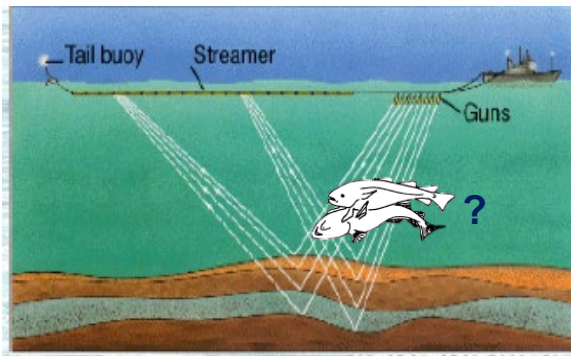
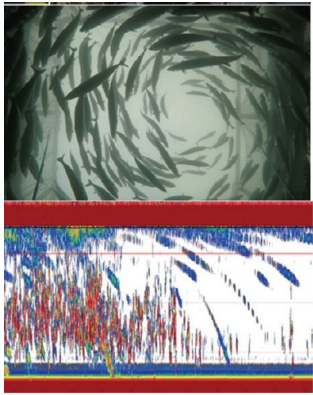
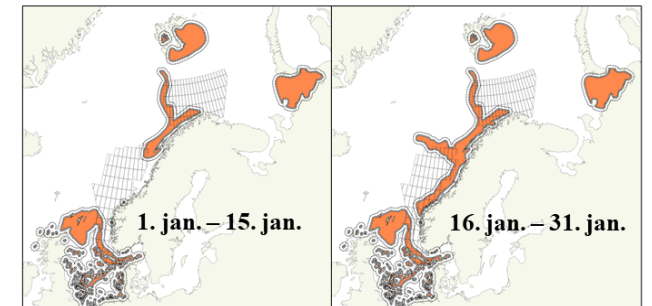
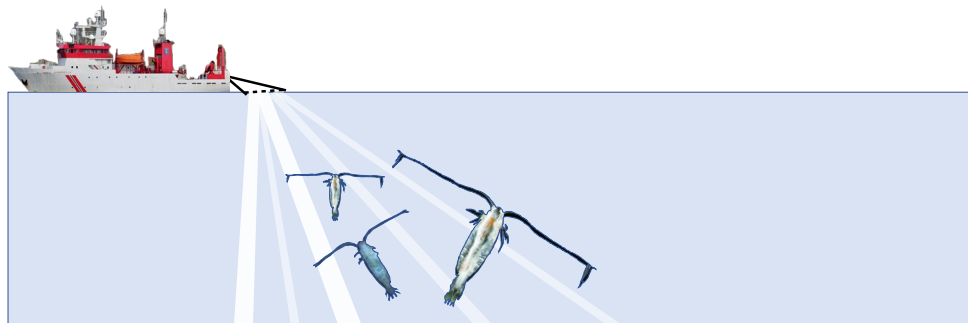


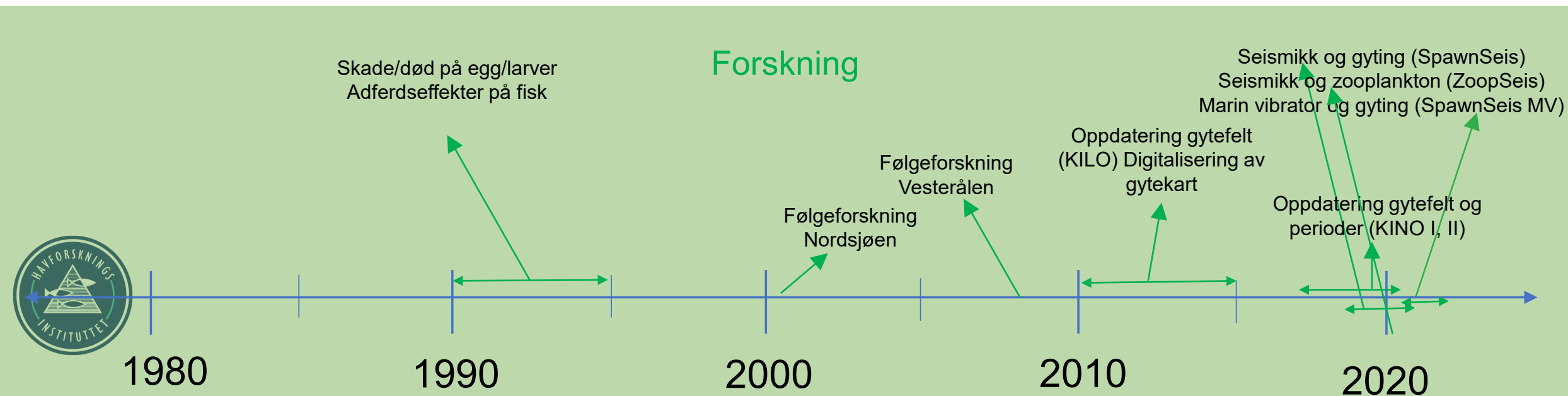
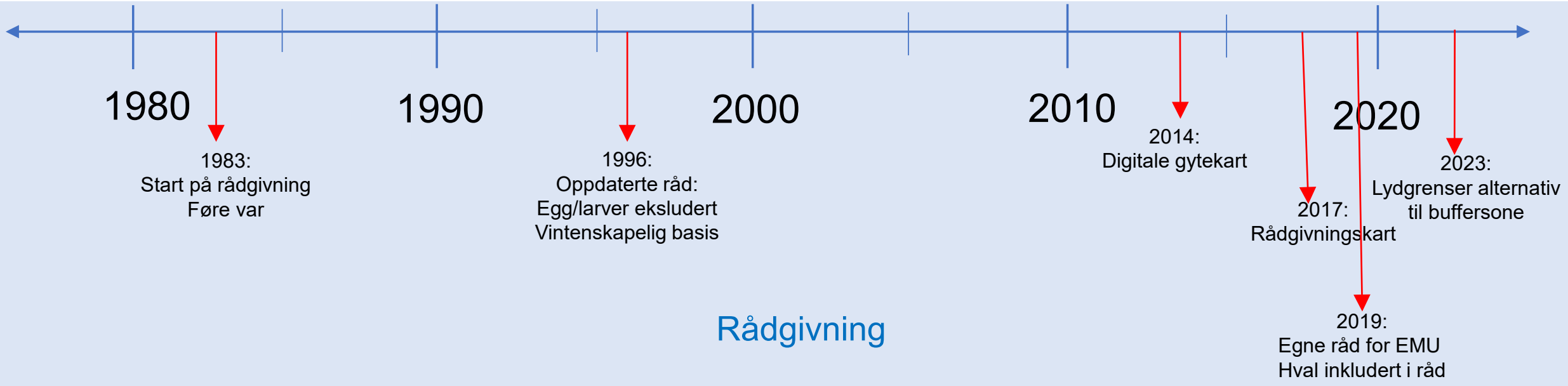
10 års forskning på lyd i havet - Hva har vi lært og hvilke konsekvenser har dette for seismikk- rådgivningen?



Lise Doksæter Sivle
Havforskningsinstituttet



Hovedtrekk rådgivning og forskning i Norge



Litt historie

- Da rådgivning begynte på 80 tallet var råd basert på føre-var-prinsippet *. Gytefelt, gytevandring og områder med egg og larver ble vernet da disse ble regnet som ekstra sårbare.
- Rådene har gjennom tiden utviklet seg og blitt utbedret etterhvert som forskning har ført til økt kunnskap.
- **Driver** for forskningsaktivitet har ofte vært spesifikke hendelser som har fått oppmerksomhet, eller at det stilles spørsmål ved rådene som gis.



* "Nødvendigheten av handling på grunnlag av mindre enn full vitenskapelig sikkerhet for miljøødeleggelser av potensiell irreversibel natur."

80-90 tallet – skade, dødelighet og skremmeeffekter

RÅD: Beskytte gyteområder og områder med egg/larver og yngel, basert på føre var.

DRIVERE: Massedødelighet i oppdrettsanlegg i Alta etter seismikk. Frykt for at dette kan skje til havs. Fiskere mener fangstene er redusert i store avtander fra seismikkundersøkelser.

FORSKNING:

Flere store prosjekter på skade/død på egg, larver og voksen fisk etter seismikkeksponering

Skade på fisk i og rundt oppdrettsanlegg
Soldal et al. 1990; Engås et al. 1989

Skade og dødelighet på tidlige livstadier
Booman et al. 1992; Booman et al. 1996, Knudsen og Dalen 1985

Voksen fisk ikke død, noe skade.
Tidlige livstadier økt dødelighet nært kanon.

