

COMPANY SHARED



KONGSBERG

Fiskevelferd i bølger og strøm på utaskjærs lokaliteter

Doc No:	471078
Revision:	A
Project:	Ocean Farm 1
Status:	This document is under configuration control at Kongsberg Maritime.

KONGSBERG PROPRIETARY. This document and its accompanying elements contain KONGSBERG information which is proprietary and confidential. Any disclosure, copying, distribution or use is prohibited if not otherwise explicitly agreed with KONGSBERG in writing. Any authorized reproduction, in whole or in part, must include this legend. ©2020 KONGSBERG - All rights reserved.

Document history

<i>Revision</i>	<i>Description of Change</i>
A	First Issue FRK/TRS/BFL

Innhold

1	Innledning	4
2	Sensorer på OF1	5
2.1	Sensorplassering	6
3	Fiskevelferd = fiskeatferd	7
3.1	Ekkolodd på OF1	8
3.2	Atferd i bølger	11
3.3	Atferd i strøm	18
3.4	Stimatferd og døgnvariasjon	22
3.5	Synkronsvømming	25
4	Oppsummering	27
5	Referanser	28

1 Innledning

Store bølger og sterk strøm kan tenkes å påvirke fiskevelferd på havfarmer. I denne rapporten vises det til erfaringer fra Ocean Farm 1 (OF1) med anbefaling til sensorutrustning for utaskjærs lokaliteter. Det blir vist eksempler på atferd i forhold til bølger og strøm. Andre eksempler som fra fôring og tid på døgnet er tatt med fordi de hører naturlig med i når eksempler på adferd skal beskrives. Erfaringene fra OF1 har vært viktige innspill til løsninger for overvåking av fisk og miljø på Smart Fish Farm.

Atferd er en god velferdsindikator som på OF1 observeres med kamera og ekkolodd. Tolkning av observasjoner på kamera og ekkolodd i forhold til bølger og strøm, eller andre forhold, er avhengig av flere sensorer. Tre ADCP-er (Acoustic Doppler Current Profiler) måler vannstrømpofil vertikalt og horisontalt, samt bølger (høyde, lengde og retning) på utsiden av merda. Kamera har en egen sensor for måling av lokal vannstrøm inne i merda. Data fra alle sensorene vises i et felles visningsverktøy (K-Fins) og lagres i parallell om bord og i sky for presentasjon og sammenlignende analyse av historiedata. OF1 har en sensorutrustning særlig egnet til vurdering av fiskevelferd i forhold til bølger og strøm. I tillegg har OF1 sensorer for saltholdighet, partikler i vannet, algekonsentrasjon, støy (hydrofon) og fotosyntetisk lys (se tabell).

Sensorer for vurdering av fiskevelferd i forhold til bølger og strøm på OF1 er skissert nedenfor.

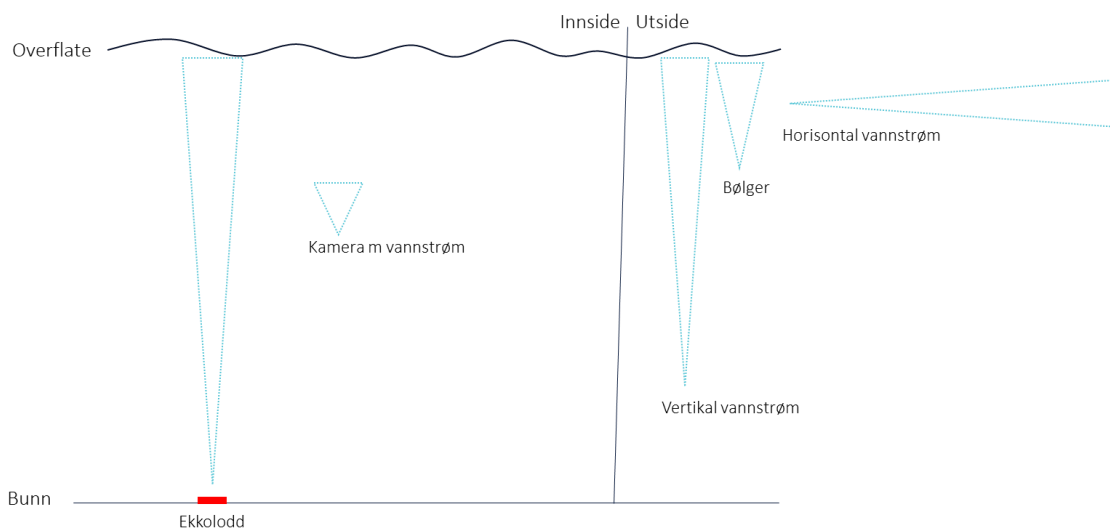


Figure 1. Sensorer på OF1 for vurdering av fiskevelferd i forhold til bølger og strøm; ekkolodd, kamera med lokal vannstrømmåling inne i merda, og tre ulike ADCPer for måling av vertikal og horisontal vannstrøm og bølger utenfor merda.

2 Sensorer på OF1

Tabellen under gir en oversikt over alle sensorene som er installert under vann i OF1.

Sensor	Bruk av informasjon
12 EK80 ekkolodd	Fiskens atferd/velferd, vertikal og horisontal fordeling av fisk, biomasseindeks, fiskestørrelse, vekst, fôrspill, uttak.
4 Kamera	Appetitt, fôrspill, fôringskontroll, atferd, sykdom, sårskader.
20 Oksygen	Fiskevelferd og sikkerhet for fisken, innspill til beslutning om fôrmengde, appetitt.
16 Temperatur	Fiskevelferd, innspill til beslutning om fôrmengde
ADCP horisontal ADCP vertikal	Vannhastighet måles i flere punkter i en vertikalt og horisontalt profil
AWAC	Bølgemåling og vertikal strømningsprofil ved merda
4 Vector	Måler vannhastighet på 4 punkter inne i merda.
Salinitet	Vannkvalitet
Fluorometer	Algeblomstring
Turbidimeter	Partikler
PAR – Photosyntetic Active Radiation	Fotosyntetisk lys
Hydrofon	Måler akustisk støy, avgjøre om lydbildet er stressende for fisken.

2.1 Sensorplassering

Figure 2 viser plasseringen av sensorene på Ocean Farm 1. Den stive merdkonstruksjonen er godt egnet både med tanke på praktisk installasjon av sensorer og på stabile målebetingelser, noe som gir data av høy kvalitet. En stiv merdkonstruksjon er også positivt med tanke på fiskevelferd fordi den ikke deformeres i høy strøm og dårlig vær.

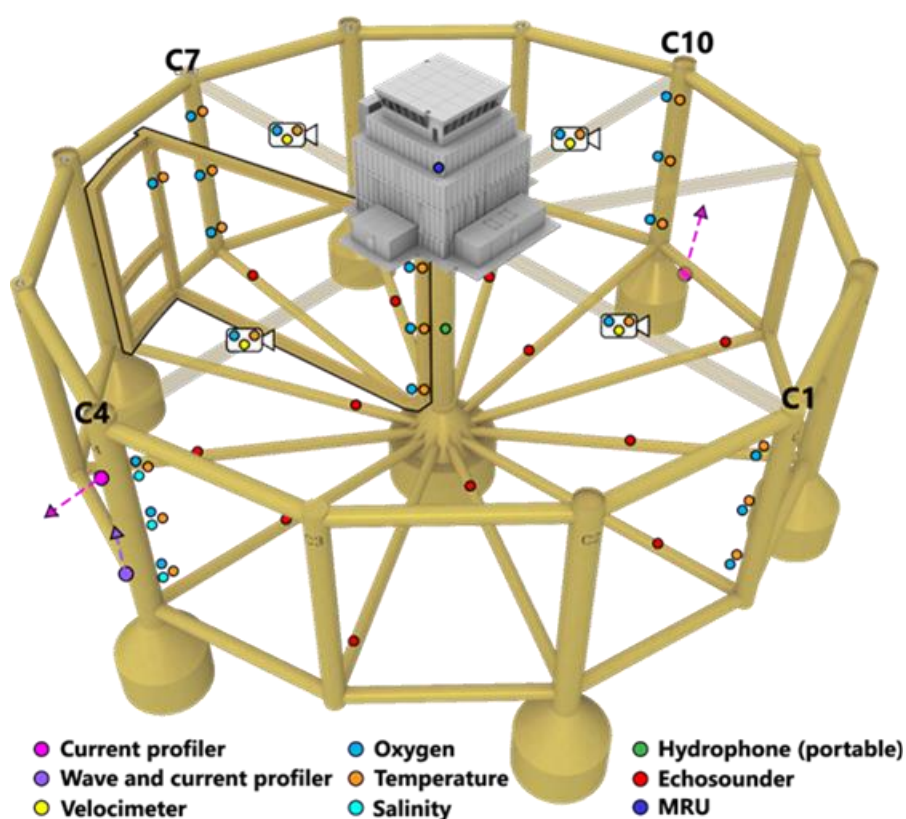


Figure 2. Sensorplassering på Ocean Farm 1

Sensorer for alger, turbiditet, fotosyntetisk lys har ingen fast plass i merda og benyttes etter behov.

3 Fiskevelferd = fiskeatferd

Fiskevelferd har stor oppmerksomhet i kommersielt oppdrett hos så vel oppdretter som hos myndigheter, politikere, forbrukere og dyrevernerne. En egen håndbok for fiskevelferd «Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd» omtaler operative velferdsindikatorer for havmerder (Noble et al., 2018). Disse omfatter miljøbaserte, gruppebaserte og individbaserte indikatorer.

