



Aan
Eric Arends

Van
Christ de Jong

Kopie aan
Martijn ten Klooster, Paul Janssen (Pondera Consult), Floor Heinis (HWE),
Gerrit Blacquièrè, Michael Ainslie, Henry Dol, Frank van den Berg (TNO)

Onderwerp
Geluidkaarten voor heiwerkzaamheden Windpark IJsselmeer (projectnr. 033.23477)

Monitoring Systems
Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD Delft

www.tno.nl

T +31 15 269 20 00
F +31 15 269 21 11
info-lenT@tno.nl

Datum
23 september 2009

Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Doorkiesnummer
+31 15 269 24 53

1 Inleiding

In opdracht van de Koepel Windenergie Noordoostpolder is een schatting gemaakt van het onderwatergeluid zoals dat mogelijk op zal treden tijdens de heiwerkzaamheden voor de offshore windturbines in het windpark IJsselmeer.

Dit memorandum beschrijft de aanpak en geeft de resultaten van de schatting in de vorm van onderwatergeluidkaarten, waarin de totale geluidbelasting gedurende het heien voor één paal is weergegeven.

2 Aanpak

De onderwatergeluidkaarten zijn gemaakt met behulp van een aangepaste versie van het rekenmodel ANOMALY dat onlangs is ontwikkeld in het kader van een studie naar onderwatergeluid op de Noordzee, zie [Ainslie et al. 2009]. Dit model berekent de ruimtelijke verspreiding van het geluid, op basis van gegevens over de geluidbron, de bathymetrie, het sediment en de windsterkte. Bij de berekeningen voor het Windpark IJsselmeer is uitgegaan van de in de volgende paragrafen beschreven informatie.

3 Bronsterkte

In [Ainslie et al. 2009] wordt in Tabel 4.2 (NB: deze tabel is gecorrigeerd in de errata die zijn toegevoegd aan het rapport) een overzicht gegeven van diverse metingen van onderwatergeluid ten gevolge van heiwerkzaamheden, waarvan gegevens gepubliceerd zijn. Dat betreft in alle gevallen metingen van het ontvangen geluid op relatief grote afstand van de heipaal. Om daaruit de bronsterkte te bepalen moet gecorrigeerd worden voor het propagatieverlies tussen heipaal en meetlocatie. Het is niet triviaal om een schatting te maken van het propagatieverlies in ondiep water. Dat hangt sterk af van de waterdiepte (bathymetrie), het sediment en de verstoring van het wateroppervlak door wind en deining. In de meeste gevallen ontbreekt de complete informatie die nodig is voor een schatting van de bronsterkte. Anderzijds is het ontstaan van het geluid bij het heiproces onvoldoende begrepen om op basis van de heiparameters de bronsterkte te schatten. Het heigeluid hangt waarschijnlijk samen met slagenergie, paaldiameter en lengte, waterdiepte en sediment.



Datum

23 september 2009

Onze referentie

MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad

2/2

Volgens de laatste gegevens zullen voor het Windpark IJsselmeer monopiles toegepast worden met een diameter van 4.7 m en een lengte van 36 m. Helaas is bij de metingen aan het onderwatergeluid bij het heien van palen met dezelfde diameter (Barrow en Burbo Bank, UK) alleen het piekniveau van een heiklap bepaald. Daaruit kan niet de SEL geluidbelasting bepaald worden. De beste schatting van de bronsterkte kan waarschijnlijk gemaakt worden op basis van de door TNO uitgevoerde metingen aan het heien voor het Q7 offshore windpark [de Jong & Ainslie 2008]. De monopiles hadden in dat geval een diameter van 4 m en een lengte van 54 m. De waterdiepte was ca. 21 m. Het heien werd grotendeels uitgevoerd bij een slagenergie van 800 kJ, met een slagfrequentie van 32 slagen per minuut. De paaldiameter bij windpark IJsselmeer is iets groter, waardoor de benodigde slagenergie waarschijnlijk ook groter zal zijn. Daarentegen is de waterdiepte aanzienlijk kleiner. Vooralsnog gaan we er van uit dat de bronsterkte van het heigeluid zoals gemeten bij het Q7 park als maatgevend mag worden beschouwd voor het heien in het IJsselmeer.

