

BERGEN - 29.10.2016

Ref.nr.: CMR-16-A131504-RA-1

Rev.: 00

**cmr**



RAPPORT

# Fiskeleting med ASV

## Verifikasjon av prinsipp

Kunde

FHF

Forfatter(e)

Rune Hauge, Geir Pedersen



**Dokumentinfo**

Forfatter(e)

Rune Hauge, Geir Pedersen

Klassifisering

Åpen (A)

Tittel

**Fiskeleting med ASV**

Sammendrag

Fiskerinæringen bruker årlig store ressurser på fiskeleting, både for å finne ut hvor et innsig slår til og for å finne gode og riktige fangster på feltene. Vi mener autonome overflatefarkoster med et lavt energiforbruk har et stort potensial i leting og overvåking for fiskerinæringen, og vil kunne gi pålitelig sanntids beslutningsstøtte før fangst. «Fiskeletende» autonome overflatefarkoster vil kunne overvåke fiskefelt og detektere innsig av fisk ved hjelp av ekkolodd, og automatisk sende informasjon basert på målingene til land og/eller fartøy, som rederiene kan bruke for å ta beslutninger. Dette vil potensielt kutte letekostnader og øke inntjening ved bedre fangster. En slik løsning styrker dermed intensjonen i FHF's handlingsplan om å optimalisere fangstprosessen m.h.t. art, størrelse og mengde slik at utøvelsen av fiskeriene skal være ressurs- og miljøvennlig.

Prinsippet med fiskeleting ved hjelp av en vinddreven autonom farkost er verifisert i dette prosjektet. Ekkolodd er montert på Seilbøyen, som er en vinddreven autonom farkost med lang utholdenhet. Seilbøyen med ekkolodd er testet ut gjennom flere felttester. Felttest i Tromsø viste at vi kan identifisere sildestimer og enkeltfisk på dybder ned til 220. Sjøbunnen er observert under fiskestimene ned til 280 m.

**Prosjektinfo**

Kunde

FHF

Kundens ref.

901202

CMR prosjektnr

131504

CMR prosjektnavn

Autonome overflatefarkoster for fiskeleting –  
FHF Pilotprosjekt**Revisjon**

Rev.	Dato	Forfatter	Kontrollert av	Godkjent av	Årsak til revisjon
00	08.09.2016	Rune Hauge, Geir Pedersen			Første versjon
01	29.10.2016	Rune Hauge, Geir Pedersen			Revisjon

--	--	--	--	--	--

# Innhold

<b>Ansvarsavgrensning</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Pilotprosjektet .....	7
1.3 Prosjektplan .....	8
1.3.1 Klargjøring .....	8
1.3.2 Felttester .....	9
<b>2 Felttest Tromsø</b> .....	<b>10</b>
2.1 Resultat .....	11
2.2 Konklusjon .....	16
<b>3 Klargjøring</b> .....	<b>17</b>
3.1 MRU .....	17
3.2 Svinger .....	17
<b>4 Plattformens og sonarens bevegelse</b> .....	<b>18</b>
4.1 Fjordtest (med MRU) .....	18
4.2 Felttest Offshore (Framstredet, med MRU) .....	18
4.3 Felttest offshore II (hestmakrell) .....	20
4.4 Diskusjon .....	20
<b>5 System for fiskeleting</b> .....	<b>22</b>
5.1 Autonome overflatefarkoster .....	22
5.2 Mulige konsept for autonom fiskeleting – deteksjon og databehandling .....	23
5.2.1 Minimumsløsning – komprimerte bilder .....	23
5.2.2 Løsninger med dataprosessering ombord .....	24
5.2.3 «Framtidsvisjon» .....	29
<b>6 Konklusjon</b> .....	<b>30</b>
<b>Appendix A – Måledata</b> .....	<b>31</b>
A 1 Område 1 – Kifjorden .....	31
A 2 Område 2 – Brattfjellgrunnen .....	32
A 3 Område 3 – Vengsøyleia .....	33
A 4 Område 4 – Vengsøyfjorden indre .....	34
A 5 Område 5 – Vengsøyfjorden ytre .....	35
A 6 Tilleggseksempel - dataprosessering .....	35
<b>Appendix B – Formidling i forprosjektet (2016)</b> .....	<b>37</b>
<b>Appendix C</b> .....	<b>38</b>

## Ansvarsavgrensning

CMR er ikke i noen henseende ansvarlig for den aktuelle bruk av dokumenter, programvare eller andre verktøy eller prosjektrresultater og påtar seg derved intet ansvar eller garanti for den helhetlige funksjonalitet ved bruk av informasjonen om dette ikke er spesifikt angitt i tilbudsokumentet og den etterfølgende kontrakt.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Fiskerinæringen bruker årlig store ressurser på fiskeleting, både for å finne ut hvor et innsig slår til og for å finne gode og riktige fangster på feltene. Vi mener autonome overflatefarkoster med et lavt energiforbruk har et stort potensial i leting og overvåking for fiskerinæringen, og vil kunne gi pålitelig sanntids beslutningsstøtte før fangst. Teknologikutviklingen har nådd et punkt hvor denne typen overflatefarkoster er utprøvd og kommersielt tilgjengelig. Slike farkoster kan ha en rekke fordeler sammenlignet med andre plattformer og fartøy:

- Rimelig i innkjøp sammenlignet med andre farkoster
- Meget lave kostnader i bruk
- Enkle å sette ut og ta inn, krever ikke store fartøy
- Miljøvennlige
- Robuste – trengs ikke å hentes inn p.g.a. dårlig vær
- Autonome – kan styres fra land ved å sette «waypoints» via internett som autopiloten navigerer etter
- Kan være ute i flere måneder avhengig av strømtrekket til sensorene om bord og om det er montert solceller
- Automatisk overføring av informasjon til land via satellitt

Hovedutfordringene med disse plattformene i forhold til konvensjonelle fartøy er langt lavere hastighet og mindre kapasitet til sensorer (fysisk plass og strøm).

«Fiskeletende» autonome overflatefarkoster vil kunne overvåke fiskefelt og detekttere innsig av fisk ved hjelp av ekkolodd, og automatisk sende informasjon basert på målingene til land og/eller fartøy, som rederiene kan bruke for å ta beslutninger. **Dette vil potensielt kutte letekostnader og øke inntjening ved bedre fangster.** En slik løsning styrker dermed intensjonen i FHF's handlingsplan om å **optimalisere fangstprosessen m.h.t. art, størrelse og mengde** slik at utøvelsen av **fiskeriene skal være ressurs- og miljøvennlig.**

Vi ser for oss å kunne utstyre autonome måleplattformer med nødvendige sensorer og programvare for å kunne overvåke større områder enn hva en kan med stasjonære måleplattformer, og til en langt lavere kost (økonomisk og miljømessig) enn ved bruk av konvensjonelle fartøy. I ukene i forkant av fangstperiodene kan autonome plattformer lete opp og følge fiskestimer. Dette gir fiskeriene mulighet til å planlegge tid og sted for toktene i lenger tid på forhånd. F.eks. vil en flåte av fem seilbøyer i løpet av en måned kunne kartlegge flere tusen nautiske mil. Dette vil potensielt spare fiskeriene for dager eller uker med leting. Videre kan en eller flere seilbøyer benyttes til å overvåke og følge fiskestimer for å optimalisere i forhold til fangsttidspunktet, for eksempel for å avvente at fiskestimen kommer opp i rett dybde. Dette kan potensielt både spare drivstoff og gi mulighet for å ligge i le eller til kai i ventetiden.



Ill.: Seilbøye på tokt i Fusafjorden.

I 2014 finansierte CMR selv en mulighetsstudie hvor et ekkolodd ble integrert i en Seilbøye (Simrad EK15 – 200 kHz) og et rammeverk for å prosessere og videresende data fra ekkolodd tilkoblet bøyen ble utviklet («Remote Biomass Analyzer»). Mulighetsstudien viste potensialet til denne typen plattformer for fiskeleting. **Den foreslåtte piloten vil demonstrere denne typen farkostteknologi anvendt mot pelagisk fiskeleting og danne grunnlag for et hovedprosjekt.**

## 1.2 Pilotprosjektet

Formålet med pilotprosjektet er **å demonstrere og skaffe erfaring med ekkolodd på autonome overflatefarkoster for fiskeleting**. Basert på erfaringen opparbeidet gjennom piloten vil en i samarbeid med styringsgruppen i pilotprosjektet **beskrive behov og nødvendige F&U-steg for å komme fram til et komplett system for fiskeleting**.

Det tas utgangspunkt i en eksisterende seilbøye med et Simrad EK15 ekkolodd eid av CMR i pilotprosjektet. Seilbøyen vil bli oppgradert med ny ekkoloddsvinger og bevegelsessensor (MRU) for registrering av bøyens bevegelse.

Det vil bli gjennomført *felttester i Troms, nær Bergen og en offshore test*. Testene nær Bergen og offshore utføres etter oppgradering, mens testen i Troms vil benytte den eksisterende seilbøyen uten bevegelsessensor og oppgradert ekkoloddsvinger for å rekke utsetting før silda trekker ut av fjordene.

En programvare utviklet av CMR gjennom tidligere prosjekt blir benyttet på seilbøyen for å fjernstyre ekkoloddet, lagre data og sende ekkogrammer til land eller fartøy via Iridium.

For å holde kostnadene nede i pilotprosjektet stiller CMR til disposisjon en brukt seilbøye. Denne seilbøyen er ikke optimalisert for fiskedeteksjon, men møter formålet med piloten som er å demonstrere bruk av autonome overflatefarkoster for fiskeleting, og skaffe mer erfaring sammen med FHF og styringsgruppen i piloten inn mot et hovedprosjekt. Denne bøyen mangler noen av egenskapene i dagens kommersielt tilgjengelige seilbøye; blant annet solcellepanel og en mer energigjerrig PC.

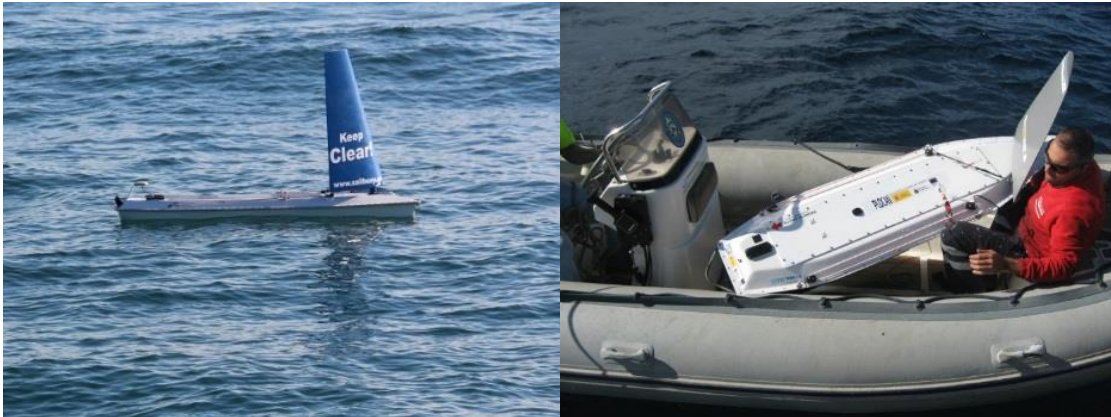
Ekkoloddsvingeren vil være fastmontert på seilbøyen, og vil dermed bevege seg med bøyen. Dette er sannsynligvis ingen optimal løsning, men vil gi grunnlag for, sammen med FHF og styringsgruppen, å vurdere i hvor stor grad svingeren bør stabiliseres i hovedprosjektet.

Basert på resultatene og innspill fra styringsgruppen vil nødvendig utvikling for et fiskeletesystem dokumenteres gjennom beskrivelse av et FHF hovedprosjekt.

Den eksisterende seilbøyen, «Sailbuoy», er produsert av Offshore Sensing AS som er et datterselskap av CMR. Seilbøyen opererer autonomt, og styres fra land ved å sette «waypoints», med elektronikk for posisjonering og datainnsamling. Kommunikasjon til land går via Iridium satellittsystem.

Tekniske data for «SailBuoy»

- Lengde: 2,0 m
- Displacement: 60 kg
- Nyttelast: 15 kg / 60 dm<sup>3</sup>
- Gjennomsnittlig hastighet: 1-2 knop
- Navigerbare vindhastigheter: 2 - 20 m/s
- Overlever alle værforhold
- Maksimum toktid (avhengig av sensorer om bord): 12 måneder
- Global 2-veis satellittkommunikasjon



Ill.: Seilbøye i bruk (venstre), utsetting av seilbøye fra RiB (høyre). (Offshore Sensing AS)

## 1.3 Prosjektplan

### 1.3.1 Klargjøring

Seilbøyen klargjøres til felttester, og følgende oppgraderinger gjøres på eksisterende seilbøye; (a) oppgradere ekkoloddet med ny svinger, (b) utstyre seilbøyen med bevegelsessensor (MRU)

#### Svinger

En svinger av typen 200-9G fra Kongsberg/Simrad installeres i seilbøyen i stedet for standardsvingeren som leveres med EK15. Standardsvingeren i EK15 er lite robust og ved å bytte ut svingeren oppnår vi høyere signal-til-støyforhold og lenger deteksjonsavstand. Svingeren blir festet i en bulb på kjølen. Dette gjør at svingeren følger bevegelsen til seilbøyen, som vil påvirke puls-ekko signalene etter hvordan seilbøyen er vinklet. Denne metoden er ikke optimal med tanke på bevegelse, men vil gi oss erfaring med hvordan bevegelsen til seilbøyen påvirker signalet. På sikt kan man for eksempel fristille svingeren fra seilbøyen, f.eks. ved å bruke en tauefisk med svingeren under og bak bøyen. I piloten vil en bruke MRU for å få informasjon om vinkelen til seilbøyen, slik at dette kan brukes i dataanalysen av ekkoloddsignalene.



## MRU

En MRU installeres i seilbøyen for å måle hellingsvinkelen til seilbøyen til enhver tid. Seilbøyens vinkel vil påvirke ekkoloddsignalene, og ved å bruke informasjonen fra MRU kan en analysere dataene for å undersøke denne påvirkningen. En MRU kjøpes inn og integreres sammen med EK15 transceiveren for å få vinkelposisjonen til seilbøyen med som metadata til ekkoloddataene.

Seilbøyen blir utstyrt med en liten oppladbar batteripakke som gir den nok strøm til korte tokt på 1-3 dager med nær kontinuerlig bruk av ekkoloddet. Seilbøyen kan operere over lengre tid med større batteripakker.

Før felttestene gjøres en tørrtest hos CMR for å verifisere at seilbøyen er klar for å brukes i sjø. Her gjøres funksjonstester av seilbøyen, slik at en kan sikre seg at elektronikken og Iridiumkommunikasjonen opererer som tiltenkt, og at f.eks. strømtrekket ikke er for høyt.

### 1.3.2 Felttester

Det planlegges å utføre tre felttester, en i Troms på sild i fjord, «Tromstest» en-to i kystnære områder rundt Bergen, «Fjordtest», og en lenger utenfor kysten, «Offshoretest».

I disse testene blir ekkoloddet testet for å demonstrere potensialet i bruk av seilbøyen for å lokalisere fiskestimer. Det vil bli forsøkt å la seilbøyen gå i forskjellige værforhold for å få en indikasjon på eventuelt hvor mye ekkoloddsvingeren bør stabiliseres og hvor stor effekt værforholdene har på svingerens bevegelse når den er fastmontert. I Troms og Offshoretesten blir det fokusert på å la seilbøyen passere fiskestimer.

