaten van de berekening van de effecten van de constructie van kavel III op zeehonden blijkt dat deze, ook zonder toepassen van een geluidsnorm beperkt zijn (Tabel 3-3, Tabel 3-4). Als wel een geluidsnorm wordt toegepast, omdat significante effecten op de bruinvispopulatie moeten worden voorkomen, zal de oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied ook kleiner zijn. Hierdoor zullen de effecten nog lager uitvallen dan in § 3.2.2 zijn beschreven (Tabel 3-11). Dit geldt ook voor de kans dat zeehonden PTS oplopen, die ook zonder dat geluidsbeperkende maatregelen worden genomen al verwaarloosbaar is. Bij de berekeningen is uitgegaan van een voor de ongemitigeerde verstoringscontour berekende gemiddelde dichtheid.

**Tabel 3-11 Aantal zeehonden binnen verstoringscontour bij aanvang van het heien van een fundering zonder en met opleggen van gedifferentieerde geluidsnormen voor mitigatie van effecten op bruinvissen. Deze aantallen zijn representatief voor de situatie dat wordt uitgegaan van volledige plaatstrouw (zie § 3.2.2 voor uitleg).**

	Zonder geluidsnorm	Met geluidsnorm		
		Jan – april	Mei – juli	Sep – dec
Alternatief 1	12 – 29	3	2	8 – 12
Alternatief 2	24 – 54	6 – 7	4 – 5	17 – 22

### **Effecten op Natura 2000-gebieden**

Door toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm is uit te sluiten dat de kwaliteit van nabij gelegen Natura 2000-gebieden wordt beïnvloed. De verstoringscontouren overlappen namelijk niet met een van deze gebieden. Er is dus geen sprake van **directe externe werking**.

Voor **zeehonden** zal er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake zijn van **indirecte externe werking**, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid al konden worden uitgesloten (zie § 3.3). Als de propagatie van het heigeluid wordt beperkt en daarmee de oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied, zal het effect op de zeehondenpopulatie nog kleiner worden (zie hiervoor).

Voor **bruinvissen** geleden instandhoudingsdoelstellingen voor de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlakte van de Raan. Er is sprake van **indirecte externe werking** als significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet kunnen worden uitgesloten. Dit is het geval als uit de berekeningen zou blijken dat door de constructie van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid de bruinvispopulatie met meer dan 255 dieren afneemt.

Uit Tabel 3-12 is af te leiden dat deze waarde voor beide alternatieven in geen van de seizoenen wordt overschreden.

**Tabel 3-12 Voorspelde maximale afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel III van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in verschillende seizoenen bij toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm.**

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)		
	Jan - mei	Jun – aug	Sep – dec
Alternatief 1	183	194	214
Alternatief 2	210	208	222

### **Effecten op 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 de reeds beperkte effecten op zeehonden nog kleiner zullen worden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat de geluidsnormen erop zijn gericht dat de afname van de bruinvispopulatie met grote zekerheid (95%) niet meer dan 5% zal bedragen bij de uitvoer van het SER-akkoord (= 10 windparken). Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten.

## 4 Effecten van aanleg kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid

### 4.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de mogelijke effecten van heigeluid voor de aanleg van kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in twee alternatieve opstellingen. In dit kavel zijn voor drie locaties berekeningen uitgevoerd, te weten paalpositie 7 (18 m), paalpositie 8 (20 m) en paalpositie 9 (21 m). De paalposities verschillen maximaal in waterdiepte, afstand tot de kust en afstand tot de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Waddenzee (zie Figuur 2-1 voor locaties). De paalposities en alternatieven zijn zo gekozen dat de weergegeven resultaten naar verwachting de maximale bandbreedte weergeven van mogelijke effecten van de aanleg van windturbines in dit kavel. De mogelijke effecten op de populaties van bruinvissen en zeehonden worden in § 4.2 beschreven. De toetsing van de effecten van het heien van funderingen in kavel II 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 Natuurbeschermingswet.

### 4.2 EFFECTEN OP POPULATIES VAN ZEEZOOGDIEREN

#### 4.2.1 Bruinvis

##### **Effecten op het gedrag van bruinvissen**

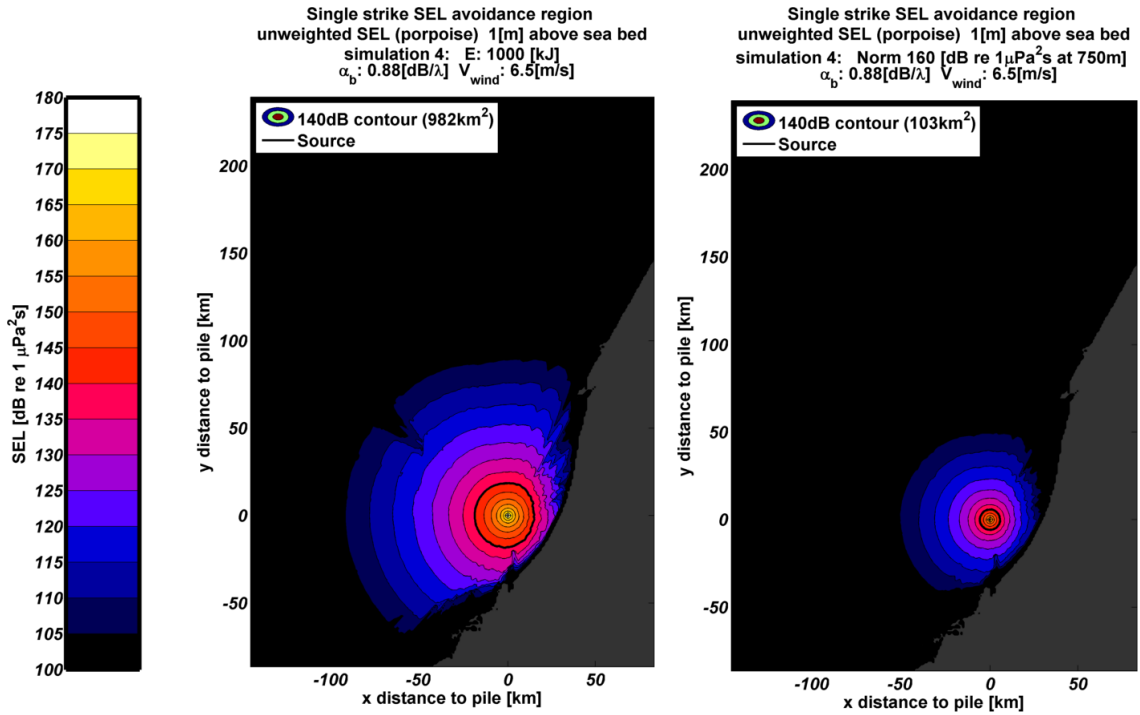
Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor bruinvissen relevante geluid tijdens het heien voor kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op een van de drie onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 4-1 (1.000 kJ) en in Figuur 4-2 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm van  $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$  op 750 m wordt toegepast<sup>10</sup>. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor bruinvissen wordt overschreden.

Uit de figuren is af te leiden dat tijdens het heien van kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid bij gemiddelde windsnelheden voor bruinvissen 103 – 982 km<sup>2</sup> verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat 103 – 1.670 km<sup>2</sup> is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde maximale oppervlakten zullen niet worden gehaald als een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De maximale oppervlakte, voor bruinvissen (onder windstille omstandigheden) verstoord gebied zal in dat geval tussen 886 km<sup>2</sup> (alternatief 1, 63

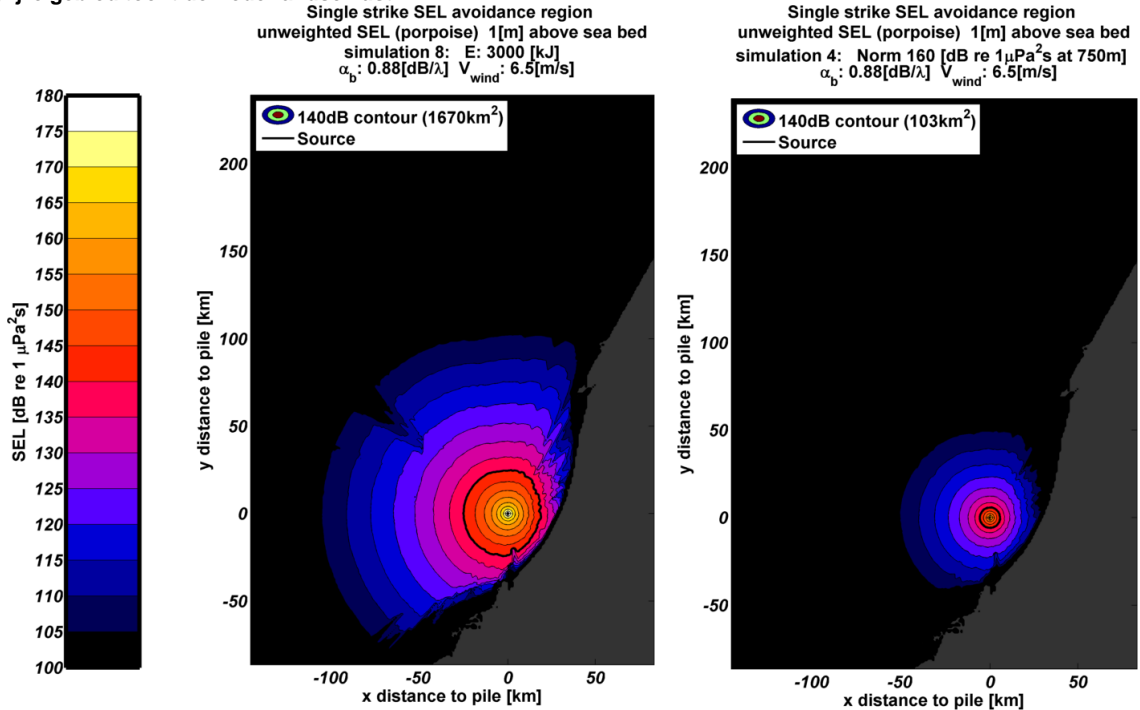
---

<sup>10</sup> In het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt de strengste norm iets hoger en bedraagt  $SEL_1 = 163 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ . Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus iets groter, te weten 167 km<sup>2</sup>.

funderingen) en 1.605 km<sup>2</sup> komen te liggen (alternatief 2, 38 funderingen). Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).



Figuur 4-1 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 9 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie is weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor bruinvissen. Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.



Figuur 4-2 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 9 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 4-1.

De berekende effecten van de constructie van kavel II op de bruinvispopulatie van de Noordzee en het NCP zijn opgenomen in Figuur 4-1 en Figuur 4-2. Bij deze berekeningen is ervan uitgegaan dat, met uitzondering van een 'soft start' procedure<sup>11</sup> geen geluidsbeperkende maatregelen worden getroffen.

Tabel 4-1 Schatting van de gevolgen van heien zonder geluidsreducerende maatregelen voor de aanleg van alternatief 1 (63 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) voor kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor de bruinvispopulatie in verschillende seizoenen. Weergegeven zijn de effecten van heien op drie paalposities die maximaal verschillen in waterdiepte (18 – 21 m) afstand tot de kust (positie 7 en 8, dicht bij de kust; positie 9, ver van de kust) en tot Natura 2000-gebieden (positie 7 meest noordelijk, positie 8 meest zuidelijk). Zie Figuur 2-1 voor paalposities. Rood: overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname van 255 dieren per park; groen: geen overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname. N.B. Er is geen rekening gehouden met eventuele populatie-effecten van permanente effecten op het gehoor (PTS).

