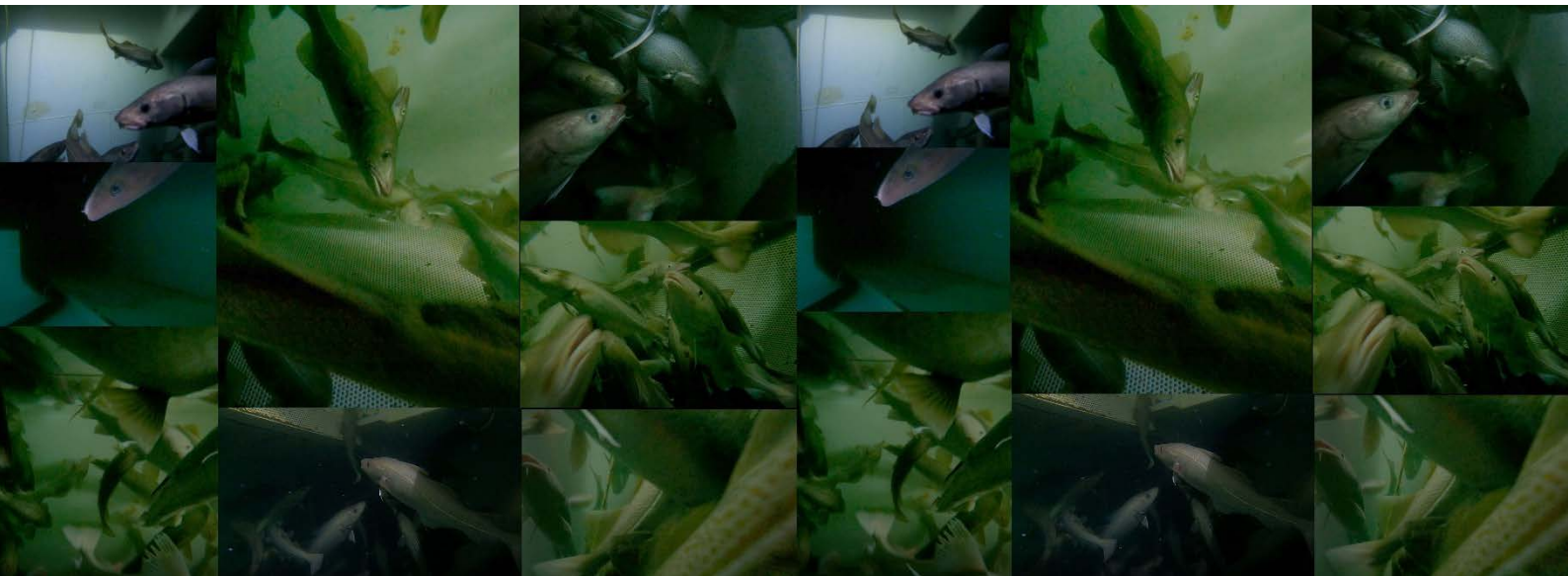




SINTEF



Rapport

Evaluering av korttids levendelagring om bord på et kystfartøy

Forfattere:

Guro Møen Tveit og Solveig Uglem

Rapportnummer:

2024:00076 - Åpen

Oppdragsgivere:

Dyrevernalliansens forskningsfond og Fiskeridirektoratet

Rapport

Evaluering av korttids levendelagring om bord på et kystfartøy

EMNEORDVillfisk
Hvitfisk
Levendelagring
Mellomlagring
Fiskevelferd**VERSJON**

1.0

DATO

2024-01-31

FORFATTERE

Guro Møen Tveit og Solveig Uglem

OPPDRAGSGIVER(E)Dyrevernalliansens forskningsfond og
Fiskeridirektoratet**OPPDRAGSGIVERS REFERANSE**Stine Helmsgård (DFF)
22/17360 (F.dir)**PROSJEKTNUMMER**

302007393

ANTALL SIDER

245

SAMMENDRAG

I **VILL**-prosjektet har SINTEF gjennomført målinger og prøvetakning om bord på et kommersielt kystfartøy som leverer hvitfisk til levendelagring i merd. Levendefangst ble gjennomført med snurrevad i perioden 25. til 28. april med en representativ mengde fisk på tankene. Aktiviteten ble gjennomført med midler fra Dyrevernalliansens forskningsfond og tilskudd til fiskeriforskning fra Fiskeridirektoratet.

