



Eksisterende teknologi for å holde hval og sel borte fra fiskeredskap
og oppdrettsanlegg og sammenfatning av erfaringer i Norge og
internasjonalt

ARNE BJØRGE & LISE DOKSETER SIVLE
Havforskningsinstituttet

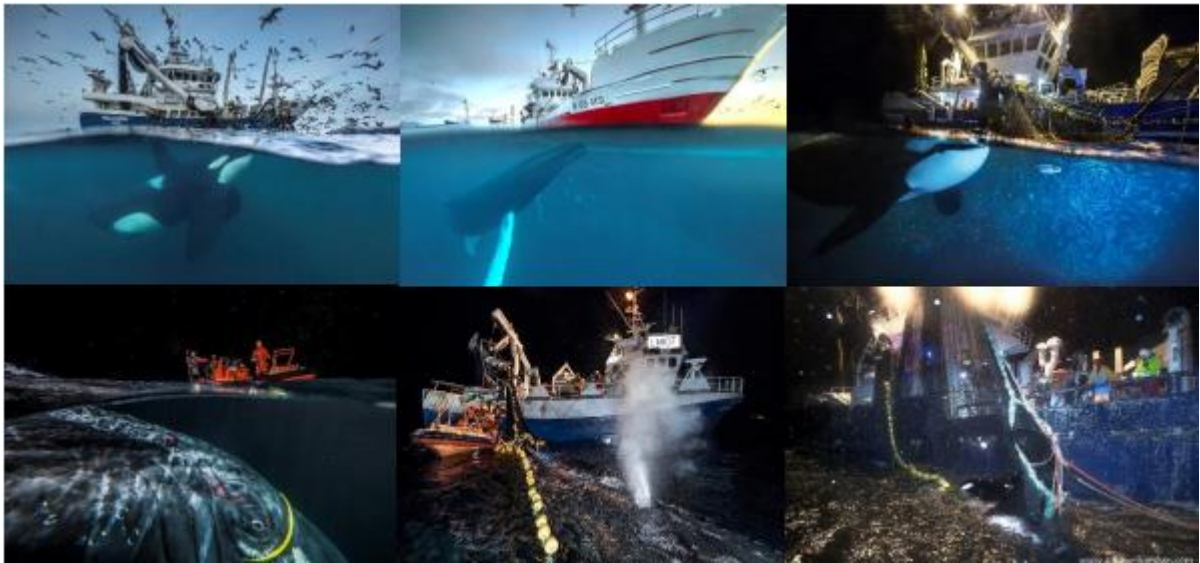


Foto: Audun Rikardsen

Oslo/Bergen
Desember 2021

INNHold

1. INNLEDNING

- 1.1 Bakgrunn for prosjektet**
- 1.2 Lyd i vann**
- 1.3 Hvalenes lydproduksjon og hørsel**

2. TILGJENGELIG TEKNOLOGI FOR Å HOLDE HVAL OG SEL UNNA FISKEREDSKAP OG OPPDRETTSANLEGG

- 2.1 Akustiske alarmer, pingere**
- 2.2 Lofitech's selskremmer**
- 2.3 Mustads autolines hvalskremmer 'Orca saver'**
- 2.4 SMRU's hval- og selskremmer**
- 2.5 Bruk av biologisk skremmelyd**

3. ERFARING MED TILGJENGELIG TEKNOLOGI I NORGE OG INTERNASJONALT

- 3.1 Pingerekspersiment på garn i Norge**
- 3.2 Eksperiment med pingere og hvalskremmer på line i Norge**
- 3.3 Pingerekspersiment internasjonalt**
- 3.4 Eksperiment med Lofitech's selskremmer**
- 3.5 Eksperiment med fleksibelt utstyr fra SMRU**

4. KONKLUSJON OG TILRÅDNING

5. REFERANSER

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Siden 2012/13 sesongen har en stor del av ringnotfisket etter NVG sild foregått i kystnære farvann i Troms, og til dels inne i trange fjorder. I denne perioden har det vært hyppige interaksjoner mellom ringnot, knølhval og spekkhoggere som følger silda inn i fjordene for å beite på denne. Dette har allerede ført til skade og død for hvalene og tapt fangst og skade på redskap for fiskerne (Rikardsen, 2019). Spekkhoggere søker også til ringnotbåter under fisket på sildas gyteplasser utenfor Helgeland og på Møre (Dietz *et al.*, 2020; Vogel *et al.*, In press.). Problemet er ikke enestående for ringnotfisket etter sild, men også kjent blant annet fra ringnotfiske etter lodde i Barentshavet og etter makrell i Norskehavet, samt blåkveitefiske hvor spermhval spiser fisk fra line og garn under haling. Også akvakulturnæringen erfarer problemer med sjøpattedyr i nærheten av fiskeoppdrettsanlegg, særlig fra selartene havert og steinkobbe, men både knølhval og spekkhoggere er rapportert gått seg fast i moringsinnretninger ved oppdrettsanlegg. Skade på slike anlegg kan medføre betydelige økonomiske tap i form av rømt eller stresset fisk

1.2 Lyd i vann

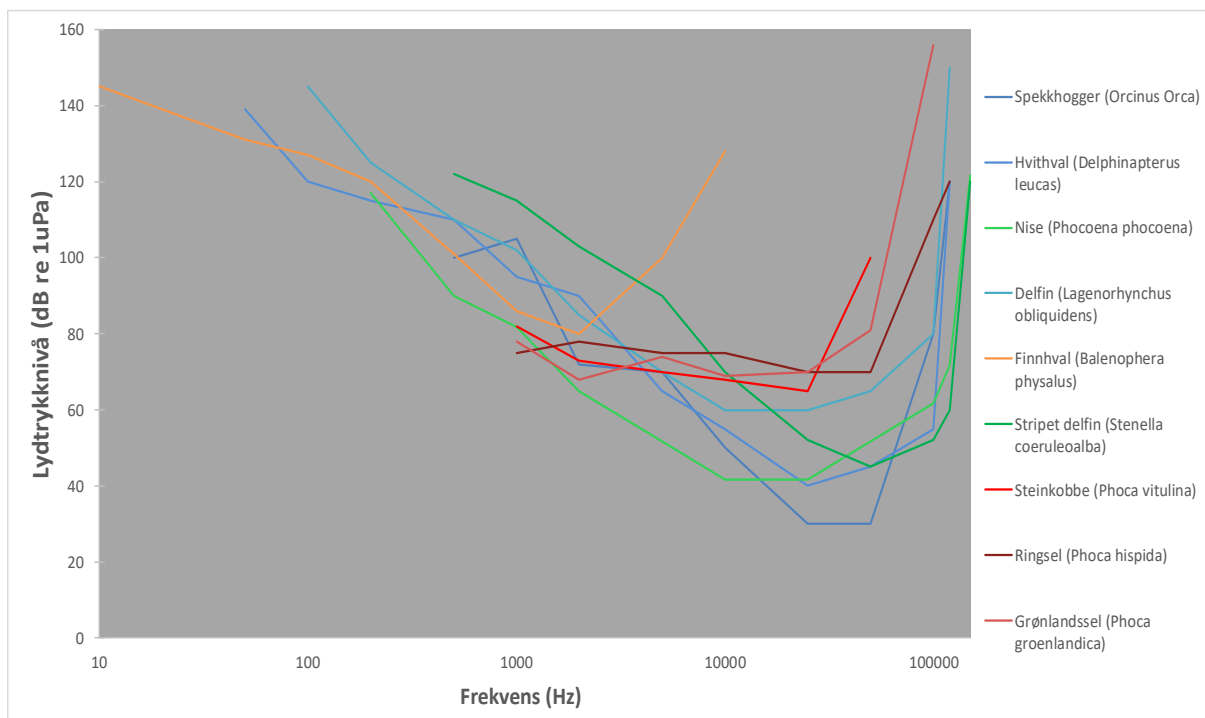
Lyd i vann oppstår når vannmolekyler settes i bevegelse og presses sammen og dermed øker trykket. Lydpulser har dermed en trykk-komponent som måles i Pascal og en kinetisk komponent eller partikkelakselerasjon som måles i m/s^2 . Lyd i vann og luft sprer seg på samme måte; ved at trykkbølgene beveger molekylene og sprer seg utover fra lyd-kilden. Men siden vann er et mye tettere medium enn luft går lyden mye raskere i vann. I sjøvann er lyd-hastigheten 1,5216 km/sekund mot 337,5 m/sekund i luft ved 10°C. Lyden går noe raskere ved høyere temperaturer. Lydnivået dempes med avstand grunnet geometrisk spredning ut fra lyd-kilden. Noe av energien i lydbølgen vil også absorberes og gjøres om til varme. Høyere frekvenser absorberes raskere, og dette medfører at lave frekvenser kan propagere over mye lengre avstander. For eksempel vil 99 % av energien i en lyd-puls på 100 kHz være absorbert etter ca 10 m, mens tilsvarende varighet for en lyd-puls på 100 Hz er 10 km.