Alternatief 1 (63 turbines)	Jan – mei			Jun – aug			Sep - dec		
	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	1.052	1.177	1.477	1.052	1.177	1.477	1.052	1.177	1.477
Bruinvissen binnen contour (n)	1.235	1.382	1.734	509	570	715	419	468	588
Dierversoringsdagen x 10 <sup>3</sup>	78	87	109	32	36	45	26	30	37
Populatiereductie NCP	858	960	1.205	354	396	497	291	326	408

Tabel 4-2 Als Tabel 3-1 voor alternatief 2 (38 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)

Alternatief 2 (38 turbines)	Jan – mei			Jun – aug			Sep - dec		
	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	1.812	2.011	2.577	1.812	2.011	2.577	1.812	2.011	2.577
Bruinvissen binnen contour (n)	2.127	2.361	3.025	877	973	1.247	721	800	1.026
Dierversoringsdagen x 10 <sup>3</sup>	81	90	115	33	37	47	27	30	39
Populatiereductie NCP	892	990	1.268	368	408	523	302	335	430

Uit de resultaten blijkt:

- De berekende reductie van de bruinvispopulatie op het NCP is het grootst als voor alternatief 2 in het voorjaar op paalpositie 9 wordt geheid; de reductie bedraagt dan 1.286 dieren (5-percentiel). Voor alternatief 1 zijn dit 1.205 dieren (5-percentiel). Dit komt overeen met een afname van de populatie op het NCP met 2,4% (alternatief 1) en 2,5% (alternatief 2). Voor de totale Noordzeepopulatie is dit 0,5% voor alternatief 1 en 0,6% voor alternatief 2.
- In effecten op de bruinvispopulatie verschillen de twee onderzochte alternatieven niet substantieel: voor alternatief 2 zijn de effecten gemiddeld genomen 4% groter dan voor alternatief 1; hieruit is af te leiden dat een drievoudige toename van de hei-energie (effect

<sup>11</sup> De 'soft start' procedure heeft geen invloed op de totale omvang van het verstoorde gebied.

op oppervlakte verstoord gebied) minder sterk doorwerkt dan een 1,7-voudige toename van het aantal funderingen, en daarmee van het aantal bruinverstoringdagen.

- In het gedeelte van de Noordzee waar het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt, zijn de verschillen in de waterdiepte relatief gering. Omdat kavel IV relatief dichtbij de kust ligt, is hier het effect van de afstand tot de kust vooral bepalend voor de omvang van het uiteindelijke effect: op paalpositie 9 is het effect ruim 40% groter dan op paalpositie 7.
- Verder is het seizoen waarin wordt geheid van belang: in het najaar is de populatiereductie het kleinst (maximaal 408 dieren voor alternatief 1 en 430 dieren voor alternatief 2), omdat de bruinvisdichtheid dan relatief laag is; in het voorjaar zijn de maximale effecten ongeveer driemaal zo groot.
- Tenslotte is te zien dat de maximaal toelaatbare populatiereductie van 255 dieren per park (zie § 2.3) in alle gevallen wordt overschreden.

### **Effecten op het gehoor van bruinvissen**

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van bruinvissen is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het plangebied voorkomende diepte van 23 m wordt geheid en dat deze diepte contant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Uit de berekeningen blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km PTS kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,7 km. In het voorjaar, als de bruinvisdichtheid het hoogst is, gaat het gemiddeld genomen (= afstanden bij gemiddelde en geen wind gemiddeld) om 16 dieren. Als met een lagere hei-energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Gemiddeld genomen bevinden zich in het voorjaar 3 bruinvissen binnen deze contour. Er kan van worden uitgegaan dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

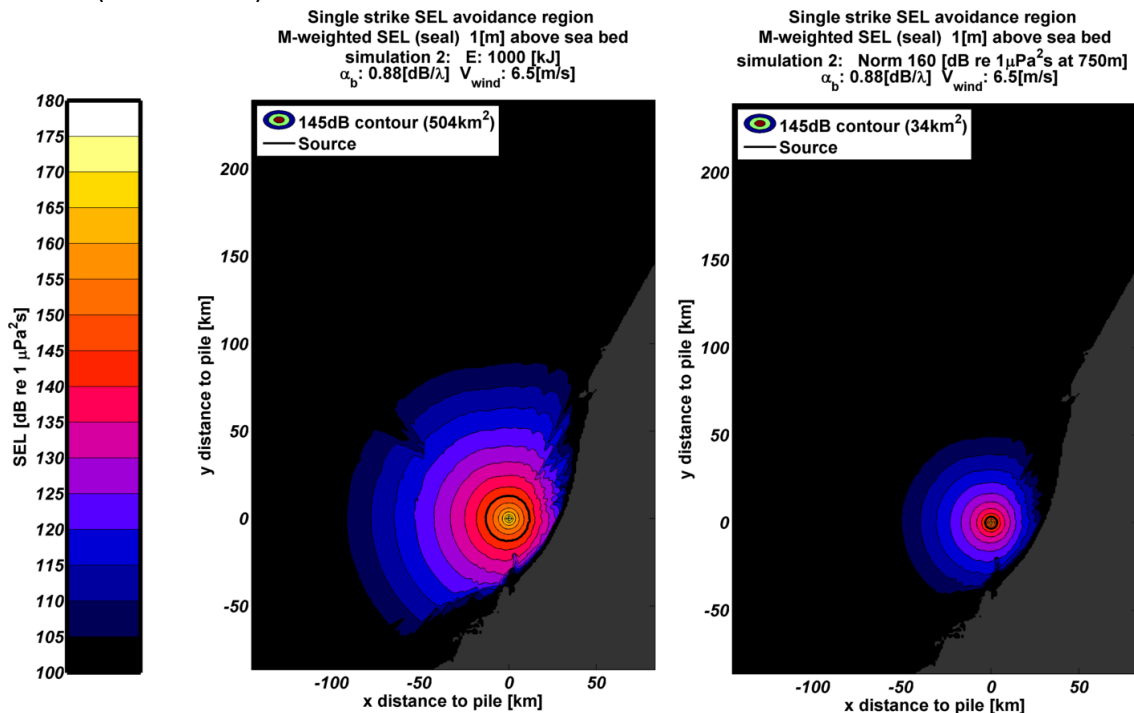
### **4.2.2 Zeehonden**

#### **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 TNO-notitie in bijlage 1). Voorbeelden van de door TNO berekende verdeling van het, voor zeehonden relevante geluid tijdens het heien voor kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op een van de drie onderzochte paalposities zijn weergegeven in Figuur 4-3 (1.000 kJ) en in Figuur 4-4 (3.000 kJ). In de figuren is links de verdeling weergegeven voor de situatie dat het brongeluid in het geheel niet wordt beperkt en rechts in het geval dat een strenge norm van  $SEL_1 = 160 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s op } 750 \text{ m}$  wordt

toegepast<sup>12</sup>. In beide gevallen is uitgegaan van gemiddelde windcondities (6,5 m/s). Onder windstille omstandigheden is de oppervlakte verstoord gebied 1,5 tot 2 maal zo groot. In de figuren is met de zwarte lijn de contour weergegeven waar de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons voor zeehonden wordt overschreden.

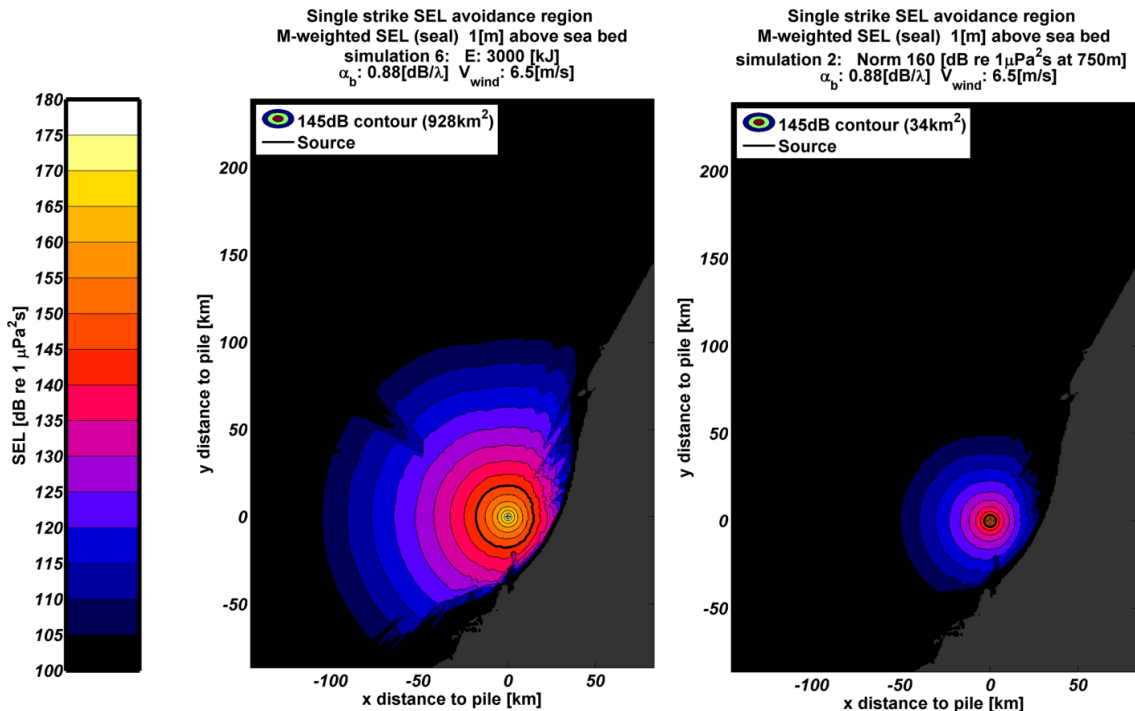
Uit de figuren is af te lezen dat tijdens het heien van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid bij gemiddelde windsnelheden voor zeehonden 34 – 504 km<sup>2</sup> verstoord gebied kan ontstaan als de hei-energie 1.000 kJ bedraagt en dat dat 34 – 928 km<sup>2</sup> is als met een energie van 3.000 kJ wordt geheid. De hier getoonde, bij gemiddelde windsnelheid optredende, maximale oppervlakten zullen echter niet worden gehaald, omdat een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnorm zal worden opgelegd. De onder windstille omstandigheden optredende, maximale oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied zal in dat geval tussen 370 km<sup>2</sup> (alternatief 1, 63 funderingen) en 735 km<sup>2</sup> komen te liggen (alternatief 2, 38 funderingen). Dit is in het seizoen (september – december) waarin de minst strenge norm van kracht is (zie Tabel 3-9).



Figuur 4-3 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van 1.000 kJ op paalpositie 9 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Windsnelheid 6,5 m/s. De heilocatie zijn weergegeven met het '+' symbool. De zwarte lijnen tonen de contour waarbinnen de drempelwaarde voor de significante gedragsrespons (zie Tabel 2-2) wordt overschreden voor zeehonden. Het grijze gebied toont de Nederlandse kust.

<sup>12</sup> In het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ligt de strengste norm iets hoger en bedraagt SEL<sub>1</sub> = 163 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>s. Bij deze geluidsnorm is het oppervlak binnen deze contour dus iets groter, te weten 73 km<sup>2</sup>.





Figuur 4-4 Berekende verdeling van SEL<sub>1</sub> op een diepte van 1 m boven de zeebodem bij heien met een energie van (3.000 kJ) op paalpositie 9 zonder (links) en met toepassen van een geluidsnorm (rechts). Zie verder bijschrift bij Figuur 4-3.