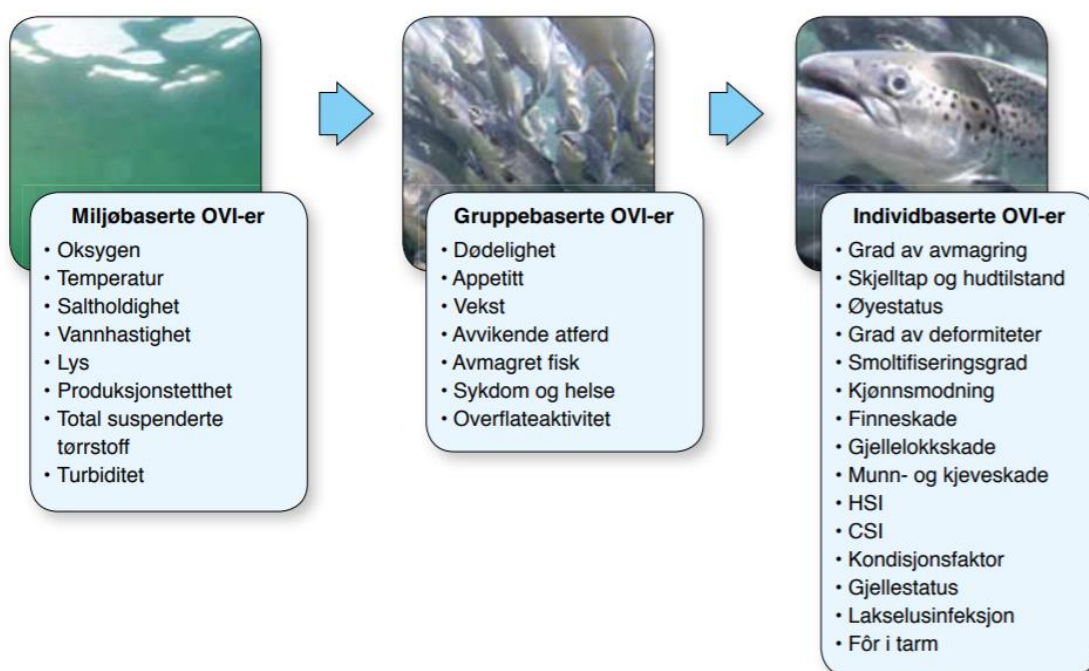


Figure 3. Oversikt over OVI-er som er egnet for sjømerder. Miljøbaserte OVI-er omhandler oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI-er omhandler oppdrettspopulasjoner, mens individbaserte OVI-er omhandler enkeltindividet (Noble et al, 2018 s. 167). Vannmiljø atferd, tilvekst og dødelighet er viktige indikatorer på fiskevelferd.

God fiskevelferd sikrer god tilvekst og lav dødelighet. Fisk som trives, vokser godt og blir sjeldnere syk. Stresset fisk vokser dårligere og blir lettere syk. Optimalisering av fiskevelferd er derfor sentralt for lønnsom og forsvarlig drift. Atferd er vurdert som et av de beste målene på fiskevelferd. Fisk som har god velferd vil ha stor dynamikk i svømmeaktivitet og stiming, og reagere spontant på fôring og andre påvirkninger. Dårlig velferd med stress og sykdom sees som liten eller ingen reaksjon på fôring, stereotyp og treg svømming og manglende stimatferd (Noble et al., 2018).

I fagmiljøene letes det etter bedre indikatorer på fiskehelse hvor metoder som ikke krever fysiske inngrep eller fysiske prøveuttak av fisk, er ønsket. Ekkolodd fjernmåler atferd uten å forstyrre fisken og uten fysiske inngrep. Ekkolodd gir en god beskrivelse av fiskens atferd i form av stiming, aktivitetsnivå, svømmehastighet, appetitt, og distribusjon.

Kamera er det tradisjonelle verktøyet for å observere fisk, men har rekkeviddebegrensninger og kan ikke brukes når det er mørkt og når sikten er dårlig. Ekkolodd er upåvirket av sikt og mørke.

3.1 Ekkolodd på OF1

Til sammen 12 ekkoloddsvingere er fordelt i bunnen av merda med de akustiske strålene pekende rett mot overflaten. Dette gir en god oversikt over laksens romlige fordeling i merda og atferd i form av stiming og aktivitet hos enkeltfisk (svømmehastighet og retning). En frekvens på 70 kHz ble valgt fordi den antas å være mere robust mot demping og gi mere stabil ekkostyrke fra fisk enn høyere frekvenser (lavere direktivitet). På 70 kHz er den vertikale oppløsningen < 2 cm.

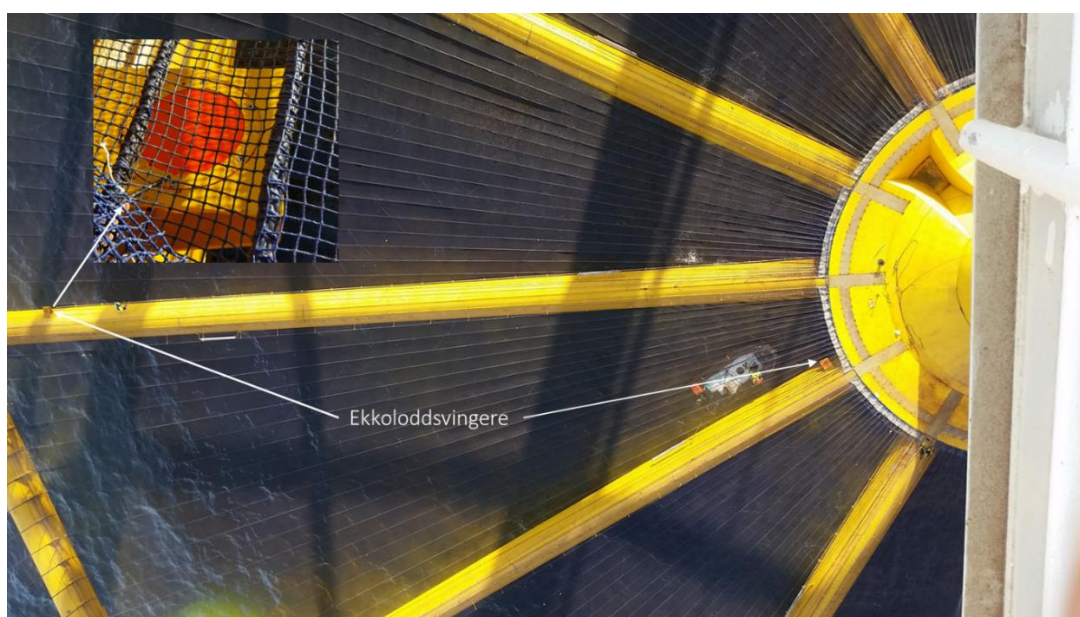


Figure 4. Ekkoloddsvingere og installasjon. Til sammen 12 ekkoloddsvingere er montert på OF1.

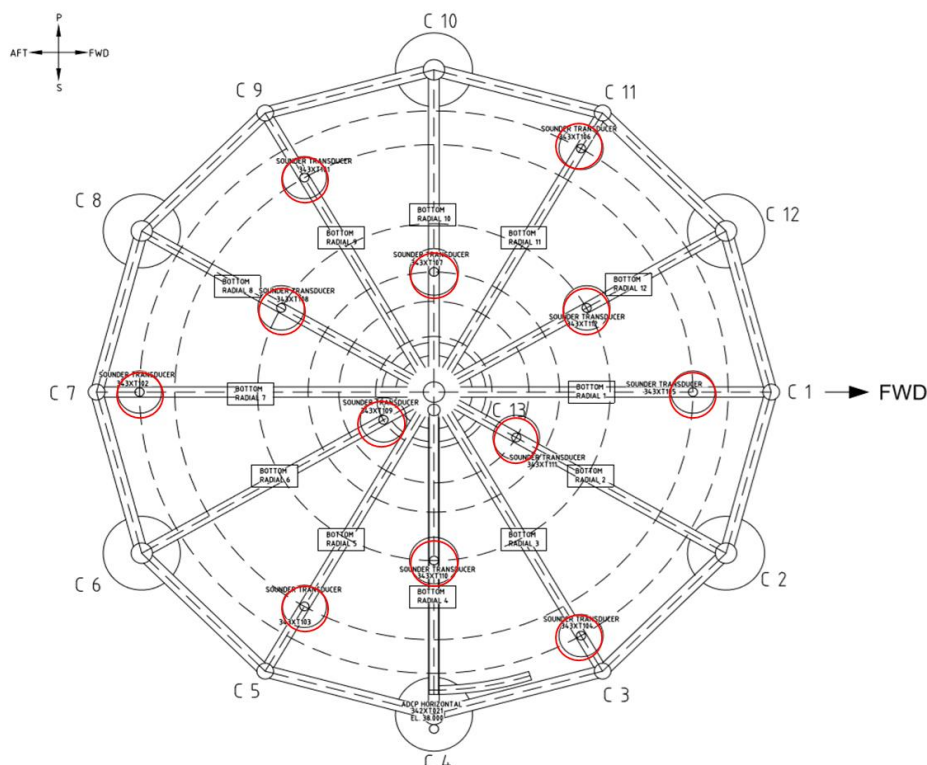


Figure 5. Posisjon på de 12 EK80 svingerne med indikasjon av sirkulært dekningsareal i overflaten (røde sirkler).

Åpningsvinkel på svingerne er 7 grader. Dette er en relativt smal stråle som gir god oppløsning av enkeltfisk. Observasjon av individuelle fisk er viktig for tolking av fiskeatferd. Vanddyptet i merda er rundt 30 m. En 7 graders åpningsvinkel vil da dekke et sirkulært areal i overflaten med en diameter på 3.6 m. Strålens volum blir 100 m^3 . For alle 12 loddene er samlet volum 1200 m^3 . Med et merdvolum på $250\,000 \text{ m}^3$ dekker loddene $<0.5\%$ av merdvolumet. Dette kan synes lite, men når vi tar høyde for at fisken beveger seg hele tiden, og at det er den samme gruppen fisk som observeres, blir dekningsgraden over tid god.

