

RAPPORT MA 10/10

Snorre Bakke og Jan Erik Dyb

Overvåking av oppdrettsanlegg i  
forbindelse med seismiske  
undersøkelser i Langfjorden og  
Halsafjorden

© Forfatter/Møreforsking Marin

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforsking Marin er all annen eksemplarfremstilling og tilgjengelighetsgjøring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettshavere til åndsverk.

Tittel	<b>Overvåking av oppdrettsanlegg i forbindelse med seismiske undersøkelser i Langfjorden og Halsafjorden</b>
Forfatter(e)	Snorre Bakke og Jan Erik Dyb
Rapport nr	MA 10/10
Antall sider	38 + vedlegg
Prosjektnummer	54613
Oppdragsgiver	Statens Vegvesen
Referanse oppdragsgiver	Torkild Åndal
ISSN	0804-54380
Distribusjon	Åpen
Emneord	Seismikk, dynamitt, oppdrett, laks, torsk, adferd
Godkjent av	Agnes Gundersen
Godkjent dato	25.10.2010

### Sammendrag

I forbindelse med kartlegging av alternative traseer for undersjøiske tunneller i Møre og Romsdal gjennomførte Statens Vegvesen (SV) i mai og juni 2009 seismiske undersøkelser i Romsdalsfjorden/Langfjorden og Halsafjorden/Vinjefjorden. Som et sikkerhetsmessig tiltak gjennomførte Møreforskning Marin overvåking av laks ved anlegget Lybergsvika og torsk ved anlegget Hagahammaren for å identifisere adferdsmessige endringer som følge av denne aktiviteten. Undersøkelsene viste at den seismiske skytingen forårsaket kortvarige men tydelige responser hos fisken, spesielt hos torsk. Ved videre kartlegginger og lignende seismiske undersøkelser anbefales det derfor at fisk, og spesielt torsk, holdes under oppsyn når den seismiske aktiviteten skjer nært anlegget.



# INNHold

---

Sammendrag.....	7
1 Innledning.....	9
2 Metoder.....	11
2.1 Område, akvakultur lokaliteter og trase kartlegging.....	11
2.2 Overvåking av fisk.....	11
3 Resultat.....	13
3.1 Lokalitet 1 – Romsdalsfjorden/Langfjorden 8. mai 2009.....	13
3.1.1 S1 - ~2.6 km fra anlegget.....	14
3.1.2 S2 - ~2.1 km fra anlegget.....	15
3.1.3 S3 - ~1.8 km fra anlegget.....	17
3.1.4 S4 - ~1.7 km fra anlegget.....	19
3.1.5 S5 - ~2.5 km fra anlegget.....	21
3.2 Lokalitet 2 – Halsafjorden/Vinjefjorden 15. juni 2009.....	23
3.2.1 S1 ~5.7 km fra anlegget.....	23
3.2.2 S2 - ~3.6 km fra anlegget.....	24
4 Diskusjon.....	31
5 Referanser.....	33
Vedlegg 1 – Kjørte linjer under med seismiske undersøkelser.....	35
Vedlegg 2- Bildesekvenser av fisk ved Lybergsvika.....	37
Bildesekvens 1 – Relatert til signal 11:58:46 - 8.mai 2009.....	37
Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:28:19 - 8.mai 2009.....	39
Bildesekvens 3 – Relatert til signal 12:30:42 - 8.mai 2009.....	41
Bildesekvens 4 – Relatert til signal 12:41:53 - 8.mai 2009.....	43
Bildesekvens 5 – Relatert til signal 12:49:19 - 8.mai 2009.....	45

Bildesekvens 6 – Relatert til signal 12:41:53 - 8.mai 2009 .....	47
Bildesekvens 7 – Relatert til signal 13:06:00 - 8.mai 2009 .....	49
Bildesekvens 8 – Relatert til signal 13:11:00 - 8.mai 2009 .....	51
Bildesekvens 9 – Relatert til signal 13:14:00 - 8.mai 2009 .....	53
Bildesekvens 10 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009 .....	55
Bildesekvens 11 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009 .....	57
Vedlegg 2 – Bildesekvenser av fisk ved Hagahammaren .....	59
Bildesekvens 1 – Relatert til signal 12:49:00 – 15. juni 2009. ....	59
Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:56:00 – 15. juni 2009. ....	61
Bildesekvens 3 – Relatert til signal 14:19:00 – 15. juni 2009. ....	63
Bildesekvens 4 – Relatert til signal 14:27:00 – 15. juni 2009. ....	65
Bildesekvens 5 – Relatert til signal 14:32:00 – 15. juni 2009. ....	67
Bildesekvens 6 – Relatert til signal 14:46:00 – 15. juni 2009. ....	69

## SAMMENDRAG

I forbindelse med kartlegging av alternative traseer for undersjøiske tunneller i Møre og Romsdal gjennomførte Statens Vegvesen (SV) i mai og juni 2009 seismiske undersøkelser i Romsdalsfjorden/Langfjorden og Halsafjorden/Vinjefjorden. Som et sikkerhetsmessig tiltak gjennomførte Møreforskning Marin overvåking av laks ved anlegget Lybergsvika og torsk ved anlegget Hagahammaren for å identifisere adferdsmessige endringer som følge av denne aktiviteten. Undersøkelsene viste at den seismiske skytingen forårsaket kortvarige men tydelige responser hos fisken, spesielt hos torsk. Ved videre kartlegginger og lignende seismiske undersøkelser anbefales det derfor at fisk, og spesielt torsk, holdes under oppsyn når den seismiske aktiviteten skjer nært anlegget.





# 1 INNLEDNING

I forbindelse med kartlegging av alternative traseer for undersjøiske tunneller i Møre og Romsdal gjennomførte Statens Vegvesen (SV) i mai og juni 2009 seismiske undersøkelser i Romsdalsfjorden/Langfjorden og Halsafjorden/Vinjefjorden (Figur 1). For å undersøke om denne aktiviteten kunne påvirke oppdrettet fisk i området ønsket SV i den forbindelse at det ble foretatt en overvåking av fisken ved relevante oppdrettsanlegg. Møreforskning Marin (MM) ble innleid for å dokumentere effekten av denne seismiske aktiviteten på utvalgte nærliggende anlegg.

Seismikk og påvirkningen på det marine liv er et omdiskutert tema. Påvirkningen blir ofte oppdelt i to klassifiseringer, skadelige effekter og atferdspåvirkende effekter. De skadelige effektene vil oppstå i kortere avstander til den seismiske kilden, og McCauley m.fl. (2003) fant skade på hørselcellene til fisk holdt i bur som ble eksponert av en seismisk kilde i fra 400 til 15 meter avstand. I praksis vil vill fisk trekke bort fra den seismiske kilden, og vil kun være utsatt for adferdspåvirkende effekt. Oppdrettsfisk er innestengt og har derfor begrensede flukt muligheter. Fisk utsatt for en sterk lydstimulus vil få en fluktreaksjon (Blaxter m.fl. 1981; Blaxter og Hoss, 1981; Popper og Carlson, 1998; Karlsen m.fl. 2004), som oftest kan sees som en c-start respons, dvs kroppen former seg som en C. Denne bevegelsen gir en rotasjon og startposisjon for eksplosiv/hurtig svømming. C-startresponsen er påvist på torskefisker under eksponering av seismisk lyd (Wardle m.fl. 2001). C-start responsen vil også kunne oppstå når fisk oppfatter andre brå overganger som bevegelse, lys, lukt, temperatur, trykk m.fl. I tillegg til C-start respons kan fisk vise mildere former for påvirkning som økt svømme- og gjellefrekvens, og samstemt og synkron svømmemønster.

Tidligere undersøkelser gjennomført av MM har vist seg at videoovervåking med parallelle lydopptak er en god metode for å studere adferdsendringer som følge av lydpåvirkning hos fisk i oppdrett. Ved bruk av undervanns videokamera og hydrofon ble derfor fisk ved utvalgte anlegg overvåket for å relatere fiskens adferd til den seismiske aktiviteten. Hensikten med overvåkingen var kun et sikkerhetsmessig

tiltak, og ikke med mål om å gjennomføre en vitenskaplig studie av effektene seismisk skyting har på fisk. For en mer detaljert diskusjon om effekten av slike aktiviteter på fisk anbefales leseren å se på andre studier (se for eksempel Dalen m.fl. 2008, Thomsen 2002 eller Wardle m.fl. 2001)



Figur 1 - Oversiktskart Romsdal/Nordmøre. Områder hvor seismiske undersøkelser ble gjennomført vist med omriss i rødt.

## 2 METODER

### 2.1 Område, akvakultur lokaliteter og trase kartlegging

Innenfor området i lokalitet 1 (Langfjorden, Figur 1) ble laks ved anlegget Lybergsvika overvåket (Figur 2). Anlegget er eid og drevet av Raumagruppen og har en produksjonskapasitet på 3600 tonn. Innenfor området i lokalitet 2 (Halsafjorden, Figur 1) ble oppdrettstorsk ved anlegget Hagahammaren overvåket (Figur 15). Anlegget er eid og drevet av Atlantic Cod Farms og har en produksjonskapasitet på 780 tonn. Vedlegg 1 viser de kjørte linjene for båten i forbindelse med de seismiske undersøkelsene. Ble benyttet dynamitt (50 g (hel) og 100 g (halv)) og tennere i de seismiske undersøkelsene.

### 2.2 Overvåking av fisk

Det finnes flere beskrevne metoder for å analysere adferd til fisk ved hjelp av videoopptak. De aller fleste av disse er laget for fisk i fangenskap og oppbevart i små kar hvor enkeltfisk kan observeres kontinuerlig. Karene er som oftest også fargelagt for å øke kontrasten mellom bakgrunn og fisk, og det finnes automatiske analyseverktøy for å beskrive adferdsendring. Det ble bare funnet ett annet beskrevet eksempel på hvor fisk hadde blitt overvåket i fiskemerid med video i forbindelse med seismisk uttesting (Thomson 2002). Her skulle 5 ulike observatører gradere deres oppfatning av adferdspåvirkningen av fisken, som i hovedsak gikk på om fisken fikk C-vendinger eller annen synkron avvikende bevegelse, og om dette hadde sammenheng med den seismiske aktiviteten. I denne overvåkingen ble det sett etter de samme adferdsendringene som beskrevet av Thomson. Fisk ble overvåket ved hjelp av undervanns videokamera, og lyd tatt opp ved hjelp av hydrofon (H2a Hydrophone, Aquarian Audio Products, Anacortes, WA, USA). Video og lyd ble tatt opp med Pinnacle Studio ver. 10.0. Analyser av video og lyd ble gjennomført i ettertid for å undersøke mer i detalj adferden til fisken som følge av den seismiske skytingen. Den 8., 19., 25. og 27. mai 2009 ble det foretatt overvåking av fisk ved anlegget Lybergsvika (Lokalitet 1, Figur 1 og Figur 2), og den 15. juni 2009 ble det foretatt overvåking av fisk ved anlegget Hagahammaren (Lokalitet 2, Figur 1 og Figur 18). Videre seismiske undersøkelser ble foretatt i

Halsafjorden i påfølgende dager, men på en avstand til anlegget (Hagahammaren) som var lik eller lengre vekke enn for 15. juni. Ingen videre overvåking ble derfor gjennomført for disse dagene.

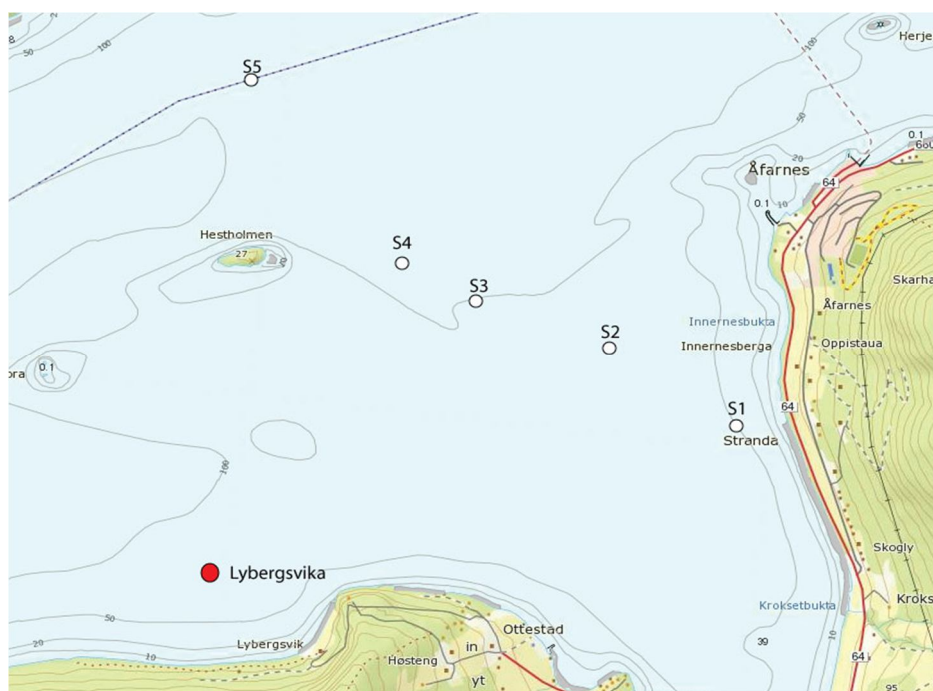
### 3 RESULTAT

I de følgende sidene er resultatet fra overvåkingen ved anlegget Lybergsvika den 8. Mai 2009 og fra anlegget Hagahammaren den 15. Juni 2009 presentert. For Lybergsvika ble analyser av video ble gjennomført for alle dager med overvåking, men av presentasjonsmessige hensyn vil data fra første dag med overvåking bli presentert. Det ble for øvrig ikke registrert noen tydeligere endringer i adferden hos fisken på andre dager enn den som er presentert. Ved registrerte lydsignal fra de seismiske undersøkelsene vil figurer bli presentert som viser lydbølgen. Grafene gir ikke et kvantitativt mål for lydstyrke, men gir en indikasjon på relativ styrke i forhold til naturlig bakgrunnslyd. For utvalgte registrerte lydsignaler vil også referanser være gitt til Vedlegg 2 som viser relaterte bildesekvenser av fisk 2 og 1 sekund før registrert lydsignal, på tidspunktet for registrert lydsignal og 1 til 9 sekunder etter registrert lydsignal.

