

Test af LF sonar

Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 2. juli 2013

Jakob Tougaard

Institut for Bioscience

Rekvirent:

Forsvarets Bygnings- og Etablisementstjeneste

Antal sider: 9

Faglig kommentering:

Peter Teglberg Madsen

Kvalitetssikring, centret:

Jesper R. Fredshavn



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Tel.: +45 8715 0000
E-mail: dce@au.dk
<http://dce.au.dk>

Indhold

Baggrund	3
Øvelsesområder	3
Påvirkning på sæler og marsvin	5
Samlet vurdering	8
Litteratur	9

Baggrund

Søværnet ønsker at gennemføre sonartransmissioner i åbent farvand nord for Læsø ved en dybde omkring 30-40 meter og i åbent farvand nord for Skagen ved en dybde omkring 100 meter. Frekvensen af sonarsignalerne er angivet til 6-9 kHz, kildestyrke 210-228 dB re. 1µPa/m. Signalstruktur, direkionalitet, varighed af signalerne og pingrater/duty cycle er ikke oplyst, ligesom samlet varighed af transmissionsserier og øvrige omstændigheder omkring transmissionerne ikke er beskrevet. Testperiode er torsdag d. 22. og fredag d. 23. august 2013.

Der er tidligere lavet en vurdering af effekter af LF sonar (Notat vedr. test af sonar fra HDMS Triton, DCE 20.12.1012), men sonarsignalerne i den nærværende test afviger i så væsentlig grad fra de tidligere anvendte at en selvstændig vurdering er påkrævet. Da væsentlige informationer om signalerne ikke foreligger for nuværende, jf. ovenfor, vil der være usikkerhed forbundet med nedenstående vurderinger.

Det skal bemærkes at aktiviteten falder ind under de aktiviteter, der ifølge EU-kommissionens afgørelse af 1. september 2010 om kriterier og metodiske standarder for god miljøtilstand i havområder, skal indrapporteres til kommissionen som led i opfyldelsen af Havstrategidirektivets krav om overvågning af miljøtilstanden i Unionens havområder, idet det dog også noteres at Havstrategidirektivet jf. artikel 2, stk. 2. specifikt undtager aktiviteter, der alene tjener forsvarsforhold. Direktivet præciserer imidlertid i samme artikel at "*Medlemsstaterne skal dog bestræbe sig på at sikre, at disse aktiviteter gennemføres på en måde, der, så vidt det er rimeligt og praktisk muligt, er forenelig med målene i dette direktiv*".

Øvelsesområder

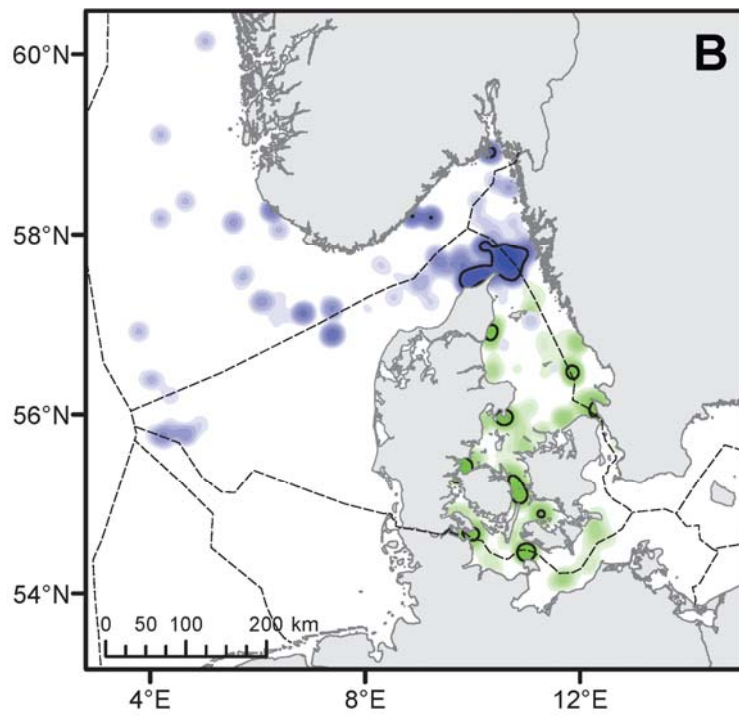
Transmissionerne påtænkes i to områder; på dybere vand i Skagerrak og farvandet nord for Læsø. Havpattedyr, navnlig marsvin og spættet sæl, forekommer almindeligt i begge områder.

