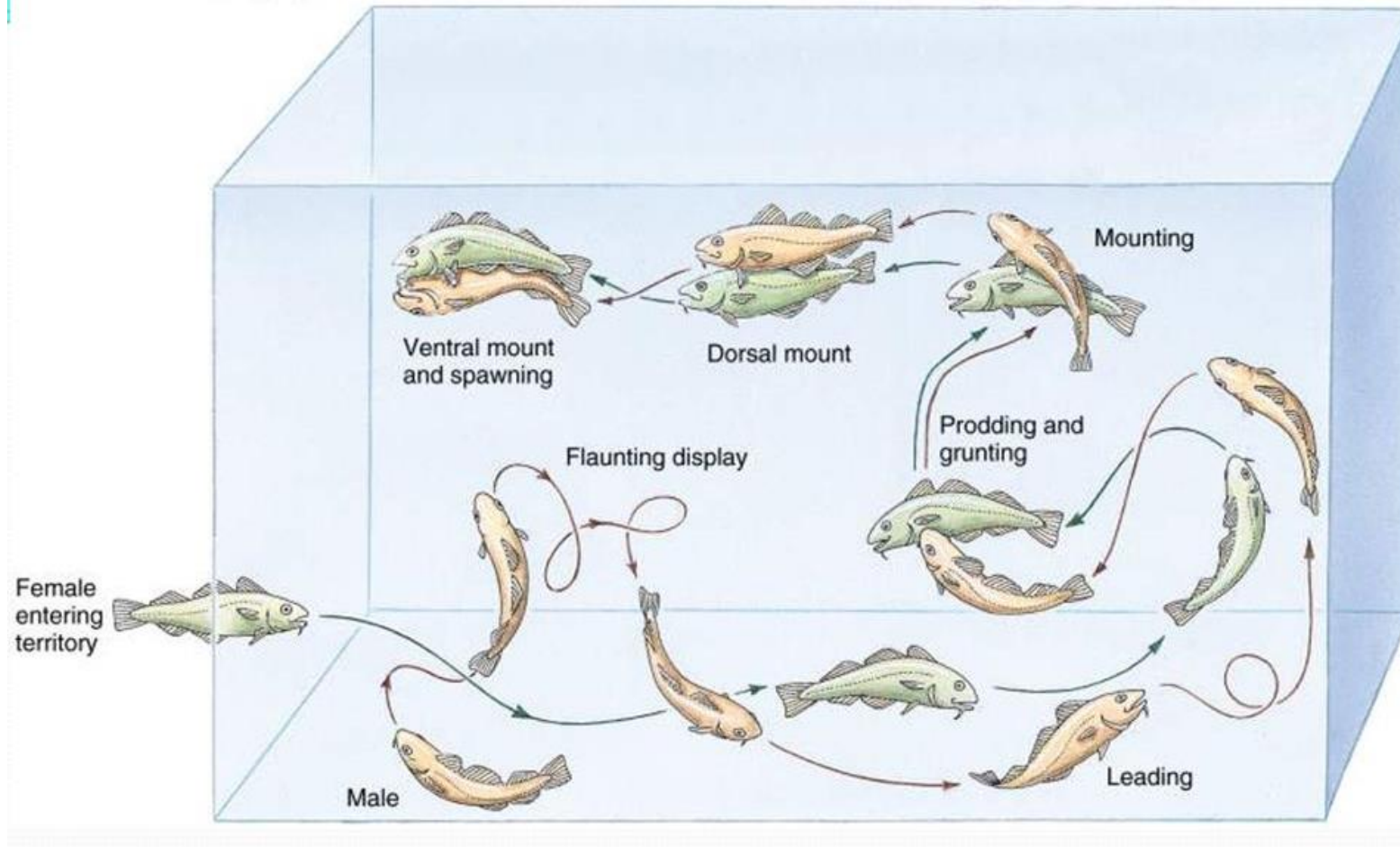


SpawnSeis: Påvirkning av lyd fra luftkanon og marin vibrator på gytende torsk

Lise Doksæter Sivle
Havforskningsinstituttet



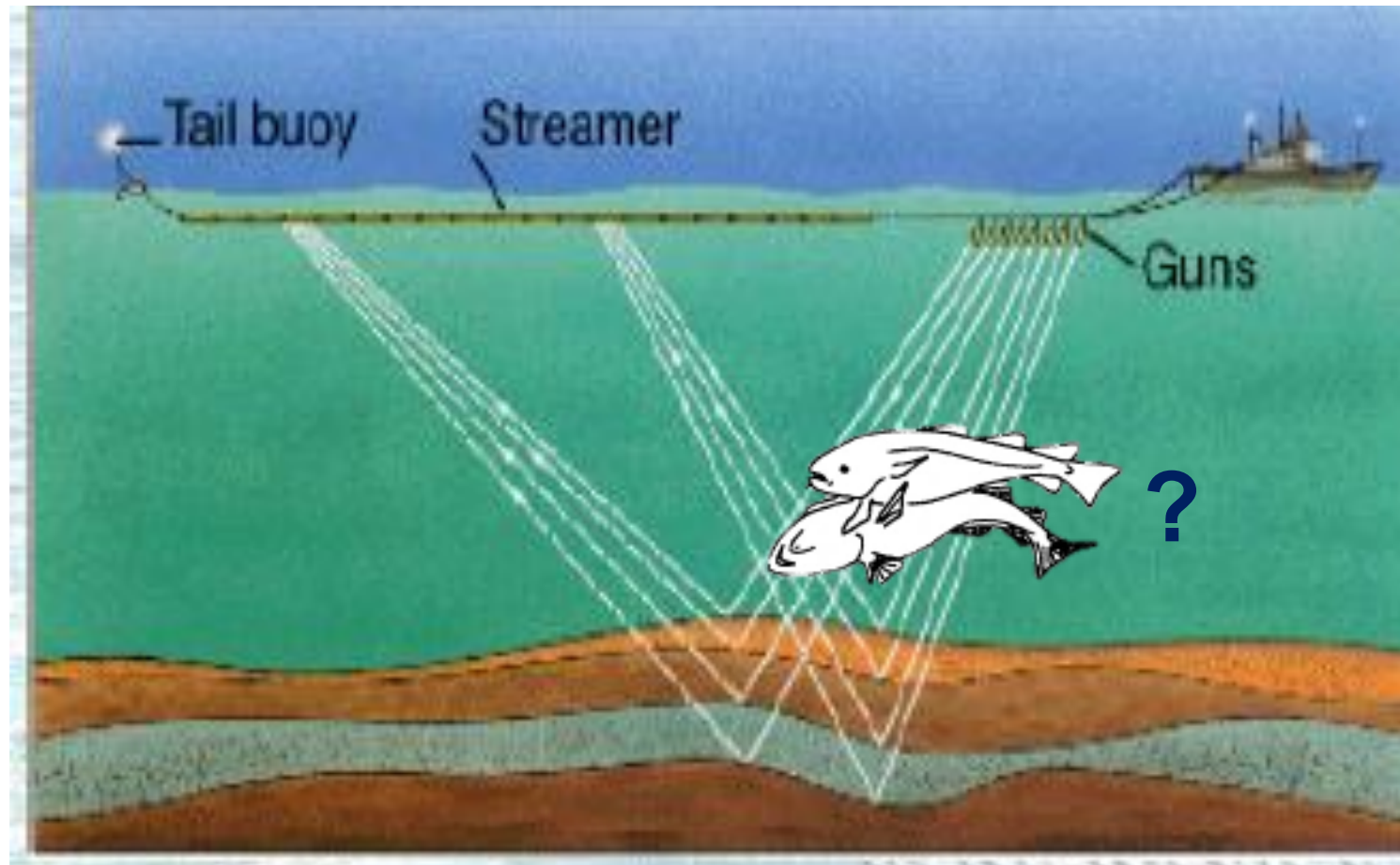
Torsk bruker lyd under gyting



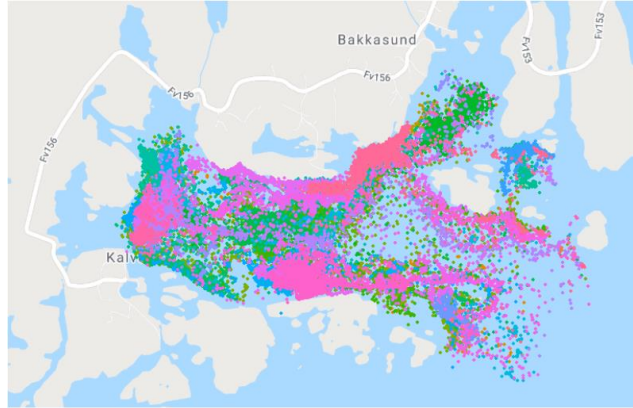
SpawnSeis

Effects of seismic sound on spawning behaviour and reproductive success of cod

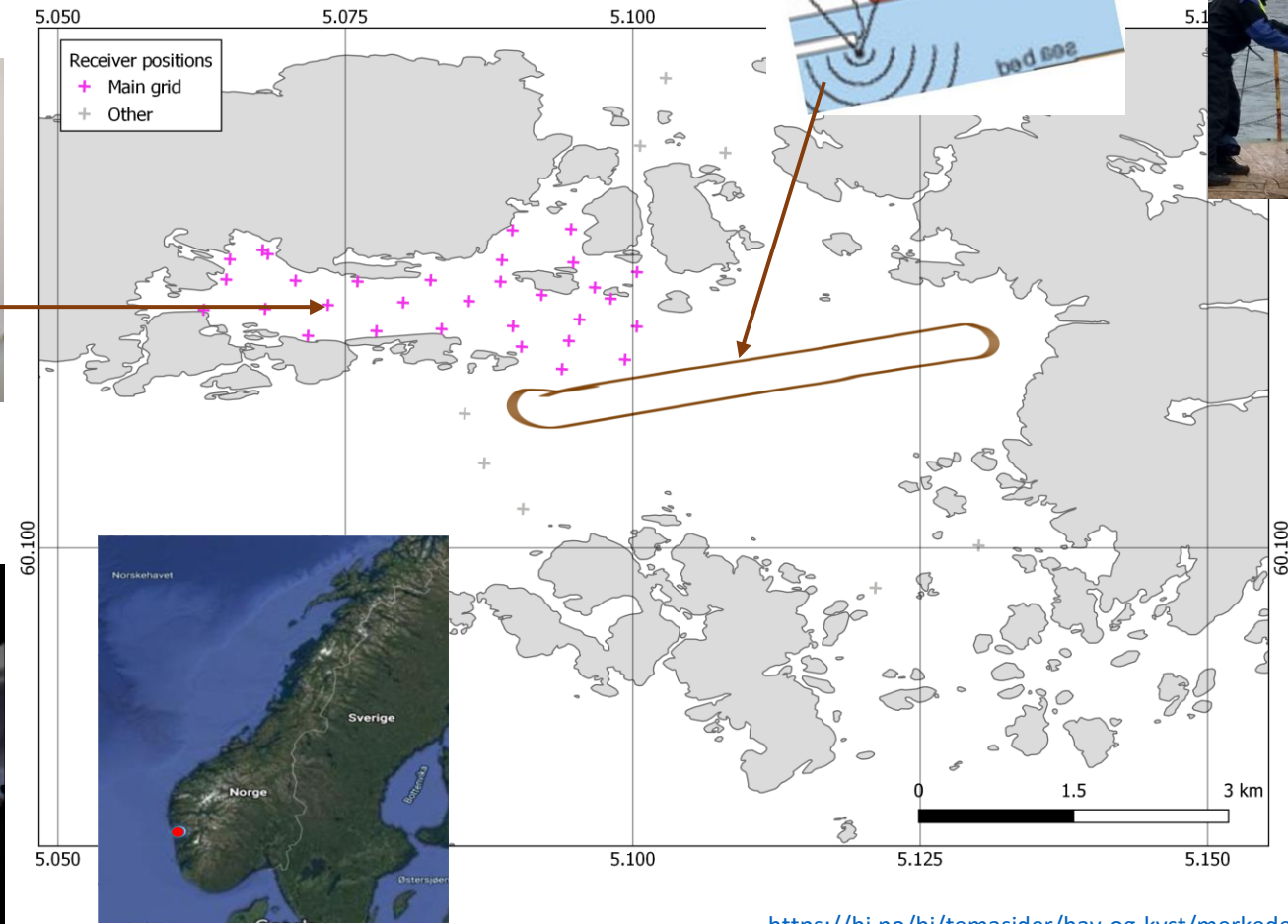
Vil eksponering til seismikk i gyteperioden påvirke torskens sannsynlighet for vellykket reproduksjon?



