



# Hørsel hos fisk. Responser på lyd.

*Fisk og seismikk – Tromsø 06.04.2017*

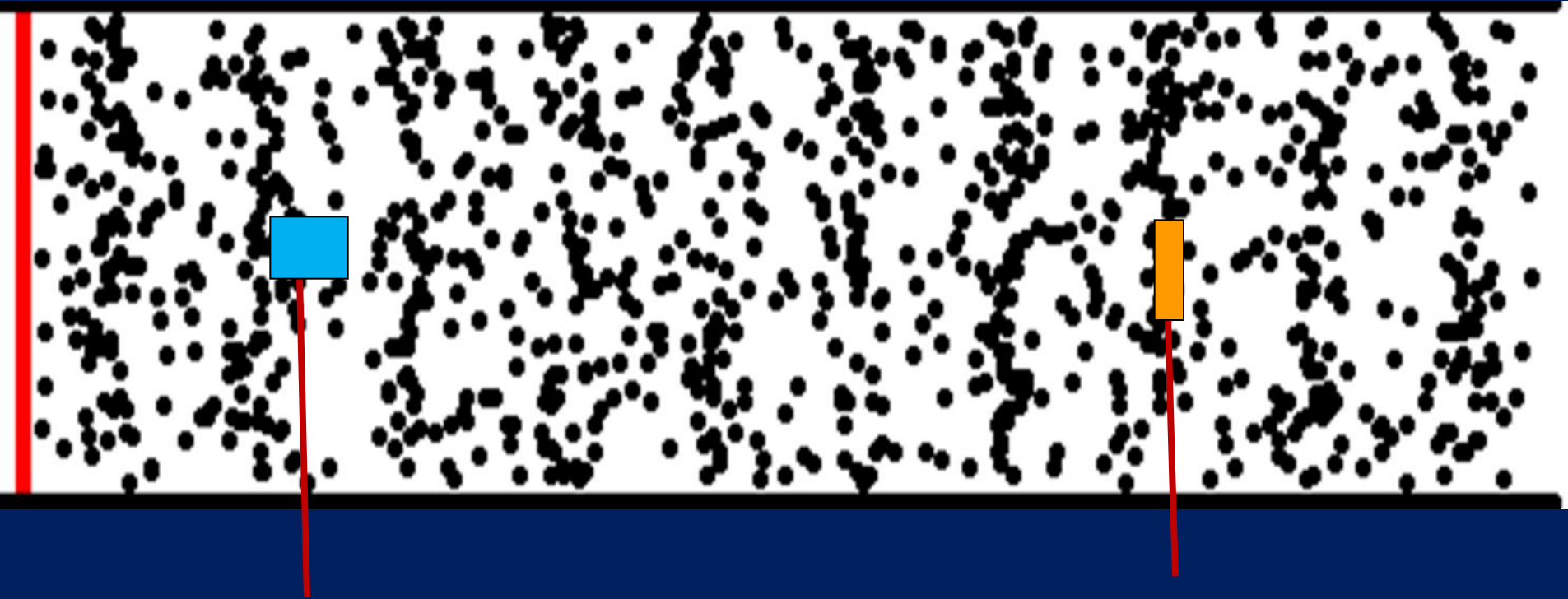
**Hans Erik Karlsen  
Universitetet i Oslo,  
Marinbiologisk Stasjon Drøbak**

# Lyd er:

(1) trykkvariasjoner

(2) svingninger av vannpartikler

# Lyd = trykkvariasjoner og svingninger/bevegelse av vannmolekyler

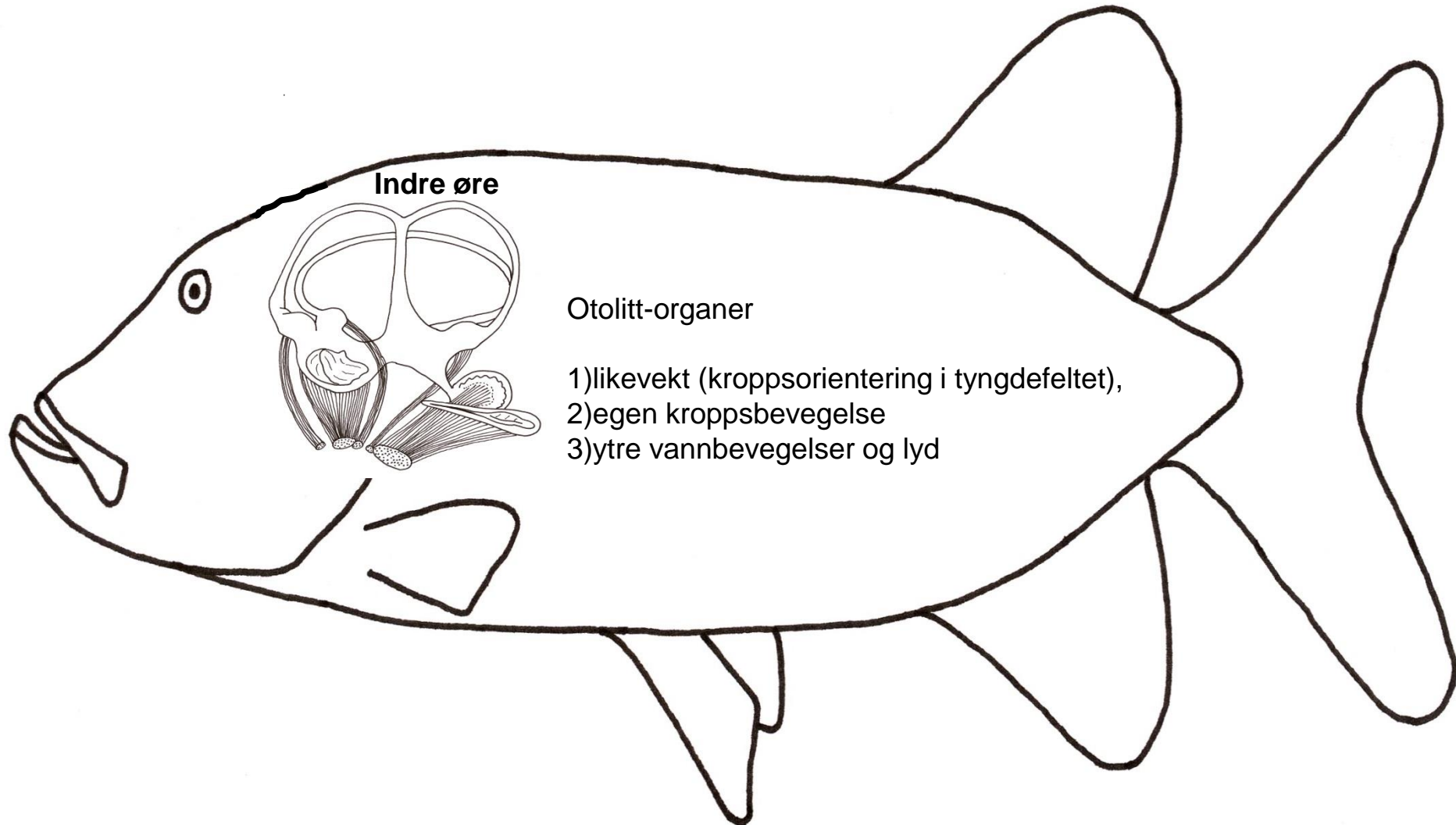


**Akselerometer –**  
svinger som vannmolekylene  
og måler disse svingningene

**Hydrofon –**  
beveger seg ikke og  
måler trykkvariasjonene

**Fisk, blekksprut, krepsdyr mfl.  
oppfatter lyd  
med sine likevektsorganer.**

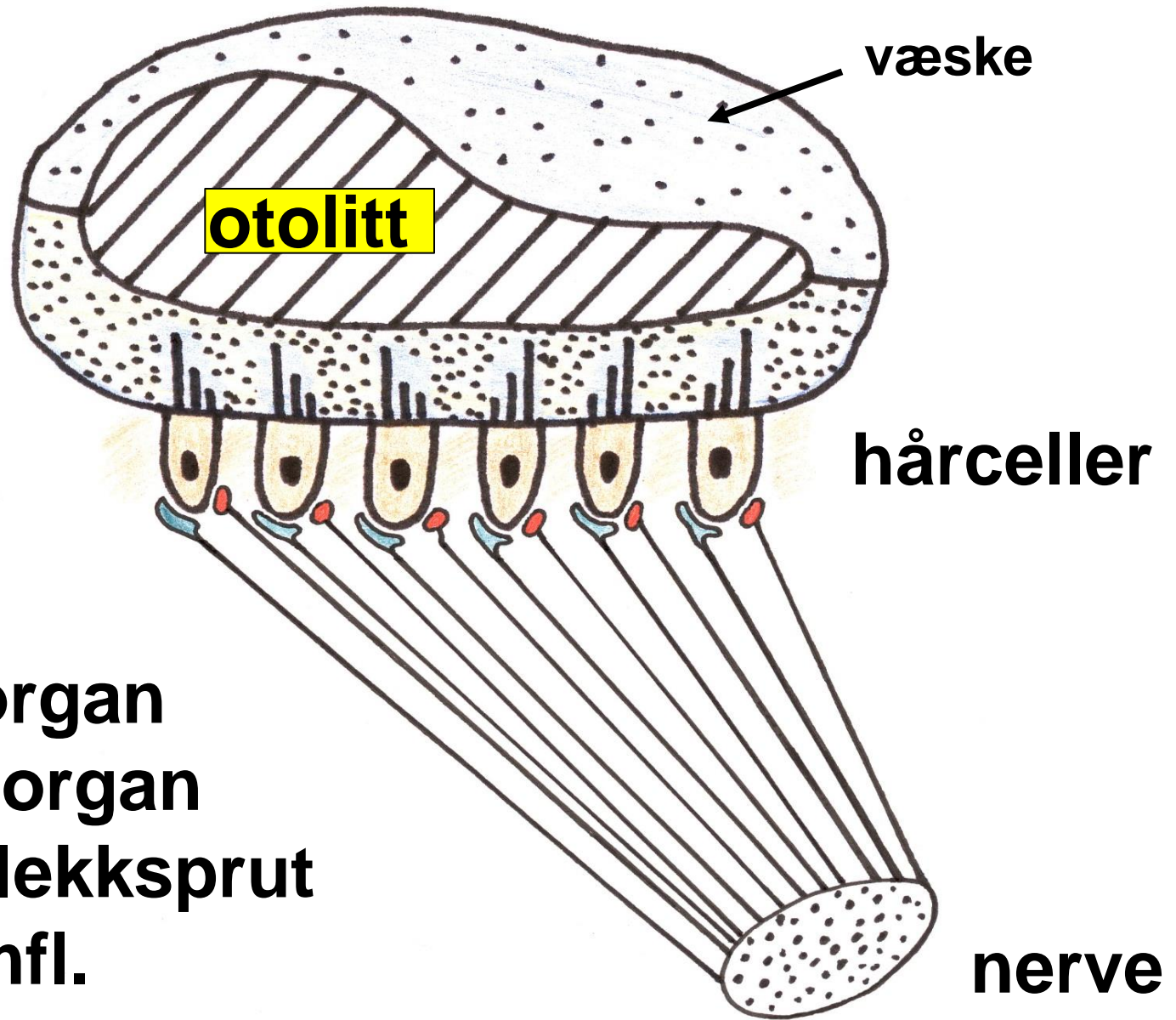
I hvert av fiskenes to indre ører er det  
3 likevektsorganer/otolittorganer.





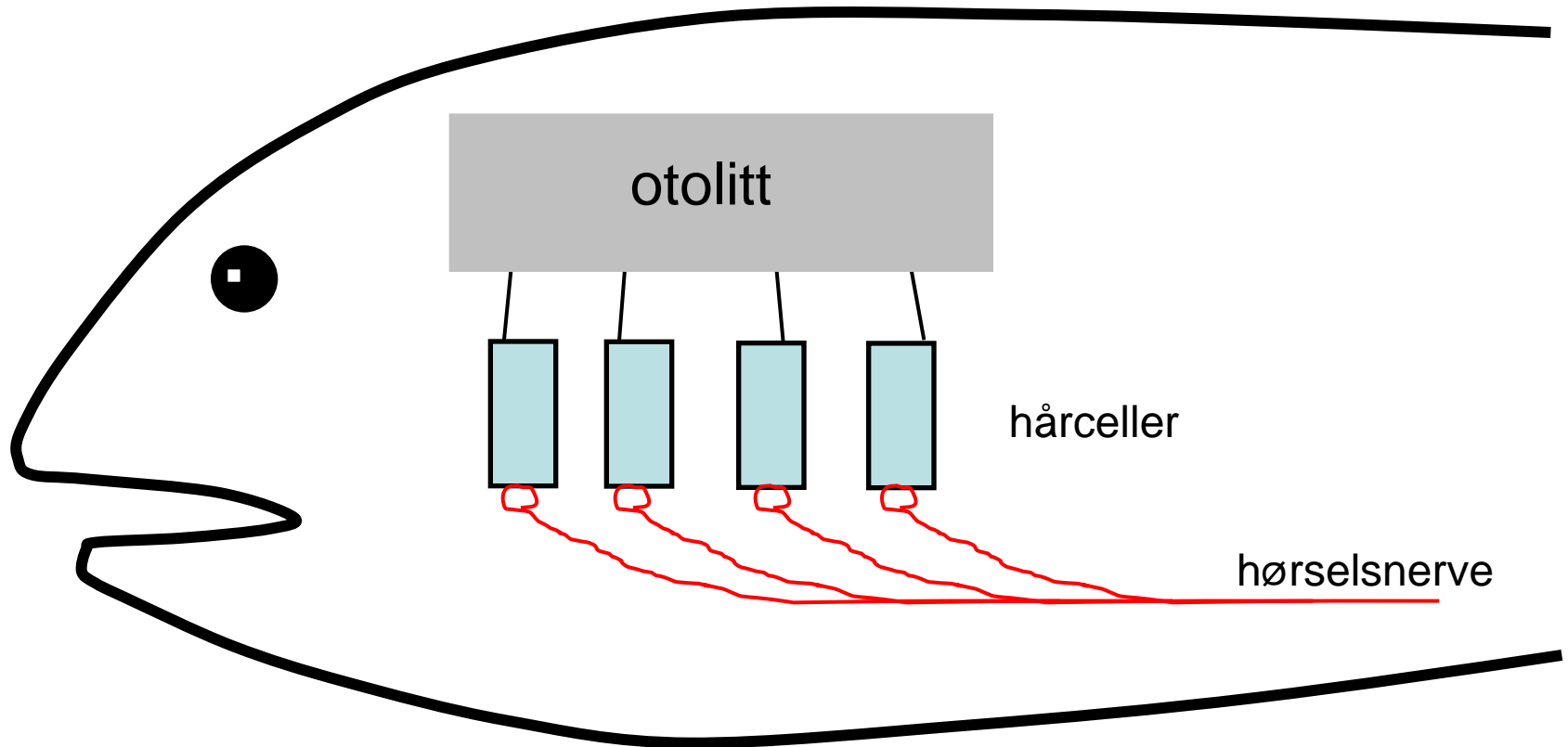
**Sansecellene i likevekt- og hørselsorganer hos dyr kalles hårceller.**