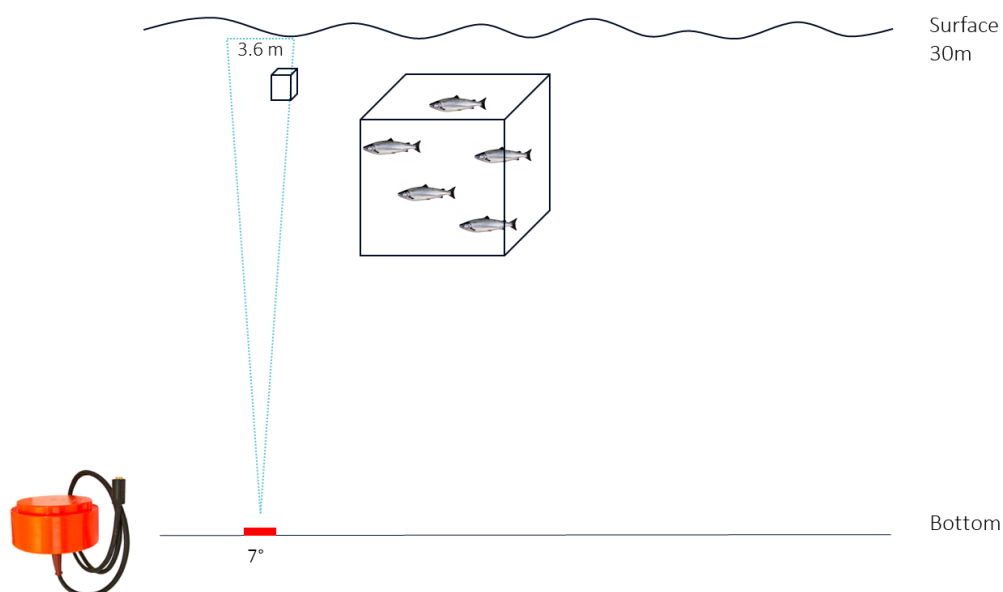


Figure 6. En 7 graders åpningsvinkel gir en 3.6 m bred stråle i overflaten om rekkevidden er 30 m. Volumet av strålen er 100 m^3 . Med en fisketetthet på 5 fisk/m^3 vil det i snitt være 500 fisk i hver ekkoloddstråle. De tolv ekkoloddstrålene har et samlet volum på 1200 m^3 og dekker 0.5% av merdvolumet på $250\,000 \text{ m}^3$.

Eksempel på ekkogram fra OF1 er vist nedenfor. Dette er fra ett av de 12 ekkoloddene med eksempler på den informasjon som vises i sanntid. Ekkogrammet viser vertikal fordeling av fisk og ekko fra fiskespor med svømmeretning. Biomasse og størrelsesfordeling vises også, men beregningene er ustabile grunnet den store fisketettheten i merd. Ekko fra overflaten kan brukes til å avlese bølgebevegelse.

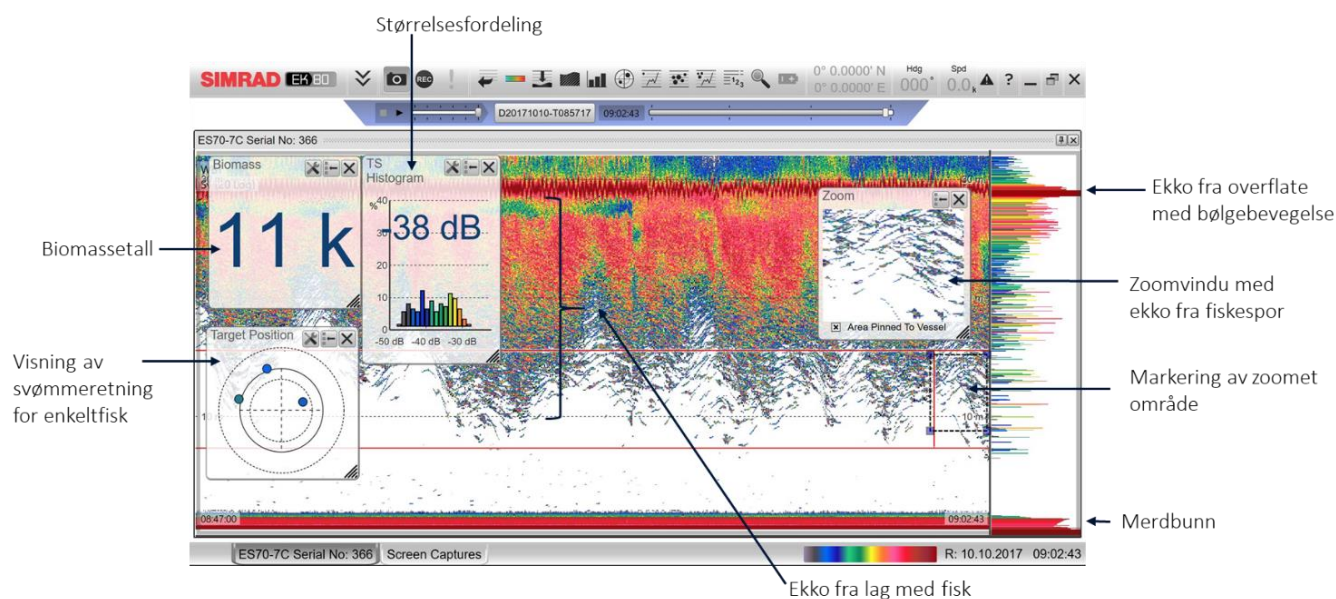


Figure 7. Ekkogram fra ett av ekkoloddene på OF1 med eksempler på hvilken informasjon som kan vises i sanntid.

3.2 Atferd i bølger

Bølgemålinger på OF1 over 2 produksjonssyklusler viser at maksimalt målt bølgehøyde var 6.2 m, mens midlere maksimal bølgehøyde var 1.1 m (målt over 20 min.). Tilsvarende verdier for signifikant bølgehøyde var henholdsvis 3.7 m og 0.7 m. Figuren nedenfor viser at bølgehøyden i all hovedsak var under 1 m.

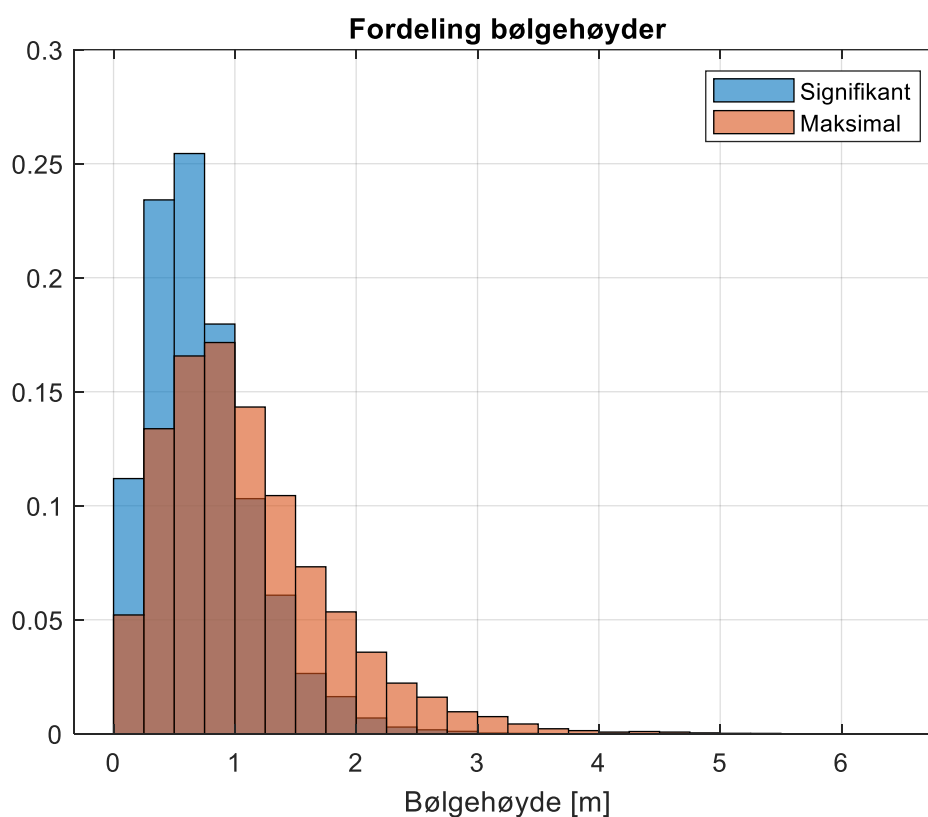


Figure 8. Andel av bølgehøyder gjennom 2 produksjonssyklus på OF1. Figuren viser 20 minutters middelværdi av maksimal og signifikant bølgehøyde. Bølgehøyder over 2 m forekommer sjelden, og i mesteparten av tiden er bølgene under 1 m.

Ekkogrammer fra alle 12 ekkoloddene kan vises samtidig eller enkeltvis. Nedenfor vises alle ekkogrammer fra en dag med bølger (10.10. 2018) og fra en dag hvor det er vindstille (29.08. 2019). Ekkogrammene viser at bølgehøyden kom opp i 2 m. På dager med bølger dannes det ofte et lag med luftbobler rett under overflaten. Ekko fra boblelaget må ikke forveksles med fiskeekko. Boblelaget kan også maskere ekko fra fisk. Både når det er bølger og vindstille observeres fisk helt opp til overflaten. Ellers viser ekkogrammene vertikalfordeling av hele lag med fisk, mindre stimer av fisk og spor av enkeltfisk. Sporene brukes til å bestemme fiskens svømmehastighet og retning.