#### Tromstest

I denne felttesten gjør vi en demonstrasjon av seilbøyen før ekkoloddsvingeren er skiftet og MRU installert. Grunnen er at det ønskes en rask demonstrasjon av seilbøyen med ekkolodd, og vil benytte sjansen til å demonstrere ved å sette ut bøyen i en fjord nær Tromsø før silda trekker ut (innen første halvdel av januar). Denne testen krever at man får mulighet til å gå ut en-to dager med en lokal sjark.

#### Fjordtest

Fjordtesten deles opp i to separate en-dags tokt, områdene rundt Sotra og Fusafjorden/Bjørnefjorden er aktuelle. Om mulig vil en forsøke å få fjordtester i forskjellige vær og bølgeforhold. Formålet med fjordtesten er å verifisere at oppgraderingen fungerer før offshoretesten iverksettes.

#### Offshoretest

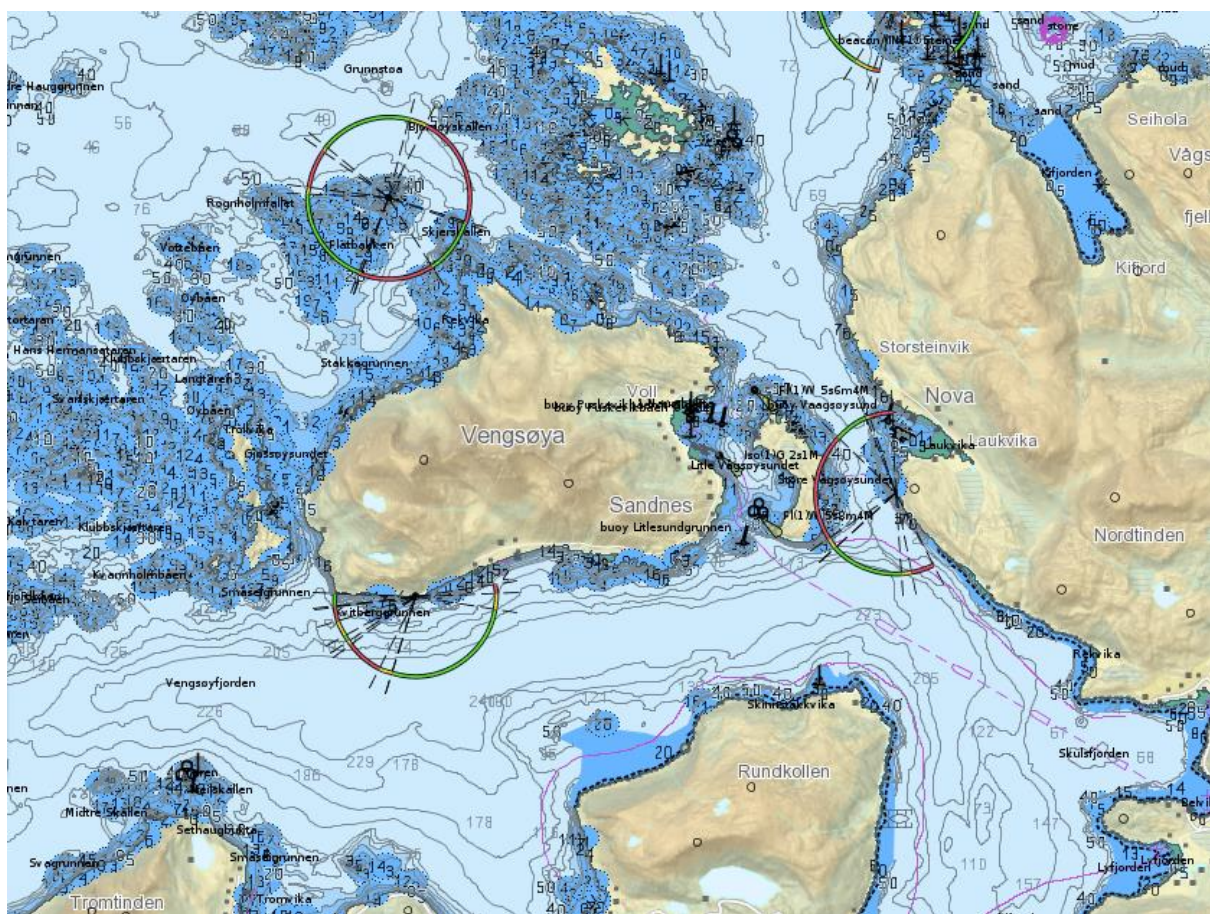
I en offshore test ønsker vi å teste seilbøyen offshore for å få erfaring med bruk av ekkolodd i realistiske sjøforhold. Fokuset er å la seilbøyen operere i områder med fiskestimer i ca. 2 dager. Ideelt settes seilbøyen ut fra et fiskefartøy med ekkolodd og sonar, med mulighet for lagring av data, i et område hvor det er høy konsentrasjon av stimer eller lag av fisk. Data lagres både ombord fartøyet og seilbøyen.

Informasjon fra offshoretesten, sammen med fjordtestene, vil gi grunnlag for å vurdere hvor stabilt et ekkolodd bør være i den endelige løsningen, m.h.p svingerstabilisering, som velges utvikles i et hovedprosjekt.

## 2 Feltest Tromsø

Området rundt Tromsø blir valgt som sted for å teste ut fiskelete-egenskapene til Seilbøyen. Tidspunktet for feltesten er lagt til januar, da det er stor fiskeaktivitet etter NVG sild i området. Det er dermed stor sannsynlighet for å kunne detektere stimer av NVG sild på feltesten.

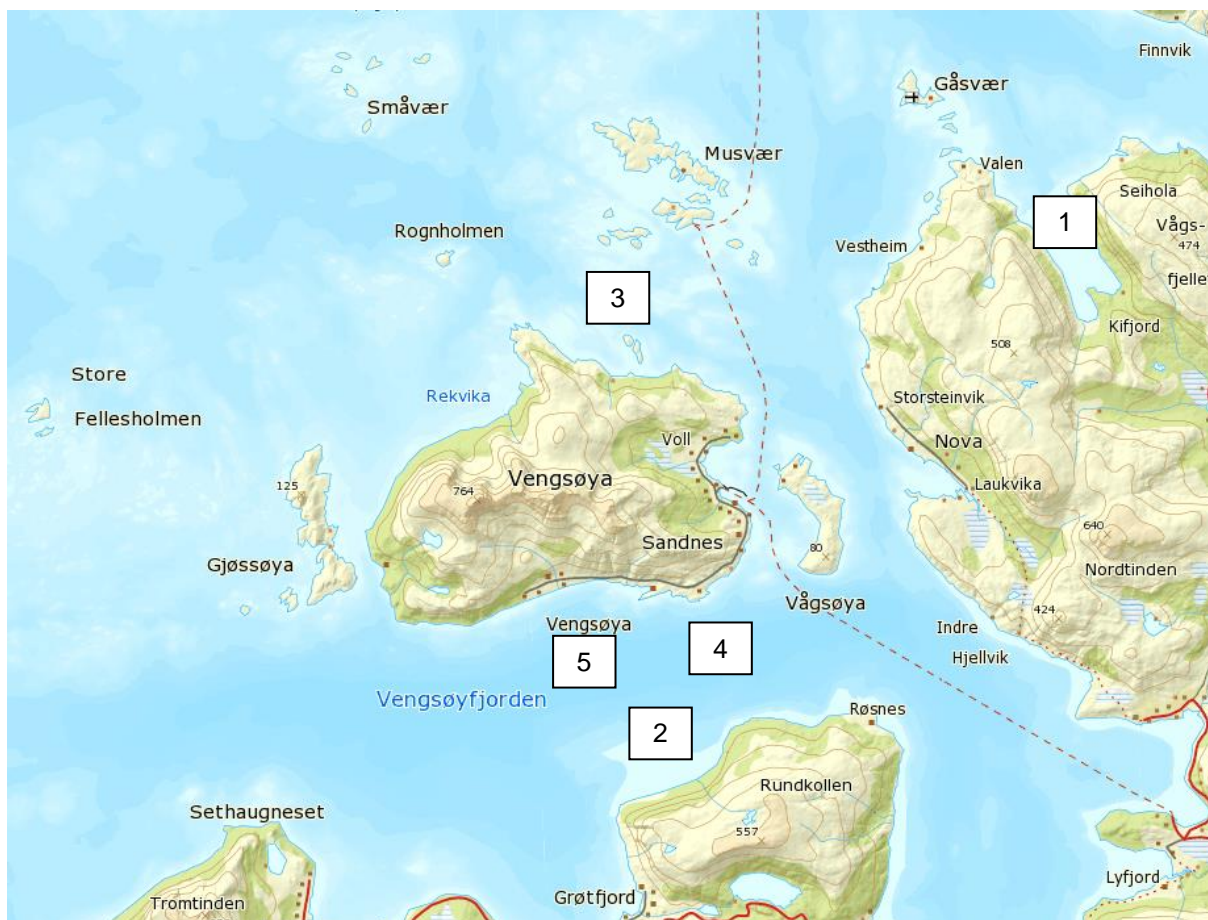
Den første feltesten ble utført 13-14 januar 2016 i området rundt Vengsøya, nordvest for Tromsø. En følgebåt ble brukt til å reise ut til de forskjellige målelokasjonene, og for å følge med på Seilbøyen under måling. Følgebåten er en 24 fot Jeanneau Merry Fisher 755 Marlin drevet av en Yamaha 150 hp utenombords motor. Båten er utstyrt med ekkolodd (50 kHz og 200 kHz) og kartplotter. I avsnitt 2.1 vil påvirkningsgraden av en slik båt på en stim med NVG sild bli illustrert.



**Figure 2-1: Toktområdet nord-vest for Tromsø.**

I løpet av testperioden var det relativt svak vind i området (3-4 m/s) og en lufttemperatur på ned mot  $-17^{\circ}\text{C}$ .

Området består av kystlandskap med øyer av forskjellig størrelse, skilt av dype fjorder og grunne sund.



Figur 1: Toktområdet nord-vest for Tromsø. Kartet viser områdene der malinger ble utført.

Utsett nr	Område	Oppstart	Avsluttet	Omtrent dybde	Fisk observert	Sjø <sup>1</sup>
1	Kifjorden	08:59	10:38	60 m	Ja	2
2	Brattfjellgrunnen	11:56	12:11	40 – 120 m	Ja	2
3	Vengsøyleia	13:00	13:45	40 – 120 m	Ja	3-4
4	Vengsøyfjorden formiddag	10:36	11:50	270 m	Ja	2
5	Vengsøyfjorden ettermiddag	13:24	15:36	280 m	Ja	2

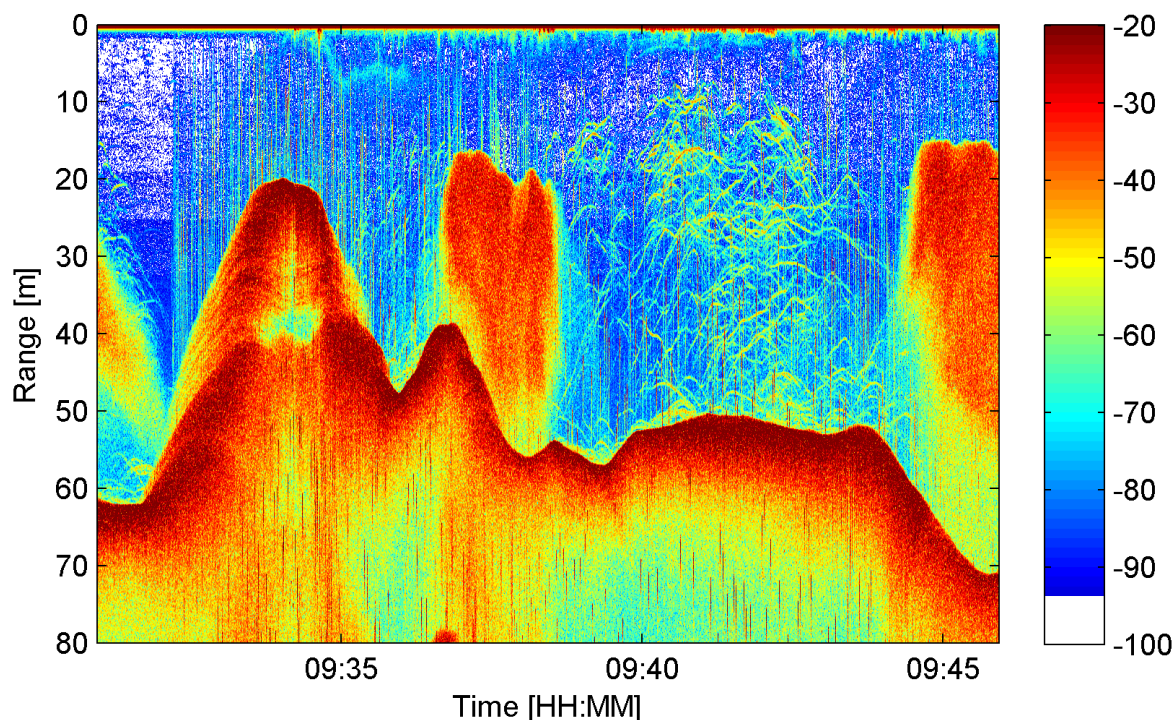
Et utvalg av ekkogram er vist i avsnitt 2.1. Disse ekkogrammene illustrerer hovedpunktene som oppsummerer felttestene. Alle ekkogrammene er gjengitt i Appendix A.

## 2.1 Resultat

I området Kifjorden observerte vi både stimer av NVG sild og enkeltfisk. Ekkoloddet på følgebåten sendte på 200 kHz gjennom deler av målingene i Kifjorden og dette sees som støy i ekkogrammene.

<sup>1</sup> Estimert sjøgang etter World Meteorological Organizations klassifisering.

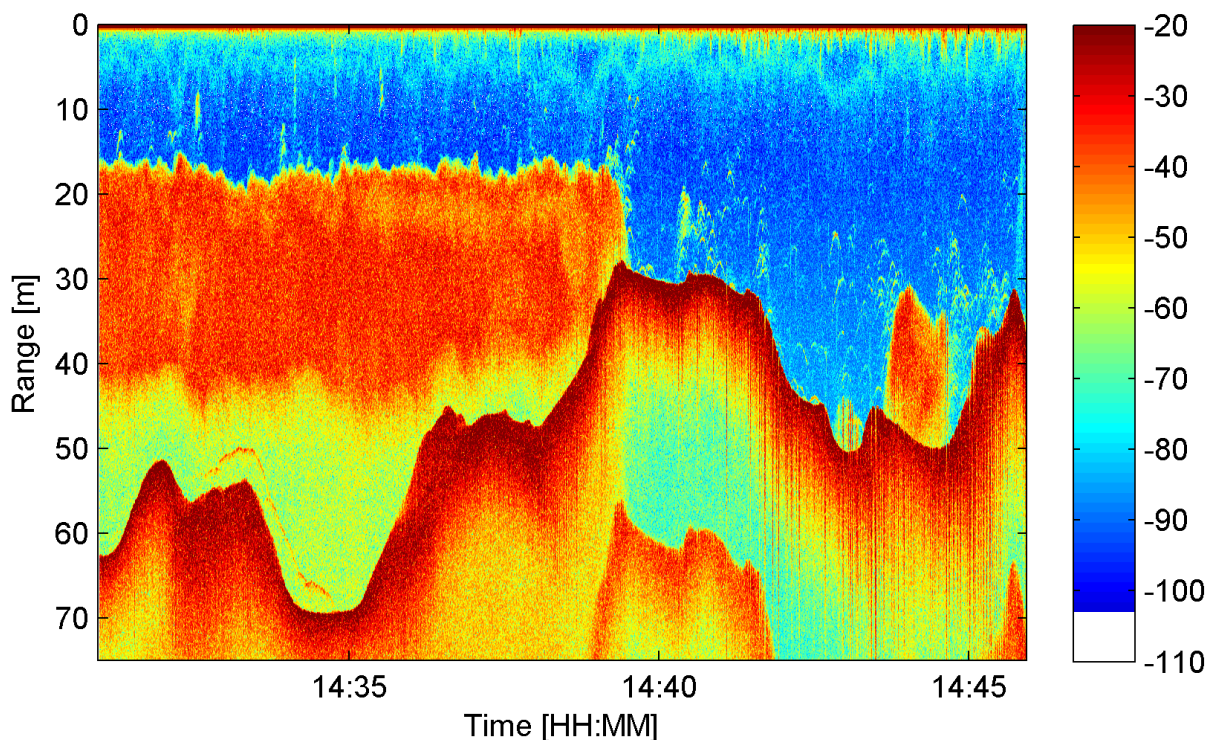
Det var litt bølger i området som resulterte i miksing i vannflaten og dermed støy høyt oppe i ekkogrammet.



