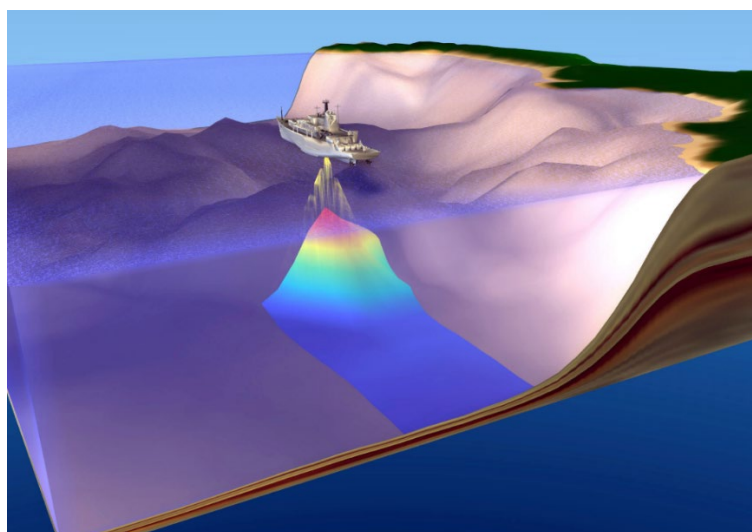


# Ekkolod og sonar som presfaktor

Foreløbige resultater af et pilotprojekt

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 24. januar 2023 | 2



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Ekkolod og sonar som presfaktor  
Undertitel: Foreløbige resultater af et pilotprojekt

Forfattere: Jakob Tougaard<sup>1</sup>, Emily T. Griffiths<sup>1</sup>, Michael Ladegaard<sup>2</sup>, Cristina Marcolin<sup>2</sup>, Line A. Kyhn<sup>1</sup> og Signe Sveegaard<sup>1</sup>

Institutioner: <sup>1</sup>Aarhus Universitet/Ecoscience, <sup>2</sup>Aarhus Universitet/Biologi

Faglig kommentering: Poul Boel Jørgensen  
Kvalitetssikring, DCE: Jesper Fredshavn

Ekstern kommentering: Miljøministeriet. Kommentarerne findes her:  
[http://dce2.au.dk/pub/komm/N2023\\_2\\_komm.pdf](http://dce2.au.dk/pub/komm/N2023_2_komm.pdf)

Rekvirent: Miljøministeriet

Bedes citeret: Tougaard, J., Griffiths, E.T., Ladegaard, M., Marcolin, C., Kyhn, L.A. og Sveegaard, S.. 2023. Ekkolod og sonar som presfaktor. Foreløbige resultater af et pilotprojekt. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 12 s. - - Fagligt notat nr. 2023 | 2 [https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater\\_2023/N2023\\_2.pdf](https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2023/N2023_2.pdf)  
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Wikimedia commons

Sideantal: 12

# Indhold

<b>1</b>	<b>Baggrund</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metode</b>	<b>5</b>
2.1	Analyser	5
<b>3</b>	<b>Resultater</b>	<b>7</b>
3.1	Eksempler på optagelser med ekkolod	8
3.2	Optagelser af mulige militære sonarsignaler	9
<b>4</b>	<b>Konklusion og videre arbejde</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Referencer</b>	<b>11</b>

# 1 Baggrund

Undervandsstøj er anerkendt som en betydende presfaktor på det marine miljø (EU Kommissionen, 2008). Menneskeskabt undervandsstøj udgøres af bidrag fra en lang række kilder, hvorunder to typer er identificeret som særligt væsentlige i forhold til negative effekter på havmiljøet: kraftig impulsstøj under 10 kHz (Havstrategidirektivets kriterie D11C1) og vedvarende lavfrekvent støj (Havstrategidirektivets kriterie D11C2). Der findes imidlertid en lang række andre kilder, der enkeltvis ikke er af nævneværdig betydning, men i kraft af deres store antal potentielt kan være af betydning. En af disse kilder er ekkolod, idet alle større skibe og langt de fleste mindre skibe er i besiddelse af mindst et ekkolod. Tillige, så er ekkolod af sikkerhedsgrunde typisk altid tændt, idet søvejsreglerne foreskriver at besætningen på et skib altid skal observere sejladsen "... ved brug af **alle forhåndenværende midler**, der er hensigtsmæssige under de foreliggende omstændigheder og forhold..." (Internationale Søvejsregler, vores fremhævelse). I praksis betyder dette, at ekkolod altid skal være tændt under sejlads.