En kort oppsummering av de viktigste funnene er som følger:

- God vannkvalitet med verdier for temperatur (3,2-4,6°C), pH (8,1-8,4), DO (99-110%) og turbiditet (0,34NTU).
- Videoovervåkingen av fisken viste normal atferd.
- Det ble observert få ytre skader på fisken (1,9%).
- Det ble observert en død fisk etter overføring til merd.

UTARBEIDET AV

Guro Møen Tveit

SIGNATUR



Guro Møen Tveit (Jan 31, 2024 15:01 GMT+1)

KONTROLLERT AV

Cecilie Salomonsen

SIGNATUR



Cecilie Salomonsen (Feb 1, 2024 10:10 GMT+1)

GODKJENT AV

Kirsti Greiff

SIGNATUR



Kirsti Greiff (Feb 1, 2024 10:17 GMT+1)

RAPPORT NR.

2024:00076

ISBN

978-82-14-07147-4

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2024-01-17	Utkast på rapport til kvalitetssikring internt
2.0	2024-01-31	Ferdigstilt rapport

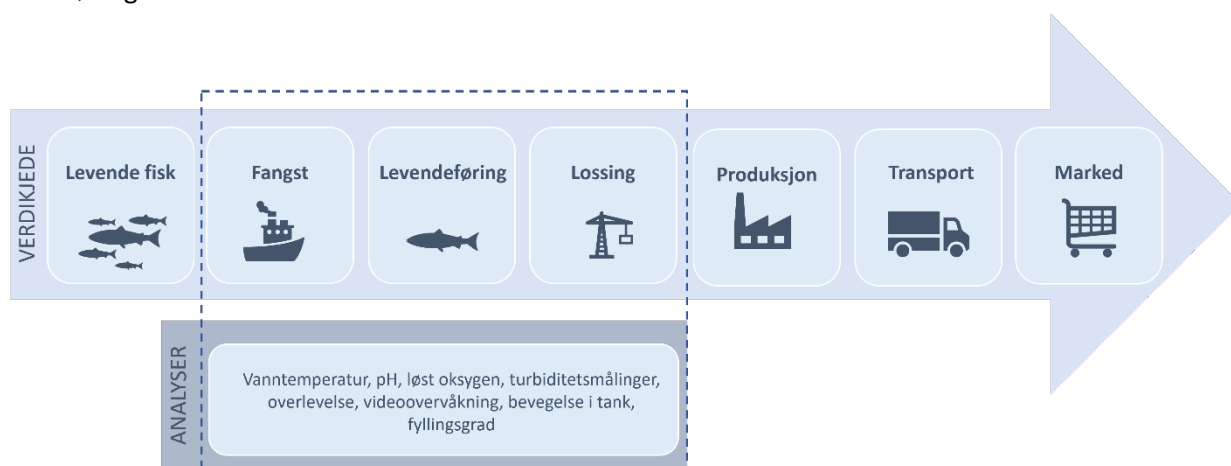
Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
2	Målsetting	4
3	Material og metode	5
3.1	Fartøy og redskap	5
3.2	Gjennomføring av fisket.....	5
3.3	Levendelagringstanker og transport av levende fisk	9
3.4	Lossing og levering av fisk	10
3.5	Analyser.....	11
3.5.1	Løst oksygen, pH og temperatur	11
3.5.2	Temperatur	11
3.5.3	Turbiditet	11
3.5.4	Video.....	11
3.5.5	Fiskens tilstand	12
3.5.6	Ytre skader på fangsten	12
3.6	Databehandling.....	12
4	Resultater og diskusjon	12
4.1	Løst oksygen og pH	12
4.2	Turbiditet	14
4.3	Temperatur på tank	14
4.4	Fyllingsgrad	17
4.5	Adferd på tank	18
4.6	Fiskens tilstand om bord.....	21
4.6.1	Overlevelse etter levering til levendelagringsmerd	21
4.7	Ytre skader	22
5	Konklusjon	23
6	Takk	23
7	Referanser	23

1 Bakgrunn

Det har skjedd en rivende utvikling av teknologi siden oppstarten av levendelagring på 1980-tallet, og i dag er nybygde fartøy gjerne kombinasjonsfartøy som kombinerer levendefangst med vanlig fiske. Det er ulik praksis blant fartøy for hvordan levendelagringen gjennomføres og kontrolleres med tanke på velferd. Næringen ser også gjerne til havbruk og brønnbåter for erfaring med ny teknologi. Ifølge Mattilsynet var 53 fartøy godkjent for fiske og føring av levende fangst i 2022.