Marsvin forekommer året rundt i stort antal i farvandet omkring Skagens Gren (kort 1). Der findes tre habitatområder i Skagerrak med marsvin i udpegningsgrundlaget: nr. 1, Skagens Gren og Skagerrak (kort 2), Nr. 258, Jyske Rev og nr. 259, Gule Rev.

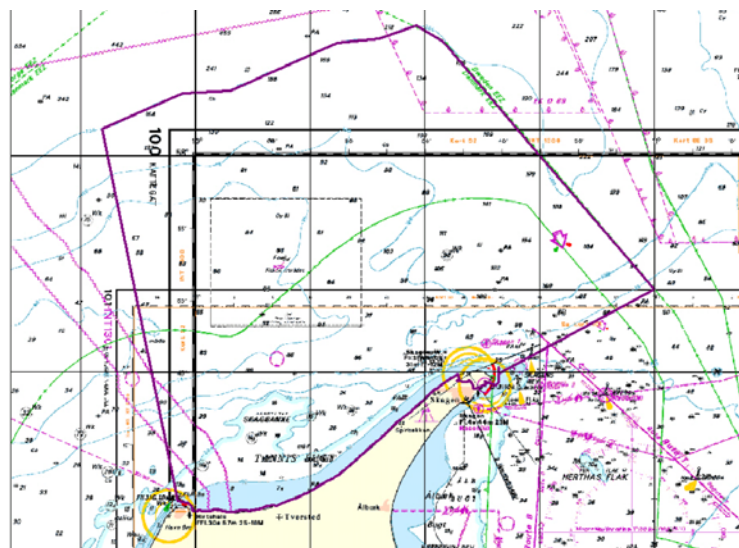
Omkring Læsø er tæthederne af marsvin mindre (Sveegaard et al., 2011). En nyligt offentliggjort undersøgelse har imidlertid dokumenteret at naturgenopretningen af Læsø Trindel har haft en gavnlig effekt på forekomsten af marsvin på revet (Mikkelsen et al., 2013).

Sæler forekommer i hele Skagerrak/Kattegat, men er koncentreret omkring Læsø, hvor der findes større hvilebanker (Borfelt, Knobgrunde og Søndre Rønner) og i mindre grad Ålholm Bugt (Hirsholmene). Der vides intet om hvor disse sæler finder deres føde, men baseret på satellitsporing af sæler fra Anholt må det antages at sælerne fra Læsø fouragerer i hele nordlige Kattegat, inkl. øvelsesområderne. Habitatområde 176, Havet omkring Nordre Rønner (kort 3), har spættet sæl og gråsæl i udpegningsgrundlaget og habitatområderne 4, Hirsholmene og 14, Ålbæk Bugt, begge har spættet sæl i udpegningsgrundlaget.

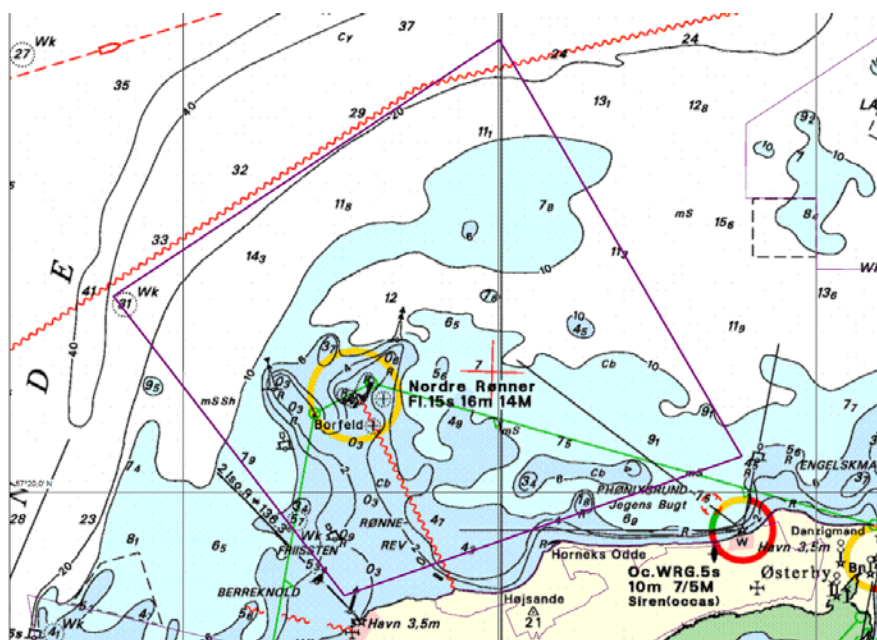
Kort 1. Forekomst af marsvin i sommermånederne bedømt ud fra satellitsporede dyr. Mørke farver angiver de højeste tætheder. Blå angiver marsvin fanget ved Skagen og i nordlige Kattegat, grønne farver angiver marsvin fanget i Bælterne. Fra (Sveegaard et al., 2011).