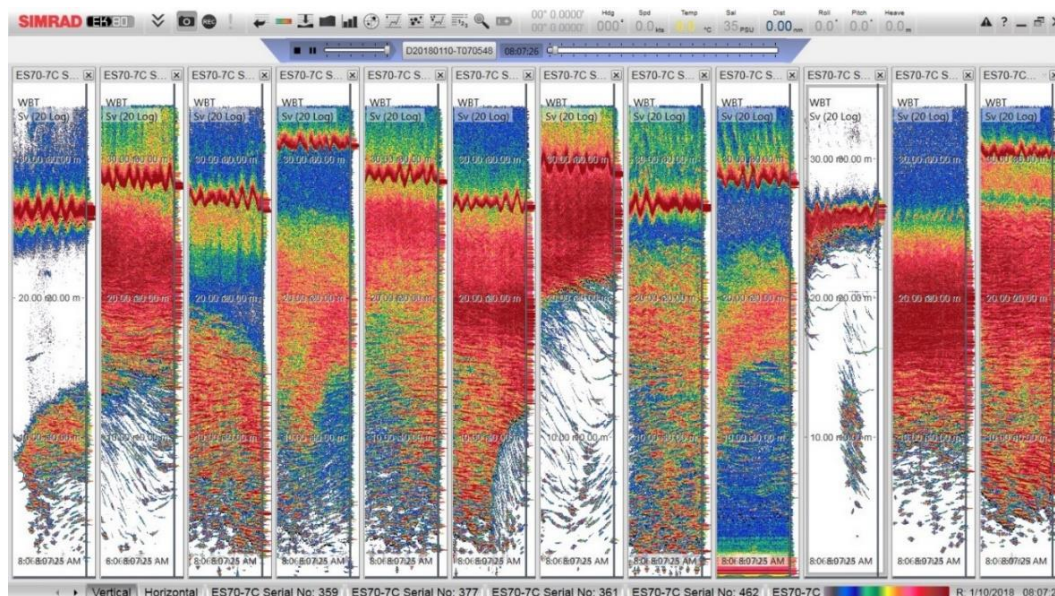


Figure 9. Ekkogrammer fra en dag med bølger («siksakk» overflate-ekko)

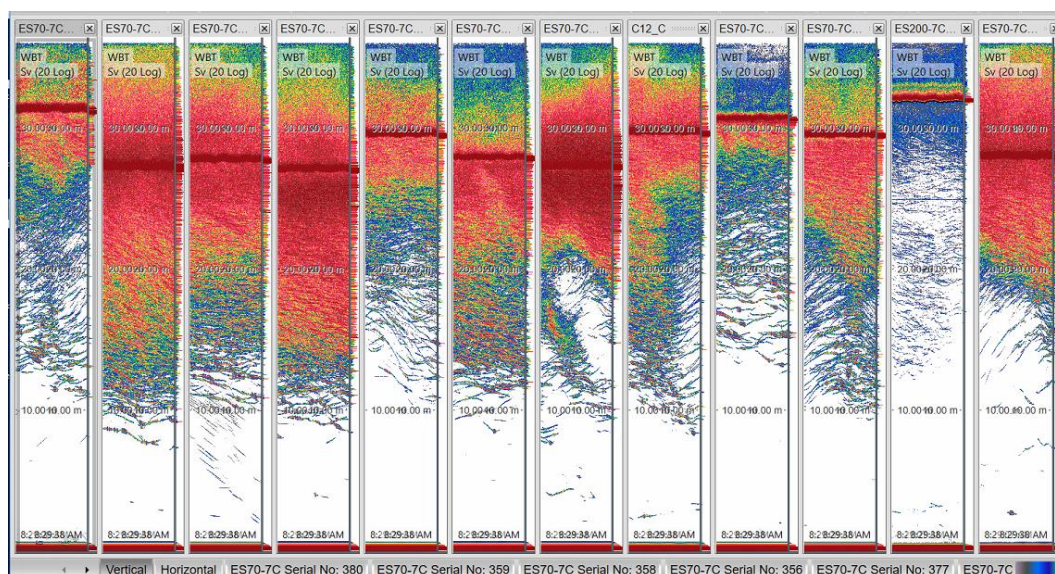


Figure 10. Ekkogrammer fra en vindstille dag uten bølger viser flatt overflate-ekko.

Ekkogrammer fra alle 12 EK80ene på en dag med vind (øverst) og på en vindstille dag (nederst). Ekkogrammene viser en bølgehøyde på opp mot 2 m. Ekko fra laks sees i alle ekkogrammene som stimer, lag og spor av enkeltfisk. Observert atferd kan være svært forskjellig på de 12 ekkoloddene, men fisk observeres helt i overflaten både når det er stille og når det er bølger.

Nedenfor vises et ekkogram fra dag med relativt mye bølger (03.06. 2020). I ekkogrammet leses en maksimal bølgehøyde til 3 m. Dette er i samsvar med data fra bølgemåleren. Selv ved denne bølgehøyden står fisken helt i overflaten og synes upåvirket av bølgene. Ved bølgehøyder over 3 m begynner det å bli vanskelig se hvor nært fisken står overflaten, særlig når det bygger seg opp et lag av luftbobler nært overflaten.

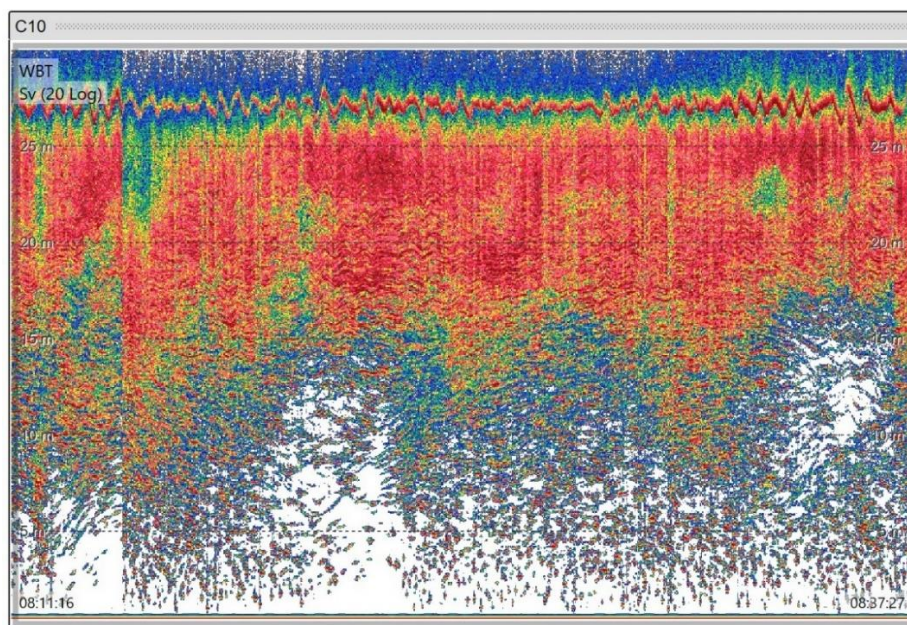


Figure 11. Ekkogram fra dag med bølger (03.06. 2020). Enkelte bølger kan komme opp i en høyde på 3 m. Fisken står helt i overflaten, og fordeler seg i et lag som avtar i tetthet med økende dyp.



Figure 12. Bølgehøyde i perioden 31 mai. til 17. juni målt med ADCP bølgemåler montert på utsiden av merda. Den 3. juni (svarer til ekkogrammet over) var maksimal og signifikant bølgehøyde henholdsvis 3.1 m og 1.8 m.

Nedenfor vises et eget verktøy hvor tidsserier av ekkogrammer fra alle 12 ekkolodd presenteres samtidig. Ekkogrammene kan overlages med alle typer sensordata og gir en umiddelbar oversikt over totalbildet i hele merda med mulighet til å zoome inn på spesielle begivenheter og scrolle gjennom lange tidsserier. Eksempelet viser ekkogrammer fra alle ekkoloddene over 6 timer kvelden 21.02. 2020. Det øverste ekkogrammet er en forstørret utgave av det neste for å gjøre dette lesbart. Maksimal bølgehøyde er overlagret som den lyseblå kurven (bølgehøyde i meter angis på y-aksen, klokkeslett på x-aksen) og viser at den var 3.8 m meter med en periode på 5.5 s med retning fra vest. Strømmen er lav (0.05 m/s) med retning fra sør. I dette tilfellet står fisken på bølgeretningen, heller enn på strømmen.

På grunn av mye vind og bølger denne kvelden er overflateekko ikke lenger synlig (høy fisketetthet vil også redusere overflateekko), men ekkogrammene viser at fisken bruker mesteparten av merddypet, selv om det er vanskelig å se hvor nært overflaten fisken står. Overflateposisjon kan imidlertid også bestemmes ut fra merdas dypgang.