Akustisk telemetri og eksponeringsforsøk



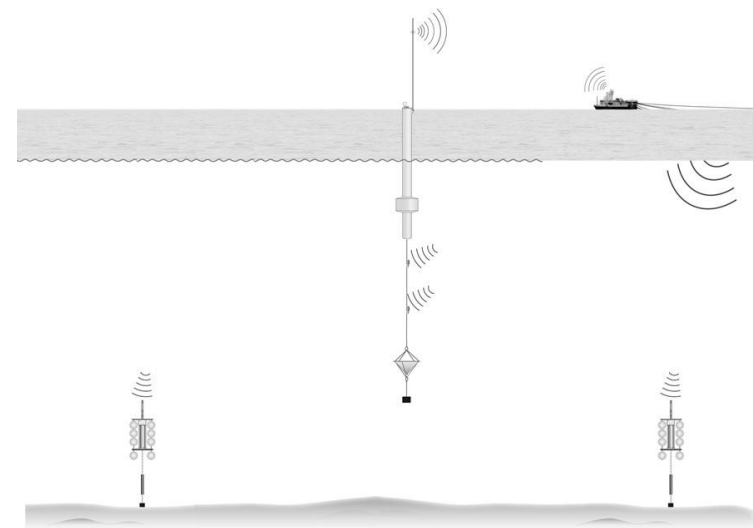
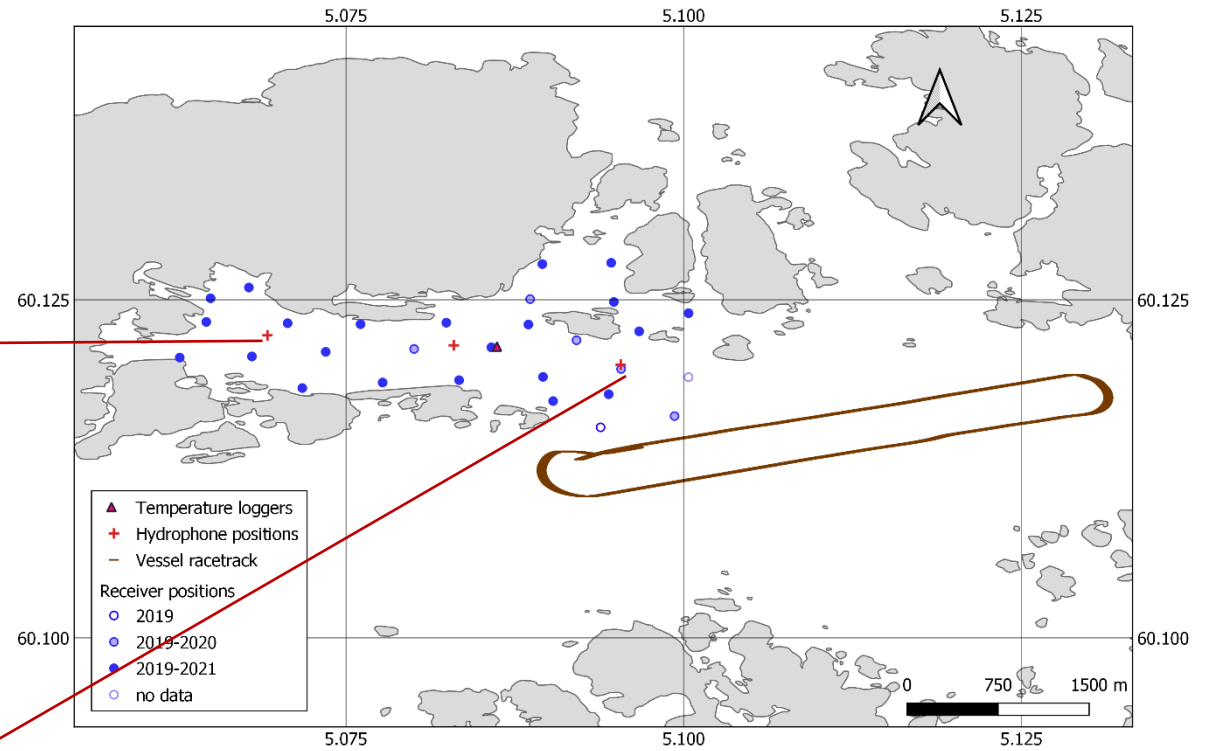
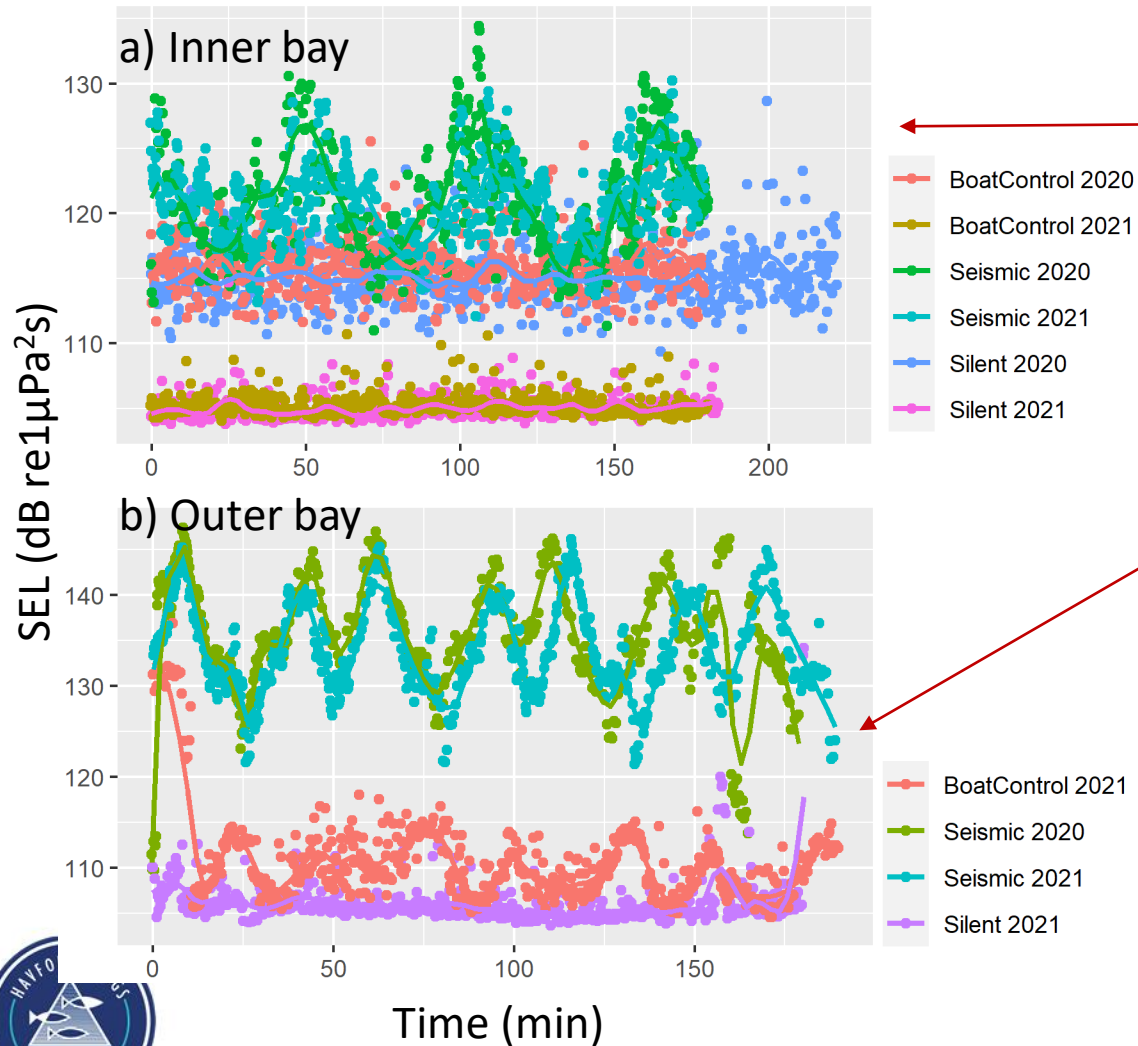
40 torsk i 40 fargenyansar - og posisjonane deira i februar og mars 2019. (Illustrasjon: Daniel Nyqvist / HI)



<https://hi.no/hi/temasider/hav-og-kyst/merkede-arter/merketorsk/merket-torsk-pa-vestlandet>

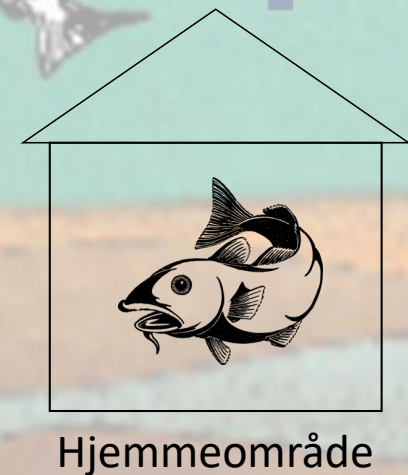
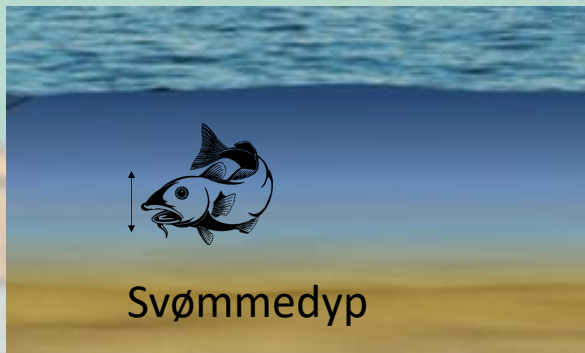
<https://www.facebook.com/watch/?v=404533023452339>