**De stimuleres når deres stive sansehår bikker i en gitt retning.**



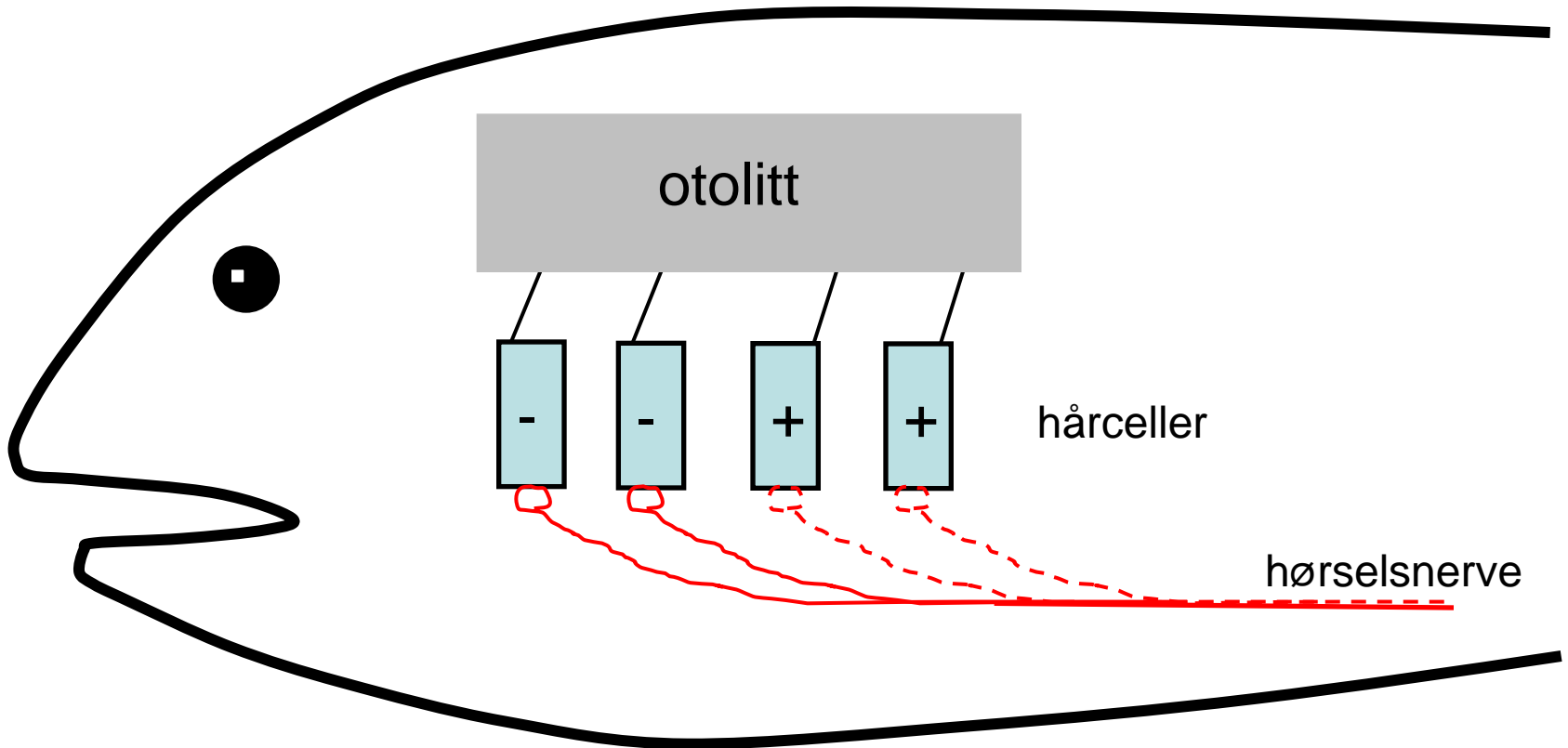
**Skisse:  
Likevektsorgan  
og hørselsorgan  
hos fisk, blekksprut  
krepser mfl.**

**I et lydfelt oscillerer fiskens bløtvev og ørestein ulikt.  
Dermed stimuleres hårceller, og fisken hører lyden.**

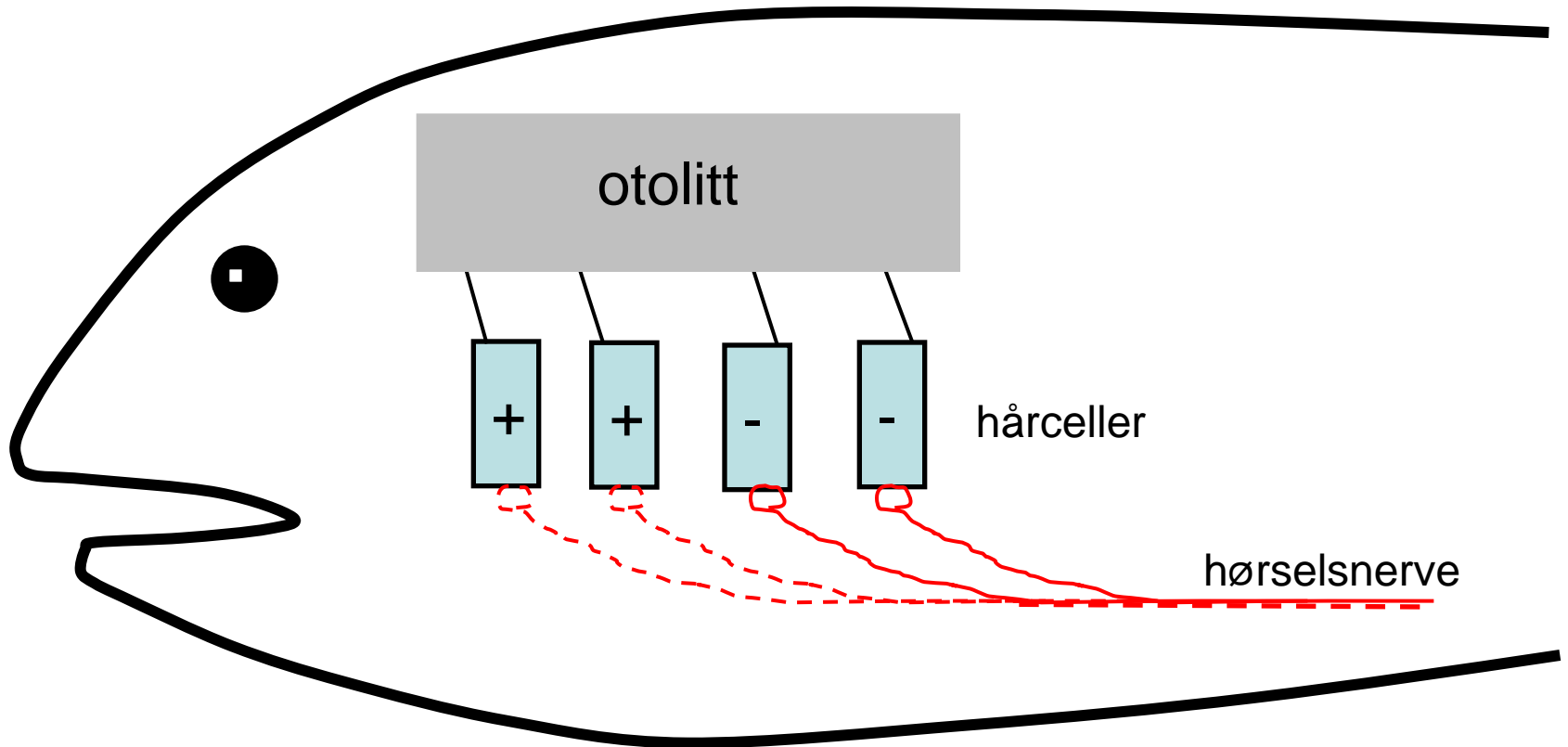




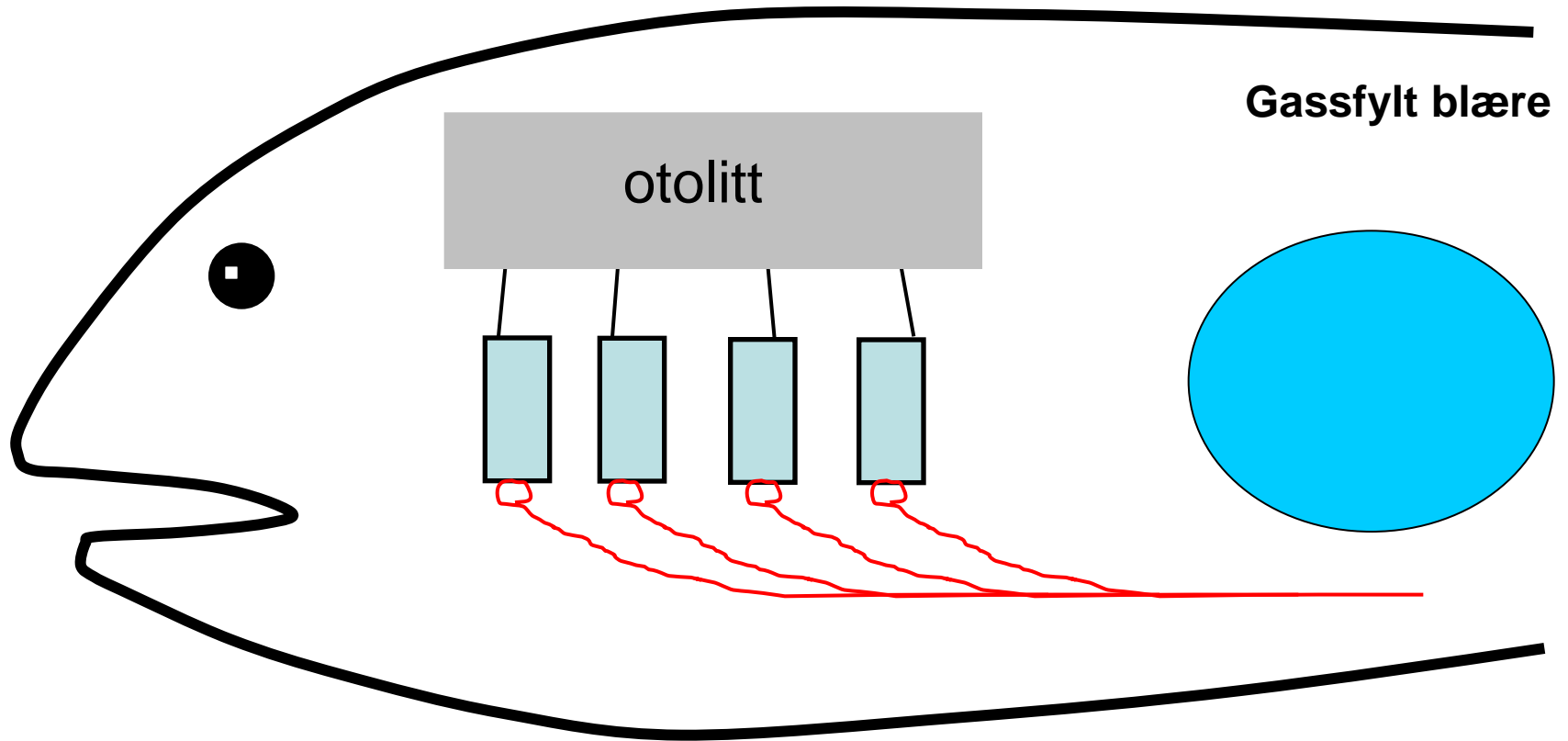
I et lydfelt oscillerer fiskens bløtvev og ørestein ulikt.  
Dermed stimuleres hårceller, og fisken hører lyden.



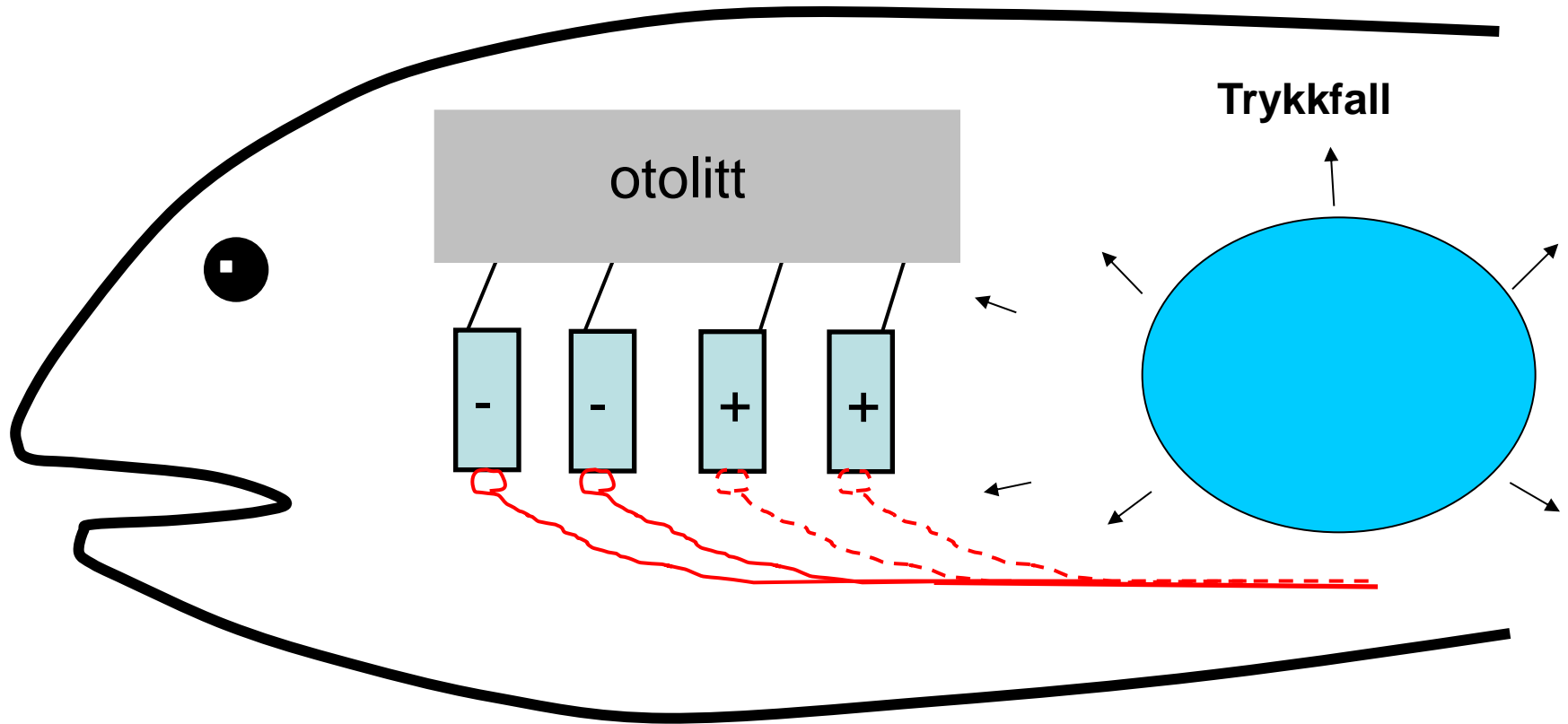
**I et lydfelt oscillerer fiskens bløtvev og ørestein ulikt.  
Dermed stimuleres hårceller, og fisken hører lyden.**



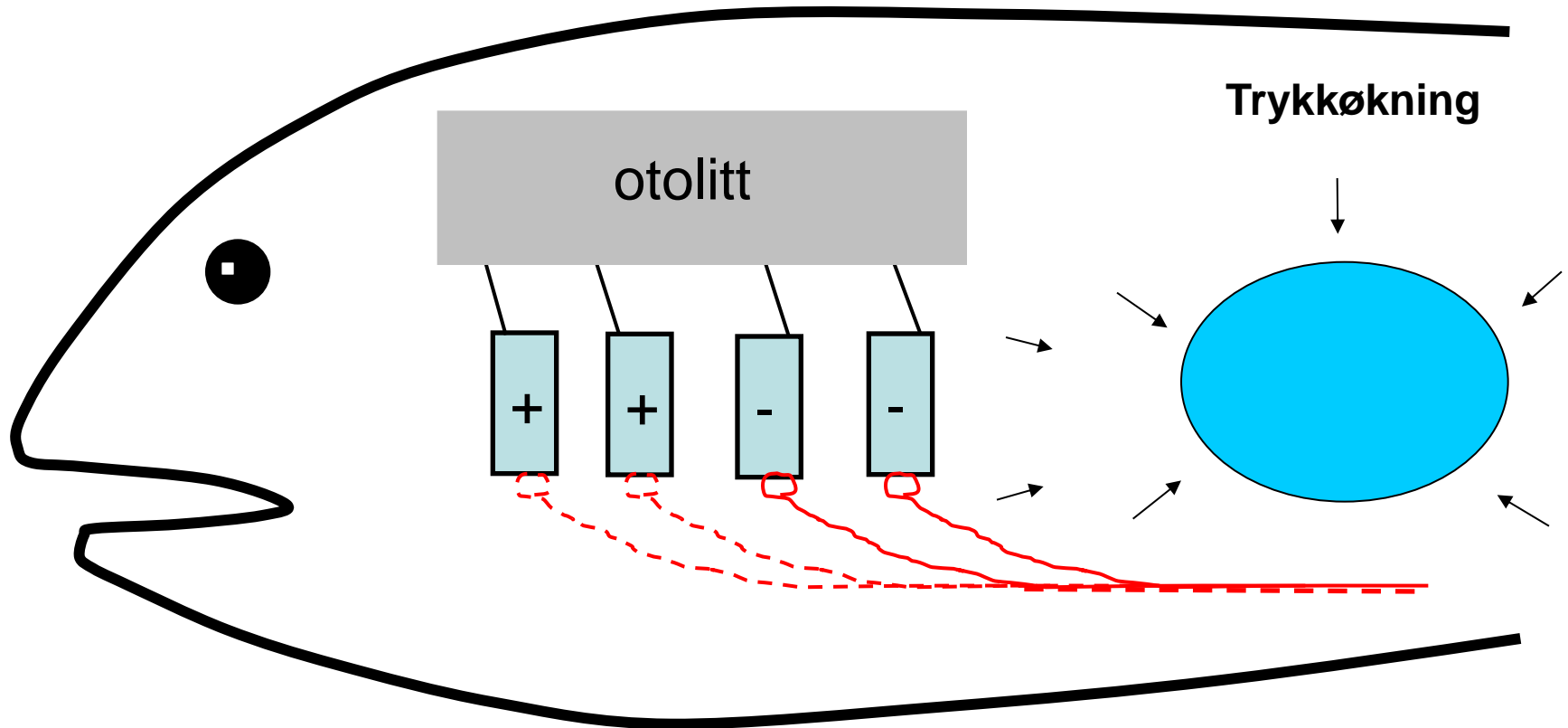
**Lydtrykkvariasjoner får svømmeblæren til å pulsere i volum og stimulere likevektsorganet.  
Fisken blir indirekte følsom for lydtrykk.**