**Figur 2: Ekkogram fra området Kifjorden. Støy fra ekkoloddet på følgefartøyet er observert som striper i ekkogrammet. Vi observerer både stimer og sil og enkelte fisk. Sjøbunn ligger mellom 40 og 70 m.**

I Figur 2 observerer vi både stimer av sild og enkelte fisk. I dette tidsrommet var ekkoloddet i følgebåten aktiv på samme 200 kHz, samme frekvens som på ekkolodd på Seilbøye. Dette resulterer i støy som sees som vertikale striper på ekkogrammet. Denne støyen er ikke så alvorlig at den kamouflerer stimene av fisk eller måling på enkeltfisk. Vi observerer tendenser til støy i overflaten som er et resultat av miksing av vannet.

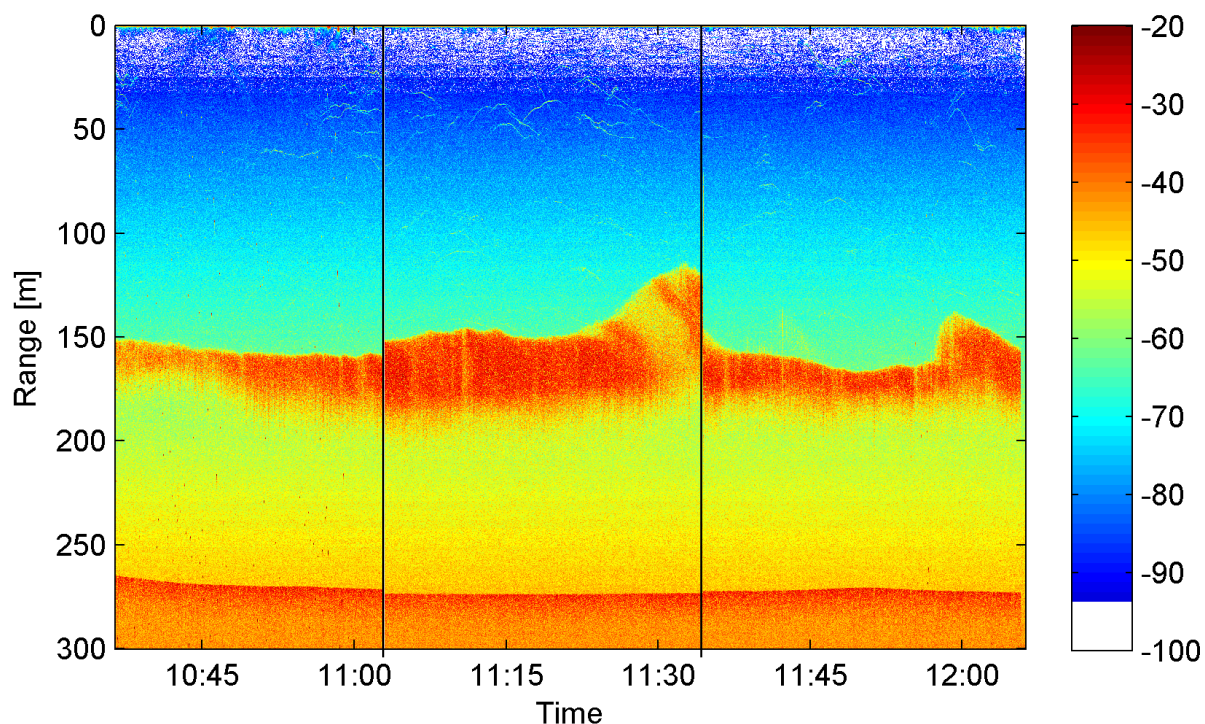
Støy fra overflate av vannet ved relativt høy sjø er også observert i Figur 3. I dette ekkogrammet ser vi også en stim på relativt grunt vann, i tillegg til enkeltfisk. Vi kan også se effekten av bevegelsen til Seilbøyen.



**Figur 3: Ekkogram i fra området ved Vengsøyleia. Vi observerer en stim med NVG sild på 15-40 m først i ekkogrammet. Sist i ekkogrammet ser vi en mindre stim med NVG sild (30-50 m) og enkelte fisk. Dybden i ekkogrammet er fra ca. 30 m til 70 m. Det var relativt høy sjø i området. Støy fra vannoverflaten ses øverst i figuren.**

I Figur 3 ser vi et ekkogram i fra målingene ved Vengsøyleia. En relativt stor stim er observert først i ekkogrammet på ca. 15-40 m, deretter ser en enkeltfisk gjennom hele dybden, og en mindre stim sist i ekkogrammet på ca. 40 m. Sjøbunnen ligger på ca. 30-70 m. Det er relativt mye sjø i området, noe som fører til miksing av det øverste laget i sjøen. Effekten av dette kan vi se som støy nær overflaten øverst i figuren. Linjene vi ser under sjøbunn er effekten av at sjøbunn er dradd ut i tid på grunn av bevegelsen til måleplattformen.

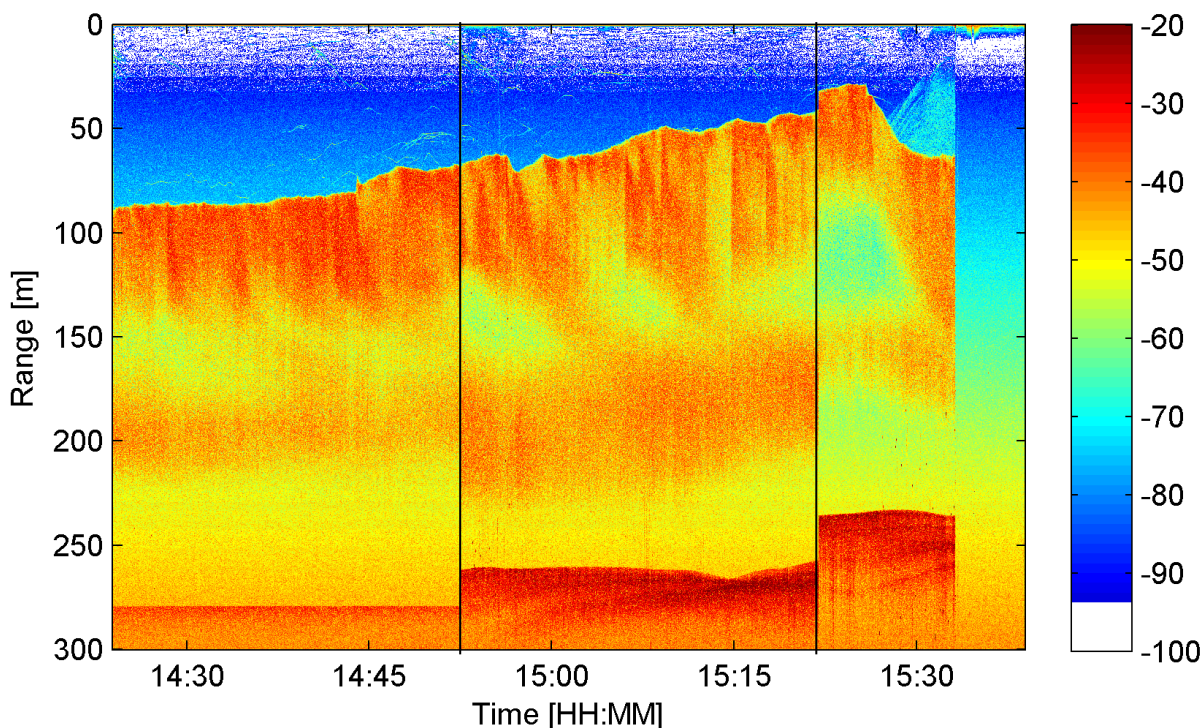
Det er målt på relativt store dyp i Vengsøyfjorden. Et ekkogram fra dette området er vist i Figur 4. Dette ekkogrammet illustrerer fiskelete-kapasiteten til ekkoloddet på større dyp.



**Figur 4: Ekkogram i fra området indre Vengsøyfjorden. Dybde på ca. 280 m. Et slør av sild er observert på 150-170 m. De svarte linjene indikerer pause i ekkoloddmålingene (15 min).**

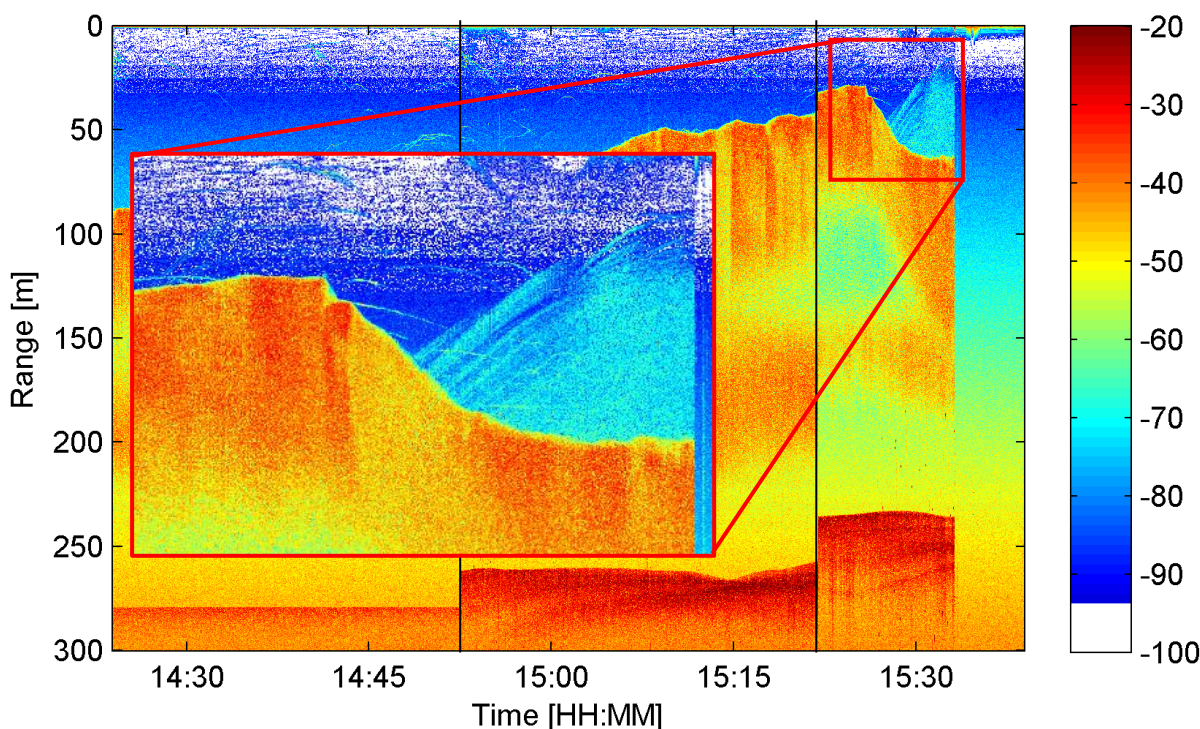
Fra Figur 4 ser vi at et slør av NVG sild er observert på omtrent 150-170 m, med en vanddybde på omtrent 280 m. Enkeltfisk er observert over sløret av NVG sild. Sjøbunnen er tydelig observert. En ser at NVG silden trekker opp og ned i dybde gjennom dagen. De svarte strekene i ekkogrammet representerer pauser i målingene som er en del av måleregimet til Seilbøyen.

Ekkoloddmålinger fra senere på dag i Vengsøyfjorden er vist i Figur 5. I og med at daglyset forsvinner så trekker fiskestimen oppover mot overflaten.



**Figur 5: Ekkogram fra området i ytre Vengsøyfjorden. Vi observerer et slør av NVG sild som trekker grunnere og grunnere utover ettermiddagen. De svarte linjene indikerer en pause på 15 min i målingene.**

I Figur 5 observerer vi at stimen med NVG sild trekker opp mot overflaten utover ettermiddagen når dagslyset minker. Stimen trekker gradvis oppover fra omtrent 88 m til omtrent 29 m. Hovedtyngden av stimen sees i starten til å være på omtrent 88 til 135 m. I tillegg ser en et slør rundt omtrent 200 m. Mot slutten av ekkogrammet er det i hovedsak to ting å observere. En ser at fiskestimen raskt trekker nedover, noe som skyldes at følgebåten startet opp og nærmet seg Seilbøyen for opphenting. Dette er vist nærmere i Figur 6. I tillegg ser en det tomme området mot slutten av ekkogrammet, dette er måling som er tatt opp etter at Seilbøyen er plukket opp av følgebåten. I de siste 1-2 minuttene før Seilbøyen blir plukket opp kan en observere vertikale støylinjer på omtrent 180-230 m. Denne støyen er trolig forårsaket av motoren eller ekkoloddet på følgebåten, som nå ligger rett ved Seilbøyen.



**Figur 6:** Innstikksfigur som viser området av NVG sild som reagerer på oppstart av følgebåt.

I Figur 6 fremheves et område fra Figur 5 der vi tydelig ser reaksjonen til stimen med NVG sild når motoren på følgebåten blir startet opp, og båten nærmer seg Seilbøyen for å plukke den opp. Fisken trekker ned fra 29 m til 64 m i løpet av kort tid.

## 2.2 Konklusjon

Stimer av NVG sild og enkelt fisk er tydelig observert under ekkoloddmålingene i Tromsø felttesten. Vi observerer sjøbunnen helt ned til 280 m, selv under et slør av fisk. Fiskestimer er observert ned til omtrent 220 m. Støy fra eksterne akustiske kilder (andre fartøy i området) og fra omgivelsene (bobler i overflatelaget pga vind og bølger) ses å påvirke ekkoloddmålingen negativt. Men likevel er det fullt mulig å se både stimer av fisk og enkeltfisk. Det er ikke observert noen støy som påvirker målingene negativt nok til at en ikke kan se fisken på målingene.

Seilbøyen må testes i mye hardere vær for å undersøke om bobler ved overflaten kan overskygge målingene helt. Det er vist at Seilbøyen har liten eller ingen skremmeeffekt på fisken den observerer.

Ved høyere andel plankton i vannsøylen vil deteksjonsavstanden reduseres, dette kan motvirkes med bedre akustisk utstyr (for eksempel Simrad EK80 med andre svingere).