Net als voor bruinvissen zijn voor zeehonden in eerste instantie berekeningen uitgevoerd voor een situatie waarin zonder geluidsbeperkende maatregelen wordt geheid. De resultaten van de berekening van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid op zeehonden bij de constructie van kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor twee alternatieve opstellingen zijn opgenomen in Tabel 4-3 en Tabel 4-4. Maximaal gaat het om 20 zeehonden die het beïnvloedingsgebied tijdens het heien van een fundering zullen mijden (alternatief 1) of om 41 zeehonden (alternatief 2). Ten opzichte van de totale Nederlandse populatie van gewone zeehonden gaat het respectievelijk om 0,2% (alternatief 1) of om 0,3% (alternatief 2) van de populatie die in de periodes dat wordt geheid in het door heigeluid beïnvloede gebied kan worden verstoord. Het aantal te heien funderingen in aanmerking genomen, is het effect van de constructie van alternatief 1 iets kleiner dan dat van alternatief 2. Dit is af te lezen aan het aantal dierverstoringsdagen van de twee alternatieven, dat door de constructie van alternatief 2 15 – 24% groter is.

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 (de resultaten voor de drie paalposities zijn daarbij gemiddeld). 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 (63 funderingen met hei-energie 1.000 kJ) kavel IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op het gedrag van gewone zeehonden in verschillende seizoenen. Weergegeven is het voor de twee onderzochte windcondities gemiddelde aantal zeehonden die zich bij aanvang van de hei-activiteiten binnen de contour kunnen bevinden waar de grenswaarde voor mijding wordt overschreden. De aantallen zijn afgezet tegen de totale Nederlandse populatie van 12.416 dieren (Aarts e.a. 2016).**

Alternatief 1 (63 turbines)	Jan – apr			Mei – jul			Sep – dec		
	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	529	591	698	529	591	698	529	591	698
Zeehonden binnen contour (n)	17	17	20	6	7	8	9	10	12
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,14	0,14	0,16	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
Dierversoringsdagen	1.061	1.101	1.267	402	428	495	539	648	740
Totaal aantal zeehonden verstoord	18 – 1.143			7 – 441			10 - 642		
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,2 – 9			< 0,1 – 4			< 0,1 – 5		

**Tabel 4-4 Als Tabel 4-3 voor alternatief 2 (38 funderingen met hei-energie 3.000 kJ)**

Alternatief 2 (38 turbines)	Jan – apr			Mei – jul			Sep – dec		
	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9	pos 7	pos 8	pos 9
Gem. oppervlak verstoord op NCP (km <sup>2</sup> )	1.005	1.116	1.371	1.005	1.116	1.371	1.005	1.116	1.371
Zeehonden binnen contour (n)	32	33	41	12	13	16	17	20	25
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,26	0,27	0,33	0,10	0,10	0,13	0,13	0,16	0,20
Dierversoringsdagen	1.227	1.263	1.568	466	494	618	633	765	948
Totaal aantal zeehonden verstoord	36 – 1.353			14 – 526			21 – 782		
Aandeel Nederlandse populatie (%)	0,3 – 11			0,1 – 4			0,2 – 6		

De conclusie is dat effecten van heigeluid bij de aanleg van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op gewone zeehonden op populatieniveau om de volgende redenen zijn uit te sluiten:

- Kavel IV ligt relatief ver van de belangrijkste ligplaatsen van de zeehonden, waardoor het aantal in het plangebied foeragerende zeehonden niet zo groot is; afgezet tegen de totale Nederlandse populatie gewone zeehonden is het aantal mogelijk beïnvloede dieren daarom 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).

Voor grijze zeehonden konden geen aparte berekeningen worden gemaakt. De (groeierende) 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 7 (alternatief 1) of 14 (alternatief 2) grijze zeehonden tijdens het heien worden verdreven. De verwachting is dat de werkelijke aantallen nog lager zullen zijn, omdat buiten 20 km van de kust dichtheden Grijze zeehonden zeer laag zijn (lager dan Gewone zeehonden) (Aarts e.a. 2013).

### **Effecten op het gehoor van zeehonden**

Voor het bepalen van de mogelijke cumulatieve effecten van het heien van een gehele fundering op het gehoor van zeehonden is voor alle kavels één *worst case* situatie doorgerekend (zie § 2.2.3). Het betreft de situatie dat een fundering op de maximale, in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voorkomende diepte van 23 m wordt geheid en dat deze diepte constant is in het gehele gebied waarbinnen PTS kan optreden.

Zeehonden reageren naar verwachting minder gevoelig op onderwatergeluid dan bruinvissen en kunnen sneller zwemmen, wat zich vertaalt in kleinere effectafstanden. Zij houden zich bovendien vooral dichtbij hun ligplaatsen in de Waddenzee en het Deltagebied op. Uit de berekeningen blijkt dat het gebied waarbinnen bij zeehonden de gehoordrempel permanent wordt verhoogd (PTS) door het heien voor de aanleg van het windpark, zonder dat een geluidsnorm wordt toegepast, al verwaarloosbaar klein is (maximaal 0,5 km<sup>2</sup>). Het is vrijwel uitgesloten dat zich bij aanvang van de heiwerkzaamheden een zeehond binnen deze contour bevindt (max. 0,02 zeehond).

## **4.3 EFFECTEN OP NATURA 2000-GEBIEDEN**

Effecten van de aanleg en exploitatie van windparken in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid 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.

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). 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 uitbreiding van de populatie.

**Tabel 4-5 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-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). Voor de gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Waddenzee instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis. Het verstoorde gebied ligt relatief ver van de ligplaatsen van zeehonden in de (Waddenzee en) Noordzeekustzone waardoor het gebied door een beperkt aantal zeehonden tijdens de foerageertochten wordt aangedaan (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden (zie ook Figuur 2-6). Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Waddenzee kunnen daarom 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.

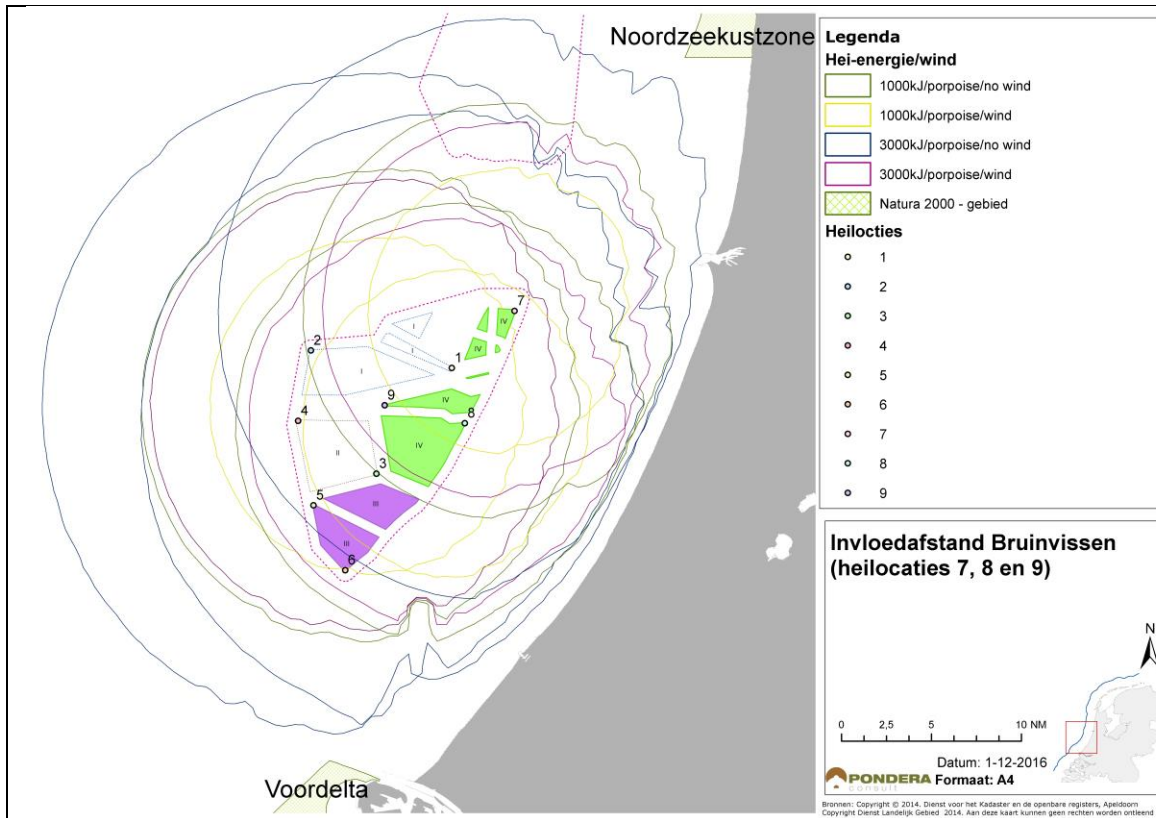
**Tabel 4-6 Instandhoudingsdoelstellingen voor zeezoogdieren in N200-gebied Noordzeekustzone**

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 bruinvissen en zeehonden die zich binnen een bepaalde afstand van de heilocatie bevinden.

Voor **zeehonden** ligt het door onderwatergeluid verstoorde gebied in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone. Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Dieren kunnen het verstoorde gebied echter mijden, waardoor de oppervlakte beschikbaar foerageergebied afneemt (indirecte externe werking). Voor de gewone en grijze zeehonden waarvoor in de Noordzeekustzone instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname geen betekenis. Het verstoorde gebied ligt relatief ver van de ligplaatsen van zeehonden in de (Waddenzee en) Noordzeekustzone waardoor het gebied door slechts een beperkt aantal zeehonden tijdens de foerageertochten wordt aangedaan (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). De dieren zijn voor hun voedselvoorziening dus niet afhankelijk van het effectgebied. Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Noordzeekustzone en andere Natura 2000-gebieden waar doelstellingen voor gewone en/of grijze zeehonden gelden. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen de diverse gebieden. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone en grijze zeehonden in de Noordzeekustzone kunnen daarom worden uitgesloten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door heigeluid verstoorde gebied ook niet met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone (Figuur 4-5). De kwaliteit van het gebied als leefgebied voor de bruinvis wordt dus niet beïnvloed (directe externe werking). De totale omvang van het leef- en foerageergebied neemt echter wel af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking).



**Figuur 4-5** Overlap van verstoringscontouren van bruinvissen met het Natura 2000-gebied Noordzeekustzone door heien, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van kavel IV van windpark Hollandse Kust Zuid.

Door de Nederlandse overheid is bepaald dat door de aanleg van windparken op het NCP cf. het SER-akkoord bij een voorspelde afname van de bruinvispopulatie van 255 dieren per park significante effecten niet kunnen worden uitgesloten (zie § 2.3). Uit Tabel 4-7 is af te leiden dat deze waarde in alle seizoenen voor beide onderzochte alternatieven wordt overschreden als geen geluidreducerende maatregelen worden getroffen.

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 niet zijn uit te sluiten.

