

To marsvin fra Fjord og Bælt centeret i Kerteminde. Marsvin i fangenskab hjælper os i forståelsen af deres vilde artsfæller. Foto: Peter Verhoog.

#### Om forfatteren



Pernille Meyer Sørensen er forskningsassistent ved Sektion for havpattedyrsforskning, Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.

Hun interesserer sig for, hvordan havpattedyr bruger akustisk kommunikation i sociale interaktioner med artsfæller, samt hvordan naturlige og menneskeskabte forstyrrelser, såsom støj, begrænser havpattedyrs mulighed for at kommunikere.

I 2019 rejser hun til University of Bristol i Storbritannien, hvor hun skal undersøge dannelsen af alliancer hos øresvin, og hvordan disse påvirkes af det akustiske miljø.

pernille.soerensen@bios.au.dk

# MARSVIN MORSEKODER for at undgå spækhuggere

**De fleste hvaler kommunikerer med hinanden ved hjælp af lavfrekvent lyd. Men ikke marsvinet, der udelukkende producerer signaler af høj frekvens. Sandsynligvis skyldes det, at de derved kan undgå at blive opdaget og spist af spækhuggere.**

**E**t hurtigt glimt af en rygfinne eller to, der forsvinder bag en bølgetop – sådan oplever man oftest mødet med marsvin på trods af, at der lever omkring 40.000 af dem i de indre danske farvande. Marsvinenes sky natur og kortvarige besøg ved overfladen gør, at vi ved overraskende lidt om den lille hval. Heldigvis har ny teknologi gjort, at vi inden for de seneste fem år er kommet helt tæt på marsvinenes liv.

Modsat marsvin lever landlevende

pattedyr i et miljø, hvor syns- og lugtesansen i høj grad bruges til navigation og fødesøgning. Disse sanser er dog ikke særligt effektive over længere afstande under vand, og derfor benytter hvaler sig i stedet for af lyd og deres hørelse. Marsvin benytter sig af specielle højfrekvente klik, der først og fremmest bruges til ekkolokalisering. Ekkolokalisering er en proces, hvor marsvinet udsender et kort klik, der vandrer gennem vandet, indtil det rammer et byttedyr eller en barriere såsom bunden eller overfladen.

## En dag i marsvinets liv

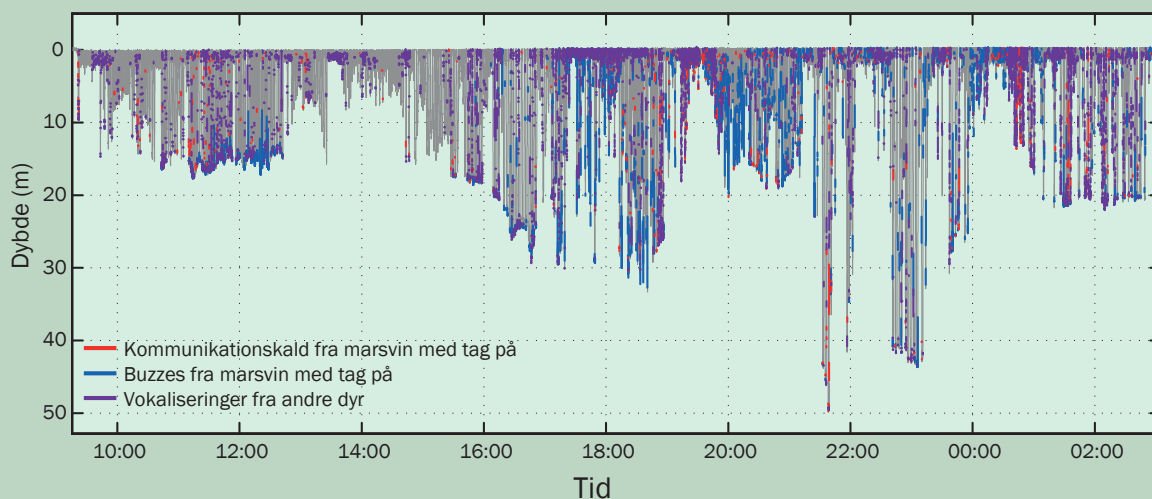
På fotoet ses et vildt marsvin udstyret med en instrumentpakke, også kaldet en DTAG. Marsvinene bliver håndteret i få minutter, hvor DTAG'en sættes på, og herefter bliver de sat tilbage i havet. Taggen optager de klik, marsvinet udsender. Marsvinets klik laves ved strukturer i åndehullet kaldet abelæberne. Ved at presse luft forbi disse strukturer kan der dannes klik, som efterfølgende sendes ud gennem marsvinets pande i det væv, man kalder melonen. Melonens fedtholdige sammensætning er med til at retningsorientere klikkene i en lydkegle foran dyret. Modsat mennesker har marsvin ikke et ydre øre, der leder lyden til det indre øre. I stedet opfanges deres egne ekkoer og lyde gennem underkæben, hvor lyden via et lydtransporterende væv sendes til det indre øre.