Kort 2. Habitatområde nr 1, Skagens Gren og Skagerrak, angivet med violet. Kilde: Naturstyrelsen.



Kort 3. Habitatområde 176, Havet omkring Nordre Rønner. Kilde: Naturstyrelsen.



I Skagerrak og i mindre grad Kattegat forekommer flere andre arter af hvaler uregelmæssigt og i lavt antal. Det drejer sig f.eks. om grind, spækhugger, vågehval, hvidnæse og døgling. Disse arter forekommer så sjældent og uregelmæssigt at de ikke er inkluderet i screeningen.

Påvirkning på sæler og marsvin

To typer påvirkninger er relevante: akutte skader, navnlig på hørelsen; og panikadfærd. Der kendes til eksempler på påvirkning med dødelig udgang ved brug af lavfrekvens-sonar. Det bedst beskrevne eksempel drejer sig om sonarer af typen SQS-56, anvendt af US NAVY ved en flådeøvelse i farvandet omkring Bahama ("Tounge of the Ocean"). Sonarsignalerne fra SQS-56 er formentlig sammenlignelige med de signaler, der ønskes anvendt. Ved den pågældende øvelse ved Bahama strandede et mindre antal hvaler, hvoraf strandingen af næbhvaler med stor sikkerhed utvetydigt kunne henføres til påvirkning fra sonarerne, om end den præcise mekanisme bag dyrenes strandning og død endnu er uafklaret (Evans and England, 2001). En række andre studier har sandsynliggjort tilsvarende sammenhæng mellem flådeøvelser hvor LF-sonar har været anvendt og massestrandinger¹ af hvaler (Filadelfo et al., 2009; Frantzis, 1998). Der er ikke påvist en direkte sammenhæng mellem sonar og strandinger af marsvin. En massestranding af marsvin på Den jyske Vestkyst umiddelbart forud for en større militærøvelse påkalder sig dog opmærksomhed (Wright et al., 2013).

Akutte skader. Sonarene er tilstrækkeligt kraftige og ligger i et frekvensområde hvor både sæler og marsvin har god hørelse til at lydene vil kunne udløse midlertidige og evt. permanente høreskader (såkaldt TTS og PTS). Tærskelen for at udløse midlertidigt høretab (TTS) i marsvin ligger på et lydeksponeringsniveau (SEL, Sound Exposure Level) på 165 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ (Kastelein et al., 2012; Lucke et al., 2009). Lydeksponeringsniveau er i realiteten et mål

¹ Massestranding skal i denne sammenhæng forstås som en samtidig eller næsten-samtidig stranding af 2 eller flere hvaler på den samme kyststrækning eller kyststrækninger, der omgiver det samme havområde. Næbhvaler, som er specielt i fokus i forhold til sonar strander sjældent og sædvanligvis enkeltvis, hvorfor samtidige strandinger af selv ganske få individer altid påkalder sig opmærksomhed.