Lydnivå i gytebukten

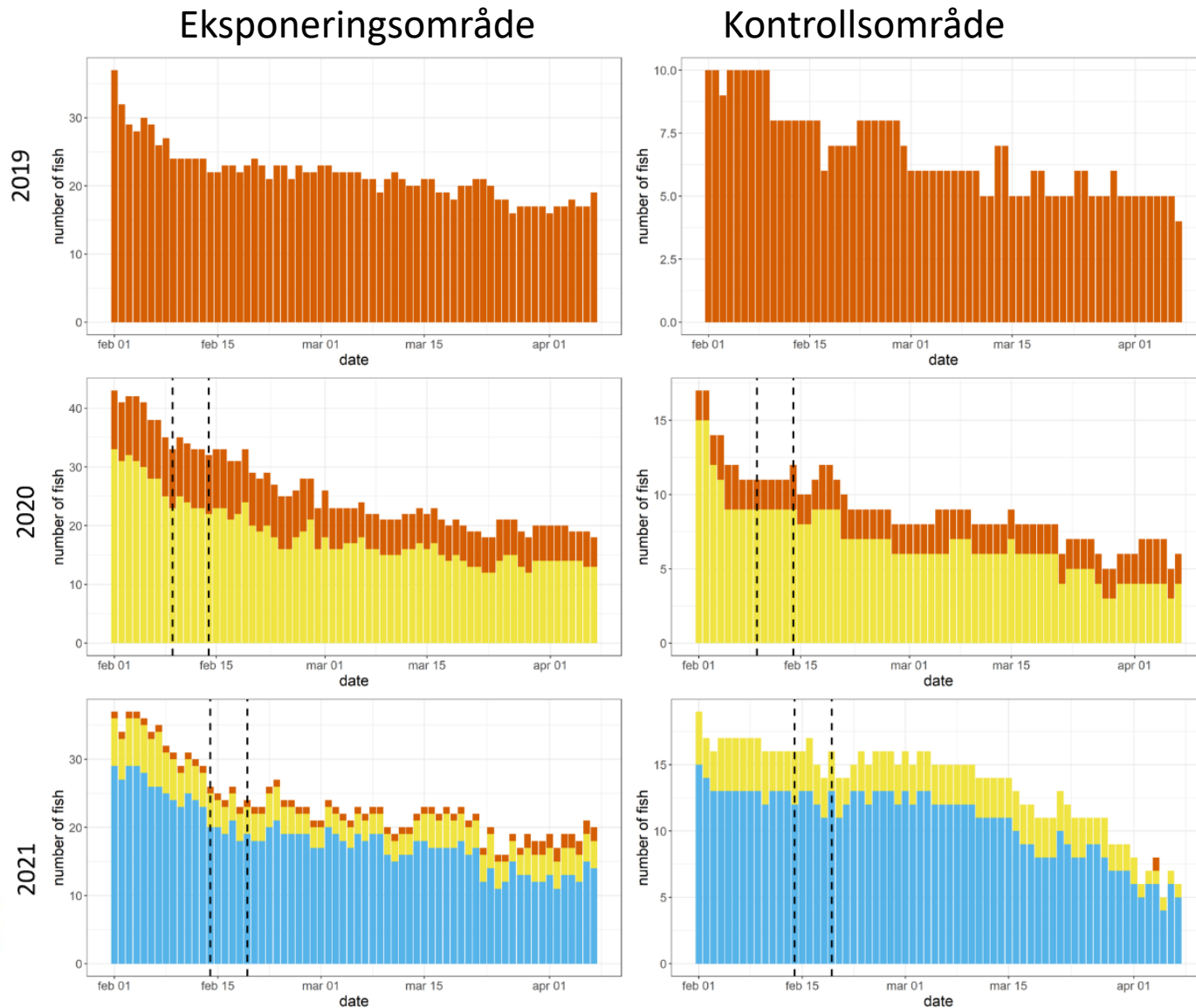


Hvordan påvirket seismikk gytende torsk?

- 1) Skremmer seismikk torsk bort fra gyteområdet?
- 2) Torsk som ikke skremmes bort, vil de endre adferd på gyteområde på en måte som kan medføre mindre vellykket gyting?

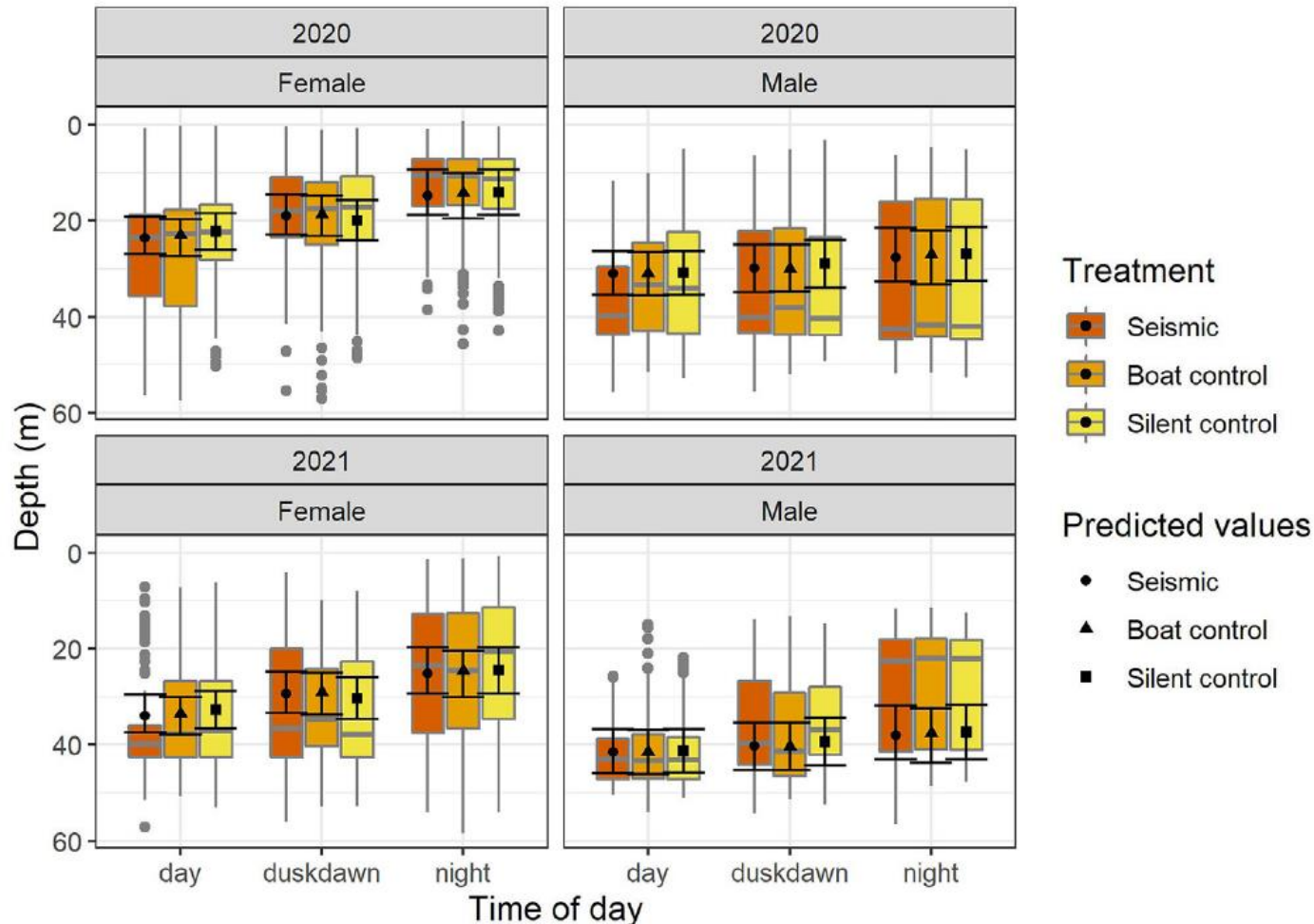


1) Forlater torsken gyteområde?



Torsk har ikke høyere sannsynlighet til å forlate området under eksponering sammenliknet med andre tider på året, eller med samme tid på året uten seismikk.

2) Endrer torsken adferd på selve gyteområdet?



Ingen signifikant endring i akslerasjon, forflytning innad på området eller «hjemmeområde» (home range) som følge av eksponering.

En statistisk signifikant effekt på dyp; fisken går dypere under seismikkeksponering. Imidlertid er forflytningen kun på noen få meter.

SpawnSeis vs «ekte» seismikk-undersøkelse



- En ordinær seismikkundersøkelse bruker gjerne luftkanon array $>3000 \text{ inch}^3$.
- Vi har brukt nedskalert kilde; $2 \times 40 \text{ inch}^3$.
- Hydrofonmålinger viser at torsk i SpawnSeis eksponert for opp $145 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ i «lyddose» (Sound Exposure Level, SEL) integrert over 10 sek.

SpawnSeis, svært kort oppsummert

- Ved eksponering til luftkanon opp til nivåer tilsvarende SEL = 145 dB dB re $1\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ viser ikke torsk noen endring i adferd som vil medføre redusert gytesuksess.
- Hva som skjer dersom dette lydnivået overstiges er usikkert.

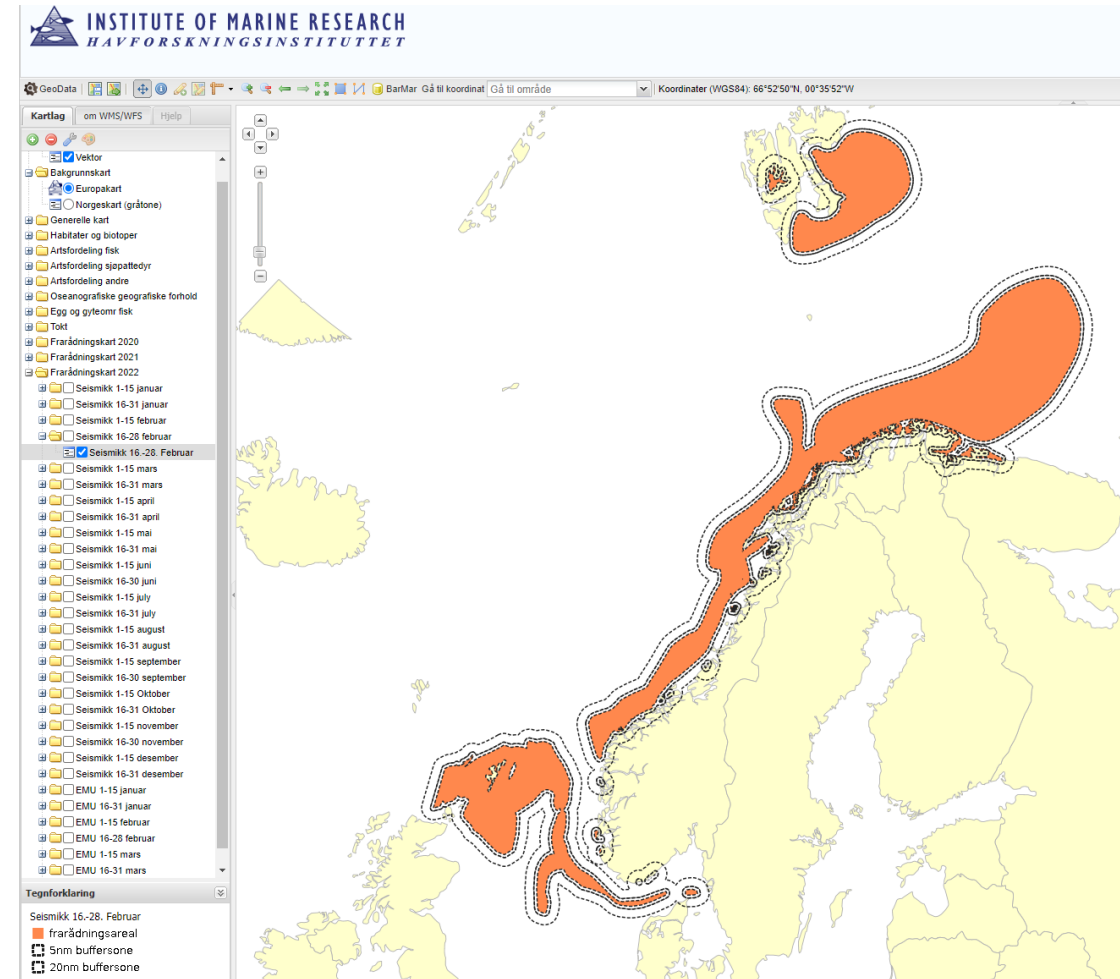
HI sine råd og implementering av SpawnSeis resultater