Det er, bl.a. af HELCOM, anerkendt, at ekkolod potentielt kan udgøre en negativ påvirkning på havmiljøet (se f. eks. Lurton and DeRuiter, 2011) og at der er et behov for at undersøge omfanget af ekkolod som presfaktor, såvel som effekterne af ekkolod på marine organismer (HELCOM, 2021). Effekterne af ekkolod på fisk og havpattedyr er dårligt undersøgt, men f.eks. Cholewiak et al. (2017) og Quick et al. (2017) dokumenterede reaktioner på ekkolod hos hhv. næbhvaler (Ziphiidae) og kortluffet grind (*Globicephala macrorhynchus*).

Når det kommer til de kraftigere typer af hydrografiske ekkolod, der anvendes til opmåling af havbunden på stor dybde, er der bedre belæg for effekterne. Her skal særligt fremhæves en massestranding af Electradelfiner (*Peponocephala electra*) på kysten af Madagaskar, der faldt sammen med - og sandsynligvis var forårsaget af - en hydrografisk opmåling med et 12 kHz multi-beam opmålingssystem (Southall et al., 2013).

Den kraftigste type af sonarsystemer er militære antiubådssonarer (ASW sonar). Disse typer er velundersøgte, og kraftige reaktioner på disse sonarsignaler er dokumenteret hos en lang række tand- og bardehvaler. Se f.eks. Southall et al. (2021) for en oversigt over undersøgelserne og Parsons (2017) for en diskussion af de forvaltningsmæssige implikationer.

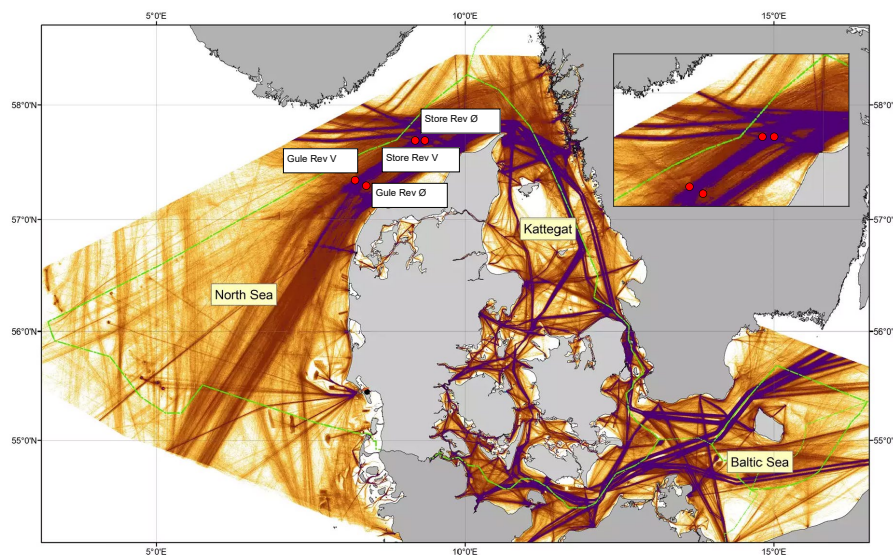
I lyset af den manglende viden om ekkolods bidrag til den menneskeskabte undervandsstøj blev et pilotprojekt udviklet i et samarbejde mellem Aarhus Universitet og Miljøministeriet, med det formål at undersøge muligheden for at kvantificere ekkolods bidrag til undervandsstøjen ved at analysere støjdata indsamlet i nærheden af skibsruiter. Dette notat er afrapportering af de opnåede resultater.

## 2 Metode

Som en del af et pilotprojekt om overvågning af tandhvaler med passiv akustiske metoder blev der udlagt akustiske dataloggere på fire positioner i Skagerrak i perioden maj til august 2021 (Griffiths et al., 2023). Udstyret var SoundTraps ST600HF (OceanInstruments, Auckland, New Zealand), sat op til at optage kontinuerligt med en sample rate på 384 ksamples/s (16 bit), hvilket giver en båndbredde på 192 kHz. To af optagerne (Gule Rev Øst og Store Rev Vest) optog indtil medio august, mens Gule Rev Vest og Store Rev Øst stoppede før tiden, i hhv. medio juni og primo juli. Optagelserne fortsatte på en af positionerne (Gule Rev Øst) som led i Miljøstyrelsens overvågningsprogram for undervandsstøj. Samlet set bestod datasættet derfor af mere end 12 måneders optagelser.