Populasjonseffekter av skade på egg og yngel
Ona og Sætre 1996

Dødelighet fra seismikk negisjerbar

NYE RÅD FRA 1996:

Ta bort verneområder for egg/larver.

Verne gyteområder, men med vitenskapelig basis. Tillegg 20 nmi basert på fangstforsøk.

Forsøk med fangst og akustisk kartlegging

Fangstforsøk
Løkkeborg og Soldal 1993

Adferdsforsøk i våg
Hovland et al. 1993

Eksponeringseksperiment
Engås et al. 1996

Redusert fangst i nærheten av seismikk, fisk beveger seg unna.



2016-2018 Makrell

RÅD: Ikke noe spesifikt råd for makrell



DRIVER: Mye oppmerksomhet omkring at makrell skremmes bort av seismikk



Makrellen skyr seismikk

Seismikk skyting midt i det mest hektiske fisket skremmer bort makrellen og fører dermed til økonomiske tap for mange fiskarar med mindre fartøy.

OPPDATERT: 26.AUG.2011 09:30 - PUBLISERT: 26.AUG.2011 08:31



Ola Borten-Moe:

I år skal ikke seismikk krasje med makrellfiske

FORSKNING

MackSeis

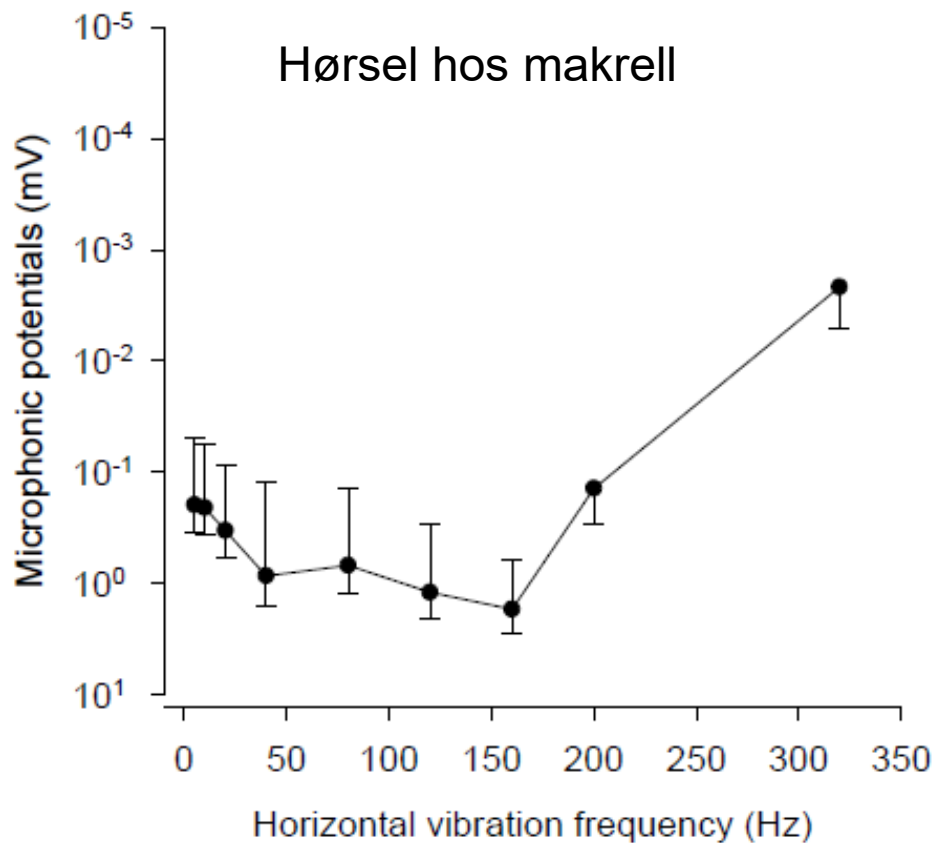
1. Undersøke hørsel
2. Eksponering i merd til playback
3. Eksponering i merd til ekte lydkilde



MackSeis (2016-2018)

1. Undersøke hørsel

2. Eksponering i merd til playback
3. Eksponering i merd til ekte lydkilde

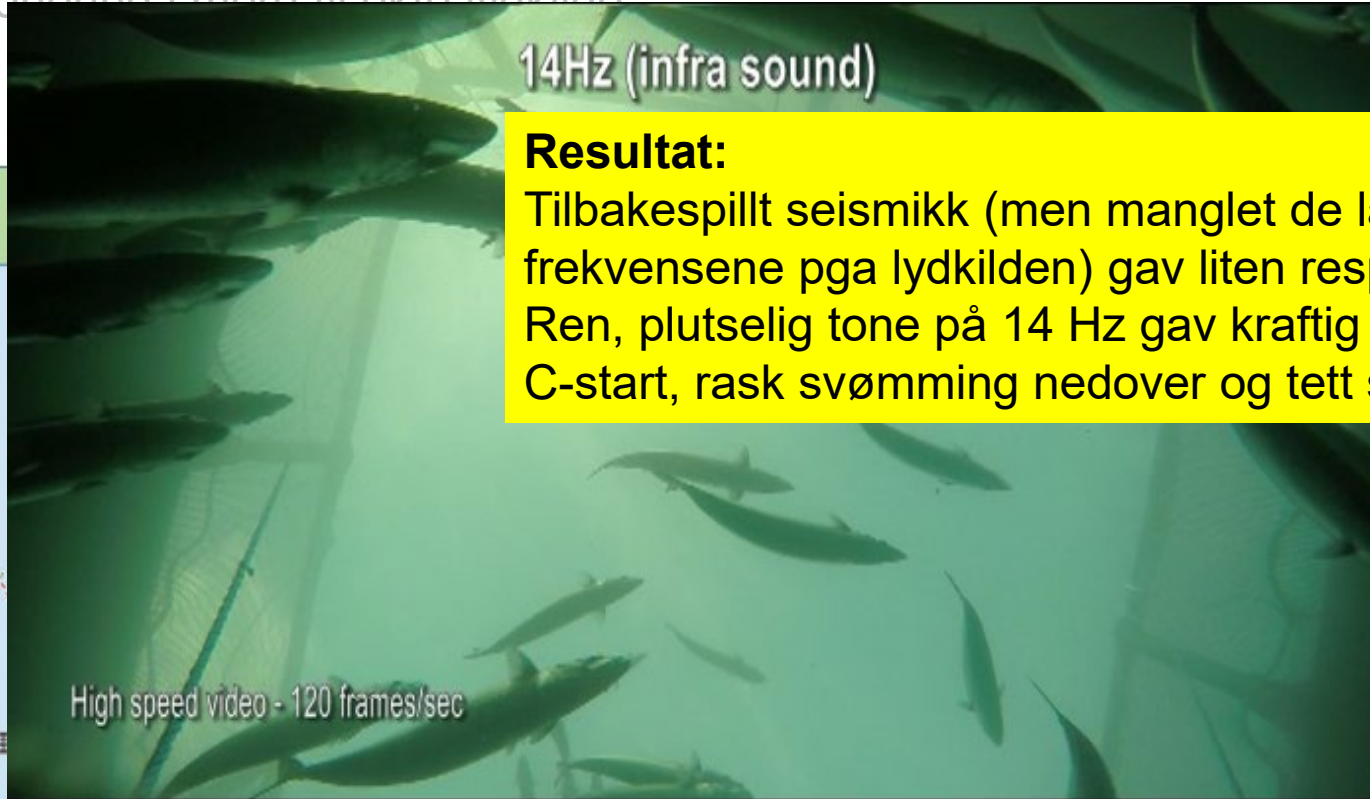


Konklusjon: Makrell hører hovedsakelig på svært lave frekvenser, som er de brukt i seismikk.