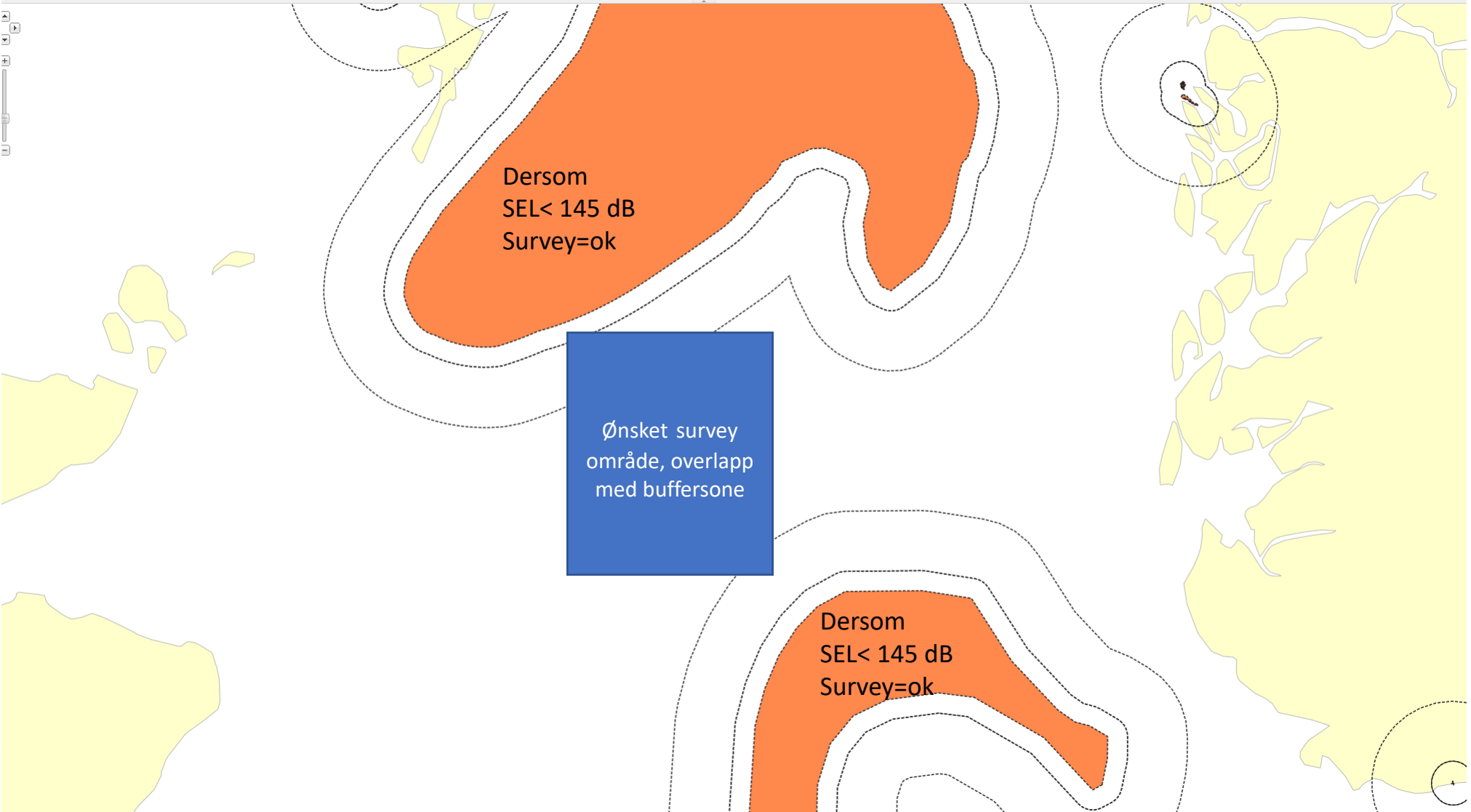
Dagens råd for seismikkundersøkelser

- Unngå gyteområder for fisk i gyteperioden, samt i en buffersoner på 20 nmi (ordinær seismikk) eller 5 nmi (BSU) for å unngå at fisk svømmer bort fra gyteområdene.
- Disse reglene gir grunnlag for frarådingskartene som ligger i OD sitt meldesystem.

Resultater fra SpawnSeis

- Gytende fisk forlater ikke gyteområdet under eksponering til nedskalert kilde.
- Ikke noen signifikante endringer i adferd på gyteområdet (bortsett fra liten endring i dyp).
- Dette gjelder for fisk som har vært eksponert for lyd dose (Sound Exposure Level, SEL) opp til 145 dB $1\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$





Dersom
SEL < 145 dB
Survey=ok

The map displays two orange-shaded regions representing noise contours where SEL < 145 dB. These regions are surrounded by dashed white lines. A blue box highlights an area of overlap between these contours and a survey area. The background is light yellow, and there are small circular markers on the right side of the map.

Ønsket survey
område, overlapp
med buffersone

Dersom
SEL < 145 dB
Survey=ok

Prøveordning i 2023 for unntak fra regelen om 20 nmi buffersone rundt gytefelt for fisk



HAVFORSKNINGSINSTITUTTETS RÅDGIVNING FOR MENNESKESKAPT STØY I HAVET

Kunnskapsgrunnlag, vurderinger og råd for 2023

Lise Doksaeter Sivle, Torje Nesse Forland, Karen de Jong, Guosong Zhang, Tina Kutti, Caroline Durif, Geir Pedersen, Henning Wehde (HI) og Endre Grimsbo (UIT - Norges arktiske universitet)



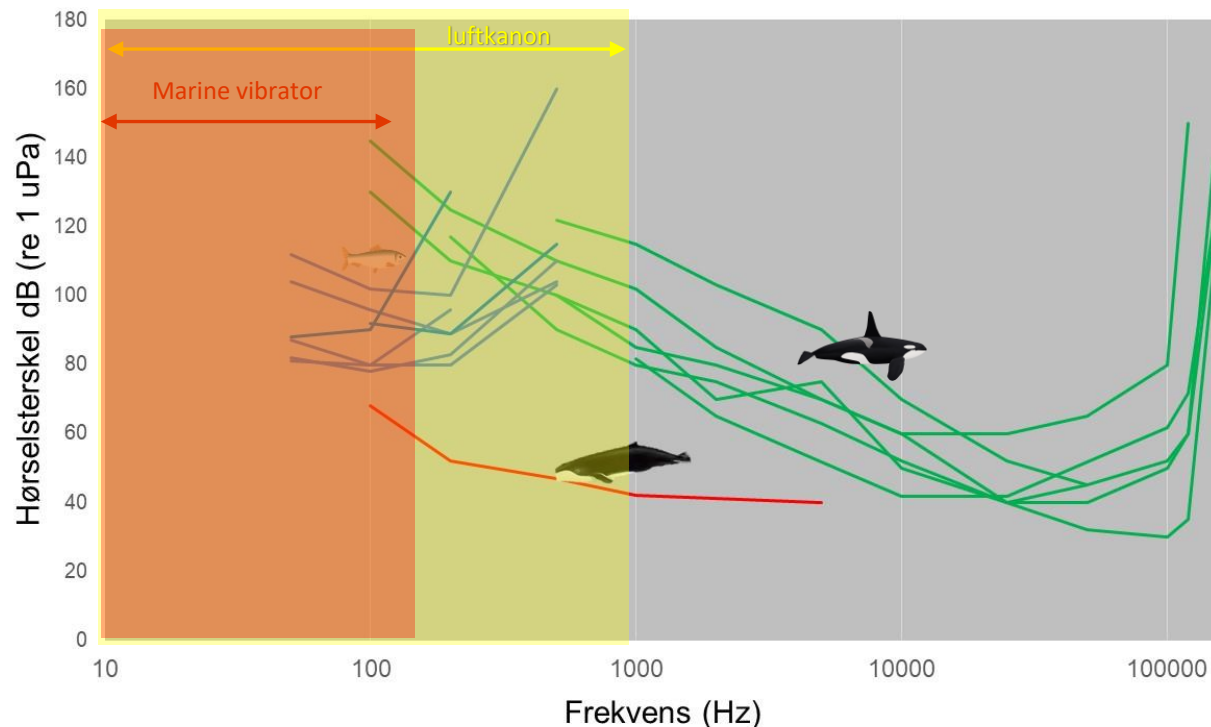
For å få et slik unntak må operatøren gå i dialog med Havforskningsinstituttet, og unntaket kan gis basert på akustisk modellering av lydforplantning og verifikasjonsmålinger utført av eller på vegne av operatøren. Lydeksponeringsnivået integrert over 10 sekunder i frarådingsområdet må dokumenteres før undersøkelsen ved hjelp av modellering til å være under 145dB re 1 μ Pa2s. Den foreslåtte framgangsmåten består av modellering av lydforplantning fra den seismiske kilden som skal benyttes i undersøkelsene, verifisert med målinger under de seismiske undersøkelsene.

Følgende steg forventes:

1. Det benyttes industristandard verktøy for å modellere kildeesignatur (for eksempel Gundalf eller Nucleus). Kildeesignaturen må kunne gjøres tilgjengelig for HI
2. Verktøyet for modellering av lydforplantning må være dokumentert og egnet for å simulere lydforplantning av seismiske pulser og estimere SEL_10sek under vann. Offentlig tilgjengelige verktøy er å foretrekke.
3. Modelleringen av lydforplantningen må være transparent slik at HI kan gjennomgå de ulike stegene og reprodusere resultatene.
4. Inputdata til simuleringene må være relevante og dokumenterte, dette inkluderer lydshastighetsprofiler, bunndyp og sedimentsammensetning/elastoakustiske egenskapene til havbunnen.
5. Resultatene må vise at maksimum vertikal SEL_10sek (dB re 1 μ Pa2s) gjennom vannsøylen er mindre eller lik 145 dB re 1 μ Pa2s i selve gyteområdet, uavhengig av hvor i den planlagte undersøkelsen kilden befinner seg for å kunne få et unntak. Dataene og beregningene må kunne gjøres tilgjengelig for HI. SEL_10sek må beregnes over frekvensbåndet ca. 1 Hz-1 kHz.
3. Målinger av lydtrykk må utføres under det seismiske surveyet ved bruk av kalibrert(e) hydrofon(er) og dokumenteres. Beregning av SEL_10sek og sammenligning med resultater fra modellering må evalueres og beskrives. Data, kalibrering og beregninger må kunne gjøres tilgjengelig for HI.

Ny lydkilde; Marin Vibrator

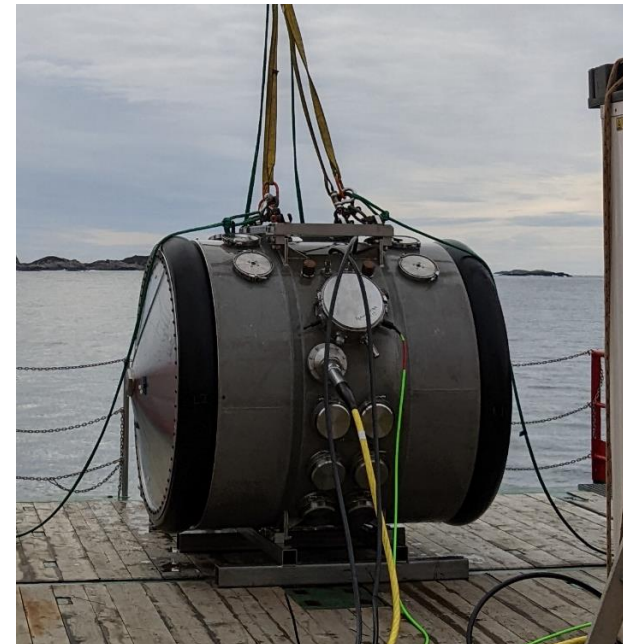
- Marin Vibrator (MV): ny lydkilde som vil bli brukt i geofysiske undersøkelser i fremtiden.
- Kontinuerlig lydutsending med lavere lydnivå og mye mindre energi utsendt i frekvensbåndet over 200 Hz.
- Dette er bra for sjøpattedyr, som hører best i kHz området, og lav lyd kan være bedre for å unngå hørselskader.