In [de Jong & Ainslie 2008] wordt geen schatting van de bronsterkte gegeven voor het heigeluid, omdat op dat moment geen betrouwbare schatting van het propagatieverlies kon worden gemaakt. Inmiddels is het ANOMALY model beschikbaar (hoewel nog niet gevalideerd). Met behulp van dat model is ten behoeve van deze studie een schatting gemaakt van het propagatieverlies naar de verschillende meetafstanden voor Q7 (locaties voor 800 kJ slagenergie, 21 m waterdiepte, 'medium sand' sediment, 4.5 m/s wind op 10 m hoogte). De maximale 'envelope' van de resulterende schattingen van de spectra van de bronsterkte per heiklap voor de verschillende meetpunten (Figuur 1) wordt gebruikt als schatting voor het heien op het IJsselmeer. De over de frequentiebanden gesommeerde bronsterkte per heiklap is 221 dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{sm}^2$. Deze schatting is aan de hoge kant. Het gemiddelde van de schattingen van de bronsterkte uit de diverse meetpunten bij Q7 is 218 dB. Bij het beoordelen van de geluidkaarten dient rekening te worden gehouden met deze onzekerheid. Er zijn naar schatting 3500 klappen¹ nodig per paal (de penetratiediepte is ongeveer gelijk aan die bij Q7: 30 m).

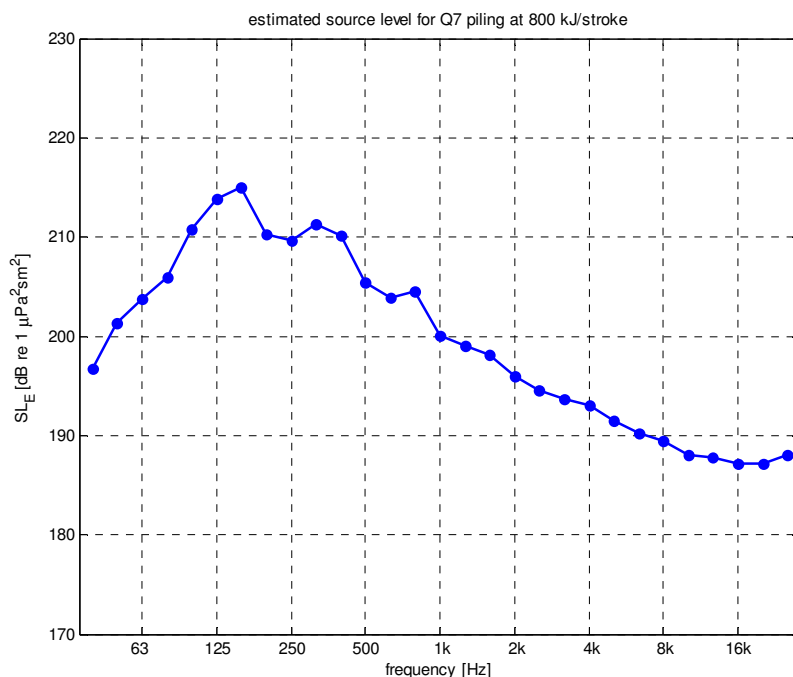
¹ De totale geluidbelasting is dus $10\log_{10}(3500) \approx 35$ dB hoger dan die van één heiklap.



Datum
23 september 2009

Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad
3/3



Figuur 1 Geschatte bovengrens voor het bronsterktespectrum (1/3-octaf) voor het hegeluid, gebaseerd op de meetresultaten van Q7 (zie de tekst).

4 Criterium

Er is nog niet veel bekend over de effecten van onderwatergeluid op vissen. Als richtlijn suggereren we hier een in de US opgestelde interim criterium, zie http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/fisheries_bioacoustics.htm:

“The California Department of Transportation (Caltrans) in coordination with the Federal Highway Administration (FHWA) and the departments of transportation in Oregon and Washington, established a Fisheries Hydroacoustic Working Group (FHWG) in order to improve and coordinate information on fishery impacts due to underwater sound pressure caused by in-water pile driving. ... The FHWG met in June 2008 and agreed to a new interim criteria for injury to fish from pile driving noise. This new criteria is to be used as of August 2008 until further notice. This is a dual criteria including a peak level of 206 dB (peak) AND a cumulative SEL level of 187 dB (SEL) for fish 2 grams and heavier OR a cumulative SEL of 183 dB (SEL) for fish smaller than 2 grams.”

