

# Memo

**Aan:** Dhr. E.R. Buddenbaum (Ministerie EZ)  
**Van:** Floor Heinis en Christ de Jong (TNO)  
**CC:** M. Bruggeman, C. Moes  
**Datum:** 30 mei 2013  
**Betreft:** Onzekerheden modellering onderwatergeluid

---

Tijdens de bijeenkomst op 27 mei j.l. bleek er bij de Cie m.e.r. behoefte te zijn aan een overzicht van onzekerheden in de berekeningen voor het bepalen van effecten van heiwerkzaamheden voor de aanleg van de Gemini-parken op zeezoogdieren. Deze onzekerheden worden hieronder besproken en zijn voor wat betreft de berekeningen van de geluidverspreiding met AQUARIUS grotendeels gekopieerd en enigszins aangevuld uit paragraaf 11 van de notitie van TNO (als bijlage 1 bij de notitie van HWE gevoegd). Voor parameters die betrekking hebben op zeehonden en bruinvissen is aangesloten bij teksten in de notitie van HWE.

Onzekerheden in de modellering en effectbepaling:

1. Bij de modellering van de heipaal als onderwatergeluidbron kon nog geen gebruik gemaakt worden van de geavanceerdere modellen die bij TNO in ontwikkeling zijn, waaronder koppeling met het 'Zampoli' model. Hiermee kan met name het geluid bij de bron beter worden gemodelleerd, omdat met andere parameters dan alleen heiklapenergie kan worden gevarieerd. Het is nog niet te zeggen of dit op grotere afstand tot een betere schatting van de geluidniveaus gaat leiden en ook niet of de effectafstanden groter of kleiner worden.
2. Het toegepaste geluidverspreidingsmodel AQUARIUS is nog niet experimenteel gevalideerd voor propagatie over afstanden groter dan ~6 km. Zeker is dat voorspellingen met AQUARIUS tot realistischer waarden leiden dan dat gemeten waarden simpelweg worden geëxtrapoleerd, omdat rekening wordt gehouden met de invloed van fysische factoren op de propagatie van het geluid. Tijdens de bouw van het eerstvolgende windpark op zee zullen op grotere afstanden van de heilocatie metingen van onderwatergeluid worden uitgevoerd zodat het model ook voor de grotere afstanden kan worden gevalideerd.
3. Bij de berekeningen is een bronsterkte gehanteerd waarbij is uitgegaan van de, voor een hogere hei-energie opgeschaalde, bovengrens van de meetresultaten voor het PAWP(Q7) park. De ondergrens van die meetgegevens ligt ca. 6 dB lager. Bij een 6 dB lagere bronsterkte zijn de effectafstanden ongeveer een factor 1,5 tot 2 lager.
4. De in AQUARIUS toegepaste invoergegevens voor de zeebodem zijn gebaseerd op een realistische schatting van de sedimenteigenschappen ('medium sand' [Ainslie 2010]). Uit een gevoeligheidsanalyse bleek dat een halvering van het absorptieverlies in de bodem (overeenkomend met 'medium silt') tot ongeveer 1,5 maal zo grote effectafstanden zou kunnen leiden. Er zijn geen berekeningen uitgevoerd voor grover zand, maar daarin zal het absorptieverlies groter zijn en zullen de effectafstanden kleiner worden.
5. Bij verstoring van het wateroppervlak door wind draagt onderwatergeluid in ondiep water minder ver. Bij windsnelheden kleiner dan 3 tot 4 m/s (op 10 m hoogte) zijn de effectafstanden ongeveer 1,5 maal zo groot als bij de lokaal gemiddelde windsnelheid van 7,5 m/s.

6. De onzekerheid in de gehanteerde drempelwaarden voor verstoring, vermijding en TTS/PTS, vanwege het ontbreken van gegevens over de gevoeligheid van bruinvissen en zeehonden voor heigeluid, is in dit kader niet te kwantificeren. Daardoor zijn voor dit aspect kwantitatieve uitspraken over de onzekerheid in de berekende effectafstanden niet goed mogelijk. Wel staat vast dat er geen scherp gedefinieerde grenzen zullen zijn voor het optreden van effecten, maar dat de waarschijnlijkheid van het optreden van effecten vanaf de berekende afstanden zal toenemen.
7. Er is voor de zwemsnelheid uitgegaan van een gemiddelde, uit diverse bronnen afgeleid zwemsnelheid. Verondersteld is namelijk dat een maximale (vlucht)snelheid niet over de hele afstand die moet worden afgelegd kan worden volgehouden. Voor dieren die gemiddeld genomen sneller zwemmen zal de contour waarbinnen TTS kan optreden kleiner zijn.
8. Bij het berekenen van de geluidsdosis waaraan dieren bij het heien van een paal zijn blootgesteld is geen rekening gehouden met herstel van het gehoor tussen de heiklappen door. Vooralsnog ontbreekt de kwantitatieve informatie om daarmee rekening te kunnen houden. Uit de resultaten van recente studies [Kastelein 2013] waarbij een bruinvis is blootgesteld aan sonar sweeps (2-1 kHz in 1 s) bij verschillende 'duty cycles' blijkt dat herstel van het gehoor mogelijk kan leiden tot een verhoging van de SEL<sub>CUM</sub> drempelwaarde voor TTS-onset (6 dB na 1-4 minuten) met 4 tot 8 dB. Het is niet duidelijk of een dergelijke verhoging ook zal gelden voor blootstelling aan periodieke heigeluiden, maar het verwaarlozen van dit effect kan mogelijk leiden tot een overschatting van de effectafstanden.
9. Verder is het aannemelijk dat er een grenswaarde voor SEL<sub>SS</sub> zal zijn waaronder blootstelling niet zal dragen aan de gehoordrempelverhoging ('effective quiet' [Ward et al 1976]), maar bij gebrek aan kwantitatieve informatie over deze grenswaarde voor zeezoogdieren is dit effect niet meegenomen.

In onderstaande Tabel 1 zijn deze onzekerheden samengevat en is een indicatie gegeven van de richting van het effect (grotere of kleinere effectafstanden) en de globale omvang ervan – indien bekend – als andere keuzes zouden zijn gemaakt.

**Tabel 1 Onzekerheden bij berekening effecten van heigeluid op zeezoogdieren**

Nr	Type onzekerheid	Effectafstand	Omvang effect, toelichting
1	Brongeluid	n.b.	
2	Propagatie op afstand > 6 km	n.b.	
3	Bronsterkte	kleiner	tot 6 dB, effectafstand factor ~1,5 – 2 kleiner
4	Bodemeigenschappen	groter/kleiner	effectafstand factor ~1,5 groter of kleiner
5	Windsnelheid	groter/kleiner	bij windstilte effectafstand factor ~1,5 groter
6	Drempelwaarden voor effect	n.b.	
7	Zwemsnelheid (TTS/PTS)	kleiner	hogere zwemsnelheid leidt tot kleinere effectafstanden
8	Tussentijds gehoorherstel (TTS/PTS)	kleiner	4 – 8 dB, effectafstand factor ~1,5 – 3 kleiner
9	'Effective quiet' (TTS/PTS)	kleiner	beperkt (lage geluidsniveaus bevatten relatief weinig energie en dragen daarom in beperkte mate bij aan SEL <sub>CUM</sub> )