Lyd spiller en vesentlig rolle for liv i havet. Både sjøpattedyr, fisk og virvelløse dyr bruker lyd til å kommunisere, lokalisere artsfrender og fiender og å finne mat. Imidlertid er det stor forskjell i frekvensområder ulike dyregrupper bruker, hvilke lyd-komponenter de oppfatter og hvilke organer som brukes i hørsel og lyd-produksjon. Sjøpattedyr, er på samme måte som mennesker følsomme for lyd-trykk, mens fisk og virvelløse dyr hovedsakelig oppfatter partikkel-bevegelsen. På lang avstand fra lyd-kilder er det et konstant forhold mellom lyd-ens trykk-komponent og kinetiske komponenten (fjernfelt). På kortere avstand (nærfelt); ca 1/6 av bølgelengden, øker imidlertid partikkel-bevegelsen betydelig mer enn lyd-trykket med minkende avstand.

Lydpulser karakteriseres ved et nivå og ved frekvensinnholdet (spektralinnholdet). Frekvens måles i antallet trykk-fluktuasjoner pr sekund (Hz), mens nivået måles i desibel (dB). Desibel er en måleenhet uten dimensjon, og viser til den logaritmiske verdien trykket i forhold til en referanseverdi, målt i Pascal (Pa). Denne referanseverdien er ulik i vann og i luft; i vann er den 1 μPa , mens i luft 20 μPa . Dette betyr at for hver dobling av trykket målt i Pascal øker nivået med 6 dB. I luft har man valgt et referanse-trykk på 20 μPa fordi dette er en gjennomsnittlig høreterskel for mennesker ved 1000 Hz. På grunn av forskjellen i referanseverdi er dermed desibelskalaen i luft og vann ikke rett frem å sammenlikne. Det vil si at et lyd-trykk i vann angitt i dB re 1 μPa har samme energi som et ca. 62 dB lavere lyd-trykk i luft angitt i dB re 20 μPa .

1.2 Hvalenes lydproduksjon og hørsel

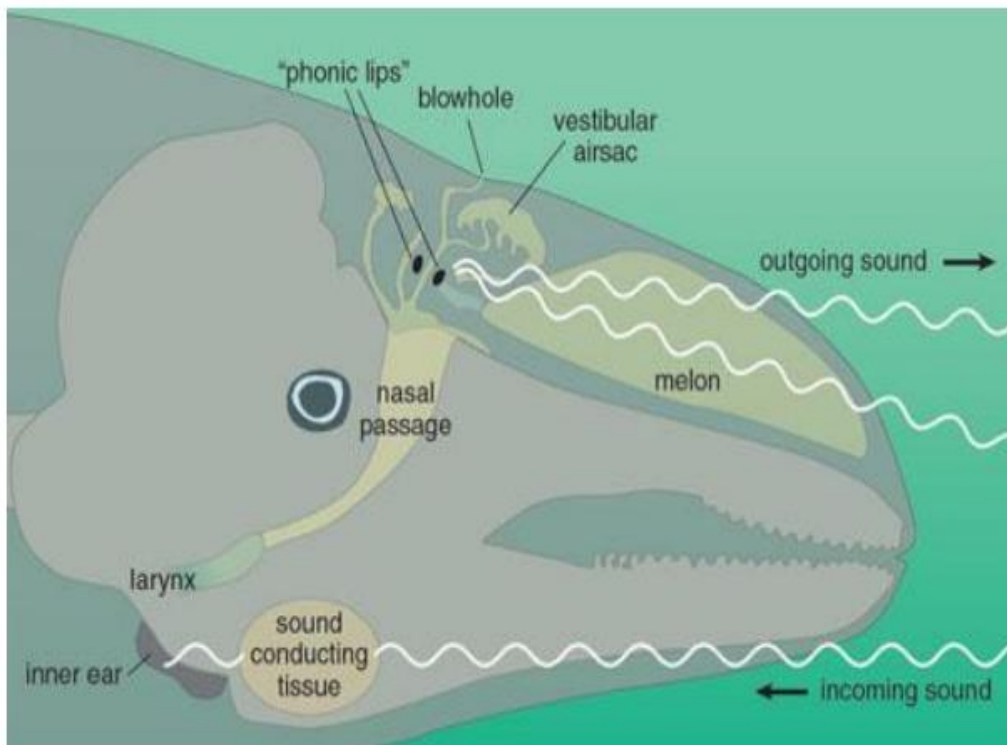
Sjøpattedyr deles ofte i funksjonelle grupper utfra sin evne til å oppfatte og produsere lyd i ulike frekvensområder. Tannhval som nise og springere hører veldig høyfrekvente lyder og oppfatter lyd i frekvensbåndet fra 200 Hz til 200 kHz, såkalte «veldig høyfrekvente hvaler» (Southall *et al.*, 2007). Andre tannhvaler som spekkhogger hører i området fra 75-100 Hz og opp til 150-160 kHz, såkalte «høyfrekvente hvaler» (Southall *et al.*, 2007). Bardehvaler, som vågehval, knølhval og finnhval hører mer lavfrekvente lyder, og man antar at de oppfatter lyd fra noen få Hz opp til ca 20 kHz (Richardson *et al.*, 1995; Southall *et al.*, 2007), men man antar at de er mest følsomme i området 20Hz-10kHz (Houser *et al.*, 2001; Tubelli *et al.* 2012; Cranford & Krysl, 2015), såkalte «lavfrekvente hvaler» og sel som hører i området mellom ca. 75 Hz til 75 kHz (Se Figur 1).



Figur 1. Eksempler på hørselskurver for noen arter av hval («Veldig høyfrekvente hvaler» i grønt, «høyfrekvente hvaler» i blått, «lavfrekvente hvaler» i orange) og sel (i rødt) i norske farvann. Data er hentet fra Szymanski *et al.*, 1999 (spekkhogger), Awbrey *et al.*, 1988; Johnsen *et al.*, 1989 (hvithval), Andersen 1970; Kastelein *et al.*, 2002 (nise), Tremel *et al.*, 1998 (delfin), Cranford & Crysl, 2015 (finnhval), Kastelein *et al.*, 2003 (stripedelfin), Therhune, 1988; Kastak & Schusterman, 1998 (steinkobbe), Therhune & Ronald, 1975 (ringsel) og Therhune & Ronald, 1972 (grønlandssel).