#### 3.1 Lokalitet 1 – Romsdalsfjorden/Langfjorden 8. mai 2009

Figur 2 viser stasjoner hvor skudd ble avfyrt i forbindelse med de seismiske undersøkelsene.

Tabell 1 viser klokkeslett, kilde og størrelse, avstand fra anlegg og dyp hvor ladningen ble avfyrt.



Figur 2 - Lokalitet 1 - Romsdalsfjorden/Langfjorden. Stasjoner for seismisk skyting (hvite sirkler) og lokalitet for oppdrettsanlegget (rød sirkel) er vist.

Tabell 1 - Signal logg 8. mai 2009.

Stasjon	Kl	Kilde	Størrelse	Avstand fra anlegg	Dyp
S1	?	Dynamitt	Halv	~2.6 km	50 meter
	?	Dynamitt	Hel	~2.6 km	50 meter
	?	Tenner		~2.6 km	0 meter
S2	11:58:46	Dynamitt	Halv	~2.1 km	90 meter
	12:28:19	Dynamitt	Hel	~2.1 km	90 meter
	12:30:42	Tenner		~2.1 km	0 meter
S3	12:41:53	Dynamitt	Halv	~1.8 km	100 meter
	12:49:19	Dynamitt	Hel	~1.8 km	100 meter
	12:55:22	Tenner		~1.8 km	0 meter
S4	13:06:00	Dynamitt	Halv	~1.7 km	120 meter
	13:11:00	Dynamitt	Hel	~1.7 km	120 meter
	13:14:00	Tenner		~1.7 km	0 meter
S5	13:20:00	Dynamitt	Halv	~2.5 km	200 meter
	13:43:00	Dynamitt	Hel	~2.5 km	200 meter
	13:51:00	Tenner		~2.5 km	0 meter

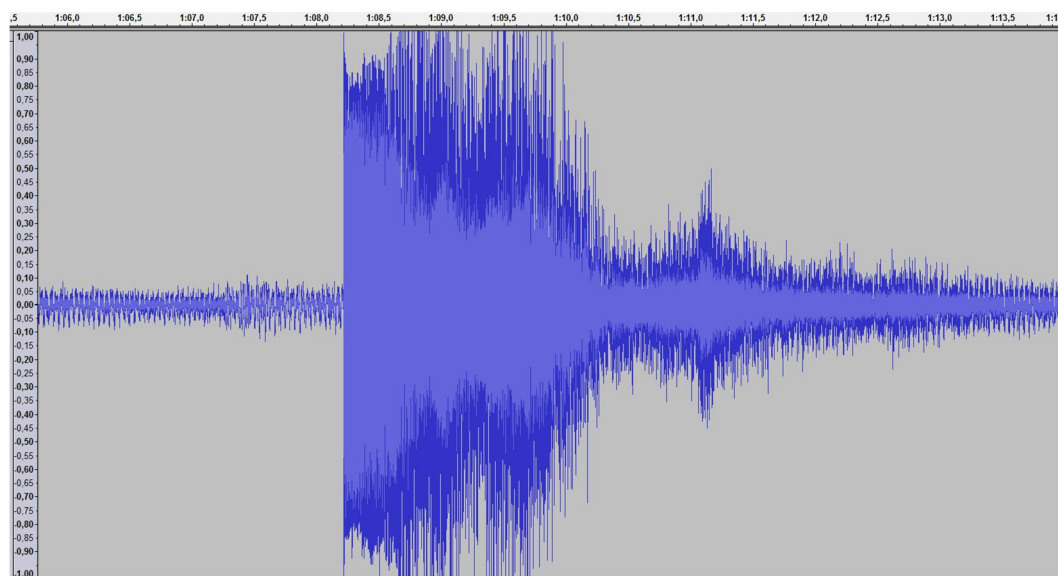
### 3.1.1 S1 - ~2.6 km fra anlegget

Lydfil fra første opptak var korrumpert så det var ikke mulig å assosiere spesifikke lyder til video. I følge log som ble skrevet for denne dagen skal lyden for første ladning (halv dynamitt) komt tydelig frem på hydrofonen, men ingen adferdsendringer ble observert på fisken. For andre ladning (hel dynamitt) ble det observert en klar reaksjon på fisken gjennom c-vendinger og endret svømmemønster. Responsen var for øvrig kortvarig og det så ut til at fisken roet seg raskt. For siste ladning (tenner) ble det ikke observert endringer hos fisken.

### 3.1.2 S2 - ~2.1 km fra anlegget

#### 11:58:46 Halv dynamitt 90 m dyp

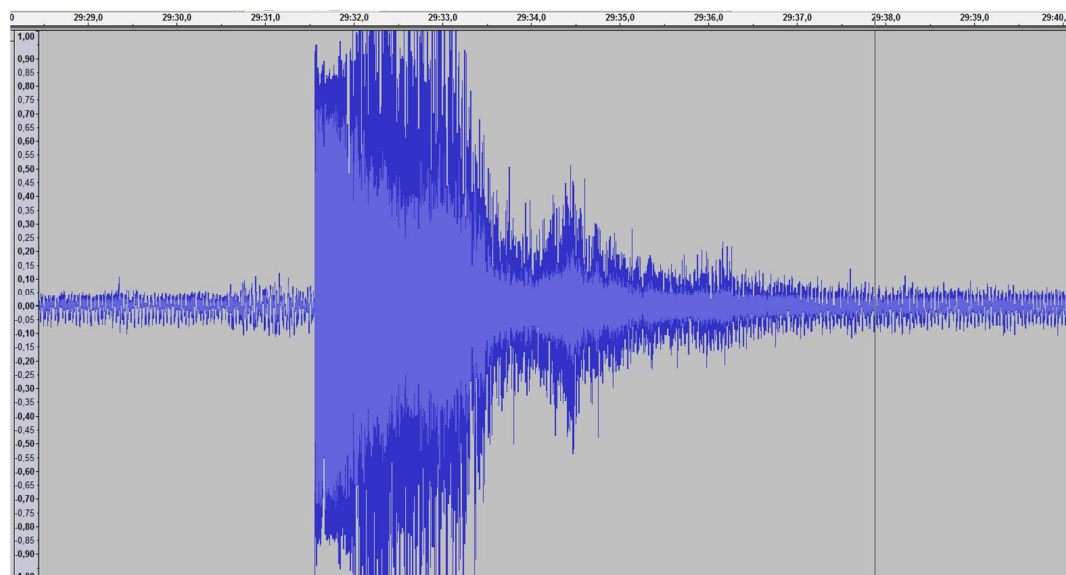
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 3). C-start respons ble observert hos noen av fiskene (Vedlegg 2, Bildesekvens 1 – Relatert til signal 11:58:46 - 8.mai 2009).



Figur 3 – Seismisk lyd signal registrert ved 11:58:46.

#### 12:28:19 Hel dynamitt 90 m dyp

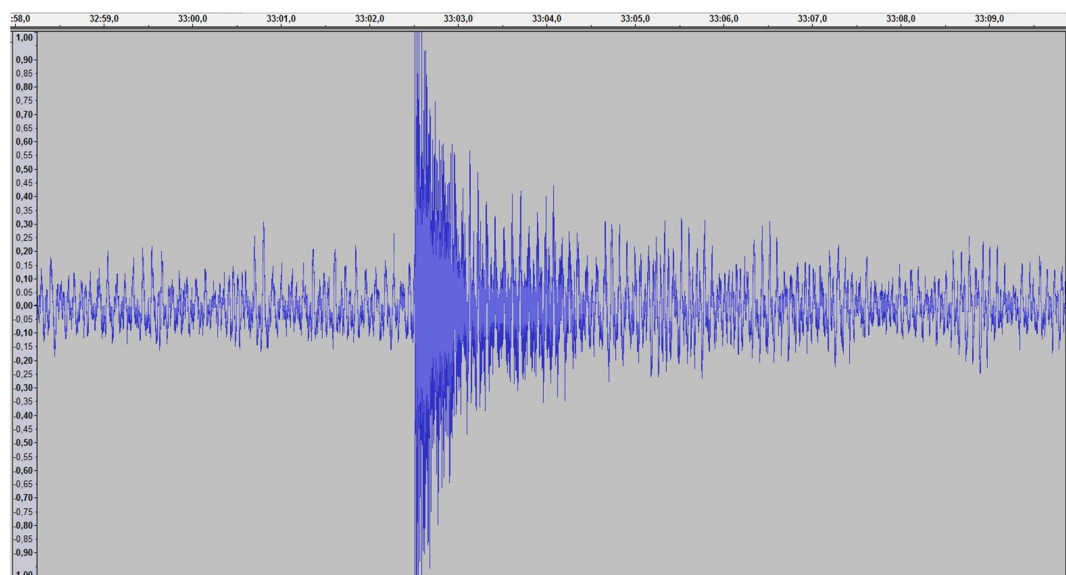
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 4). Ingen c- vendinger kunne observeres hos fisken, men det kunne virke som om fisken kollektivt endret svømmeretning umiddelbart etter skuddet (Vedlegg 2, Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:28:19 - 8.mai 2009).



**Figur 4 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 12:28:19**

### **12:30:42 Tenner i overflate**

Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 5). Ingen adferdsmessige endringer kunne observeres hos fisken. (Vedlegg 2, Bildesekvens 3 – Relatert til signal 12:30:42 - 8.mai 2009).



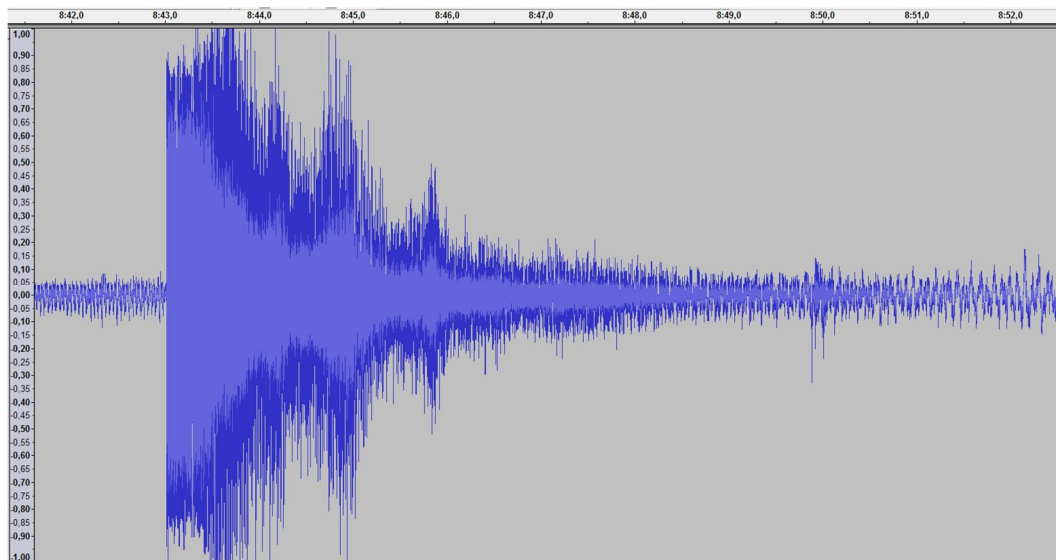
**Figur 5 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 12:30:42**



### 3.1.3 S3 - ~1.8 km fra anlegget

#### 12:41:53 Halv dynamitt 100 m dyp

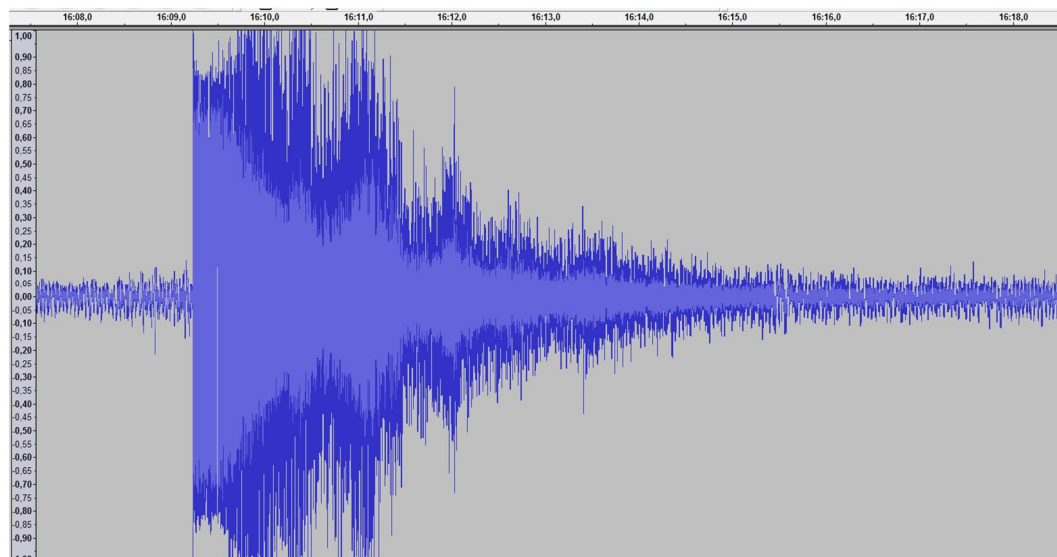
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 6). C-vedninger og noe adferdsmessige endringer kunne observeres hos fisken. (Vedlegg 2, Bildesekvens 4 – Relatert til signal 12:41:53 - 8.mai 2009).



