

Makrellen endrer adferd av seismikklyder

Hørselen til makrell er for første gang kartlagt, og så langt viser analysene at makrellen hører best lavfrekvente lyder. Det betyr at seismikk, som lager lyder med lav frekvens, oppfattes godt av makrellen. Merdforsøk viser at makrellen reagerer på disse lydene med å svømme hurtigere og søke tettere sammen i stimen.

LISE DOKSÆTER SIVLE¹ | lise.doksater.sivle@imr.no og NILS OLAV HANDEGARD¹,
RUNE ROLAND HANSEN² og HANS ERIK KARLSEN²

1. Havforskningsinstituttet, 2. Universitetet i Oslo

Seismiske luftkanoner brukes til å lete etter olje og gass i havbunnen. De danner kraftige lydbølger som forplantes over store avstander i sjøen og trenger flere hundre meter ned i havbunnen. Styrken på ekkoet, og hvor lang tid det tar før det kommer tilbake, forteller geologene om olje- og gassforekomster i havbunnen.

Ulik reaksjon hos pelagisk fisk og bunnfisk

Lydbølger fra seismiske luftkanoner overlapper med frekvenser (tonehøyder) hvor fisk hører godt, og tidligere studier har vist

at torsk og hyse reagerer med å svømme bort fra støykilden. Selv om lyden nødvendigvis ikke er direkte skadelig for fisken, kan det gi redusert fangst for fiskerne. Olje og fiskeri er to av de viktigste næringene i Norge, og målet er en forvaltning som sikrer bærekraftig sameksistens. Det forekommer imidlertid konflikter, og de siste årene har mange makrellfiskere hevdet å få reduserte fangster i områder med pågående seismikk.

Makrellen er en hurtigsvømmende pelagisk stimfisk som beveger seg raskt over store avstander. Trolig påvirkes

pelagisk fisk annerledes av seismikklyd enn eksempelvis bunnlevende arter som torsk og hyse.

Hvordan hører makrellen?

Lyd forplantes i vann ved at vannmolekylene svinger frem og tilbake. Når molekylene blir presset sammen øker trykket, som igjen ”skyver” på nabomolekylene. Lyden kan oppfattes enten gjennom disse trykkvariasjonene eller fra svingninger av vannmolekylene, såkalt partikkelbevegelse. Menneskeøret oppfatter lydtrykk, mens fiskeøret oppfatter partikkel-

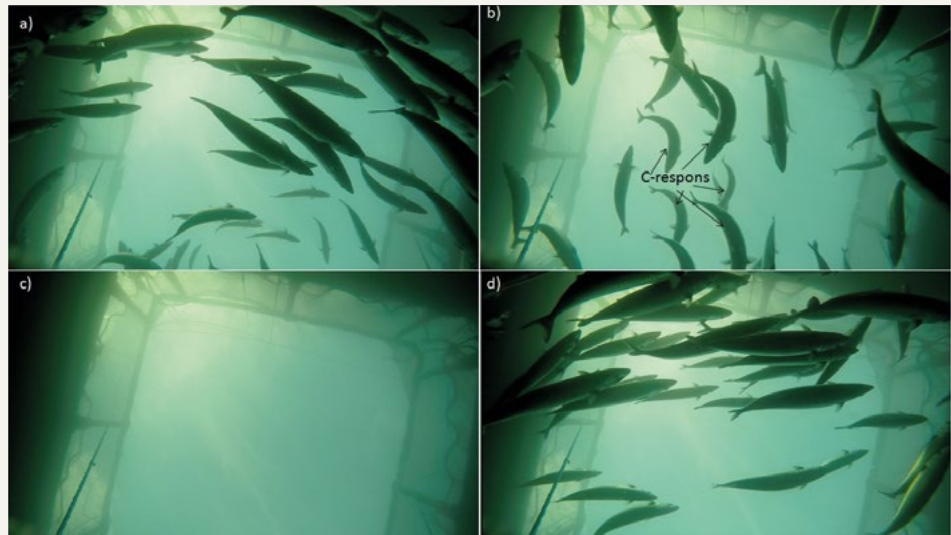


Figur 1. Feltarbeid på Austevoll. Bildet til venstre viser merden som ble brukt. Hydrofon og sensor for partikkelbevegelse ble registrert på en PC satt opp rett ved merden. Ekkolodd, høyfrekvent sonar og begge lydkildene ble kontrollert fra en liten hytte på land, som vist i skisse til høyre. Her er også vist plassering av ekkolodd og kamera-rigg; midt i merden på 4,5 meters dyp, plassering av hydrofoner og sensor for partikkelbevegelse inne i og utenfor merden, samt plassering av de to lydkildene.

Fieldwork at Austevoll. Picture to the left shows the net pen used in experiments. The recording hydrophone and particle motion sensor were conducted at a laptop next to the pen. Recordings from echo sounder and high frequency sonar as well as both sound sources were controlled from an onshore shelter shown in the sketch to the right. The sketch also shows the placement of the echo sounder and camera rig in the middle of the pen at 4.5 meters depth, placement of hydrophones and sensor for particle motion as well as placement of the two sound sources.

Figur 2. Typisk reaksjon til infralyd: a) før eksponering, b) under eksponering; makrellen gjør en sammentrekning av kroppen kalt C-respons, c) 3 sekunder etter eksponering, fisken svømmer helt ned i bunnen av merden under kameraet og d) 10 sekunder i etterkant av eksponering; fisk kommer opp igjen og stimer mer koordinert.