MackSeis (2016-2018)

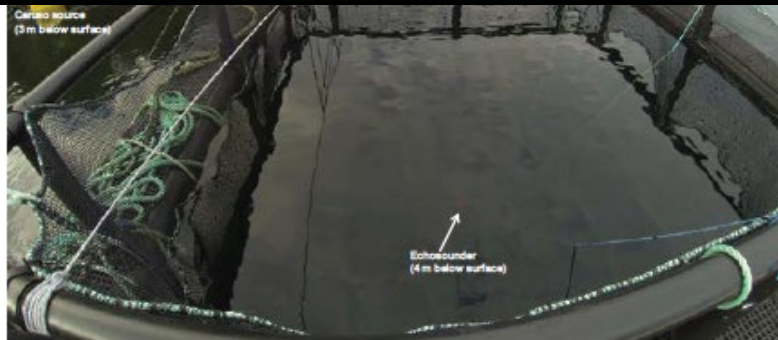
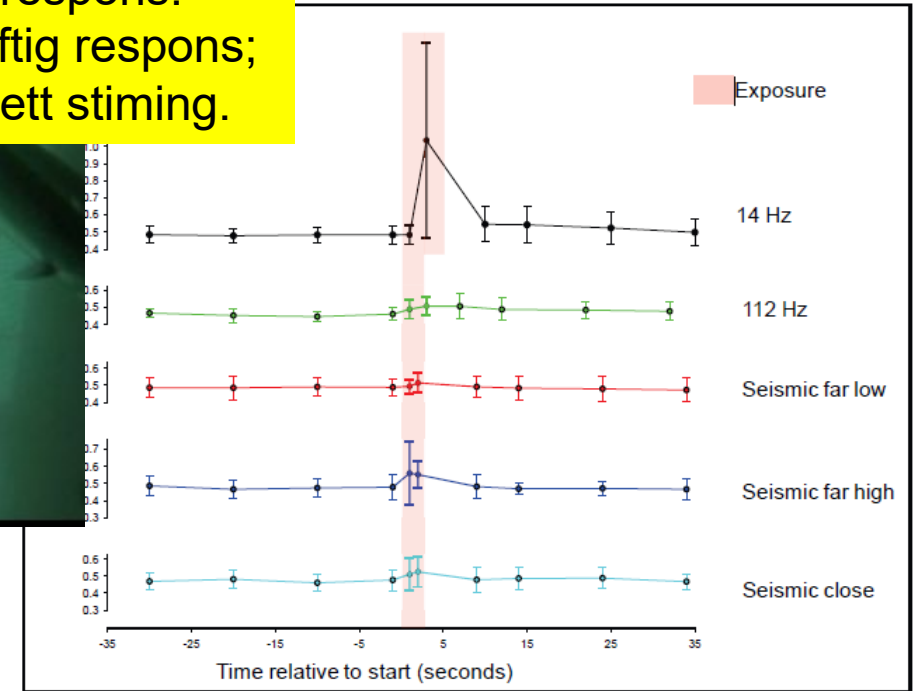
1. Undersøke hørsel
2. Eksponering i merd til playback
3. Eksponering i merd til ekte lydkilde

MackSeis I: Tilbakespilling av seismikk og ren tone (14 Hz)

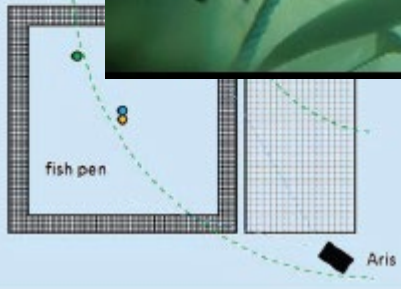


Resultat:

Tilbakespillt seismikk (men manglet de laveste frekvensene pga lydkilden) gav liten respons. Ren, plutselig tone på 14 Hz gav kraftig respons; C-start, rask svømming nedover og tett stiming.



- Hydrophones
- Accelerometer
- Video (120fps)
- Echo-sounder

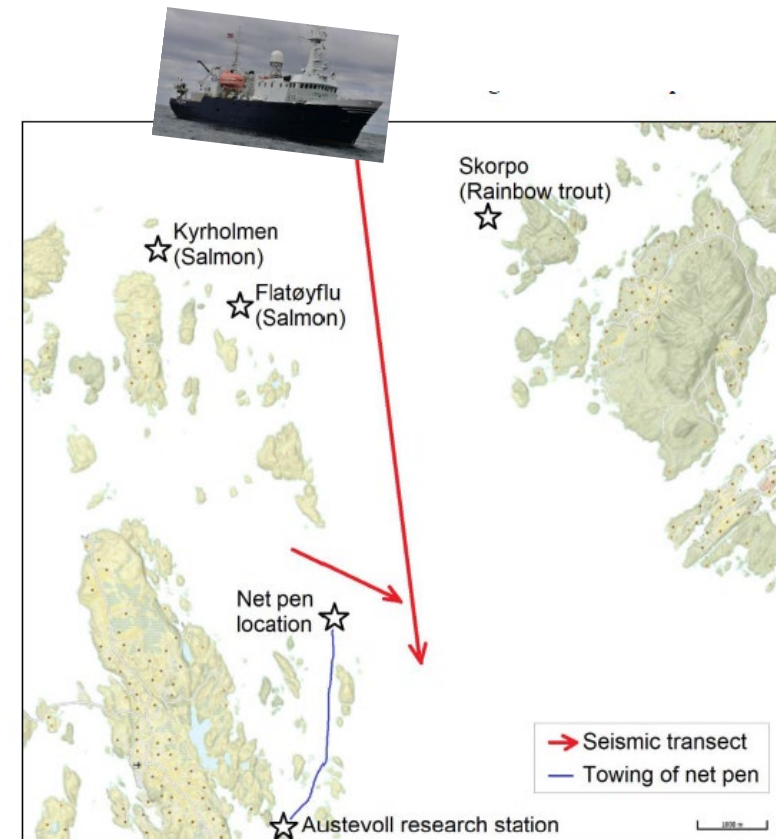
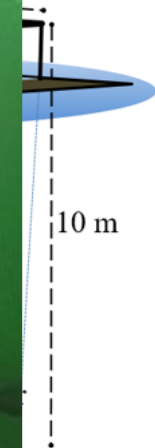


Closest point of approach
322 meters

Resultat:

Gradvis økende seismikk fra fartøy som nærmer seg gav ikke noen endring i adferd hos makrell i merd.

39:13

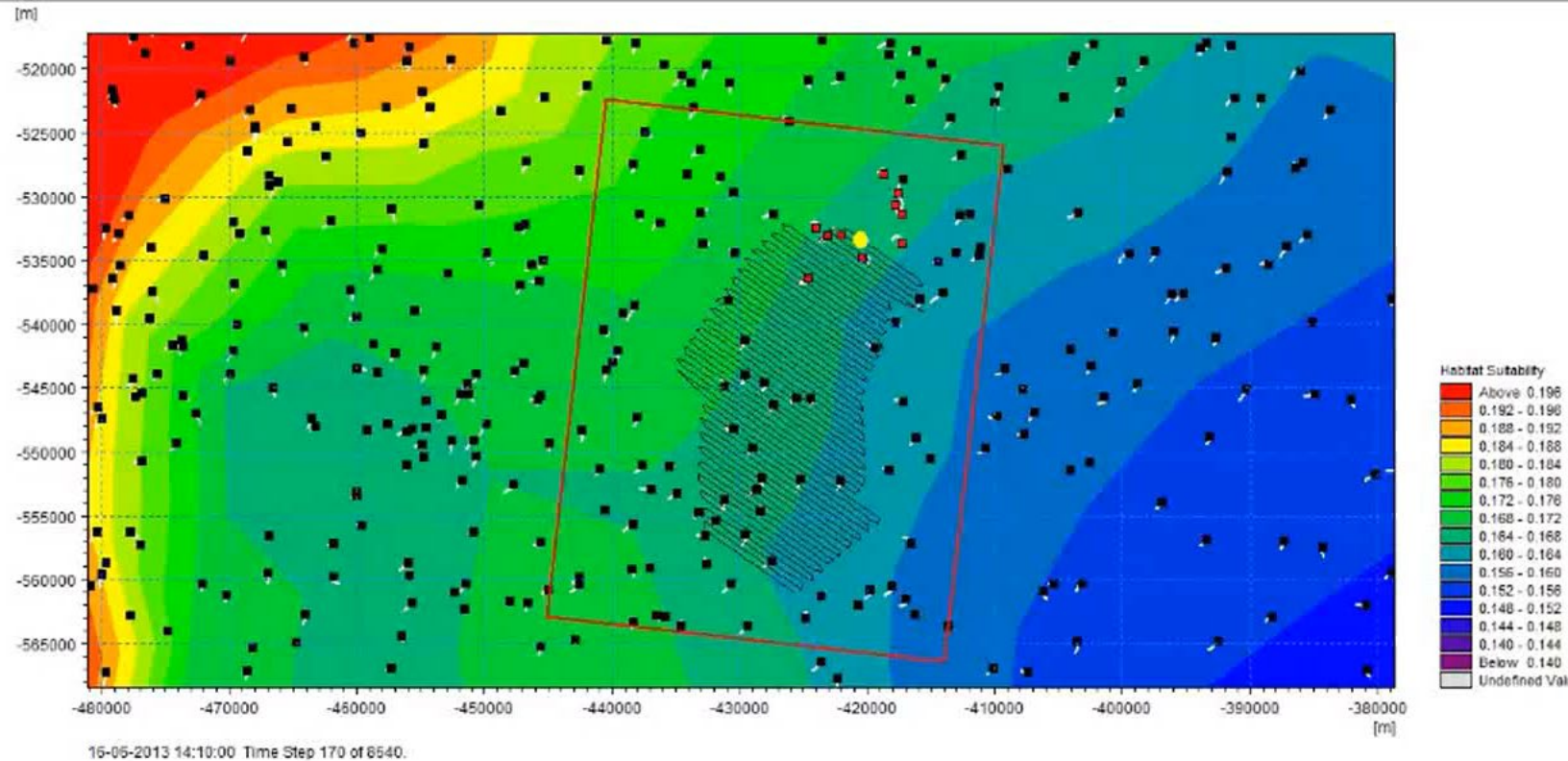


Konklusjoner for makrell

- Plutselig, lavfrekvent støy virker å gi respons hos makrell i form av hurtig svømming, økt stiming, dykke.
- Gradvis økende lyd gir ikke samme effekt.
- Men burde gjentas også i felt med frittsvømmende fisk.