## 3 Klargjøring

### 3.1 MRU

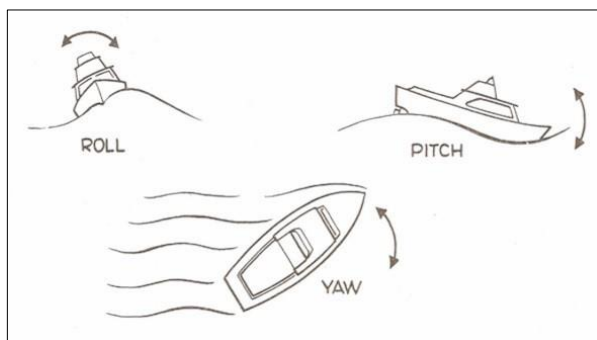
En MRU av typen Xsens Technologies MTi-30 AHRS er integrert på Seilbøyen. Hensikten er å kvantifisere bevegelsen til Seilbøyen for å ha mulighet til å korrigere på effekten av bevegelsen på ekkoloddmålinger. Instrumentet har en intern lav-strøms signalprosessor som gir en 3D orientering med lite drift. I tillegg kan sensoren måle kalibrert 3D akselerasjon, 3D svingrate og 3D data av det magnetiske feltet. Pitch, yaw og roll blir logget hvert 50 ms, og dataene har en nøyaktighet på 0.01°. Den typiske målenøyaktigheten til instrumentet er 2° RMS, avhengig av typen bevegelse.

### 3.2 Svinger

Svingeren som er montert på Seilbøyen som er i bruk i prosjektet er en veldig enkel og rimelig type (Simrad ES15, 200kHz, standardsvinger til EK15), basert hovedsakelig for målinger på relativt korte avstander som for eksempel i havbruksmerder. Dette går på bekostning av kvaliteten på dataene som samles med EK15 ekkoloddet om bord Seilbøyen. Dermed var den opprinnelige planen i pilotprosjektet å skifte ut denne svingeren med en av bedre kvalitet. Dessverre var ikke ny svinger tilgjengelig for prosjektet. Det ansees ikke som et problem da vi demonstrerer konseptet selv med EK15 standardsvinger. Bytte av svinger til for eksempel en de nye Simrad svingerene for autonome farkoster (200 kHz) vil ytterligere øke kvalitet på data og deteksjonsavstanden. Det var ingen tekniske problemer med standardsvingeren under prosjektet.

## 4 Plattformens og sonarens bevegelse

Seilbøyen blir i løpet av prosjektet utstyrt med MRU for måling av bevegelsen. Ved å måle bevegelsen kan en kvantifisere graden av påvirkning av bevegelsen på ekkoloddmålingene. MRU'en måler pitch, roll og yaw til Seilbøyen. Se Figur 7 for illustrasjon av de tre begrepene.



Figur 7: Illustrasjon av begrepene pitch, yaw og roll.

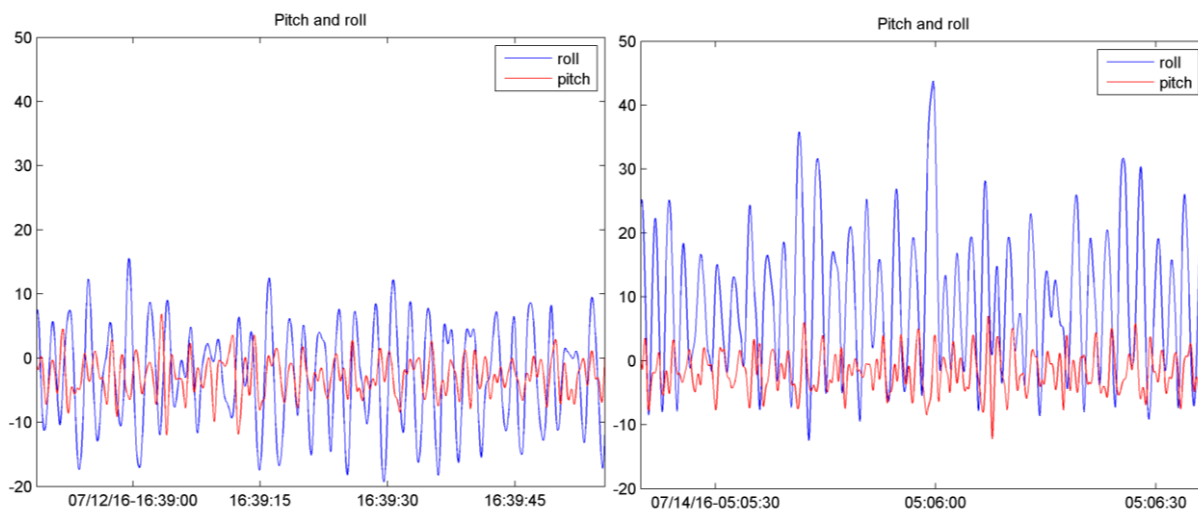
Som illustrert i Figur 7 er det pitch og roll som er interessante størrelser å undersøke, da det er disse som kan ha en påvirkning av ekkoloddmålingene.

### 4.1 Fjordtest (med MRU)

Fjordtester ble utført i Bjørnafjorden juni 2016. Hovedformålet var å verifisere at MRU en fungerte i felt og at data ble lagret om bord i bøyen med ekkoloddata. Seilbøyen ble satt ut fra båt og opererte i området mens den samlet in ekkoloddata og overvåket bevegelse. Ekkoloddata fra dette toktet inneholder lite relevant informasjon og er ikke inkludert i rapporten.

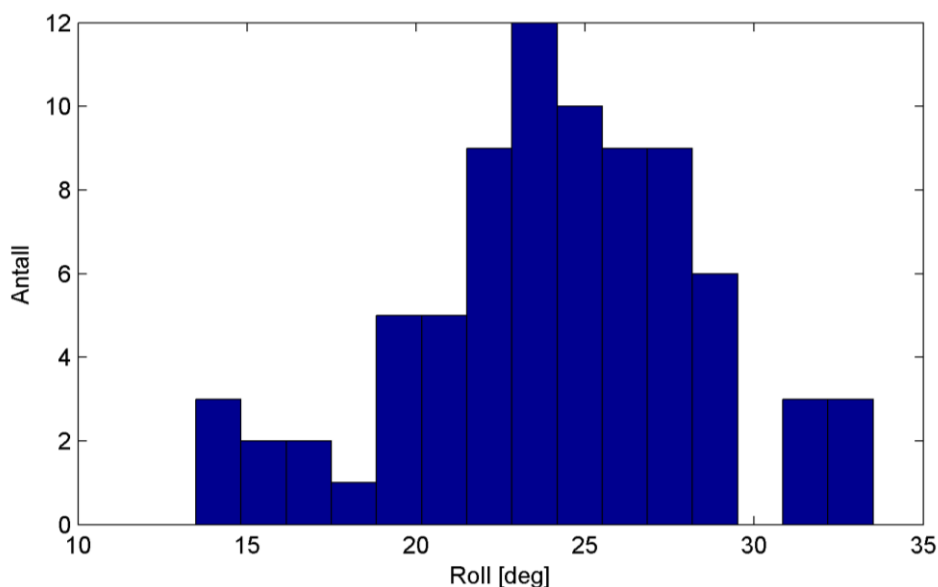
### 4.2 Felttest Offshore (Framstredet, med MRU)

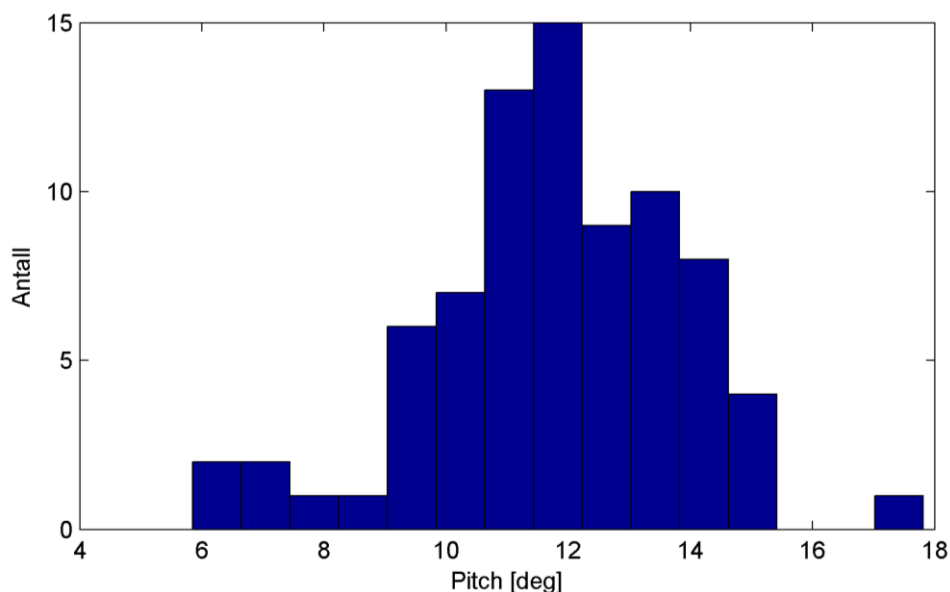
Seilbøyen med ekkolodd er brukt i en felttest i Framstredet i juli 2016. Denne felttesten er gjort i samarbeid med et annet prosjekt som sto for frakt og utsetting. Måleresultatene av bevegelsen til Seilbøyen ved bruk av MRU blir presentert her. For å illustrere hvordan Seilbøyen oppfører seg under forskjellige forhold er bevegelsesmålinger fra to utvalgte tidsrom vist i Figur 8.



**Figur 8: Viser pitch og roll til Seilbøyen under to utvalgte tidsperioder i felttesten i Framstredet. Venstre: Målt i en periode med relativt liten vind. Høyre: Målt i en periode med relativt mye vind og sjø. Begge figurene har samme y-akse.**

Siden det ikke er værstasjoner i nærheten av måleområdet i Framstredet er forholdene svak vind og sterk vind i Figur 8 er tolket indirekte fra bevegelsesmålingene. I plottet til venstre varierer roll fra  $16^\circ$  til  $-19^\circ$  og pitch varierer fra  $7^\circ$  til  $-12^\circ$ . Til høyre ser vi at roll varierer fra  $44^\circ$  til  $-12^\circ$  og pitch varierer fra  $6^\circ$  til  $-12^\circ$ . Altså er det stort sett roll som blir påvirket av sterk vind, noe som samsvarer med hvordan en seilbåt opererer. Pitch varierer lite med værforholdene. Målingene i Figur 8 er vist som typiske målinger under felttesten i Framstredet. Data fra hele felttesten i Framstredet er vist i Figur 9 som histogram av amplituden til pitch og roll.





**Figur 9: Histogram som viser fordelingen av amplitude til roll (over) og pitch (under) for hele felttesten i Framstredet.**

I Figur 9 ser vi at roll generelt sett ligger høyere og varierer mer enn pitch.

### 4.3 Feltest offshore II (hestmakrell)

Vi ønsket å få ut bøyen før hestmakrellsesongen 2016, helst med utsetting fra fiskebåt slik at potensielle brukere av teknologien kunne få erfaring med håndtering og utsetting, i tillegg til å demonstrere den i en fiskerisetting. Hestmakrellen ble funnet tidligere enn antatt i 2016 og før bøyen var tilbake og klar for ny utsetting. Vi ser imidlertid etter nye muligheter for å få bøyen som er benyttet i dette prosjektet satt ut fra fiskefartøy i forbindelse med et pelagisk fiskeri, når den er tilgjengelig.

### 4.4 Diskusjon

Fra resultatene i fra felttestene i Troms ser vi at bevegelse i Seilbøyen påvirker ekkoloddataene, men ikke i en slik grad at resultatene blir vesentlig forringet. I de periodene der Seilbøyen har mest bevegelse klarer vi fremdeles å identifisere fiskestimer og enkeltfisk. Dersom vi skulle gjort mengdemåling av stimer hadde kontroll med bevegelsen av Seilbøyen vært mye viktigere. Vi har enda ikke målinger med Seilbøyen utstyrt med ekkolodd der den seiler i skikkelig dårlig vær. Fra erfaring med Seilbøyer vet vi at disse overlever alle værforhold, men påvirkningen av ekkoloddmålingene i for eksempel full storm er ukjent. En ny måte å montere ekkoloddet på Seilbøyen er under testing hos Offshore Sensing i forbindelse med et RFF prosjekt (kort beskrevet i Avsnitt 7 - Konklusjon). Ekkoloddet vil da bli tauet i en liten farkost under og etter Seilbøyen. En slik løsning vil kraftig redusere evt. utfordringen med bevegelse. En annen utfordring med denne typen farkoster er at svingeren er montert nærmere overflaten enn i tradisjonelle fartøy, med en mye dypere kjøll og evt. med senkekjøll. Bøyen i seg selv generere mindre bobler enn tradisjonelle fartøy men siden svingeren er nærmere overflaten vil den være mer følsom for sjø som genererer bobler. Selv om det var lite vind i området i denne perioden, var det relativt grov sjø og ugunstig bølgeretning i ytre deler, Vengsøyleia, og dette ser man i de øvre delene av ekkogrammene derfra, men det hindrer i dette tilfelle ikke deteksjon av sild.



## 5 System for fiskeleting

### 5.1 Autonome overflatefarkoster

Interessen for autonome farkoster har økt kraftig de siste årene. Blant annet fordi en rekke teknologier har gått fra å være prototyper til kommersielle produkt, og har i tillegg demonstrert både robusthet og nytte innenfor flere forskjellige bruksområder. Utviklingen har til dels vært forskerdrevet, hvor mange teknologier har vært «one-offs» og aldri blitt kommersialisert. Det har vært en eksplosjon i varianter av autonome overflatefarkoster, og et stort antall vil falle fra pga. dårlig design eller problem med å finne brukere og marked for produktet.

Fallet i oljepris har gjort under og overflatefarkoster mer attraktive for olje og gass bransjen. pga. potensiell kostnadsbesparelse, sammenlignet med bruk av konvensjonelle fartøy og oppankrede system.

Det finnes generelt ingen «one size fits all» løsning. Farkostene har ulik grad av robusthet, manøvreringsevne, hastighet, toktvarighet, antall sensorer den kan utrustes med, pris, og brukervennlighet. Det er også forskjellige forretningsmodeller (salg, leie, eller at man betaler for data).

Store og motoriserte farkoster krever enn så lenge tettere oppfølging for å unngå kollisjoner som kan påføre andre fartøy eller mennesker skade. Mindre/saktegående farkoster kan operere med minimalt med tilsyn.

Eksempler på kommersielt tilgjengelige farkoster:

1. Kompakte og robuste autonome farkoster for langtidsutsetting

- a. **Sailbuoy- Norge (Offshore Sensing).**

Rimeligste og minste av farkostene. Demonstrert å tåle alt av vær og overlever kollisjoner med andre fartøy. Bøyer fra Offshore Sensing er i kontinuerlig drift på Norsk sokkel, og har utført tokt i Norskehavet, Barentshavet, Nordsjøen, UK, Spania, USA, og Framstredet. Seilbøyen bruker lite energi (i kommersiell versjon), men har begrenset sensorkapasitet. Seilbøyelektronikken er godt skjermet og dermed minimalt med elektrisk støy på ekkolodd fra elektronikken.

[www.sailbuoy.no](http://www.sailbuoy.no)

- b. **Waveglider – USA (Liquid Robotics)**

Waveglider bølgeenergi for framdrift. Den består av en overflate del og en undervannsdell, forskjellen i energi skaper framdrift. Waveglider har blant annet blitt testet i samarbeid med NOAA for bestandsestimeringsformål. Waveglidere er kommersielt tilgjengelige, i Norge gjennom Maritime Robotics.

<https://www.liquid-robotics.com/>

- c. **Saildrone – USA (Saildrone Inc)**

I likhet med Seilbøyer benytter Saildrone vind til framdrift. Saildrone kan operere med større hastighet enn Waveglider og Sailbuoy, og er større enn Sailbuoy (fysiske dimensjoner). Saildrone testes i samarbeid med NOAA til bestandsestimering. Ifølge selskapet opererer de, ihverfall enn så lenge, som dataleverandører og selger ikke teknologi.