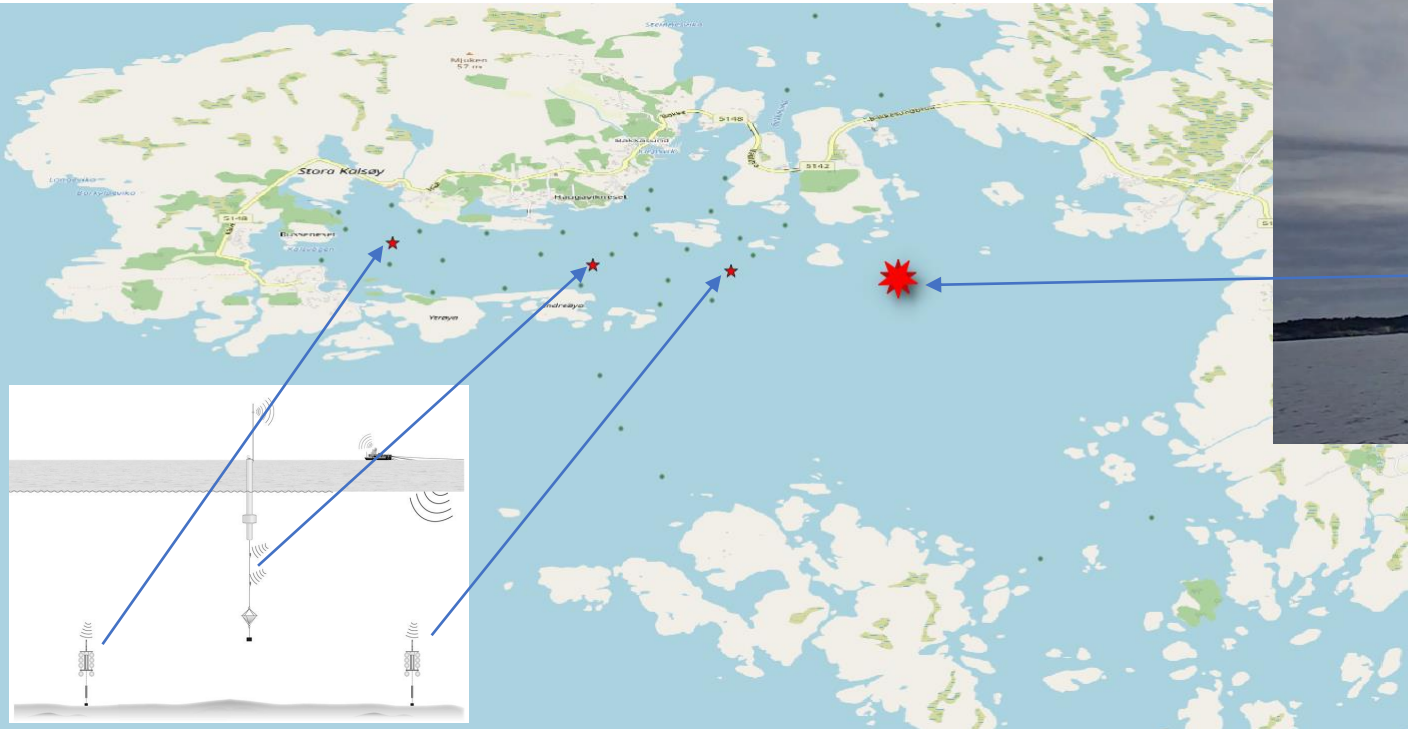
- Fisk derimot hører best i de laveste frekvensene, hvor MV kilden opererer, dvs all energien i det området fisk hører.
- Kontinuerlig lyd gir ingen pauser mellom skuddene, som kan brukes til å kommunisere eller lytte etter viktige lyder, eks parringsrop.

SpawnSeis MV

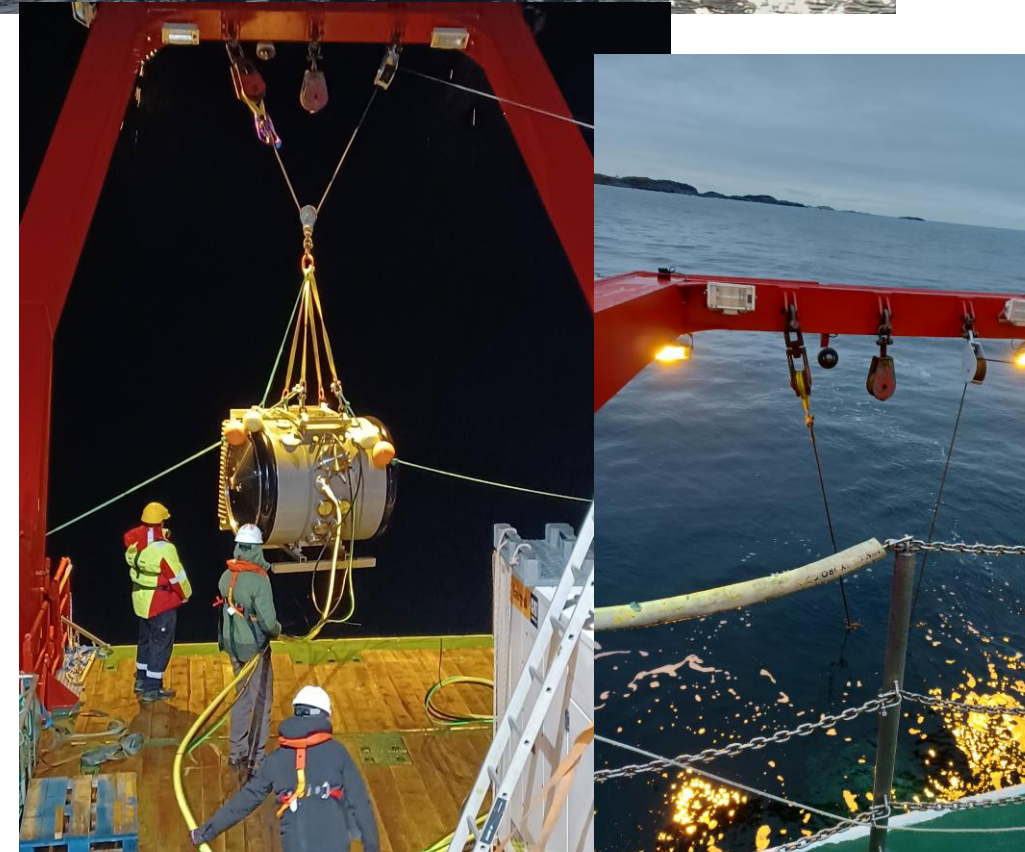
- Finansiert av Equinor, Shearwater Geo, Vår Energy og Lundin sammen med Havforskningsinstituttet (HI). Forskningen er gjort av HI i samarbeid med Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI).
- **Målsetning:** Gjennomføre et eksponeringsforsøk med en marin vibrator (MV) på gytende torsk med samme betingelser som med luftkanon.
- Kilden som ble brukt kalles BASS (Broadband Acoustic Seismic Source), utviklet av Shearwater Geo.
- Det aller første (til vår kjennskap) eksponeringsforsøk med marin vibrator på livet i havet.



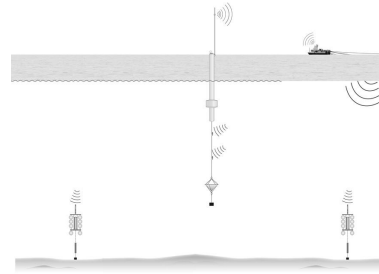
Eksponeeringsforsøk 12-18.feb 2022



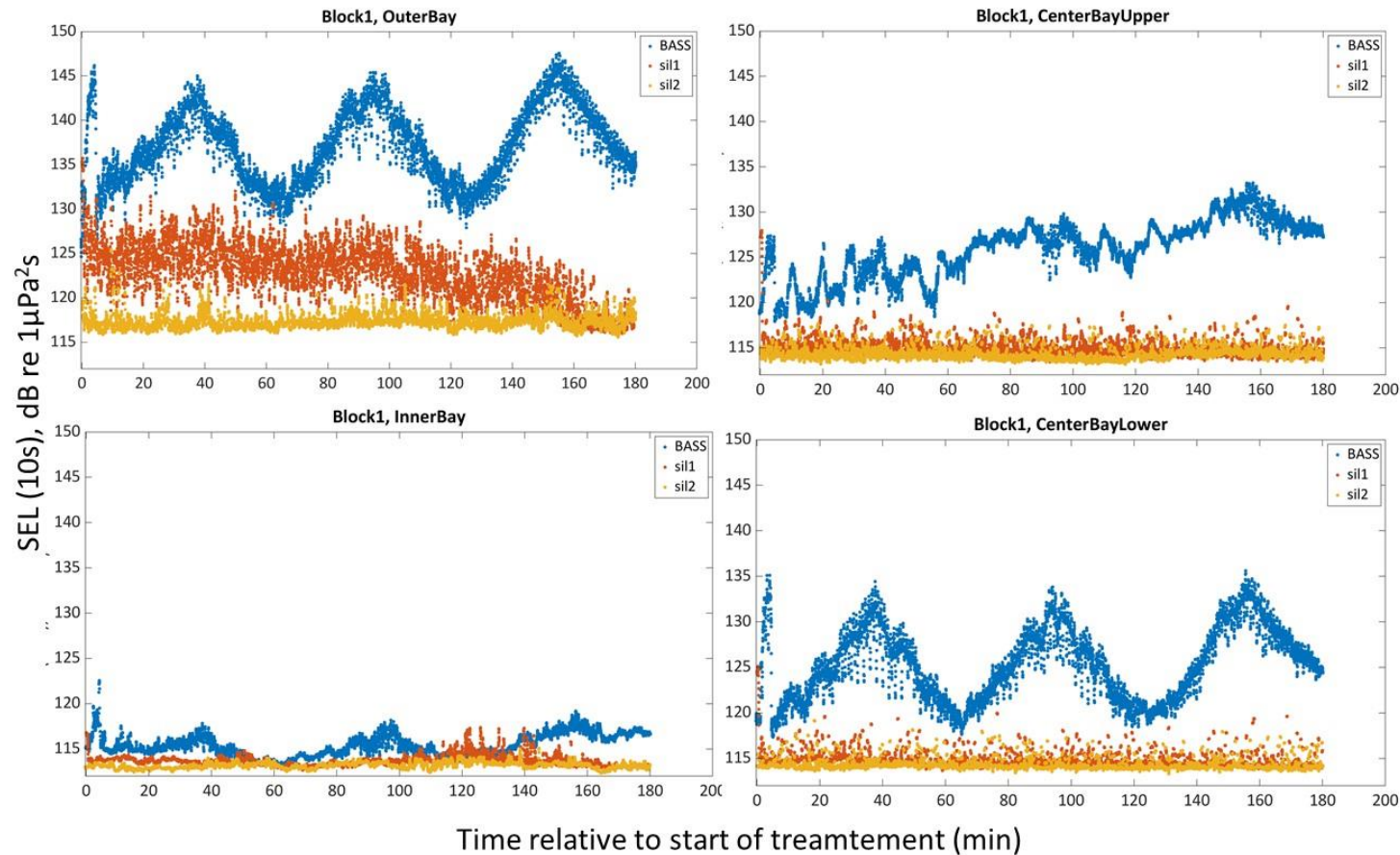
- Samme forskningsfartøy som brukt under forsøk med luftkanon.
- Hydrofoner plassert samme sted.
- Kunne ikke taue kilden som gjorde med luftkanon, men ankret opp på en plass som var gunstig for lydutsending. Lydsignalene ble justert for å veksle I nivå, tilsvarende en kilde som varierte i avstand (som luftkanonen gjorde).