De fire stationer var placeret midt i et af de mest trafikerede farvande i dansk EEZ (Figur 2.1). Omkring 70.000 skibe passerer årligt rundt om Skagen ([Søfartsstyrelsen](#)).

**Figur 2.1.** Placering af de fire målestationer på hhv. Gule Rev og Store Rev under den yderste del af trafiksepareringssystemet i Skagerrak. Baggrundskortet og udsnit viser skibstrafikken i 2021 (tæthed af AIS-positioner, fra Søfartsstyrelsen).



### 2.1 Analyser

De rå optagelser fra målestationerne er gemt som wav-filer. Disse filer blev analyseret med analysesoftware-plattformen PamGuard (Gillespie et al., 2008). PamGuard er en universel platform til analyse af lydfiler og fungerer ved hjælp af en række tilføjelsesprogrammer (plug-ins). Til at finde signaler fra ekkolod og sonar blev anvendt tilføjelsesprogrammet "Whistle and moan detector" (Gillespie et al., 2013), der er velegnet til at finde pulser af rentoner og frekvensmodulerede signaler (sweeps). Tonedetektionen foregår på baggrund af spektrogrammer, hvor der i nærværende analyse blev anvendt en FFT-størrelse på 8192 (dvs. en frekvensopløsning på 47 Hz for det anvendte sample rate på 192 kHz). Denne analyse resulterer i en database med et stort antal detektioner, der opfylder de generelle betingelser for detektoren. Database blev derefter gennemgået for forekomsten af periodiske rentonesignaler, typiske for ekkolod og sonar og tidspunkter noteret. En del falske detektioner vil forekomme ved analyse af store datasæt. En del af disse blev frasor-

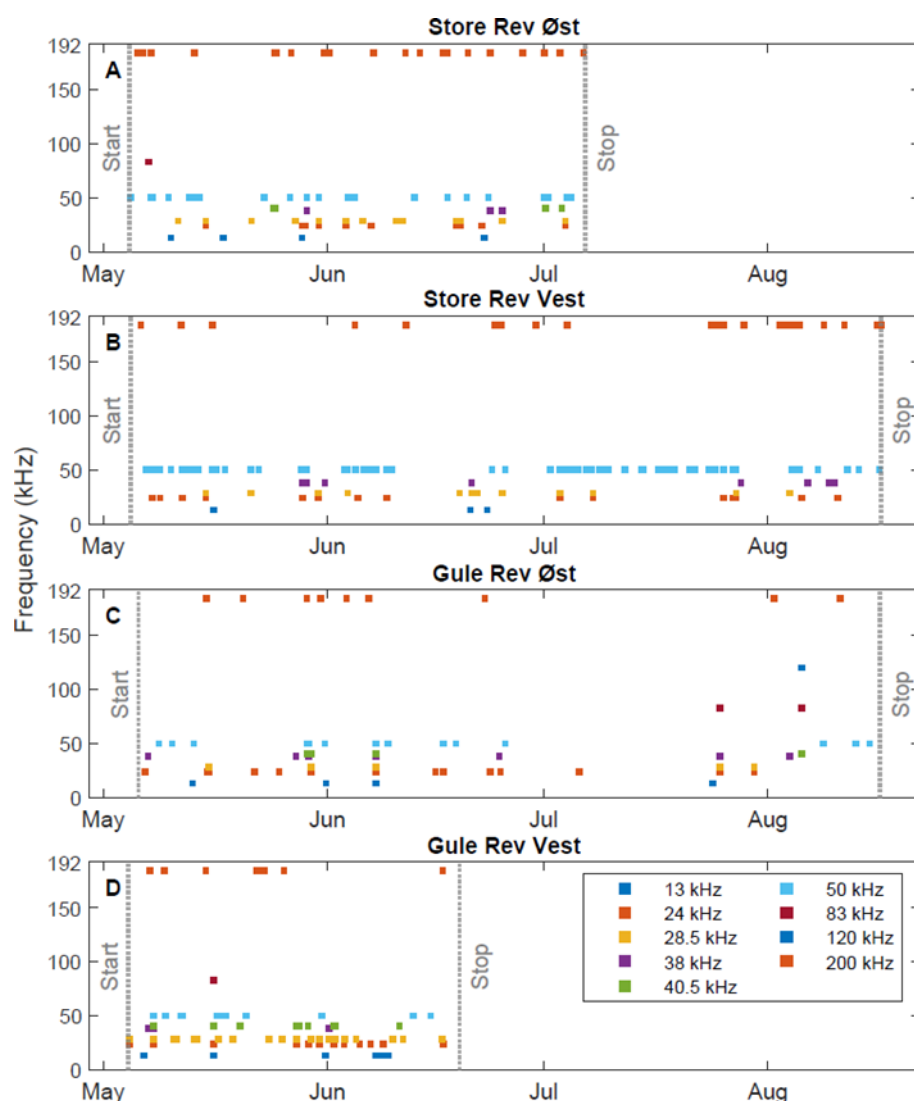
teret ved at begrænse analysen til kun at omfatte et sæt af gængse (eller i datasættet observerede) ekkolodsfrekvenser som i dette studie omfattede frekvenserne 13, 24, 28.5, 38, 40.5, 50, 83, 120, 184 kHz. For automatisk godtagelse af ekkolodsforekomster blev anvendt et sæt kriterier, der påkrævede i) et minimum på 10 tonedetektioner inden for maksimalt 1 minut, samt ii) at disse tonedetektioner alle havde en peak-frekvens, der lå inden for en af de førnævnte gængse ekkolodsfrekvenser med en tolerance på  $\pm 2$  kHz. En stor del af detektionerne blev verificeret ved visuel inspektion af spektrogrammerne.