Een belangrijke toelichting bij deze criteria wordt gegeven in een recente publicatie [Stadler & Woodbury 2009]:

“Although TTS is not actual injury, but rather a temporary fatiguing of the auditory system, it can potentially reduce the survival, growth, and reproduction of the affected fish by increasing the risk of predation and reducing foraging or spawning success. Therefore, for the purposes of establishing interim thresholds, NOAA Fisheries considers TTS to be synonymous with injury. ... It should be noted that these thresholds represent the initial onset of injury, not the levels at which fishes will be severely injured or killed”



Datum
23 september 2009

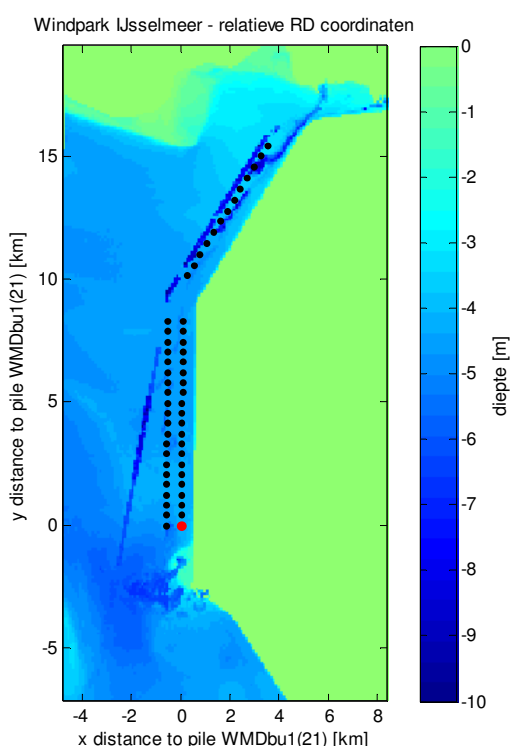
Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad
4/4

Het genoemde piekgeluidniveau worden naar alle waarschijnlijkheid niet bereikt. In de kaarten van de berekende cumulatieve geluidbelasting (**SEL**) ten gevolge van het heien voor een monopile wordt de afstand waarop de genoemde criteria worden bereikt door middel van een contourlijn weergegeven.

5 Bathymetrie en heilocaties

De door Pondera Consult beschikbaar gestelde bathymetriekaart en geplande locaties van de windturbines zijn geconverteerd naar een voor ANOMALY bruikbaar formaat. Daarbij is de oorspronkelijke resolutie van $5 \times 5 \text{ m}^2$ gereduceerd tot $100 \times 100 \text{ m}^2$.



Figuur 2 Bathymetrie van de omgeving van Windpark IJsselmeer, met de geplande locaties van de turbines. De x- en y-assen zijn gegeven in km afstand van de door de rode stip gemarkeerde turbine.

6 Sediment en wind

Bij de ANOMALY berekeningen wordt uitgegaan van de gegeven bathymetrie en van geschatte parameters voor sediment ('medium sand') en windsterkte (4.5 m/s op 10 m hoogte).

7 Onderwatergeluidkaarten

Berekeningen zijn uitgevoerd voor het heien op zes locaties. Hiervoor zijn de buitenste palen van de drie rijen windmolens gekozen. Het resultaat zijn de onderstaande kaarten van de totale geluidbelasting voor 3500 heiklappen, in dB re $1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$, waarbij