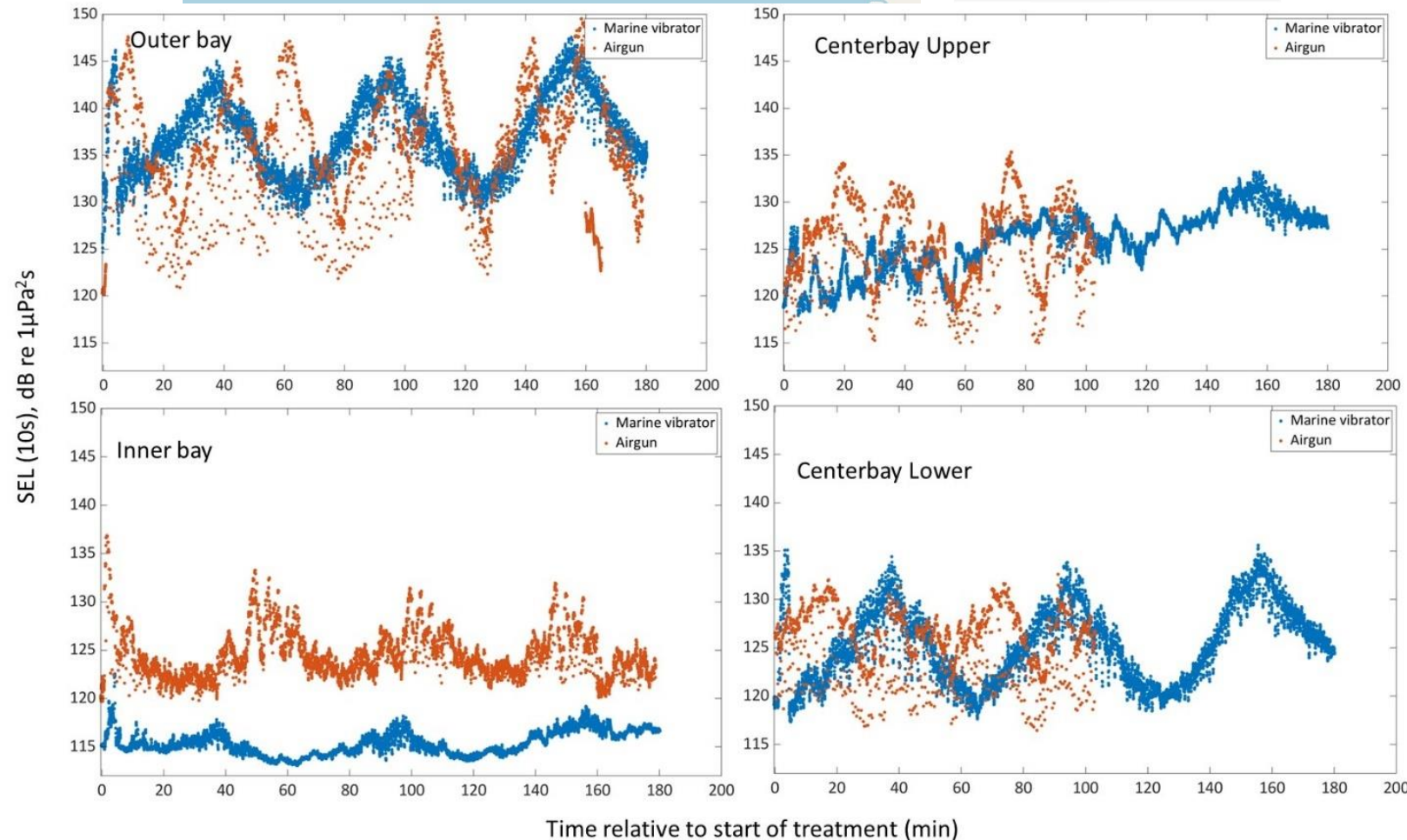
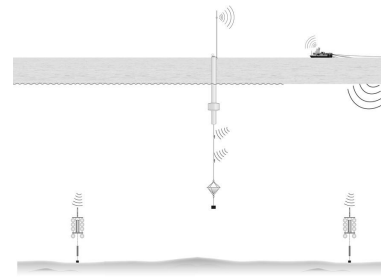
Resultater: Lydeksponering



- Lyden fra BASS over bakgrunnstøyen på alle 3 hydrofonlokaliteter.

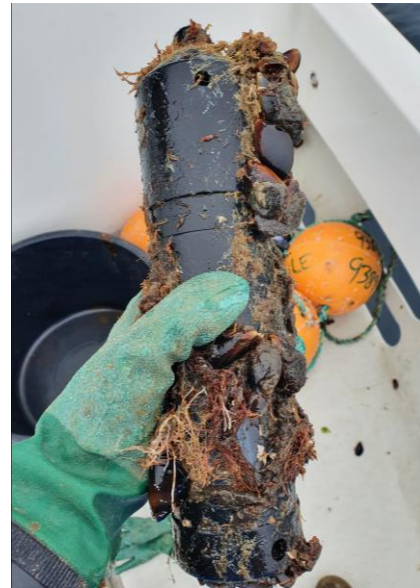
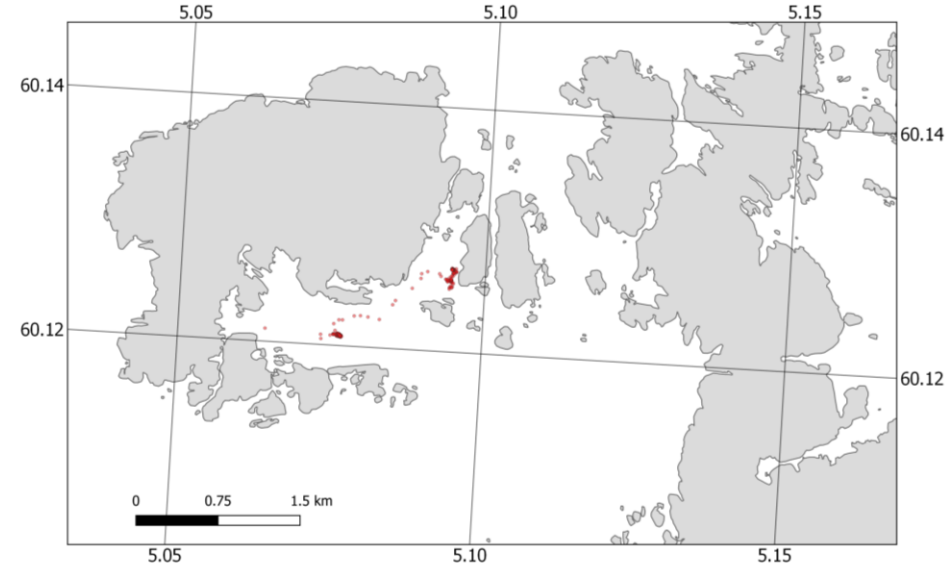
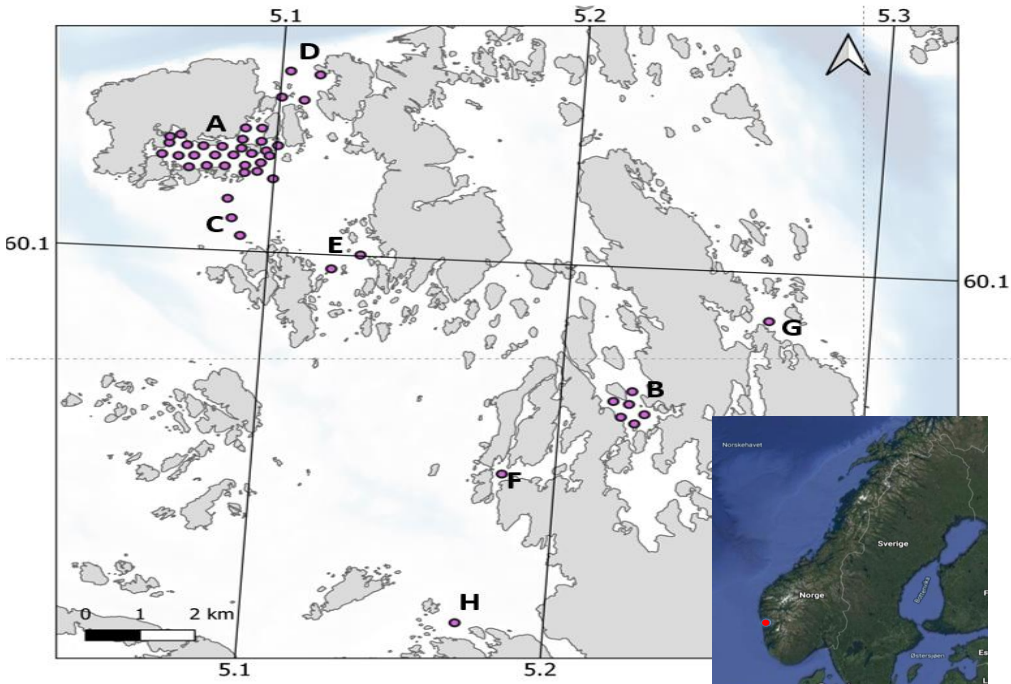


Resultater: Sammenlikning av lyd med seismikk



- Målsetning var å oppnå samme lyddose (SEL) over 10 sek, hele eksponeringsrunden (3 timer) og hele uken totalt (30 timer over 5 dager).
- Dermed kan vi sammenlikne endringer i adferd til pulset (luftkanon) med kontinuerlig (BASS) lyd under samme betingelser.
- Siden luftkanon ble tauet langs et transekt, mens BASS var stasjonær ikke mulig å matche SEL fullt ut på alle lokasjoner, men klarte det rimelig bra på ytterste hydrofon.

Resultater: Endringer i adferd hos fisk



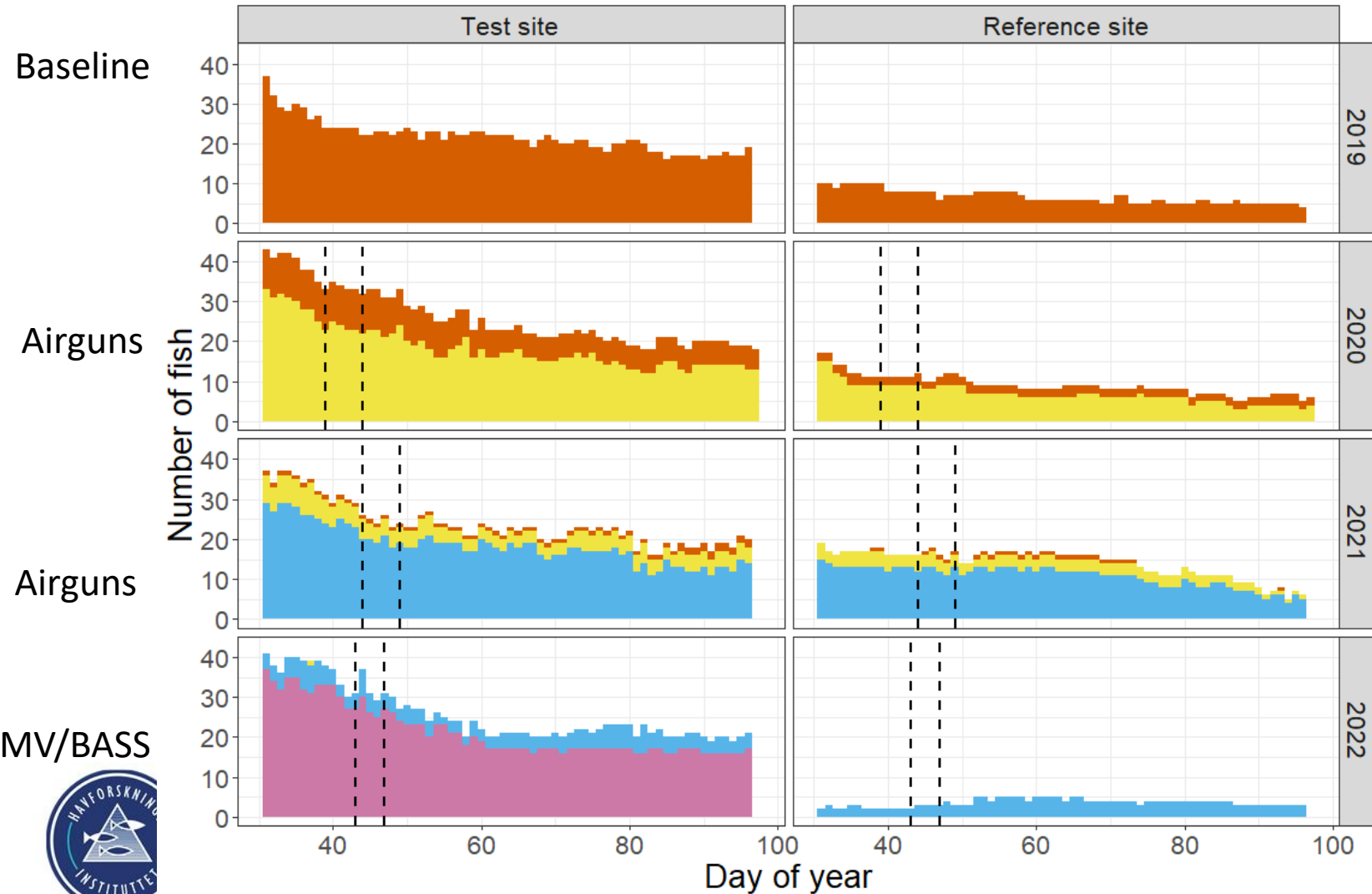
- Tilstedeværelse og bevegelse av merket torsk
- Svømmedyp
- Akslerasjon
- Temperatur