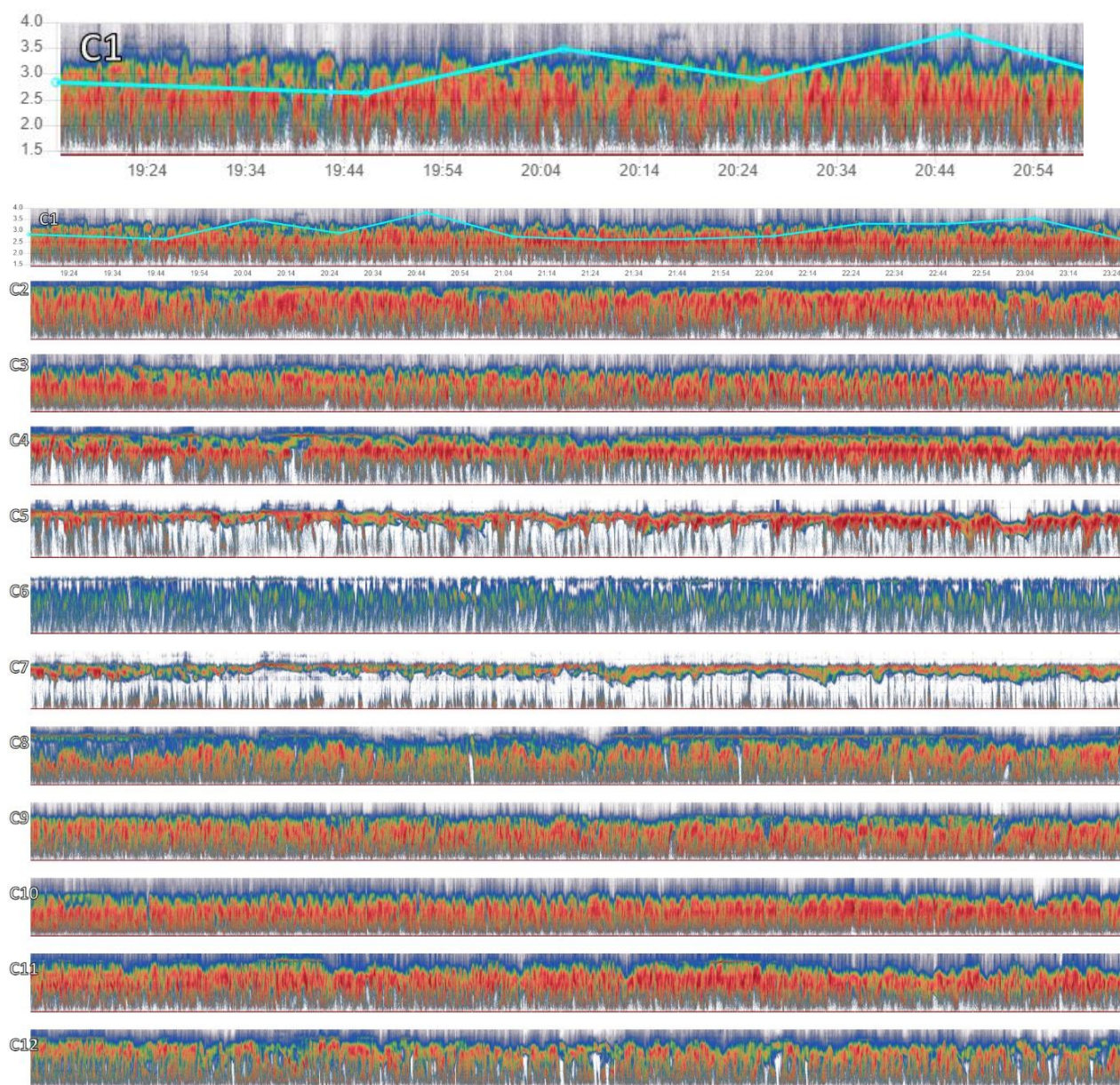


Figure 13. Ekkogrammer fra alle 12 ekkolodd på OF1 kvelden 21 februar 2020 hvor maksimal bølgehøyde var nærmere 4 m. Det øverste ekkogrammet er en forstørret utgave av det neste. Y-aksen er maksimal bølgehøyde i meter. X-aksen er klokkeslett. I de fleste ekkogrammene fordeler fisken seg i hele merddypet.

Det er ingen regel for hvordan fiskens observerte atferd endres under fôring. Noen ganger sees klare endringer, andre ganger vises ingen tydelig respons. Noe av forklaringen kan være at ingen av ekkoloddene står montert rett under et fôringspunkt. I noen situasjoner vil imidlertid strømmen føre fôret over et nærliggende ekkolodd og mulig fôringsrespons hos fisken kan observeres. Ekkogrammet nedenfor er fra et ekkolodd i nærheten av et utfôringspunkt 29.09. 2019. Fôringen starter i midten av ekkogrammet og det er tydelig at flere fisk samler seg i fôringsområdet. Det skrå blågrønne mønsteret nederst til høyre i ekkogrammet er ekko fra en gruppe synkende pellet. Enkeltpellet kan oppløses. I dette tilfellet er det nesten ingen bølger.

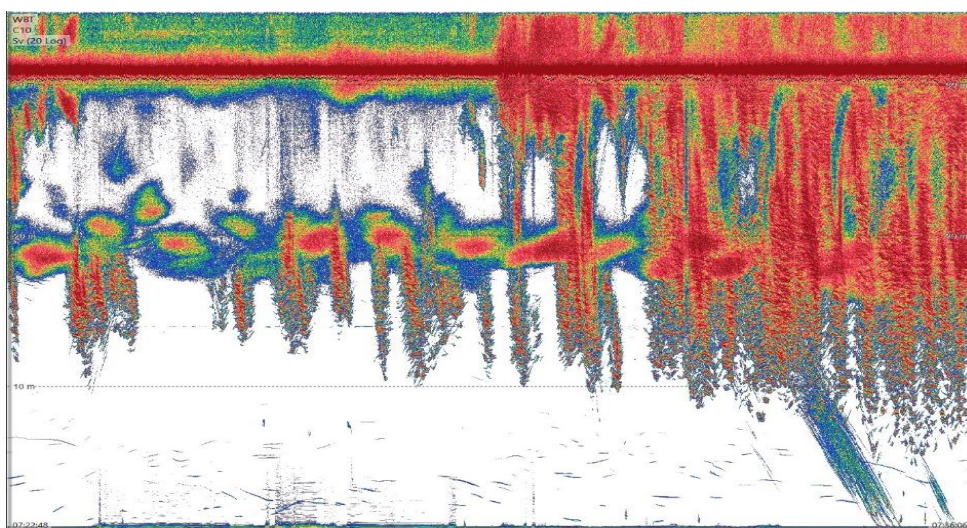


Figure 14. Ekkogram fra fôringsområdet. Fôring starter i midten av ekkogrammet og en tydelig økning i fiskemengde observeres. Nederst til høyre kan ekko fra synkende pellet sees.

Eksempelet nedenfor viser at en fôringsrespons opprettholdes selv ved en bølgehøyde på 4.5 m. Figuren viser variasjon i biomasse (s_v) for et ekkolodd i nærheten av et utfôringspunkt over 3 døgn. De grønne områdene markerer når det fôres og viser en klar sammenheng mellom fôring og økning i biomasse.

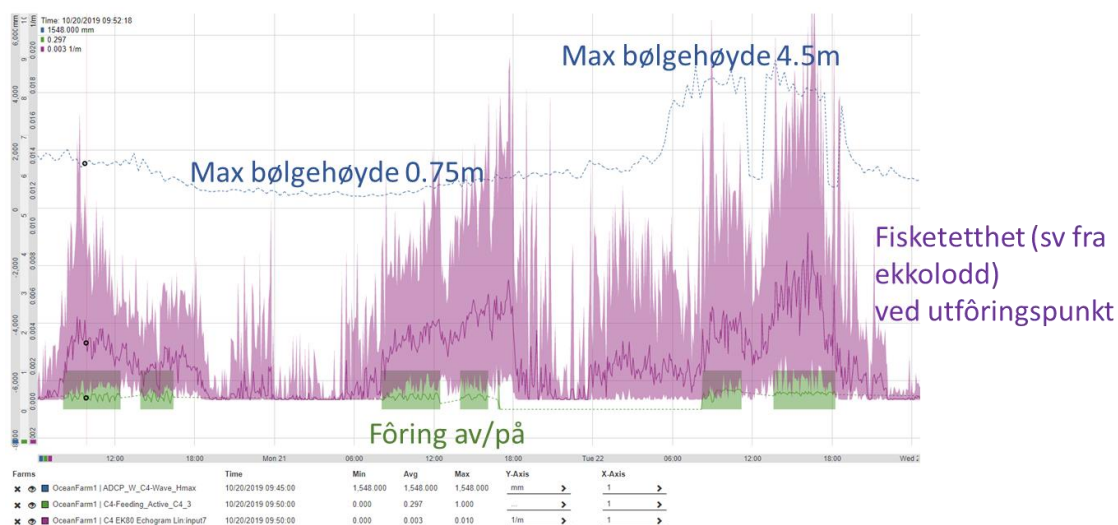


Figure 15. Endring i biomasse over 3 døgn målt på et ekkolodd i nærheten av et utføringspunkt. De grønne områdene markerer når det fôres, og viser en klar sammenheng mellom fôring og økning i biomasse selv i 4.5 m bølger.

3.3 Atferd i strøm

Vannstrøm er viktig for tilførsel av friskt og oksygenrikt vann i merda. En viss vannstrøm er også positivt med tanke på at fisken holder seg i bevegelse, noe som sikrer en god kondisjonsindeks. For høy vannstrøm kan imidlertid føre til at fisk utarmes og dør. Tabellen nedenfor viser svømmeatferd hos laks ved ulike vannstrømhastigheter (Jónsdóttir, et al., 2019). For vannstrøm under 0.2 m/s vil laks fortsatt svømme fritt og utøve det som kalles frivillig svømming. For vannstrøm over 0.2 m/s vil laks begynne å stå på strømmen, men det først ved vannstrøm over 0.6 m/s at laks ikke lenger vil kunne svømme kontinuerlig og utarmes.

Hastighet (cm/s)	Strøm		Klasse	Svømme atferd
	Hastighet (m/s)	Hastighet (KL/s)		
0-10	0-0,1		Veldig svak	Svømmer fritt
10-20	0,1-0,2		Svak	Svømmer fritt
20-40	0,2-0,4	~0,7*	Moderat	Sirkulært mønster er forstyrret; noen fisk står mot strømmen
40-50	0,4-0,5	~0,9*	Betydelig	De fleste fisk står mot strømmen
50-60	0,5-0,6		Sterk	All fisk står mot strømmen
>60	>0,6	1,5	Veldig sterk	Overgår U_{crit}

Figure 16. Svømmeatferd delt inn i klasser for ulike vannstrømhastigheter for laks (Jónsdóttir et al., 2019).

Måling av vannstrøm på OF1 som andel timer vs. timesmiddel av strøm over 2 produksjonssyklus. Vannstrøm over 0.6 m/s forekommer i mindre enn 2.5 timer i løpet av to produksjonssyklus. I all hovedsak er vannstrømmen under 0.2 m/s hvor laks med henvisning til tabellen over (Jónsdóttir et al., 2019) fortsatt vil svømme fritt og ikke vil utarmes (Hvas et al., 2020). Målingene er gjort 50 m fra merda, og vil sannsynligvis være høyere enn den vannstrøm fisken opplever inne i merda.