<http://saildrone.com/>

2. Større og robuste autonome farkoster med motorkraft

**a. ASV Unmanned marine systems (USA)**

ASV har utviklet en rekke overflatefarkoster som kan operere autonomt, eller kontrollert fra land, som avhenger av motor for fremdrift. Disse har forskjellige størrelser, rekkevidder og hastigheter, inkludert en hybrid diesel, vind og soldrevet farkost. Eksempler:

**C-Enduro**

Dieselframdrift, sol og vind. Lengde og bredde 4,2 og 2,4m, oppgitt maksimalhastighet og maksimal operasjonstid 7 knop og 3 måneder (avhengig av bla payload).

**C-Worker 6**

Dieseldrevet 5.8 m langt, 2.2 m bredt farkost med oppgitt operasjonstid på 30 dager ved 4 knop (avhengig av bla payload)

<http://asvglobal.com/>

**b. Maritime Robotics, Norge**

**Mariner** er en norsk ubemannet overflatefarkost utviklet av Maritime Robotics, som er både robust og har en omfattende mulighet for sensorer. Mariner er dieseldrevet med oppgitt operasjonstid på omlag 50 timer ved typisk operasjonshastighet (5 knop), og en maksimal hastighet på over 30 knop. Lengde og bredde 5.6 og 2.05 m

<http://www.maritimerobotics.com/>

Kajakk og/eller katamaran løsninger er utviklet/under utvikling av blant annet WHOI [1], [2], IMR, EvoLogics [3] og andre. Generelt er de designet for kortere målekampanjer under relativt rolige vind og bølgeforhold.

Store og motoriserte farkoster krever enn så lenge tett oppfølging/kontinuerlig overvåkning for å unngå kollisjoner som kan påføre andre fartøy eller mennesker skade. Mindre/saktegående farkoster kan operere stort sett uten tilsyn.

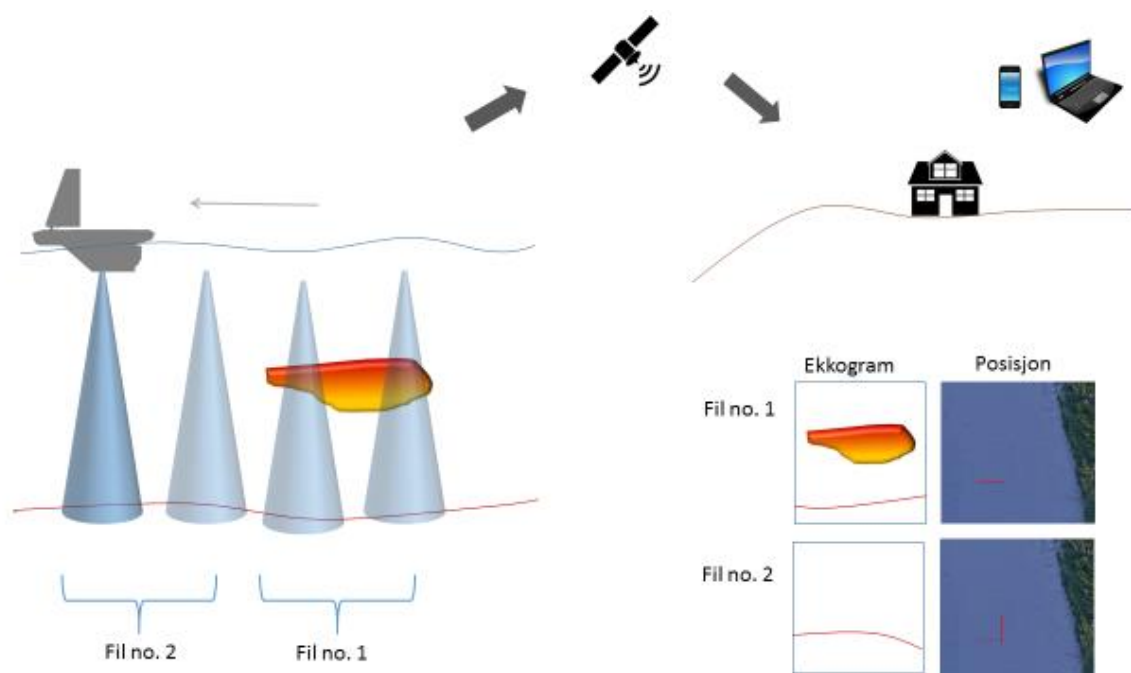
Hvilke typer som er best egnet for pelagisk fiskeleting anser vi avhenger av fiskeriet. Hvis det er behov for overvåkning over en lengre tidsperiode, spesielt langt fra kysten, vil sannsynligvis kompakte plattformer beregnet på lang operasjonstid være mest hensiktsmessige (uker, måneder). Kortere perioder nær kyst vil større og hurtigere motoriserte farkoster kunne dekke et område på en mer effektiv måte (timer opp til dager). Operasjoner svært tett til land fordrer også motorisert framdrift med bedre manøvreringsevne enn vind og strømdrevne farkoster.

Dette er på ingen måte en komplett oversikt eller analyse av autonome farkoster til fiskeleting. **Uavhengig av hvilken plattformteknologi som benyttes er ekkoloddteknologien og databehandlingen, og til dels operasjonen av disse plattformene for fiskeleting den samme.**

## 5.2 Mulige konsept for autonom fiskeleting – deteksjon og databehandling

### 5.2.1 Minimumsløsning – komprimerte bilder

Nær direkte overføring av råekkoloddata krever høy båndbredde på overføringslinjen. Den enkleste framgangsmåten for deteksjon av fisk er å sende komprimerte ekkogram til land. Den spesialdesignede programvaren om bord i farkosten jobber med ekkoloddfiler som lagres med jevne mellomrom. Intervallet kan settes fra land. Softwaren leser ekkoloddata og omgjør disse til komprimerte bilder som igjen kan sendes via satellitt til land og andre fartøy. I tillegg sendes tilleggsinformasjon som blant annet farkostens posisjon i perioden målingene ble utført.



**Figur 10. Illustrasjon av konseptet. Den autonome farkosten måler med ekkoloddet. Ekkoloddet lagrer datafiler ved jevne mellomrom, disse omgjøres fra rådata til bilder av programvare om bord farkosten. Slike komprimerte bilder kan enkelt og rimelig sendes via satellitt til land eller andre fartøy sammen med farkostens posisjon da den gjorde målingene.**

Denne løsningen er implementert og demonstrert på Seilbøyen [5]. Det er opp til brukeren å tolke ekkogrammene basert på erfaring for å evaluere om registreringene er interessante eller ikke.

Fordeler:

- Sparer båndbredde hvis Iridium/satellittkommunikasjon benyttes
  - Er man nære nok land kan andre løsninger for å overføre mer data rimelig benyttes.
- Metode som allerede er implementert og demonstrert

Med en slik løsning må brukeren se gjennom alle bilder som sendes fra farkosten. Hvis det kun er snakk om en farkost og for eksempel ett bilde i timen er dette overkommelig. Benyttes en flåte av farkoster og/eller bilder sendes med høy frekvens til land kan det være fornuftig å implementere mer avansert ombord prosessering av dataene.

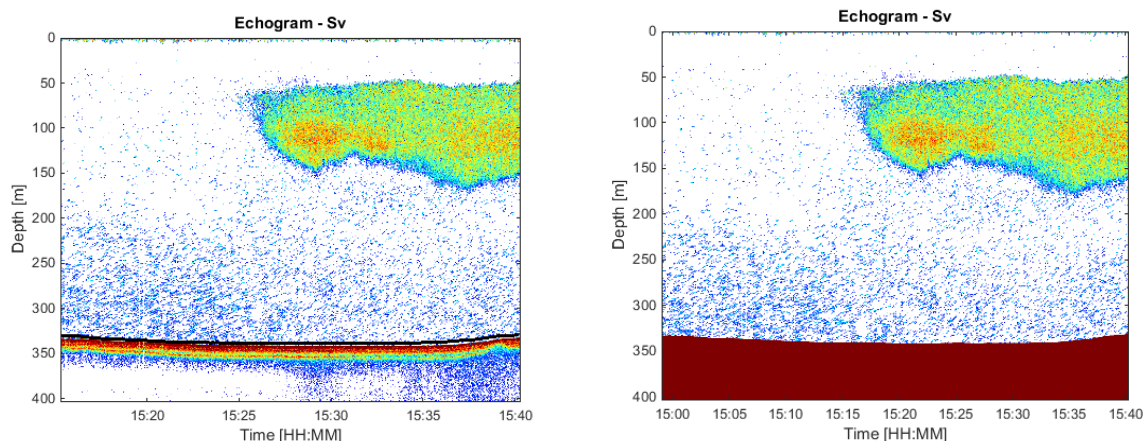
## 5.2.2 Løsninger med dataprosessering ombord

Med en enkel ombord prosessering kan farkosten ved en potensiell deteksjon av stimer eller slør, sende komprimerte bilder til land. En enkel implementasjon kan bestå i å benytte informasjonen om tilbakesepredningen fra vannsøylen direkte eller sammen med statistiske parametere for å karakterisere vannsøylen, og om det er stimer tilstedte eller ikke.

Denne framgangsmåten er beskrevet kort, og illustrert ved å benytte eksempeldata (Simrad Ofoten demo og data fra Troms). Det første datasettet (Simrad, «Ofoten demo») viser målinger fra Ofotfjorden i tiden NVG sild overvintret i Vestfjorden/Ofotfjorden. I ekkogrammet ser man først kun enkeltfisk spredt over vannsøylen, med høyest konsentrasjon nær bunnen. Halvveis inn i ekkogrammet observeres et stort lag med sild. Dataene er samlet fra G. O. Sars med et vitenskapelig ekkolodd fra Simrad (EK60, 38 kHz).

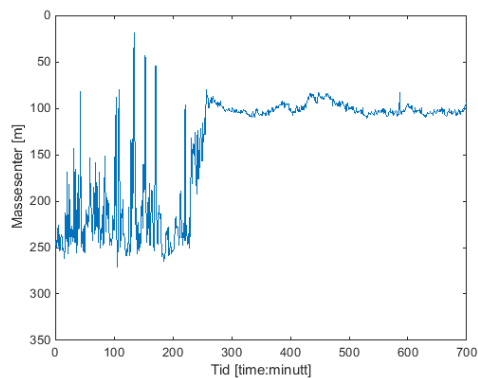


Første steg består i å gjøre bunndeteksjon, ved å benytte standard algoritmer, som implementert i for eksempel LSSS eller Simrad programvare. LSSS, «Large Scale Survey System», er et dataprosesseringssystem for ekkolodd og sonarer for fiskeriforskning og forvaltning, utviklet og kommersialisert av CMR og Havforskningsinstituttet gjennom MAREC, <http://marec.no/>.



**Figur 11.** Venstre figur viser ekkogrammet, høyre figur viser ekkogram etter bunndeteksjon hvor kun vannsøylen står igjen.

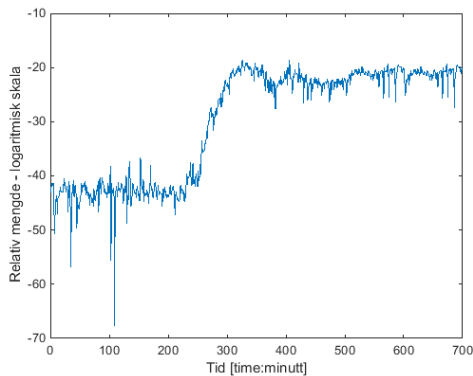
Deretter kan man beregne enkle parametere som beskriver innholdet i vannsøylen. For eksempel ved:



**Figur 12:** Estimert massesenter.

### Massesenter

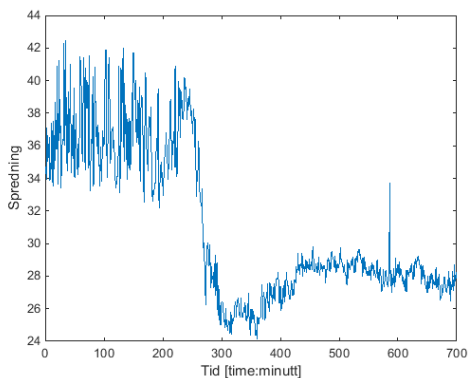
Massesenter gir indikasjon på hvor i vannsøylen konsentrasjonen er høyest, variasjonen i massesenter indikerer også om det er tette stimer eller lag i vannsøylen. Som Figur 12 viser er massesenteret variabelt men hovedtyngden på dypt vann (>250 m) i starten på datasettet, mens når stimen kommer inn stabiliseres det på omlag 100 m dyp. Dette indikerer at en stim er detektert.



**Figur 13: Relativ mengde.**

### Relativ mengde

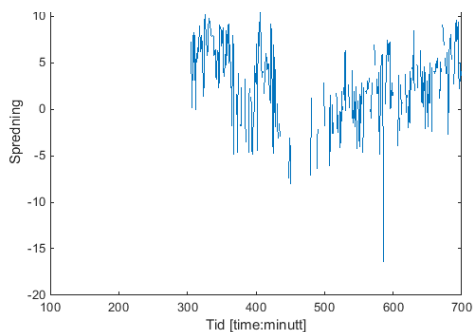
Relativ mengde i vannsøylen kan beregnes for å gi en indikasjon på hvor mye fisk som befinner seg i vannsøylen. Figuren viser en relativ lav mengde fisk inntil stimen observeres, da øker «relativ» mengde kraftig.



**Figur 14: Spredning.**

### Spredning

Spredning gir en indikasjon på hvor spredt i vannsøylen fisk (eller andre organismer) står. Figuren viser stor spredning i starten av datasettet mens idet stimen observeres reduseres spredningstallet drastisk.

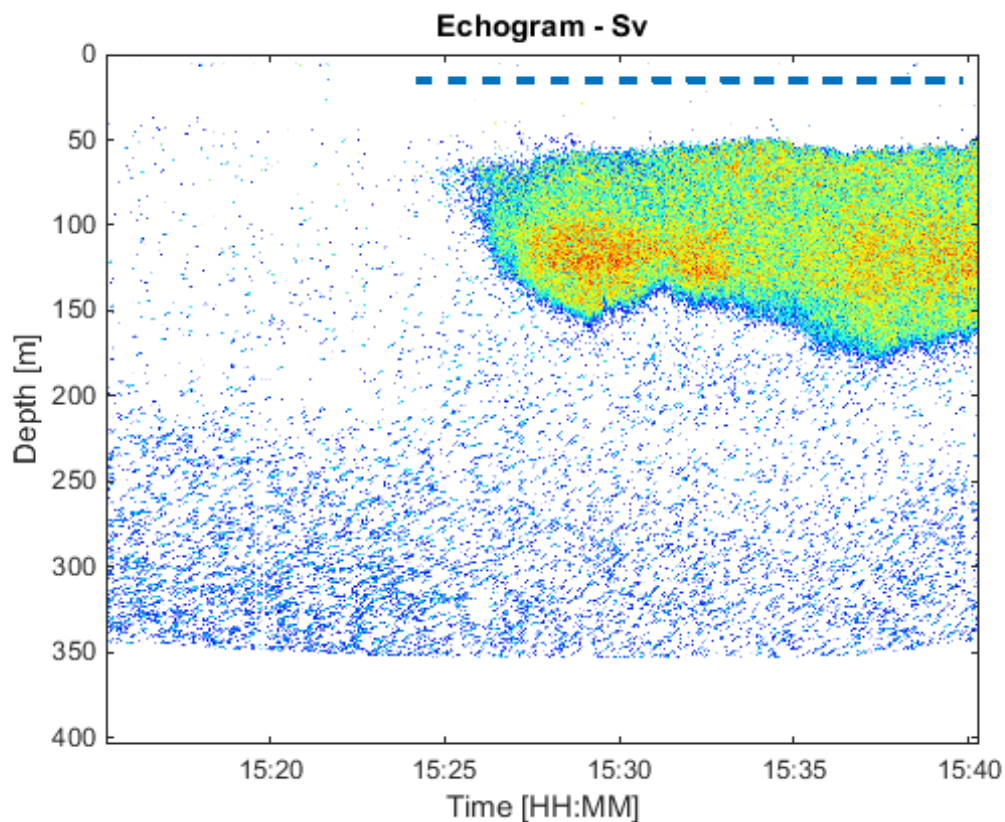


**Figur 15: Okkupert område**

### «Okkupert område»

Gir en indikasjon på hvor stort område av vannsøylen med høy tilbakespredning (over en forhåndsdefinert terskel). I dette tilfellet er terskelen satt høyt og parameteren slår først inn når stimen observeres.