Figur 6 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 12:41:53

#### 12:49:19 Hel dynamitt 100 m dyp

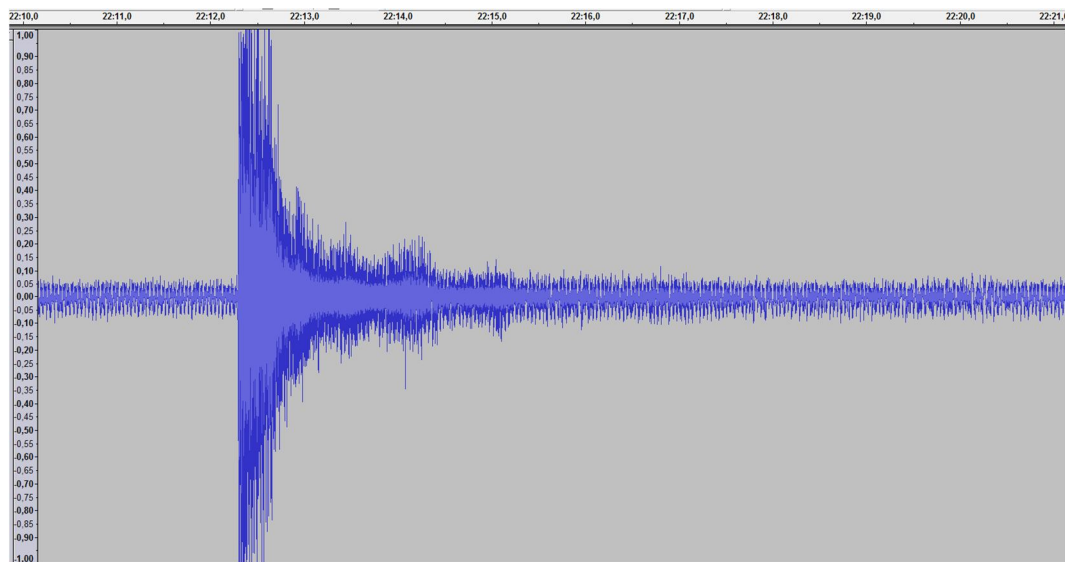
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 7). C-vedninger og noe stimdannelse kunne observeres hos fisken. (Vedlegg 2, Bildesekvens 5 – Relatert til signal 12:49:19 - 8.mai 2009).



**Figur 7 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 12:49:19**

### 12:55:22 Tenner i overflate

Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 8). Ingen adferdsmessige endringer kunne observeres hos fisken. (Vedlegg 2, Bildesekvens 5 – Relatert til signal 12:49:19 - 8.mai 2009).

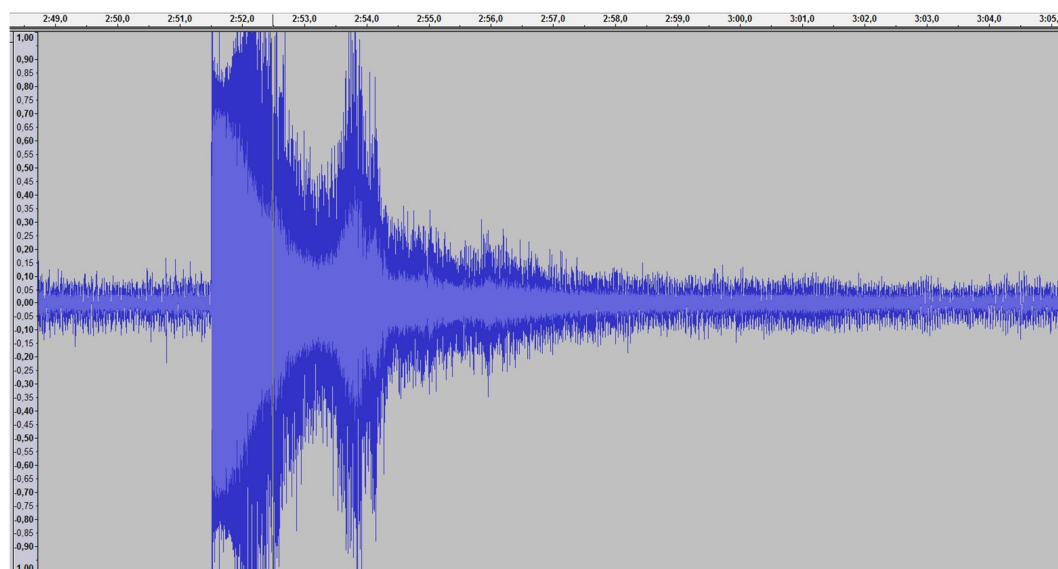


**Figur 8 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 12:55:22**

### 3.1.4 S4 - ~1.7 km fra anlegget

#### 13:06:00 Halv dynamitt 120 m dyp

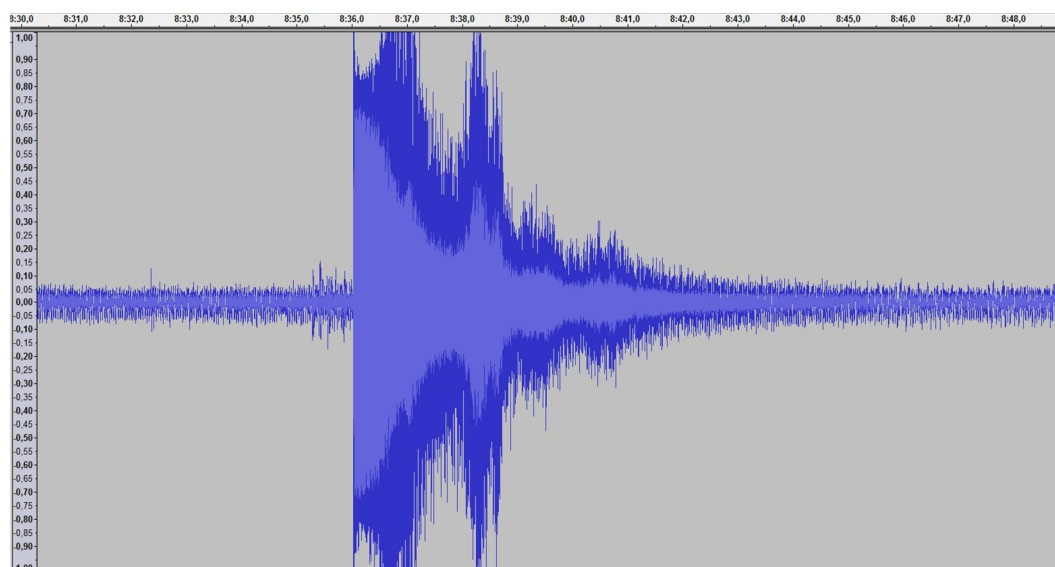
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 9). C-vedninger og økt svømmeaktivitet kunne observeres hos flere fisk. (Vedlegg 2, Bildesekvens 7 – Relatert til signal 13:06:00 - 8.mai 2009).



Figur 9 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 13:06:00

#### 13:11:00 Hel dynamitt 120 m dyp

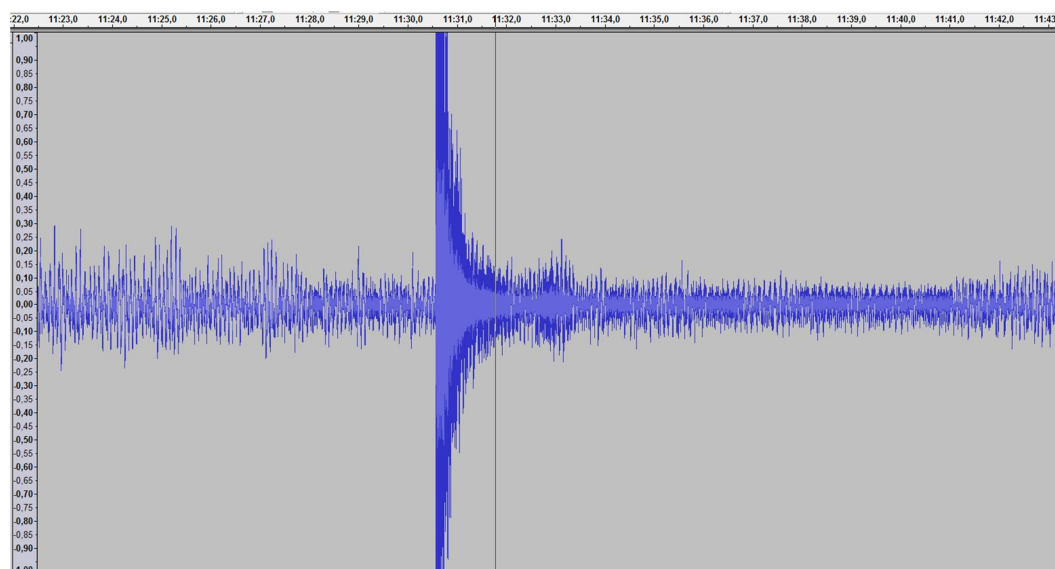
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 10). Mindre reaksjon observert hos fisken med økt svømmehastighet i flere retninger. (Vedlegg 2, Bildesekvens 8 – Relatert til signal 13:11:00 - 8.mai 2009).



**Figur 10 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 13:11:00**

### **13:14:00 Tenner i overflate**

Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 11). Ingen tegn til reaksjon kunne observeres hos fisken. (Vedlegg 2, Bildesekvens 9 – Relatert til signal 13:14:00 - 8.mai 2009).



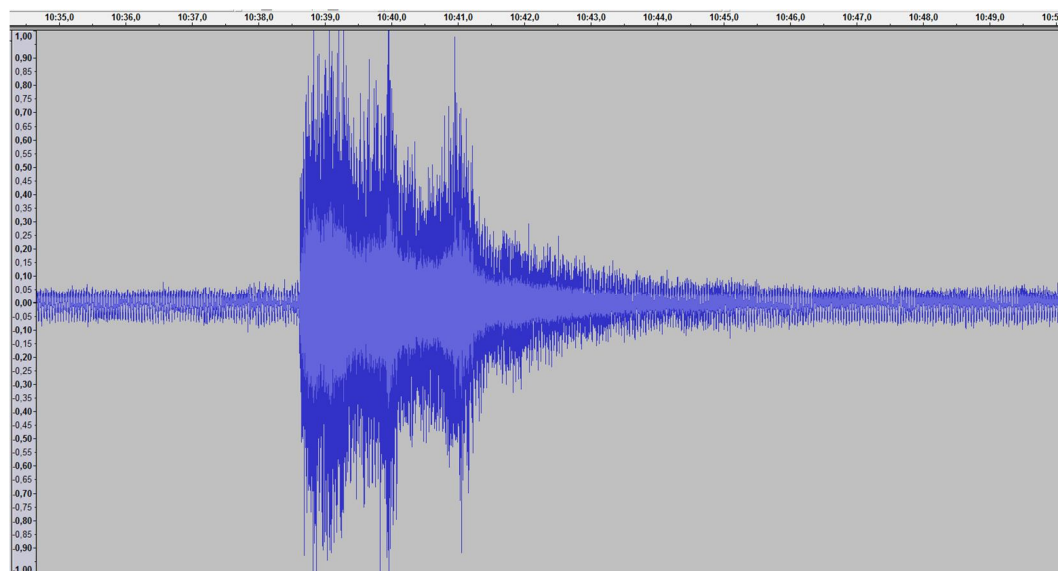
**Figur 11 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 13:14:00**

### 3.1.5 S5 - ~2.5 km fra anlegget

#### 13:20:00 Halv dynamitt 200 m dyp

Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 12). Enkelte C-vedninger observert mens andre fisk snudde seg "behersket" og følger med økt svømmeaktivitet.