Tannhvalene produserer høyfrekvente lyder i kHz området. Prinsippene for lydproduksjon og hørsel er like selv om frekvensområdet kan variere mellom arter. Her er nise brukt som eksempel for å illustrere prinsippene.

Nisene produserer lyd ved å presse luft over noen akustiske ‘lepper’ i pusterøret. ‘Melonen’, et voksaktig organ i panna virker som en akustisk linse som fokuserer lyden fremover (Figur 2). Den høyfrekvente lyden de produserer har en frekvens på om lag 130 kHz og produseres gjerne som en rekke meget kortvarige klikkelyder. Klikkelydene brukes til ekkolokalisering for å finne mat og til navigasjon. Andre lydsignaler i om lag samme frekvensområde brukes til kommunikasjon. Høyfrekvente lyder har imidlertid kort rekkevidde i vann.



Figur 2. Skjematisk fremstilling av hvordan nisene produserer lyd ved hjelp av 'foniske lipper' i pusterøret og hvordan de fokuserer lyden ved hjelp av melonen. Figuren viser også hvordan nisene tar imot lyd og leder den til det indre øret via underkjeven.

Tannhval har ikke funksjonelt ytre øre og nisene mottar lyd via underkjevebeinet som har et lydbærende vev som leder lydbølgene til det indre øret. Nisenes hørsel er mest følsom rundt det frekvensområdet de selv produserer lyd og noe lavere. Effektive pingere vil derfor ha frekvens i dette området.

De fleste små tannhval produserer lyd på tilsvarende måte i kHz-området og har mest sensitiv hørsel i samme frekvensområde.

Bardehvalene produserer lavfrekvente i Hz området. Disse lavfrekvente lydene kan ha bølgelengder som er lengre enn dyret selv. Lavfrekvente lyder har svært lang rekkevidde i vann og benyttes blant annet til kommunikasjon mellom individer som er adskilt av lange avstander. Knølhvalhannenes komplekse 'sang' i forplantningssesongen er velkjent. På samme måte som hos tannhvalene, har ikke bardehvalene funksjonelt ytre øre og det er to måter lyden kan nå det indre øret på. De kan transporteres gjennom bløtvev. Men dette er ikke en effektiv måte når bølgelengden er tilnærmet lik eller lengre enn kroppslengden. Men dersom lydssignalene transporteres gjennom kraniet, amplifiseres lyden. Og for finnhvalene som har det laveste frekvensområdet på 10 – 130 Hz, øker effekten av forplantning gjennom beinvev med en faktor på 10.

2. TILGJENGELIG TEKNOLOGI FOR Å HOLDE HVAL OG SEL UNNA FISKEREDSKAP OG OPPDRETTSANLEGG

2.1 Akustiske alarmer, pingere

Teknologi har blitt utviklet for å redusere konflikter med og bifangst av sjøpattedyr i fiskeredskap. En slik teknologi omfatter lavenergi lydilder (Acoustic Deterrent Devices, ADDs) også kalt 'pingere' som varsler småhval om noe uvanlig som de bør unngå. Dette er alarmer med lydstyrke mellom 110 - 179 dB re $\mu\text{Pa}^2 \text{m}^2$ (Ainslie, 2010). Pingerne kan festes til fiskeredskap som for eksempel garn og som produserer et pulset lydsignal med en frekvens som tilsvarer det mest følsomme hørselsområdet for den arten de er rettet mot (Erbe & McPherson, 2012). Pingerne advarer dyrene om at fiskeredskap er i nærheten, eller de skaper en lyd dyrene finner ubehagelig og ønsker å unngå (Kraus, 1999).

Pingere blitt utviklet for niser, delfiner og nebbhval (for eksempel Fishtek's banana pinger og Future Oceans porpoise and dolphin pinger). Høyfrekvens tannhval-pingere har gitt reduserte bifangster for de artene de har vært testet mot (f.eks. Kraus *et al.*, 1997; Barlow & Cameron, 2006; Caretta *et al.*, 2008; Mangel *et al.*, 2013). Eksempelvis bruker nisene klikkelyder med frekvens 130 kHz for ekkolokalisering (eks. Au *et al.*, 1999; Kastelein *et al.*, 1999; Teilmann *et al.*, 2002) og akustiske alarmer som sender lydsignaler rundt denne frekvensen har vist seg meget effektive for å redusere bifangster av nise i garn (Barlow & Cameron, 2003; Gönener & Bilgim, 2009; FAO, 2021).

Det finnes flere fabrikater av pingere, men prinsippene er de samme som for Fishtek Marine og Future Oceans sine pingere.

Kunnskapen om hørselen til større hvalarter, som spekkhogger og knølhval, er imidlertid mer begrenset. Nyere studier har vist at hørselen til spekkhogger er best i frekvensområdet 5-81 kHz (Branstetter *et al.*, 2017). Dette omfatter det frekvensområdet de bruker når de ekkolokaliserer. Det er også antatt at knølhval hører best i det området de selv vokaliserer (fra noen titalls Hz til få kHz). Ut fra dette har det tidligere vært gjort noen forsøk med akustiske alarmer mot knølhval (Thompson *et al.*, 1986; Todd *et al.*, 1992; Lien *et al.*, 2002) og spekkhoggere (Tixier *et al.*, 2015). På Island har de testet Future Oceans' 3 kHz hvalpinger og Lofitech's 10-20 kHz selskremmer på beitende knølhval (Basran *et al.*, 2021).

Lavfrekvente bardehval-pingere har vært testet mot nordkaper (Nowacek *et al.*, 2004), vågehval (McGarry *et al.*, 2017), gråhval (Lagerquist *et al.*, 2012), og knøl ((How *et al.*, 2014; Harcourt *et al.*, 2015; Pirota *et al.*, 2016; Basran *et al.*, 2021.) med varierende resultater.

For å holde sjøpattedyr unna fiskebruk og oppdrettsanlegg er det utviklet sel- eller hvalskremmere (for eksempel Lofitech's selskremmer og Mustads Autolines hvalskremmer). Disse har ofte kraftig lydstyrke i et frekvensområde som er ubehagelig for de aktuelle artene (Ainslie, 2010).

Fishtek Marine's banana pinger

Selve pingeren med batteri ligger i en vanntett, klar beholder av hardplast, omgitt av et beskyttende, fleksibelt bananformet hus (Figur 3). Den vanntette beholderen kan skrues opp for skifte av batteri. Dimensjonen er 185 x 52 x 42 og den veier 229 g med batteri. Pingeren som er beregnet på niser sender signal med varierende frekvens mellom 50 og 120 kHz og lydstyrke på 145 desibel. Den har varierende signalintervall for å unngå tilvenning. Den slår seg automatisk på/av når de kommer i/ut av vann. Ett års batteritid med 50% av tiden i vann og LED lys som blinker for å vise at den fungerer. To års garanti.



Figur 3. Fishtek Marines pinger og batteri i et hus av klar hardplast til venstre og hylster i mykere plast til høyre.

Fishtek Marine produserer også en pinger med frekvensområde 3 – 20 kHz beregnet på bardehval. Den har samme dimensjon og utforming som nise-pingeren.

Future Ocean's porpoise & dolphin pinger

Også denne pingeren har også en vanntett beholder av klarplast omgitt av et beskyttende skall (Figur 4). Dimensjonen er 140 x 50 mm og den veier 150 g med batteri. Den har en variabel frekvens på 60-120 kHz og lydnivå på 145 desibel. Den slår seg automatisk på/av når de kommer i/ut av vann. Batterivarighet er ett år med 50% tid i vann. LED lys som blinker for å vise at den fungerer. Den er testet til 1000m dyp og har ett års garanti.