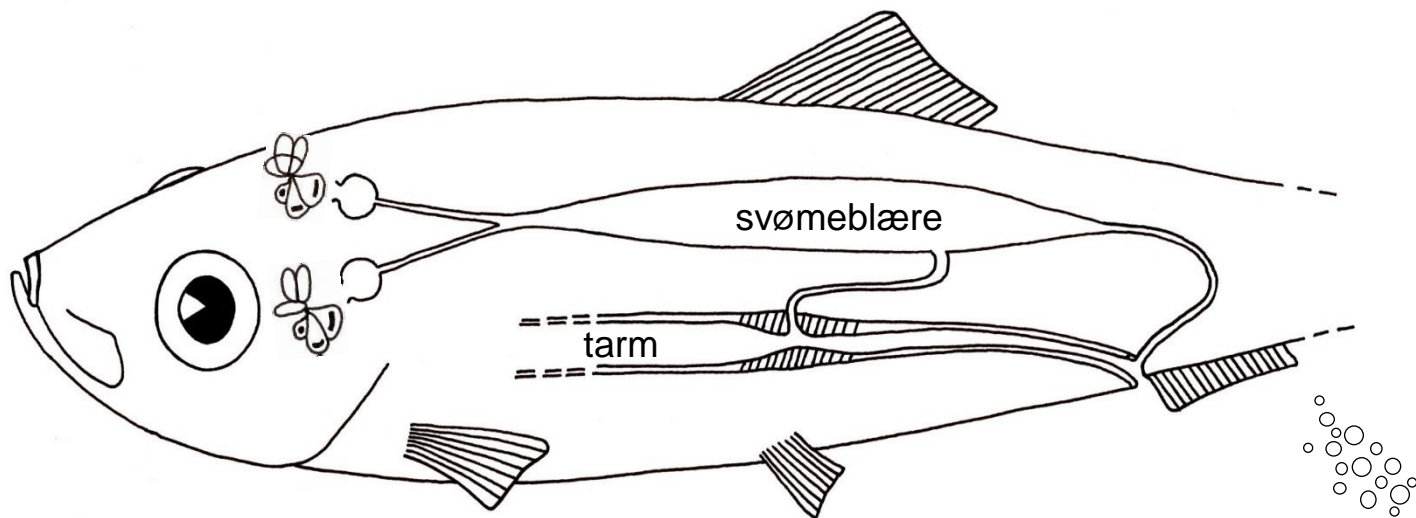
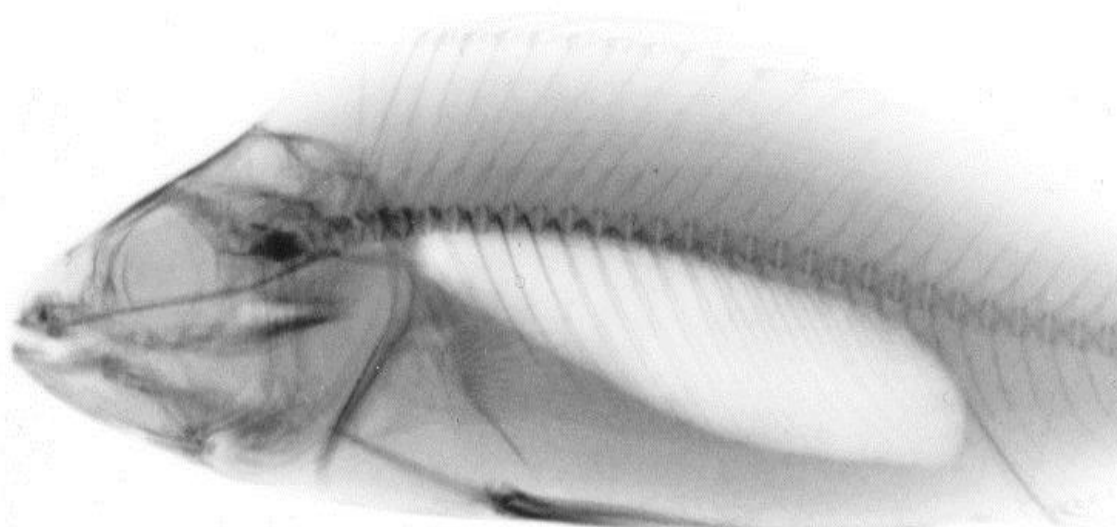
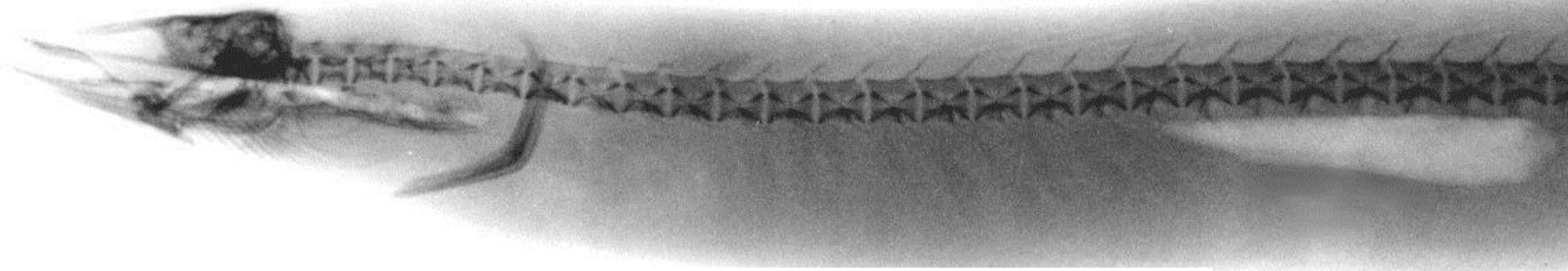


**Lydtrykkvariasjoner får svømmeblæren til å pulsere i volum og stimulere likevektsorganet.  
Fisken blir indirekte følsom for lydtrykk.**

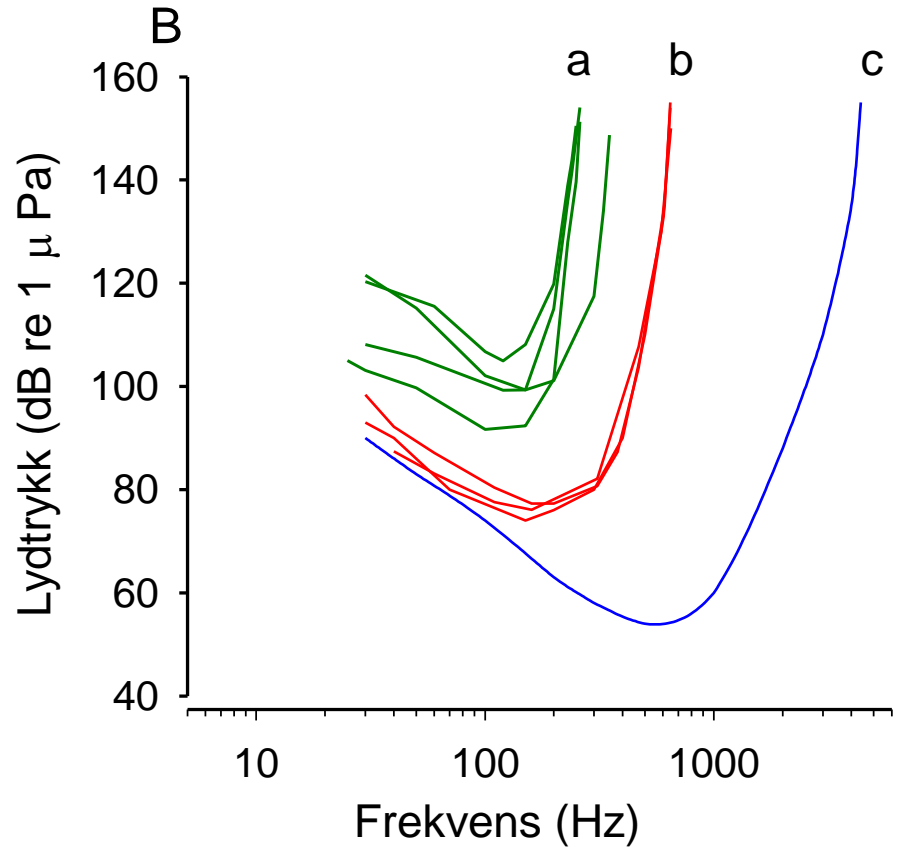
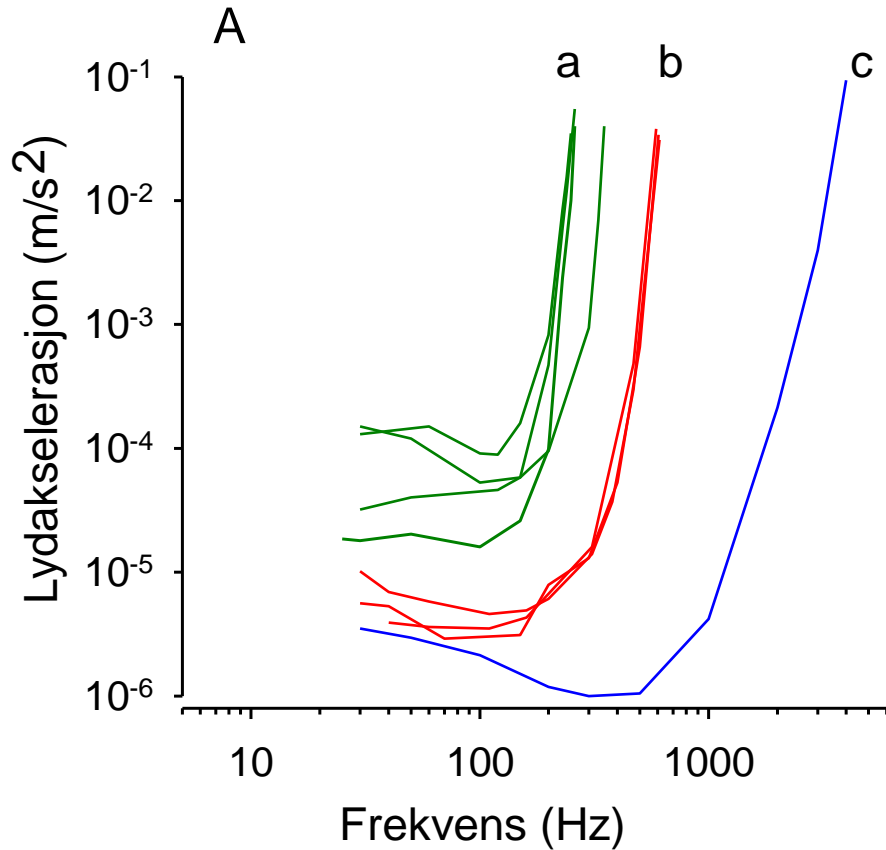


**Lydtrykkvariasjoner får svømmeblæren til å pulsere i volum og stimulere likevektsorganet.  
Fisken blir indirekte følsom for lydtrykk.**



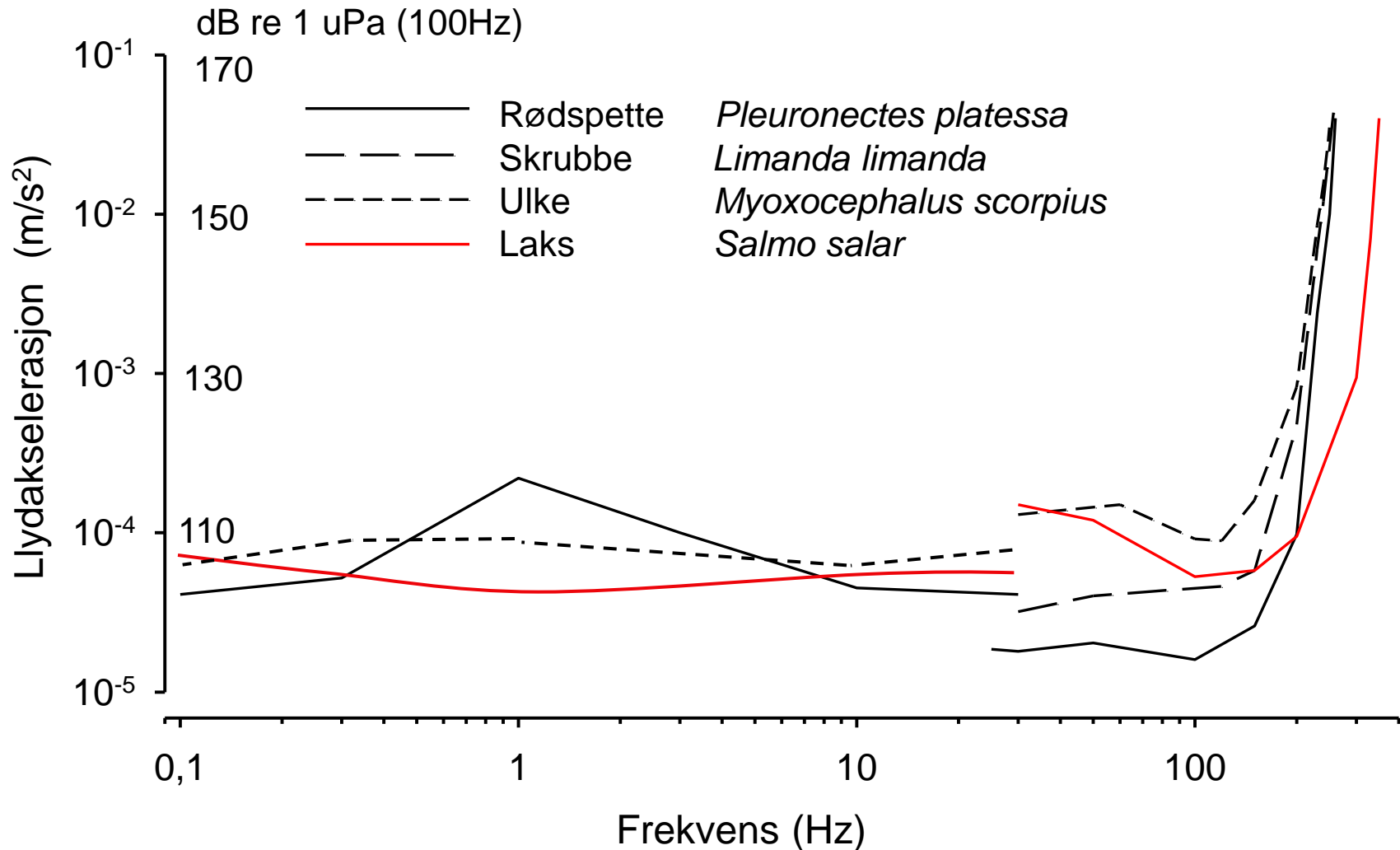


# Audiogram hos fisk



- a) Fisk som kun er følsomme for lydets partikkelbevegelse.
- b) Fisk følsomme for lydets partikkelbevegelse og i middels grad til lydtrykk.
- c) Fisk følsomme for lydets partikkelbevegelse og i særlig grad også til lydtrykk.