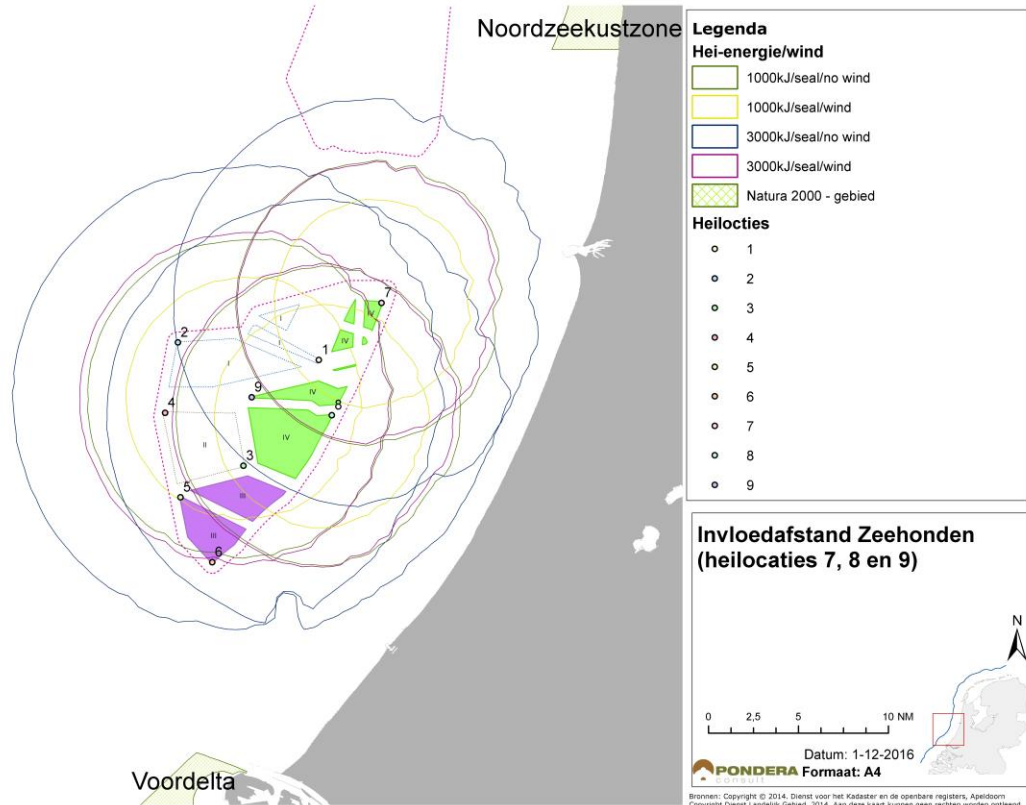
**Tabel 4-7** Voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in verschillende seizoenen (5 percentielwaarden = 5% kans op een grotere afname). Overschrijding van de maximaal toelaatbare jaarlijkse afname van 255 dieren is in rood weergegeven (significante effecten op Natura 2000-gebieden niet uit te sluiten).

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alternatief 1	885	1.205	354	368	291	302
Alternatief 2	892	1.268	497	523	408	430

### 4.3.3 Voordelta

In het Natura 2000-gebied Voordelta gelden instandhoudingsdoelstellingen voor de grijze zeehond en de gewone zeehond. 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. Zelfs als wordt uitgegaan van heien zonder geluidsnorm ligt het verstoorde gebied in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Voordelta (Figuur 4-6). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Voor zowel de grijze als de gewone zeehonden waarvoor in de Voordelta instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren daarom relatief beperkt is (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor grijze en gewone zeehonden in het Natura 2000-gebied Voordelta kunnen daarom worden uitgesloten.



**Figuur 4-6** Overlap van verstoringscontouren van zeehonden met de Natura 2000-gebieden Voordelta en Vlake van de Raan door heien, zonder toepassen van een geluidsnorm, voor de aanleg van kavel IV van windpark Hollandse Kust Zuid.

#### 4.3.4 Oosterschelde

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 (externe werking). Voor de gewone zeehonden waarvoor in de Oosterschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het verstoorde gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren daarom relatief beperkt is (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zeehonden in de Oosterschelde kunnen daarom worden uitgesloten.



#### 4.3.5 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 3-6). 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.

Het voor gewone en grijze **zeehonden** verstoorde gebied ligt in zijn geheel buiten het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan (zie Figuur 3-6). Er is daarom geen sprake van directe externe werking. Wel neemt de omvang van de totale oppervlakte beschikbaar foerageergebied af (indirecte externe werking). Voor zowel de grijze als de gewone zeehonden waarvoor in de Vlake van de Raan instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied in beperkte mate als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren daarom relatief beperkt is (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied. Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor grijze en gewone zeehonden in het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan kunnen daarom worden uitgesloten.

Voor **bruinvissen** overlapt het door geluid verstoorde gebied niet met het Natura 2000-gebied Vlake van de Raan (Figuur 4-5). 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 § 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

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). Voor de gewone zeehonden waarvoor in de Westerschelde instandhoudingsdoelstellingen bestaan, heeft deze afname echter geen betekenis, omdat het binnen de verstoringscontour gelegen gebied beperkt als foerageergebied wordt gebruikt en het aantal verstoorde dieren daarom relatief beperkt is (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4). Ook zijn er geen belemmeringen voor de migratie van zeehonden tussen de Waddenzee en het Deltagebied. Tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust ligt namelijk een voldoende brede, niet door geluid beïnvloede zone voor het ongehinderd heen en weer zwemmen tussen Waddenzee en Deltagebied.

Significante effecten op de omvang en kwaliteit van het leefgebied voor gewone zeehonden in het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe kunnen daarom worden uitgesloten.

#### 4.4 EFFECTEN OP BESCHERMDE SOORTEN

Tijdens de constructie van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid 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) 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 met name bij bruinvissen tot effecten op de populatie kan leiden. Daardoor is niet uit te sluiten dat de gunstige staat van instandhouding (GSI) van de regionale (NCP) populaties in het geding is. Vrijstelling kan alleen worden verkregen als geen afbreuk wordt gedaan aan de GSI van de soorten.

Voor zeehonden kunnen populatie-effecten worden uitgesloten, omdat:

- Het tijdelijke effecten betreft (63 maal ca. 2 uur heien per etmaal voor alternatief 1 en 38 maal ca. 2 uur heien per etmaal voor alternatief 2);
- Het aantal mogelijk beïnvloede zeehonden beperkt is, omdat de dichtheid van zeehonden binnen het door heigeluid verstoord gebied laag is (zie Figuur 2-6 en Tabel 4-3, Tabel 4-4);
- Het grootste deel van het door geluid beïnvloede gebied van beperkt belang is als foerageergebied (zie Figuur 2-6), waardoor er geen sprake zal zijn van 'verdichtingseffecten' (competitie om voedsel e.d.);
- De afstand tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust dermate breed is, dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd.

De conclusie is dat voor gewone en grijze zeehonden de GSI niet in het geding is.

Ter beoordeling van het effect van verstoring op de GSI van de bruinvispopulatie op het NCP, is de door de overheid vastgestelde maximaal toelaatbare populatieafname van **255** dieren per aan te leggen windpark/kavel als criterium gebruikt. Wanneer de voorspelde afname onder deze norm blijft, kan een effect op de GSI van de betreffende populatie met zekerheid uitgesloten worden. Wanneer de voorspelde afname deze waarde overschrijdt, kan niet worden uitgesloten dat de GSI in het geding is.

De toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid is opgenomen in Tabel 4-8 (zie Tabel 4-7 voor berekende waarden). Hieruit blijkt dat bij constructie van beide alternatieven in alle seizoenen effecten op de GSI van de bruinvispopulatie niet zijn uit te sluiten.

De conclusie is dat in laatstgenoemde gevallen constructie alleen mogelijk is als mitigerende maatregelen worden genomen, zodat het geluid zich minder ver verspreidt; hierdoor neemt het oppervlak binnen de verstoringscontour (sterk) af (zie verder hierna in § 4.5).

**Tabel 4-8 Toetsing van de voorspelde afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel II van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in verschillende seizoenen. Groen: gunstige staat van instandhouding niet in het geding; Rood: effecten op de gunstige staat van instandhouding niet uit te sluiten.**

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)					
	Jan - mei		Jun – aug		Sep – dec	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Alternatief 1						
Alternatief 2						

## 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*) worden voorkomen door het inzetten van zogenaamde ‘Acoustic Deterrent Devices’, ‘soft start’ procedures of het met een lagere energie heien.

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 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 gering waterdiepte te kiezen; voor het hele plangebied van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid biedt dit echter weinig soelaas, omdat de variatie in waterdiepten relatief beperkt is;
- Met lagere energie te heien;
- Niet heien tijdens windstilte (= glad wateroppervlak); het verstoord oppervlak is dan ongeveer tweemaal zo groot als bij gemiddelde wind;

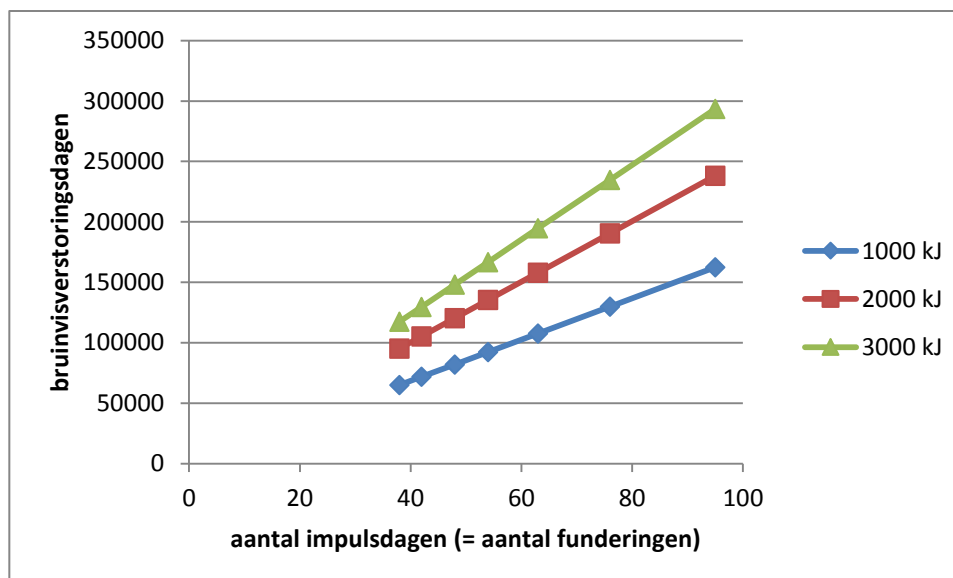
- De propagatie van heigeluid te beperken door het toepassen van geluiddemping (bellenschermen e.d.).

### Ad 2. Heien als de dichtheid van zeezoogdieren laag is

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

### Ad 3. Het aantal impulsdagen beperken

Uit de analyses blijkt dat een toename van het aantal te heien funderingen en daarmee het aantal impulsdagen sterker doorwerkt dan een afname van de hei-energie. In Figuur 4-7 is dit te zien aan het feit dat de lijnen van gelijke hei-energie niet evenwijdig aan elkaar zijn, maar meer uit elkaar gaan lopen naarmate het aantal impulsdagen toeneemt. Het aanleggen van een windpark met een klein aantal, relatief grote turbines waarvoor een hogere hei-energie nodig is, kan daardoor gunstiger uitpakken dan de aanleg van een windpark met veel, kleine turbines die met een lagere hei-energie kunnen worden geheid. De berekeningen voor windenergiegebied Borssele, waarbij een alternatief van 38 turbines (hei-energie 3.000 kJ) werd vergeleken met een alternatief van 95 turbines (hei-energie 1.000 kJ), lieten dit ook duidelijk zien. Voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid is het minder duidelijk, omdat voor het alternatief met de meeste funderingen (63 à 6 MW) van een relatief lage hei-energie van 1.000 kJ is uitgegaan. Hierdoor zijn de berekende effecten voor het alternatief met het minste aantal funderingen (38 à 10 MW) en waarbij van een hei-energie van 3.000 kJ is uitgegaan groter.



**Figuur 4-7** Relatie tussen aantal impulsdagen (= aantal funderingen) en het aantal bruinvisverstoringdagen, uitgaande van een dichtheid van 1 bruinvis per km<sup>2</sup>, bij 3 hei-energieën

Het gegeven dat het heien met een grotere hei-energie minder sterk doorwerkt dan het aantal impulsdagen is gebruikt bij de uitwerking van een naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerd stelsel van geluidsnormen (zie hierna).