Typical reaction to infrasound: a) before exposure b) during exposure, the mackerel contracts its body, called a c-response, c) 3 seconds after exposure, fish swim down to bottom of net pen, below the camera and d) 10 seconds after exposure, fish come back up, schooling more closely and aligned.



bevegelsen. Fisk med svømmeblære kan i tillegg oppfatte lydtrykk. Makrell mangler svømmeblære, så de oppfatter derfor kun den delen av lyden som vi kaller partikkelbevegelse.

Lyden fra en seismisk luftkanon vil høres ulik ut på forskjellige avstander fra kilden. Nært kilden høres seismikk ut som et skudd, og mer som et fjernt tordenskrall på lengre avstander. Dette skyldes at høye frekvenser dempes mer med avstand enn lave frekvenser, samt at gjenklang fra havbunnen og overflaten nærmest ”smører” lyden ut i tid for motakeren. I tillegg svekkes energien etter hvert som lyden brer seg, og den totale lydenergien er derfor mindre langt unna. Et lydsignal kan også beskrives ut fra sitt frekvensinnhold: hvilke tonehøyder det inneholder, sitt maksimale trykk, hvor kraftig lyden er og den totale dosen av lyd (total lydenergi over tid). Vi vet ikke hvilke av disse komponentene i et lydbilde som er viktigst for å utløse en adferdsendring hos fisken. I dette studiet ønsket vi derfor både å undersøke hørselen hos makrell, noe som ikke tidligere er gjort, samt å undersøke hvordan den reagerer på ulike komponenter av et seismikksignal.

For å undersøke hørselen ble bedøvet makrell vibrert i luft med ulike frekvenser på et vibrasjonsbord. Vibrasjonene tilsvarer en lydstimulering makrellen kan oppleve i sjøen. Samtidig ble stimuleringen av sansecellene i det indre øre målt. Det viste seg at makrell er svært følsom for lavfrekvent lyd i området 5–250 Hz, mens de oppfatter lyder over 300 Hz svært dårlig. Til sammenlikning hører mennesker fra 20–20 000 Hz. Makrell kan altså oppfatte lyd som mennesker ikke kan høre.

Makrell og lyden fra seismikk

Seismikk har mest energi i frekvensområdet 10–200 Hz, og er derfor godt hørbar

for makrellen. Neste steg var å undersøke om den reagerer på lyden. Det gjorde vi ved å plassere en liten makrellstim (ca. 200 fisk) i merd på Havforskningsinstituttets forskningsstasjon på Austevoll. Merden var utstyrt med ekkolodd og videokamera i bunn og en høyfrekvent sonar som ”så” horisontalt inn i merden. Dette utstyret ga oss detaljert informasjon om fiskens vertikale fordeling, stimedynamikk og svømmehastighet. Hovedhensikten var å få en bedre forståelse av hvilke komponenter i lyden fra luftkanonen som potensielt utløser en adferdsrespons. Vi eksponerte derfor makrellen for 5 ulike lydsignaler, som sammen gjorde det mulig å skille mellom maksimalt trykk, frekvensinnhold og totalt energiinnhold (lyddose).

De første analysene viser at makrellen reagerte mest tydelig på lyd under 20 Hz, såkalt infralyd. Fisken skiftet brått svømmeretning (som når vi selv skvetter til av en plutselig lyd), og økte deretter svømmehastigheten, ofte nedover i merden. I tillegg søkte makrellstimmen sammen og ble mer koordinert (figur 2). De andre lydsignalene, som manglet infralyd, gav ikke slike klare responser. En årsak til dette var trolig at de ikke omfattet like store partikkelbevegelser som infralyden. Det kan også være at selve frekvensinnholdet i signalet er viktig, og at veldig lavfrekvent lyd er mest ”skremmende” for makrellen.

De nest sterkeste responsene fikk vi på det signalet som hadde den høyeste lyddosen, en indikasjon på at dette også spiller inn.

Undersøkelser til havs og appetittstudier

Parallellene mellom fisk i merd og fisk ute i det fri er selvsagt begrenset. For eksempel vil merdveggene gjøre det umulig å flykte unna. Imidlertid gir undersøkelsene en pekepinn på hvilke reaksjoner vi kan

forvente i naturen, og hvilke typer signaler som kan utløse dem. Fisken responderte hovedsakelig med å øke svømmehastighet en kort periode, samt endre retning. Om en makrellstim til havs brått skyter fart og endrer retning, kan dette gjøre den vanskelig både å følge og å kaste not på. Fiske med not er basert på å følge en stim over tid og så posisjonere båten og sirkle inn stimen med noten.

Nå som vi vet mer om hørselsevnen til makrell, hvilke lydfrekvenser som er viktige for å utløse adferdsrespons og hvilke reaksjonsmønstre vi kan forvente, ønsker vi å gjøre forsøk til havs med frittsvømmende fisk og ekte luftkanoner. Vi ønsker også å undersøke om seismikken påvirker makrellens appetitt. Makrellen oppholder seg i våre farvann sommerstid hovedsaklig for å beite, så redusert beiting over tid kan gi konsekvenser både for fiskens næringsopptak og for dorgefiskere som fanger den med agn.

Mackerel react to seismic sound

It is an ongoing conflict between seismic surveys and mackerel fishery in the summer, with fishermen claiming that mackerel abandon areas with seismic activity. Until now we lacked knowledge on mackerel hearing and how they react to seismic sound. We investigated mackerel hearing by measuring inner ear microphonic responses to vibration of anaesthetized mackerel in air. Mackerel are highly sensitive to very low frequency sound with an upper limit of about 300 Hz. Further, we investigated behavioural reactions of captive mackerel to different components of seismic signals, revealing infrasound to be a very important component in triggering a behavioural reaction.