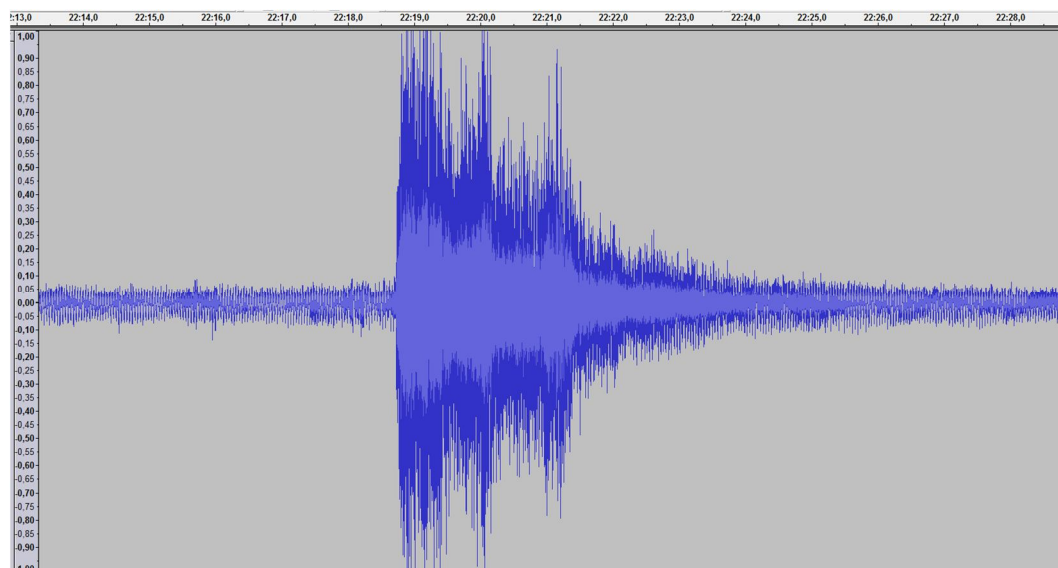
(Vedlegg 2, Bildesekvens 10 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009).



Figur 12 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 13:20:00

#### 13:43:00 Hel dynamitt 200 dyp

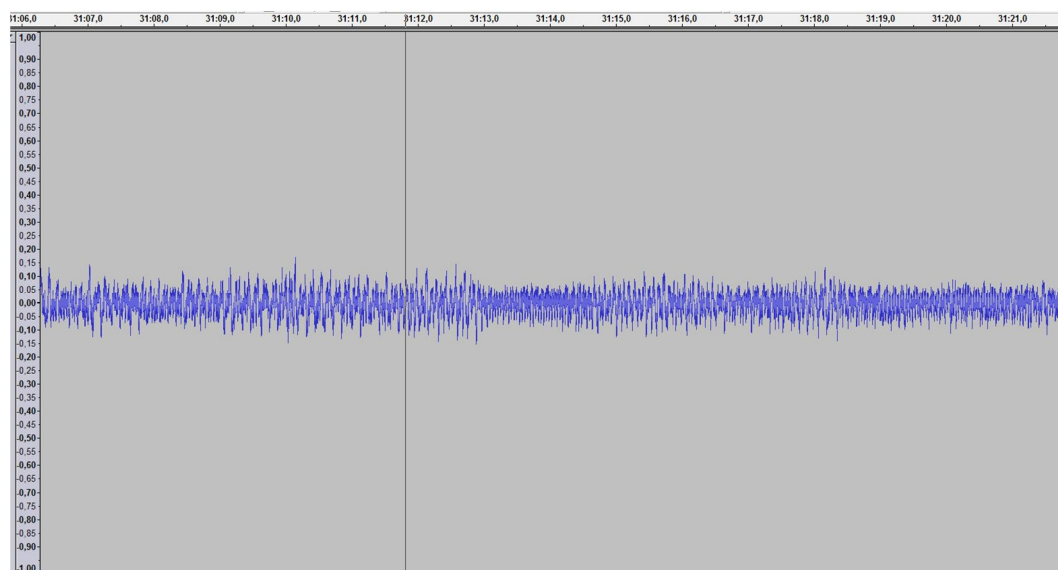
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 13). Noe stiming forekom i perioden etter signalet var mottatt, ellers ingen spesielle adferdsmessige endringer (Vedlegg 2, Bildesekvens 11 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009).



**Figur 13 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert ved 13:43:00**

### **13:51:00 Tenner i overflate**

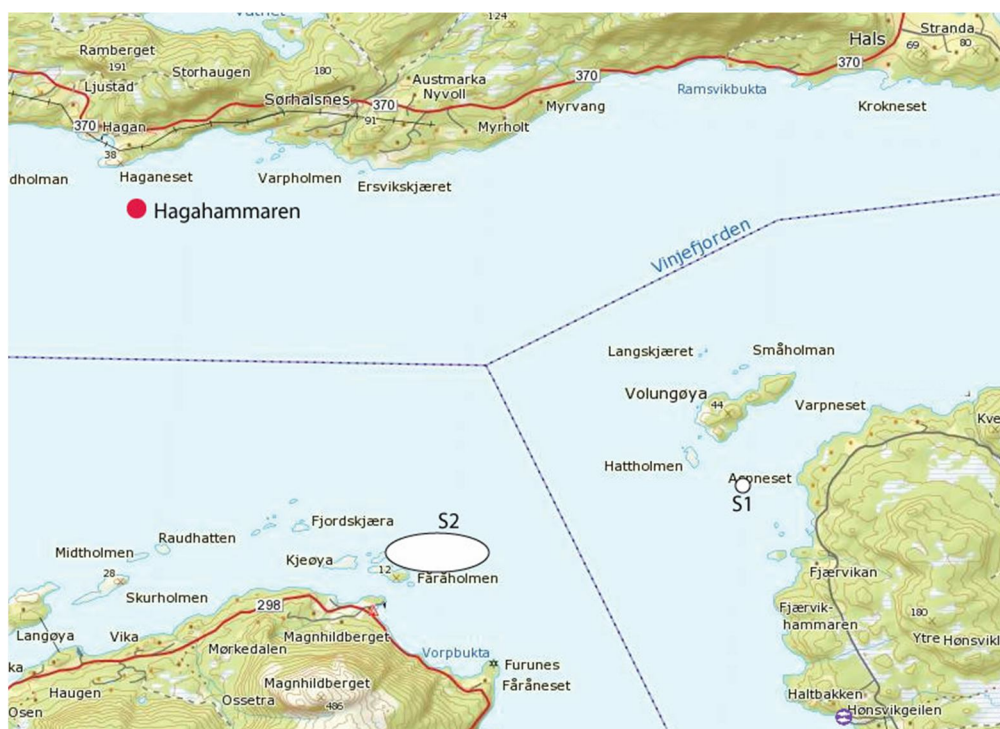
Ikke mulig å identifisere Lydsignal fra seismisk kilde (Figur 14). Generelt ingen adferdsendringer hos fisk innefor perioden hvor tenneren ble avfyrt.



**Figur 14 - Lyd i perioden hvor tenner ble avfyrt kl 13:51:00.**

### 3.2 Lokalitet 2 – Halsafjorden/Vinjefjorden 15. juni 2009

Figur 15 viser områder hvor skudd ble avfyrt i forbindelse med de seismiske undersøkelsene.

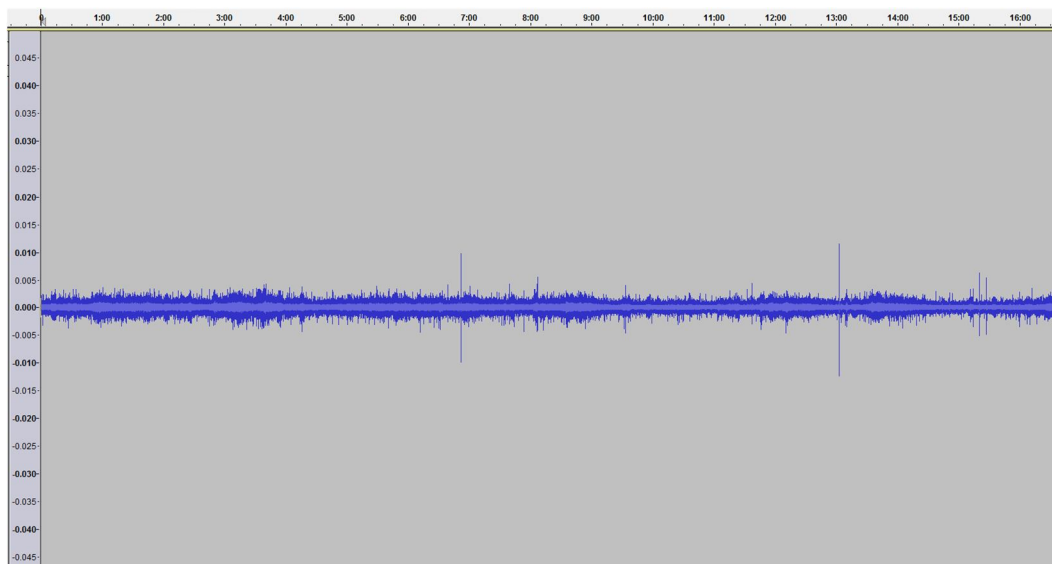


Figur 15 - Lokalitet 2 - Halsafjorden/Vinjefjorden. Områder hvor seismiske undersøkelser ble gjennomført er markert med hvite sirkler. Lokalisering av oppdrettsanlegget Hagahammaren er markert med rød sirkel.

#### 3.2.1 S1 ~5.7 km fra anlegget.

##### 12:28:00 Tenner og 12:31:00 Halv dynamitt i overflata

Det ble avfyrt en tenner og en halv dynamitt, men det var ikke mulig å identifisere lyden av disse (Figur 16). Det kunne ikke observeres noen endringer på fisken rundt tidspunktet tenneren ble avfyrt. Rundt tidspunktet da en halv dynamitt ble avfyrt kunne det se ut som fisken stimet seg litt mer, men det er ikke mulig å konkludere med at lyden fra den seismiske kilden er årsaken til dette.



Figur 16 - Lyd i perioden hvor tenner ble avfyrt ca kl 12:28:00 og halv dynamitt ca kl 12:31:00.

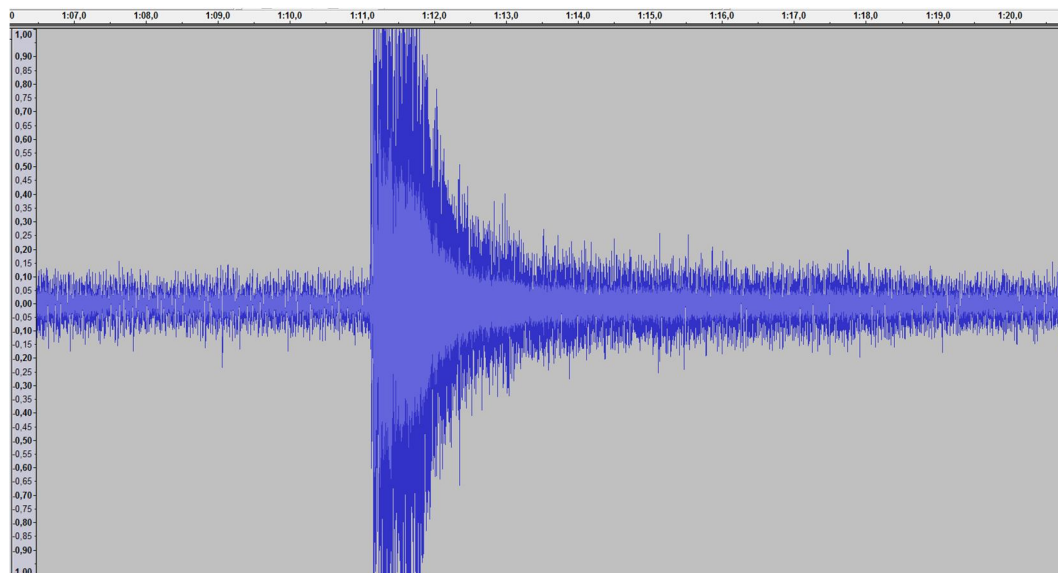
### 3.2.2 S2 - ~3.6 km fra anlegget

Ødelagt utstyr medførte at seismiske undersøkelser ikke kunne gjennomføres som planlagt. En rekke enkeltskudd ble i stedet avfyrt for å undersøke hvordan fisken reagerte.

#### 12:49:00 Halv dynamitt

Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 17). C-start respons ble observert for noen av fiskene, med generelt økt kollektiv aktivitet for resten av fisken og redusert appetitt. (Vedlegg 2, Bildesekvens 1 – Relatert til signal 12:49:00 – 15. juni 2009.).