Gjennom prosjektet «VILL - Korttids levende lagring på kystfartøy» skal vi dekke kunnskapshull ved å undersøke hvordan hvitfisk har det under korttidslevendelagring om bord på kystfiskefartøy. Prosjektet er inndelt i tre arbeidspakker, der en av arbeidspakkene omhandler målinger om bord (Figur 1). Denne rapporten dekker toktaktiviteten der vi har gjennomført målinger og prøvetakning om bord på et kommersielt snurrevadfartøy som leverer levende fisk. Prosjektet er finansiert av Dyrevernaliansens forskningsfond, og mottok også tilskudd til fiskeriforskning fra Fiskeridirektoratet, referanse 22/17360, for gjennomføring av toktaktivitet.



Figur 1. Illustrasjon av en verdikjede for levendeføring av hvitfisk og aktuelle analyser om bord. Den stiplede linjen markerer det skisserte arbeidsområdet i VILL-prosjektet.

2 Målsetting

Hovedmålet med prosjektet er å undersøke hvordan hvitfisk som fangstes av levendelagringsfartøy har det under mellomlagring om bord.

I tillegg skal prosjektet oppnå følgende delmål:

- Kartlegge fartøy som driver med levendelagring av hvitfisk og hvilken teknologi de har om bord.
- Utarbeide en oversikt over muligheter og begrensninger for dagens teknologiutforming.
- Gjennomføre målinger av miljøparametere (O_2 , pH, temperatur) og fiskevelferd (fyllingsgrad, overlevelse, bevegelse i tank) i levendelagringstanker under kommersielt fiske.

3 Material og metode

3.1 Fartøy og redskap

Evaluering av levendeføring ble gjennomført på et kombinert fartøy som fangster levende fisk deler av sesongen. Fartøyet har fem tanker der det er mulig å transportere levende fisk. Om ønskelig kan transporten gjennomføres ved lav sjøtemperatur siden fartøyet også er utstyrt med anlegg med refrigerated sea water (RSW). Under evalueringen om bord ble det fangstet torsk med snurrevad. Snurrevad er det vanligste redskapet for fartøy som driver med levendefangst (Figur 2). Fartøyet navngis ikke i denne studien, men representerer et ombygd levendefangstfartøy med lite teknologisk utrustning i levendelagringstankene. Tankene har hverken videoovervåkning eller online målinger av miljøparametere som temperatur, pH eller oksygen, noe som er mer vanlig i nybygde fartøy for levendefiske. Målinger av dette ble derfor gjort manuelt i denne studien.



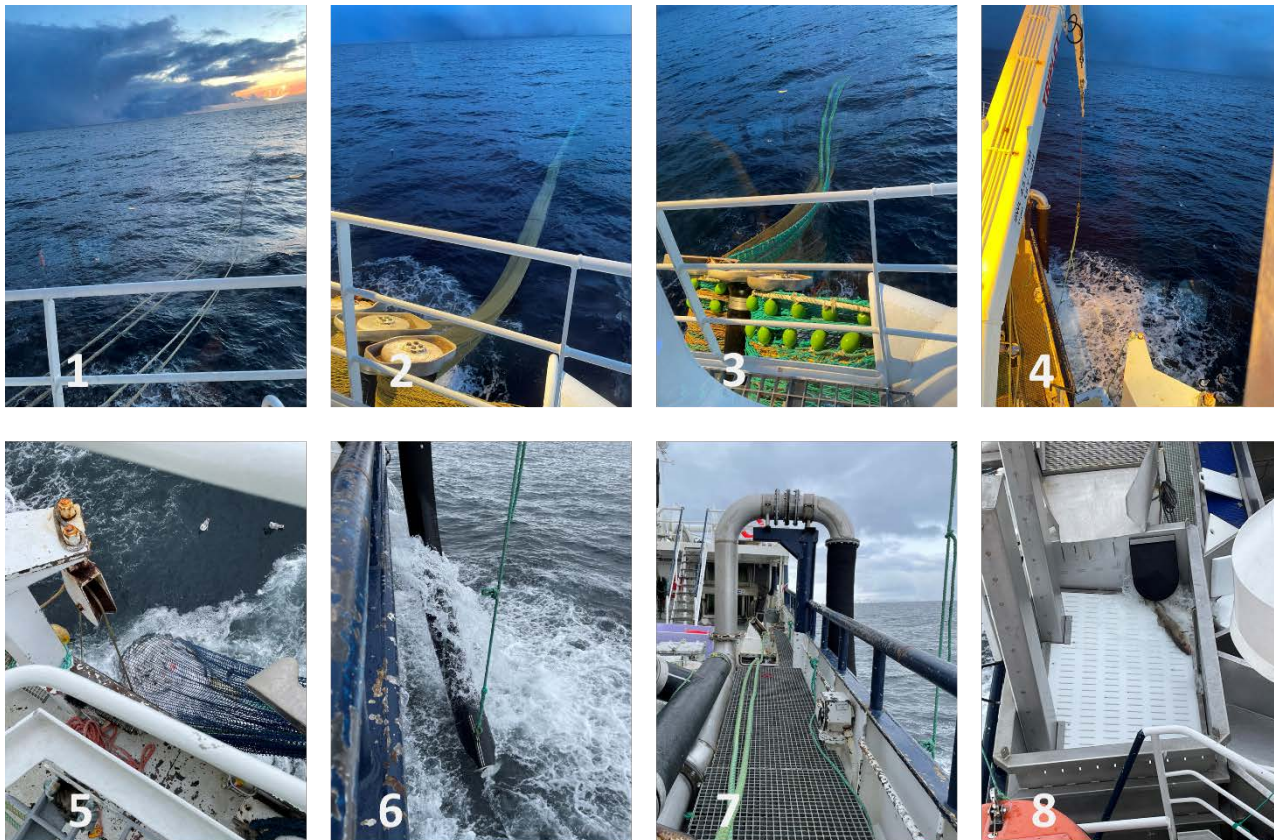
Figur 2. Snurrevad sekk på vei mot fartøy.