# Audiogram til fisk som kun følsomme for lydets partikkelbevegelse





**Hvordan og hvorfor  
påvirker lyd atferden til fisk ?**

**Fisk kommuniserer med lyd.**

**Fisk som angriper lager en frontbølge dvs. en «lydpuls».**

**Fisk lever i et lydrikt miljø der havstrømmer, tidevannsbevegelser, bølgeslag, seismisk aktivitet i grunnen med mer bidrar til dannelsen av et landskapskart av lyd som fisk kan navigere og orientere etter.**

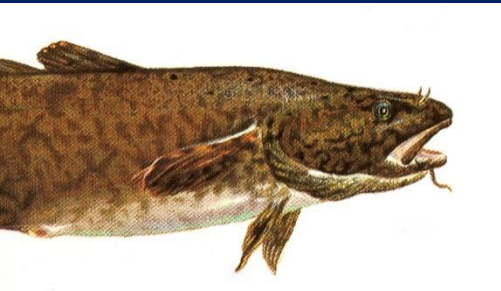


Hyse/kolje



sei

torsk



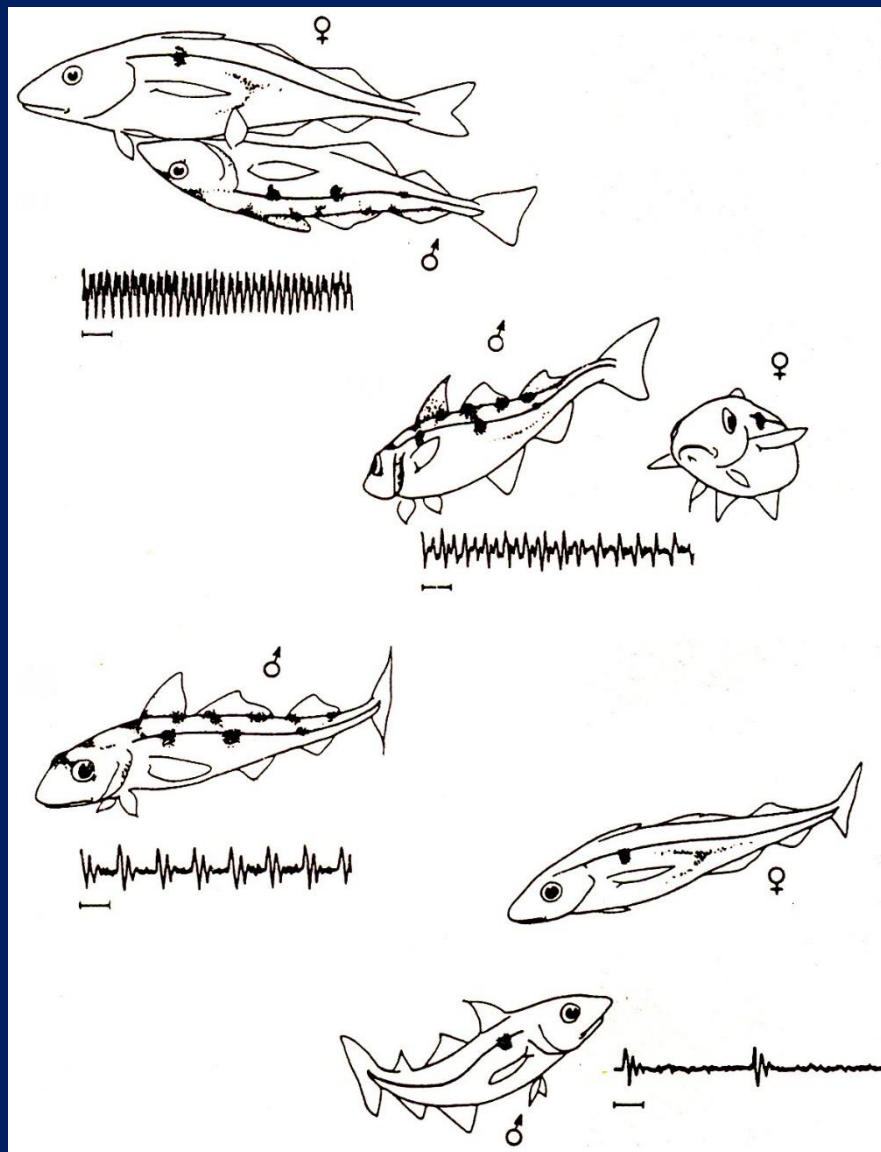
lake



normale “bop/grynt”  
(tre gjentakelser av hver art)



Torskefiskene lager arts karakteristiske korte lyd pulser: “banke- gryntelyder”.



Opptak av “bankelyder” fra hyse i varierende grad av opphisselse. Avsluttes med “hum-sekvens”, som avgis i forbindelse med selve gytingen.











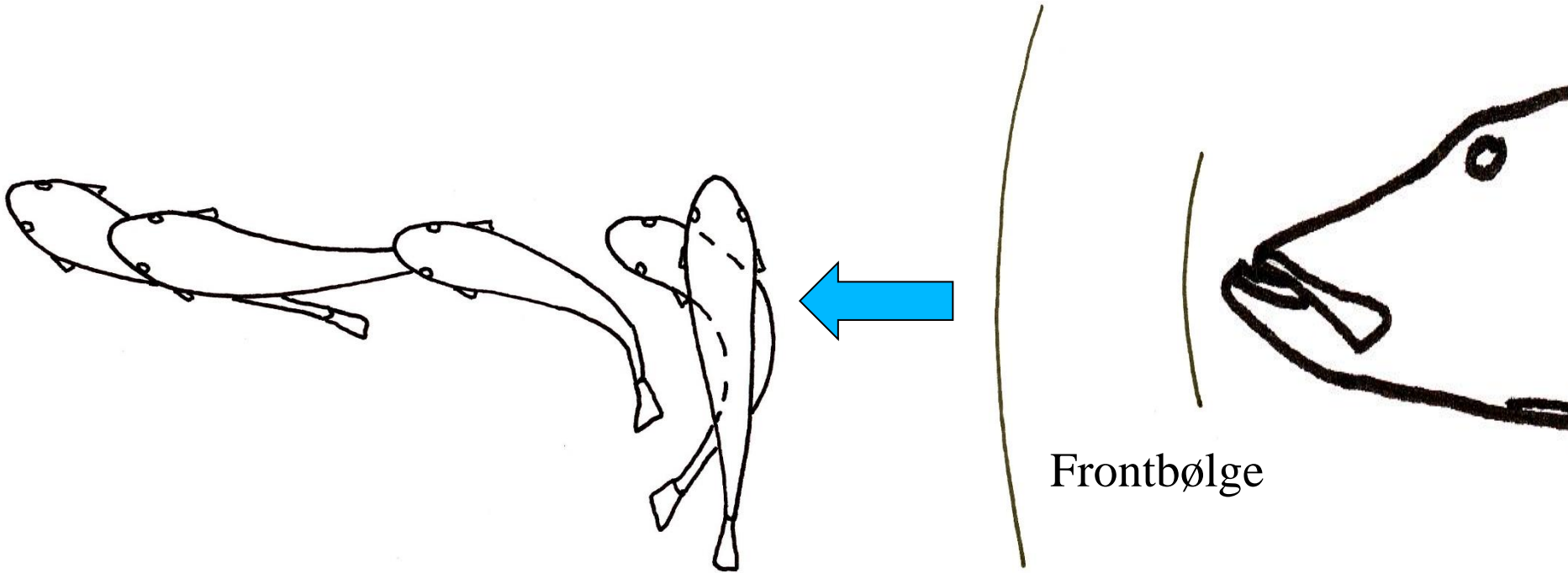








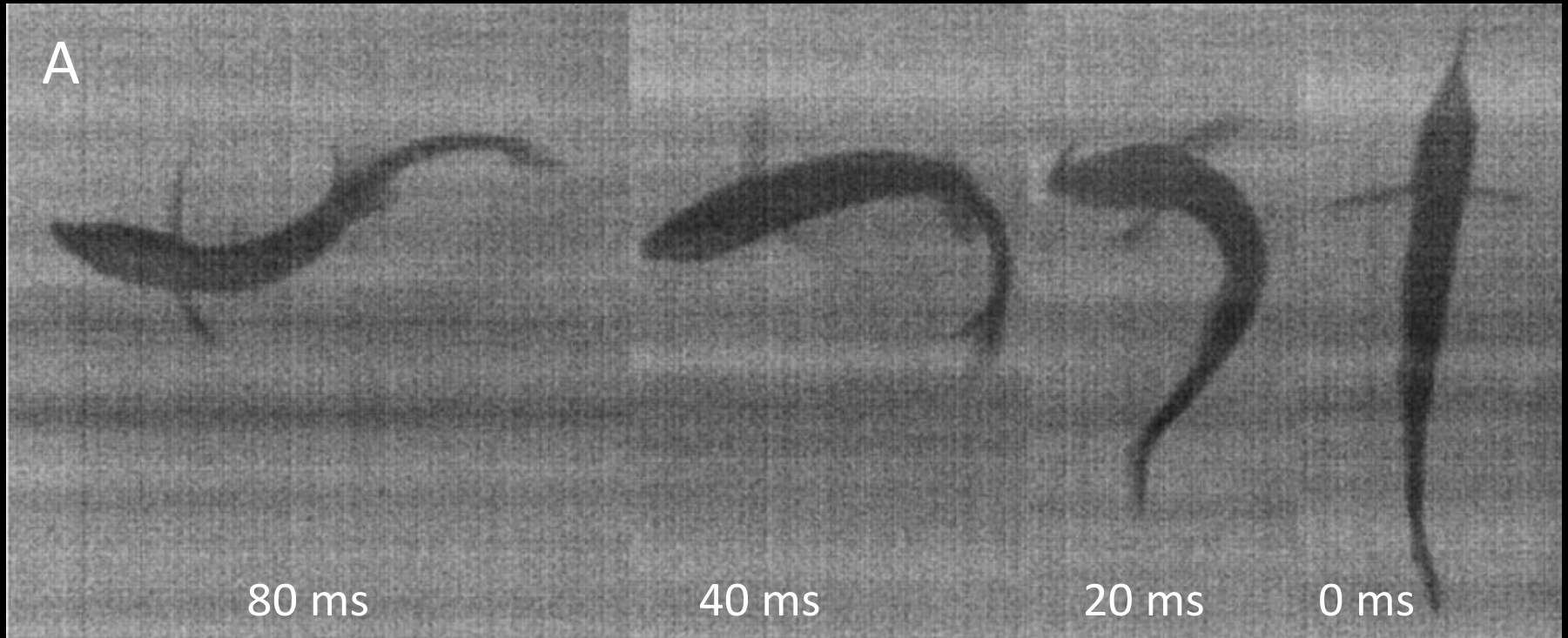
Startle response  
Hurtig fluktrespons  
C-respons



Siluetter er med 25 ms intervall.

Latenstid 8 - 15 ms.

# Lydinduserte C-responser hos fisk.



**C-respons** er en hurtig og kortvarig fluktrespons. Den sterkeste type unnvikelsesrespons, og styres av et spesialisert nervøst fluktnettverk i hjernestammen. Dyret er stimulert på en måte «tilsvarende umiddelbar livsfare».



Infralydkilde  
Prof. Olav Sand, UiO.



# Cyprinids lake Borrevatn

Distance m

8

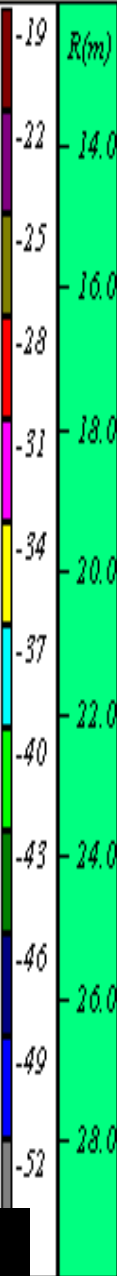
6

4

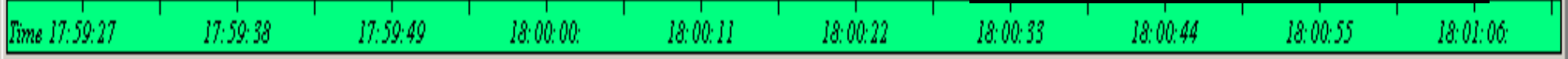
2

$\approx 0,01 \text{ m/s}^2$

16 Hz infrasound on 30s



Figur prof. Olav Sand, UiO.



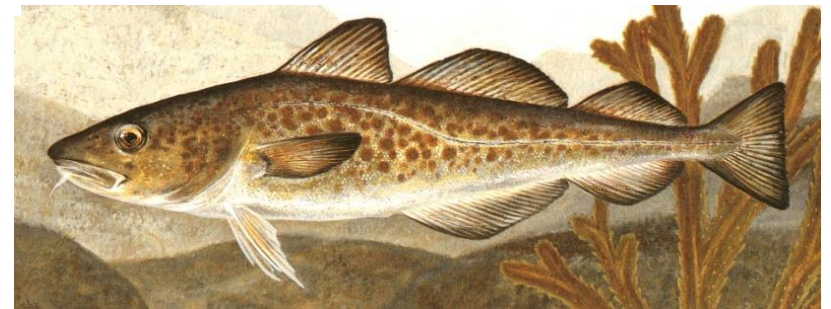


## Representant for sildefisk hørselsspesialister



4-8 cm brisling (*Sprattus sprattus*)

## Representanter for torskefisk mellomgod hørselssans



15-20 cm torsk (*Gadus morhua*)  
og hvitting (*Merlangus merlangus*)

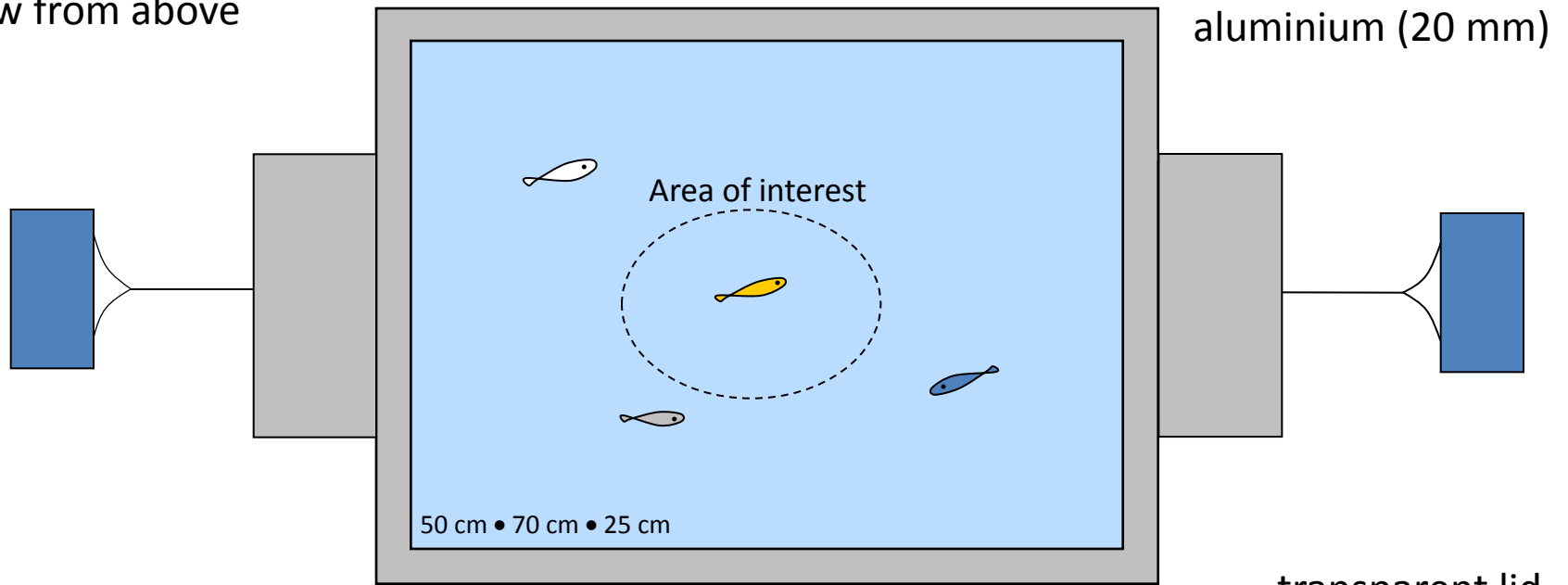
## Representanter for kutlingfisk hørselsgeneralist



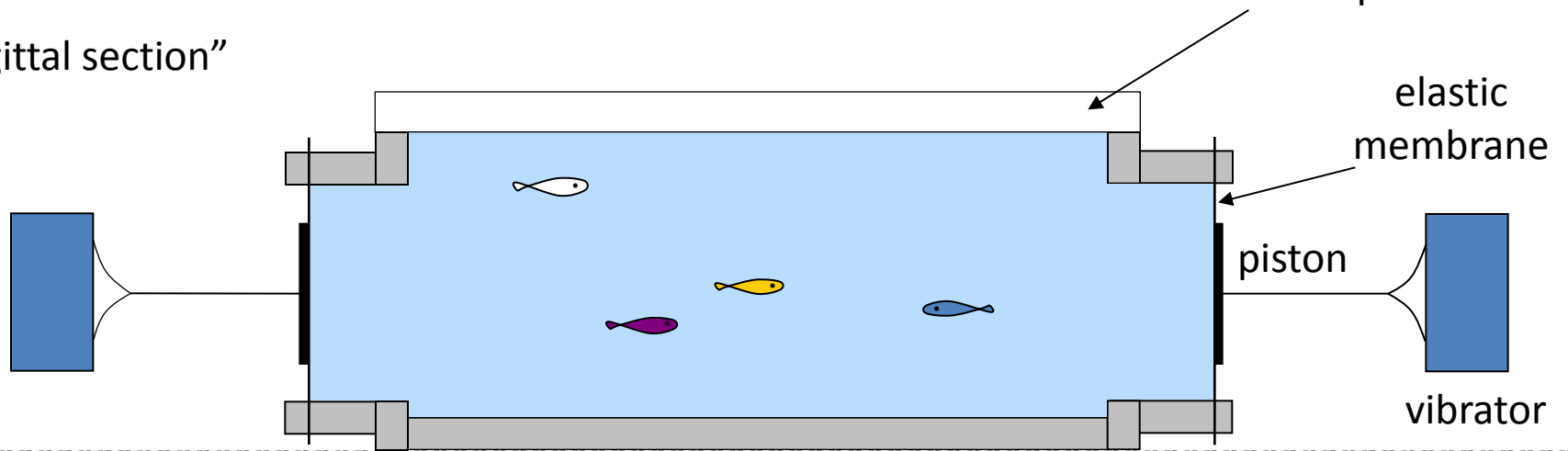
4-6 cm glasskutling (*Aphyia minuta*)  
og tangkutling (*Gobiusculus flavescens*)