Resultater brukt i modell for å simulere effekt på vandringsmønster hos makrell i Norskehavet.



Makrell

RÅD: Ikke noe spesifikt råd for makrell

DRIVER: Mye oppmerksomhet omkring at makrell skremmes bort av seismikk

FORSKNING

Reaskjoner som dykke, økt stiming og hurtigere svømming kan forekomme i respons til plutselig, lavfrekvent lyd.

Men reaksjonen ikke sannsynlig å gi endringer i vandringsmønster.

Dykk, økt stiming, økt svømmehastighet i respons til lavfrekvent, plutselig lyd.

Sivle et al. 2016

Eksposering til gradvis økende seismikk gav ikke særlig respons.

Sivle et al. 2016

Unnvikelse til lydnivå sett i disse studiene liten sannsynlighet for endret vandringsmønster.

Heinänen, et al. 2018

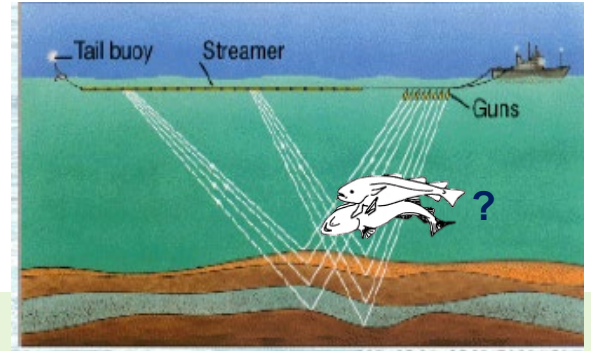


NYTT RÅD: Ikke noe nytt i råd fra HI.

2018-2022 Gyteadferd

RÅD: Beskytte gyteområder og 20 nmi buffersone

DRIVER: Skremmes virkelig gytende fisk? Påvirkes reproduksjonen?



FORSKNING

SpawnSeis (2018-2022)

1. Gyteadferd og eggproduksjon i merd
2. Unnvikelse og adferd for frittsvømmende fisk

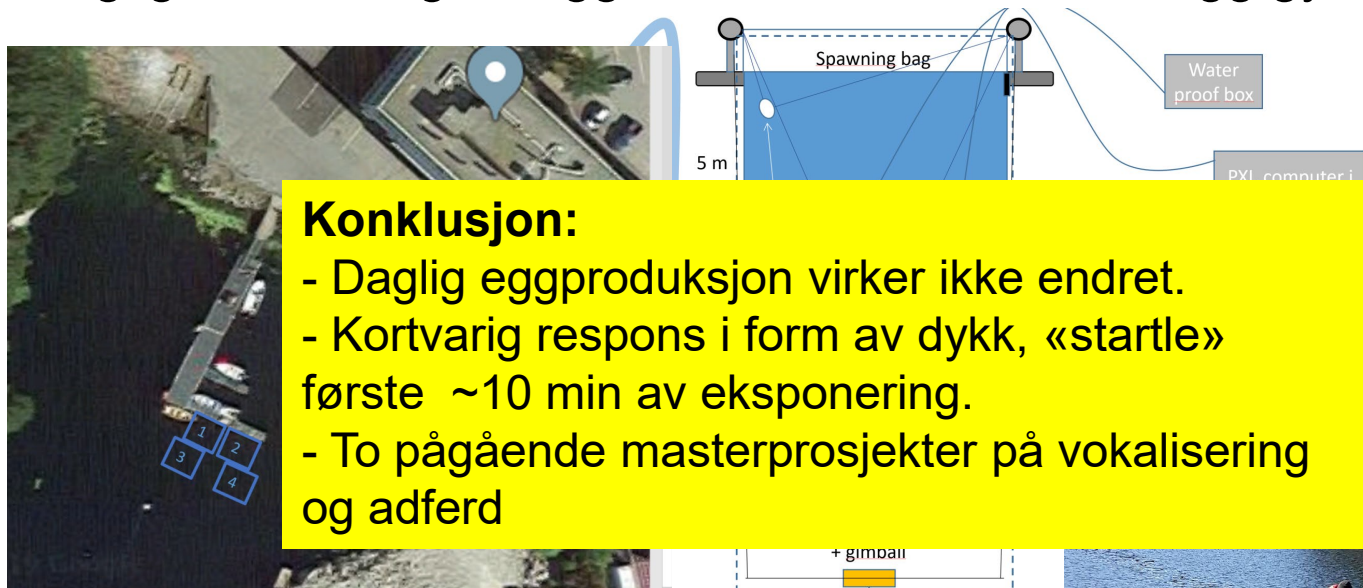


<https://link.springer.com/article/10.1007/s11160-020-09598-9>

SpawnSeis (2018-2022)

1. Gyteadferd og eggproduksjon i merd
2. Unnvikelse og adferd for fritt svømmende fisk

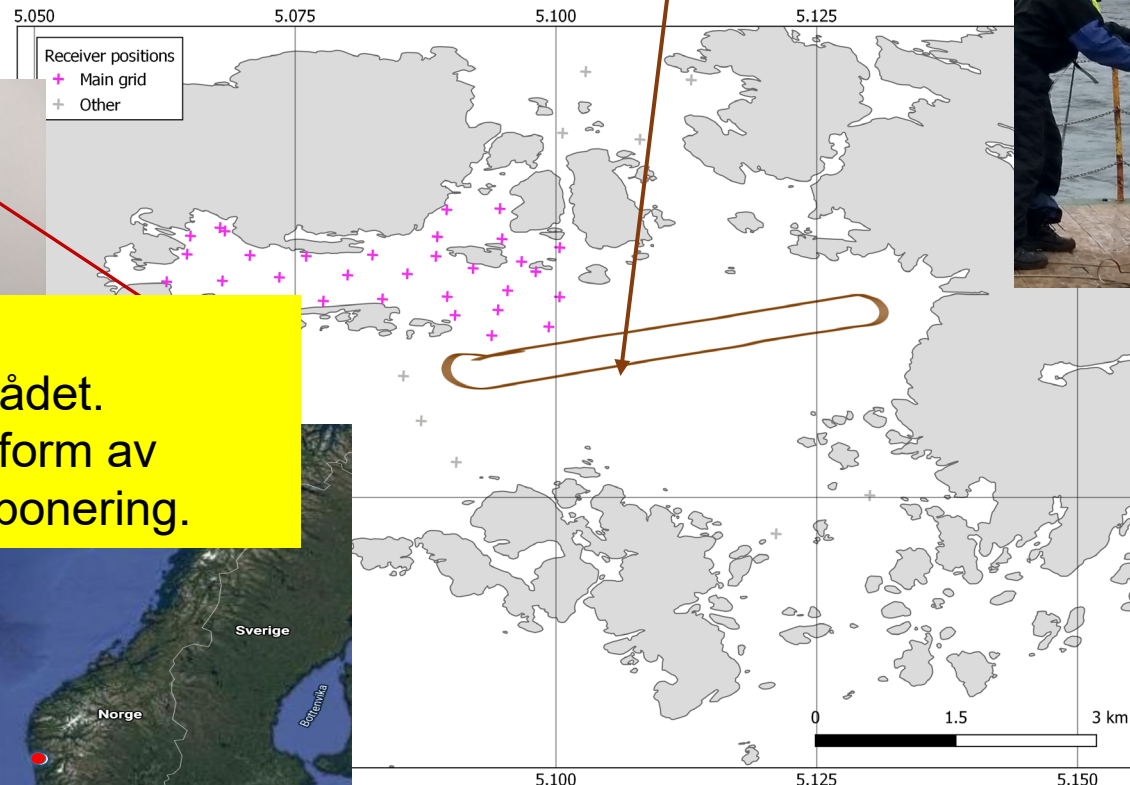
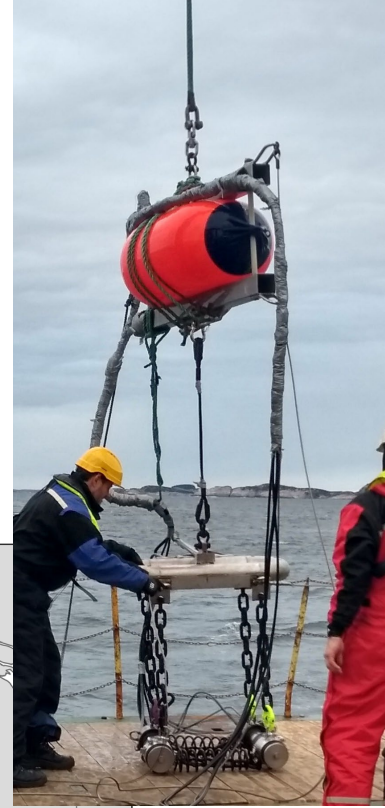
- Detaljert observasjon av adferd og vokalisering
- Daglig innsamling av egg for å undersøke antall egg gytt og befruktet