Foto: Sektion for havpattedyrforskning, Aarhus Universitet.

Nederst: Data, vi indsamler ved hjælp af DTAGs, giver os blandt andet information om, hvor dybt og hvor lang tid marsvinene dykker, og hvornår de udsender klik. Her ses en såkaldt dykkerprofil, hvor dyb-

den ses som en funktion af tid. De grå linjer illustrerer marsvinets bevægelse op og ned i vandsøjlen. Derudover er der med rød, blå og lilla farver markeret, hvornår dette marsvin udsender kald og buzzes, og hvornår andre dyr kan høres på optagelserne.



Herfra reflekteres lyden tilbage til marsvinet som et ekko. Ved at udsende serier af klik og lytte efter de tilbagevendende ekkoer, kan marsvinet orientere sig om sine omgivelser og få information om, hvor dets bytte befinder sig, hvilket hjælper den til at fange byttet. Når marsvinet nærmer sig sit bytte, vil det klikke hurtigere og hurtigere for at få en hurtigere opdatering om, hvor og hvordan byttet bevæger sig. Denne fase kaldes et buzz, og her klikker marsvinet med en hastighed på cirka 500 klik i sekundet.

Det meste af energien i marsvins klik ligger mellem 100 og 160 kHz, og de hører også godt i dette frekvensområde. Men de hører også godt ved lave frekvenser helt ned til ~10 kHz. Til sammenligning er den højeste lyd, mennesker kan høre, 20 kHz. Højfrekvente klik er mere retningsorienterede, og marsvin får derfor kun ekkoer tilbage fra objekter i en smal lydkegle foran dem. Dette er en stor fordel, når marsvinet skal fokusere på og fange sit bytte, idet dyret undgår at tage stilling til alt omkring sig.

### Lavfrekvent kommunikation

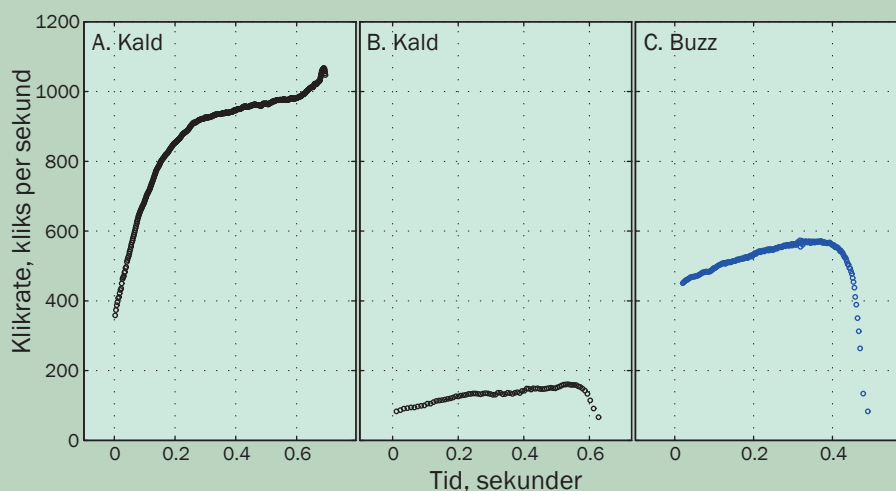
Alle tandhvaler benytter sig af højfrekvente klik til ekkolokalisering. Der er dog to vigtige ulemper ved at bruge højfrekvente signaler: Højfrekvente lyde dæmpes hurtigere, og klikkenes retningsorientering vil reducere det volumen, lydets energi spredes over. Disse egenskaber er ikke særligt fordelagtige, når man ønsker at udveksle information med en artsfælle. Som en konsekvens af dette bruger mange hvaler lavfrekvente lyde, når de kommunikerer med artsfæller for at kunne videregive og modtage information over