3.2 Gjennomføring av fisket

Evaluering av velferden til hvitfisk som mellomlagres om bord på et levendelagringsfartøy ble gjennomført i perioden 25. til 28. april 2023 av senioringeniørene Jørgen Vollstad og Marte Schei. Det ble gjennomført to turer til Makkaursandfjorden, hvorav det ble gjennomført seks hal på den første turen og fire hal på den andre turen. Fartøyet gikk fra land i Båtsfjord 25.04.2023 for tur 1 og 27.04.2023 for tur 2. Før avgang var det installert temperaturloggere i levendelagringstanken «styrbord bak» for loggføring under fisket. Alle målinger av miljøparametere ble gjennomført på denne tanken under føring av levende fisk. Temperaturloggerne dekket hele tankhøyden med 0,5 eller 1 meter mellomrom, og sjøvann ble tatt inn på tanken etter avgang fra land. Etter rundt en timers gange fra land ankom fartøyet fiskefeltet og startet leting. Fra nota gikk og til hiving (fangsttid) gikk det rundt en time.

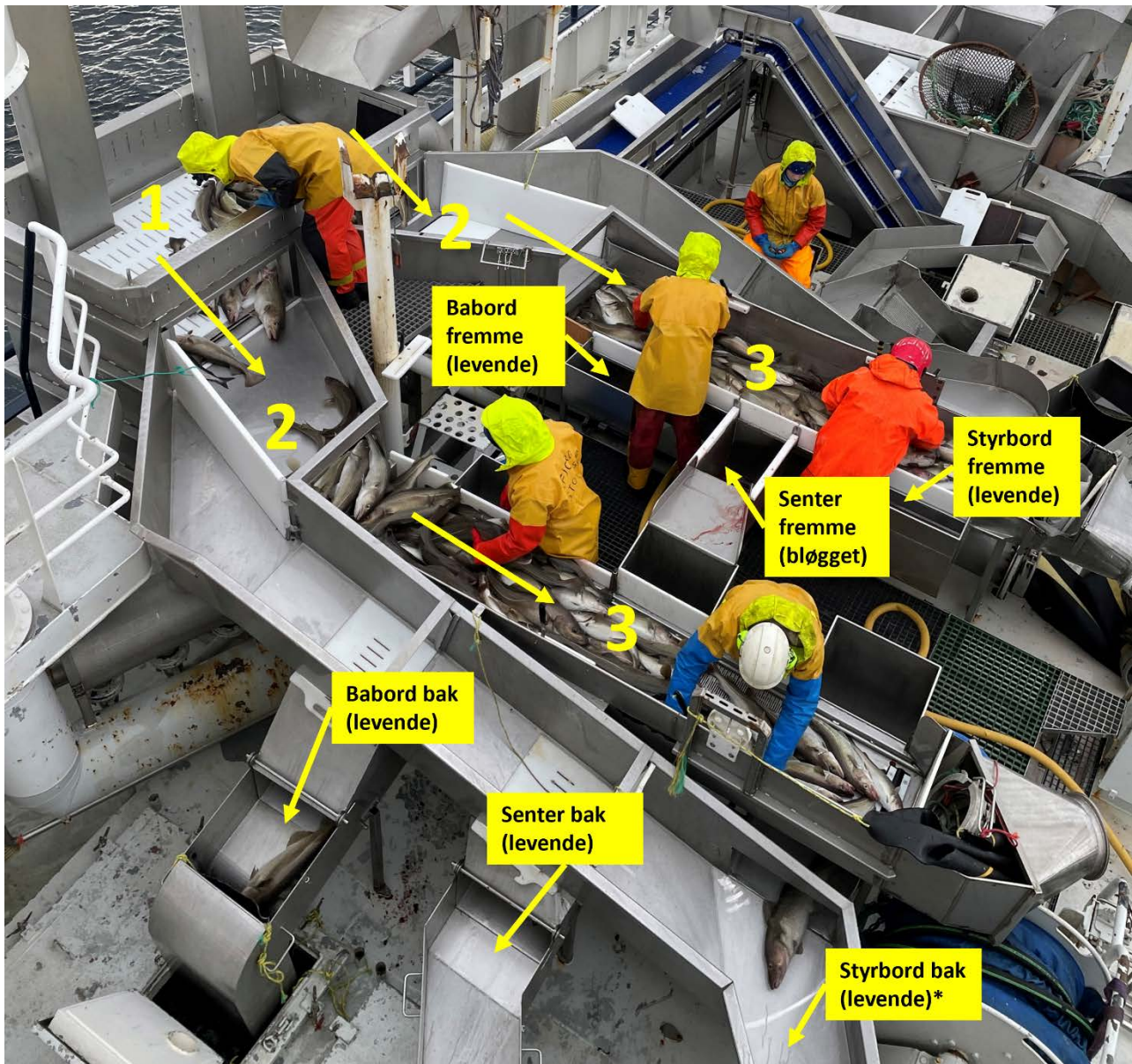
Levendefangst med snurrevad foregikk her som et vanlig snurrevadfiske, der tau og snurrevad ble satt ut i vanlig mønster. I taufasen, som vist i Figur 3 (bilde 1), ble tauene dratt fremover og fisken ledet mot midten av snurrevaden. Når taue-/fangstfasen var over startet hiving av tau, og snurrevaden ble dratt opp til

overflaten (bilde 2-4). For levendefangst er det ønskelig å unngå de største fangstene ettersom det da blir vanskeligere å kontrollere oppstigningshastigheten (Isaksen og Midling, 2012), noe som kan føre til at fisk kommer opp til overflaten og blir liggende med buken i været (flytere). Anbefalt mengde på fangsten varierer ut ifra fartøy og lagringskapasitet om bord.