Figur 4. Future Oceans sin pinger i et hvitt deksel av myk plast

Også Future Oceans produserer en hvalpinger med frekvens 3 kHz og lydstyrke 145 decibel. Den har samme utforming som nise-pingeren, men har batteritid på 24 dager med 50% av tiden i vann.

2.2 Lofitech's selskremmer

Siden 1998 har Lofitech AS produsert en selskremmer primært utviklet for å holde sel unna fiskeoppdrettsanlegg. Utstyret består av en elektronikkenhet over vann, en 25m kabel til et lydhode som senkes ned i vannet (Figur 5). Lydhodet sender ut signaler på 189 dB re 1 μ Pa med uregelmessige mellomrom. Produsenten opplyser at utstyret effektivt for å holde sel 300 m unna lydkilden, dvs et areal på vel 280.000 m². Pris oppgis til kr 67,400 + moms. Produsenten opplyser ikke om eventuelle tilvenning (habituering) til lyden.

Videre opplyser produsenten at selskremmeren synes være effektiv også mot oter ved oppdrettsanlegg.

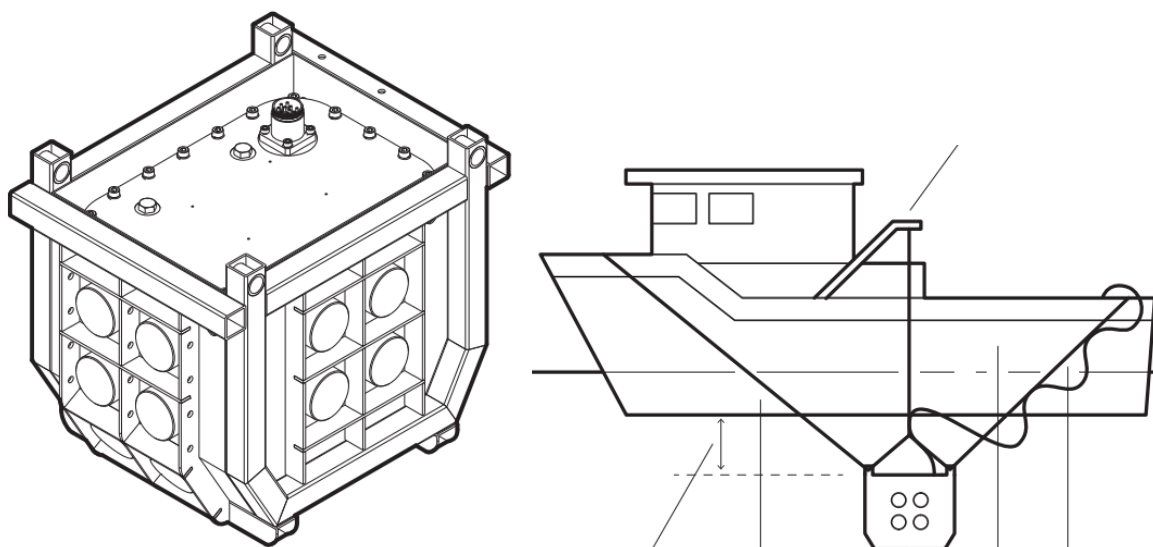


Figur 5. Lofitech's selskremmer med oransje batteriboks kabel og oransje lydhode som senkes ned i vann.

Produsenten opplyser at nederlandsk og tysk marine benytter selskremmeren til å holde sjøpattedyr på avstand når de skal detonere eksplosiver.

2.3 Mustad Autolines hvalskremmer 'Orca saver'

Orca Saver's dimensjoner: (lengde x bredde x høyde) er 48 x 36 x 42 cm (Figur 6). Vekten er 85 kg. Gjennomsnittlig strømforbruk er 500 Watt. Data og strømkabelens lengde er 35 m og den veier 15 kg. Enheten sender et lydssignal hvert minutt på 12 til 30 kHz med lydstyrke 160 ± 30 dB re $1 \mu\text{Pa}$ @ 1m. Kontrollenhetens dimensjoner er 38 x 28 x 13 cm og den veier 5 kg og benytter 110 eller 220 volt. Enheten kan brukes i temperaturintervallet 0 – 40°C



Figur 6. Hval og selskremmeren som leveres av Mustad Autoline. Enheten er vist til venstre og til høyre vises hvordan den er tenkt brukt fra en kran.

Mustad Autoline opplyser at hvalskremmeren er mye brukt i Alaska for å holde spekkhoggere unna oppdrettsanlegg og fiskeredskap og ved utsetting av laks.

2.4 SMRU's hval- og selskremmer

Playback systemet består av en Lubell 9162 undervannshøytaler (Lubell Labs, Columbus, OH, USA), en Cadence Z9000 kraft amplifier (Cadence Acoustics, Ltd., Industry, CA, USA), og en Panasonic SL-S120 CD spiller (Panasonic Corporation, Osaka, Japan), eller en Tascam DR-40 audio player og et bilbatteri installert i en vanntett boks. Høytaleren senkes ned i vann etter en kabel til ønsket dybde. Lydsignalene er band-begrensede lydimpulser syntetisert i Cool Edit Pro 1.2 (Syntrillium Software Corporation, Scottsdale, AZ, USA). Lydsignalene har en varighet på 200 ms, og frekvensen kan gå over 0,5 - 3 oktaver. Men utstyret er fleksibelt og kan sende ulike signaler med forskjellige frekvensområder alt etter hvilke arter de skal virke mot.

2.5 Bruk av biologisk skremmelyd

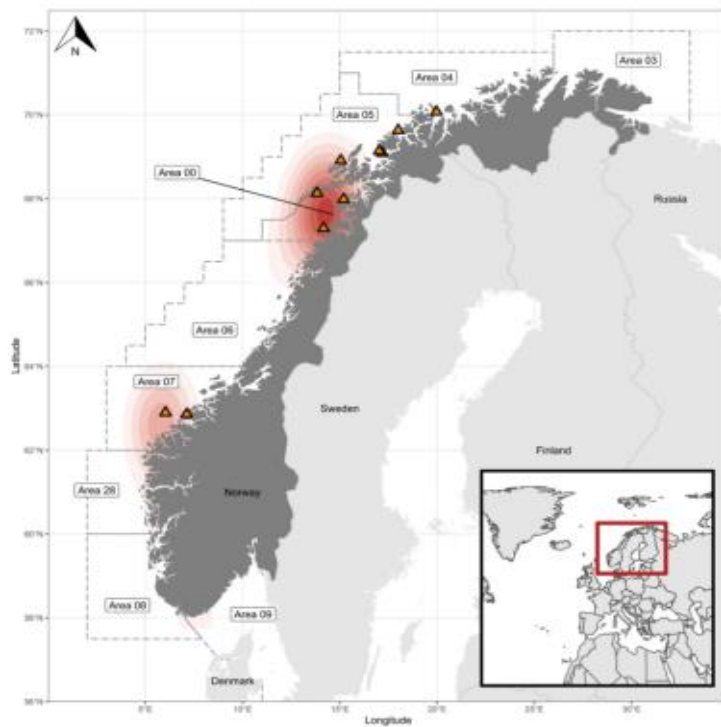
Biologisk skremmelyd er et alternativ dersom mekanisk lyd ikke fungerer. Med biologisk lyd menes lyder som produseres av en predator som angriper de aktuelle artene. Biologisk skremmelyd kan derfor være lyd fra spekkhoggere som angriper niser eller sel langs norskekysten, eller som angriper gråhval ved Monterrey Bay i California. Lydsignalene fra spekkhoggere kan spilles tilbake i vannet ved hjelp av SMRU's akustiske utstyr (se punkt 2.4).