#### **4.5.2 Toepassen van gedifferentieerde geluidsnormering**

Verschillende, in § 4.5.1 beschreven overwegingen zijn eerder door de overheid gebruikt voor het ontwerpen van een, op het windenergiegebied Borssele toegesneden normenstelsel dat grenzen stelt aan de geluidsproductie bij de constructie van windparken op zee. Er is daarbij rekening gehouden met seizoensverschillen en aantal turbines per kavel, twee factoren die sterk doorwerken in het uiteindelijke effect op de (bruinvis)populatie. Voor de kavels binnen het windenergiegebied Borssele is door middel van locatie-specifieke onderwatergeluidmodellering bepaald bij welke geluidsnorm, afhankelijk van het aantal palen en seizoensafhankelijke bruinvisdichtheden, de effecten nog acceptabel zijn (d.w.z. de reductie van 255 dieren per kavel niet overstijgen). Er is voor gekozen om de geluidsnormering voor het gehele windenergiegebied Borssele vast te stellen. Dit betekent dat geen rekening is gehouden met gedetailleerde locatiespecifieke verschillen tussen of binnen de kavels. Het kavel waarin de strengste geluidsnormen moeten worden opgelegd, bepaalt de geluidsnormen in de andere kavels. Verder zijn de normen zo gekozen dat ook rekening wordt gehouden met eventuele overschrijding tijdens de leerfase in de opstartperiode<sup>13</sup>.

Voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid zijn op vergelijkbare wijze als voor windenergiegebied Borssele gedifferentieerde normen afgeleid. De geluidsnormen voor dit gebied liggen iets hoger dan de eerder vastgestelde normen voor het windenergie gebied Borssele. Dit is een gevolg van het feit dat de gemiddelde waterdiepte in het plangebied voor Hollandse Kust Zuid lager is. De voorgestelde normstelling staat in onderstaande Tabel 4-9.

**Tabel 4-9 Normstelling voor windenergiegebied Hollandse Kust Zuid, inclusief de opstart 'toeslag van 1 dB'**

Hollandse Kust Zuid	Maximale geluidsbelasting (dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ op 750 m) *		
380 MW per kavel	Periode		
# turbines	Jan – mei	Jun – aug	Sep – dec
63 (hier onderzocht)	163	169	171
54	164	170	172
48	165	171	173
42	166	172	174
38 (hier onderzocht)	167	173	175

\* De dichtheid van bruinvissen is op het NCP in de zomer en de herfst veel lager dan in het voorjaar, met gevolg dat zich binnen een bepaalde verstoringscontour (die uiteraard niet seizoensafhankelijk is) minder

<sup>13</sup> Vanuit de ervaring dat het moeilijk is om in de opstartperiode van de aanleg van een windpark gelijk aan de norm te voldoen en wetende dat er omstandigheden kunnen zijn (hardere ondergrond, windomstandigheden) die mitigerende maatregelen minder effectief of het geproduceerd geluid hoger kunnen maken, is een veiligheidsmarge van 1 dB ingebouwd. Dit betekent dat geluidsnorm 1 dB lager is dan nodig om met een zekerheid van 95% een afname van 255 dieren te voorkomen (zie § 2.3). Een kleine overschrijding van de norm door onvoorziene omstandigheden noodzaakt dan nog niet tot aanvullende maatregelen of het stilleggen van de bouw van een park.

bruinvissen bevinden. In de zomer en het najaar kunnen daarom minder strenge normen worden gehanteerd dan in het voorjaar.

### **Gevolgen voor de bruinvispopulatie op het NCP**

Tabel 3-10 bevat voor de twee onderzochte alternatieven de resultaten van de berekening van effecten op bruinvissen als ervan wordt uitgegaan dat een, naar seizoen en aantal te heien palen gedifferentieerde norm is gesteld aan de propagatie van het heigeluid. Dit betekent dat op 750 m van de heilocatie de  $SEL_1$  niet groter mag zijn dan een bepaalde waarde (zie Tabel 3-9). Door TNO is berekend wat het toepassen van deze norm bij verschillende opstellingen zou betekenen voor de oppervlakte verstoord gebied en daarmee voor het aantal verstoorde bruinvissen en de bruinvispopulatie op het NCP. Het betreft *worst case* schattingen van de mogelijke gevolgen van heien voor de aanleg van Kavel IV; het betreft steeds de berekende populatiereductie voor de paalpositie met het grootste effect (paalpositie 9). In de tabel is te zien dat met een zekerheid van 95% de reductie van de bruinvispopulatie door de aanleg van kavel IV niet groter zal worden dan 205 dieren (constructie van alternatief 2 in de periode september – december). De maximaal toelaatbare populatiereductie van 255 dieren per park (zie § 2.3) zal door de aanleg van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid voor beide alternatieven in geen enkel geval worden overschreden.

**Tabel 4-10 Maximale effecten van heien voor de aanleg van kavel IV van windenergiegebied Hollands Kust Zuid (alternatief 1: 63 funderingen, alternatief 2: 38 funderingen) op de bruinvispopulatie op het NCP in verschillende seizoenen en met toepassen van een (gedifferentieerde) geluidsnorm. Bvdd = bruinvisverstoringdagen**

	Alternatief 1 (63 turbines)			Alternatief 2 (38 turbines)		
	Norm (dB re 1 $\mu Pa^2s$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie	norm (dB re 1 $\mu Pa^2s$ op 750 m)	Bvdd	Pop. reductie
Jan – mei	163	15.458	171	167	17.354	191
Jun - aug	169	16.069	177	173	17.270	190
Sep – dec	171	17.577	194	175	18.542	205

Uit de berekeningen voor een uniforme waterdiepte van 23 m blijkt dat bruinvissen die zich bij de start van het heien met hei-energie 3.000 kJ (zonder geluidsnorm) bij gemiddelde wind (6,5 m/s) in de buurt van de bodem bevinden binnen een straal van ongeveer 1,5 km **PTS** kunnen oplopen. Onder windstille omstandigheden bedraagt deze afstand ongeveer 2,7 km. Als met een lagere hei-energie van 1.000 kJ zonder geluidsnorm wordt geheid, zijn de afstanden waarbinnen bruinvissen PTS kunnen oplopen veel kleiner: respectievelijk 0,7 km bij gemiddelde wind en 1,1 km onder windstille omstandigheden. Dit zijn afstanden die ruim binnen het bereik van 'Acoustic Deterrent Devices' voor bruinvissen liggen (Kastelein, in prep.), zodat PTS kan worden voorkomen. Er kan van worden uitgegaan wordt dat de PTS-afstanden kleiner zullen zijn als op ondieper water wordt geheid.

Als de geluidsproductie wordt beperkt door het toepassen van een (strenge) geluidsnorm van  $SEL_1$  van 160 dB re 1  $\mu Pa^2s$  op 750 m treedt in geen enkel geval PTS op. Voor hogere geluidsnormen dan 160 dB zijn geen aparte berekeningen uitgevoerd. Er kan echter worden

beredeneerd dat, als er al PTS zou optreden, de afstanden zeker kleiner zullen zijn dan de PTS-afstanden die berekend zijn voor een heien-energie van 1.000 kJ. Bij ongemitigeerd heien met een heien-energie van 1.000 kJ op de diepste paalpositie van kavel I (23 m) bedraagt de SEL<sub>1</sub> op 750 m 176 dB re 1 µPa<sup>2</sup>s (zie TNO-notitie in bijlage 1). Deze waarde ligt nog boven de soepelste geluidsnorm van SEL<sub>1</sub> = 175 dB re 1 µPa<sup>2</sup>s op 750 m. Met het toepassen van een geluidsnorm, indien nodig in combinatie met de inzet van 'Acoustic Deterrent Devices' kan PTS bij bruinvissen zeker worden voorkomen.

### **Gevolgen voor Nederlandse zeehondenpopulatie**

Uit de resultaten van de berekening van de effecten van de constructie van kavel IV op zeehonden blijkt dat deze, ook zonder toepassen van een geluidsnorm beperkt zijn (Tabel 4-3, Tabel 4-4). Als dit wel gebeurt, omdat significante effecten op de bruinvispopulatie moeten worden voorkomen, zal de oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied ook kleiner zijn. Hierdoor zullen de effecten nog lager uitvallen dan in § 4.2.2 zijn beschreven (Tabel 4-11). Bij de berekeningen is uitgegaan van een voor de ongemitigeerde verstoringscontour berekende gemiddelde dichtheid. Dit geldt ook voor de kans dat zeehonden PTS oplopen, die ook zonder dat geluidsbeperkende maatregelen worden genomen al verwaarloosbaar is.

**Tabel 4-11 Aantal zeehonden binnen verstoringscontour bij aanvang van het heien van een fundering zonder en met opleggen van gedifferentieerde geluidsnormen voor mitigatie van effecten op bruinvissen. Deze aantallen zijn representatief voor de situatie dat wordt uitgegaan van volledige plaatstrouw (zie § 4.2.2 voor uitleg).**

	Zonder geluidsnorm	Met geluidsnorm		
		Jan – apr	Mei – jul	Sep – dec
Alternatief 1	7 – 18	1 – 3	1 – 2	5 – 8
Alternatief 2	14 – 36	3 – 7	2 – 4	9 – 17

### **Effecten op Natura 2000-gebieden**

Door toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm is uit te sluiten dat de kwaliteit van nabij gelegen Natura 2000-gebieden wordt beïnvloed. De verstoringscontouren overlappen namelijk niet met een van deze gebieden. Er is dus geen sprake van **directe externe werking**.

Voor **zeehonden** zal er via mogelijke effecten op de populatie ook geen sprake zijn van **indirecte externe werking**, omdat deze op grond van de berekeningen van de effecten van niet-gemitigeerd heigeluid al konden worden uitgesloten (zie § 4.3). Als de propagatie van het heigeluid wordt beperkt en daarmee de oppervlakte van het voor zeehonden verstoord gebied, zal het effect op de zeehondenpopulatie nog kleiner worden (zie hiervoor).

Voor **bruinvissen** geleden instandhoudingsdoelstellingen voor de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Vlake van de Raan. Er is sprake van **indirecte externe werking** als significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet kunnen worden uitgesloten. Dit is het geval als uit de berekeningen zou blijken dat door de constructie van kavel II van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid de bruinvispopulatie met meer dan 255 dieren afneemt.

Uit Tabel 3-12 is af te leiden dat deze waarde voor beide alternatieven in geen van de seizoenen wordt overschreden.

**Tabel 4-12 Voorspelde maximale afname van de bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van heien voor de constructie van kavel IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in verschillende seizoenen bij toepassen van een gedifferentieerde geluidsnorm.**

	Afname bruinvispopulatie op het NCP (aantal dieren)		
	Jan - mei	Jun – aug	Sep – dec
Alternatief 1			
Alternatief 2			

### Effecten op 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 de reeds beperkte effecten op zeehonden nog kleiner zullen worden. Voor **bruinvissen** is de GSI niet in het geding, omdat de geluidsnormen erop zijn gericht dat de afname van de bruinvispopulatie met grote zekerheid (95%) niet meer dan 5% zal bedragen bij de uitvoer van het SER-akkoord (= 10 windparken). Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten.



## 5 Cumulatieve effecten

### 5.1 AFBAKENING

In het onderzoek naar de cumulatieve effecten op zeezoogdieren is uitsluitend gekeken naar de effecten van (de constructie van) windparken op zee. Dit betekent dat 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) buiten beschouwing zijn gebleven.