Den tidsmæssige forekomst af detekterbare ekkolodssignaler i omgivelserne blev kvantificeret ved at summere antallet af unikke minuttal, hvor detektionskriterierne var opfyldt, og den procentvise tid med ekkolodssignaler blev fundet ved at dividere med optagetiden for hver station. Lignende beregninger blev også udført for ekkolodspositive timer og dage. Da en del ekkolodssignaler ofte falder under detektionskriterierne i minutterne før og efter hver detektion, blev tidsestimatet desuden beregnet ud fra antagelsen om, at ekkolodssignaler var til stede i omgivelserne i tidsrummet  $\pm 5$  minutter omkring hvert detektionstidspunkt, hvorfor der blev lagt 10 min til hvert interval. Andelen af den samlede periode, hvor ekkolod var til stede, blev på denne måde angivet som et underestimat (detekterbare signaler for computeralgoritmen) og et (formodet) overestimat (signalerne skønnet hørbare for marsvin og andre tandhvaler).

### 3 Resultater

En lang række signaler med karakteristika af ekkolodssignaler forekom i optagelserne. Der blev fundet signaler med grundfrekvenser i området fra 13 kHz til 200 kHz. Forekomsten er vist i Tabel 3.1 samt skematisk i Figur 3.1. Den hyppigst forekommende type var med en frekvens på 50 kHz. De færreste ekkolod kan associeres med en bestemt skibstype. Eneste undtagelse er 38 kHz, der er standardfrekvensen for videnskabelige ekkolod, der anvendes til hydroakustiske optællinger af fiskebestande (Jech et al., 2005).

**Figur 3.1.** Forekomsten af sandsynlige ekkolodssignaler i optagelserne fra Gule Rev og Store Rev i 2021.



De detekterede ekkolodssignaler udgjorde for alle stationer under 1 % af den samlede optagetid. Under antagelse af, at ekkolodssignaler er tilstede i omgivelserne i  $\pm 5$  minutter omkring hvert detektionstidspunkt steg tidsestimatet til 0,5-1,7 % (Tabel 3.1). Timerne indeholdende detektioner udgjorde 2-7 % af den samlede optagetid og på 33-79 % af dagene blev ekkolod detekteret. Ekkolod må derfor anses som en almindeligt forekommende lydkilde i omgivelserne. De optræder dog i kortvarige episoder og dermed relativt begrænset tid totalt set.