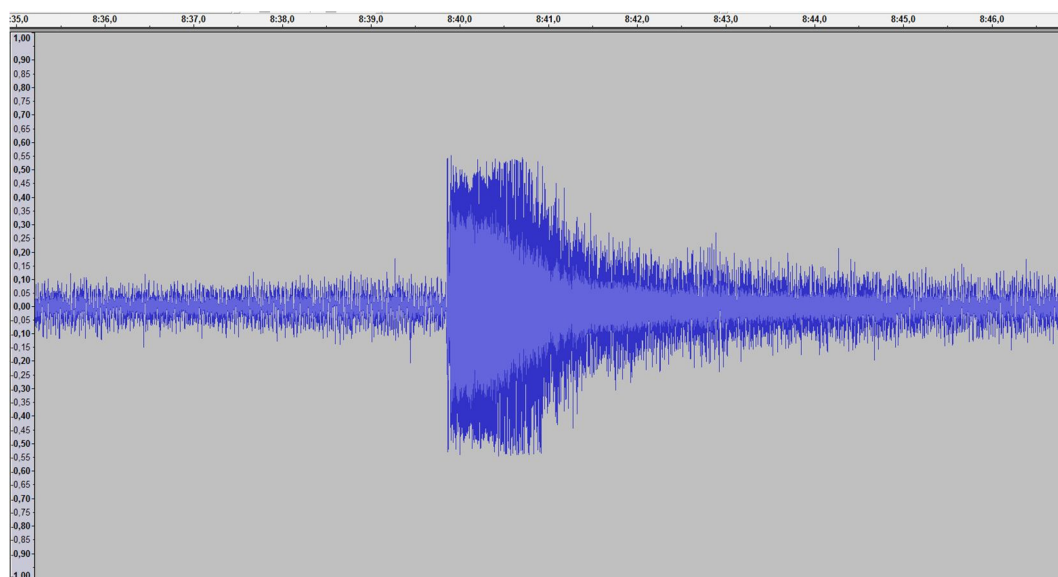




Figur 17 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 12:49:00 avfyring.

### 12:56:00 - Hel dynamitt

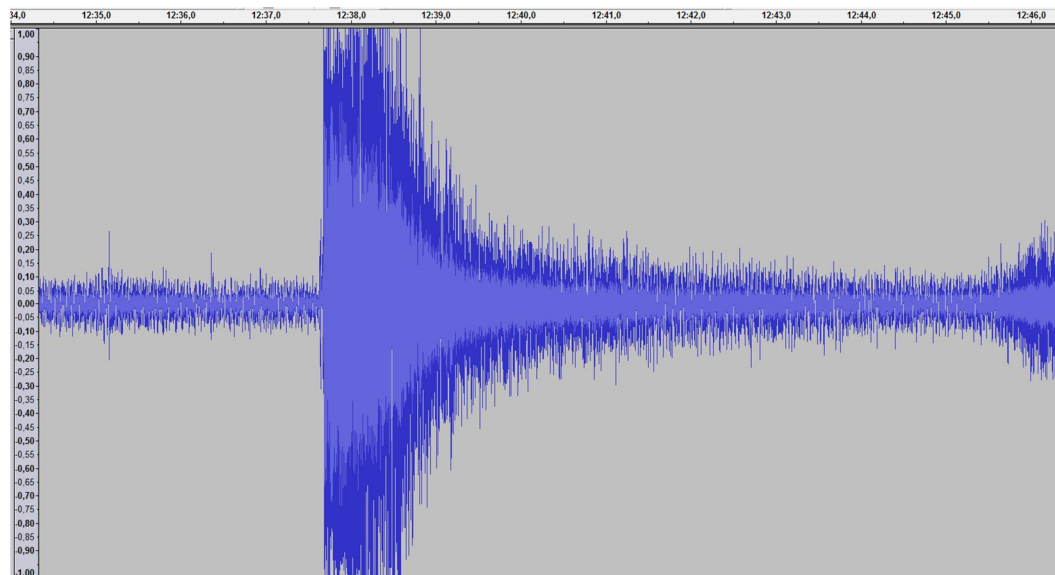
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 18). C-start respons ble observert for flere fisker, samt generelt økt kollektiv aktivitet med stuping ned mot bunnen av merden. Fisken tok heller ikke til seg fôr. Fisken roet seg etter hvert men til et høyere aktivitetsnivå en før lydsignal (Vedlegg 2, Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:56:00 – 15. juni 2009.).



Figur 18 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 12:56:00 avfyring.

### 14:19:00 - Hel dynamitt

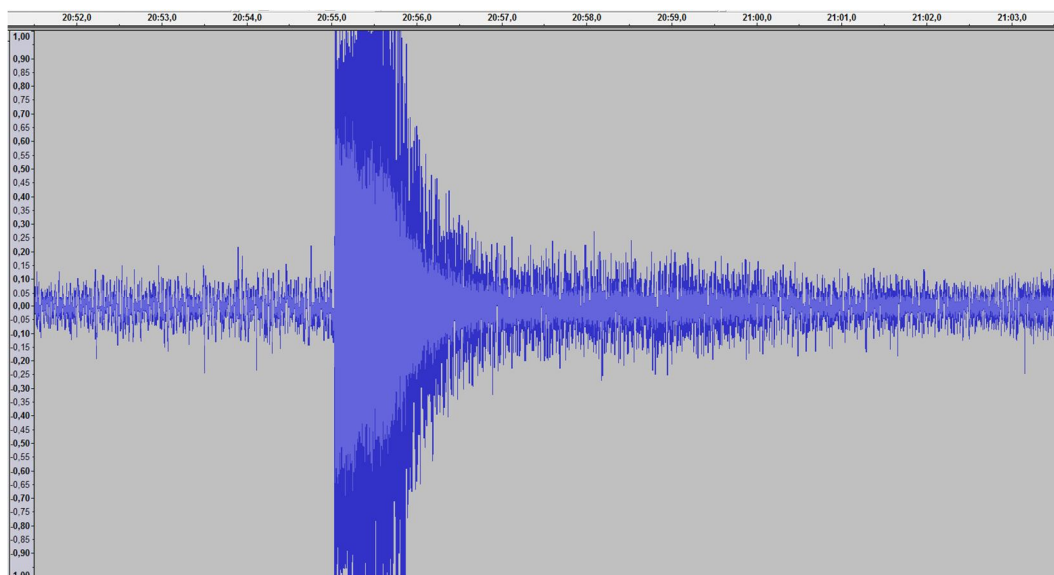
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 19). C-start respons ble observert for flere fisker, men fisken roet seg raskere. (Vedlegg 2, Bildesekvens 3 – Relatert til signal 14:19:00 – 15. juni 2009.).



Figur 19 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 14:19:00 avfyring

### 14:27:00 Hel dynamitt

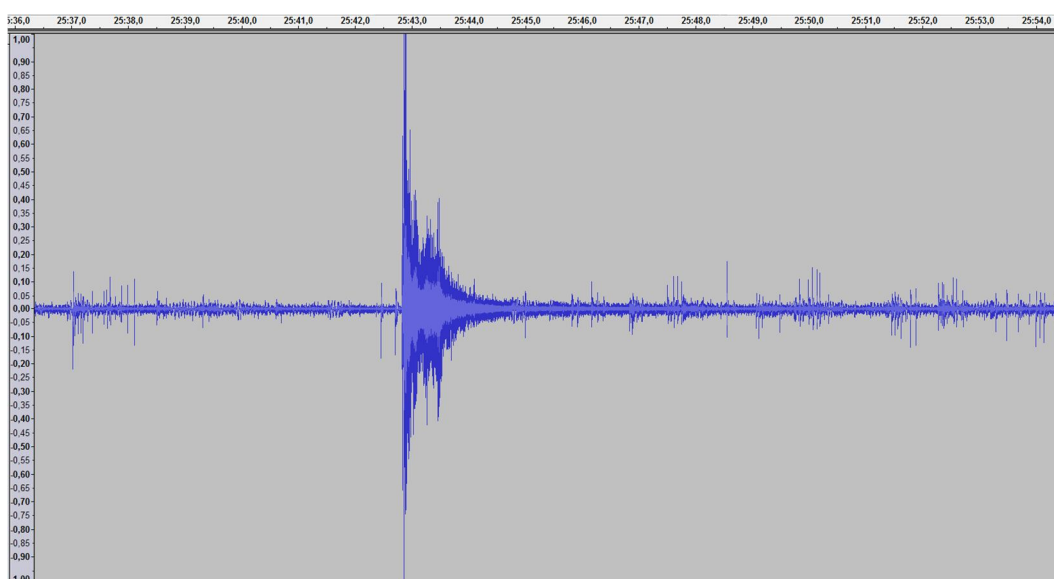
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 20). -start respons ble observert for flere fisker med påfølgende kollektiv stuping ned mot bunnen av merden før fisken roer seg. Det kunne se ut som om fisken roet seg stadig raskere (Vedlegg 2, Bildesekvens 4 – Relatert til signal 14:27:00 – 15. juni 2009.).



**Figur 20 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 14:27:00 avfyring**

### **14:32:00 Tenner**

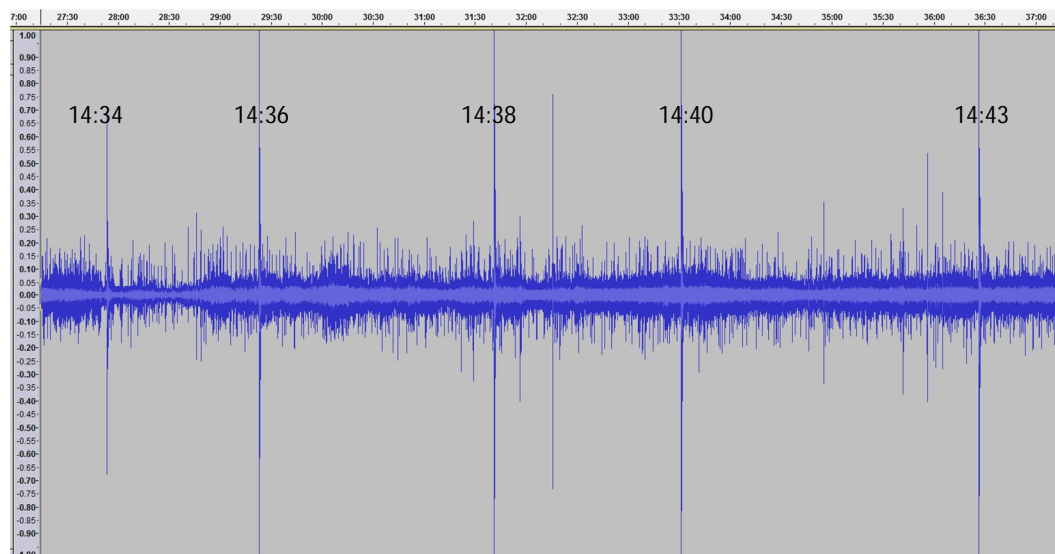
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 21). Motor på flåte hvor observasjoner ble gjennomført ble slått av noe som medførte betydelig mindre bakgrunnsstøy. Ingen tydelig respons på fisken kunne observeres men det kunne virke som om fiskene trengte seg mer sammen (Vedlegg 2, Bildesekvens 5 – Relatert til signal 14:32:00 – 15. juni 2009.).



**Figur 21 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 14:32:00 avfyring**

## 14:34, 14:36, 14:38, 14:40 og 14:43 Tenner

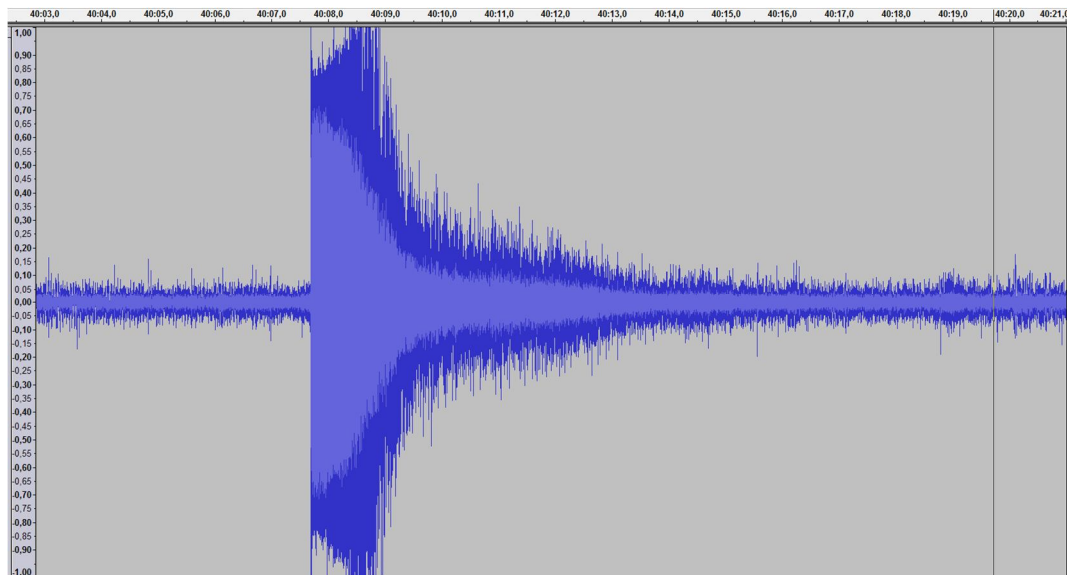
Lydsignal fra seismisk kilde registrert for alle skudd (Figur 22). Ingen adferdsmessige endringer kunne observeres hos fisken etter signalene.



Figur 22 - Registrerte signaler fra 14:34, 14:36, 14:38, 14:40 og 14:43 avfyringer. De seismiske signalene kan ses som vertikale linjer som strekker seg hele høyden av figuren.