## Kommunikation og hvalernes tilpasning til et liv i havet

Kommunikation kan defineres som overførslen af information fra en afsender til en modtager og modtagerens efterfølgende brug af denne information til at foretage en handling. Sådant information kan forekomme i mange former, og en organisme behøver derfor særligt indrettede sanseorganer til at kunne modtage og oversætte

denne information. Da hvalernes forfædre for cirka 70 millioner år siden vandrede tilbage til havet, hvor alt liv oprindeligt opstod, skulle de i høj grad tilpasse sig et helt andet sensorisk miljø. I vand begrænses synssansen til få meter, og brug af lugtesansen vil oftest være en alt for langsommelig proces. Modsat er lyd et meget effektivt transportmid-

del; lyd transmitteres fire-fem gange hurtigere i vand end i luft, og lyd af en given frekvens bevæger sig længere i vand end over overfladen. Derfor benytter alle hvaler sig af lyd til at kommunikere og navigere med, og nogle arter af hvaler, tandhvalerne, har endda udviklet ekkolokalisering til at detektere og fange deres byttedyr ved hjælp af lyd.



Marsvin benytter sig af de samme højfrekvente klik til ekkolokalisering og kommunikation. Det lader dog til, at måden, hvorpå marsvin adskiller klikserier til fødesøgning fra klikserier til kommunikation, er via ændringer i varigheden mellem de enkelte klik, der udsendes i en serie. I figuren ses klikraten, det vil sige hvor mange klik, der udsendes per sekund, som en funktion af tid for tre forskellige klikserier.

(A) og (B) viser to kald med forskellige repetitionsrater. I (A) repeteres størstedelen af alle klik med en rate på mere end 800 klik per sekund. I (B) udsendes hvert enkelt klik med en lavere rate på omkring 100 klik per sekund. (C) viser den rate, marsvinet klikker med i et fødesøgnings-buzz. Her udsendes størstedelen af klikkene med en repetitionsrate på omkring 500 klik per sekund.

lange afstande og i alle retninger. Det er for eksempel tilfældet med pukkelhvalernes sang og delfinernes individualspecifikke fløjt. Tidligere optagelser har aldrig afsløret lignende lavfrekvente signaler fra marsvinet, så det tyder på, at marsvinet kun producerer højfrekvente klik. Men betyder det så, at marsvinet slet ikke kommunikerer, og at deres sky adfærd afspejler en asocial livsstil? Og hvis ikke, hvad gør de så for at kommunikere og holde kontakt med artsfæller? Denne problemstilling satte jeg mig for at undersøge nærmere i mit speciale i samarbejde med professor Peter Teglberg Madsen, postdoc Danuta Wisniewska, AIAS fellow Frants Jen-

sen, Seniorforsker Mark Johnson og Seniorforsker Jonas Teilmann.