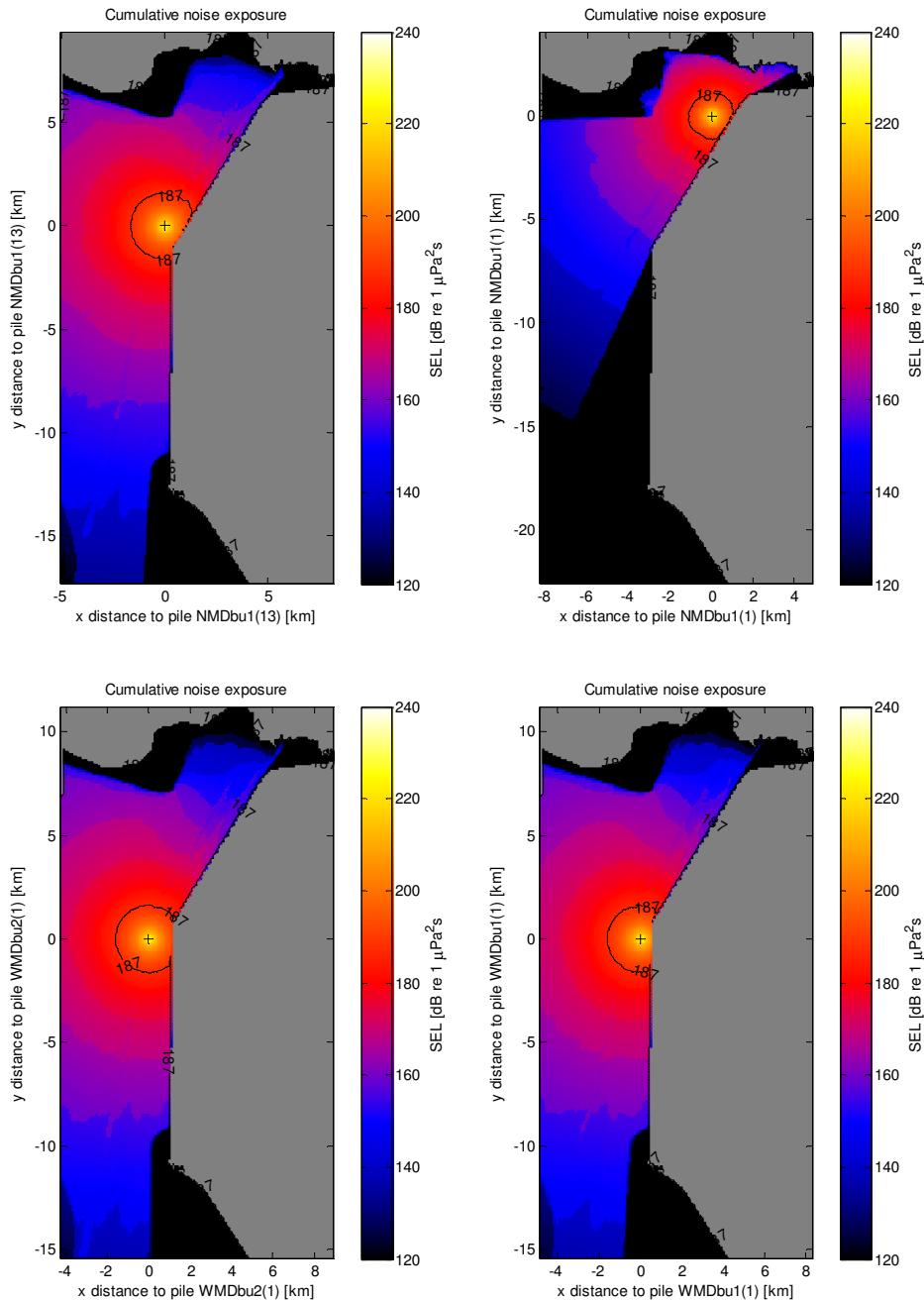
Datum
23 september 2009

Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad
5/5

een contour is getekend waarop het criteriumniveau van 187 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ bereikt wordt.²

Deze kaarten en dit criterium zijn van toepassing voor vissen (zwaarder dan 2 g), die zich niet noemenswaardig verplaatsen tijdens de duur van het heiproces.