## 14:46 Hel dynamitt

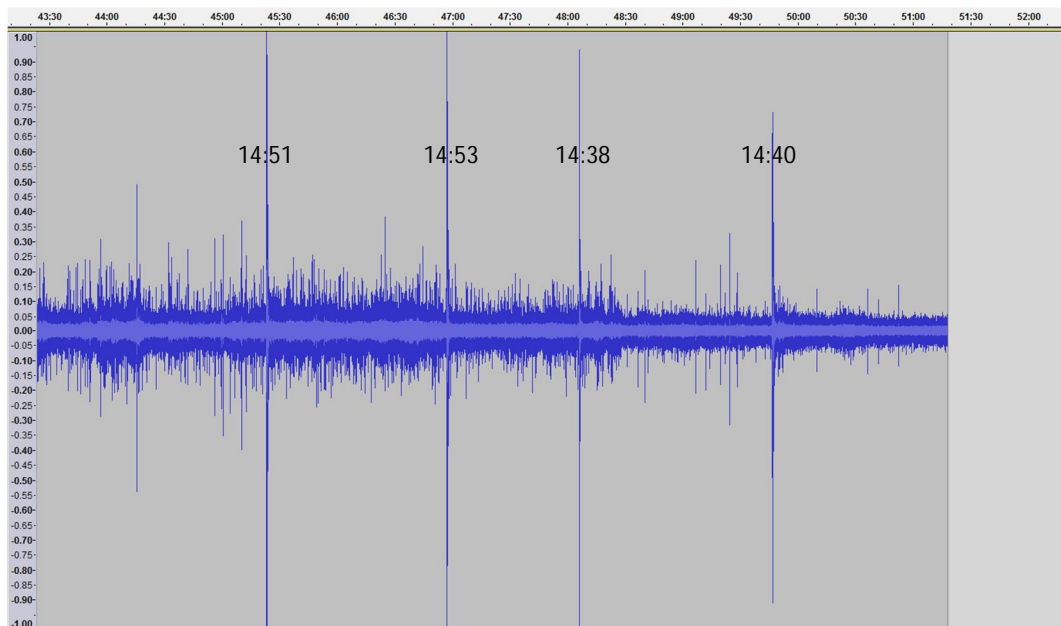
Lydsignal fra seismisk kilde registrert (Figur 23). – Fisken tydelig påvirket og viste samme reaksjonsmønster som tidligere med c-start og svømming mot bunn, men roer seg raskt. (Vedlegg 2, Bildesekvens 6 – Relatert til signal 14:46:00 – 15. juni 2009.).



**Figur 23 - Lydsignal fra seismisk kilde registrert umiddelbart etter 14:46 avfyring**

**14:51, 14:53, 14:54 og 14:56 Tenner**

Lydsignal fra seismisk kilde registrert for alle skudd (Figur 24). Ingen adferdsmessige endringer kunne observeres hos fisken etter signalene.



**Figur 24 - Registrerte signaler fra 14:51, 14:53, 14:54 og 14:56 avfyringer. De seismiske signalene kan ses som vertikale linjer som strekker seg hele høyden av figuren.**



## 4 DISKUSJON

Resultatene fra undersøkelsen viser tydelig at bruk av dynamitt i seismiske undersøkelser medfører synlige adferdsmessige endringer hos oppdrettet laks og torsk. Tidligere overvåkinger gjennomført av Møreforsking Marin har ikke kunnet påvise endringer i adferd hos oppdrettet laks ved bruk av luftkanon som seismisk kilde med en avstand til anlegget på mer en 6 km (Bakke og Dyb, upublisert). Mindre adferdsmessige endringer har videre blitt observert hos oppdrettet torsk ved bruk av sparker som seismisk kilde med en avstand på mindre enn 500 m fra anlegget (Dyb, 2009). Dynamitt som seismisk kilde ser derfor ut til å ha en klarere effekt på fisken enn disse seismiske kildene.

For laksen ved Lybergsvika kunne det observeres en noe tydeligere respons hos fisken under skyting på de to nærmeste stasjonene (S3, ~1.8 km fra anlegget og S4, ~1.7 km fra anlegget). For begge stasjonene så for øvrig responsen ut til å avta ettersom de tre ulike ladningene ble avfyrt (halv dynamitt, hel dynamitt og tenner). Også for torsken ved Hagahammaren så det ut til at fisken roet seg stadig raskere etter hvert som skudd ble avfyrt. Totalt sett kan det virket som om fisken tilvendte seg lyden etter hvert som gjentatte skytinger ble gjennomført. Ved lignende undersøkelser i områder med oppdrettsanlegg bør derfor området kartlegges ved å starte opp så langt unna oppdrettsanlegget som mulig, og deretter gradvis nærme seg anlegget slik at fisken blir tilvent i størst mulig grad.

Resultatene fra overvåkingen ved Hagahammaren viser også at torsken hadde en mye tydeligere reaksjon på skytingen til sammenligning med laksen ved Lybergsvika. Torsk er spesielt påvirkelig av lyd og har til sammenligning med for eksempel laks evnen til å detektere trykk komponenten av lyd innenfor visse frekvensområder (Dalen m.fl. 2008). Videre er torsk mer sårbar til stress og vertikale vandringer i not på grunn av svømmeblære (Hawkins, 1993).

Totalt sett viser den gjennomførte overvåkingen at den seismiske skytingen medførte kortvarige responser hos fisken. Bruk av seismisk utstyr i nærheten av oppdrettsanlegg kan allikevel medføre betydelig risiko, spesielt om slike undersøkelser går over tid innenfor et område. Skulle forholdene rundt anlegget

være på grensen med tanke på tetthet av fisk, temperatur, oksygenivå og sykdomsbilde kan ekstra stress gi fatale konsekvenser. Også kortidseffekter kan forårsake dødelighet om disse parameterne er på grensen av kritiske verdier. Ved videre kartlegginger og lignende seismiske undersøkelser anbefales det derfor at fisk, og spesielt torsk, holdes under oppsyn når den seismiske aktiviteten skjer nært anlegget.



## 5 REFERANSER

Blaxter, J.H.S., Gray, J.A.B., og Denton, E.J. 1981. Sound and startle response in herring shoals. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 61: 851-869.

Blaxter, J.H.S. og Hoss, D.E. 1981. Startle response in herring: The effect of sound stimulus frequency, size of fish og selective interference with the acoustic-Lateralis system. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 61: 871-879.

Dalen, J., Hovem, J.M., Karlsen, H.E., Kvalsheim, P.H., Løkkeborg, S., Mjelde, R., Pedersen, A., og Skiftesvik, A.B. (2008) Kunnskapsstatus og forskningsbehov med hensyn til skremmeeffekter og skadevirkninger av seismiske lydbølger på fisk og sjøpattedyr, Rapport til Oljedirektoratet, Fiskeridirektoratet og Statens forurensningstilsyn fra spesielt nedsatt forskergruppe, ISBN 82-7257-661-9.

Dyb, J.E. (2009) Påvirkninger på oppdrettstorsk av seismiske undersøkelser med sparker. Møreforsking rapport Å0908.

Karlsen, H.E., Piddington, R.W., Enger, P.S. og Sand, O. 2004. Infrasound initiates directional fast-start escape responses in juvenile roach *Rutilus rutilus*. *J. Exp. Biol.* 207: 4185-4193.

McCauley, R.D., Fewtrell, J., og Popper, A.N. 2003. High intensity anthropogenic sound damages fish ears. *J. Acoust. Soc. Am.* 113: 638-642.

Popper, A.N. og Carlson, T.J. 1998. Application of sound og other stimuli to control fish behavior. *Transactions of the American Fisheries Society* 127(5): 673-707.

Thomsen, B. (2002). An experiment on how seismic shooting affects caged fish. Master thesis, Aberdeen, University of Aberdeen, Faroese Fisheries Laboratory: 34.

Wardle, C. S., T. J. Carter, G. G. Urquhart, A. D. F. Johnstone, A. M. Ziolkowski, G. Hampson og D. Mackie (2001). "Effects of seismic air guns on marine fish." *Continental Shelf Research*, 21(8-10): 1005-1027.





## VEDLEGG 2- BILDESEKVENSER AV FISK VED LYBERGSDVIKA

Bildeseqvens 1 – Relatert til signal 11:58:46 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



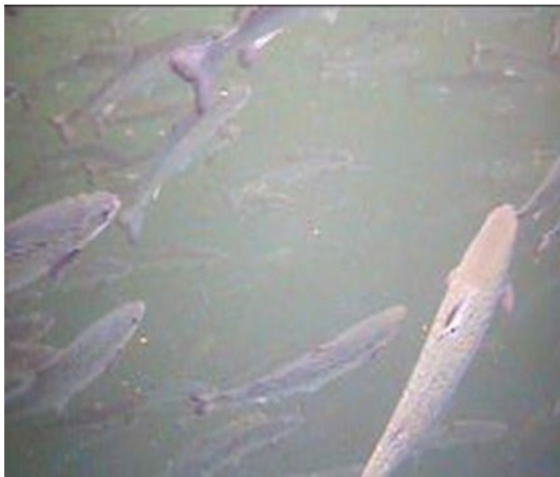
5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

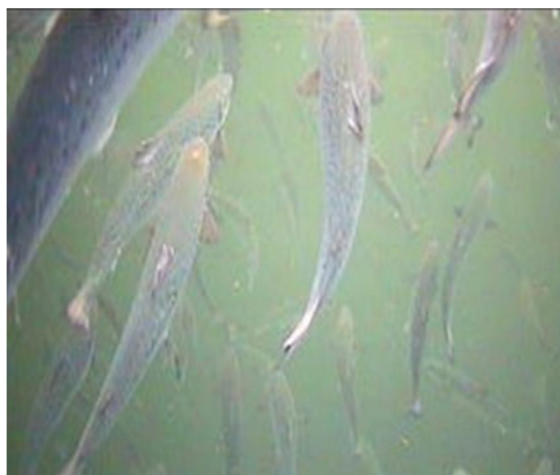
Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:28:19 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



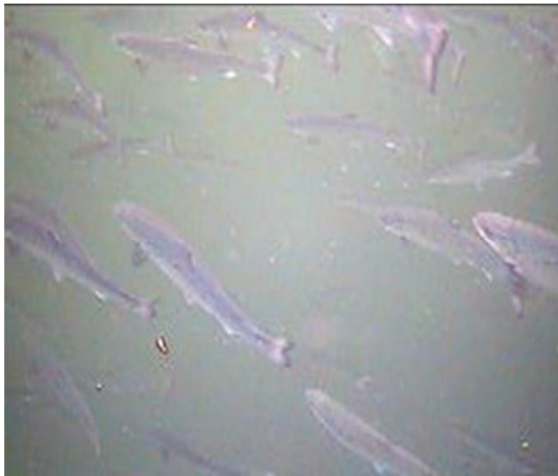
3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd



Bildesekvens 3 – Relatert til signal 12:30:42 - 8.mai 2009



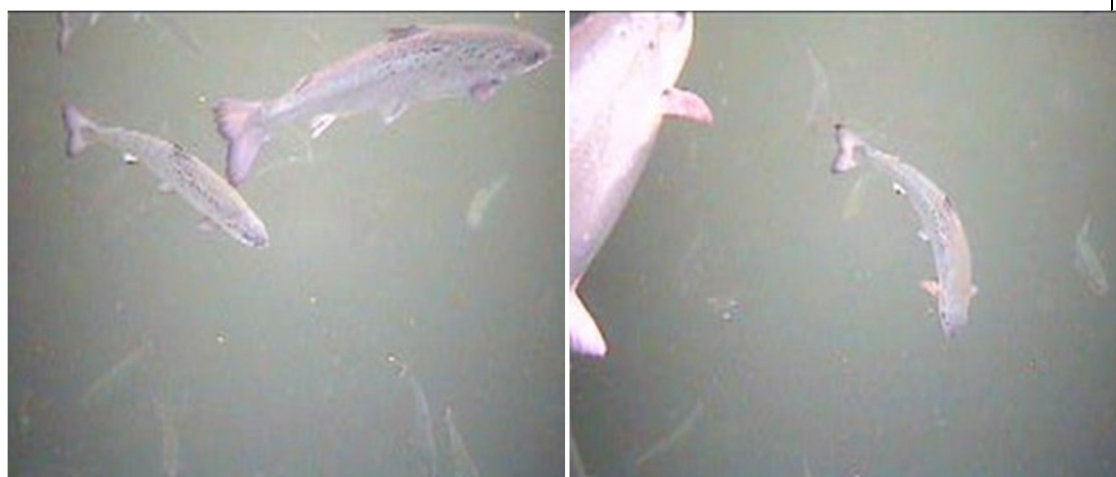
2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 4 – Relatert til signal 12:41:53 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 5 – Relatert til signal 12:49:19 - 8.mai 2009