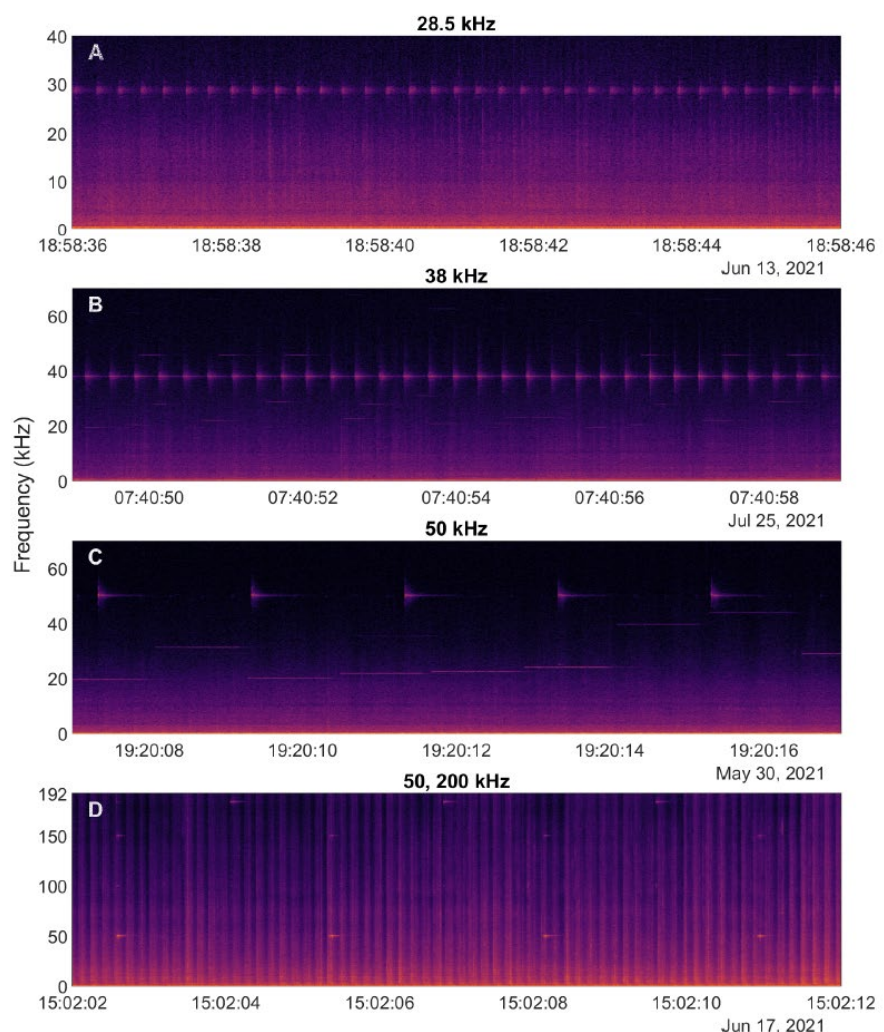
**Tabel 3.1.** Forekomsten af signaler i optagelserne klassificeret som ekkolod fra Gule Rev og Store Rev opgjort som antallet af positive minutter, timer og dage med detektion. Anden kolonne angiver desuden antal positive minutter under antagelsen, at ekkolodssignaler er hørbare for marsvin i  $\pm 5$  minutter omkring hver detektion.

Station	Positive minutter (% optagetid)	Positive minutter $\pm 5$ min (% optagetid)	Positive timer (% optagetid)	Positive dage (% optagetid)
Store Rev Øst	380 (0,4%)	1040 (1,1%)	79 (5,2%)	40 (63,4%)
Store Rev Vest	813 (0,5%)	1969 (1,3%)	122 (4,9%)	64 (61,6%)
Gule Rev Øst	345 (0,2%)	767 (0,5%)	46 (1,9%)	34 (33,1%)
Gule Rev Vest	556 (0,8%)	1138 (1,7%)	75 (6,8%)	36 (78,5%)

### 3.1 Eksempler på optagelser med ekkolod

Fire eksempler på typiske optagelser af ekkolodssignaler er vist i Figur 3.2.

**Figur 3.2.** Spektrogrammer med fire eksempler på ekkolodssignaler i optagelserne. A) et ekkolod med signaler på 28.5 kHz, ca. 3.5 pulser per sekund. B) Ekkolod ved 38 kHz, ligeledes ca. 3.5 pulser per sekund. C) 50 kHz ekkolod med 2 sekunder mellem pulserne. Desuden en serie svagere rentoner, ca 1 s lange, i stigende frekvens fra 20 kHz og op efter. D) 50 kHz ekkolod og et ekkolod ved 200 kHz. Det sidste optræder ved 184 kHz i spektrogrammet pga. aliasing. De tydelige lodrette bånd i spektret skyldes amplitudemodulation af skibsstøjen på grund af propellens rotation.