# Pressure chamber

view from above



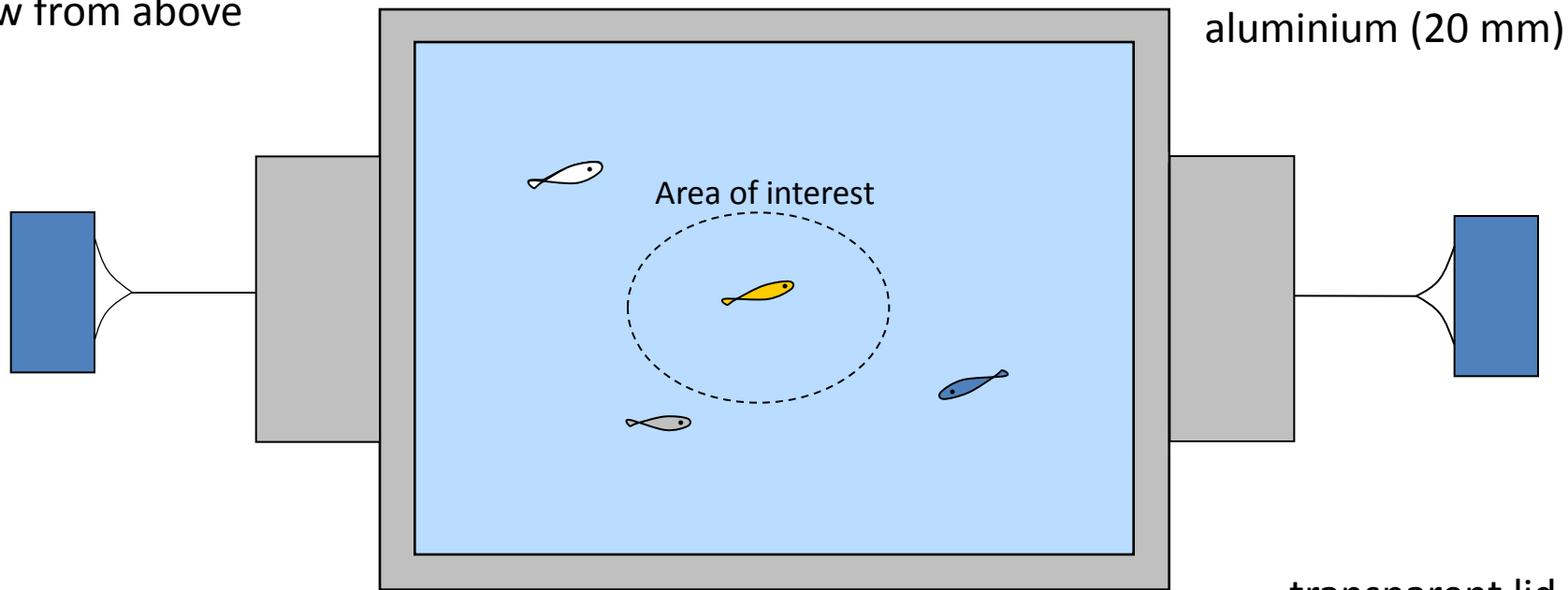
"sagittal section"



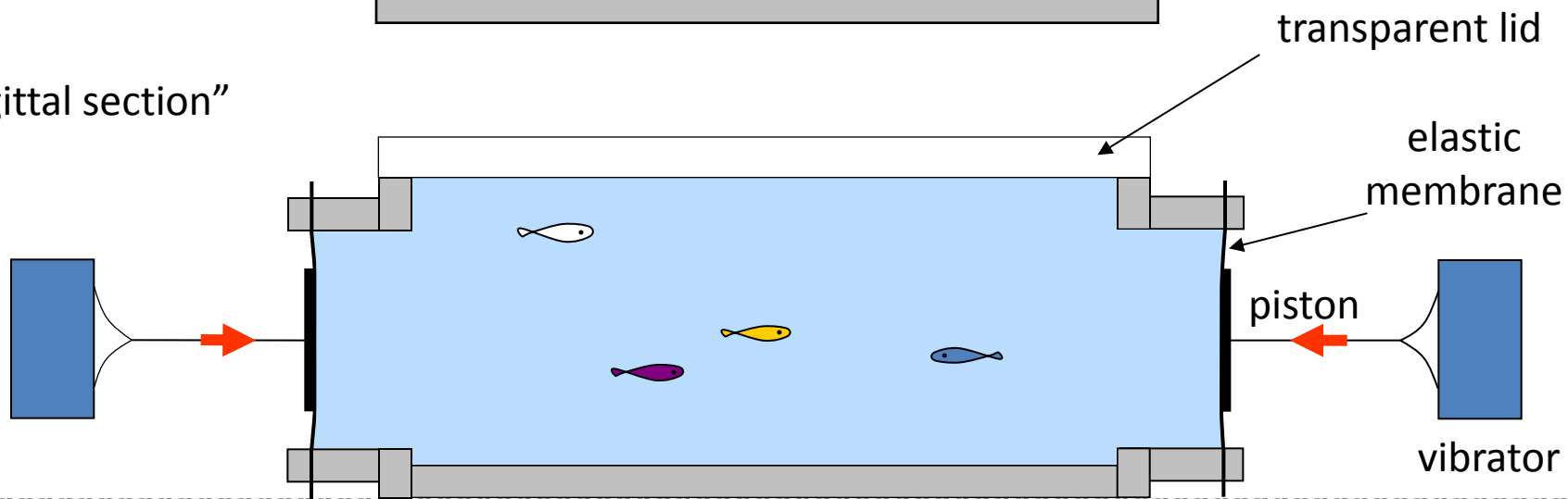
Concrete base

# Pressure chamber

view from above



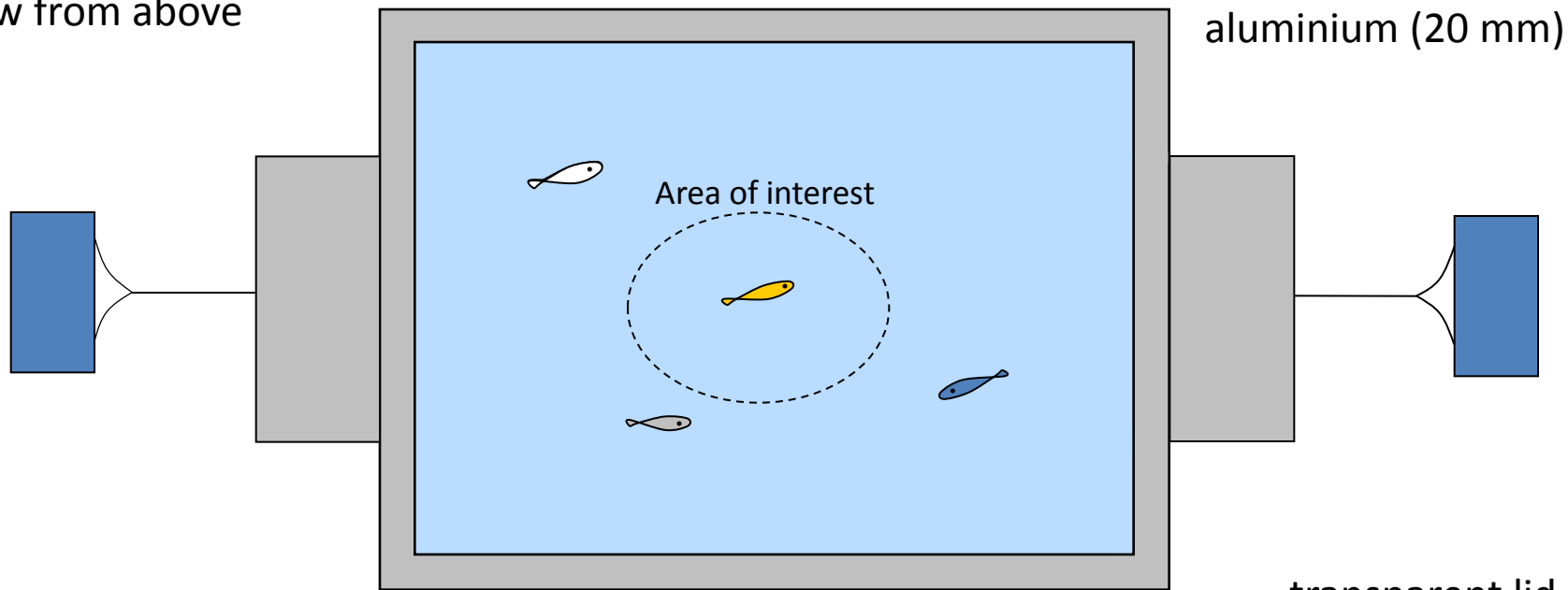
"sagittal section"



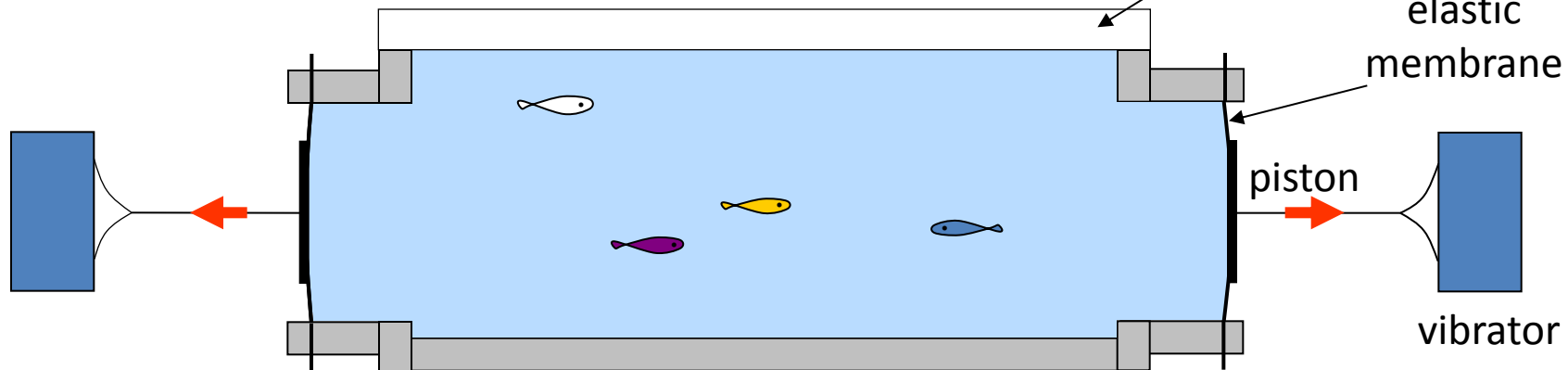
Concrete base

# Pressure chamber

view from above

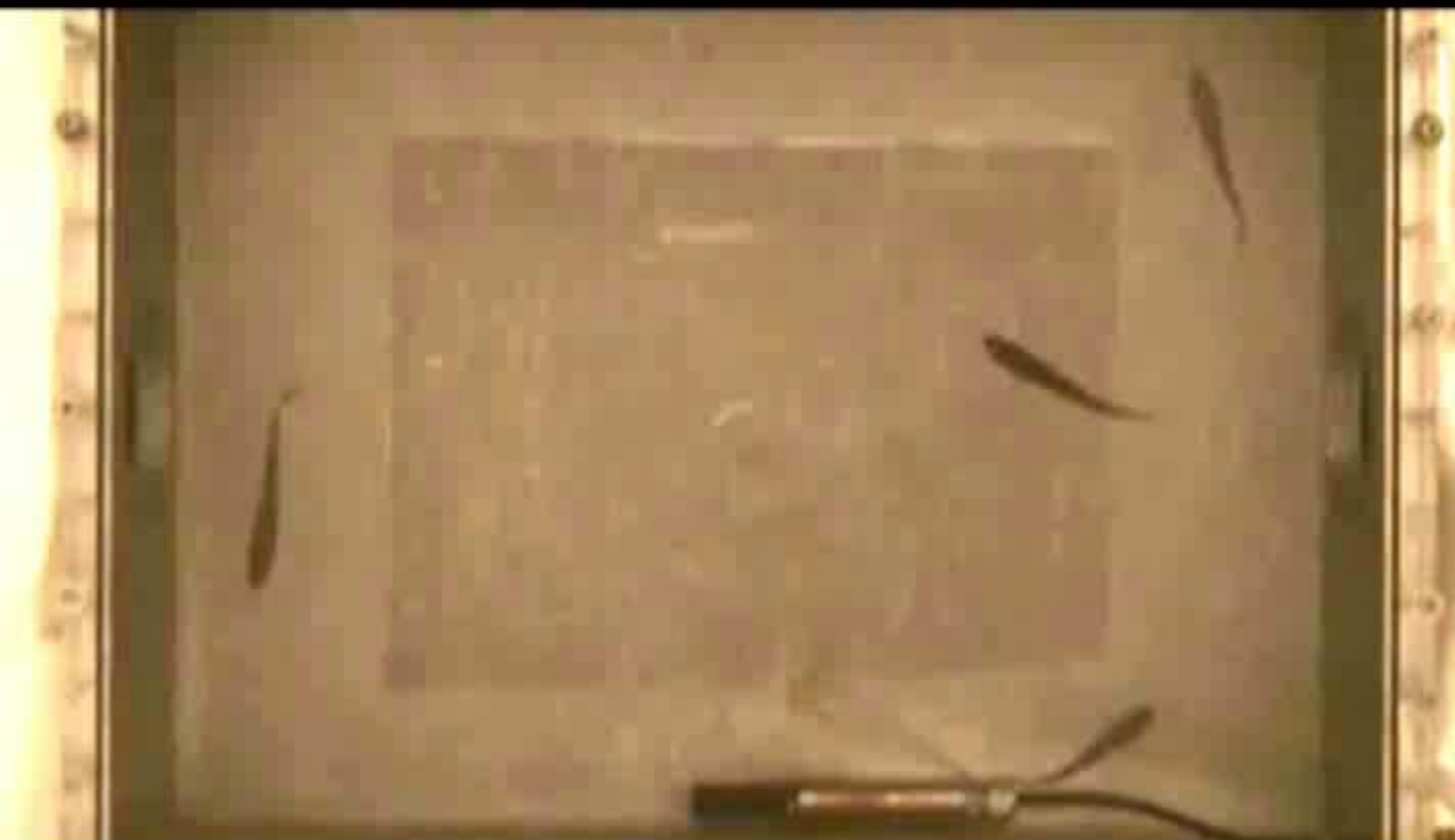


"sagittal section"