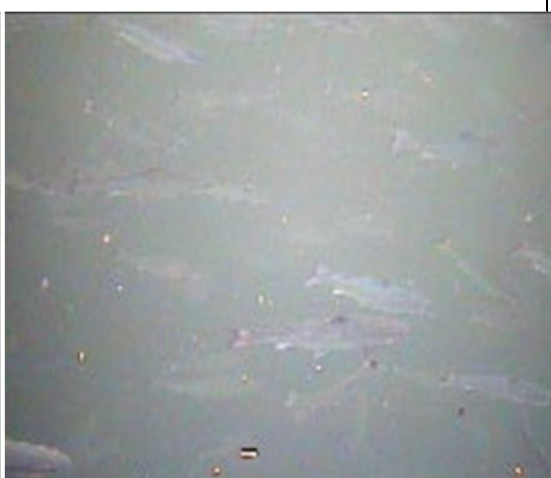
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



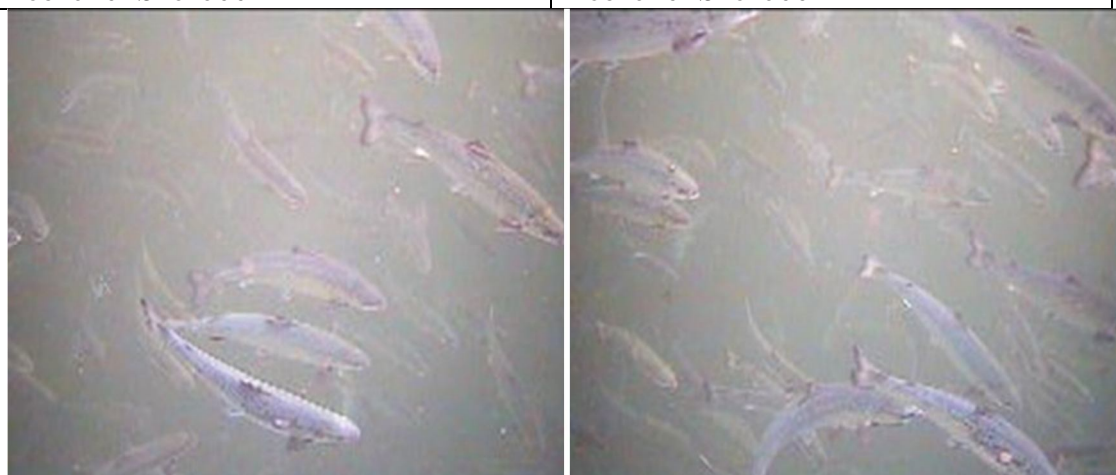
9 sekund etter skudd

Bildesekvens 6 – Relatert til signal 12:41:53 - 8.mai 2009



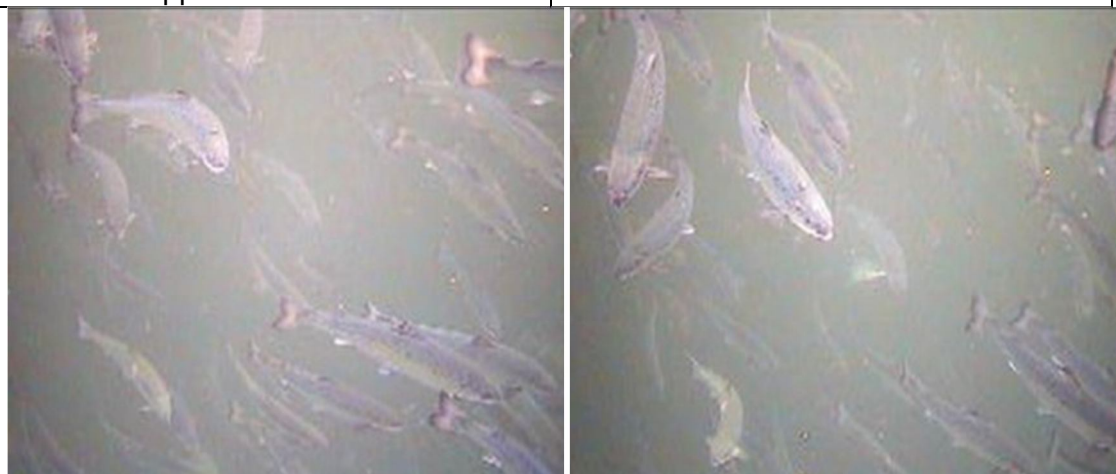
2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd



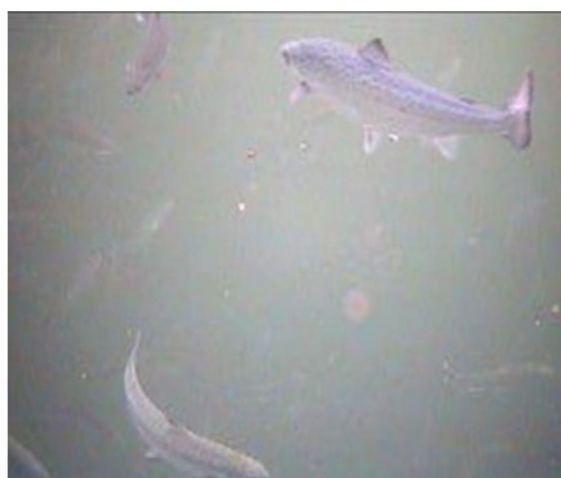
Bildesekvens 7 – Relatert til signal 13:06:00 - 8.mai 2009



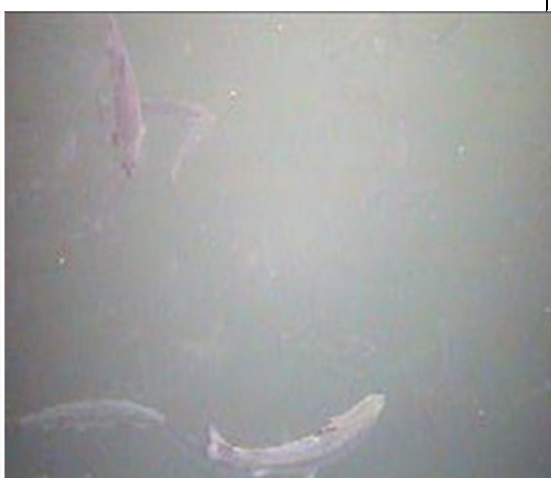
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd

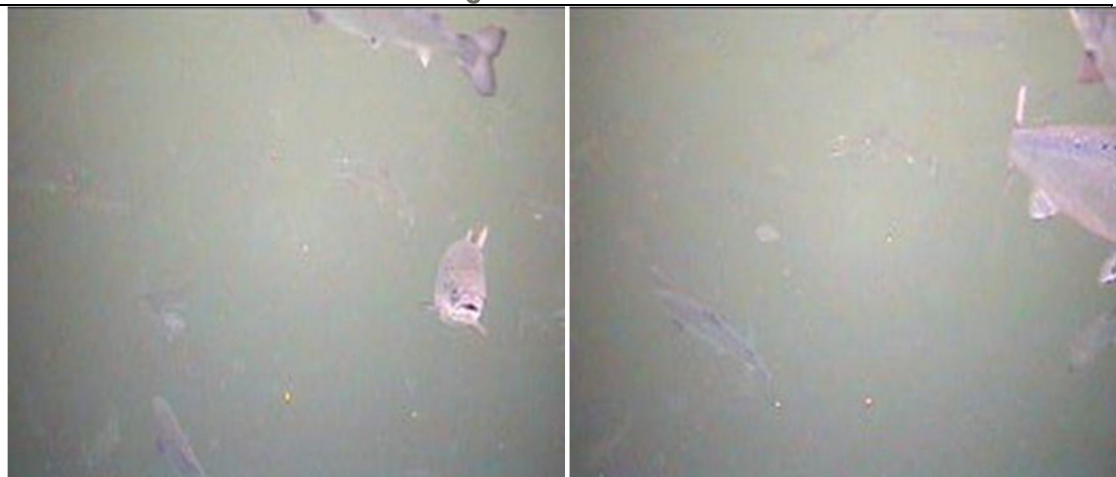


8 sekund etter skudd



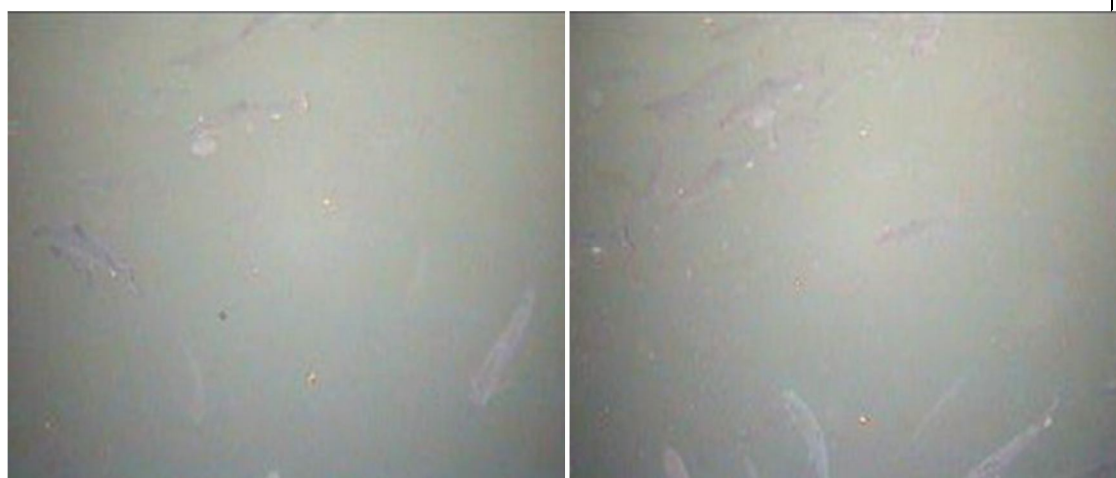
9 sekund etter skudd

Bildesekvens 8 – Relatert til signal 13:11:00 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd

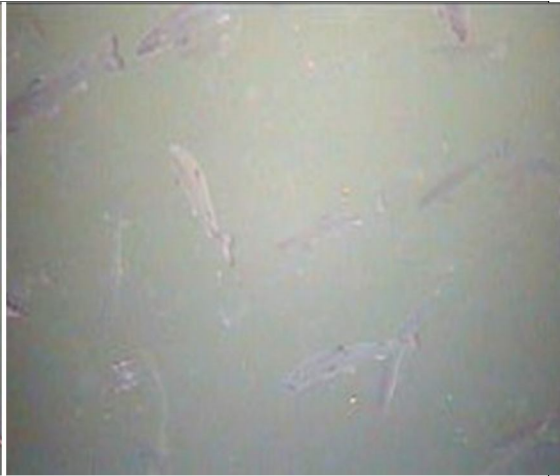


2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



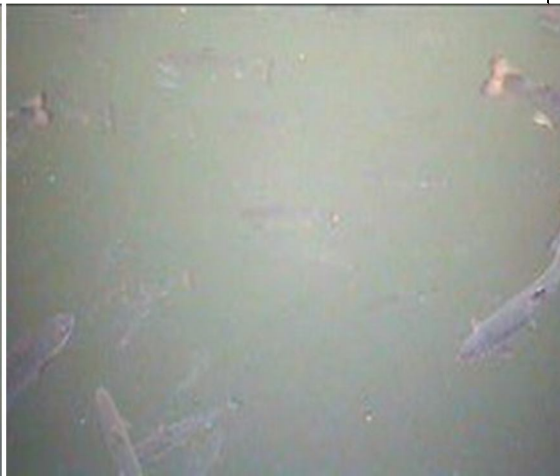
4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