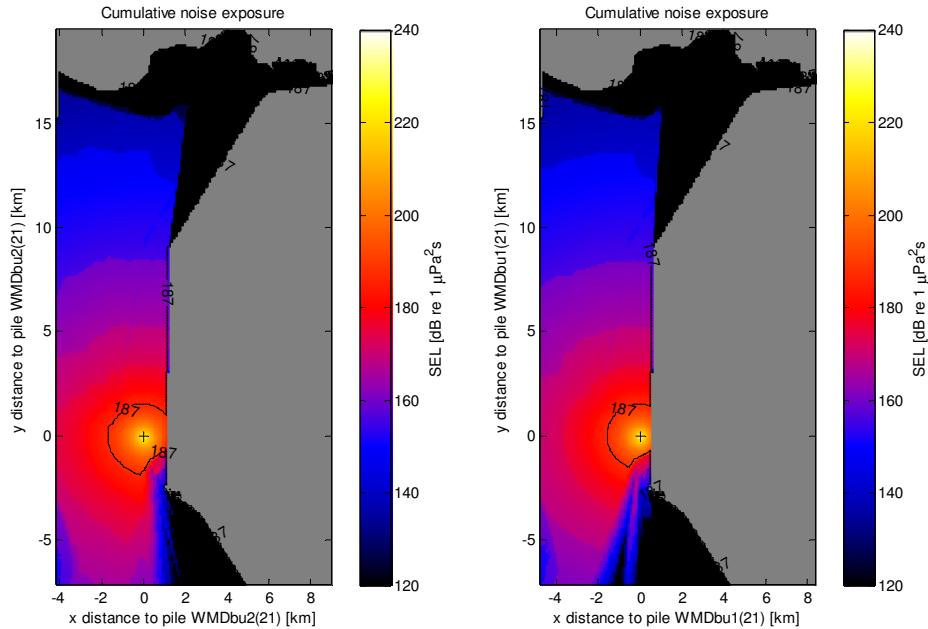
² Deze contour is helaas ook zichtbaar langs de kust, vanwege de manier waarop de figuren gemaakt zijn. Dit heeft verder geen betekenis.



Datum
23 september 2009

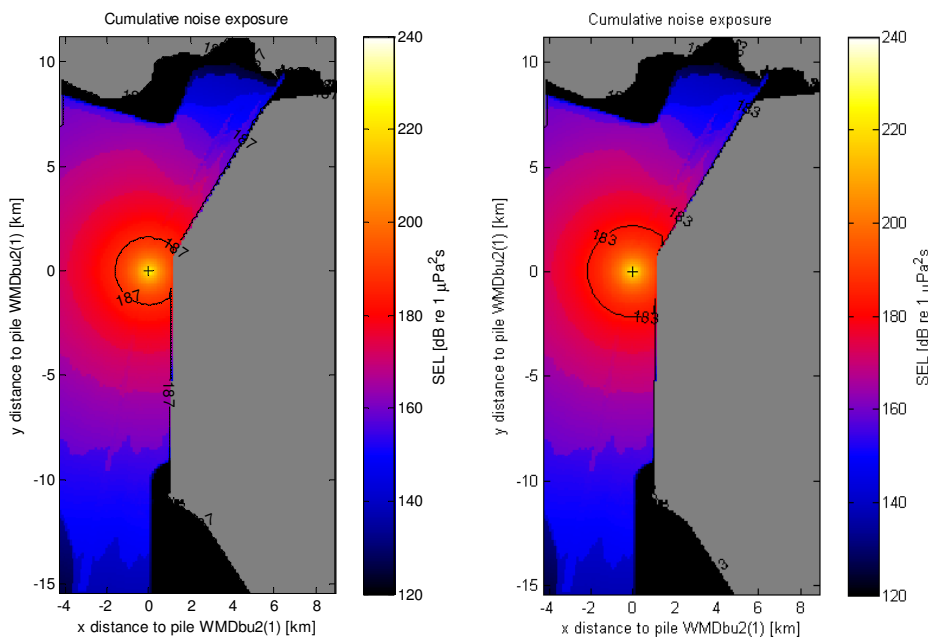
Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad
6/6



Deze modelberekeningen zijn onvoldoende gedetailleerd om te bepalen wat de geluidbelasting in het ondiepe water direct aan de kust zal zijn. De criteriumcontouren lopen echter wel in alle gevallen door tot aan het land, wat aangeeft dat ook aan de kust hoge niveaus optreden. Het cumulatieve onderwatergeluid lijkt de vrije doorgang van de IJssel naar het IJsselmeer (onder in de kaart) niet te belemmeren.