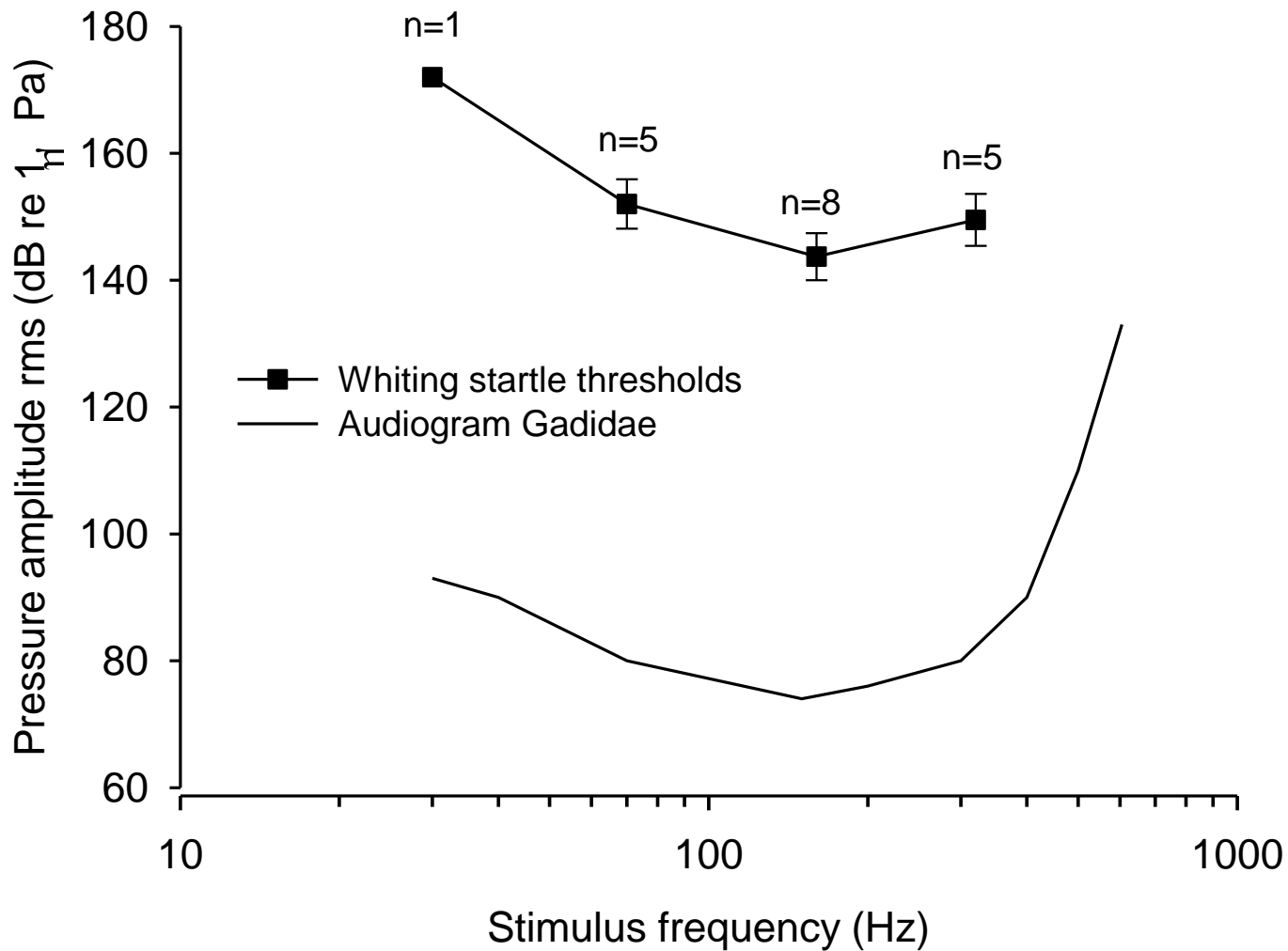


Concrete base

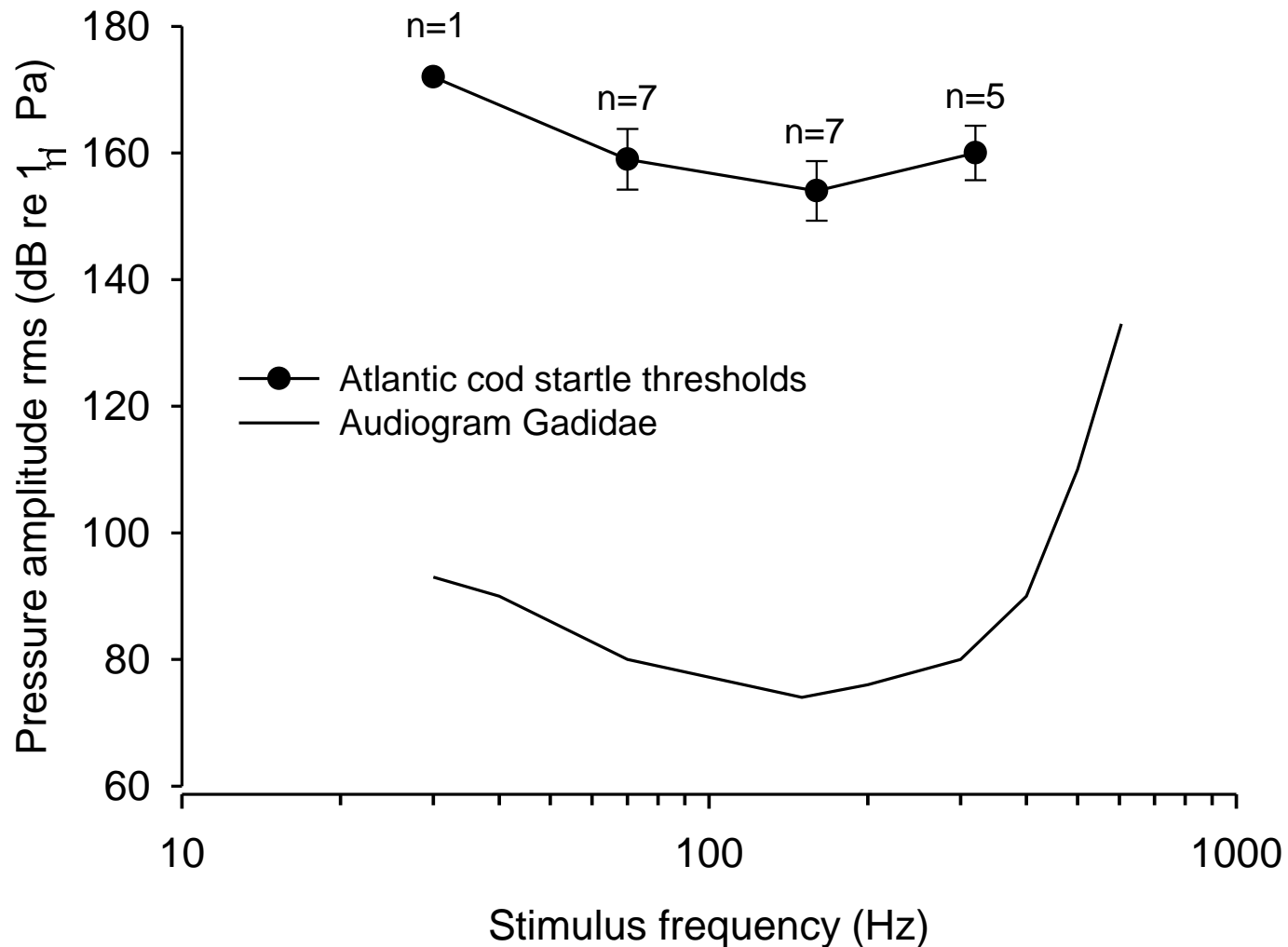




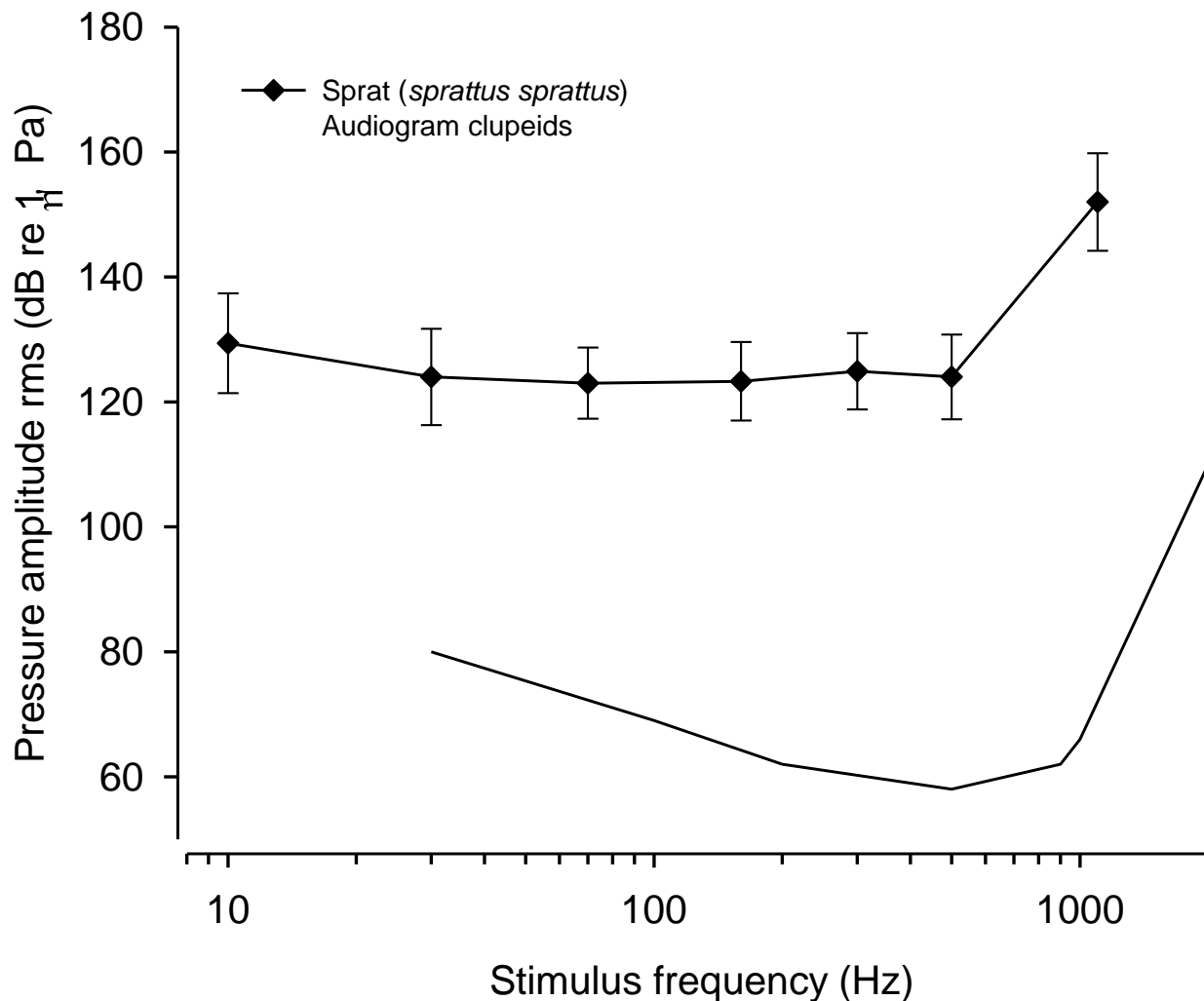




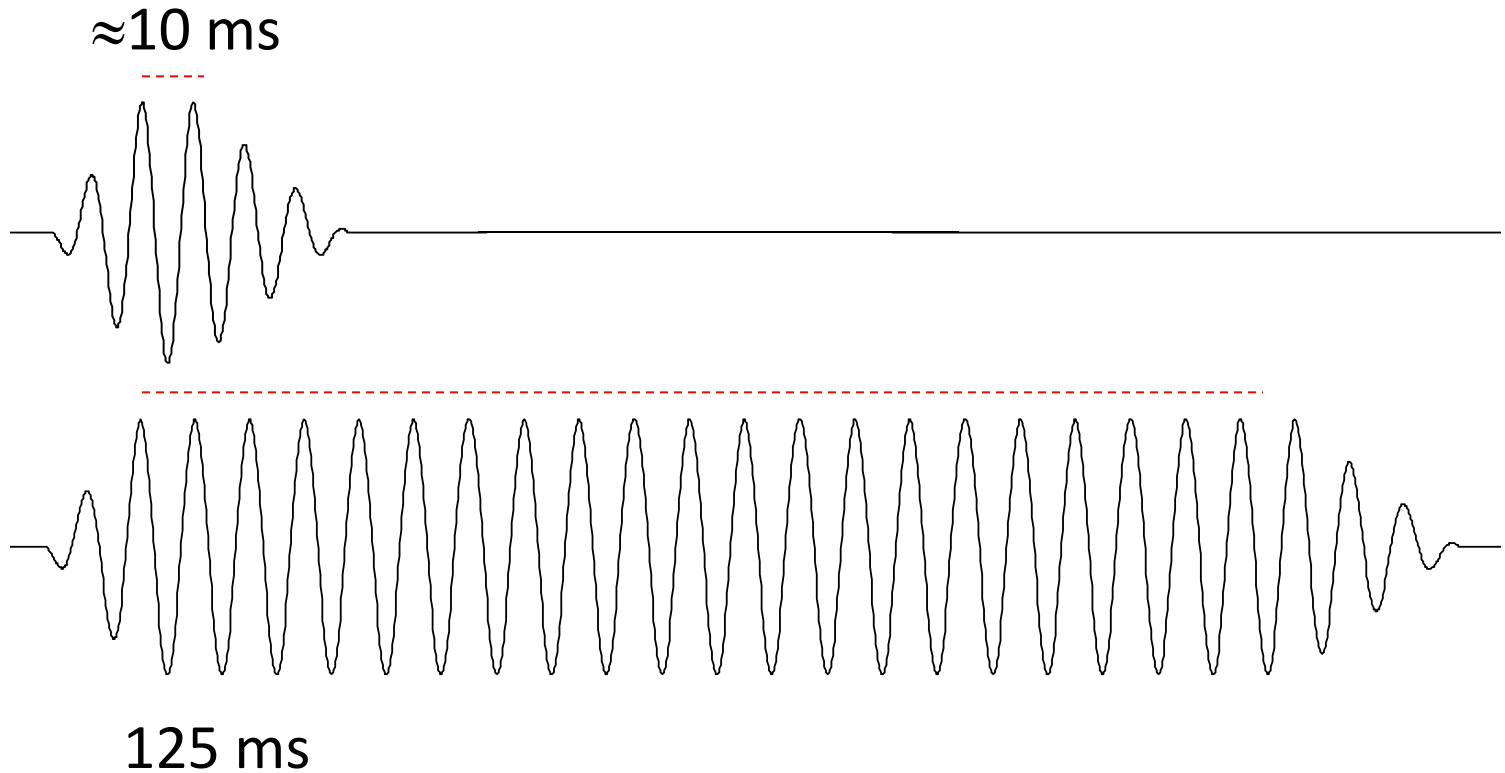
**Hvitting responderte tydelig på lyd-pulstimeringene og virket generelt svært lettskremte. Laveste lydtrykkterskel for C-type fryktrespons var 138dB re 1  $\mu$ Pa ved 160Hz. Gjennomsnittet var 144 dB re 1 $\mu$ Pa, eller ca: 60 dB over høreterskel for torsk.**



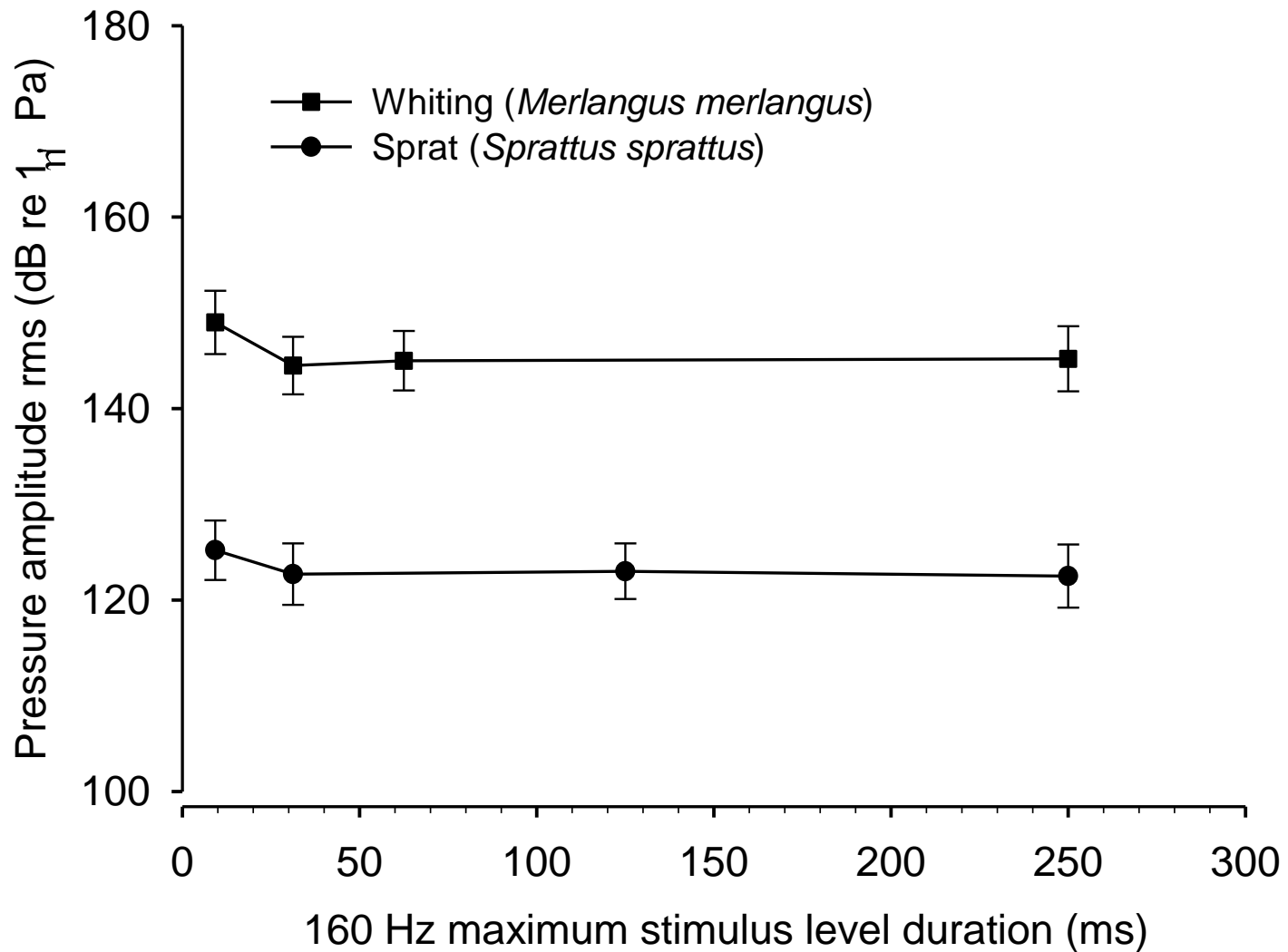
**Torsk reagerte langt svakere på lyd pulsstimulering enn hvitting og nærmere 30% reagerte ikke. Gjennomsnittlig terskelverdi for C-type fryktresponser var 154 dB re 1  $\mu$ Pa, dvs. 10 dB eller en faktor på 3 høyere enn for hvitting.**