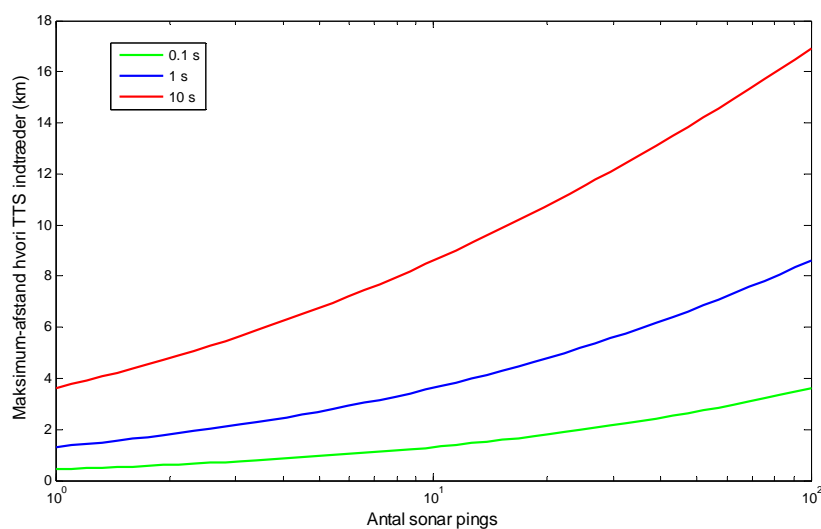
for energi, hvorfor det i princippet er underordnet om energien leveres som en, kraftig puls eller som mange, mindre kraftige pulser. Et SEL på 165 dB re. 1 $\mu\text{Pa}^2\cdot\text{s}$ kan således opnås ved at udsætte et marsvin for et lydtryk på 165 dB re. 1 μPa i 1 sekund, et lydtryk på 175 dB re. 1 μPa i 0.1 sekund, eller 100 pulser af 1 sekund, hver med et lydtryk på 145 dB re. 1 μPa . SEL er således givet ved:

$$\text{SEL} = L + 10\log d + 10\log n \quad (1)$$

hvor L er rms-lydtrykket, d er varigheden af hver enkelt puls og n er antallet af pulser. Udregningen forudsætter, at alle pulser er ens og har samme lydtryk, hvilket ikke nødvendigvis er tilfældet. Særligt i situationen hvor et dyr svømmer væk fra en lydkilde vil lydtrykket falde med afstanden. Formlen tillader imidlertid simple vurderinger af påvirkningen fra sonarerne.

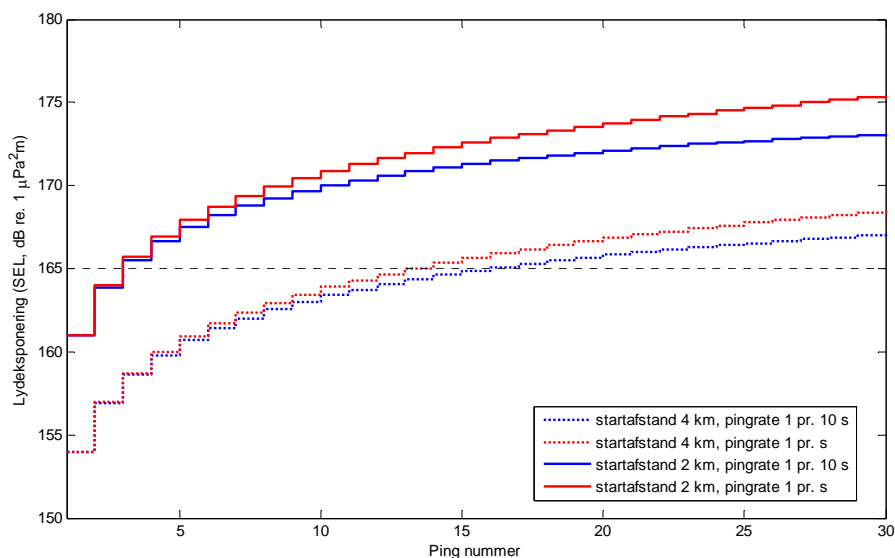
Figur 1 viser simple kurver beregnet ud fra (1) under antagelse af at dyret ikke bevæger sig og at lydtrykket af sonarsignalerne aftager med geometrisk spredning ($20\log(\text{afstand})$). TTS vil kunne induceres hos et marsvin af et enkelt ping med 1 sekunds varighed i ca. 1,3 km's afstand. Samme effekt vil optræde tættere på for kortere pingvarigheder og på større afstand for længere pingvarigheder. Såfremt marsvinet ikke bevæger sig, vil der være risiko for at påføre dyrene TTS i afstande mange km fra sonaren, afhængigt af varigheden af de enkelte pings.

Figur 1. Maksimumafstanden hvori et marsvin, der ikke bevæger sig i forhold til sonaren, vil udsættes for midlertidigt høretab (TTS) som funktion af antallet af sonar-pings. Tre kurver er angivet, svarende til ping-varigheder på 0.1, 1 og 10 sekunder.