3 ERFARING MED TILGJENGELIG TEKNOLOGI I NORGE OG INTERNASJONALT

3.1 Pingerekspertiment på garn i Norge

Et feltforsøk finansiert av NFD og FHF ble gjennomført for å bestemme effekten av akustiske alarmer, såkalte pingere, på bifangster av nise og steinkobbe i tre norske, kommersielle garnfiskerier etter torsk, sei og breiflabb. Et manuskript basert på eksperimentet: Moan, A. & Bjørge, A. "Pinger trials in Norwegian commercial gillnet fisheries confirm that pingers reduce harbour porpoise bycatch rates and demonstrate a low level of pinger-associated negative impacts on day-to-day fishing operations" er sent til fagfelleevaluering i den vitenskapelige journalen *Fisheries Research*.

Deltakere til eksperimentet ble rekruttert blant skipperne på norske fiskefartøy som brukte garn etter torsk, sei og breiflabb områder som har høy andel av nisebifangstene (Figur 7). Disse områdene ble identifisert basert på data fra Kystreferanseflåten (KRF) som er en gruppe på om lag 30 fartøyer utvalgt for å være representative for den kommersielle garnflåten av fartøyer mindre enn 15 m total lengde. Liste med navn og kontaktinformasjon for mulige deltakere i eksperimentet ble innhentet fra lokallag av Norges Fiskarlag (www.fiskarlaget.no). I tillegg ble noen få medlemmer av KRF tilbudt å være med. Begrunnelsen for å inkludere KRF fartøyer var at de har vist pålitelighet og lang erfaring med vitenskapelig prøvetaking og rapportering. Før KRF-fartøyene ble inkludert ble det gjort en simulering for å se om dette medførte en svekkelse av presisjon og nøyaktighet av bifangstestimatene basert på KRF-data.



Figur 7. Kart over studieområdet med Norge uthevet i mørk grått. Rød-hvite ellipser indikerer områder med høy bifangstintensitet på niser. Oransje triangler indikerer hjemmehavn til fartøyer som deltok i pinger-eksperimentet. Brutte linjer viser fiskeristatistikk-områder. Det innsatte kvadratet viser Fenno-Scandinavia i en videre geografisk kontekst.

Alle deltakerne ble først kontaktet med telefon og intervjuet for å se hvor egnet og villige de var til å delta i eksperimentet. Kriteriene var at de brukte bunngarn for å fange torsk, sei eller breiflabb med minimum innsats som omtrentlig tilsvarer en typisk sesong for et lite, kommersielt fiskefartøy, og at de var i stand til og villige til å gjøre det ekstra arbeidet med handtering av pinger og utfylling av et detaljert skjema over fangst, bifangst og innsats og merarbeid. Til sammen åtte fartøyer ble valgt ut inklusive fire KRF-fartøyer. En protokoll som inneholdt en beskrivelse hensikten med og designet av eksperimentet samt detaljert instruksjon av bruken av pingerne og rapporteringsskjema ble sendt til alle deltakerne. Etter at deltakerne hadde mottatt protokollen ble de kontaktet på nytt via telefon og protokollen ble forklart muntlig og viktige punkter ble fremhevet. Fiskerne kunne også stille spørsmål og de ble oppmuntret til hyppig kontakt gjennom eksperimentet. Vi forsøkte å møte alle deltakerne personlig minst en gang i løpet av eksperimentet. Vi møtte KRF-fiskerne på deres årsmøte og de øvrige deltakerne fikk besøk om bord i deres fartøyer. Vi la vekt på å etablere og opprettholde en god kontakt med alle deltakerne.

To typer pinger ble benyttet: Fishtek Marine sin Banana-pinger og Future Oceans sin Porpoise & Dolphin pinger (egg-pinger). Dette studiet var ikke ment til å sammenligne effektiviteten til de to pingertypene, men det var designet for å sammenligne garn med pinger med garn uten pinger. De to pingertypene ble i utgangspunktet ansett for å være likeverdige. Deltakerne ble derfor vist bilder av begge typene og spurt om hvilken type de antok ville fungere best med det garnhalingsutstyret de hadde ombord. Fiskernes ønske om pingertype ble så langt mulig

imøtekommet. Pingerne ble sendt til fiskerne med post eller levert av en forsker ved besøk om bord på fartøyet.

Pingerne ble festet til korklina på garna med 200 meters mellomrom. De tre fiskeriene etter torsk, sei og breiflabb utgjør fiskerigruppene det refereres til i de neste avsnittene.

For å sammenligne bifangstratene i garn med og uten pinger under elles mest mulig like forhold, ble fiskerne bedt om å aktivere pingerne i oddetallsuker og deaktivere pingerne i partallsuker slik at hvert fartøy kunne fungere som sin egen kontroll. Dette var også et design for å unngå at de sto garn med pinger i nærheten av garn uten pinger. Aktivering/deaktiverings-syklusen ble gjennomført ved at selve pingeren ved hvert ukeskift ble tatt ut av og satt inn igjen i hylsteret som hele tiden var festet til garnet. Ved begynnelsen av hver uke ble en tekstmelding sendt til alle deltakerne for å opprettholde kontakten og minne dem på å aktivere eller deaktivere pingerne. Utover å aktivere/deaktivere pingerne fisket alle fartøyene som normalt. Ved slutten av hver tur fylte deltakerne ut en logg med detaljer om tid og dato for turen, type og antall garn, GPS posisjon og dybde der garna sto samt vekt av hver fiskeart og art og antall sjøpattedyr fanget. Ved avslutning av hver sesong fylte deltakerne ut et spørreskjema om hvor mye ekstra tid og innsats de hadde brukt på setting, draging og greiing av garna på grunn av pingerne samt hvor mye tid de hadde brukt på vedlikehold av pingerene (skifte batterier, vedlikehold av festeanordning, etc).

Fangstdata fra 3500 garn-km-døgn (ca. 750 fisketurer) ble samlet over en toårsperiode fra åtte båter som brukte garn i områder med høy bifangst av nise. Pingerne ble brukt i annenhver uke og de samme garna uten pinger de øvrige ukene. Totalt ble 20 niser og 9 steinkobber tatt som bifangst. Hele 19 niser ble tatt i garn uten pinger og bare 1 tatt i garn med pinger. Det viser at pingerne ikke fjerner helt muligheten for bifangst av niser, men reduserer den med om lag 95% dersom pingerne fungerer etter forutsetningen. Av steinkobbene ble 67% tatt i garn uten pinger. Bifangstene ble modellert ved hjelp av en generalisert additive mikset modell og tilpasset med 'restricted maximum likelihood'. Resultatene fra modelleringen viste at pingerne på garn reduserte risikoen for bifangst av en nise med 96,9% (95% CI 95%-98%) sammenlignet med de samme garna satt på om lag de samme stedene uten pinger. Effekten av pingerne på bifangsten av niser var ikke vesentlig (signifikant) forskjellig mellom de ulike fiskeriene. Pingerne hadde ingen effekt på fangstratene av fisk (Wilcoxon rank sum test, $p=0,61$) eller steinkobbe (Wilcoxon rank sum test, $p=0,25$).

Det var lite selvrapportert pinger-assosiert ekstra tid under det daglige fisket, i gjennomsnitt 2,8 minutter per fiskeoperasjon. To av totalt 275 dolphin pingerne fikk vanninntrengning. Ingen av totalt 195 bananapingerne fikk dette. I noen få tilfeller 'poppet' selve pingeren ut av plasthylsteret idet bananapingerne ble dratt over garnspillet/-haleren. Men de falt da på dekk og kunne settes på plass i hylsteret igjen. Noen rapporterte om at pingene hektet i garnmaskene, men at dette kunne avbøtes ved at pingene ble festet mellom garna der garna ble skjøtt sammen i en garnlenke.