De contour waarbinnen het criterium van 183 dB voor vissen lichter dan 2 g wordt overschreden is aanzienlijk groter, zoals uit onderstaande voorbeeld blijkt:





Datum
23 september 2009

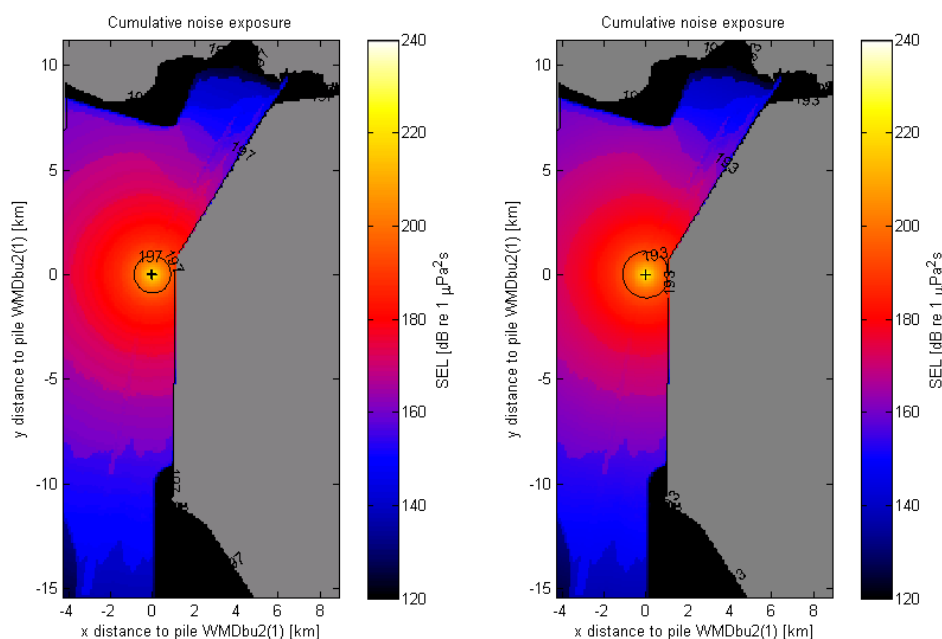
Onze referentie
MON-MEM-033-DTS-2009-
02339

Blad
7/7

8 Mitigatie

Een mogelijke maatregel om het geluid tijdens het heien te reduceren is de toepassing van een bellenscherm. Uitgebreide informatie over de resultaten van een dergelijke maatregel kan worden gevonden in [Oestman et al. 2009]. De behaalde resultaten vertonen een grote variatie. Daarbij is vooral de lokale stroomsnelheid van het water bepalend. Het kan nodig zijn het bellenscherm in te sluiten om te voorkomen dat de stroming de effectiviteit teniet doet, zie verder [Oestman et al. 2009]. In ondiep water met geringe stroomsnelheid (zoals in het IJsselmeer) moet een reductie van ca. 10 dB tot 15 dB haalbaar zijn, bij juist ontwerp en toepassing van het scherm.

Om een idee te krijgen van het resultaat van het toepassen van een dergelijke mitigerende maatregel worden in onderstaande figuren contouren getoond waarbinnen de criteria voor blootstelling van vis zonder maatregelen worden overschreden met 10 dB of meer. Wanneer de bronsterkte van het heien met 10 dB verminderd wordt door een mitigerende maatregel zullen dit de contouren worden waarbuiten de geluidbelasting onder de genoemde criteria blijft.



9 Referenties

1. M.A. Ainslie, C.A.F. de Jong, H.S. Dol, G. Blacquièrè and C. Marasini 2009 The Hague: TNO. report TNO-D 2009 C085 'Assessment of natural and anthropogenic sound sources and acoustic propagation in the North Sea'
2. C.A.F. de Jong & M.A. Ainslie 2008 Delft: TNO Science and Industry. report MON-RPT-033-DTS-2007-03388 'Analysis of the underwater sound during piling activities for the Off-shore Wind Park Q7'
3. J.H. Stadler & D.P. Woodbury 2009 *Proc. Internoise 2009*. Ottawa 'Assessing the effects to fishes from pile driving: Application of new hydroacoustic criteria'



4. R. Oestman, D. Buehler, J.A. Reyff and R. Rodkin 2009 Sacramento: California Department of Transportation. 'CALTRANS Technical Guidance for Assessment and Mitigation of the Hydroacoustic Effects of Pile Driving on Fish' (available from http://www.dot.ca.gov/hq/env/bio/fisheries_bioacoustics.htm)

Datum

23 september 2009

Onze referentie

MON-MEM-033-DTS-2009-02339

Blad

8/8