Figur 3. Fangst og ombordpumping av fisk. Bilde 1-5 illustrerer hiving og snurpenota på vei mot båt og ved båtside. Bilde 6-8 viser pumping av fisk fra not til silke ved start av sorteringsbord.

Når snurrevaden var kommet til overflaten ble den tauet til båtsiden og ombordpumpingen startet. Det ble benyttet vakuumpumpe (MMC Tendos), med et rørsystem bestående av en sort gummislange og pumpe som går ned i snurrevaden (bilde 6-7). I dette tilfellet var rørsystemet noe langt og hadde fire 90 graders bender. Under ombordpumpingsprosessen hadde en person kontroll på ombordpumpingen fra sekk til silke (bilde 8). Dette blir gjort for å sikre at det kom en håndterbar mengde fisk i slengen, slik at fisken ikke ble eksponert for luft lengre en nødvendig for å gjennomgå sortering på shelderdekk. Fra silkassen ble fisken fordelt på to renner hvor to personer sorterte og fordelte fangsten på fem tanker for levendelagring og en tank for oppbevaring av bløgget fisk i RSW (Figur 4). Død og slapp torsk, torsk under 2 kg eller over 8 kg, samt andre arter enn torsk var ikke ønskelig på levendelagringstankene. Disse ble sortert ut, bløgget og sendt til RSW tanken (-1,5°C). Levende torsk fløt videre ned i sine respektive levendelagringstanker via metallrenner. Slapp og død fisk ble sortert i to omganger - først ved ombordtakning av fisk fra snurrevad, og så ved overføring til levendelagringsmerd. Levende fisk ble overført til levendelagringsmerder i Båtsfjord etter endt fiske, mens bløgget fisk ble levert til Lerøy sitt prosesseringsanlegg. Tabell 1 gir en oppsummering av gjennomføring av fisket, og Tabell 2 angir fangstmengde fordelt på arter.