Resultatene av dette forsøket er i samsvar med en økende mengde vitenskapelig bevis for at pingerne gir en vesentlig reduksjon i bifangstratene av nise og andre små tannhval, og at det går lite ekstra tid med til bruk av pingerne.

En forutsetning for dette forsøket var et nært og godt samarbeid med de fiskerne som deltok. Uten dem hadde dette ikke vært mulig. Forsøket var finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringen Forskningsfinansiering (FHF) og Nærings- og fiskeridepartementet (NFD).

3.2 Eksperiment med pinger og hvalskremmer på line i Norge

Spermhval som tar kveite og blåkveite av line og garn under haling har vært et økende problem siden 1990-tallet i farvanna rundt Grønland. Fiskerne anslår at så mye som 50% av fangsten kan gå tapt (Dyp *et al.*, 2004). Det ble derfor besluttet å gjennomføre et eksperiment om bord på autolinefartøyet M/S «Leinebris» med finansiering fra FHF og Fiskebåtredernes Forbund. Det ble benyttet to ulike teknologier: en pinger som ble forsterket til å kunne brukes på 2000m dyp (Deep Water AQUAmark) og en hvalskremmer. To til fem pingerne ble festet til lina under setting. Forekomst av kveite med økende avstand fra pingerne ble registrert (Dyp *et al.*, 2004).

Hvalskremmeren besto av en keramisk transduser dekket med gummi, en forsterker og en pc. Pc-en ble brukt til å spille av lydene som ble sendt til transduseren via forsterkeren. Det var i forkant komponert 16 lydfiler. Disse ble spilt av hver for seg eller sammen med inntil to andre lydfiler. Lydene kunne spilles av kontinuerlig eller i ulike intervaller. Styrken på lyden kunne justeres på forsterkeren. Transduseren ble festet og holdt ut fra skutesiden v.h.a. båtens kran. Vekten av transduseren og loddet måtte avlastes i egen line, og denne ble også brukt for å senke ned transduseren på ønsket dyp. For å fokusere lyden nedover i vannmassene ble en skjerm montert ovenfor transduseren. Dette oppsettet kunne imidlertid ikke brukes i dårlig vær (Dyp *et al.*, 2004).

Tanken var at skremmeren skulle produsere lyd som maskerte spermhvalenes egen lyd som de bruker til ekkolokalisering og dermed hindre dem i å finne kveitene på lina.

Forsøket foregikk utenfor Sørøst-Grønland sommeren 2004. Flere hvalarter ble registrert i området, men spermhvalen ble observert flest ganger og det var kun denne arten som beitet på lina.

Før hvalen dukket opp ble det funnet forskjell på lina mellom områdene med og uten pinger, og det ble tatt mest blåkveite i områdene uten pinger. Her skulle det helst ha vært en lik fordeling av blåkveitene uavhengig av pingerene, men ingen av pingerene stod i det mest fiskeririke delene av lina (Dyp *et al.*, 2004). Ved en tydelig effekt av pingerene på beitende hval, kunne man forvente en større tetthet av blåkveite rundt pingerene enn ellers på lina. I tillegg kunne man forvente at blåkveita var mer eller mindre jevnt fordelt langs lina uavhengig av pingerene på setninger uten beitende hval. Ingen av disse observasjonene ble gjort.

Ved starten av bruk av skremmeren var det større avstand mellom båt og hval enn i hal uten skremmeren. Men det synes som om hvalene tilpasset seg skremmeren og på slutten av forsøket var det ikke forskjell på hal med og uten skremmeren (Dyp *et al.*, 2004).

Dyp *et al.* (2004) konkluderte med at det ble funnet en effekt av utstyret mot spermhvalen. Det kan være at pingerene har en begrenset effekt, men pingerens eventuelle effekt på blåkveita må først beskrives før konklusjoner kan trekkes. Skremmeren hadde en mer tydelig effekt, men

denne avtok etter hvert og kan på mange måter sies å ende opp med å ikke ha effekt i det hele tatt. Det var ment at skremmeren skulle danne en sone som spermhvalen ikke kunne «se» i, men dette ble ikke oppnådd. Det så ut til at hvalen var mest vår for lydene fra skremmeren. Det ble tatt utgangspunkt i at hvalen brukte en lydstyrke på 180 dB under matsøk, men resultatene tyder på at den kan bruke kraftigere lydstyrke, og dermed «se» byttet til tross for den ønskede maskeringseffekten.

3.3 Pingereksperiment internasjonalt

Barsran (2021) har laget en sammenstilling av internasjonale eksperimenter med lyd og bardehval. Nordkaper hadde sterk respons og svømte mot overflaten og forlenget overflatetiden når den ble eksponert for en varsellyd bestående av alternerende 1 sekund rene toner på 500 and 850 Hz; et 2 sekunders sveip nedover fra 4500 til 500 Hz; og et par av lv-høy sinus signaler (1500 and 2000 Hz) modulert på 120 Hz, hver på 1 sekund (Nowacek *et al.*, 2004), og både vågehval og knølhval reagerte på eksponering av en 4 kHz hval-pinger prototype ved å gjøre markerte endringer i svømmeretning bort fra lydkilden når lydkilden ble aktivert (Todd *et al.*, 1992). Knølhval hadde påviselig mindre risiko for å kolliderer med torskeruser utstyrt med en 4 kHz alarm-prototype i Canada (Lien *et al.*, 1992) og reagerte også på syntetiske tonale lydsignaler i frekvensbandet 2-2.1 kHz lydsignaler ved å endre svømmeretning samt å redusere dykketiden og tilbringe mer tid på overflaten under eksperimenter i Australia (Dunlop *et al.*, 2013). Imidlertid synes ikke gråhval reagere på en ADD med et 1 sekunds langt frekvens modulert signal på 1- 3 kHz (Lagerquist *et al.*, 2012), men liten datamengde gjør disse resultatene noe usikre. Et flertall av eksperimenter på knølhval i Australia tyder på at det var liten effekt av den kommersielt tilgjengelige hvalpingeren fra Future Ocean som sender en tone på 3 kHz med varighet 400 ms ut hvert 5 sekund (How *et al.*, 2015; Harcourt *et al.*, 2014; Pirota *et al.*, 2016).

På Island er det gjort eksperimenter med å eksponere knølhval til Future Oceans 3 kHz (lydstyrke på 145 dB re 1 μ Pa @ 1 m) hvalpinger mens hvalene var i en beitesituasjon (Basran *et al.*, 2021). Det ble registrert en signifikant økning i svømmehastighet og signifikant reduksjon i beiteaktivitet i overflaten etter lydeksponering. I tillegg ble disse pingerne testet under aktivt ringnotfiske etter lodde. Her svømte knølhvalene inn i nota fra undersiden når pingerne var festet til korklina. Men hvalene kom seg ut via en åpning som ikke hadde pingere. Fiskerne var interessert i fortsatt bruk av pingerne fordi hvalene unnslopp uten skade på nota (Basran *et al.*, 2021).

De ulike lydkildene som her er nevnt har ulike lydsammensetninger, frekvenser og lydstyrke, og er testet på ulike arter av hval. En sammenlikning er derfor ikke helt rett frem.

3.5 Eksperiment med Lofitech's selskremmer

Barsran *et al.* (2021) testet også knølhvalenes reaksjon på Lofitech's selskremmer som produserer lydsignal på 10-20 kHz, men fant ingen respons på tross av at selskremmeren hadde mye høyere lydstyrke (189 dB re 1 μ Pa @ 1 m) enn hvalpingeren. Dette skyldes sannsynligvis at frekvensen er noe for høy for knølhvalens mest sensitive hørselsområde.