Now showing 2021-02-10 23:08:26

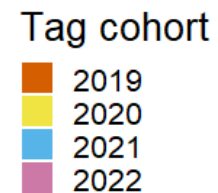
Frame 1 of 1702



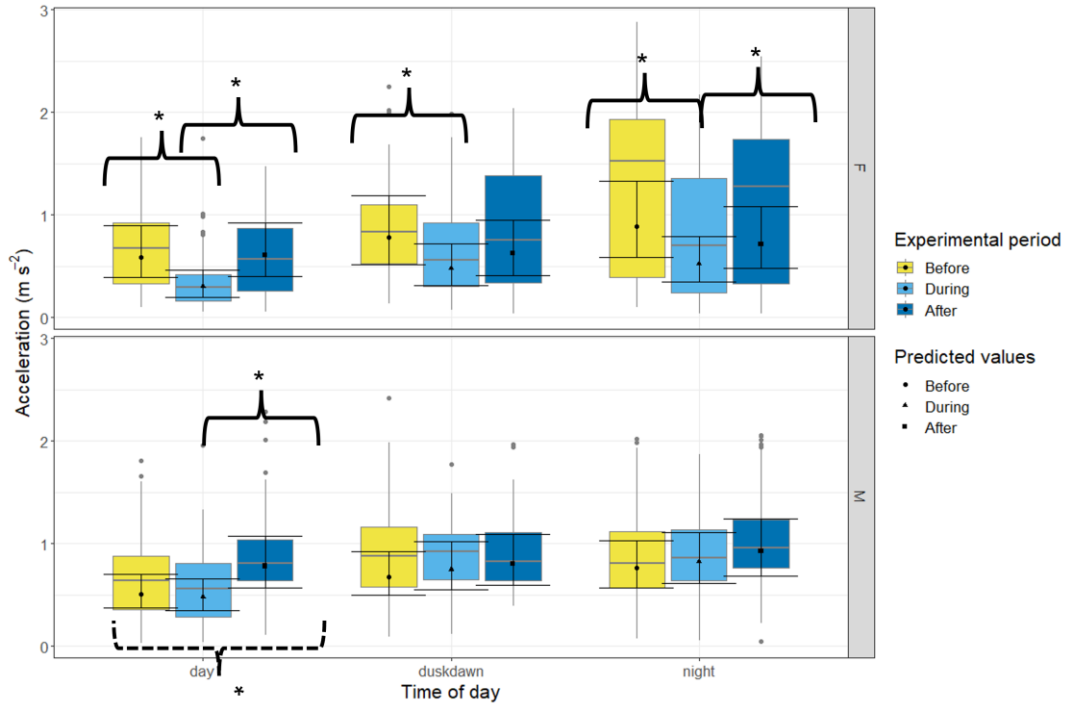
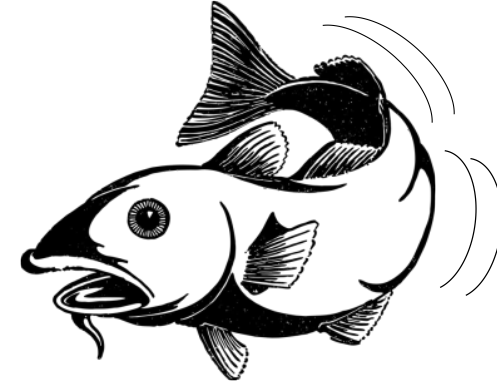
1) Forlater torskene gyteområdet?



- Heller ikke eksponering til BASS hadde noen effekt på sannsynligheten til å forlate gyteområde.
- Ikke noe forskjell på år med seismikk og år med BASS.



Akslerasjon

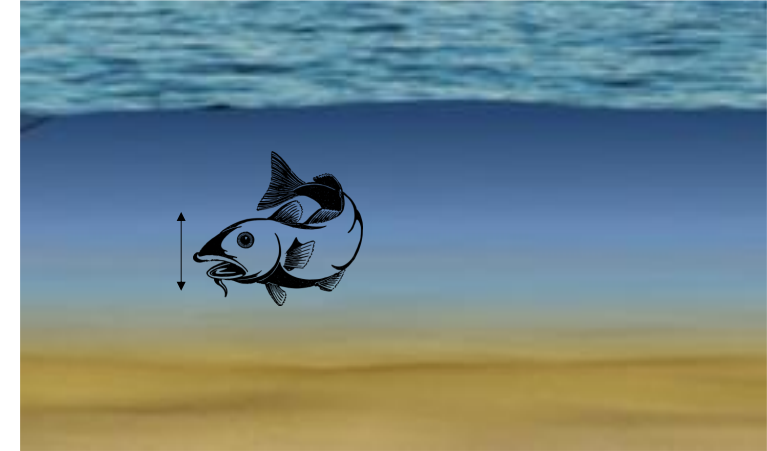
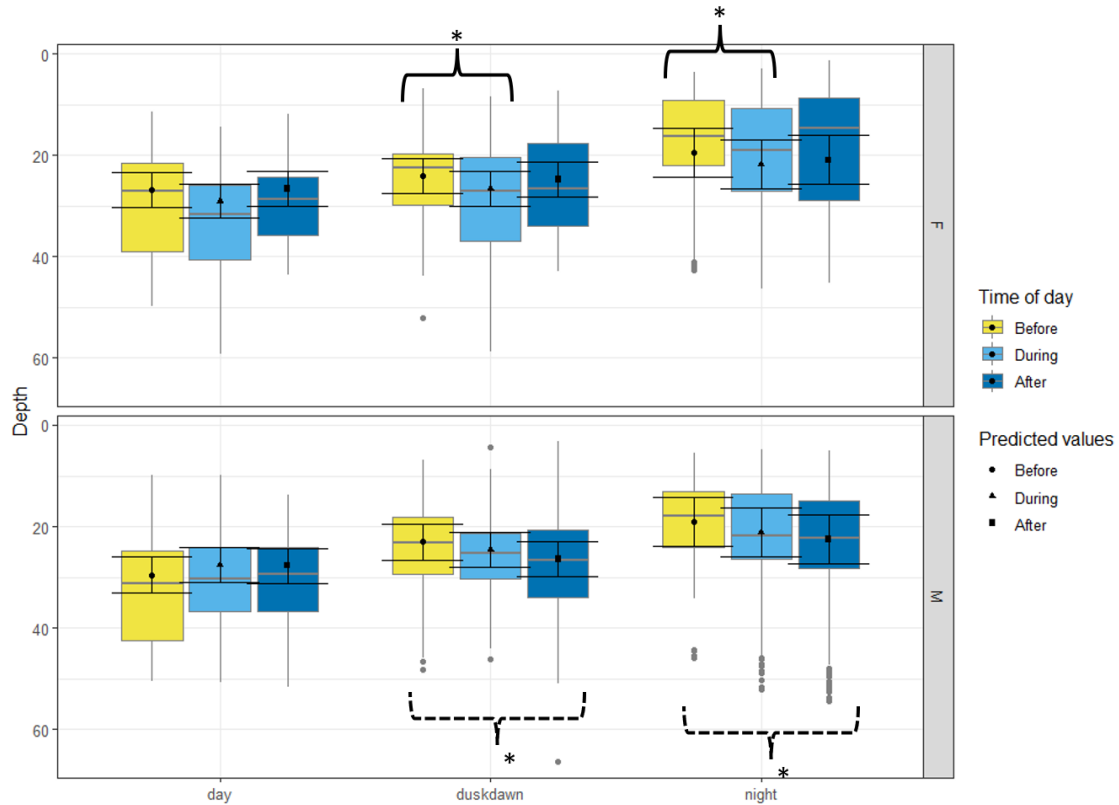


- Statistisk signifikant nedgang i akselerasjon.
- Sterkest for ho-fisk.

Viser signifikant lavere akselerasjon for ho-fisk for alle perioder på dagen

For hanner, kun signifikant på dagtid.

Svømmedyp

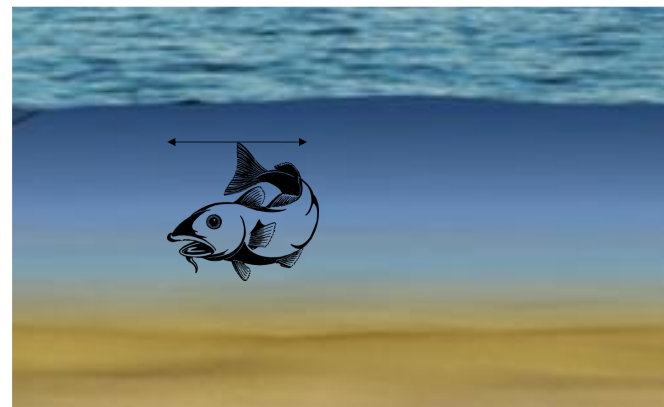
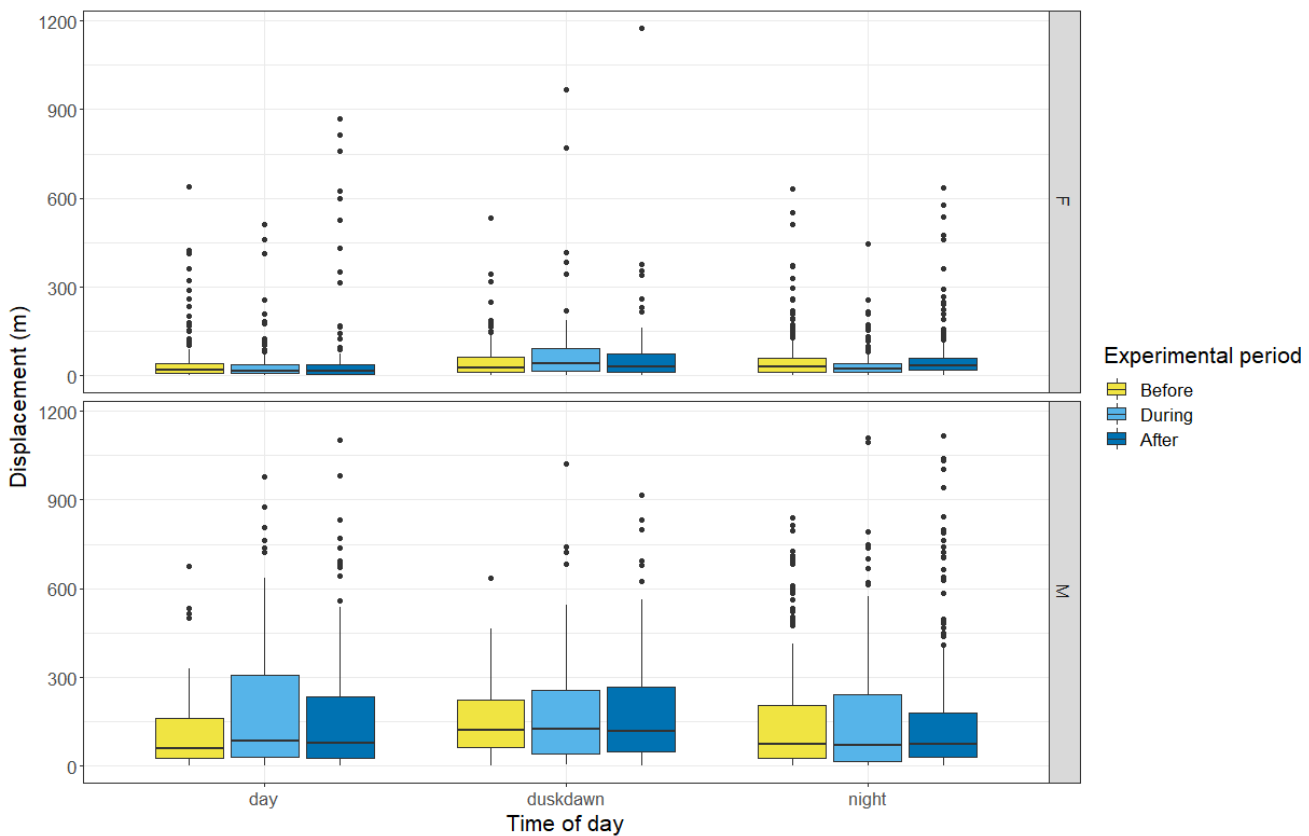


Ho-fisk svømte signifikant dypere under eksponering i skumring og natt.