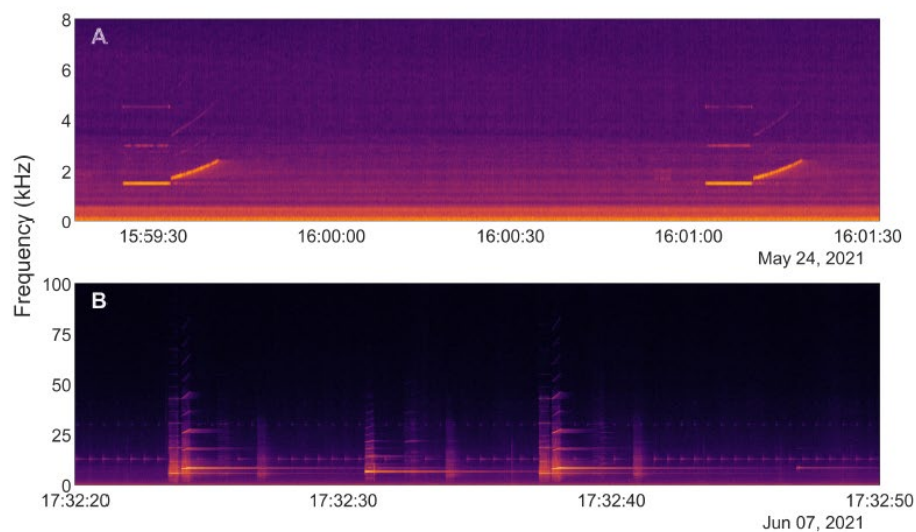




### 3.2 Optagelser af mulige militære sonarsignaler

I en række af optagelserne forekom kraftige rentone (CF) og frekvensmodulerede (FM) signaler i frekvensbånd under 10 kHz. Disse bånd anvendes sædvanligvis ikke til ekkolod (med undtagelse af særlige ekkolod til bathymetri i de dybeste dele af oceanet). Derimod anvendes de af en lang række militære antiubådssonarer. To typiske eksempler er vist i Figur 3.3. Øverst en type med flere sekunder lange signaler, med CF-delen omkring 1.5 kHz, efterfulgt af et FM sweep. Denne type signal passer i specifikationer med forskellige typer af helikopterbaserede sonarer (dipping sonar), f.eks. HELRAS DS100 (L-3 Ocean Systems, 2007). Nederst en type med lidt kortere signaler, med CF-delen omkring 6 kHz, ligeledes efterfulgt af et FM-sweep. Disse signaler passer i specifikationer med skrogmonterede sonarsystemer såsom ATLAS type ASO 713/723 (Atlas Elektronik).

**Figur 3.3.** Eksempler på to typer signaler med karakteristika, der svarer til militære antiubådssonarer. Øverst et CF-FM signal i frekvensområdet 1.5-2.5 kHz (med overtoner), nederst et andet CF-FM signal i frekvensområdet 6-9 kHz (med overtoner). I den sidste optagelse ses desuden et 13 kHz ekkolod, enten fra det samme skib, som bar sonaren, eller et andet skib.



## 4 Konklusion og videre arbejde

De foreløbige analyser viser, at det er muligt at identificere ekkolodssignaler i optagelser fra optagesystemer (PAM) udlagt gennem længere tidsperioder på havbunden. Det er især vigtigt, at det viste sig muligt at finde ekkolodssignalerne ved hjælp af semiautomatiserede computeralgoritmer, der kræver forholdsmæssig lidt verifikation fra en operatør. Dermed bliver det realistisk at gennemføre analyser rutinemæssigt på PAM-optagelser, for derved at få kvantificeret, hvor omfattende påvirkningen med ekkolodssignaler er. De undersøgte stationer ligger i et af de mest trafikerede områder i danske farvande, og må derfor forventes at ligge i top med hensyn til forekomsten af ekkolod.

Vores estimater (der pga. detektionskriterierne må anses for at være underestimeret) antyder at ekkolod er til stede omkring 1 % af tiden i nærheden af de fire optagestationer. Eksponeringstiden i sig selv antyder en begrænset påvirkning af havpattedyr, men hyppigheden af ekkolod må anses for at være relativt høj, da der visse steder og perioder kan forekomme ekkolodssignaler på næsten daglig basis. Om ekkolod er en vigtig kilde i forhold til lydforurening, må antageligt afhænge af, om eksponering for ekkolod fører til adfærdsmæssige påvirkninger, der ligger ud over selve eksponeringstiden.