SpawnSeis (2018-2022)

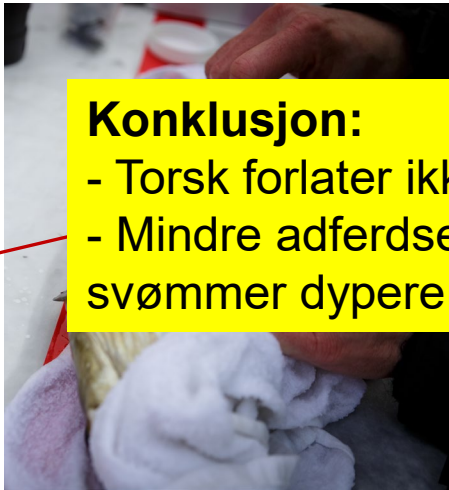
1. Gyteadferd og eggproduksjon i merd
2. Unnvikelse og adferd for fritt svømmende fisk

- Voksen torsk merket hvert år i 3 år – adferd studert i gyteperioden.
- 2 år med seismikk eksponering under gyting.



Konklusjon:

- Torsk forlater ikke gyteområdet.
- Mindre adferdsendringer i form av svømmer dypere under eksponering.



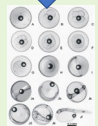
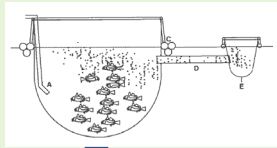
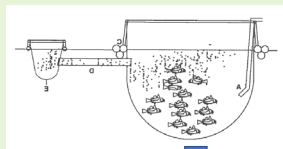
Gyteadferd

RÅD: Beskytte gyteområder og 20 nmi buffersone

DRIVER: Skremmes virkelig gytende fisk? Påvirkes reproduksjonen?

FORSKNING

Effekter av seismikk på gytende torsk (SpawnSeis)



Ingen effekt på eggproduksjon.

Upublisert

Svømmer dypere, men kortvarig effect.

Walle 2020

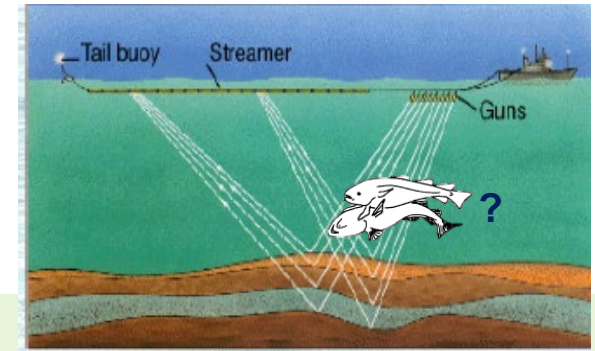
Vi testet lydnivå/lyddose ved 145 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ over 10 sec; dette nivå gjør ike at torsk forlater gyteområdet.

Torsk forlater ikke gyteområdet under eksponering til seismikk opp til 145 dB $1\mu\text{Pa}^2$ SEL.

McQueen et al. 2022

Liten adferdsendring, men svømmer noe dypere.

McQueen et al. 2023

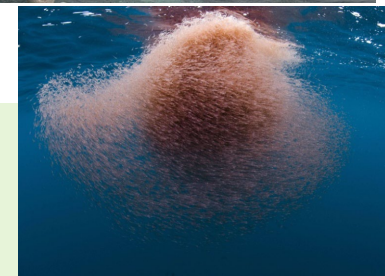


NYTT RÅD fra 2023: Gytende fisk kan eksponeres for seismikk så lenge nivået holdes under 145 dB $1\mu\text{Pa}^2$ SEL. Må modelleres i forkant, og dokumenteres med målinger i etterkant.

2018 – Men hva med sjøpattedyr?

RÅD: Ingen råd for sjøpattedyr

DRIVER: Hvorfor ingen regulering? Dette er strengt regulert i fleste andre land

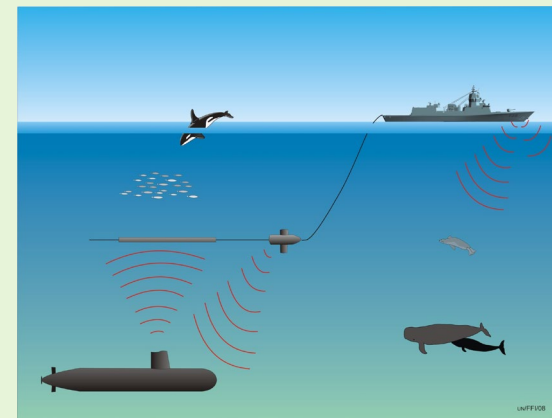


FORSKNING

Litteraturgjennomgang

Gjennomgang av literature om effekter av seismikk og sonar på hval

Sivle et al. 2019; 2020



Seismikk svært nært kan skade hørsel. Men sannsynligvis flykter før det, særlig ved bruk av ramp up.

Andre lyd-kilder (sonar) påvist at forstyrrer beiteadferd. Kan være alvorlig for bardehval



NYTT RÅD fra 2019: Unngå seismikk i viktige beiteområder/perioder for bardehval.

2020 – Zooplankton på agendaen

RÅD: Ingen råd for verning av zooplankton, basert på studiene på 90 tallet om nærhet til luftkanon for larver.

DRIVER: Motstridende forskningsartikler om hvorvidt seismikk skader/dreper zooplankton

Seismikk dreper zooplankton km fra kanon.

McCauley et al. 2017



Seismikk medfører ikke significant dødelighet hos zooplankton m fra kanon.

Fields et al. 2019

FORSKNING

Effects of seismic sound on Zooplankton (ZoopSeis)

- Dødelighet, vekst og aktivitet kan påvirkes, men i begrenset omfang
- Stor forskjell mellom arter
- Evt populasjonseffekt vil bli nærmere undersøkt

Copepoder har økt dødelighet og vokser saktere etter eksponering.

Vereide et al. 2023

Copepoder mer sensitive enn Calanus til raskt trykkfall.

Vereide et al. 2024



NYTT RÅD: Ikke noe råd ennå. Resultater oppsummeres og vil vurderes for 2025.

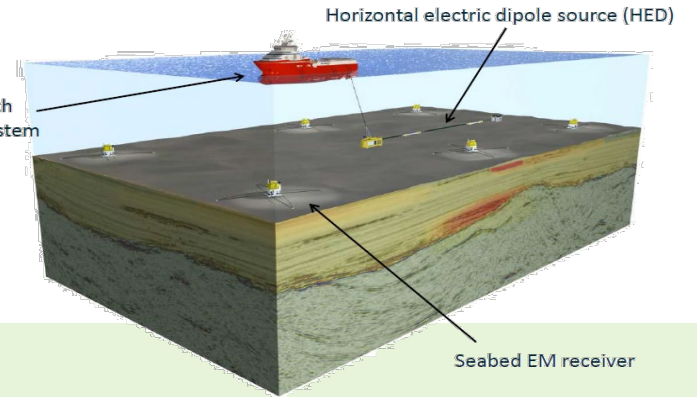
Nye metoder: Elektromagnetiske undersøkelser

RÅD: Restriksjoner for EMU i gytefelt på same måte som for seismikk

DRIVER: Spørsmålsteget om faglig begrunnelse.

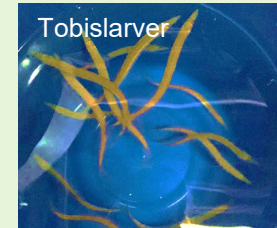
FORSKNING

Hvordan påvirker egentlig EMU fisk?



Spesialbygd tank hvor kan kontrollere EM felt.