**Brisling er sildefisk og har en svært velutviklet hørselssans lik sild. De reagerte klart på lydimpulsstimulering og viste C-type fryktrespons i hele det hørbare frekvensområdet. Gjennomsnittlige terskelverdier var i området 123-129 dB re 1  $\mu$ Pa, dvs. 50-60 dB over høreterskel.**

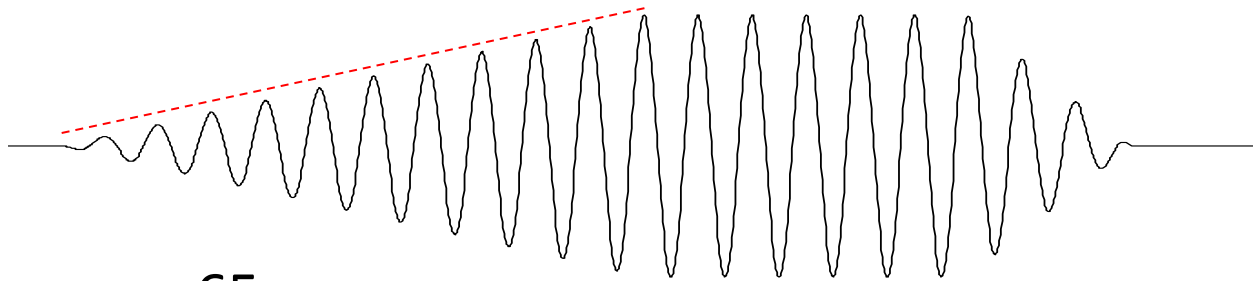
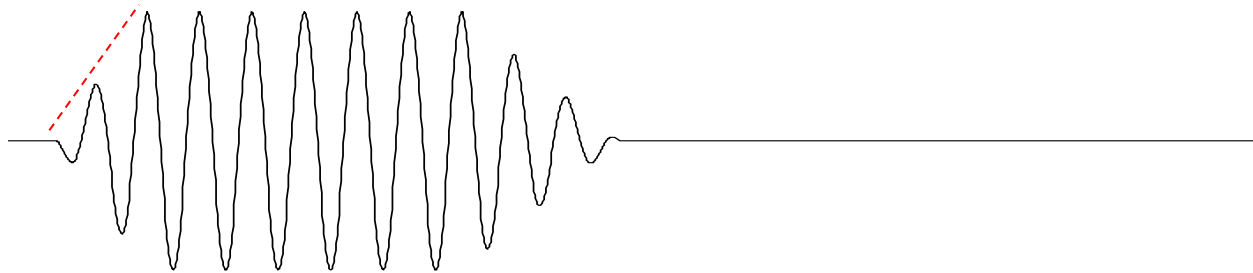


**Stimulering med 160 Hz lydpulser  
med ulik varighet (10 - 250 ms).**



**Stimulering med 160 Hz lydpuiser med ulike varigheter viste at dette ikke påvirket terskelverdi for C-type fryktrespons hos verken brisling eller hvitting.**

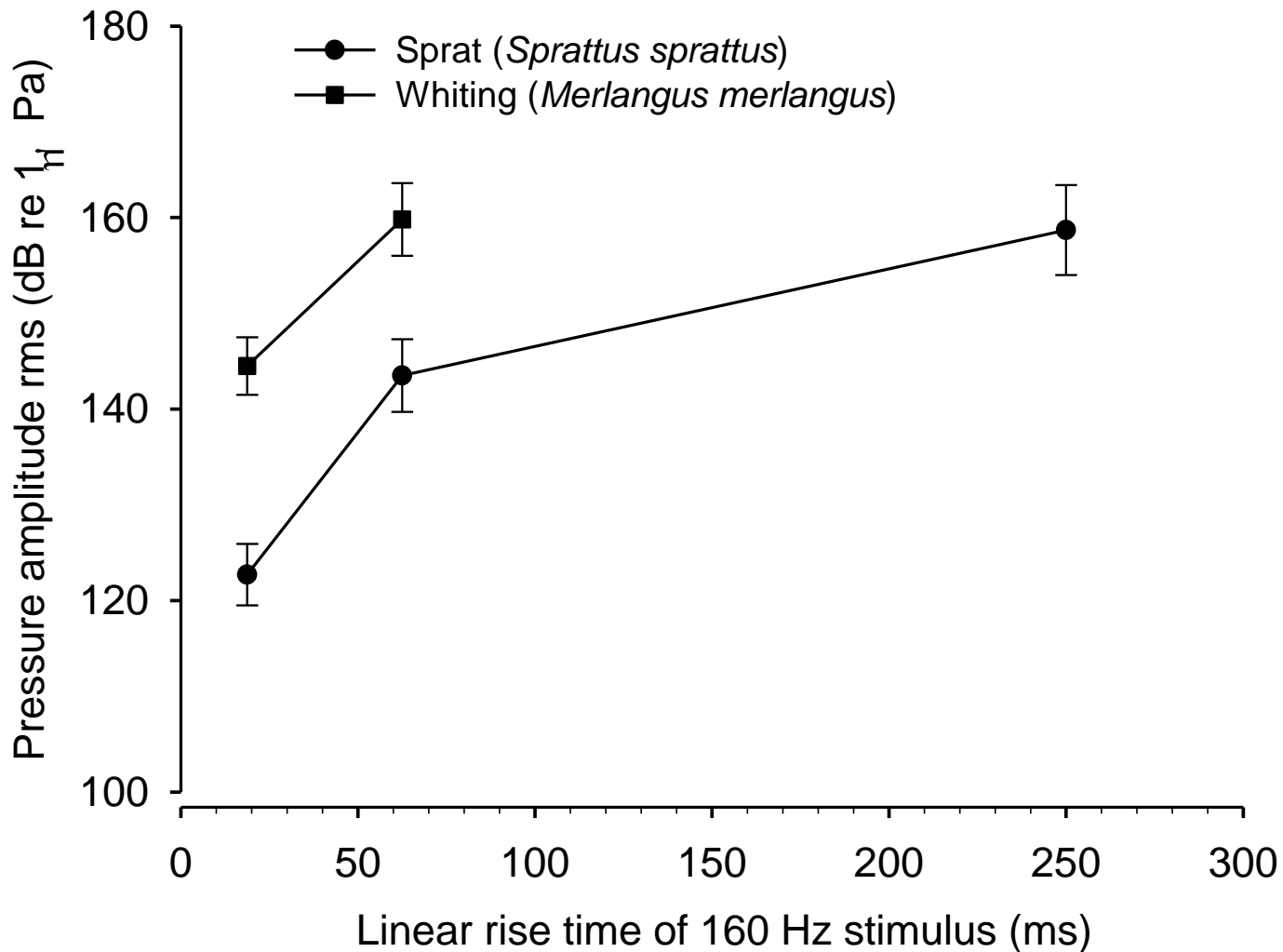
≈15 ms



65 ms

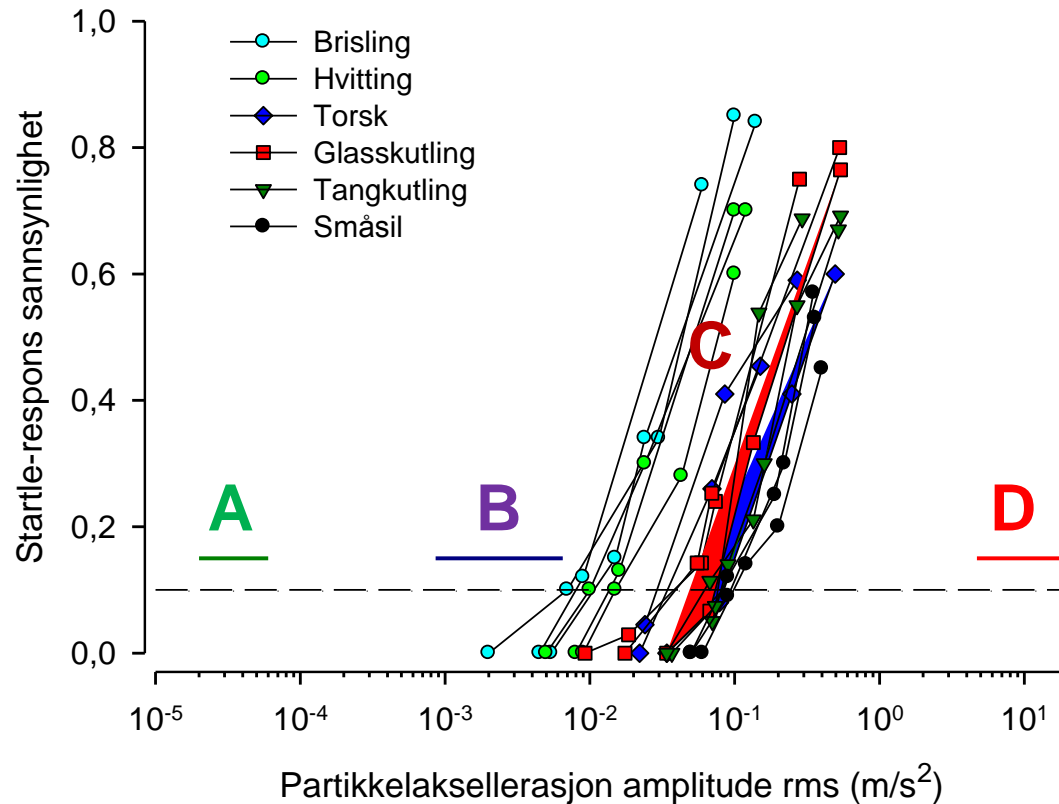
**Stimulering med 160 Hz lydpulser med ulik tid til maksimal verdi (12-250 ms).**





**Stimulering med 160 Hz lydpulser med ulike tider til maksverdi, viste at dette sterkt påvirket terskelverdi for C-type fryktrespons hos både brisling og hvitting. Skarpe lydpulser (nær lydkilden) skremmer mer enn mindre skarpe lydpulser (langt fra lydkilden) av samme p-p verdi.**

# Atferdsresponser hos fisk, lab-studier.



- A) Plutselige lyder nær høreterskel ( $\approx 10^{-5}$  m/s<sup>2</sup>) gir svake orienteringsresponser.
- B) Pulset lyd ca. 40 dB over høreterskel gir typisk økt svømmeaktivitet, fortetning, søk til større dyp.
- C) Brå, pulset lyd ca. 50-70 dB over høreterskel gir hurtig fluktatferd (C-responser) samt økt svømmeaktivitet, fortetning, bevegelse mot større dyp med mer.
- D) Svært kraftige pulser kan gi midlertidige og permanente barotraumer.

# Adferdstudium i merd

Austevoll havbruksstasjon  
Oktober 2015

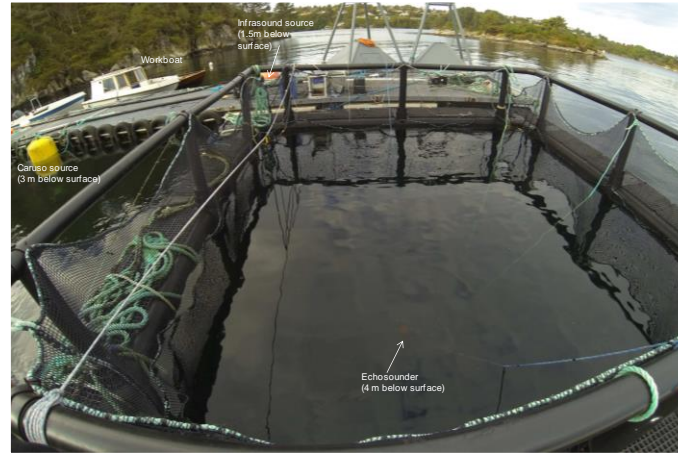
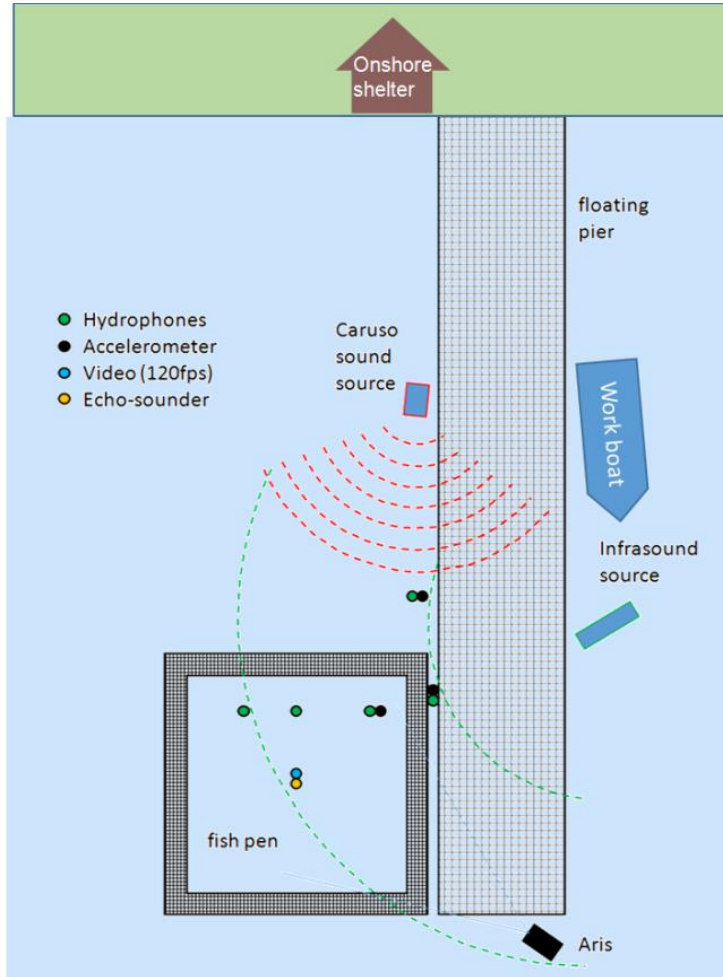