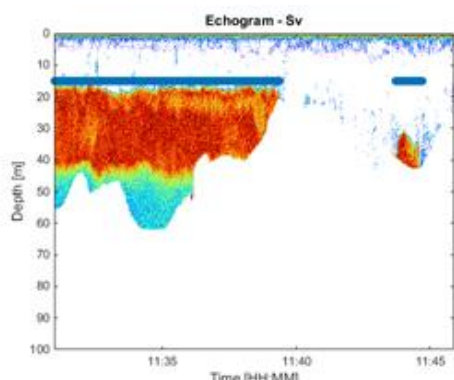
Figur 16 viser at en stim er detektert og tidspunktet for deteksjon (stiplet linje), ved bruk av de enkle parameteren beskrevet over. Hvis dette implementeres i programvaren på en autonom farkost kan farkosten sende denne informasjonen og/eller et komprimert bilde av ekkogrammet fra perioden hvor stimen er detektert sammen med informasjon om tid og posisjon.



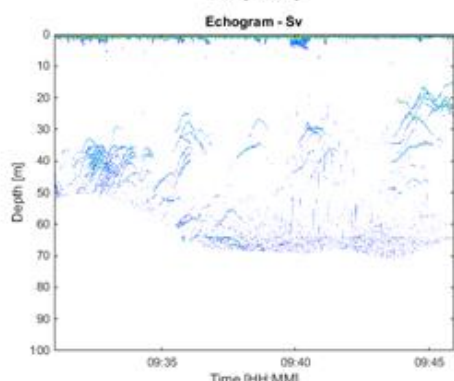
**Figur 16:** Stiplet linje viser at stim er detektert og tidspunkt for deteksjon, basert på parameterne beskrevet i teksten.

### **Eksempel: Data fra målekampanje i Troms**

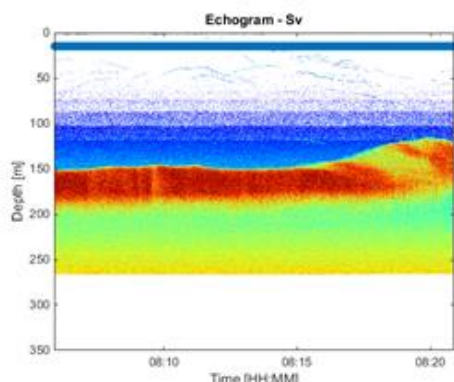
Figur 1719 viser tre dataeksempler fra målekampanjen i Troms. Den blå linjen i ekkogrammene viser at en stim eller lag av fisk er detektert, i tillegg indikeres hvilke valg programvaren ville ha tatt i de tre tilfellene.



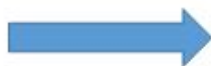
Send fil



Ikke send fil



Send fil



**Figur 17: Tre ekkoloddfiler fra målekampanjen i Troms som viser forskjellige situasjoner, og beslutningen programvaren om bord farkosten ville tatt hvis dette var implementert om bord. Blå linje i ekkogrammene viser at en eller flere stimer eller lag er detektert i filen, basert på de enkle parameterne beskrevet over.**

### Oppsummering

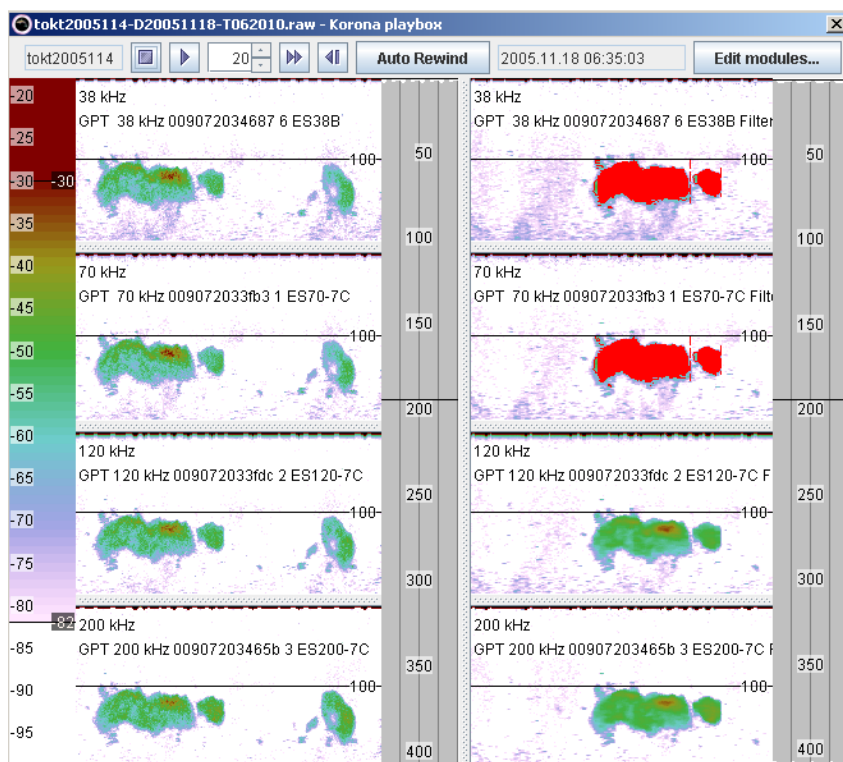
Dette er en relativt enkel metode for å filtrere data som sendes til land. Man forsøker ikke å trekke ut form på stimen eller total mengde i stimen, men gir en indikasjon på om det er stimer/lag observert med ekkoloddet. Selv om det enkelt kan følge med for eksempel integrerte verdier som indikerer mengde. Dette er sannsynligvis godt nok i hvert fall i første omgang, for deteksjon av stim og lag for fiskeleting.

Den enkle framgangsmåten over fungerer best hvis bunnforholdene ikke varierer raskt og mye, noe det sjelden gjør ved bruk av denne typen farkoster, og uten sterkt varierende grad av konsentrasjoner av fisk nær bunn (for eksempel torsk, sei).

Mer raffinerte algoritmer for bla stimdeteksjon kan implementeres, eksempler på disse finnes blant annet i LSSS (Figur 18).

Det er også mulig å utvide med annen funksjonalitet som identifikasjon av art (for eksempel mulighet for å skille mellom sild og makrell) hvis farkosten er utstyrt med bredbåndsekkolodd eller eventuelt flere diskrete frekvenser.

Annen informasjon enn ekkogrammer (i form av bilder) og farkostens posisjon kan også sendes til land, men basert på tilbakemeldingene i forprosjektet er ekkogrammer (i form av bilder) en naturlig måte å formidle informasjon om detekterte stimer til land for evaluering.



Figur 18. Eksempel på stimdeteksjon med LSSS ved bruk av flere frekvenser.

### 5.2.3 «Framtidsvisjon»

Mulighet for å artsbestemme, og/eller størrelsesbestemme med ekkolodd alene er begrenset. Artsidentifikasjon og størrelsesestimat er et aktivt forskingsområde, som har fått økt interesse de senere årene blant annet på grunn av regelverk og introduksjonen av kommersiell teknologi som Simrad EK80 (bredbåndsekkolodd). Sannsynligvis vil artsidentifikasjon og potensielt størrelsesestimat bli bedre på sikt. Noe som kan muliggjøre flåter av selvgående farkoster som kontinuerlig sender informasjon om art og størrelse til land. Målinger og annen informasjon kan på sikt også benyttes som input til autopilot, slik at farkostene selv kan undersøke interessante områder nærmere eller selv følge et innsig («self-awareness»).

## 6 Konklusjon

Prinsippet med fiskeleting ved hjelp av en autonom overflatefarkost er verifisert. Et ekkolodd er montert på en seilbøye, som er en vinddreven autonom farkost med lang utholdenhet. Seilbøyen med ekkolodd er testet ut gjennom tre felttester. Felttest i Tromsø viste at vi kan identifisere sildestimer og enkeltfisk på dybder ned til 220 m med et relativt enkelt og rimelig ekkolodd (Simrad EK15). Sjøbunnen er observert under fiskestimene ned til 280 m. Vi har vist at bevegelsen til Seilbøyen ikke påvirker målingene vesentlig under de værforholdene som den er testet i til nå, og en oppgradert festeanordning av ekkolodd på Seilbøyen vil ytterligere redusere bevegelse, dette utvikles i et separat prosjekt.

Vi ser også effekten av bølgegenererte bobler tydeligere med seilbøye da svingeren er plassert nærmere overflaten enn i større fartøy. Relativt grov sjø og ugunstig bølgeretning i ytre deler av Januartoktet viser dette, Vengsøyleia, hvor man i de øvre delene av ekkogrammene derfra ser effekten av bobler, men det hindrer i dette tilfelle ikke deteksjon av sild. I det tidligere nevnte RFF prosjektet vil det kjøres en analyse av ett år med ekkolodd-data fra bunnmontert svinger for å forsøke å estimere «oppetid», altså under hvilke vind og bølgeforhold vil man fortsatt ha gode deteksjonsmuligheter med ekkoloddet på en seilbøye. Det å redusere bevegelse og kunne måle under alle bølgeforhold sees på som mindre viktig for kommersiell fiskeleting, enn for eksempel hvis teknologien skal benyttes til kvantitative formål som bestandsestimering. I alle tilfeller vil seilbøyen kunne operere og den trengs ikke å hentes inn på grunn av vær, men kvaliteten på ekkoloddmålingene / deteksjonsmulighetene påvirkes av vær.

Ved hjelp av algoritmer for bunndeteksjon og deteksjon av fiskestimer vil en kunne varsle personell på land eller fartøy i nær sann tid om stimer som er observert av den autonome farkosten. Disse algoritmene er utviklet og testet i prosjektet og kan implementeres på for eksempel Seilbøyen. Metodikken for ombordprosessering kan også overføres og videreutvikles til andre plattformer enn Seilbøyen, og ved bruk av andre ekkolodd enn det som er benyttet i forprosjektet.

For autonome farkoster er den beste løsningen for selve ekkoloddet å benytte den nye generasjonen Simrad ekkolodd for autonome farkoster, Simrad EK80 («mini wbt»). Disse gir bedre kvalitet enn ekkoloddet som er benyttet i forprosjektet, har mulighet for bredbåndoperasjon, og er mer kompakt, men viktigst for fiskeleting over en lengre periode, bruken av disse gi langt lavere strømtrekk enn hvis EK15 eller EK60 benyttes. For Seilbøyer vil nye kompakte svingere på 200kHz, eller kombinert 38/200 kHz, være mest naturlig å benytte. Større farkoster kan benytte større svingere beregnet på fartøy, som 70kHz for lenger deteksjonsavstand, men til en langt høyere kost.

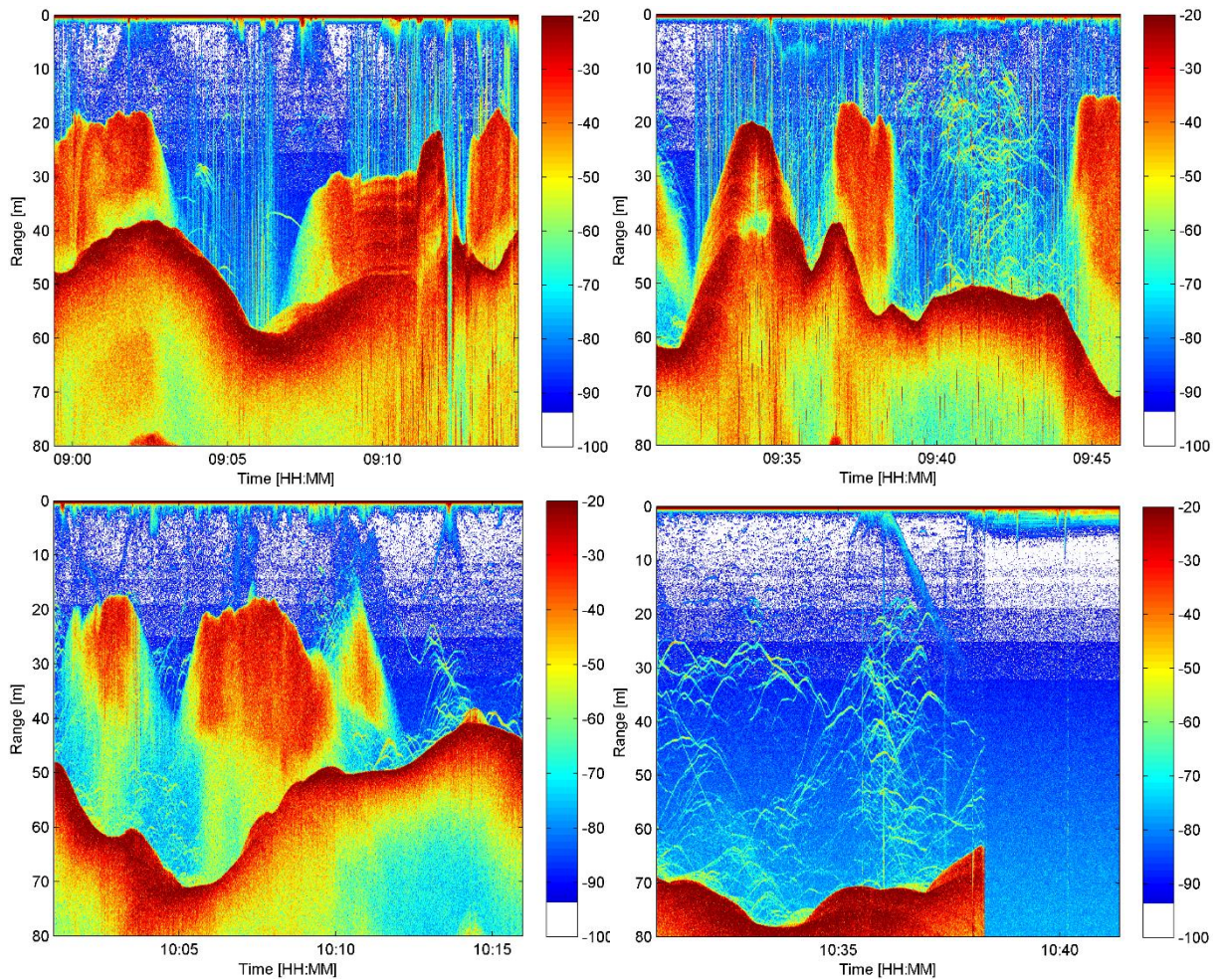
Det er et ønske fra FHF og også vurdere bruken av autonome farkoster opp mot overvåkning og forvaltningsrettet bruk. To forvaltningsrettede demonstrasjons og forskningsprosjekt starter i 2016/2017: Et prosjekt finansiert av RFF hvor en vil integrere EK80 i en Seilbøye og utvikle ombordprosessering for dette ekkoloddet med tanke på deteksjon av mindre marine organismer, fiskeegg og larver. I tillegg vil det i 2017 starte et doktorgradsprosjekt i samarbeid med bla. Havforskningsinstituttet, som tar sikte på å benytte samme teknologi for å videreutvikle kontinuerlig overvåkning i Lofoten-Vesterålen (LoVe) i forbindelse med kabelobservatoriet i området. Dette arbeidet vil gjennom implementeringen i LoVe demonstrere nytten av slike farkoster for marin forskning og overvåkning. Begge prosjektene vil videreutvikle både Seilbøye og metodikk, som vil kunne benyttes inn i et evt. oppfølgingsprosjekter for kommersiell fiskeleting i pelagisk fiskeri.