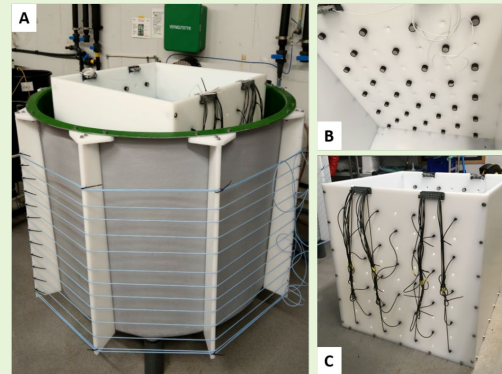
Durif et al. 2019



Litteraturstudium av hvordan EM felt kan påvirke marine dyr.

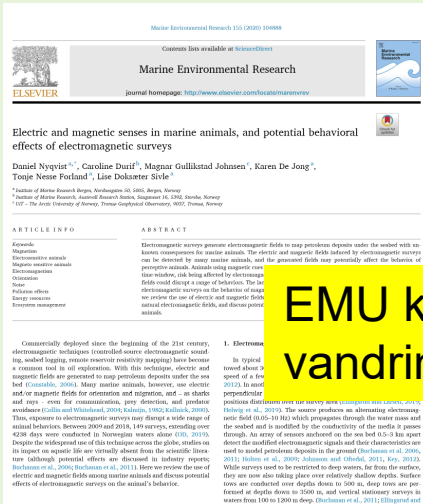
Nyqvist et al. 2019

EMU kan sannsynligvis forstyrre vandring hos fisk.



- Ingen økt dødelighet
- Ingen adferdsendring for tobis.
- Hyselarver reduserte svømmehastighet. Mulig påvirke larvespredning, men vanskelig å predikere populasjons-effekter.
- Videre studier pågår.

NYT RÅD fra 2021: EMU frarådes i perioder og områder med kjente vandringsruter for fisk.



* Corresponding author.
E-mail address: daniel.nyqvist@ntnu.no (D. Nyqvist).
<https://doi.org/10.1016/j.marenv.2020.100486>
Received 28 October 2019; Received in revised form 29 January 2020; Accepted 19 January 2020
Available online 24 January 2020
0144-1144/© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Nye metoder: Marine vibratorer

RÅD: ikke noe råd, da disse ennå ikke i kommersiell bruk



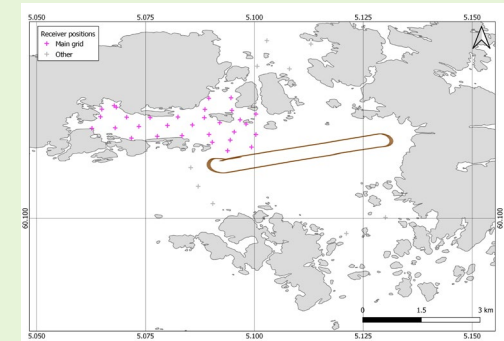
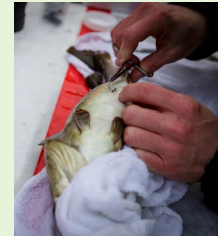
DRIVER: Lavere lyd, men kontinuerlig, er det bedre for fisken?



FORSKNING

Hvordan påvirker lyd fra marine vibratorer fisk?

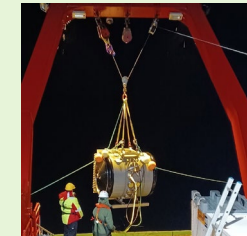
MV forårsaker ikke at torsk forlater gyteområde, men gir en adferdsendring i form av økt aktivitetsnivå, som ikke ser ved seismikk, samt svømmer dypere.

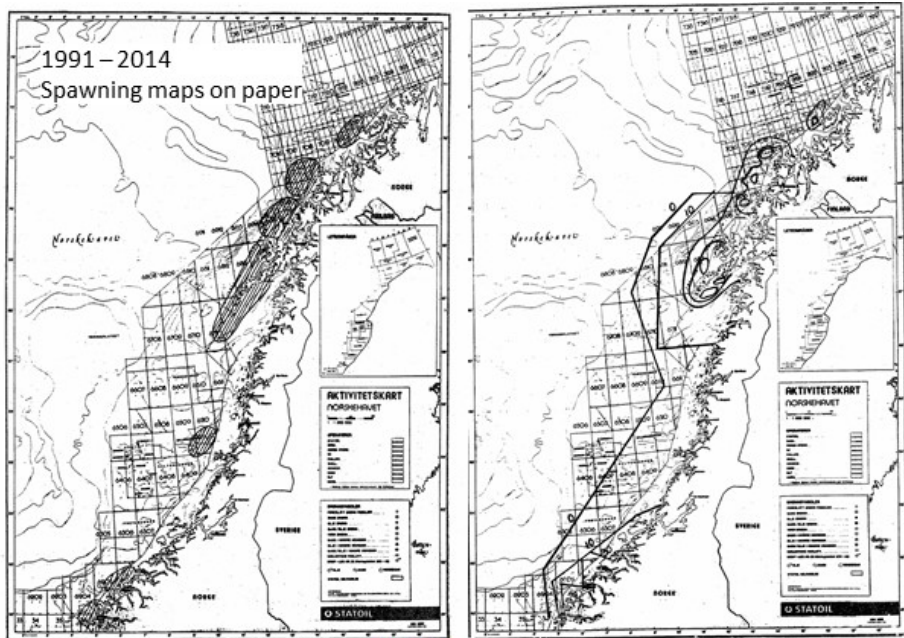


MV forårsaker ikke at torsk forlater gyteområde, men noe mer adferdseffekter enn for seismikk.
McQueen et al. 2024



RÅD: ikke noe råd foreløpig, da ennå ikke i drift. Men sannsynligvis at vil fraråde i gyteområder.





Fra 2014 – Kontinuerlig bedring av kartgrunnlag

RÅD: Beskytte gyteområder og 20 nmi buffersone rundt

DRIVER:

- Gytekart gamle og i papirformat
- Store områder som ble enda større med de pålagte 20 nmi

FORSKNING

Bruk av tilgjengelig data for å bedre gytekart

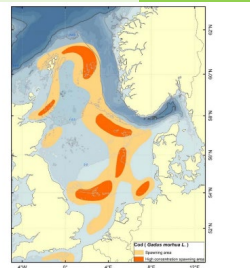
Oppdatering, digitalisering av gytekart for SAM-X
Johnsen og Sivle 2016

KILO – Oppdate og spesifiserte gytekart, nord av 62°
Sundby et al 2013

KINO – Oppdate og spesifiserte gytekart, sør av 62°
Sundby et al 2017

KINO II – Oppdatering gytekart, sør av 62°
Kraft et al 2021

Rådgivningskart
Sivle et al. 2019



Spawning table North Sea cod											
Viking Bank											
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Northwestern North Sea											
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Southern North Sea											
JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC

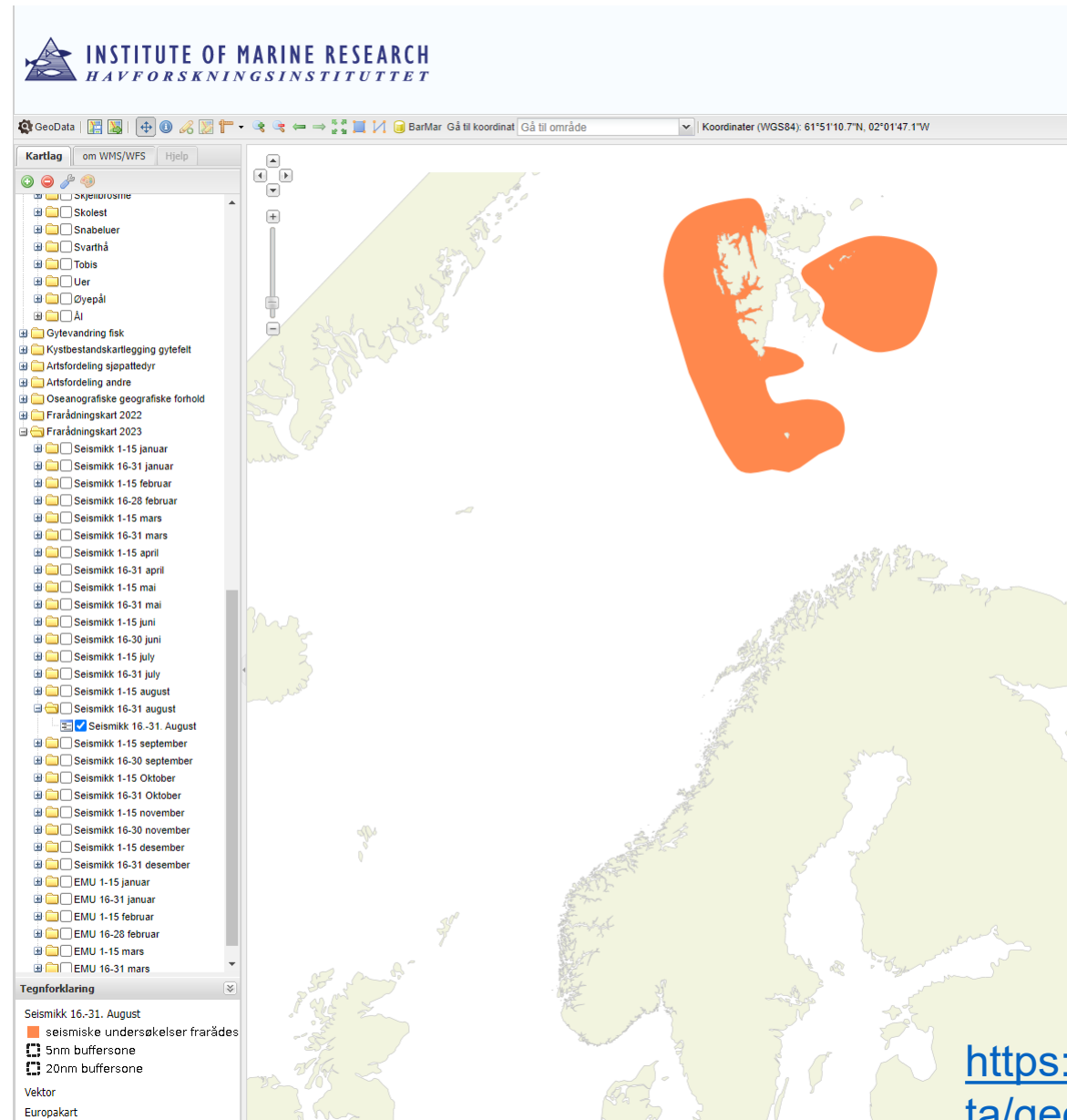
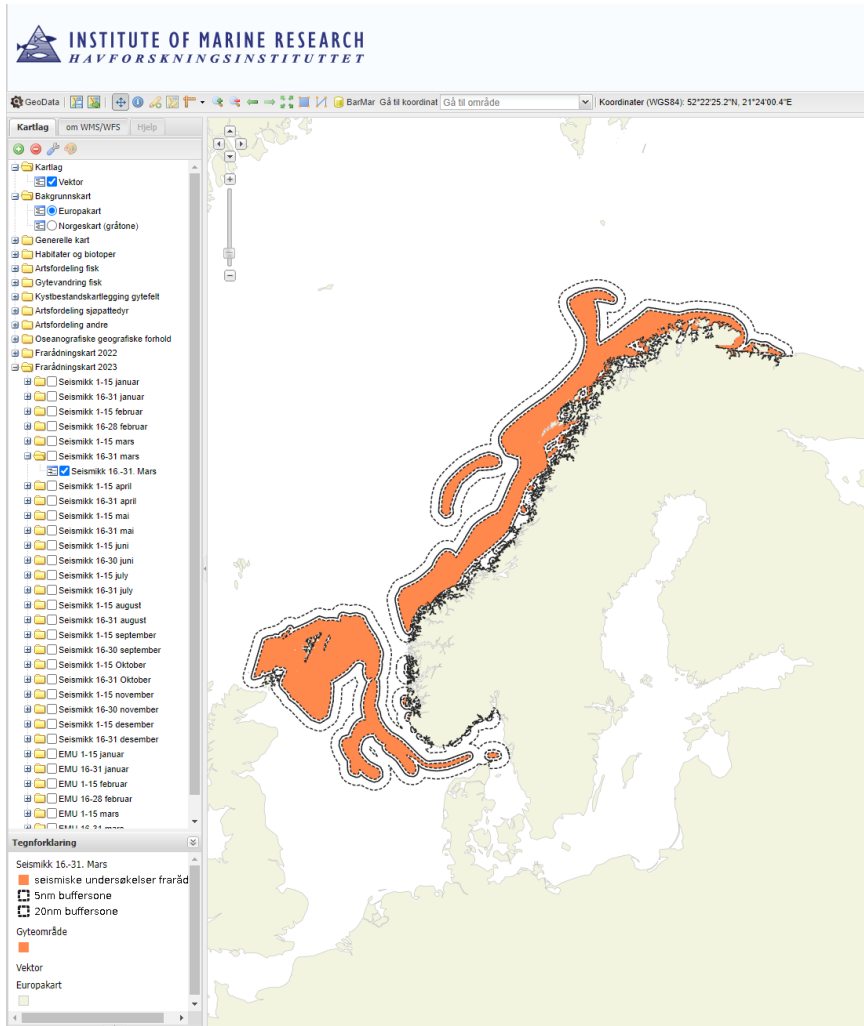
Yellow: Total spawning period Green: Peak spawning

NYTT RÅD:

Verne kun konsentrerte/viktige gyteområder, ikke hele generelle gyteområde.

Felles rådgivningskart; viser områder som bør unngås i 2 ukers bolker gjennom året.

Rådgivningskart



<https://www.imr.no/geodata/geodataHI.html>

Frarådingskart inkludert i meldesystemet til Sokkeldirektoratet



Tidsperiode og område

Planlagt oppstart og avslutning for undersøkelsen

Fra 15.12.2022 Til 31.01.2023

Nettoområde

Punkt	NS grad	NS min	NS sek	ØV grad	ØV min	ØV sek
1	56	45	14.99	2	32	6.7
2	57	5	19.06	2	22	21.77
3	56	52	4.67	2	38	13.98
4	64	47	10.74	7	00	14.40

Bruttoområde

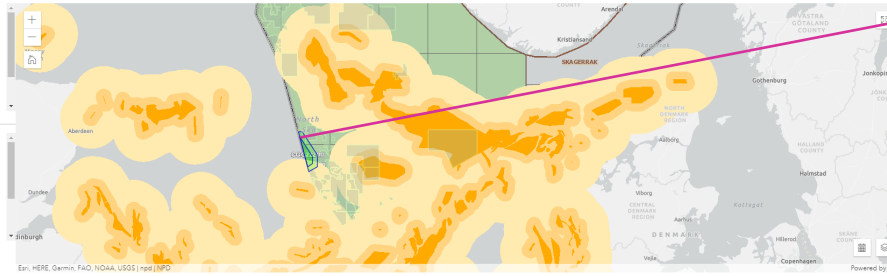
Punkt	NS grad	NS min	NS sek	ØV grad	ØV min	ØV sek
1	56	42	0.82	2	33	40.4
2	57	8	30.73	2	20	48.01
3	57	8	32.25	2	25	35.25
4	64	69	7.47	7	44	0.94

Tillatelse

Undersøkelsestillatelse

Navn
776

Utvinningstillatelse(r)



Delvis overlapp
HI råd: frarådes

TIDSLINJE UNDERSØKELSESDETALJER

Tidsperiode og område

Planlagt oppstart og avslutning for undersøkelsen

Fra 30.11.2022 Til 24.12.2022

Nettoområde

Punkt	NS grad	NS min	NS sek	ØV grad	ØV min	ØV sek
1	65	43	37	7	29	52
2	65	46	28	7	21	10
3	65	50	3	7	28	7
4	66	47	10	7	00	00

Bruttoområde

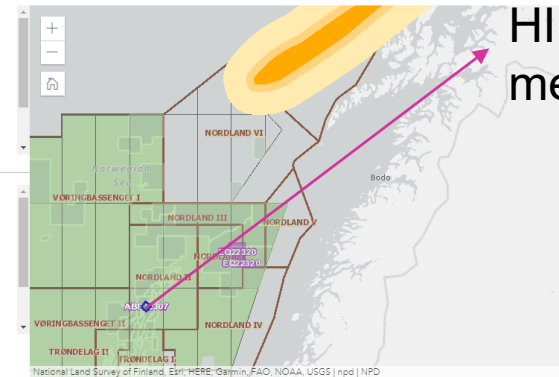
Punkt	NS grad	NS min	NS sek	ØV grad	ØV min	ØV sek
1	65	42	51	7	30	0
2	65	46	23	7	19	19
3	65	50	48	7	27	53
4	66	47	14	7	00	00

Tillatelse

Undersøkelsestillatelse

Utvinningstillatelse(r)

Tillatelse 1



Ingen overlapp,
HI råd: ingen
merknader



10 års forskning på lyd i havet – Hva har vi lært?