### 5.2 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR (KAVEL III EN IV)

#### 5.2.1 Scenario's

Voor het verkrijgen van een indruk van de cumulatieve effecten van de constructie van de in kavel III en IV gelegen delen van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid op de zeezoogdieren van het NCP met andere initiatieven zijn de volgende scenario's beschouwd:

- Hollandse Kust Zuid: 2 parken in de periode januari – mei, geen overlap in verstoringscontouren (dat betekent 1 paal per 24 uur, dus om en om)
- Hollandse Kust Zuid: 1 park in de periode januari – mei, 1 in de periode september – december (verschillende volgorde)
- Hollandse Kust Zuid: 2 parken in de periode september - december

Voor de cumulatie met andere initiatieven is ervan uitgegaan dat in hetzelfde jaar dat deze parken worden gebouwd ook één windpark op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) zal worden aangelegd en dat de heiwerkzaamheden hiervoor in het voorjaar zullen plaatsvinden (*worst case*). Er is daarbij gekozen voor het windpark Mermaid<sup>14</sup>, bestaande uit 38 turbines van 6 MW. Aangenomen is dat de hei-energie 2.000 kJ bedraagt (aannname TNO). Verder is aangenomen dat 45% van het verstoringsoppervlak over het NCP valt.

In de berekeningen van cumulatieve effecten is er *worst case* van uitgegaan dat er per etmaal slechts één fundering wordt geheid en dat er dus geen sprake is van overlappende verstoringsoppervlakten (waardoor het totale aantal dierverstoringsdagen afneemt). Feitelijk is dit een onrealistische situatie; gelijktijdige aanleg van kavel III en IV volgens alternatief 1 samen met Mermaid in 1 van de drie onderscheiden periodes van 3 – 5 maanden past bijvoorbeeld niet (= totaal 5,5 maand ervan uitgaande dat er nooit op dezelfde dag wordt geheid). Als de twee kavels in hetzelfde seizoen precies gelijktijdig zouden worden aangelegd en op één dag dus 2 funderingen zouden worden geheid, ontstaat overlap van het verstoorte oppervlak, aangezien elk contour een dag 'blijft staan' (zie uitgangspunten in § 2.2). In dat geval neemt het totale aantal dierverstoringsdagen substantieel af.

---

<sup>14</sup> Er is voor dit park gekozen, omdat de effecten van de constructie daarvan op de bruinvispopulatie naar verwachting het grootst zullen zijn. Dit heeft met de gemiddelde waterdiepte op de planlocatie te maken die van alle geplande parken op het BCP het grootst is. Het betreft dus een *worst case*.

### 5.2.2 Effecten op bruinvis

De resultaten van de berekening van de effecten van heigeluid op bruinvis door het in één jaar aanleggen van de kavels III en IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in twee alternatieve opstellingen en het windpark Mermaid in België (basisscenario) zijn opgenomen in Tabel 5-1 en Tabel 5-2. Uit de resultaten blijkt dat het niet mogelijk is in één jaar drie windparken op of grenzend aan het NCP aan te leggen zonder dat de norm van de jaarlijks maximaal toelaatbare populatiereductie van 510 dieren wordt overschreden.

**Tabel 5-1** Cumulatieve effecten van heigeluid op bruinvis op het NCP door aanleg van de kavels III en IV in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid (alternatief 1) en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar

	Jan – mei	Sep – dec	Impulsdagen	Dierversorings dagen	Populatiereductie (5 <sup>e</sup> percentiel)	
					aantal dieren	% NCP
Holl. Kust Zuid	III, IV		126	224.549	2.477	4,9
	III	IV	126	152.341	1.680	3,3
	IV	III	126	148.332	1.636	3,2
		III, IV	126	76.125	840	1,6
Mermaid	x		38	54.219	598	1,2
<b>Totaal NCP</b>			<b>Minimaal</b>	<b>130.344</b>	<b>1.438</b>	<b>2,8</b>
			<b>Maximaal</b>	<b>278.768</b>	<b>3.075</b>	<b>6,1</b>

**Tabel 5-2** Cumulatieve effecten van heigeluid op bruinvis op het NCP door aanleg van de kavels III en IV in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid (alternatief 2) en het Belgische Mermaid (basisalternatief) in één jaar

	Jan – mei	Sep – dec	Impulsdagen	Dierversorings dagen	Populatiereductie (5 <sup>e</sup> percentiel)	
					aantal dieren	% NCP
Holl. Kust Zuid	III, IV		76	235.596	2.598	5,1
	III	IV	76	159.605	1.760	3,5
	IV	III	76	155.860	1.719	3,4
		III, IV	76	79.870	881	1,7
Mermaid	x		38	54.219	598	1,2
<b>Totaal NCP</b>			<b>Minimaal</b>	<b>134.089</b>	<b>1.479</b>	<b>2,9</b>
			<b>Maximaal</b>	<b>289.815</b>	<b>3.196</b>	<b>6,3</b>

### 5.2.3 Effecten op zeehonden

Voor zeehonden zijn geen gegevens van verstoringscontouren voor het Belgische windpark Mermaid beschikbaar. Er is daarom uitgegaan van de resultaten van berekeningen die door TNO voor het aan Mermaid grenzende kavel IV van het winenergiegebied Borssele zijn uitgevoerd. Daarbij zijn de gegevens van de twee onderzochte paalposities gemiddeld en is ook voor de twee onderzochte hei-energieën gemiddeld. Voor de bruinvis-berekeningen is voor Mermaid namelijk uitgegaan van een hei-energie van 2.000 kJ. De resultaten van de berekeningen staan in Tabel 5-3. Naar analogie van de berekeningen voor de afzonderlijke kavels (zie Tabel 3-3, Tabel 3-4 en Tabel 4-3, Tabel 4-4) is ook een bandbreedte gegeven van het aantal mogelijk verstoorte zeehonden nadat alle funderingen van de kavels III en IV (beide alternatieven) en

Mermaid zijn geheid (weergegeven als percentage van de Nederlandse populatie). 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. De effecten op grijze zeehonden zijn naar verwachting kleiner, omdat de populatie veel kleiner is (en de totale aantallen op het NCP veel lager).

**Tabel 5-3 Cumulatieve effecten van heigeluid op zeehonden op het NCP door aanleg van 2 kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische Mermaid (basialternatief) in één jaar**

		Impulsdagen	Verstoorde dieren per geheide fundering	Dierversorings dagen	% NCP
Holl. Kust Zuid, kavel III + IV	Alternatief 1	126	19 – 47	1.218 – 2.947	0,2 – 24
	Alternatief 2	76	38 – 90	1.432 – 3.409	0,3 – 27
Mermaid		38	< 1	30	0,01 – 0,04
Cumulatief minimaal (volledige plaatstrouw, dieren meerdere malen verstoord)					0,2 – 0,7
Cumulatief maximaal (steeds andere dieren verstoord)					12 – 28

Uit het overzicht in Tabel 5-3 blijkt dat de bijdrage van de aanleg van het Belgische Mermaid aan het totale cumulatieve effect zeer gering is. Dit is het gevolg van de zeer lage dichtheid van zeehonden in het bij de constructie van dit park door onderwatergeluid verstoord gebied.

## 5.3 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR OP NATURA 2000-GEBIEDEN

### 5.3.1 Bruinvis

Uitgangspunt bij de toetsing van de effecten op de bruinvispopulatie is dat met grote zekerheid (95%) moet kunnen worden vastgesteld dat de huidige bruinvispopulatie op het NCP als gevolg van de aanleg van de 10 offshore windparken van het SER-akkoord met niet meer dan 5% afneemt. Ervan uitgaande dat per jaar twee parken worden aangelegd, betekent dit dat de jaarlijkse afname niet meer dan **510** dieren mag bedragen.

Uit Tabel 5-1, Tabel 5-2 en de begeleidende tekst is af te leiden dat deze waarde in alle gevallen wordt overschreden als in één jaar voor de kavels III en IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid wordt geheid. Zonder het nemen van mitigerende maatregelen zijn significante effecten op de bruinvis als gevolg van indirecte externe werking in de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en de Vlakte van de Raan daarom niet uit te sluiten. Met het nemen van mitigerende maatregelen zijn deze significante effecten te voorkomen (zie verder § 5.7).

### 5.3.2 Zeehonden

Effecten van heigeluid tijdens het in één jaar aanleggen van twee kavels in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische Mermaid op gewone en grijze zeehonden kunnen gevolgen hebben voor de in Nederland gelegen Natura 2000-gebieden met instandhoudingsdoelstellingen voor zeehonden. Het betreft de noordelijke Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en Waddenzee en de in het deltagebied gelegen Natura 2000-gebieden Voordelta, Oosterschelde, Vlake van de Raan en Westerschelde & Saeftinghe.

Uit de in § 3.2 en § 4.2 gepresenteerde resultaten van berekeningen blijkt dat de verstoringcontouren voor zeehonden door heien voor de aanleg van de kavels III en IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid geen noemenswaardige overlap vertonen met de Natura 2000-gebieden Voordelta en Vlake van de Raan (zie Figuur 3-6 en Figuur 4-6). Er is dus geen sprake van directe externe werking. De totale omvang van het foerageergebied buiten de Natura 2000-gebieden neemt echter wel af (indirecte externe werking). Deze effecten worden als niet significant beoordeeld, omdat:

- Het aantal mogelijk beïnvloede zeehonden beperkt is (Tabel 5-3), omdat de dichtheid van zeehonden binnen het door heigeluid verstoorde gebied relatief laag is. Ter illustratie: in deze effectbeschrijving is ervan uitgegaan dat de Nederlandse populatie gewone zeehonden uit 12.416 dieren bestaat; ervan uitgaande dat voor elk van deze dieren de kans even groot is dat zij bij aanvang van de heiwerkzaamheden in het verstoorde gebied aanwezig zijn, dan zouden, afhankelijk van het seizoen waarin wordt geheid 1.248 – 2.977 (10 – 24%) van deze dieren eenmalig in hun normale gedrag worden verstoord bij aanleg van alternatief 1 + Mermaid; bij aanleg van alternatief 2 + Mermaid zouden dat er 1.462 – 3.439 (12 – 28%) zijn; dit is een dermate beperkte verstoring dat kan worden uitgesloten dat hierdoor effecten op het voortplantingssucces of de overlevingskans ontstaan en daarmee op de populatie;
- Het grootste deel van het door geluid beïnvloede gebied van beperkt belang is als foerageergebied (zie Figuur 2-6), waardoor er geen sprake zal zijn van ‘verdichtingseffecten’ (competitie om voedsel e.d.);
- De afstand tussen de buitenrand van de verstoringcontour en de kust dermate groot is, dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd.

## 5.4 CUMULATIEVE EFFECTEN IN ÉÉN JAAR OP BESCHERMDE SOORTEN

### 5.4.1 Bruinvis

Ter beoordeling van het effect van verstoring op de Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) van de bruinvispopulatie op het NCP, is de maximaal toelaatbare populatieafname van **255** dieren per kavel als criterium gebruikt (**510** dieren voor 2 kavels). Wanneer de voorspelde afname onder deze norm blijft kan een effect op de GSI van de betreffende populatie met zekerheid

worden uitgesloten. Wanneer de voorspelde afname deze waarde overschrijdt, kan niet worden uitgesloten dat de GSI in het geding is.

De resultaten van de berekeningen van de cumulatieve effecten van de aanleg van twee kavels van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische Mermaid in één jaar zijn weergegeven in Tabel 5-1 en Tabel 5-2. Hieruit en de begeleidende tekst blijkt dat de waarde van 510 dieren in alle gevallen wordt overschreden. Effecten op de GSI zijn daarom niet uit te sluiten. De constructie van deze drie windparken is alleen mogelijk als mitigerende maatregelen worden genomen, zodat het geluid zich minder ver verspreidt; hierdoor neemt het oppervlak binnen de verstoringscontour (sterk) af (zie verder § 5.7).