Med et mere realistisk scenarie, hvor marsvinet bevæger sig væk fra lydkilden med høj hastighed, ser billedet lidt anderledes ud. Figur 2 viser lydeksposeringen som funktion af antal pings under antagelse af at marsvinet svømmer direkte væk fra sonaren med en hastighed på 5 m/s. Hvert ping har en varighed på 1 s og en kildestyrke på 228 dB re. 1 μPa . Lydeksposeringen afhænger af pingraten, da dyret kan svømme længere væk mellem de enkelte pings ved lavere pingrater. Samlet kan man dog se at hvis dyret er 2 km fra sonaren ved første ping vil lydeksposeringsniveauet nå over grænsen for TTS efter det tredje ping, mens et dyr, der er 4000 m fra sonaren ved første ping kun lige akkurat når over TTS-tærskelen efter at have modtaget ca. 15 pings.

Figur 2. Kumuleret lydeksponering hen over flere sonarping. Varigheden af hvert ping er 1 s og det er antaget at marsvinet svømmer direkte væk fra lyden med 5 m/s. De fire kurver angiver forskellige startafstande og ping-rater.



Antagelserne, der ligger til grund for modellen vil formentlig føre til en vis overestimering af effekten. Da sonaren antagelig ikke er omnidirektional, men lydtrykket aftager ud til siderne vil et marsvin næppe opholde sig midt i strålen i hele eksponeringsperioden og den samlede eksponering vil være mindre.

Samlet set kan man således konkludere at der er en betydelig risiko for at marsvin, der opholder sig i nærheden af sonaren ved start vil blive udsat for niveauer, der kan føre til TTS og i værste fald permanent hørenedsættelse. Det er uklart hvilken betydning TTS eller en mindre permanent hørenedsættelse i det lavfrekvente område har for marsvins overlevelse på længere sigt, men det må under alle omstændigheder betragtes som uønsket at marsvin udsættes for denne belastning, i det omfang man kan forhindre det. Dette fører til følgende forslag til procedurer, der kan formindske risikoen for at skade sæler og marsvin:

Gradvis start. Hvis sonaren tændes med lavere kildestyrke, lavere ping-rate, lavere ping-varighed eller en hvilken som helst kombination af disse vil påvirkningen fra start være mindre og det vil give marsvin og sæler mulighed for at fortrække fra området inden systemet anvendes med fuld styrke.

Afsøgning af området umiddelbart omkring skibet inden start. Såfremt marsvin eller sæler er set indenfor en afstand af 500 m (omtrent største afstand man kan se marsvin når det ikke er havblik) må der ventes med start til dyrene er ude af syne og/eller start skal ske gradvist jf. ovenfor på absolut lavest mulige niveau.

Brug af korte serier af pings. Jo længere serier af pings der anvendes jo større eksponering, så antallet af pings bør afstemmes med øvelsens formål. Med andre ord bør sonaren kun køre ved fuld styrke og ping-rate når der er behov for det.

Såfremt disse forholdsregler iagttages skønnes påvirkningen på sæler og marsvin at være lille, men ikke ubetydelig.

Panikadfærd. I tilfældet med næbhvalerne fra Bahamas og andre steder er der nogenlunde enighed om at dyrene ikke er blevet skadet af lyden som sådan,

men at de har reageret med uhensigtsmæssig flugtdadfærd/panik. Denne panikadfærd er formentlig relateret til signalstrukturen, idet det er foreslået at de frekvensmodulerede sonar-signaler fejltolkes af hvalerne som stammende fra spækhuggere, deres mest betydelige prædator. For de dybtdykkende arter har panikadfærden betydet at de har fået fysiologiske problemer med dykkersygelignede symptomer fordi de har dykket for dybt og for længe. Det vil næppe være et problem for marsvin og sæler. Her kan problemer formentlig opstå hvis dyrene drives af sonaren fra et eller flere skibe ind på lavt vand eller på anden måde op imod en barriere. Det var formentlig også en medvirkende faktor i strandingen ved Bahamas.

Der er stort set ikke nogen erfaringer med sæler og marsvin at trække på i den forbindelse, i al fald hvis det skal være specifikt for sonar. Marsvin vil reagere negativt på sonarlydene og formentlig fortrække ud i en afstand af adskillige kilometer fra skibet/sonaren. Idet øvelserne foregår på åbent hav er det formentlig mindre problematisk, idet der ikke er fysiske barrierer som dyrene kan trænges op ad. I tilfældet ved Bahamas foregik øvelsen i et dybt og meget snævert farvand, omgivet af øer og rev på næsten alle sider. Der var også tale om flere skibe, der sejlede side om side op gennem den snævre kanal og derved formentlig drev hvalerne foran sig. Denne risiko er mindre når der kun er tale om et enkelt skib på åbent hav.