Vi anbefaler at et separat prosjekt etableres spesifikk mot fiskedeteksjon for pelagisk fiskeri, basert på de lovende resultatene i forprosjektet. Et mulig prosjekt er skissert i et separat dokument hvor en fokuserer på spesifikke fiskerier med langtidsutsetting av farkoster. Et slikt prosjekt vil dra nytte av de separate prosjektene beskrevet over, men vil fokusere på bruken av slike farkoster for fiskeri, samtidig som man også vil kunne ta inn forvaltningsaspekt. Tre mulige deteksjonstokt er også skissert i Appendix.

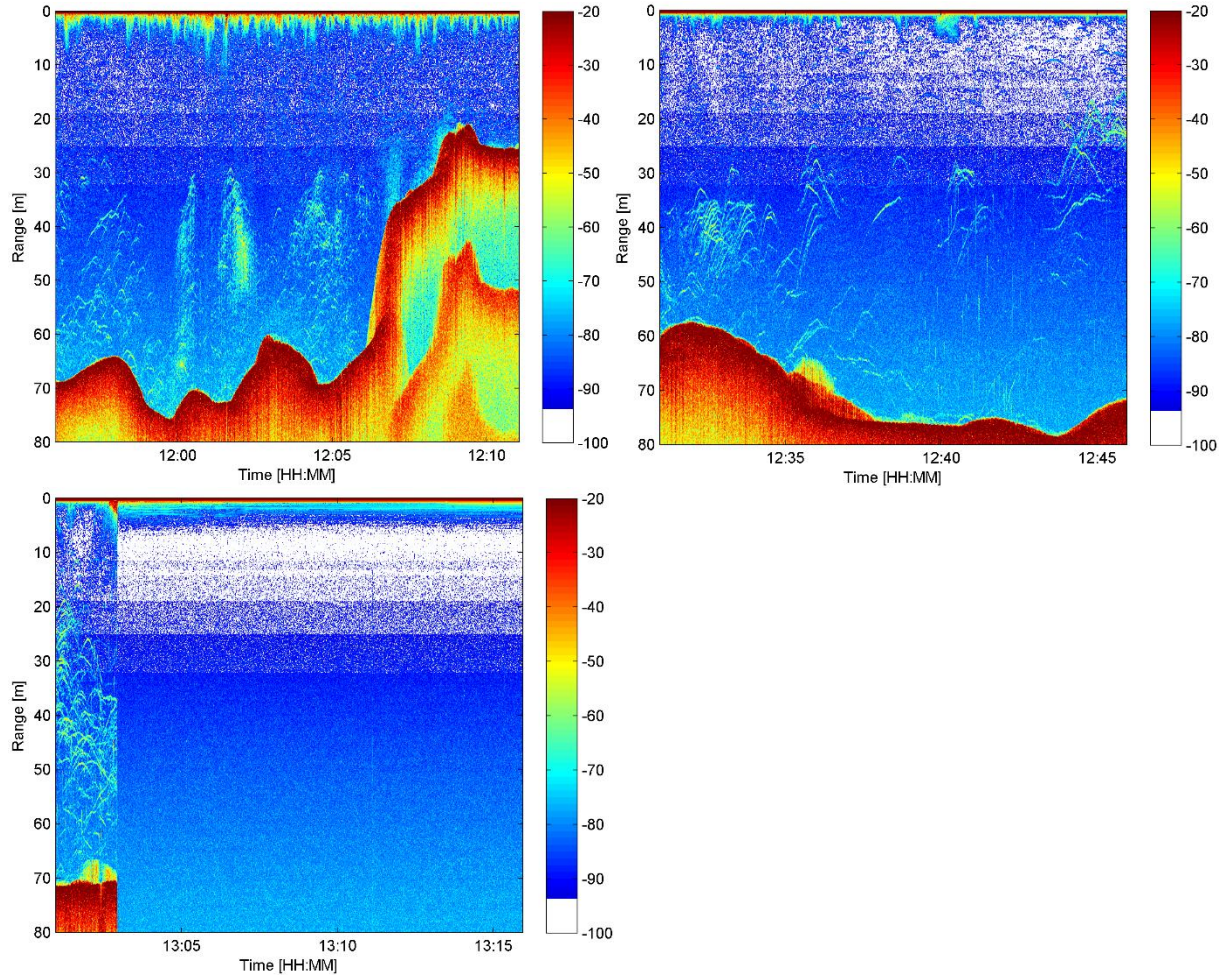
## Appendix A – Måledata

Alle måledata som er gjengitt med ekkogram under. Områdene henviser til Figur 1.