#### 5.4.2 Zeehonden

Bij het in één jaar aanleggen van twee kavels van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische Mermaid treedt ook verstoring van gewone en grijze zeehonden op. Het aantal verstoorde dieren is echter beperkt (Tabel 5-3). Daarnaast is het grootste deel van het door geluid beïnvloede gebied van beperkt belang als foerageergebied (zie Figuur 2-6), waardoor er geen sprake zal zijn van ‘verdichtingseffecten’ (competitie om voedsel e.d.). Verder is de afstand tussen de buitenrand van de verstoringscontour en de kust dermate groot, dat migratieroutes tussen de twee Nederlandse kerngebieden Waddenzee en Deltagebied niet worden geblokkeerd.

De conclusie is dat voor gewone en grijze zeehonden de GSI niet in het geding is.

### 5.5 CUMULATIEVE EFFECTEN NA CONSTRUCTIE VAN WINDPARKEN VOLGENS HET SER-AKKOORD

Voor de berekening van de cumulatieve effecten van de realisatie van de windparken uit het SER-akkoord op **bruinvissen** is ervan uitgegaan dat er gedurende 5 opeenvolgende jaren steeds 2 parken per jaar worden gebouwd. Elk van deze parken bestaat uit 58 turbines van 6 MW die met een energie van 2.000 kJ worden geheid.

Onderstaande Tabel 5-4 bevat de resultaten van de Interim PCoD berekeningen voor de volgende scenario's:

- 1 2 parken per jaar in voorjaar zonder geluidsnorm (= ~ 174 dB op 750 m),
- 2 2 parken per jaar in voorjaar met geluidsnorm; 2a: 160 dB, 2b: 165 dB, 2c: 168 dB,
- 3 2 parken per jaar, 1 in voorjaar en 1 in najaar zonder geluidsnorm,
- 4 2 parken per jaar in het najaar zonder geluidsnorm.

**Tabel 5-4 Met Interim PCoD berekende additionele populatiereductie van bruinvissen door heigeluid bij de constructie van windparken op de Noordzee. Oranje: beperkte overschrijding van de maximaal toelaatbare afname bij uitvoer van het SER-akkoord (= 2.550 dieren, zie § 2.3). Zie tekst voor beschrijving scenario's.**

			Additionele populatiereductie (individuen) na 6 jaar
--	--	--	--

Scenario*	Impulsdagen	Bruinvis verstoringsdagen	Mediaan (50 <sup>e</sup> percentiel)	5 <sup>e</sup> percentiel	10 <sup>e</sup> percentiel	90 <sup>e</sup> percentiel
1	580	2.326.049	7.418	19.344	15.872	924
2a	580	203.668	4	2.645	1.000	-15
2b	580	419.877	54	5.263	3.300	-11
2c	580	633.702	516	7.229	5.854	-10
3	580	1.572.572	5.274	16.303	13.361	4
4	580	802.261	1.422	8.960	7.025	-6

\*Voor alle scenario's is uitgegaan van een drempelwaarde voor verstoring van  $SEL_1 = 136$  dB re  $1 \mu Pa^2s$  (i.p.v. de voor het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid gehanteerde  $SEL_1 = 140$  dB re  $1 \mu Pa^2s$ ).

Uit de tabel is af te leiden dat bij volledige uitvoering van het SER-akkoord volgens de *onderzochte scenario's* significante effecten op de bruinvispopulatie op het NCP niet zijn uit sluiten, zelfs niet als een zeer strenge geluidsnorm wordt toegepast. In dat geval neemt de bruinvispopulatie met 95 dieren meer af dan het maximaal toelaatbare aantal van 2.550 dieren. Hierbij moet worden aangetekend dat bij de in Tabel 5-4 gepresenteerde resultaten is uitgegaan van een lagere drempelwaarde voor verstoring dan waarvan in het voorliggende rapport is uitgegaan. Daarnaast is per kavel slechts één *worst case* locatie doorgerekend. Hierbij is echter wel rekening gehouden met de lokale bathymetrie.

## 5.6 CUMULATIEVE EFFECTEN NA 6 JAAR OP DE TOTALE NOORDZEE (INTERNATIONAAL SCENARIO)

Door TNO is met het Interim PCoD model ook doorgerekend wat het effect op de totale bruinvispopulatie van de bruinvispopulatie van de Noordzee (227.298 dieren) zou zijn van een scenario voor de bouw van windparken in windparken in Nederland, Duitsland, Denemarken en het Verenigd Koninkrijk. Voor Nederland is daarbij daarbij uitgegaan van de bouw van 2 parken in het voorjaar. De resultaten van deze berekening staan in staan in

Tabel 5-5. Ter vergelijking is ook het Nederlandse scenario 1 opgenomen.

**Tabel 5-5 Met Interim PCoD berekende additionele populatiereductie van bruinvissen door heigeluid bij de constructie van windparken op de Noordzee. Zie tekst voor beschrijving scenario's.**

Scenario*	Impulsdagen	Bruinvis verstoringsdagen	Additionele populatiereductie (individuen) na 6 jaar			
			Mediaan (50 <sup>e</sup> percentiel)	5 <sup>e</sup> percentiel	10 <sup>e</sup> percentiel	90 <sup>e</sup> percentiel
1	580	2.326.049	7.418	19.344	15.872	924
11	3.709	16.439.945	45.633	99.794	88.388	17.377

\*Voor alle scenario's uitgegaan van een drempelwaarde voor verstoring van  $SEL_1 = 136$  dB re  $1 \mu Pa^2s$  is uitgegaan (i.p.v. de voor het Borssele windpark gehanteerde  $SEL_1 = 140$  dB re  $1 \mu Pa^2s$ ).

De resultaten van de berekeningen leiden tot de volgende conclusies:

- Zonder mitigatie zijn significante effecten op de bruinvispopulatie op de Noordzee niet uit te sluiten: na de aanleg van alle, in het TNO-scenario opgenomen parken zou de populatiereductie op Noordzeeschaal ruim 40% kunnen bedragen<sup>15</sup>;
- De bijdrage van de Nederlandse parken aan het totale effect is ongeveer 20%.

## 5.7 CUMULATIEVE EFFECTEN NA MITIGATIE (VKA)

### 5.7.1 Scenario's

Voor het berekenen van de cumulatieve effecten mét toepassing van de in § 3.5.2 en § 4.5.2 beschreven gedifferentieerde geluidsnormen, zijn voor de constructie van de eerste twee kavels van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid de volgende 9 scenario's beschouwd:

- 2 parken in de periode januari - mei, geen overlap in verstoringscontouren (dat betekent 1 paal per 24 uur, dus om en om)
- 1 park in de periode januari - mei, 1 in de periode juni - augustus (verschillende volgorde)
- 1 park in de periode januari - mei, 1 in de periode september - december (verschillende volgorde)
- 1 park in de periode juni - augustus, 1 in de periode september - december (verschillende volgorde)
- 2 parken in periode juni - augustus
- 2 parken in periode september - december

Voor de cumulatie met andere initiatieven is ervan uitgegaan dat in hetzelfde jaar dat deze parken worden gebouwd ook één windpark op het Belgisch Continentaal Plat zal worden aangelegd en dat de heiwerkzaamheden hiervoor vanaf 1 mei zullen plaatsvinden (*worst case*). Er is daarbij gekozen voor het windpark Mermaid, bestaande uit 38 turbines van 6 MW. Aangenomen is dat de hei-energie 2.000 kJ bedraagt (aannname TNO). Verder is aangenomen dat 30% van het verstoringsoppervlak over het NCP valt. Ook is ervan uitgegaan dat er conform de recent uitgegeven vergunningen een hei-restrictie van kracht is in de periode 1 januari tot en met 30 april, omdat in deze periode de dichtheid van bruinvissen het hoogst is. Bovendien geldt in België een inspanningsverplichting om de geluidsbelasting op 750 meter afstand van de bron niet boven de 185 dB re 1  $\mu\text{Pa}$  (SPL-peak) uit te laten komen. Deze norm is iets strenger dan de Duitse norm van maximaal 160 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$  van de  $\text{SEL}_1$  op 750 meter (of 190 dB SPL op 750 m). Voor de berekening van het verstoringsoppervlak is van de Duitse norm uitgegaan en is het,

---

<sup>15</sup> Hierbij dient in aanmerking te worden genomen dat er bij de modelberekeningen met PCoD van is uitgegaan dat de ontwikkeling van de bruinvispopulatie niet dichtheidsafhankelijk is. 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 meer herstelt.

bij deze norm behorende en door TNO berekende over de vier kavels gemiddelde, maximale verstoringsoppervlak voor de Borssele windparken gebruikt (160 km<sup>2</sup>).

In de berekeningen van cumulatieve effecten is er *worst case* van uitgegaan dat er per etmaal slechts één fundering wordt geheid en dat er dus geen sprake is van overlappende verstoringsoppervlakten (indien sprake is van overlappende verstoringsoppervlakten, zal het totale aantal dierverstoringsdagen afnemen). Als voor de twee windparken alle funderingen op dezelfde dag zouden worden geheid ontstaat volledige overlap van het verstoorte oppervlak, aangezien elke contour een dag 'blijft staan' (zie uitgangspunten in § 2.2).

### 5.7.2 Cumulatieve effecten op populaties van zeezoogdieren

#### **Bruinvissen**

Voor de aanleg van de kavels III en IV in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische windpark Belgische windpark Mermaid zijn in cumulatie significant negatieve effecten uit te sluiten. Uit de berekeningen berekeningen zoals weergegeven in onderstaande Tabel 5-6 en

Tabel 5-7 blijkt dat bij aanleg van de kavels III en IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid, de maximaal toelaatbare populatiereductie op het NCP van 510 (= 2 x 255) individuen niet wordt overschreden. Als in hetzelfde jaar als de kavel III en IV van windenergiegebied Hollandse Kust Zuid ook het Belgische windpark Mermaid zou worden aangelegd, kan de bruinvispopulatie op het NCP met 8 – 10 dieren extra afnemen. De populatiereductie blijft dan nog steeds onder het maximaal toelaatbare aantal van 510 dieren.

**Tabel 5-6 Cumulatieve effecten van heigeluid (*worst case*) op bruinvissen op het NCP door aanleg van de kavels III en IV in windenergiegebied Hollandse Kust Zuid volgens alternatief 1 (63 turbines per kavel).**

Jan – mei	Juni – aug	Sep – dec	Impulsdagen	Dierverstorings dagen	Maximale populatiereductie	
					Aantal dieren	% NCP
III, IV			126	32.026	353	0,7
III	IV		126	32.637	360	0,7
III		IV	126	34.144	377	0,7
IV	III		126	33.021	364	0,7
	III, IV		126	33.633	371	0,7
	III	IV	126	35.140	388	0,8
IV		III	126	34.865	385	0,8
	IV	III	126	35.477	391	0,8
		III, IV	126	36.984	408	0,8
<b>Totaal NCP</b>			<b>Minimaal</b>	<b>32.026</b>	<b>353</b>	<b>0,7</b>
			<b>Maximaal</b>	<b>36.984</b>	<b>408</b>	<b>0,8</b>



Tabel 5-7 Cumulatieve effecten van heigeluid (worst case) op bruinvissen op het NCP door aanleg van de kavels III en IV in windenergiegebied Hollandse Kust Zuid volgens alternatief 2 (38 turbines per kavel).

Jan – mei	Juni – aug	Sep – dec	Impulsdagen	Dierversorings dagen	Maximale populatiereductie	
					Aantal dieren	% NCP
III, IV			76	36.359	401	0,8
III	IV		76	36.275	400	0,8
III		IV	76	37.547	414	0,8
IV	III		76	36.169	399	0,8
	III, IV		76	36.085	398	0,8
	III	IV	76	37.357	412	0,8
IV		III	76	37.514	414	0,8
	IV	III	76	37.430	413	0,8
		III, IV	76	38.702	427	0,8
<b>Totaal NCP</b>			<b>Minimaal</b>	<b>36.085</b>	<b>398</b>	<b>0,8</b>
			<b>Maximaal</b>	<b>38.702</b>	<b>427</b>	<b>0,8</b>

#### Cumulatieve effecten op de zeehondenpopulatie

Voor zeehonden geldt dat de cumulatieve effecten, ook zonder dat restricties aan het heiseizoen en de hoeveelheid geproduceerd heigeluid worden opgelegd, verwaarloosbaar zijn. Zie hiervoor § 5.2.3.