På denne baggrund vurderes det at risikoen for skader på sæler og marsvin på grund af panikreaktioner er lille, men ikke ubetydelig i det konkrete tilfælde.

Påvirkning af adfærd. Da sonarsignalerne er særdeles kraftige kan man forvente at sæler og i særdeleshed marsvin vil blive fortrængt i stor afstand af en sonar, der udsender signaler over længere tid. En række forsøg med sælskræmmere, der udsender kraftige signaler på 12 kHz (kildestyrke ca. 190 dB re. 1 μ Pa), har vist at marsvin reagerer negativt på signalerne i mindst 7.5 km afstand (Brandt et al., 2012; Brandt et al., 2013). Det svarer til at marsvinene reagerer ved lydtryk på over 115 dB re. 1 μ Pa (geometrisk spredning, absorption 1 dB/km). Overføres dette til sonaren får man en estimeret reaktionsafstand på omkring 40 km, såfremt sonaren peger vandret og er vedvarende aktiv (pingraten er formentlig af mindre betydning i dette tilfælde).

Disse forhold gør at opmærksomhed må rettes ikke bare på de umiddelbare omgivelser af skibet/sonaren, men også i større afstand. Sonaren bør ikke rettes i retning mod hverken habitatområderne eller kysten i tilfælde hvor sonarstrålen sendes ud i en flad vinkel i forhold til vandret, med mindre skibet er i stor afstand af habitatområderne og/eller kysten (mindst 40 km).

Samlet vurdering

Samlet set vil sæler og marsvin i øvelsesområderne således uundgåeligt blive påvirket af øvelsen. Da øvelsen er kortvarig og risikoen for varige påvirkninger af dyrene er lille, såfremt fornuftige forholdsregler iagttages, jf. ovenfor, så vurderes det at operationen kan gennemføres uden længerevarende effekter på bestanden af sæler og marsvin i området.

Litteratur

Brandt, M. J., Höchle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., Witte, S., and Nehls, G. (2012). "Far-reaching effects of a seal scarer on harbour porpoises, *Phocoena phocoena*," Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems

Brandt, M. J., schle, C., Diederichs, A., Betke, K., Matuschek, R., and Nehls, G. (2013). "Seal scarers as a tool to deter harbour porpoises from offshore construction sites," Mar. Ecol. Prog. Ser. 475, 291-302.

Evans, D. L. and England, G. R. (2001). *Joint Interim Report. Bahamas Marine Mammal Stranding Event of 15-16 March 2000. US Department of Commerce and US Navy.*

Filadelfo, R., Mintz, J., Michlovich, E., D'Amico, A., Tyack, P. L., and Ketten, D. R. (2009). "Correlating military sonar use with beaked whale mass strandings: What do the historical data show?," Aquat. Mamm. 35, 435-444.

Frantzis, A. (1998). "Does acoustic testing strand whales?," Nature 392, 29-29.

Kastelein, R. A., Gransier, R., Hoek, L., and Olthuis, J. (2012). "Temporary threshold shifts and recovery in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after octave-band noise at 4kHz," J. Acoust. Soc. Am. 132, 3525-3537.

Lucke, K., Siebert, U., Lepper, P. A., and Blanchet, M.-A. (2009). "Temporary shift in masked hearing thresholds in a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) after exposure to seismic airgun stimuli," J. Acoust. Soc. Am. 125, 4060-4070.

Mikkelsen, L., Mouritsen, K. N., Dahl, K., Teilmann, J., and Tougaard, J. (2013). "Re-established stony reef attracts harbour porpoises *Phocoena phocoena*," Mar. Ecol. Prog. Ser. 481, 239-248.

Sveegaard, S., Teilmann, J., Tougaard, J., Dietz, R., Mouritsen, H., Desportes, G., and Siebert, U. (2011). "High density areas for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) identified by satellite tracking," Mar. Mammal Sci. 27, 230-246.

Wright, A. J., Maar, M., Mohn, C., Nabe-Nielsen, J., Siebert, U., Jensen, L. F., Baagøe, H. J., and Teilmann, J. (2013). "Possible Causes of a Harbour Porpoise Mass Stranding in Danish Waters in 2005," PLoS ONE 8, e55553-.