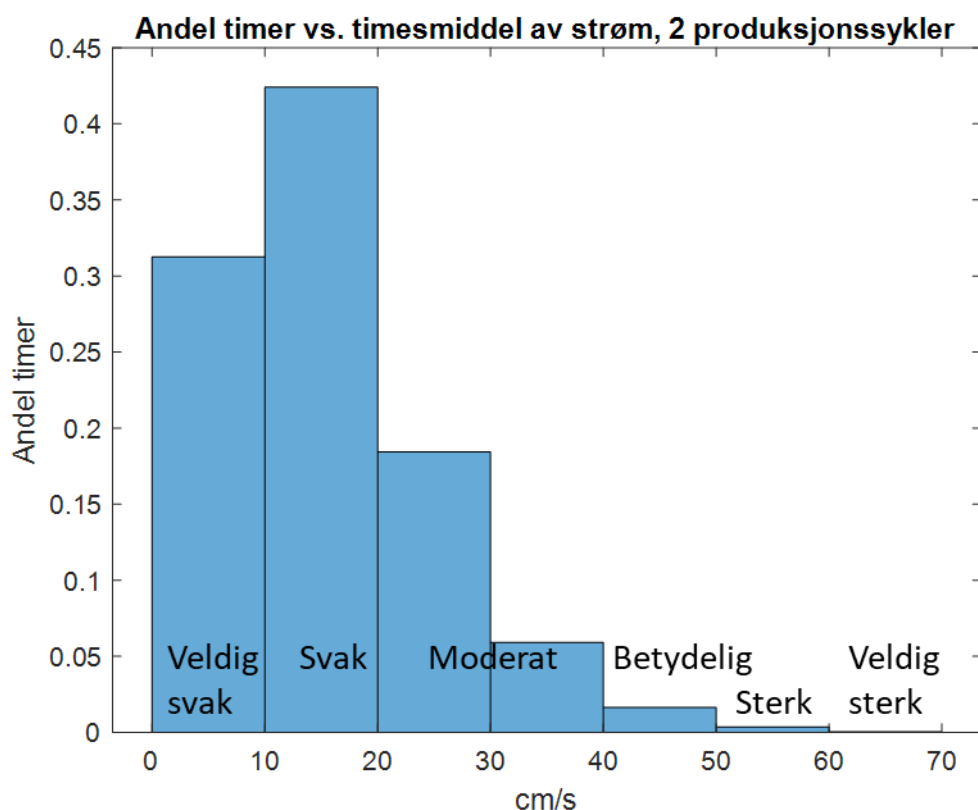


Figure 17. Oversikt over vannstrøm målt 48 m utenfor merda over 2 produksjonssyklus med henvisning til strømstyrke definert av Jónsdóttir et al., 2019.

Horisontal og vertikal fordeling av laksen på OF1 vises i K-Fins sammen med annen sensorinformasjon. En vertikalprofil av biomasse i hver ekkoloddstråle vises som en lagdelt kjegle hvor bredde og gråtone på hvert lag indikerer biomasse. Endring i horisontal fordeling av fisken i merda observeres med økende vannstrøm. K-Fins bildet nedenfor viser at vannstrømmen kommer inn fra øst (E). Vannstrømmen er målt med ADCP utenfor merda til 0.17 m/s. Bølgehøyden er 0.4 m, med en periode på 6.8 s og retning fra vest (W). Vindstyrken er 8.4 m/s. K-FINS viser at fisken samler seg oppstrøms i merda, og ikke mot bølgeretningen. At fisken samler seg oppstrøms tyder på at den ikke utarmes, men takler vannstrømmen, noe som er i overensstemmelse med Jónsdóttir et al., 2019. En opphoping av fisk nedstrøms, vil være en indikasjon på utarmet fisk. Dette er ikke observert på OF1. I forhold til fôring, bør den foregå oppstrøms i merda. Datoen er 28.10. 2019.

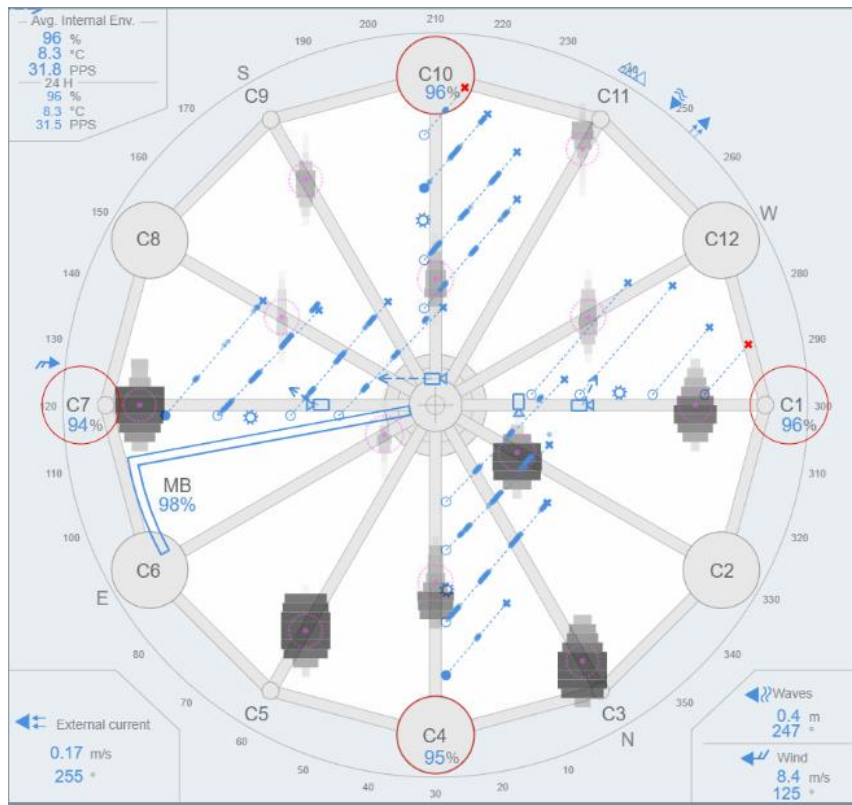


Figure 18. K-Fins med visning av sensordata. Biomasseprofil for hvert ekkolodd er vist som de lagdelte kjeglene hvor bredden på vært lag og gråtonen indikerer biomassen. Vannstrømmen kommer inn i merda fra øst (E) og fisken samler seg oppstrøms i merda.

Samtidige ekkogram er vist nedenfor. På oppstrøms side i merda er fisken fordelt med stor tetthet i hele merddypet. På nedstrøms side observeres nesten ingen fisk, bortsett fra en liten stim og noen spor av enkeltfisk.

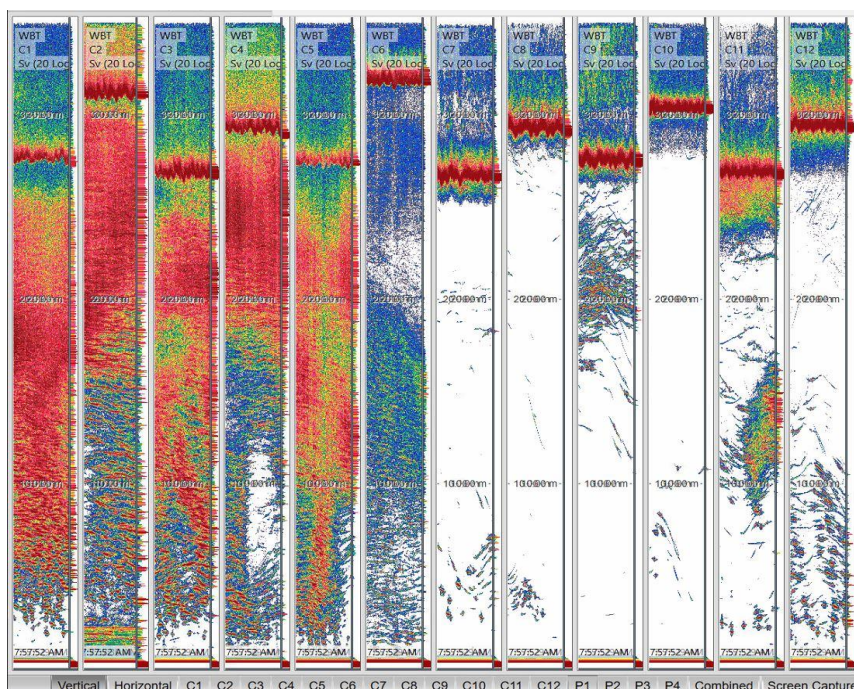


Figure 19. Fisken samles i hovedsak i den ene halvdel av merda (oppstrøms) i denne situasjonen. Vannstrøm og bølgehøyde målt med ADCP er henholdsvis 0.17 m/s og 0.4 m.

I et samarbeide med Institutt for Teknisk kybernetikk ved NTNU undersøkes det hvordan laksen på OF1 påvirkes av bølger og vannstrøm. Det er utviklet metodikk for vurdering av datakvalitet og fjerning av støy fra bobler i ekkolodd rådata, noe som vil lette tolking av ekkogrammer i dårlig vær.

3.4 Stimatferd og døgnvariasjon

Ekkogrammet nedenfor viser eksempel på atferd i mørke med tydelig og variabel stiming.