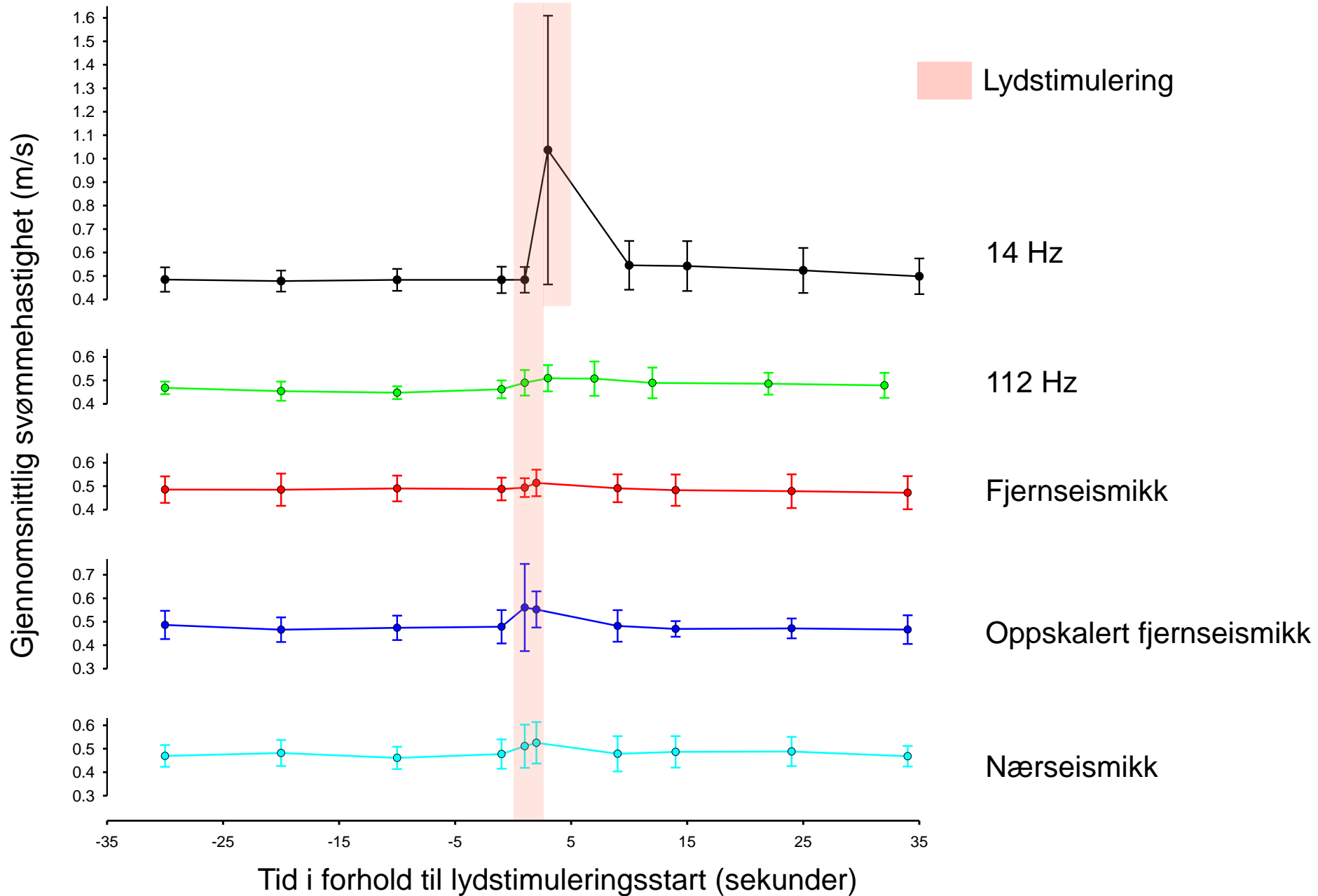


14Hz infralydkilde



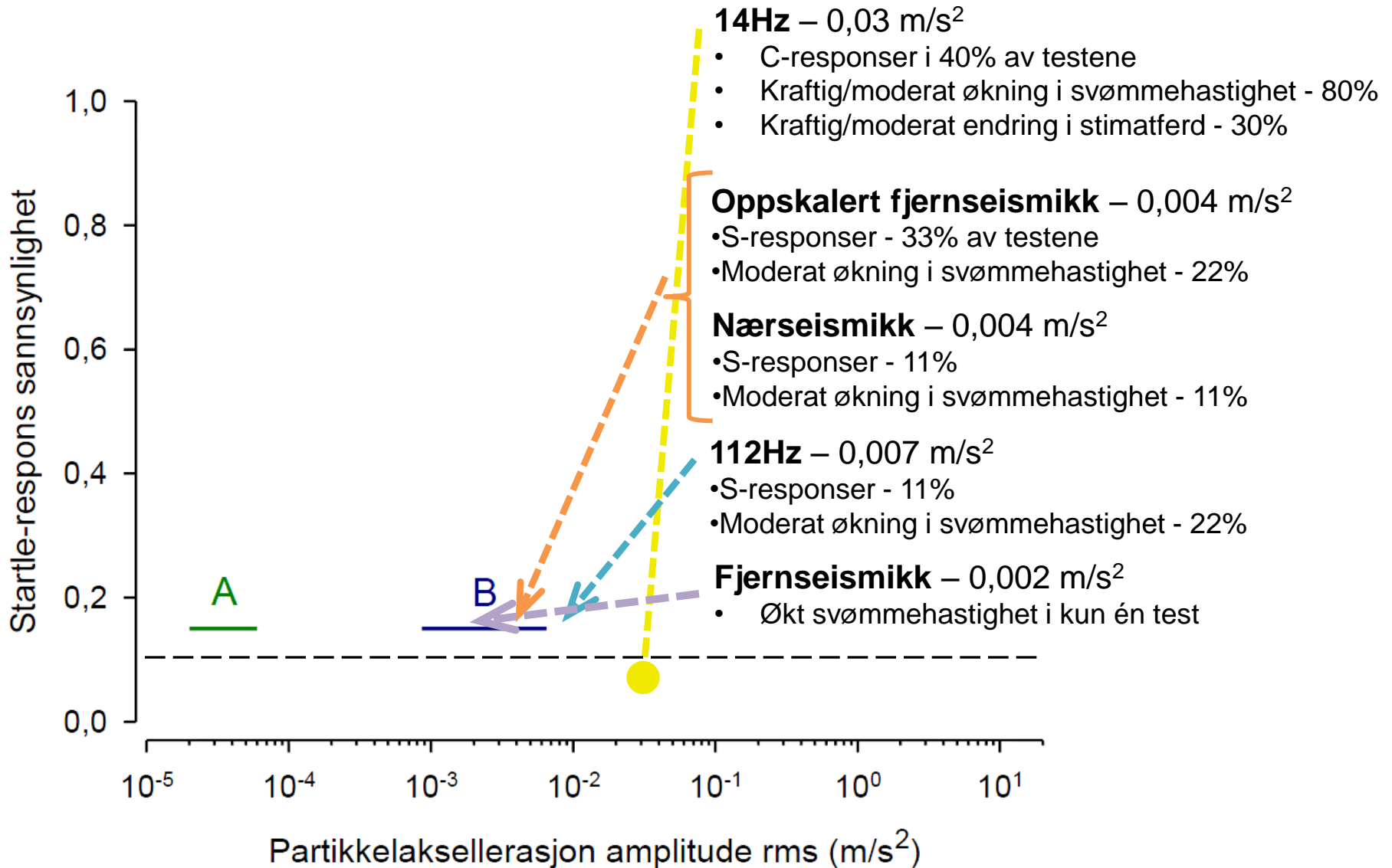


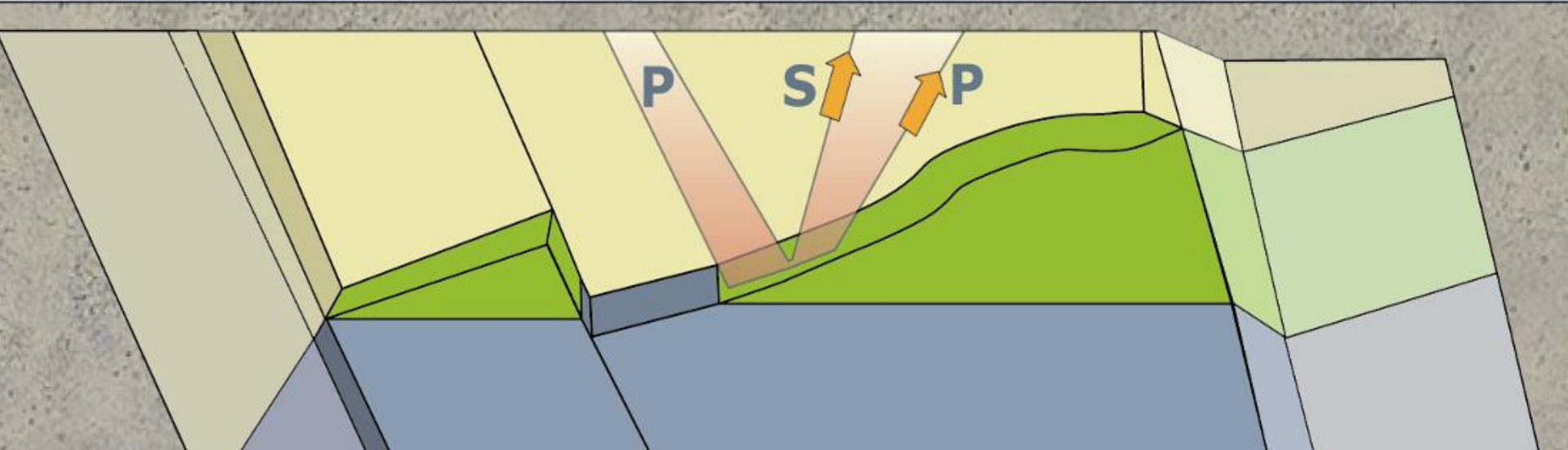
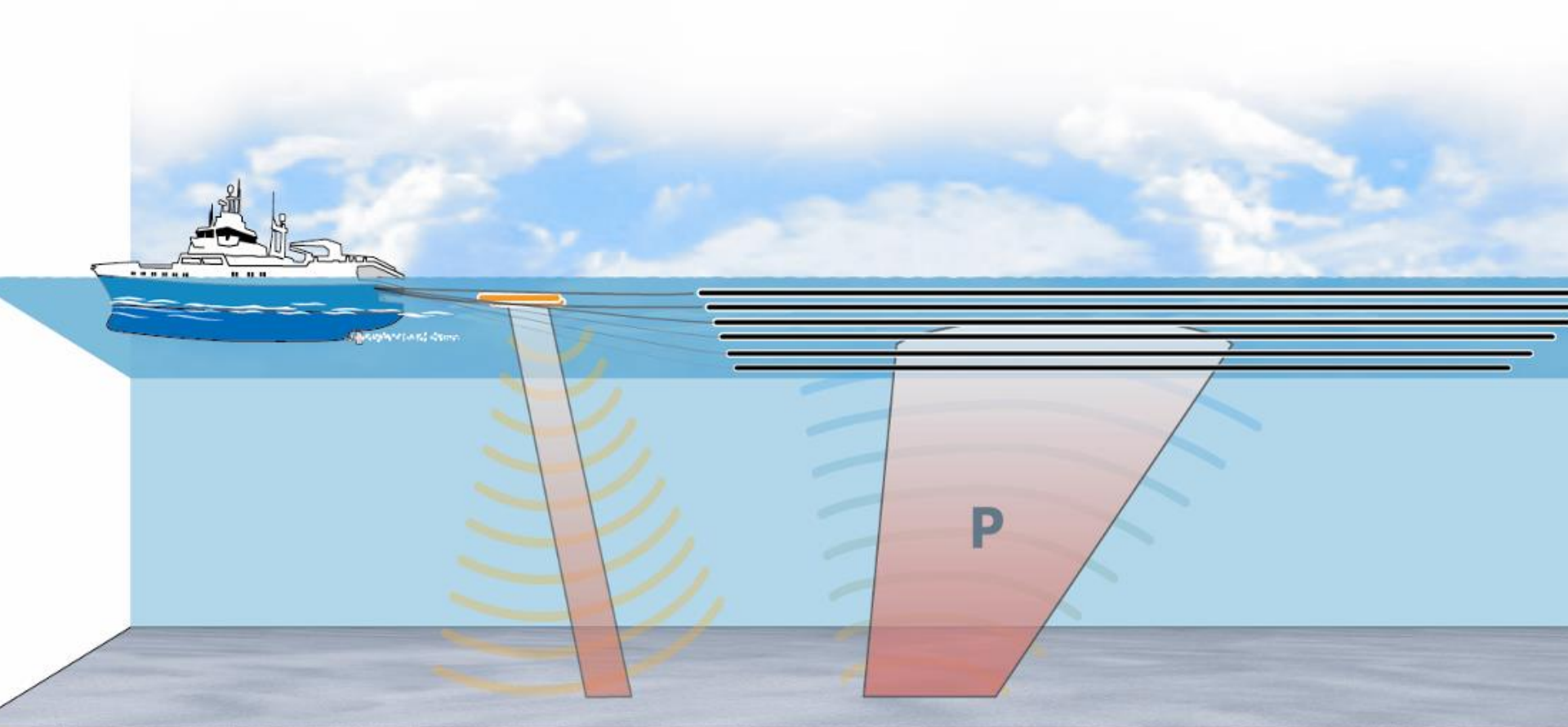
# Kvantifisering av svømmehastighet



# Resultatene er i tråd med tidligere studier

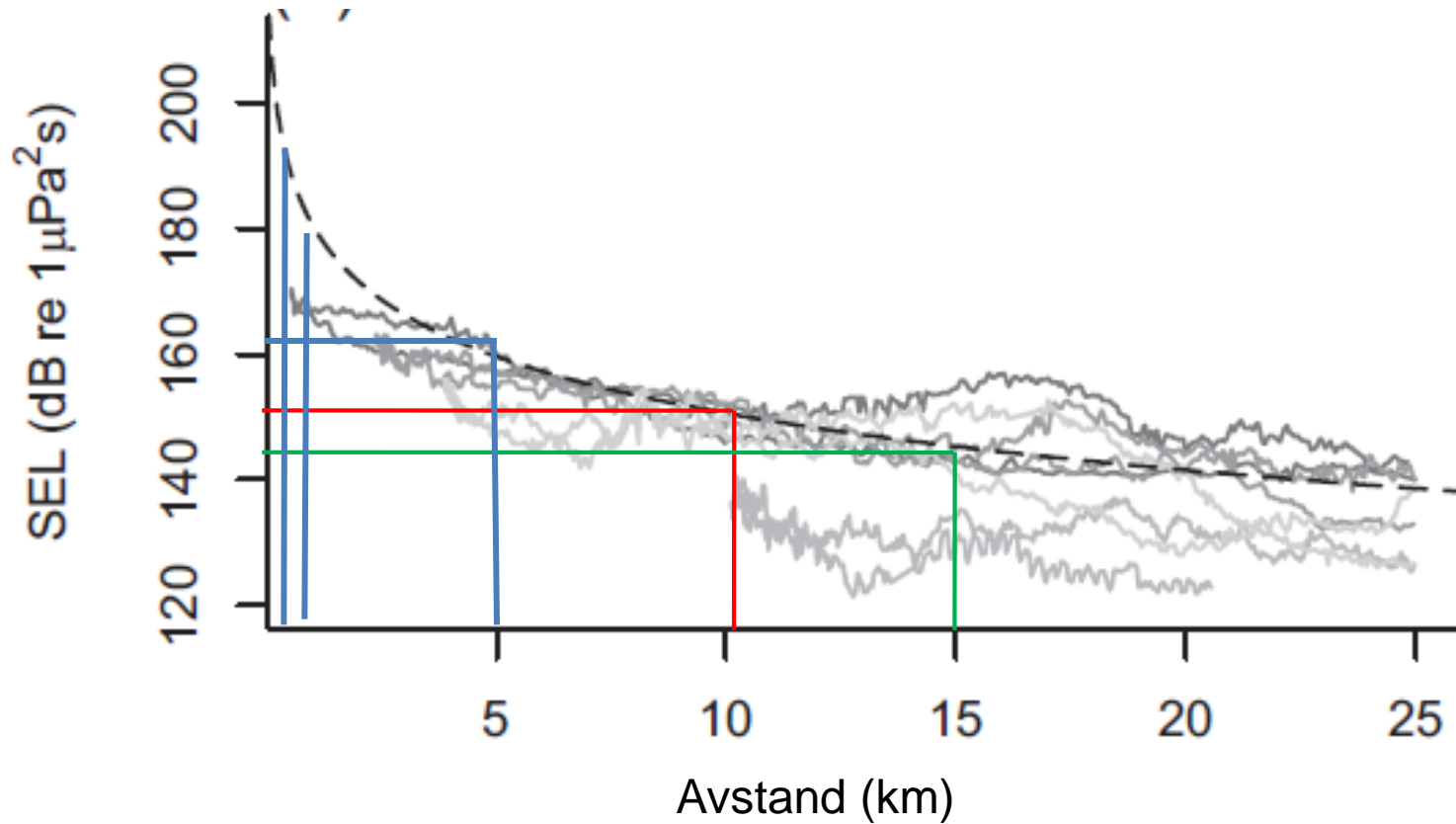
## Resultater for makrell







# Hva tilsvarer terskelverdiene for makrell i merd i en rell seismikkinnnsamling?



## Sammendrag

Det er i dag en svært god kunnskap om hørselsmekanismer og hørselsevne (audiogram) hos fisk.

Atferdsresponsen hos fisk på lydimpulser er studert i laboratoriesituasjoner og terskelverdier for økt svømmeatferd, aggregering, dybdeforandringer og hurtige fluktresponsen (C-responsen) er kartlagt for en rekke arter.

Lavfrekvent lyd (< 100 Hz) ser generelt ut til å gi større atferdsresponsen enn høyfrekvent lyd (> 100 Hz).

Atferdsresponsen til flere arter er studert i merd-forsøk, senest makrell i Norge. Terskelverdier for atferdsresponsen i merdforsøk er svært like de man har sett i laboratorieforsøk.

Lydtilvenning (habituering) og lydimpulsens stigetid (som øker med avstanden til lydkilden) er av betydning for hvor sterkt fisk responderer atferdsmessig og dermed på en beregning av «skremmeavstander».

Det er forskjeller i graden av atferdsresponsen mellom arter (eks. sei vs torsk).

Hvor lenge fisk av en gitt art kan «sky» et område de er «skremt» vekk fra, og hvordan dette eventuelt kan unngås er ukjent og en utfordring.

**Måling og modellering av lydforplantning i havet, og kunnskap om hvordan fisk reagerer atferdsmessig på pulset lyd, kan utgjøre et faglig grunnlag for behandling av søknader om seismikk- og andre tilsvarende aktiviteter i forhold til fiskeri.**