### Specialdesignet rygsæk til marsvin

For at følge vilde marsvins naturlige adfærd kan man benytte specialdesignede instrumentpakker, der ved hjælp af sugeskopper sættes fast på ryggen af hvalerne. Herfra måler de hvalens bevægelse i tre dimensioner, hvor dybt hvalen dykker samt alle de lyde, hvalen oplever og selv producerer. Spørgsmålet er så bare, hvordan man kommer tæt nok på en hval til at kunne sætte instrumentpakken på? For marsvinet er vi på Aarhus Universitet så heldige at have gode kontakter til

lokale fiskere. Når der somme tider går et marsvin i deres bundgarn, kontakter fiskerne os, så vi kan tage ud og sætte instrumentpakken på marsvinets ryg, hvorefter dyret slippes fri. Når sugeskopperne slippes marsvinet efter (forhåbentligt) mange timers optagelser, vil instrumentpakken flyde til overfladen. Ved hjælp af pakkens radiosender kan vi da pejle os ind på, hvor den befinder sig, og hente den hjem.

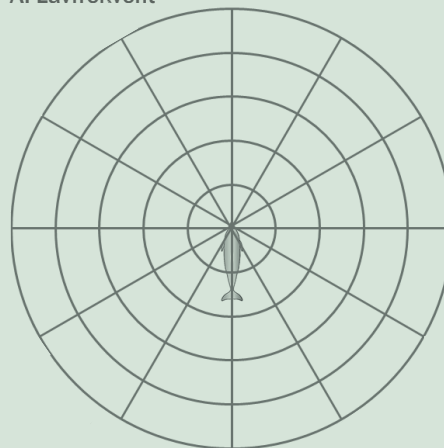
### Marsvinet taler i morsekoder

Det lykkedes os på den måde at få data fra seks forskellige marsvin, svarende til 96 timers optagelser. Ved manuel gennemgang af alle optagelserne kunne vi bekræfte, at

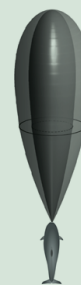
## Active space

*Active space* defineres som den maksimale afstand, en modtager er i stand til at høre og afkode informationen i et signal fra en afsender. Hvor stor denne afstand er, afhænger af modtagerens høreevne, mængden af støj i miljøet og miljøets struktur og endelig signalets egenskaber. Et lavfrekvent signal kan sendes over lange afstande, hvorimod højfrekvente signaler hurtigt dæmpes, og når til sammenligning ikke særlig langt. Desuden vil energien i lavfrekvente signaler blive spredt mere eller mindre i alle retninger (A), i modsætning til højfrekvente signaler, der er meget retningsorienterede (B). Derfor bruger tandhvaler ofte højfrekvente signaler til fødesøgning (ekkolokalisering) og lavfrekvente signaler til kommunikation. Marsvinet er her en undtagelse, idet den kun udsender højfrekvente klik, som bruges til både ekkolokalisering og kommunikation.