### A 1 Område 1 – Kifjorden

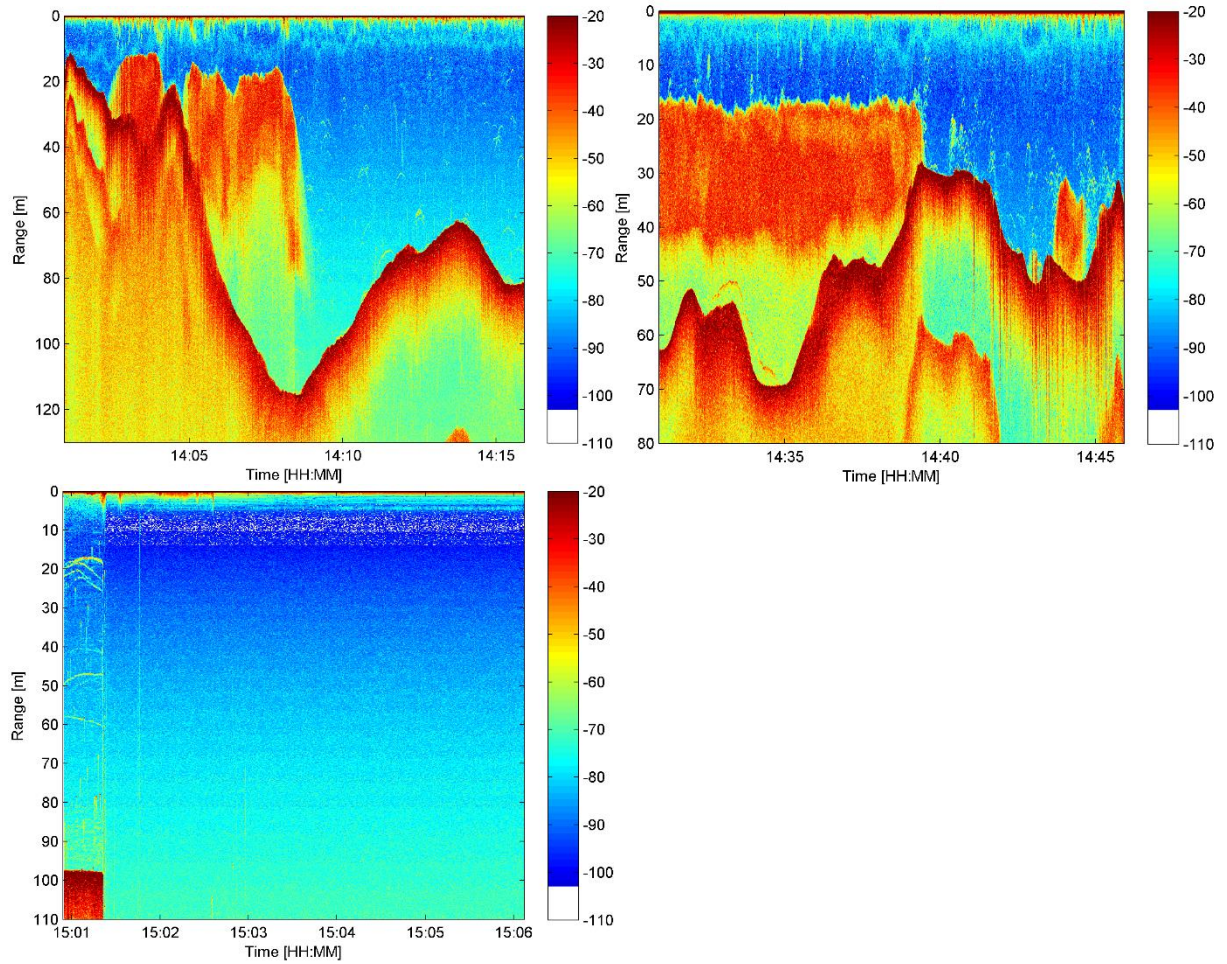


## A 2 Område 2 – Brattfjellgrunnen

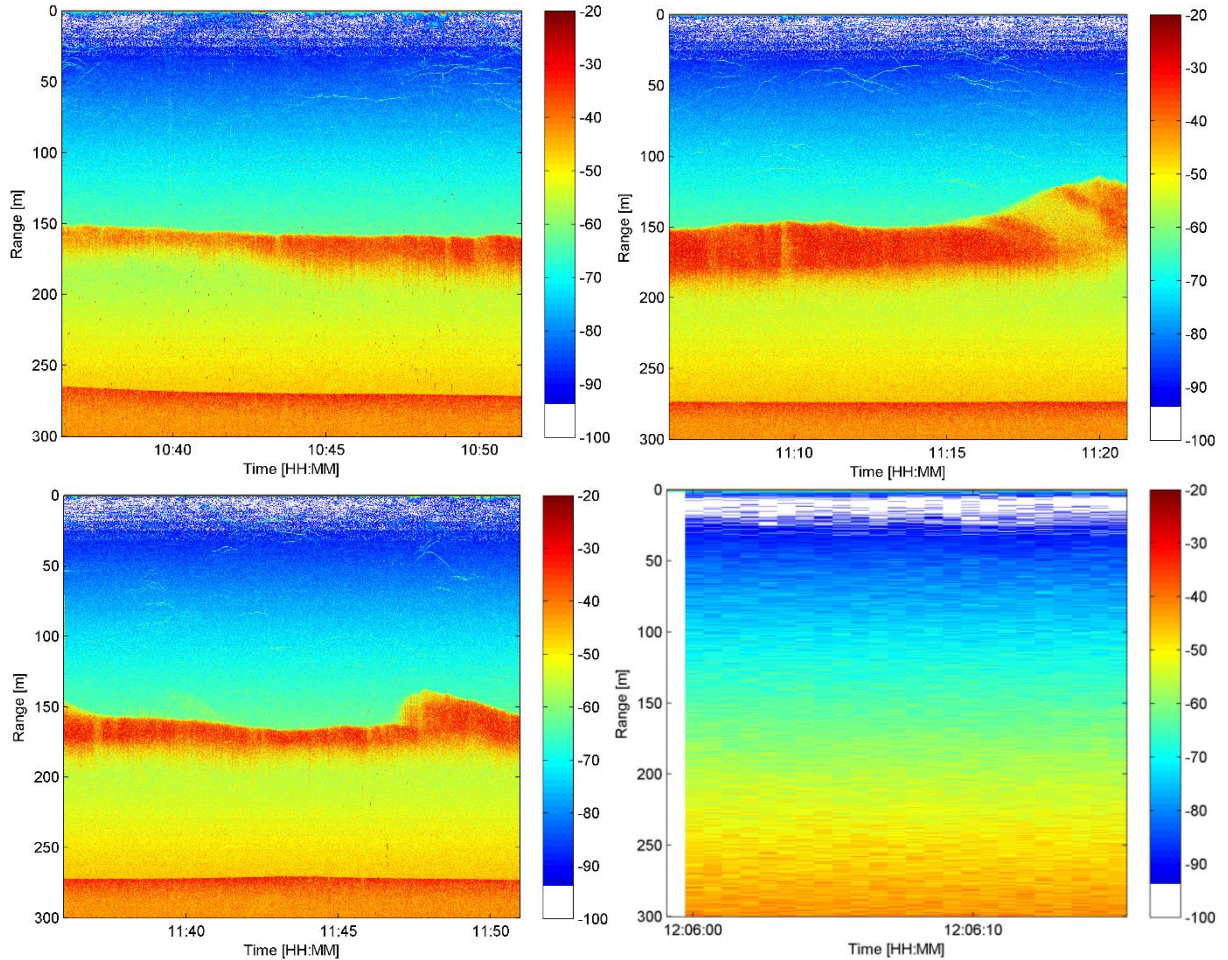




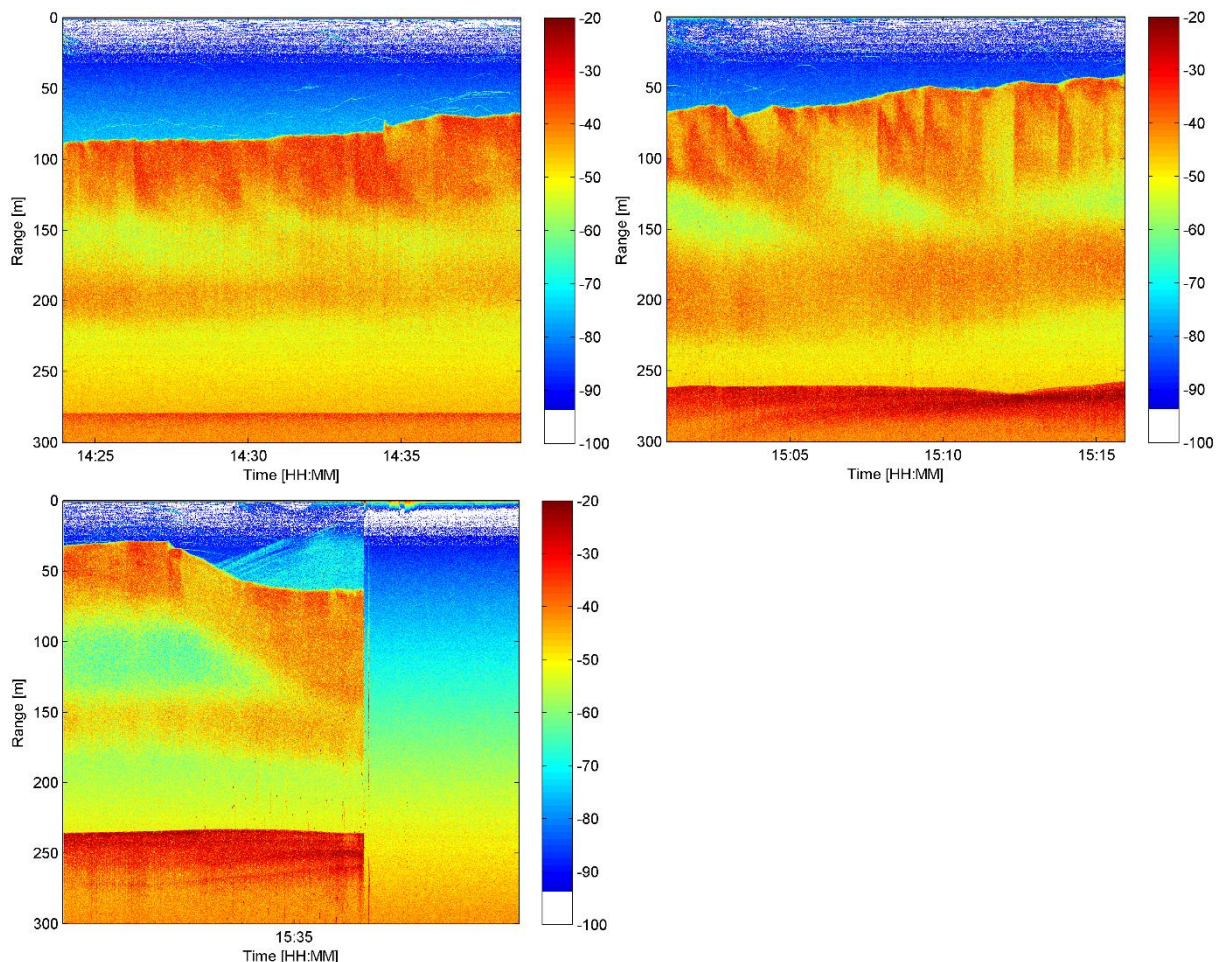
### A 3 Område 3 – Vengsøyleia



## A 4 Område 4 – Vengsøyfjorden indre



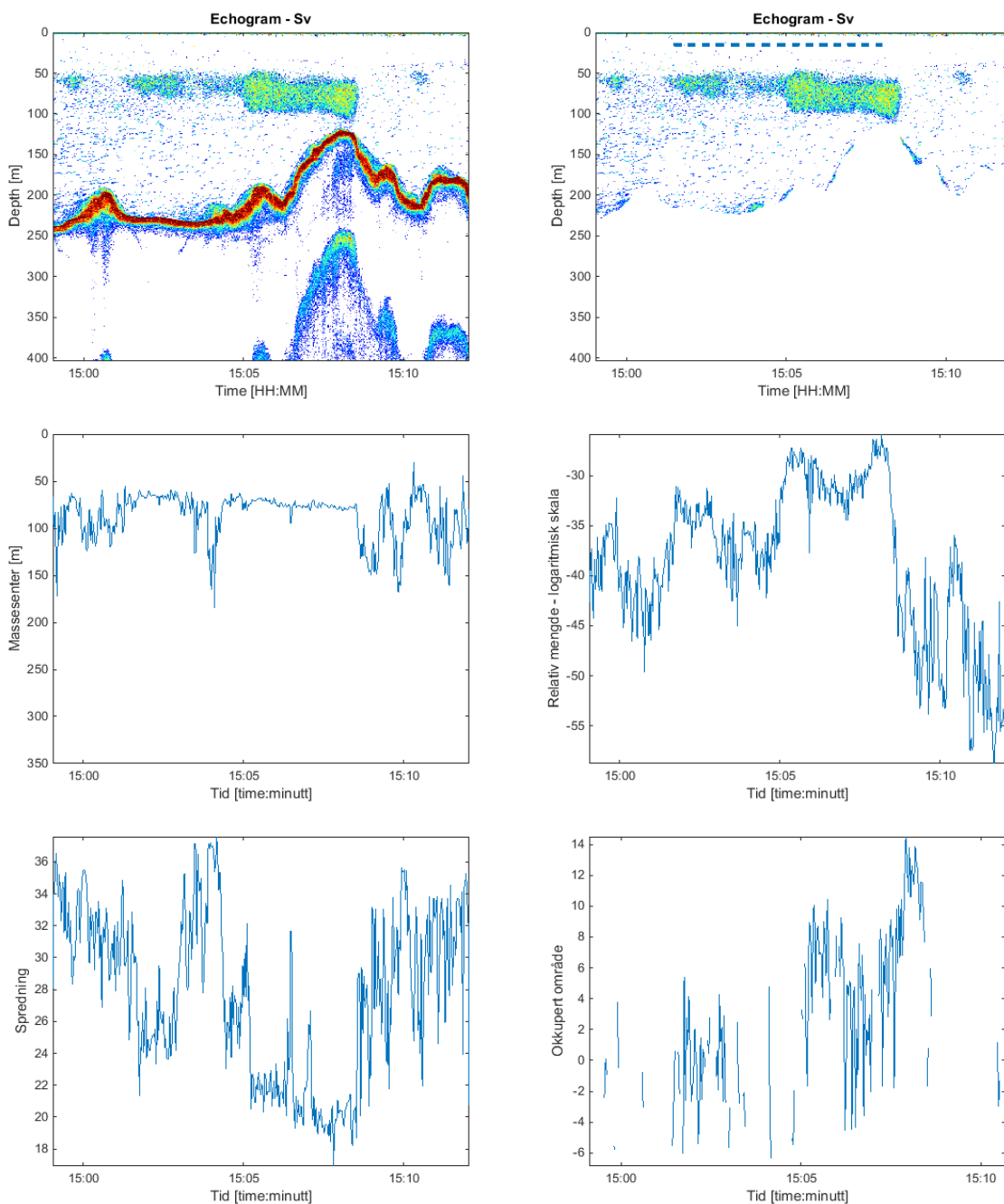
## A 5 Område 5 – Vengsøyfjorden ytre



## A 6 Tilleggseksempel - dataprosessering

### Eksempel: mindre stimer og varierende bunndyp (Simrad demo datasett, Ofotfjorden)

Dette eksempelet er mer utfordrende enn Figur 11 på grunn av varierende dyp, som gjør bunndeteksjon mer krevende. Ansamlinger av fisk ved bunnen i varierende grad gjør også den automatiske bunndeteksjonen mer krevende.



**Figur 19: Ekkogram med og uten bunn (øverste figurer) og beregnet massesenter, relativ mengde, spredning og okkupert område. Stiplet linje i øverste høyre figure viser at stim er detektert og tidspunkt for deteksjon, basert på parameterne beskrevet i teksten.**

## Appendix B – Formidling i forprosjektet (2016)

### Populærvitenskapelig formidling

#### Artikler i Fiskeribladet Fiskaren:

<https://fiskeribladetfiskaren.no/nyheter/?artikkel=45046>

<https://fiskeribladetfiskaren.no/nyheter/?artikkel=44378>

#### Nyhets saker og prosjektside på CMRs nettsider

<http://cmr.no/projects/10555/autonomous-surface-vehicles-for-fish-detection-fiskeletende-autonome-overflatefarkoster/>

<http://cmr.no/news/2015/12/17/fishhunting-with-our-sailbuoy/>

<http://cmr.no/news/2016/01/22/the-sailbuoy-plays-with-whales/>

<http://cmr.no/news/2016/09/13/fish-finding-with-autonomous-surface-vehicles-for-the-pelagic-fisheries/>

**Presentasjon ved Sjøforsvaret og Sjøkrigsskolens teknologiseminar 2016 – autonome overflatefarkoster.**

### Vitenskapelig formidling

R. Hauge, G. Pedersen, and E. Kolltveit, "Fish finding with autonomous surface vehicles for the pelagic fisheries," in *MTS/IEEE OCEANS'16*, 2016, p. 5.

### Nye relevante prosjekter startet i 2016/2017:

#### RFF Vest (start 2016/2017):

259001 – Offshore Sensing AS – «Autonom offshore overvåkning av fiskeegg og larver»

Implementering av EK80 på seilbøyer og demonstrasjon av overvåkning av fiskeegg og larver.

#### Norges Forskningsråd, institutt PhD ordningen (start 2017):

Lønn til stipendiat dekkes gjennom ordningen. CMR har i samarbeid med HI og UiB utarbeidet et prosjekt som vil ta i bruk autonome farkoster for langtidsovervåkning i Lofoten-Vesterålen, med sammenkobling av data fra undervannsobservatoriet og de autonome farkostene.

## Appendix C

### Et oppfølgingsprosjekt kan ha som hovedmål å:

- Demonstrere utholdende autonome overflatefarkoster for pelagisk fiskeleting og overvåkning

### Med delmål:

- Utvikles til et operativt verktøy for næringa
- Bidra med ny metodikk for kontinuerlig overvåkning av migrerende fiskearter
- Data og informasjon om fisketrekke for viktige arter

Basert på diskusjon med representanter fra næringen, har vi tre utgangspunkt for mulige demonstrasjonstokt i større skala for fiskeleting i et evt. oppfølgingsprosjekt. Det vises forenklete eksempler under med estimert tid for et transekt (Figur 20). Toktene vil også kunne ha forvaltningsrelevans:

#### 1) Norsk vårgytende sild. Periode: Januar-Mars. Område: Norskehavet

Hvor stor andel NVG sild som overvintrer i havet i vest, for eksempel nord av Færøyene, og hvor stor andel av dette som evt. ikke registreres under gytetoktet er kontroversielt. Autonome overflatefarkoster kan bidra med tilleggsinformasjon til gytetokt ved at de kan overvåke strategiske områder før og fram til slutten av gytevandringen. Bøyene vil dermed kunne være ute i en mye lengre periode enn det som er økonomisk mulig med tradisjonelle fartøy. De autonome farkostene kan også gjennom dette gi informasjon til planlegging av tokt (tid og område).

En mulig variant er at ved å benytte seilbøyer, antatt en middelhastighet på 1 knop (middelhastighet oppgitt av produsent er 1 til 2 knop): 1 bøye går en linje fram og tilbake mellom for eksempel 55 til 65°N, en linje vil ta om lag 10 dager avhengig av vind og strøm. Flere bøyer vil kunne dekke området flere ganger i samme periode, hvor bøylene til enhver tid befinner seg på ulike punkt i området. I eksempeltransektet er bunn-dypet stort langs transektet og man vil ikke kunne dekke hele vannsøylen.

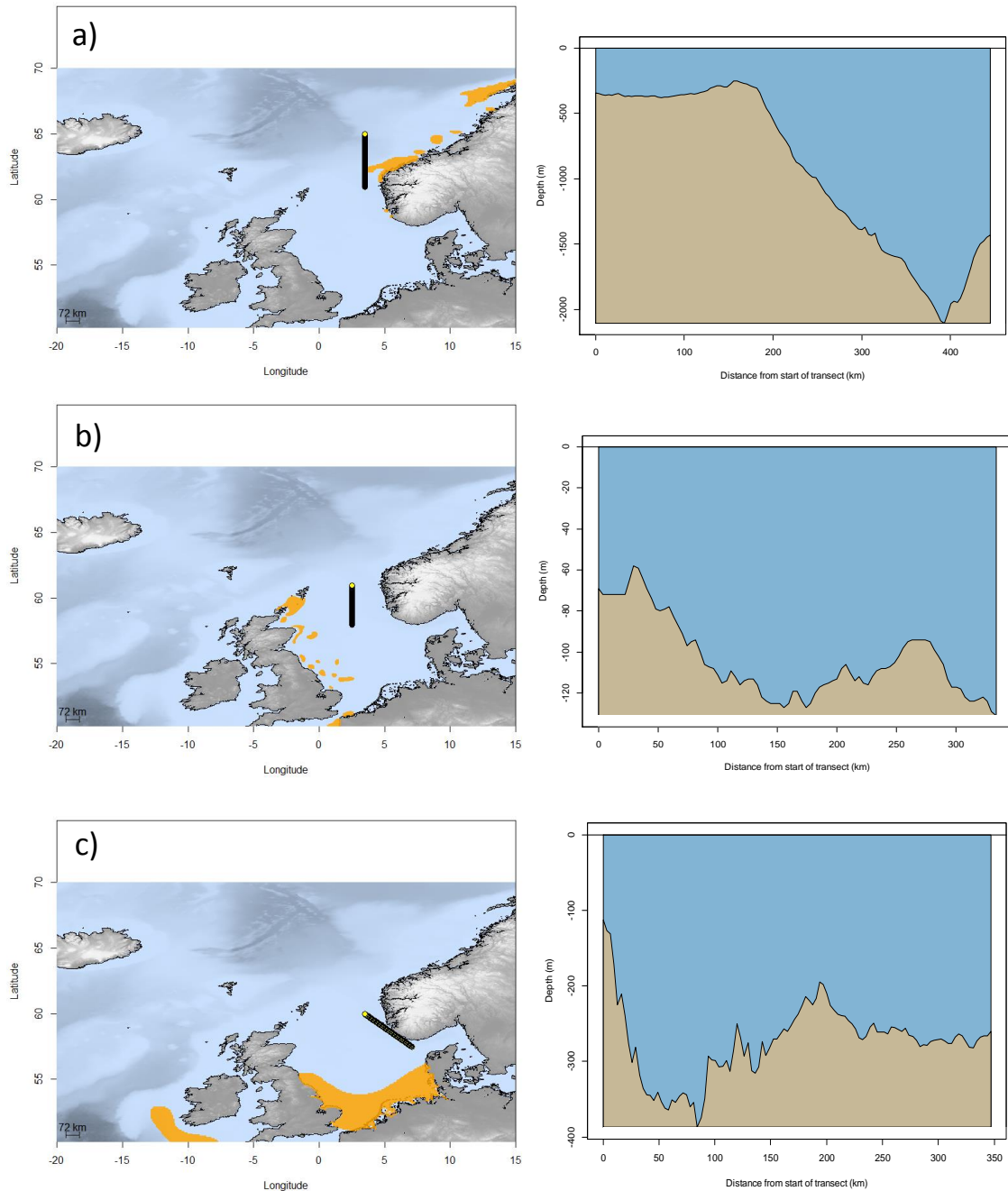
Andre konfigureringer og transekt er mulig, for eksempel øst-vest. Endelig design bør baseres bla på erfaringer fra seneste gytesesong.

#### 2) Nordsjøisild. Periode: Fra August: Område: mellom 58 og 61 grader nord

Nordsjøisilda domineres av den høstgytende silda, som gyter vest i Nordsjøen. Silda trekker mot bla områdene mellom Skottland og Shetland for å gyte, larvene driver mot sørøstlige deler av Nordsjøen og Skagerak. Det er eksempler på at det brukes mye ressurser på å finne Nordsjøisilda. Kontinuerlig overvåkning/deteksjon av sildetrekke langs et transekt fra 58 til 61 grader nord, med samme forutsetninger som 1) vil ta litt over åtte dager med en bøye. Bunn-dypet tilsier at man vil kunne overvåke hele vannsøylen langs eksempeltransektet.

#### 3) Hestmakrell. Periode: Fra August, Område: Nordsjøen 60 grader og sør til Skagerak

Hestmakrell er også en art det brukes mye ressurser på å finne. Hvor og når den «dukker opp» er variabelt fra år til år, og den har blant annet vært funnet ved Egersund og i Skagerak. Hestmakrellen gyter på vår/sommer og vandrer nord inn i Nordsjøen og Norskehavet. Kontinuerlig overvåkning/deteksjon av hestmakrell langs et transekt fra 60 til 57.5 grader nord (3.5 til 7 grader øst), med samme forutsetninger som 1) vil ta litt omlag åtte dager med en bøye. Bunn-dypet tilsier at man vil kunne overvåke hele vannsøylen langs store deler av eksempeltransektet, med unntak av de dypeste partiene av Norskerenna.



**Figur 20. Eksempeltransekt med bunndyp. a) NVG-sild, b) Nordsjø-sild, c) hestmakrell. Gyteområde (fra [www.imr.no](http://www.imr.no)) er markert med oransje.**

## Referanser

- [1] L. Lippsett, "Shifting Tactics in Shifting Shoals : Oceanus Magazinee," *Ocean. Mag.*, vol. 49, no. 2, 2012.
- [2] "IRIS - Unmanned Survey Vessel." [Online]. Available: <http://woodshole.er.usgs.gov/operations/sfmapping/iris.htm>.
- [3] "The Dead Sea's fresh water - Maritime Journal." [Online]. Available: <http://www.maritimejournal.com/news101/marine-civils/hydrographic-survey/the-dead-seas-fresh-water>.
- [5] R. Hauge, G. Pedersen, and E. Kolltveit, "Fish finding with autonomous surface vehicles for the pelagic fisheries," in *MTS/IEEE OCEANS'16*, 2016, p. 5.