Denne selskremmeren har også blitt testet på vågehval, med å bruke en 14.6 kHz tone og lydnivå på 198 dB re 1 μ Pa @ 1m (Boisseau *et al.* 2021). Vågehvalen viste kraftig unnvikelse ved å umiddelbart bevege seg unna med høy direktivitet og økt hastighet, samt å øke dykketiden. Responsen ble også rapportert å vedvare i etterkant av at lyden hadde opphørt.

3.6 Eksperiment med SMRU

Göetz & Janik (2015) gjennomførte et eksperiment ved et oppdrettsanlegg i Skottland der de hadde vært plaget med angrep fra sel. De testet en ny metode som skulle selektivt initierte en autonom «startle response» (en ubevisst frykt- eller forsvarsreaksjon) hos steinkobber i nærheten av lyd-kilden, men ikke hos andre arter som for eksempel nise som også befant seg i området. De brukte et frekvensområde der steinkobbene var langt mindre følsomme enn nisen. Signalet var en 200ms lang 2-3 oktav-bånd lyd-puls med en topp frekvens på 1 kHz og en lydstyrke ~180 dB re 1 Pa.

Forsøket ble gjennomført over en to-måneders periode og forekomsten av steinkobbe og nise ved oppdrettsanlegget ble overvåket. Antall sel nærmere lyd-kilden enn 250m ble dramatisk redusert når lyd-kilden var aktiv, mens antall sel lengre unna ikke synes å bli påvirket. Tap av fisk i oppdrettsanlegget ble redusert med 97% under eksperimentet sammenlignet med to kontrollområder. Det ble ikke registrert noen tilvenning så lenge feltforsøket pågikk. I motsetning til steinkobbe, ble det ikke registrert vesentlige endringer i forekomsten av niser under eksperimentet. Konklusjonen var at de med riktig valg av lyd-signal kunne holde sel unna oppdrettsanlegget uten å forstyrre nisen i området (Göetz & Janik, 2015).

I et annet eksperiment med samme utstyr var nise målar-t. Her var formålet å se om de med svake lyd-signaler kunne holde nisen unna områder der de potensielt kunne få hørselsskader av andre industrielle eller militære lyd-kilder (Hiley *et al.*, 2021). Nisen ble eksponert for 15 minutters sekvenser av 27 stk signaler hver på 200 ms bredbåndet støy i frekvensområde 5,5 – 20,5 kHz og deres adferdsreaksjoner studert. Lyd-signalene var tilpasset for å gi en autonom startle respons og lyd-styrken var lavere enn ved konvensjonelle pingere. Nisen viste en klar unnvikelses respons når de ble eksponert for de lave lyd-signalene og svømte i gjennomsnitt 1,78 km (maksimum 3,21 km) unna lyd-kilden i løpet av de første 15 minuttene etter lyd-kilden ble slått på. Det ble også gjort kontrollforsøk, det vil si observasjoner av nisenes atferd uten lyd-signaler. Da ble det ikke observert noen unnvikelsesadferd (Hiley *et al.*, 2021).

4 KONKLUSJON OG TILRÅDNING

Det er ulike teknologier tilgjengelig for å holde sjøpattedyr unna et område hvor de kan gjøre skade, eller de selv kan skades. De aller fleste er basert på lyd-signaler. Akustiske alarmer (pingere) med høy frekvens har vist seg svært effektive for å holde små, ekkolokaliserende tannhval, hovedsakelig nise, unna fiskegarn. Lavfrekvente pingere har vist seg å gi unnvikelsesreaksjon hos beitende knølhval, men ikke særlige reaksjoner for knølhval på vandring. Eksperimenter under aktivt ringnotfiske ga mer uklare resultater. Dette tyder på at hvalens aktivitet (eks beiting eller vandring) vil ha innvirkning for reaksjon, samt at lyd-sensitivitet og frekvensinnhold i forhold til målar-tens hørsel, kanskje heller enn lyd-styrke, er avgjørende for om lyden vil være avskrekkende nok til å holde hvalen borte.

Av de tilgjengelige teknologiene som er vurdert her anbefaler vi å gå videre med teknologien utviklet ved SMRU, University of St Andrews, til feltforsøk både under kontrollerte betingelser og i aktivt ringnotfiske. Teknologien er fleksibel og lyd-signalene kan tilpasses ulike arter. Tidligere feltforsøk har gitt overbevisende resultater og virkningsmekanismen er

veldokumentert (Götz *et al.*, 2020). Den autonome refleksen av en plutselig lyd med riktig frekvens synes ikke gi tilvenning over tid (Götz & Janic, 2016), noe som er ønskelig for å bruke dette utstyret over lengre tid i samme område. Det ville imidlertid vært ønskelig om prosjektet kunne gå over flere feltsesonger slik at en kunne identifisert de mest effektive frekvensområdene under kontrollerte betingelser før en prøvde ut disse frekvensene mot hval under aktivt ringnotfiske.

5 REFERANSER

- Ainslie, M. A. (2010). *Principles of sonar performance modelling*. Springer Verlag Berlin. DOI: 10.1007/978-3-540-87662-5
- Andersen, S. (1970). Auditory sensitivity of the harbour porpoise *Phocena phocena*. *Invest. Cetacea* **2**:255-259.
- Awbrey, FT., Thomas, J. A. & Kastelein, R.A. (1988). Low frequency underwater hearing sensitivity in belugas, *Delphinapterus leucas*. *J. Acoust. Soc. Am.* **84**: 2273-2275.
- Barlow, J., & Cameron, G.A. (2003). Field experiments show that acoustic pingers reduce marine mammal bycatch in the field. *Marine Mammal Science*, **19**(2), 265–283. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2003.tb01108.x>
- Basran, C.J., Woelfing, B., Neumann, C. & Rasmussen, M. (2021). Behavioural Responses of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) to Two Acoustic Deterrent Devices in a Northern Feeding Ground off Iceland. Upublisert.
- Boisseau, Oliver & McGarry, Tessa & Stephenson, Simon & Compton, Ross & Cucknell, Anna & Ryan, Conor & McLanaghan, R & Moscrop, Anna. (2021). Minke whales avoid a 15 kHz acoustic deterrent device. *Marine Ecology Progress Series*. 667. 10.3354/meps13690.
- Carretta, J.V., Barlow, J., & Enriquez, L. (2008). Acoustic pingers eliminate beaked whale bycatch in a gill net fishery. *Marine Mammal Science*, **24**(4), 956–961. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00218.x>
- Cranford, T.W. & Krysl, P. (2015). Fin Whale Sound Reception Mechanisms: Skull Vibration Enables Low-Frequency Hearing. *PLOS ONE* 10(1). doi:10.1371/journal.pone.0116222.
- Dietz, A., Rikardsen, A.H., Biuw, M., Kleivane, L., Lehmkuhl Noera, C., Staldera, D., van Beesta, F.M., Rigéta, F.F., Sonnea, C., Hanseng, M., Strager, H. Olsen, M.T. (2020). Movements and diurnal activity of North Atlantic killer whales (*Orcinus orca*) along the Norwegian coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **533** (2020) 151456
- Dunlop, R.A., Noad, M.J., Cato, D.H., Kniest, E., Miller, P.J.O., Smith, J.N., & Stokes, M.D. (2013). Multivariate analysis of behavioural response experiments in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Journal of Experimental Biology*, **216**(5), 759–770. <https://doi.org/10.1242/jeb.071498>
- Erbe, C., & McPherson, C. (2012). Acoustic characterisation of bycatch mitigation pingers on shark control nets in Queensland, Australia. *Endangered Species Research*, **19**(2), 109–121. <https://doi.org/10.3354/esr00467>
- Fumunda. (2012). ‘Pingers’ show promise to keep whale away from nets. *Alaska Journal of Commerce*. <http://www.alaskajournal.com/business-and-finance/2012-06-14/pingers-show-promisekeep-whales-away-nets>
- Gotz, T. & Janik, V.M. (2015). Target-specific acoustic predator deterrence in the marine environment. *Animal Conservation*, **18**, 102–111.