A. Lavfrekvent

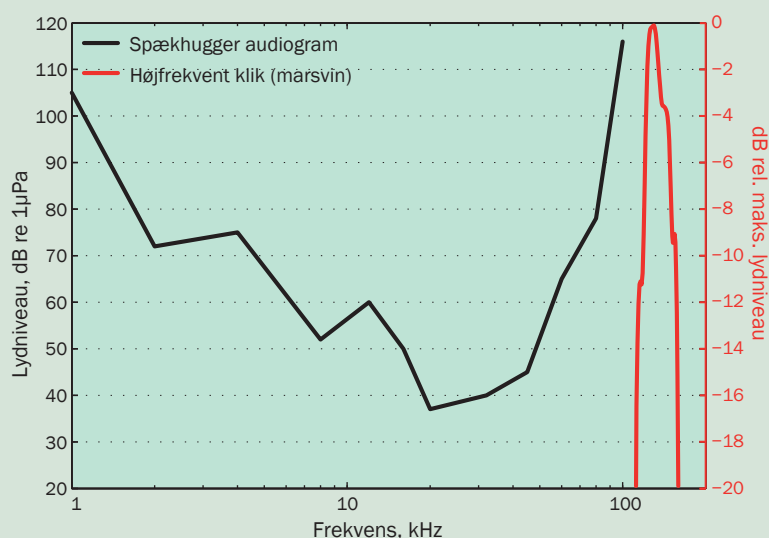


B. Højfrekvent



## Audiogram

Evnen til at høre kan illustreres ved et såkaldt audiogram. Et audiogram illustrerer det lydniveau, der skal til, for at en organisme kan høre en lyd ved en given frekvens. Audiogrammet for en spækhugger er illustreret i figuren (venstre y-akse, sort) og viser, at dette dyr hører bedst mellem 20 og 45 kHz, hvorimod dens evne til at høre svækkes ved frekvenser, der nærmer sig flankerne nær 1 og 100 kHz. På figuren er ligeledes plottet energien i et marsvins højfrekvente klik (højre y-akse, rød). Som det kan ses af figuren, overlapper spækhuggerens høreevne ikke med de frekvenser, marsvinet klikker med. Det bakker derfor op om den teori, at marsvin udelukkende benytter sig af højfrekvente klik til ekkolokalisering såvel som kommunikation for at undgå at blive opdaget og spist af spækhuggere.



vilde marsvin udelukkende producerer højfrekvente klik. Det betyder dog langt fra, at marsvinene ikke var i kontakt med artsfæller, tværtimod! To af dyrene var sammen med deres kalve, da de fik måleinstrumentet på, men alle dyrene var ofte i kontakt med eller i nærheden af andre marsvin. Det kunne jeg bekræfte ved at adskille klik fra "vores eget dyr" fra andre marsvins klik. Når instrumentpakken sidder på ryggen af marsvinet bag ved det lydproducerende organ, vil de klik, man optager, nemlig have en anden frekvenssammensætning end den, man optager foran dyret.

Men hvis marsvinet ikke kan kom-

munikere ved hjælp af lavfrekvente signaler, hvordan kommunikerer de så med andre marsvin? I analysen af marsvinenes klik så jeg hurtigt, at der var nogle serier af klik, der lød og så anderledes ud end ekkolokalisering-buzzet. I buzzet kan man ved hjælp af særlige analyseteknikker visualisere de ekkover, der sendes tilbage fra byttedyret, og fra instrumentpakkens bevægelsesdata kan man tydeligt se de ændringer, der finder sted, idet marsvinet suger sit bytte ind i munden. Men for en lang række af de klikserier, jeg analyserede, var der ingen af disse karakteristika til stede. Derudover blev disse særlige klikserier ofte gentaget flere gange

i træk og i høj grad på de tidspunkter, hvor andre marsvin kunne høres på optagelserne. Der er derfor stor sandsynlighed for, at marsvinet benytter disse særlige klikserier til kommunikation med artsfæller. Men hvis de benytter sig af den samme type klik til både fødesøgning og kommunikation, hvordan kan andre marsvin så vide, om de bliver snakket til, eller om det andet marsvin blot leder efter føde? En mulighed er, at marsvinene i stedet videregiver information via klikkenes repetitionsrate – lidt på samme måde, som vi kender det fra morsekodning. Ganske rigtigt så jeg, at de klikserier, der blev brugt til kommunikation, oftest blev udsendt

**Videre læsning**  
marinebioacoustics.files.  
wordpress.com

Clausen, K. T., Wahlberg, M., Beedholm, K., Deruiter, S. & Madsen, P. T., 2010. Click communication in harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *Bioacoustics*, 20, 1-28.

Morisaka, T. & Connor, R.C., 2007. Predation by killer whales (*Orcinus orca*) and the evolution of whistle loss and narrow-band high frequency clicks in odontocetes. *Journal of Evolutionary Biology*, 20(1976), pp.1439-1458.

Sørensen, P. M., Wisniewska, D. M., Jensen, F. H., Johnson, M., Teilmann, J. & Madsen, P. T., 2018. Click communication in wild harbour porpoises (*Phocoena phocoena*). *Scientific reports*, 8:9702.