Analyserne vil fortsætte i 2023, med henblik på at kvantificere aftrykket af ekkolod på undervandslydbilledet, dvs. med det mål at kunne sætte tal på hvor stor en del af tiden ekkolod er registrerbare over baggrundsstøjen for de enkelte stationer. Et sådant kvantificerbart mål vil kunne anvendes til at kortlægge udviklingen i presfaktoren over tid, særligt relevant i særligt følsomme områder (f.eks. Natura2000-områder). Det vil også kunne anvendes i studier af effekten af ekkolod på f.eks. marsvin, hvor man vil kunne korrelere forekomsten af ekkolod med den akustiske aktivitet hos marsvin, ligeledes målt med PAM (med C-PODs eller andet velegnet udstyr).

## 5 Referencer

Atlas Elektronik, ASO - 713/723 Hull-Mounted Active Sonar, Bremen, Germany

Cholewiak, D., DeAngelis, A.I., Palka, D., Corkeron, P.J., Van Parijs, S.M., 2017. Beaked whales demonstrate a marked acoustic response to the use of shipboard echosounders. *R Soc Open Sci* 4, 170940.10.1098/rsos.170940

EU Kommissionen, 2008. Europa-parlamentets og Rådets direktiv 2008/56/EF af 17. juni 2008 om fastlæggelse af en ramme for Fællesskabets havmiljøpolitiske foranstaltninger (havstrategirammedirektivet),

Gillespie, D., Caillat, M., Gordon, J., White, P., 2013. Automatic detection and classification of odontocete whistles. *J Acoust Soc Am* 134, 2427-2437.10.1121/1.4816555

Gillespie, D., Gordon, J., McHugh, R., McLaren, D., Mellinger, D.K., Redmond, P., Thode, A., Trinder, P., Deng, X.Y., 2008. PAMGUARD: Semiautomated, open source software for real-time acoustic detection and localisation of cetaceans. *Proceedings of the Institute of Acoustics* 30, 9pp-9pp

Griffiths, E.T., Kyhn, L.A., Sveegaard, S., Tougaard, J., Teilmann, J., 2023. Acoustic detections of odontocetes in the Skagerrak, summer 2021. Investigation of clicks and whistles from delphinids at Gule Rev and Store Rev. Scientific Report from DCE - Danish Centre for Environment and Energy, Roskilde

HELCOM, 2021. HELCOM Recommendation 42-43/1. Regional action plan on underwater noise (RAP noise), Helsinki

Jech, J.M., Foote, K.G., Chu, D., Hufnagle Jr., L.C., 2005. Comparing to 38-kHz scientific echosounders. *ICES J.Mar.Sci.* 62, 1168-1179

L-3 Ocean Systems, 2007. HELRAS DS-100 Helicopter Long-Range Active Sonar, Sylmar, California

Lurton, X., DeRuiter, S., 2011. Sound radiation of seafloor-mapping echosounders in the water column, in relation to the risks posed to marine mammals. *International Hydrographical Review* November, 7-18

Parsons, E.C.M., 2017. Impacts of Navy Sonar on Whales and Dolphins: Now beyond a Smoking Gun? *Front. Mar. Sci.* 4.10.3389/fmars.2017.00295

Quick, N., Scott-Hayward, L., Sadykova, D., Nowacek, D., Read, A., 2017. Effects of a scientific echo sounder on the behavior of short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 74, 716-726.10.1139/cjfas-2016-0293

Southall, B.L., Nowacek, D.P., Bowles, A.E., Senigaglia, V., Bejder, L., Tyack, P.L., 2021. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Assessing the Severity of Marine Mammal Behavioral Responses to Human Noise. *Aquat. Mamm.* 47, 421-464.10.1578/am.47.5.2021.421

Southall, B.L., Rowles, T.K., Gullard, F.M.D., Baird, R.W., Jepson, P.D., 2013. Final report of the Independent Scientific Review Panel investigating potential contributing factors to a 2008 mass stranding of melon-headed whales (*Peponocephala electra*) in Antsohihy, Madagascar, Cambridge