Fisk kan respondere til lavfrekvent lyd/seismikk:

- Typisk respons ved oppstart/plutselig eksponering er økt svømmehastighet, dykking, økt stiming.
- Ved vedvarende eksponering respons ser ut til å avta, gradvis opptrapping gir mindre respons.
- Eksponering opp til SEL 145 dB fører ikke til unntakelse av gyteområde.
- Lavere, men kontinuerlig lyd ikke nødvendigvis bedre for fisk.

Zooplankton kan respondere til seismikk:

- Noen arter følsomme, andre ikke.
- Generelt lav dødelighet og liten adferdsrespons

Fisk kan være følsom for elektromagnetisk stråling

- Vet lite om sensitivitet, men kan være viktig for navigering/vandring
- Fiskelarvers svømmehastighet kan påvirkes, men stor artsvariasjon



10 års forskning på lyd i havet – Hva har vi lært?

- Og hvilke konsekvenser har dette for seismikk- rådgivningen?

- Fra rigide buffersoner (avstand) til lydgrense, som kan endres dersom ny kunnskap kommer til.
- Zooplankton, som er svært viktig nederst i næringskjeden, er grundig vurdert. Dersom ikke blir inkludert i rådgivning, har vi nå en god, kunnskapsbasert basis for dette.
- Sjøpattedyr, inkludert i råd, men fortsatt mange spørsmål gjenstår.
- Kartgrunnlag som danner basis for råd i stadig forbedring, og bruker oppdatert kunnskap om gyteområder etter hvert som den kommer til.



Er vi i mål da?

- Vi har fortsatt lite kunnskap om pelagisk fisk; sild og makrell, og behov for feltstudier med frittsvømmende fisk.
- Feltstudier med fullskala kilde for det mest autentiske resultatet.
- Sjøpattedyr er fortsatt svært lite studert – særlig i norske farvann
- Pulsete vs. kontinuerlige lydtkilder





Nytt prosjekt; Kartlegging av effekter av seismikk på fiskeriene; FiskeriSeis



Akvaplan
niva

equinor

Runde
Miljøsent

FISKEBÅT

- Startet 1.april, oppstartsmøte 10-11.april i Bergen
- Her skal vi;
 - 1) Kartlegge eksisterende kunnskap
 - 2) Kvantitativ kartlegging – fiskerikyndig-logg, erstatningssøknader, fangst
 - 3) Kvalitativ kartlegging – fiskernes erfaringer –intervjuer og spørreundersøkelse.
 - 4) Påvirkningsmekanismer – lydutbredelse og påvirkning
 - 5) Løsninger – arbeidsseminarer for å diskutere løsninger og tiltak



[FiskeriSeis – Effekter av seismiske undersøkelser på fiskeriene | Havforskningsinstituttet \(hi.no\)](#)

Publikasjoner fra siste 10 års forskning og råd

MackSeis:

Hansen, R. & Karlsen, H.E. (2016). Frequency sensitivity of microphonic potentials from the inner ear of Atlantic mackerel. Report. University of Oslo.

Sivle, L.D. Forland, T.N., Hansen R.R., Andersson, M. Grimsbø, E., Linne, M and Karlsen H.E. (2017). Behavioural effects of seismic dose escalation exposure on captive mackerel (*Scomber scombrus*). Rapport til Havforskningen 34-2017. ISSN 1893-4536. 72 p.

Sivle L.D. Hansen, R., Karlsen, H.E. (2016) Mackerel behaviour and seismic signals - a net pen pilot study. Rapport fra Havforskningen nr 19- 2016. 12 sider. ISSN 1893-4536

Heinänen, S., Chudzinska, M.E., Mortensen, J.B., Zhi En Theophilus, T., Utne, K.R., Sivle, L.D., Thomsen, F. (2018) *Integrated modelling of Atlantic mackerel distribution patterns and movements: a template for dynamic impact assessments*. Ecological Modelling 387: 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.08.010>

SpawnSeis:

McQueen, K. and Sivle, L.D. (2023). Investigating behavioural responses of marine fish to anthropogenic noise: use of acoustic telemetry. In: Popper *et al.* (Eds.), *The Effects of Noise on Aquatic Life* (pp. 1-15). Springer Link. DOI: 10.1007/978-3-031-10417-6_105-1.

McQueen, K., Meager, J., Nyqvist, D., Skjæraasen, J.E., Olsen, E.M., Karlsen, Ø., Kvalsheim, P.H., Handegard, N.H., Forland, T.N. and Sivle, L.D. (2023) Spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) exposed to noise from seismic airguns do not abandon their spawning site. ICES Journal of Marine Science, 79(10), 2697-2708.

McQueen, K., Meager, J., Nyqvist, D., Skjæraasen, J.E., Olsen, E.M., Karlsen, Ø., Kvalsheim, P.H., Handegard, N.H., Forland, T.N. and Sivle, L.D. Behaviour of wild, spawning cod (*Gadus morhua* L.) to seismic airgun exposure. ICES Journal of Marine Science, 80(4), 1052-1065

ZoopSeis:

Vereide EH, Mihaljevic M, Browman H, Fields, DM, Agersted MD, Titelman J, de Jong K. (2023) Effects of airgun discharges used in seismic surveys on development and mortality in nauplii of the copepod *Acartia tonsa*. ENVIRONMENTAL POLLUTION 327, 121469, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121469>.

Utne-Palm AC, de Jong K, Pedersen G, Klevjer TA, Titelman J, Strand E, Vereide EH, Kühn S, Hannaas S, Totland A, Buschmann HJ, Mihaljevic M, Strømme R, Johannesen R. (2022) Does seismic have an effect on zooplankton? - Field study at Ekofisk with RV Kristine Bonnevie. Toktrapport 2022-9

Vereide, E. H., Khodabandello, B., & de Jong, K. (2024). The copepod *Acartia* sp. is more sensitive to a rapid pressure drop associated with seismic airguns than *Calanus* sp. *Marine Ecology Progress Series*, 730, 15-30.

Ny kilder og metoder:

McQueen, K., Sivle, L.D., Forland, T.N., Meager, J.J., Skjæraasen, J.E., Olsen, E.M., Karlsen, Ø., Kvalsheim, P. and de Jong, K. (2024). Continuous sound from a marine vibrator causes behavioural responses of free-ranging, spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*). Environmental Pollution, 123322, ISSN 0269-7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123322>.

Durif, C., Zhang, G., Cresci, A., Skiftesvik, A.B., Browman, H., Sivle, L.D., Nyquist, D., Jensen, H.R. and Solheim J.G. (2022). Effects of the electromagnetic field used in hydrocarbon surveys on marine organisms. Rapport fra havforskningen 2022-23. ISSN1893-4536 <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rappport-fra-havforskningen-en-2022-23>

Publikasjoner fra siste 10 års forskning og råd

Review artikler:

Nyqvist, D., Durif, C., Gullikstad M.J., de Jong, K., Forland, T.N. and Sivle, L.D. *Electric and magnetic senses in marine animals, and potential behavioral effects of electromagnetic surveys*. Marine Environmental Research 155 (2020) 104888

de Jong, K., Forland, T.N., Amorim, M.C., Rieucan, G., Slabbekoorn, H., Sivle, L.D. (2020) *Predicting the effects of noise fish reproduction from available 1 data: the importance of types of noise and stages of reproduction*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1-24. DOI 10.1007/s11160-020-09598-9 <http://link.springer.com/article/10.1007/s11160-020-09598-9>

Sivle, L.D., Vereide, E., de Jong, K., Nesse, T.N., Dalen, J. and Wehde, H. (2021). *Effects of seismic sound on fish reproduction, the management case from Norway*. J. Mar. Sci. Eng. **2021**, 9(4), 436; <https://doi.org/10.3390/jmse9040436>

Rådgivning:

Forland, T.N.; Sivle, L.D de Jong, K.; Zhang, G.; Grimsbø, E., Kutti., T; Pedersen, G. and Wehde, H. Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt lyd i havet – kunnskapsgrunnlag, vurderinger og råd for 2024. [Rapport fra havforskningen 2023-63](#) ISSN: 1893-4536. **Dette siste års rapport, finnes årlige rapporter fra 2018-2024.**

Gyteområder:

Sivle L.D. og Johnsen E. (2024). Evaluering og opprydding av offisielle gytekart. Rapport fra Havforskningen nr 12- 2016. 66 sider. ISSN 1893-4536

Sundby et al. (2013) Kunnskapsinnhenting Barentshavet – Lofoten-Vesterålen (KILO).https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/2013/kilo_rapporten

Sundby et al. (2017). Dynamic mapping of the North Sea spawning (KINO). https://www.hi.no/resources/publikasjoner/fisken-og-havet/2017/fogh_nr_2-2017_kino_report_ss.pdf_1

Kraft et al. (2021). Assessment of fish spawning in the North Sea; final project report of KINO II. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-en-2021-17>