### 5.7.3 Cumulatieve effecten op Natura 2000-gebieden

#### Bruinvissen

De effecten van heigeluid tijdens het aanleggen van de twee kavels van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in combinatie met het Belgische Mermaid zullen geen gevolgen hebben voor de Nederlandse, in de kustzone gelegen Natura 2000-gebieden met instandhoudingsdoelstellingen voor bruinvissen. Het betreft de Natura 2000-gebieden Noordzeekustzone en de Vlake van de Raan. De tijdens de aanleg van de twee kavels optredende verstoringscontouren en Mermaid zijn dermate klein dat er geen sprake is van overlap. De kwaliteit van het gebied als leefgebied voor de bruinvis wordt dus niet beïnvloed, zodat een effect van directe externe werking kan worden uitgesloten. De totale omvang van het leef- en foerageergebied neemt echter wel af, waardoor een effect op de totale bruinvispopulatie op het NCP kan ontstaan (indirecte externe werking). Uit voorgaande paragraaf blijkt, dat voor de aanleg van de kavels III en IV in het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid en het Belgische windpark Mermaid in cumulatie significant negatieve effecten zijn uit te sluiten.

## **Zeehonden**

Voor zeehonden geldt dat de cumulatieve effecten als gevolg van directe en indirecte externe werking, ook zonder dat restricties aan het heiseizoen en de hoeveelheid geproduceerd heigeluid worden opgelegd, als niet significant zijn beoordeeld. Zie hiervoor § 5.3.2.

### **5.7.4 Effecten op beschermde soorten**

De Gunstige Staat van Instandhouding (GSI) is niet in het geding, omdat bij toepassen van de naar seizoen en naar seizoen en aantal funderingen gedifferentieerde geluidsnormen tijdens de aanleg van de kavels III en IV van kavels III en IV van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid de afname van de bruinvispopulatie met grote bruinvispopulatie met grote zekerheid (95%) niet meer dan 510 dieren bedragen (= 1% van de bruinvispopulatie bruinvispopulatie op het NCP). Zie ook Tabel 5-6 en

Tabel 5-7. Een effect op de GSI van de betreffende populatie kan daarmee met zekerheid worden uitgesloten. Voor **zeehonden** geldt dat de GSI ook zonder dat restricties aan heiseizoen of aantal funderingen worden opgelegd bij de constructie van de twee kavels van het windenergiegebied Hollandse Kust Zuid in combinatie met die van een windpark op het Belgisch deel van het Continentaal Plat niet in het geding is (zie § 5.4.2).

### **5.7.5 Cumulatieve effecten na constructie van windparken op het NCP volgens het SER-akkoord**

De afname van de bruinvispopulatie als gevolg van de constructie van windparken op het NCP volgens het SER-Akkoord (10 kavels van elk 380 MW) zal in principe nooit meer dan 255 dieren per kavel bedragen, omdat dit door de Nederlandse overheid als toetsingscriterium bij de beoordeling van effecten zal worden gebruikt. Met het onlangs voorgestelde stelsel van geluidsnormen, waarin naar seizoen en aantal op te stellen funderingen per park is gedifferentieerd, is dit verzekerd.

### **5.7.6 Cumulatieve effecten op de totale Noordzee**

De bijdrage van de Nederlandse windparken uit het SER-akkoord aan de effecten van het totale, in Heinis & de Jong (2015) beschreven Noordzee-scenario op de bruinvispopulatie van de Noordzee zal door de mitigerende maatregelen afnemen. In de eerdere berekeningen was dat ongeveer 20% (5 x 2 windparken in het voorjaar zonder geluidsnorm). Door het toepassen van gedifferentieerde geluidsnormen zal de Nederlandse bijdrage aan de effecten op de bruinvispopulatie afnemen tot maximaal ongeveer 3% van het totale effect van het Noordzee-scenario.

## 6 Leemten in kennis

De belangrijkste leemten in kennis met gevolgen voor de omvang van de berekende effecten hebben betrekking op de schatting van effecten op de bruinvispopulatie. Het gaat dan om leemten in kennis op het gebied van het kwantificeren van het aantal verstoorde dieren en dierverstoringsdagen, maar ook om de doorvertaling hiervan naar *vital rates*.

### **Kwantificeren van het aantal verstoorde dieren en dierverstoringsdagen**

Het aantal verstoorde dieren wordt berekend door het geschatte verstoringsoppervlak (oppervlakte binnen contour waar de, in met AQUARIUS gegenereerde geluidskaarten de drempelwaarde voor verstoring wordt overschreden) te vermenigvuldigen met de geschatte (niet door onderwatergeluid verstoorde) dierdichtheid in dat gebied voor de tijd van het jaar waarin de verstoring plaatsvindt.

- Het totale aantal dierverstoringsdagen is berekend door het aantal, op een dag mogelijk verstoorde dieren te vermenigvuldigen met de duur van de verstoring. Uit de tot nu toe beschikbare informatie over de duur van de verstoring is nog geen eenduidig beeld naar voren gekomen. De modeluitkomsten blijken echter relatief gevoelig te zijn voor keuzes die hierin worden gemaakt (8, 24 en 48 uur).
- Voor bruinvissen geldt dat de beschikbare dichtheidsschattingen een grote onzekerheid kennen (95% betrouwbaarheidsinterval rond de hier gebruikte gemiddelde schattingen ligt tussen ongeveer -50% en +100% [Geelhoed et al, 2011]). Ook is nog vrijwel niets bekend over eventuele seizoens-afhankelijke migratiepatronen, locatietrouw en mogelijke sexe- en leeftijd-specifieke variatie hierin. Hoewel in Deense wateren (zender)onderzoek loopt, waardoor voor individuele dieren vooral voor de regio van Kattegat/Skagerrak meer informatie beschikbaar is (e.g. [Sveegaard, 2011]), 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 dat in verschillende tijden van het jaar wordt beïnvloed.
- Voor het NCP is door Wageningen Marine Reserach (voorheen IMARES) op basis van telemetriegegevens een kaart met de ruimtelijke variatie in de dichtheid van gewone zeehonden gemaakt (Aarts e.a. 2016). Voor grijze zeehonden is een dergelijke kaart ook gemaakt (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 dierverstoring naar *vital rates***

Bij het bepalen van effecten op de bruinvispopulatie liggen de belangrijkste leemten in kennis op het gebied van de doorvertaling van geluidverstoring van individuele dieren naar effecten op de gezondheid/conditie van dat dier en wat de gevolgen daarvan kunnen zijn op overlevingskans en voortplantingssucces. Deze kennisleemte is in het Interim PCoD model ingevuld door gebruik te maken van schattingen van deskundigen voor de relatie tussen verstoring en *vital rate* in een formeel *expert elicitation* proces. Hoewel het Interim PCoD model op dit moment in feite het enige operationele instrument is om populatie-effecten te kunnen bepalen, zijn er nog veel kanttekeningen bij te zetten. Een deel van de bedenkingen zou kunnen worden weggenomen als meer kwantitatieve informatie beschikbaar zou komen over de relatie tussen verstoring en de gezondheid/conditie van individuele dieren (van verschillende leeftijd). Daarmee wordt het mogelijk een 'full PCoD model' toe te passen (zie Figuur 2-7 in Heinis & de Jong, 2015).

Door de leden van de Werkgroep Onderwatergeluid is met betrekking tot deze stap in de effectberekeningen voor **bruinvissen** een groot aantal kennisleemten benoemd. De volgende aspecten kwamen daarbij naar voren:

- Invloed van verstoring op voedselopname en energieverbruik ('time-budget' analyse): Dit aspect is, meer dan voor andere zeezoogdieren van belang voor bruinvissen, omdat zij relatief klein zijn en regelmatig moeten eten om op gewicht te blijven. Zij zijn daarom relatief gevoelig voor verstoring, omdat dat gevolgen kan hebben voor hun voedselopname. Het gaat om vragen als: bij welke mate van verstoring verbruikt een verstoord dier meer energie dan een niet verstoord dier, bij welke mate van verstoring stopt een dier met foerageren, treedt gewenning op, hoe lang kan een dier zonder eten, onder welke omstandigheden (w.o. duur van vasten, voedselbeschikbaarheid) kan een (tijdelijk) tekort zonder substantiële invloed op de overlevingskans worden aangevuld en hoe hangt dat samen met de periode van het jaar?
- Habitatgeschiktheid: voor bruinvissen is nog niet goed bekend of en zo ja, waarom de gebieden waar (bij momentopnamen) 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 (zie voorgaand punt)? Hoe hangen seizoensvariaties in het voorkomen samen met variaties in het voorkomen van voedsel?
- Zogende moeder-jong combinaties: gevoeligheid van combinaties van moeders met nog niet gespeende jongen voor verstoring in vergelijking met solitaire dieren, kan maskering van communicatie door heigeluid daarbij een rol spelen?

Voor de **gewone en de grijze zeehond** zijn veel meer gegevens 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 et al, 2007], [Sparling & Fedak, 2004], [Sparling et al, 2007]) zou het effect op de populatie kunnen worden ingeschat door een zogenaamd '*agent*

*based'* model (zie bijvoorbeeld (Nabe-Nielsen et al, 2014) te combineren met een Dynamisch Energie Budget.

## 7 Referenties

- 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.
- Aarts, G., J. Cremer, R. Kirkwood, J.T. van der Wal, J. Matthiopoulos & S. Brasseur, 2016 (concept). Spatial distribution and Habitat preference of harbour seal (*Phoca vitulina*) in the Dutch North Sea. Wageningen Marine Research report xxx.
- Arts, F. 2012. Trends en verspreiding van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat 1991 – 2011. Rapport RWS Waterdienst BM 12.25.
- Arts, F.A., S. Lilipaly & R.C.W. Strucker, 2014. Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2012/2013. RWS Centrale Informatievoorziening BM 14.11.
- 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.
- 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.
- Brasseur, S.M.J.M., M. Scheidat, G.M. Aarts, J.S.M. Cremer & O.G. Bos, 2008. Distribution of marine mammals in the North Sea for the generic appropriate assessment of future offshore wind parks. IMARES report C046/08.
- Camphuysen, C.J. & M.L. Siemensa, 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.
- 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.
- 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.
- Grontmij & Pondera, 2015. Milieueffectrapport kavelbesluit I windenergiegebied Borssele, Addendum bij het MER, Passende Beoordeling. Grontmij rapport GM-0156561.
- Harwood, J., R. Schick & C. Booth, 2014. Using the interim PCOD framework to support a cumulative impact assessment in Netherlands waters," report SMRUM-RWS-2014-014 (unpublished).
- 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. TNO rapport TNO 2015 R10335.

- Kastelein, R.A., L. Hoek, R. Gransier, M. Rambags & N. Claeys, 2014. Hearing frequencies of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) temporarily affected by played back offshore pile driving sounds. SEAMARCO report 2014-5, Draft version 1.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Weston, D.E. 1971. Intensity-range relations in oceanographic acoustics. Journal of Sound and Vibration 18(2), pp 271-287.
- Weston, D.E. 1976. Propagation in water with uniform sound velocity but variable-depth lossy bottom, Journal of Sound and Vibration 47(4), pp 473-483.

# **BIJLAGE 1 BEREKENINGEN ONDERWATERGELUID DOOR HEIWERKZAAMHEDEN WINDENERGIEGEBIED HOLLANDSE KUST ZUID**

Memo TNO (apart bijgevoegd)