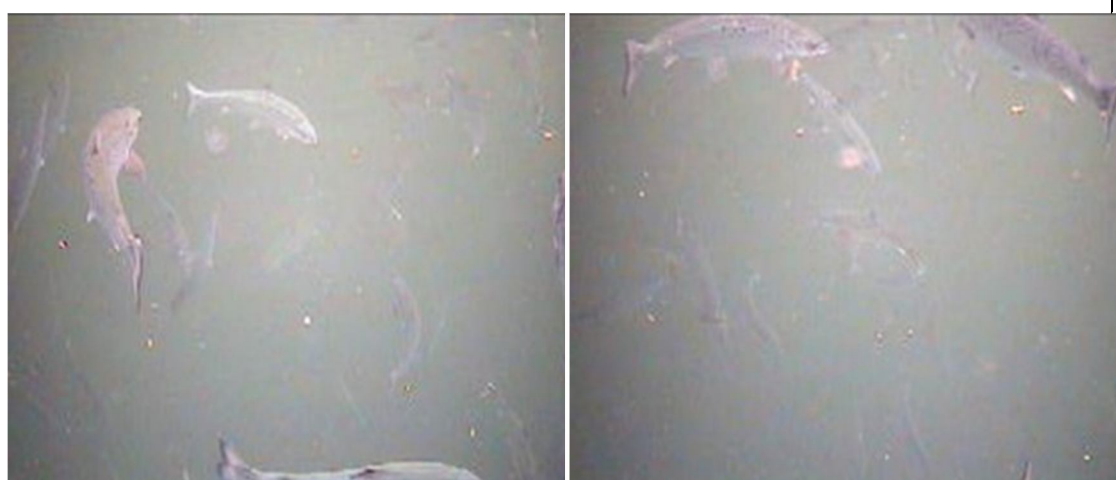
9 sekund etter skudd

Bildesekvens 9 – Relatert til signal 13:14:00 - 8.mai 2009



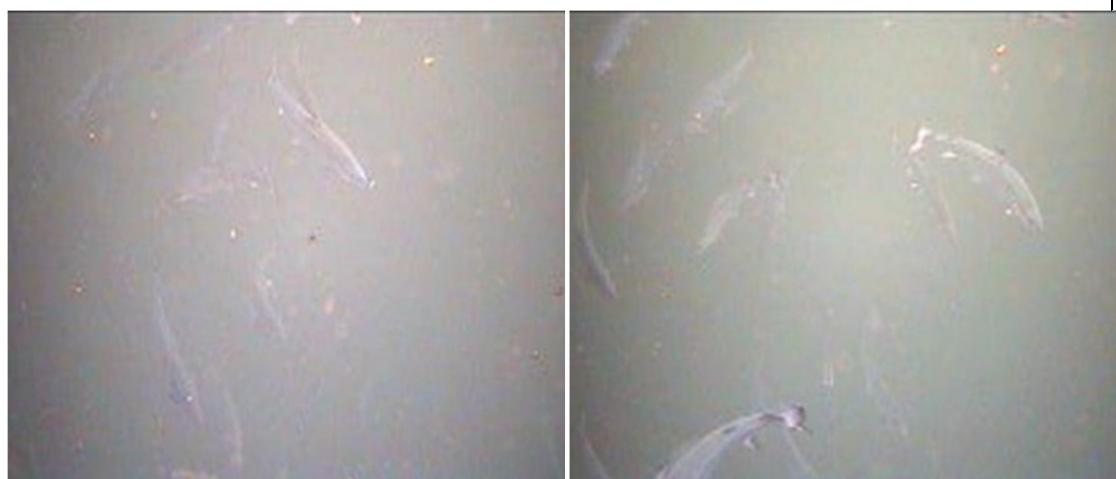
2 sekund før skudd

1 sekund før skudd



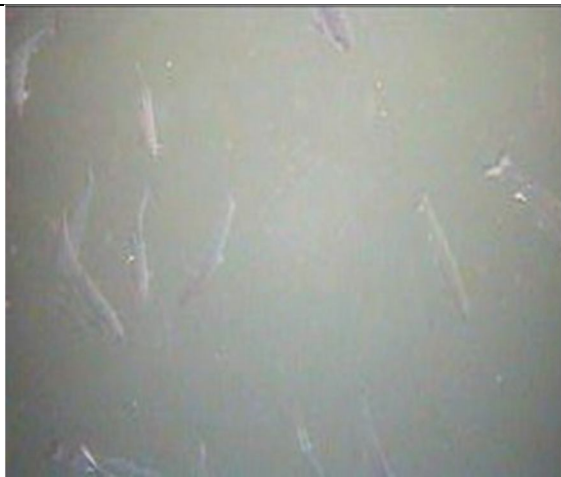
Skudd tatt opp

1 sekund etter skudd

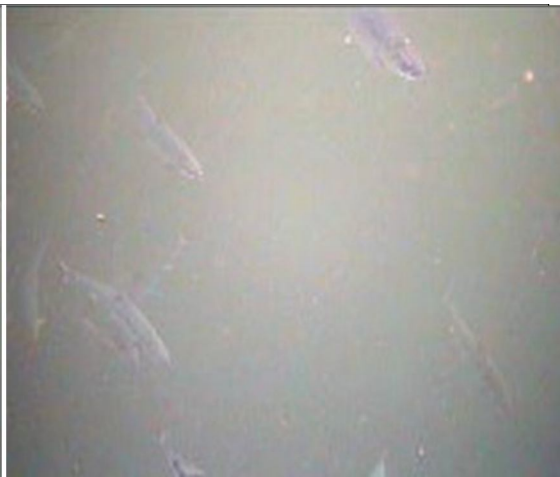


2 sekund etter skudd

3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 10 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd



Bildesekvens 11 – Relatert til signal 13:20:00 - 8.mai 2009



2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

## VEDLEGG 2 – BILDESEKVENSER AV FISK VED HAGAHAMMAREN

Bildesekvens 1 – Relatert til signal 12:49:00 – 15. juni 2009.



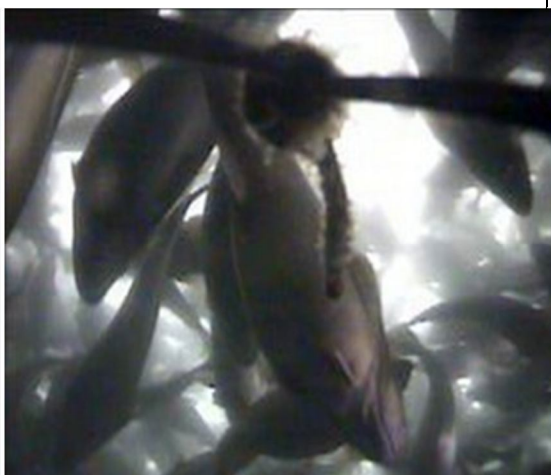
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



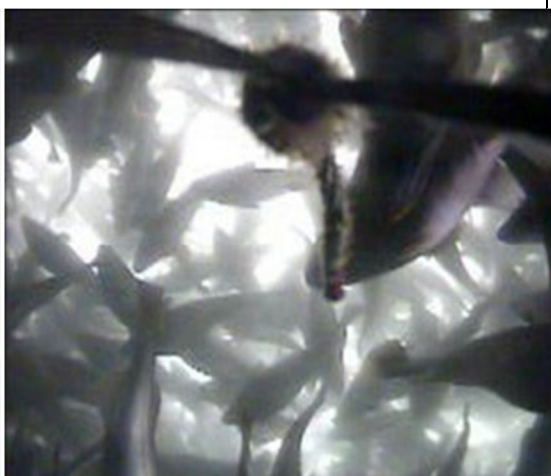
Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

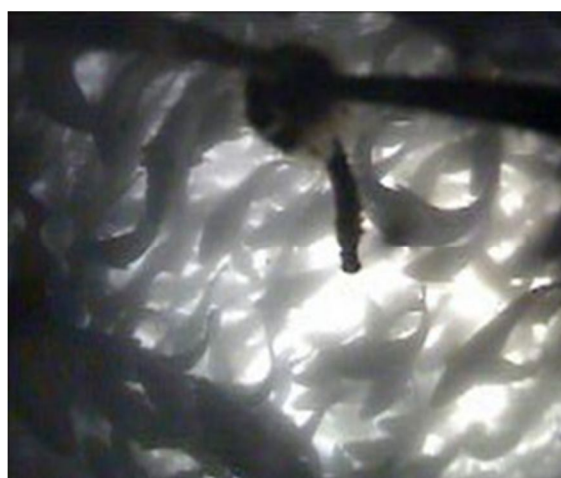
Bildesekvens 2 – Relatert til signal 12:56:00 – 15. juni 2009.



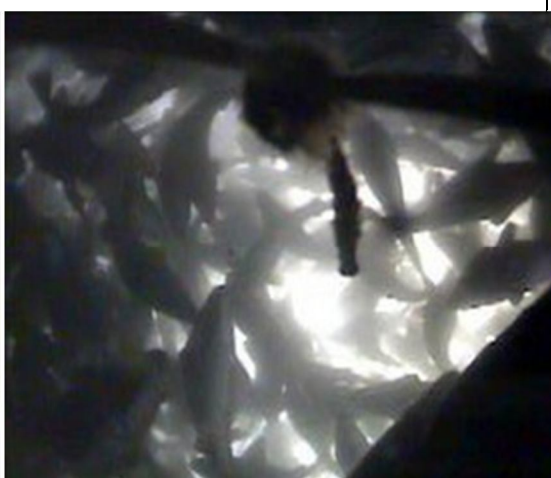
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



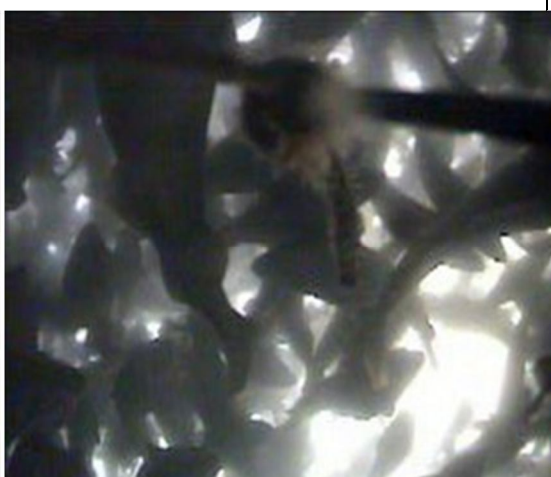
Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 3 – Relatert til signal 14:19:00 – 15. juni 2009.



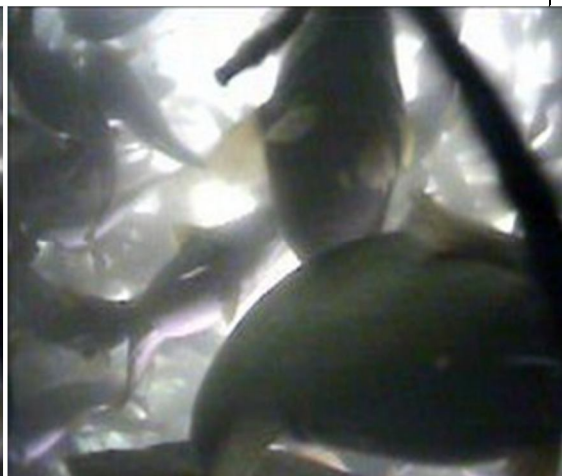
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



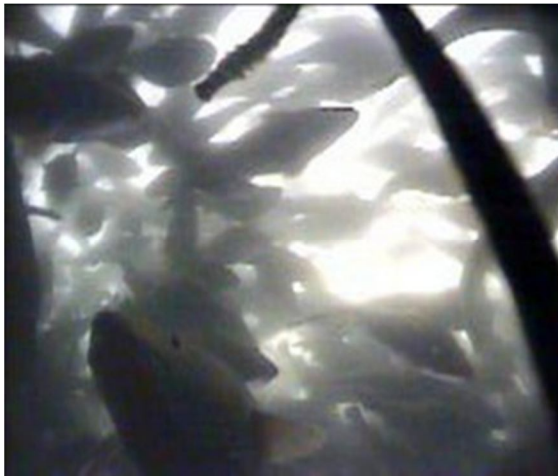
3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



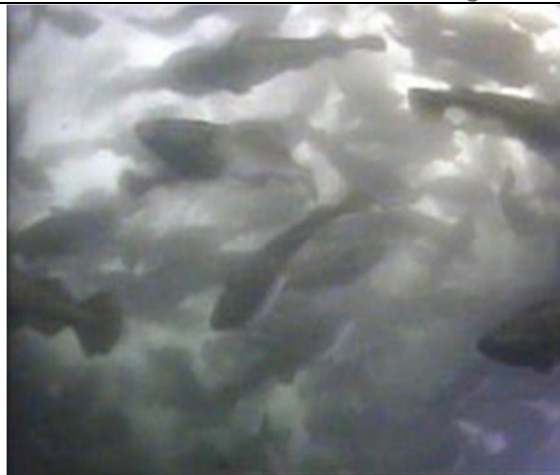
8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd



Bildesekvens 4 – Relatert til signal 14:27:00 – 15. juni 2009.



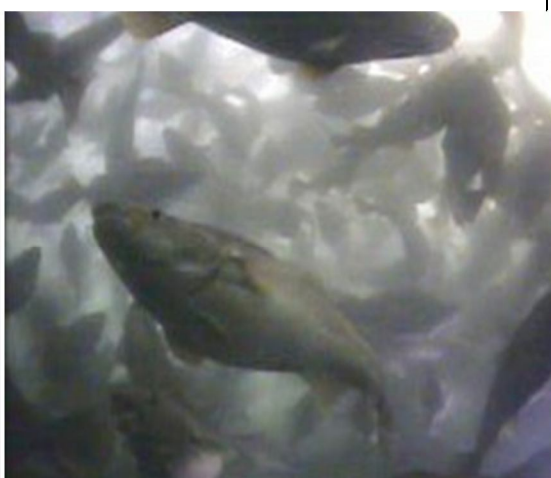
2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 5 – Relatert til signal 14:32:00 – 15. juni 2009.



2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd

Bildesekvens 6 – Relatert til signal 14:46:00 – 15. juni 2009.



2 sekund før skudd



1 sekund før skudd



Skudd tatt opp



1 sekund etter skudd



2 sekund etter skudd



3 sekund etter skudd



4 sekund etter skudd



5 sekund etter skudd



6 sekund etter skudd



7 sekund etter skudd



8 sekund etter skudd



9 sekund etter skudd





## MØREFORSKING

MØREFORSKING MARIN  
Postboks 5075, NO-6021 Ålesund

Telefon +47 70 11 16 00  
Telefaks +47 70 11 16 01

epost@mfaa.no  
www.moreforsk.no



## HØGSKOLEN I ÅLESUND

HØGSKOLEN I ÅLESUND  
Serviceboks 17, NO-6025 Ålesund

Telefon +47 70 16 12 00  
Telefaks +47 70 16 13 00

postmottak@hials.no  
www.hias.no