Perrin, W.F., Würsig, B. & Theewissen, J. G. M. (eds). 2009. *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press.

Forskningen blev støttet af the German Federal Agency for Nature Conservation (BfN), Carlsberg-fondet og Danmarks Frie Forskningsfond (FNU).

med en repetitionsrate, der var langsommere eller hurtigere end repetitionsraten i et buzz. Det lader altså til, at tiden mellem de enkelte klik i en serie benyttes til at indkode information og hjælper marsvinene med at adskille klikserier til fødesøgning fra kommunikationskald.

### Marsvinet leger gemmeleg

Som en konsekvens af klikkenes høje frekvensindhold og deres derved korte rækkevidde, udsendte marsvinene ofte det samme kald flere gange i træk, og de enkelte klik blev udsendt med en højere intensitet end enkelte klik i de lignende buzzes. Dette er formentlig en måde, hvorpå marsvinene øger sandsynligheden for at blive hørt eller holde kontakt med deres artsfæller. Det virker som en meget besværlig form for kommunikation, så hvorfor har marsvinet ikke udviklet lavfrekvente signaler, såsom øresvinets fløjt? Den bedste forklaring herpå er truslen fra spækhuggere. Spækhuggerens leveområder overlapper geografisk i høj grad med marsvinets, og nogle

spækhuggere spiser udelukkende andre havpattedyr. Denne type spækhuggere lytter efter lydsignaler udsendt af deres bytte i stedet for selv at ekkolokalisere. Det gør de formentlig for at undgå, at deres bytte hører dem. Så hvordan sikrer marsvinet sig, at det kan kommunikere og finde føde uden at blive opdaget? De kan enten tie helt stille, eller de kan producere klik af en frekvens, som spækhuggerne ikke kan høre. Sidstnævnte er lige præcis det, marsvinene gør. Studier har vist, at spækhuggere ikke kan høre lyde med en frekvens på mere end cirka 100 kHz. Ved at benytte sig af højfrekvente klik (>100 kHz), har marsvin altså den fordel, at de kan blive ved med at søge føde og kommunikere uden at blive hørt af spækhuggere. Så selvom marsvin i danske farvande overordnet set sjældent får besøg af spækhuggere (der blev udryddet i vores del af Nordsøen for cirka 100 år siden), har spækhuggerens tilstedeværelse evolutionært set tilsyneladende medført, at marsvinene har tilpasset sig brugen af højfrekvente klik

til kommunikation, fordi lavfrekvente signaler har øget risikoen for at blive spækhuggerens aftensmad.

### “Hvad snakker du om?”

Selvom vi har lært en masse nyt om marsvinet inden for de seneste par år, er der stadig meget, vi endnu ikke ved om Danmarks eneste, hjemmehørende hval. I den kommende tid håber vi på at undersøge, hvor mange forskellige typer af kald, de bruger, og hvordan de bruger dem. Ved at afspille de forskellige kaldtyper for marsvin i fangenskab, kan vi undersøge, hvordan marsvinene reagerer og dermed få indsigt i, hvad marsvinene fortæller med deres kald, samt få en større forståelse for deres sociale liv. Når vi på denne måde lærer mere om, hvordan marsvinets lyd fungerer, og hvor vigtig den er for kommunikation og fødesøgning, hjælper det os også til at forstå, hvordan og i hvor høj grad marsvin bliver forstyrret af menneskeskabt støjforurening fra eksempelvis skibstrafik. En viden, vi kan bruge til bedre at beskytte marsvinene i naturen. ■

Science på RUC

Naturvidenskab i virkeligheden

# Interesserer du dig for Matematisk Modellering?

Nye uddannelser på Roskilde Universitet:

- **Mathematical Computer Modelling**
- **Mathematical Physical Modelling**

[ruc.dk/matematik-pa-roskilde-universitet](http://ruc.dk/matematik-pa-roskilde-universitet)