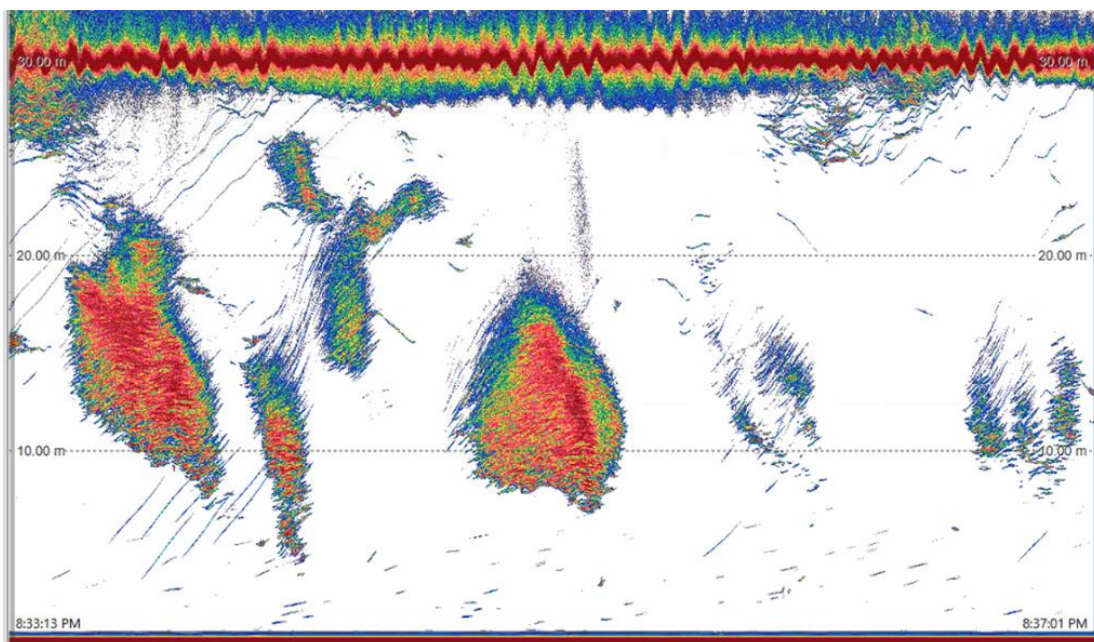


Figure 20. *Atferd i mørke med stor stimdynamikk og aktiv fisk. En indikasjon på god fiskevelferd. Overflateekko viser at det er bølger. Til høyre i ekkogrammet står en liten gruppe fisk helt i overflaten. Ekkospor fra gassbobler som stiger mot overflaten sees rundt stimene til venstre.*

På dagtid er det mer typisk at fisken observeres i lag med ulik vertikalfordeling. Fisken kan vise motsatt vertikal fordeling uten noen åpenbar forklaring. Data fra andre kilder (sensorer) kan gi forklaringen på den ulike dybdepreferansen.

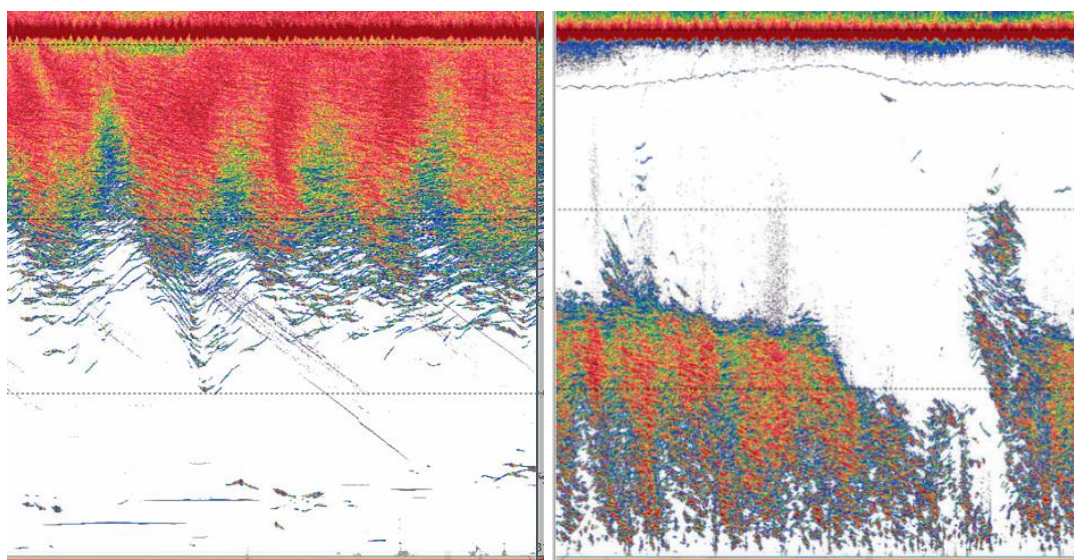


Figure 21. *Motsatt vertikal fordeling av fisken i merda. I ekkogrammet til venstre sees spor fra synkede partikler (skrå rette streker), mest sannsynlig pellet.*

De to følgende ekkogrammene viser situasjonen på alle 12 ekkoloddene natt (øverst) og dag (nederst). Mens nattarferden er mer variabel med små stimer og fisk som stimer i lag, er dagatferden ganske lik mellom ekkoloddene med fisk som stimer i lag. Ekkogrammene er fra 28.- 29.09. 2019, ca 1 mnd etter utsett.

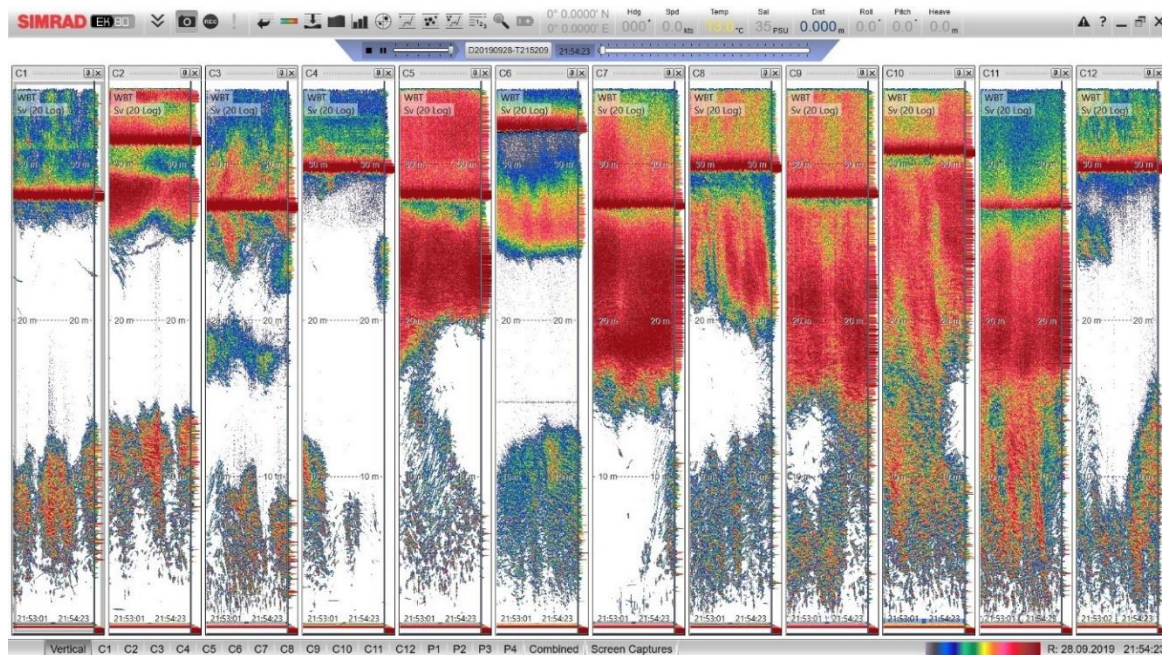


Figure 22. Nattatferden er variabel med små stimer og fisk i lag.

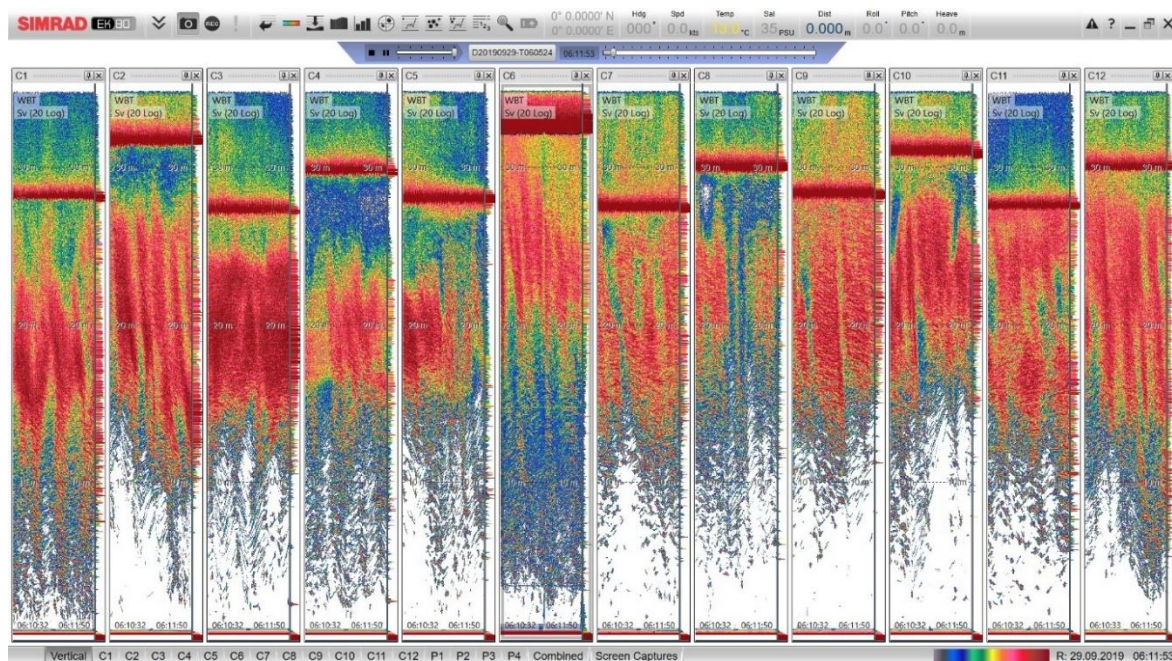


Figure 23. På dagen er det mer typisk at fisken stimer i lag hvor de mindre stimene uteblir.