- Götz, T. & Janik, V.M. (2016). Non-lethal management of carnivore predation: long-term tests with a startle reflex-based deterrence system on a fish farm. *Animal Conservation*, **19**: 212–221.
- Götz, T., Pacini, A.F., Nachtigall, P.E. & Janik, V. (2020). The startle reflex in echolocating odontocetes: basic physiology and practical implications. *Journal of Experimental Biology*, **223** (5): jeb208470.
- Harcourt, R., Pirota, V., Heller, G., Peddemors, V., & Slip, D. (2014). A whale alarm fails to deter migrating humpback whales: An empirical test. *Endangered Species Research*, **25**(1), 35–42. <https://doi.org/10.3354/esr00614>
- Hiley, H.M., Janik, V.M. & Götz, T. (2021). Behavioural reactions of harbour porpoises *Phocoena phocoena* to startle-eliciting stimuli: movement responses and practical applications. *Marine Ecology Progress Series*, **672**: 223-241.
- Houser, D.S., Helweg, D.A. & Moore, P.W.B. (2001). A Bandpass filter-bank model of auditory sensitivity in the humpback whale. *Aquatic Mammals*, **27**(2), 82–91. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.180402>
- How, J., Coughran, D. K., Smith, J. N., Harrison, J., Mc Math, J., Hebiton, B., & Denham, A. (2015). Effectiveness of mitigation measures to reduce interactions between commercial fishing gear and whales. FRDC Project No 2013/03. *Fisheries Research Report*, **267**, 635-645. <https://www.bycatch.org/sites/default/files/>
- Johnsen, C. S. (1967). Sound detection thresholds in marine mammals. In: Tavolga, W. N. (ed). *Marine bio-acoustics* vol 2. Pargamon, Oxford, UK.
- Kastelein, R.A., Bunschoek, P., Hagedoorn, M., Au, W.W.L. & de Haan, D. (2002). Audiogram of a harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) measured with narrow-band frequency-modulated signals. *The Journal of the Acoustic Society of America*, **112**: 334-344.
- Kastelein, R.A., Hagedoorn, M., Au, W.W., & de Haan, D. (2003). Audiogram of a striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). *The Journal of the Acoustical Society of America*, **113**(2), 1130-1137.
- Kastak, D. & Schusterman, R.J. (1998). Low frequency amphibious hearing in pinnipeds: Methods, measurements, noise and ecology. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **103**: 2216-2228.
- Kraus, S. D., Read, A. J., Solow, A., Baldwin, K., Spradlin, T., Anderson E., & Williamson J. (1997). Acoustic alarms reduce porpoise mortality. *Nature*, **388**, 525
- Lagerquist, B., Winsor, M., & Mate, B. (2012). Testing the effectiveness of an acoustic deterrent for gray whales along the Oregon coast. Oregon State University Marine Mammal Institute Final Scientific Report. U.S. Department of Energy. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/05741s112>
- Lien, J., Barney, W., Todd, S., Seton, R., & Guzzwell, J. (1992). Effects of Adding Sounds to Cod Traps on the Probability of Collisions by Humpback Whales. In J. A. Thomas, R. A. Kastelien & A. Y. Supin (Eds.), *Marine Mammal Sensory Systems* (pp. 701-708), New York: Plenum Press. ISBN 978-1-4613- 6505-
- Mangel, J. C., Alfaro-Shigueto, J., Witt, M. J., Hodgson, D. J., & Godley, B. J. (2013). Using pingers to reduce bycatch of small cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. *Oryx*, **47**(4), 595–606. <https://doi.org/10.1017/S0030605312000658>
- McGarry, T., Boisseau, O., Stephenson, S., & Compton, R. (2017, December). Understanding the Effectiveness of Acoustic Deterrent Devices (ADDs) on Minke Whale (*Balaenoptera acutorostrata*), a Low Frequency Cetacean. Offshore Renewables Joint Industry

- Programme (ORJIP) Project 4, Phase 2 Carbon Trust Offshore Renewables Joint Industry. <https://www.carbontrust.com/media/675268/offshore-renewables-joint-industry-programme.pdf>
- Nowacek, D. P., Johnson, M. P., & Tyack, P. L. (2004). North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) ignore ships but respond to alerting stimuli. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **271**(1536), 227–231. <https://doi.org/10.1098/rspb.2003.2570>
- Pirotta, V., Slip, D., Jonsen, I. D., Peddemors, V. M., Cato, D. H., Ross, G., & Harcourt, R. (2016). Migrating humpback whales show no detectable response to whale alarms off Sydney, Australia. *Endangered Species Research*, **29**(3), 201–209. <https://doi.org/10.3354/esr00712>
- Richardson, W.j., Greene jr., C.R., Malme, C.I. & Thompson, D.H. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press, San Diego 576 pp.
- Rikardsen, A.H. 2019. *Winter whales*. ToFoto, Harstad Norway. 150 pages. ISBN13 - 9788293178163
- Southall, B. L., A. E. Bowles, W. T. Ellison, J. J. Finneran, R. L. Gentry, C. R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J. H. Miller, P. E. Nachtigall, W. J. Richardson, J. A. Thomas, and P. L. Tyack. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. *Aquatic Mammals*, **33**: 411-521
- Southall, B. L., DeRuiter, S. L., Friedlaender, A., Stimpert, A. K., Goldbogen, J. A., Hazen, E., Casey, C., Fregosi, S., Cade, D. E., Allen, A. N., Harris C. M., Schorr, G., Moretti, D., Guan S., & Calambokidis, J. (2019). Behavioral responses of individual blue whales (*Balaenoptera musculus*) to mid-frequency military sonar. *The Journal of Experimental Biology*, **222**(5), jeb190637. <https://doi.org/10.1242/jeb.190637>
- Szymanski, M.D., Bain, D.E., Kiehl, K., Pennington, S., Wong, S., and Henry, K.R. (1999). Killer whale (*Orcinus orca*) hearing: Auditory brainstem response and behavioral Audiograms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **106**, 1134-1141.
- Terhune, J.M. 1988. Detection thresholds of a harbour seal to repeated underwater high-frequency, short-duration sinusoidal pulses. *Canadian Journal of Zoology*, **66**, 1578 - 1582.
- Terhune, J. M., & Ronald, K. (1972). The harp seals, *Pagophilus groenlandicus* (Erleben, 1777): III. The underwater audiogram. *Canadian Journal of Zoology*, **50**, 565-569.
- Terhune, J. M., & Ronald, K. (1975). Masked hearing thresholds of ringed seals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **58**, 515-516.
- Todd, S., Lien, J., & Verhulst, A. (1992). Orientation of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) to acoustic alarm devices designed to reduce entrapments in fishing gear. In J. A. Thomas, R. A. Kastelien & A. Y. Supin (Eds.), *Marine Mammal Sensory Systems* (pp. 727-739), New York: Plenum Press.
- Tremel, D. P., Thomas, J. A., Ramirez, K. T., Dye, G. S., Bachman, W. A., Orban, A. N., & Grimm, K. K. (1996). *Underwater hearing sensitivity of a Pacific white-sided dolphin, Lagenorhynchus obliquidens* (Master's thesis, Western Illinois University).
- Vogel, E.F., Biuw, M., Blanchet, M.-A., Jonsen, I.D., Mul, E., Johnsen, E., Hjøllø, S.S., Olsen, M.T., Dietz, R & Rikardsen, A.H. In press. Killer whale movements on the Norwegian shelf are associated with herring biomass. *Marine Ecology Progress Series*.