Han-fisk signifikant dypere etter eksponering sammenliknet med før i skumring og natt.

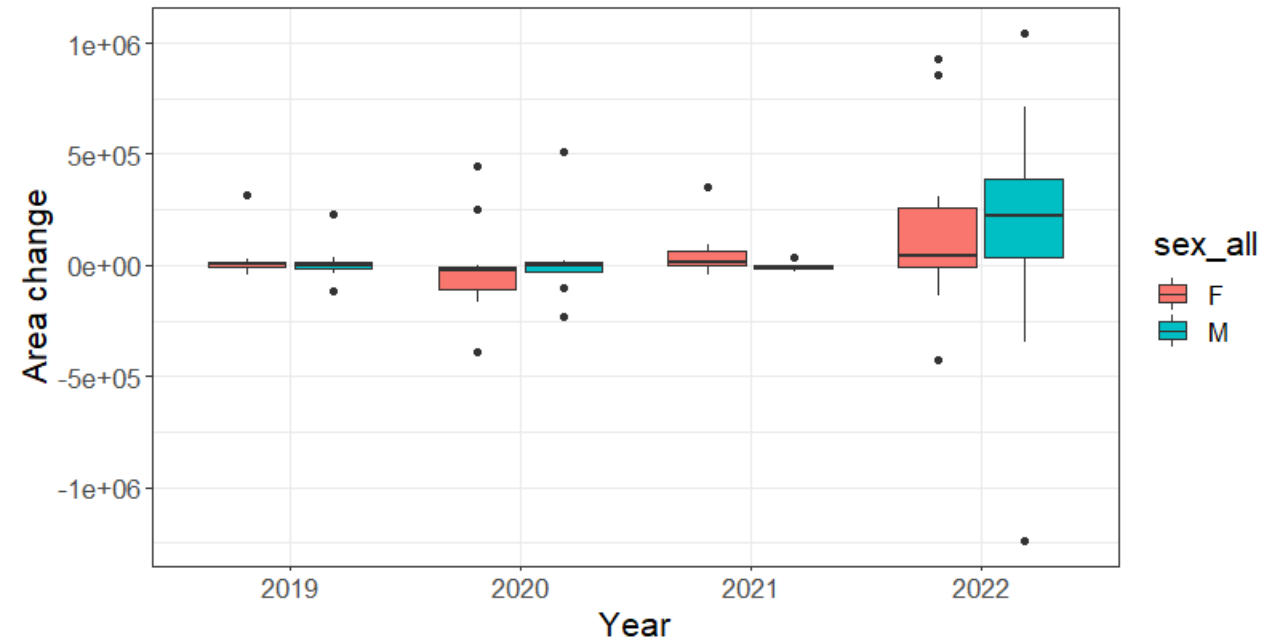
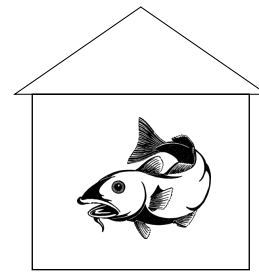
- Fisken beveger seg dypere i dagene med eksponering sammenliknet med i forkant.
- Sterkest for ho-fisk.

Forflytning innad i bukten



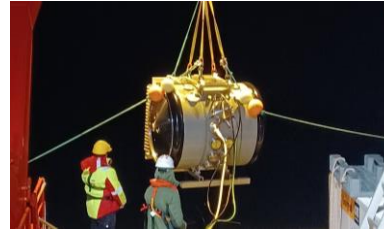
Ikke noen effekt.


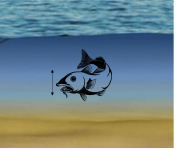
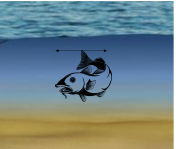
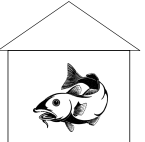
Hjemmeområder (home range)



- Torsken hadde signifikant større hjemmeområder under eksponering til BASS sammenliknet med i forkant.
- Denne endringen var også større enn det har sett tidligere år, da det ikke var noen slik signifikant endring.
- Indikasjon på at torsken beveger seg over større områder under eksponering.

Oppsummering og sammenlikning med luftkanon



Adferdstype	Luftkanoner	BASS
Forlater gyteområde		
Akslerasjon 		Lavere akslerasjon under eksponering
Svømmedyp 	Svømmer dypere under eksponering	Svømmer dypere under eksponering
Forflytning på området 		
Hjemmeområde 		Større hjemmeområde under eksponering

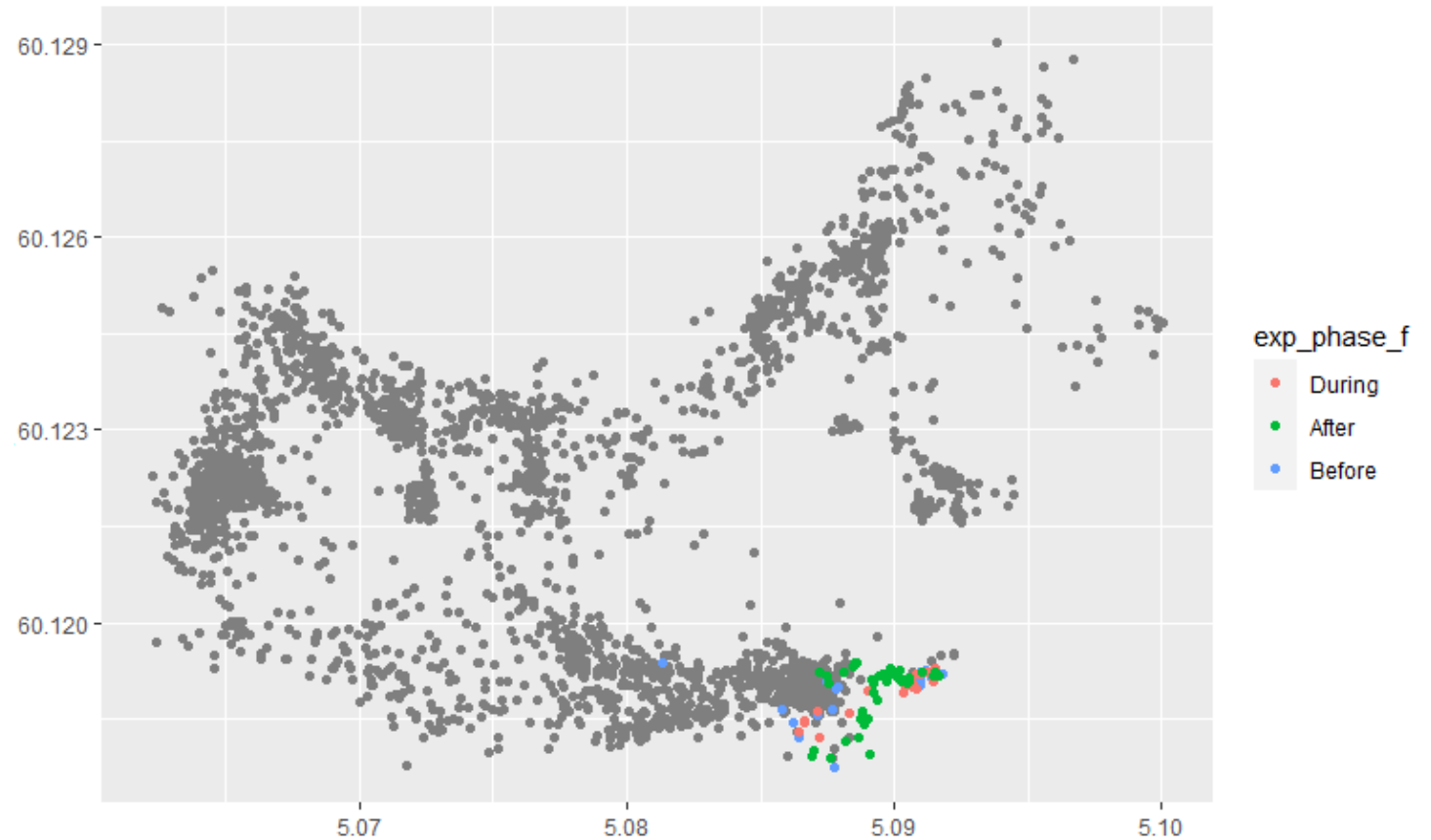
- Ingen av eksponeringstypene gjorde at torsk svømte bort fra gyteområdet.
- Forflytning var ikke påvirket av noen av eksponeringstypene.
- Begge typer eksponering påvirket dybdefordeling, hvorav torsken trakk dypere under eksponering.
- Akselerasjon ser ut til å bli påvirket av BASS eksponering, men ikke luftkanon.
- Hjemmeområde øker under eksponering til BASS.

Foreløpige konklusjoner og veien videre

- Ved de lydnivåene vi har testet, vil ikke kontinuerlig lyd fra en marin vibrator medføre at gytende torsk svømmer bort fra gyteområdet, men ser ut til å påvirke adferden på gyteområdet noe.
- **Fremtidige utfordringer:**
- Både for luftkanoner og marin vibrator er det fortsatt uvisst hvilke lydnivåer som trigger en signifikant endring i adferd som kan medføre nedsatt gytesuksess. Forsøk i gytesesongen med en kraftigere kilde og gradvis økende nivå vil kunne gi svar på dette.
- Vil adferdsendringer variere med årstid og fiskens tilstand/adferdsmodus? «Trangen til å gyte» vil muligens undertrykke andre reaksjoner som responser til en mulig trussel (fluktreaksjon), men dette kan være annerledes til andre tider på året (eks under beiting om sommeren).

Positions of the female with clear patterns in accel data

Show that those females with a clear pattern in acceleration change were found in the outer bay; close to the source.



Endrer torsken adferd på selve gyteområdet?

For hver av adferds komponentene svømmedyp, akselerasjon, bevegelse og hjemmeområde ble sammenliknet på 2 ulike tidskalaer:

- 1) Før-Under-Etter eksperimentet; sammenlikner hele eksponerings perioden (4 dager) men 4 dager før og 4 dager etter. (FUE nivå)
- 2) innad eksponeringsuken: sammenlikner BASS/Silent perioder. (Behandlingsnivå)