I tidligere ekkoloddundersøkelser i tradisjonelle merder har vi ikke observert den høye stimdynamikken vi ser på OF1. I tradisjonelle merder er det vanlig at fisken stimer i ring i merda. Ekkogrammene nedenfor er fra en tradisjonell laksemerd på Austevoll i 2001 hvor merda er 30x30 m og inneholder 200 000 laks. Disse ekkogrammene er typisk for tradisjonelle merder og viser ikke samme stimdynamikk som på OF1. Høy stimdynamikk tolkes som god fiskevelferd, og det er naturlig å knytte dette til det store volumet tilgjengelig for laksen på OF1.

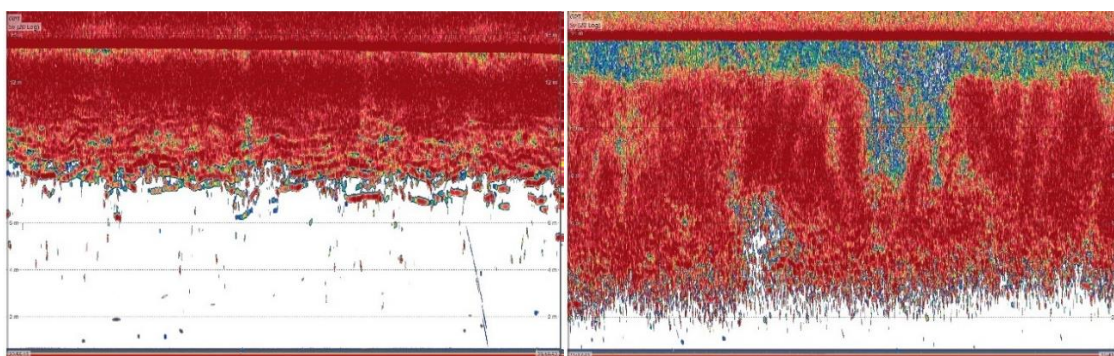


Figure 24. Ekkogrammer fra tradisjonell laksemerd på Austevoll i 2001 viser vertikal fordeling av fisk natt (venstre) og dag (høyre). Tidsaksen er om lag 25 minutter. Ekkogrammene er typisk for tradisjonelle merder hvor stimingene er mindre dynamisk og foregår stort sett ved at fisken svømmer i ring.

3.5 Synkronsvømming

En egen stimatferd som er svært vanlig på OF1 er at hele grupper av fisk svømmer opp og ned synkront. Dette skaper et sinusmønster i ekkogrammene. En slik synkronisert atferd krever et oppegående sanseapparat, god koordinasjon og en skjerpet fisk og tolkes som god fiskevelferd. Atferden kan være knyttet til kompensasjon for negativ oppdrift og at laks må til overflaten for å fylle svømmeblæren, men kan også være en naturlig fôringsatferd hos laks. Denne typen atferd vil mest sannsynlig reduseres eller bortfalle hos syk og stresset fisk.

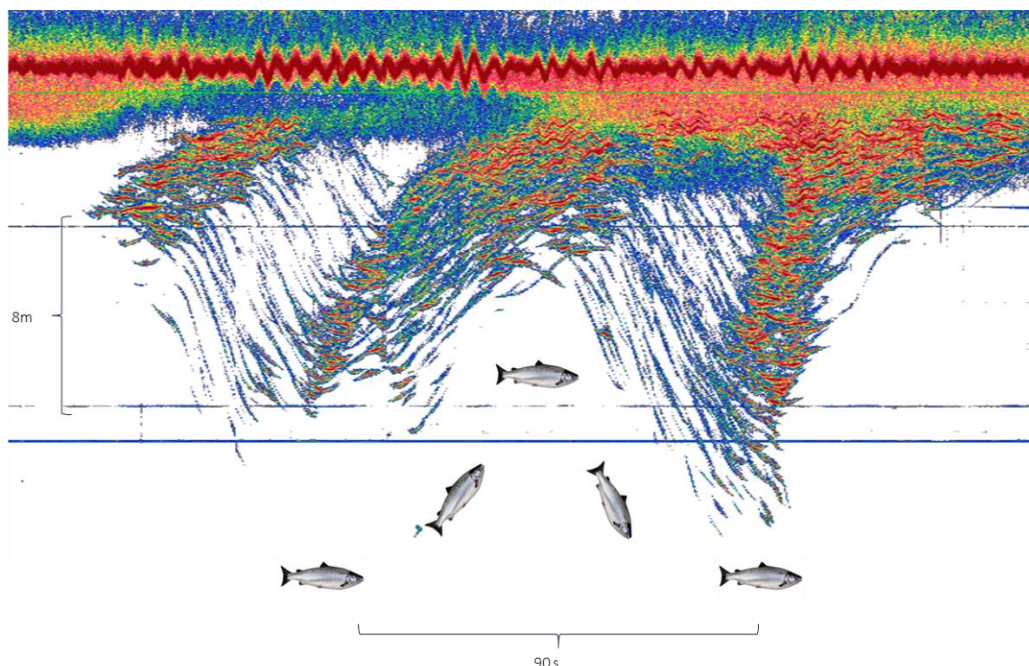


Figure 25. Synkronsvømming hos en gruppe fisk. Alle fiskene svømmer opp og ned i samme sinusmønster. I dette tilfellet er høyden på bevegelsen 8 m med en periode på 90 s. Denne atferden er en indikator på god fiskevelferd.

I ekkogrammet nedenfor foretar grupper av laks lange og hurtige vertikale vandring. Fiskene er om lag 40 cm. Til høyre i ekkogrammet sees en gruppe laks som svømmer fra bunnen av merda helt til overflaten på 30 s. Med et merddyp på 30 m tilsvarer dette en svømmehastighet på 1 m/s eller 2.5 kroppslengder i sekundet. Dette svarer til de høyeste svømmehastigheter rapportert for laks i merd. Det er nærliggende å tenke at slike episoder er knyttet til svømmeblærefylling, men til venstre i ekkogrammet er det bare noen av fiskene som deltar i vertikale vandringen som svømmer helt til overflaten. Dette er spennende observasjoner som fortjener videre studier.

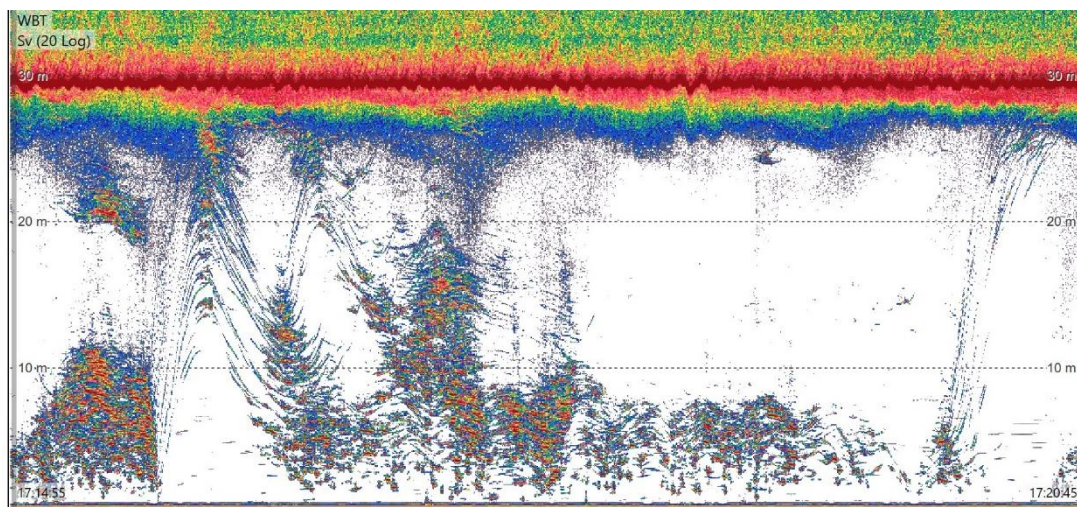


Figure 26. Laksen foretar vertikale vandringer hvor de bruker hele merdypet (30 m). Helt til høyre i ekkogrammet svømmer en liten gruppe laks fra bunnen av merda helt til overflaten på 30 s. Dette tilsvarer en svømmehastighet på 1 m/s.

4 Oppsummering

En god forståelse av fiskeatferd på utaskjærs lokaliteter krever at merden minst har ADCP for måling av vannstrøm og bølger og ekkolodd og kamera for observasjon av fiskeatferd. Sensorer for oksygen, temperatur bør monteres både oppstrøms og nedstrøms i merda og på flere dyp. Andre miljøsensorer som turbiditet, alger og støy er viktig for riktig tolking av fiskens atferd under ulike forhold. En stiv merdstruktur med ekkolodd fastmontert i bunn, gir kontinuerlige, stabile og repeterbare observasjoner av fiskens atferd. Instrumenteringsløsningen fra Ocean Farm 1 er en god basis for videreføring og videreutvikling i nye offshore fiskefarmer.

I det store merdvolumet på OF1 viser fisken høy og spontan aktivitet med stor stimodynamikk og synkron svømming. Dette tolkes som trivsel og god fiskevelferd. I det store merdarealet/volumet på OF1 viser laksen et større atferdsrepertoar enn i tradisjonelle merder, noe som bør tas med i planleggingen av havmerder.

Fisk observeres helt i overflaten i bølger minst opp til 4 m og viser naturlig fôringsatferd i bølger på 4.5 m.

En vannstrøm på 0.17 m/s medførte at fisken ble stående på strømmen oppstrøms i merda. Det er ikke observert at laksen utarmes og stanger mot nota nedstrøms. Når vannstrømmen er lav, kan fisken velge å stå mot bølgeretningen, heller enn vannstrømsretningen.

5 Referanser

Hvas, M., Folkedal, O., Oppedal, F. (2020). Fish welfare in offshore aquaculture. Reviews in Aquaculture, 1-17.

Jónsdóttir, K.E., Hvas, M., Alfredsen, J.A., Føre, M., Alver, M.O., Bjelland, H.V., Oppedal, F. (2019). Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. Aquaculture Environment Interactions 11: 249–261.

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J. & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 312 pp.