Figur 4. Flyt av fisk som har blitt pumpet om bord fra snurrevad til silkassen (1), og videre sortering (2) til to renner med to personer (3) som sorterer ut levende torsk til de fem levendelagringstankene (babord fremme, styrbord fremme, babord bak, senter bak og styrbord bak), samt en tank (senter fremme) for all bløgget fisk (andre arter, fisk under 2 kg eller over 8 kg samt slapp og død fisk). *Tank for logging og målinger.



Tabell 1. Oversikt over gangen i levendefisket om bord i perioden 25 til 28 april.

	Tur 1						Tur 2			
Avgang fra kai (tid)	25.04.2023, 15:48						27.04.2023, 10:52			
Ankomst fiskefelt (tid)	25.04.2023, 17:00						27.04.2023, 12:15			
Fangst dato	25.04.2023	26.04.2023	26.04.2023	26.04.2023	26.04.2023	26.04.2023	27.04.2023	27.04.2023	28.04.2023	28.04.2023
Hal nr.	1	2	3	4	5*	6*	7	8	9	10
Setter ut blåsa	19:50	05:15	07:57	11:04	13:50	17:35	13:56	18:45	03:30	06:48
Not går	20:03	05:26	08:08	11:15	14:00	17:44	14:09	18:59	03:40	07:01
Blåsa opp	20:17	05:47	08:20	11:29	14:15	17:55	14:25	19:09	04:00	07:12
Start hiving	21:08	06:26	09:20	12:30		18:50	15:11	20:25	04:40	08:20
Sekken opp	21:39	06:50	09:53	13:00		19:18	15:51	20:57	05:30	09:02
Sekken ved båtside	21:46	06:59	10:02	13:08		19:30	16:01	21:08	05:45	09:14
Start pumping	21:49	07:03	10:05	13:09		19:30	16:04	21:13	05:45	09:19
Slutt pumping	21:58	07:25	10:24	13:29		20:20	16:40	21:59	06:09	09:48
Sluttposisjon	70,44N 30,24Ø	70,75N 30,283E	70,75N 30,3E	70,75N 30,267E	70,767N 30,267E	70,75N 30,283E	70,783N 30,183E	70,767N 30,317E	70,767N 30,183E	70,75N 30,333E
Start gange mot land	26.04.2023, 20:30						28.04.2023, 10:50			
Fremme ved ventemerd	26.04.2023, 22:15						28.04.2023, 12:30			
Pumping av levende fisk	27.04.2023, 05-08						28.04.2023, 13-16			
Oppholdstid på tank (timer)	32-35	22-25	19-22	16-19		10,5-13,5	21-24	16-19	7-10	3-6
Levering av bløgget fisk (tid)	27.04.2023, 09:20-10:10						28.04.2023, 12:15			
Sjøtemperatur (°C)	4	4,5	4,5	4,5		4,5	3,9	4,1	4,2	4,1
Lufttemperatur (°C)	1,9	2,9	3,3	3,6		2,2	3,5	2,1	0,7	1,3
Værforhold under fiske	Laber bris, 6-8 m/s	Lett bris, 4-5 m/s	Flau vind, 2-3 m/s	Lett bris, 4-5 m/s	Lett bris, 4- 5m/s	Laber bris, 6-8 m/s	Sterk kuling, 13-14 m/s	Liten kuling, 10-12 m/s	Liten kuling, 10-12 m/s	Stiv kuling, 18-19 m/s
Fangst dybde	120-135 favn	120-135 favn	115-140 favn	125-140 favn		115-135 favn	115-120 favn	125-140 favn	110-125 favn	100-115 favn
Antall fisk på tanker (styrbord akterut)	249 (47)	734 (152)	786 (165)	768 (155)		2427 (435)	1265 (385)	1215 (225)	608 (170)	794 (170)
Snittvekt torsk (kg)	3,0	3,4	3,5	3,4		3,9	3,4	4,0	3,6	3,7
Antall kveiler tau	11	9	11	11		11	11	11	11	11

*Hal nr 5 ble avbrutt da bruket ble sittende fast og tauet ble slitt av. Hal 6 bestod av over 16 000 tonn fangst og kom litt fort opp, men gikk ned igjen (kan resultere i flytere).

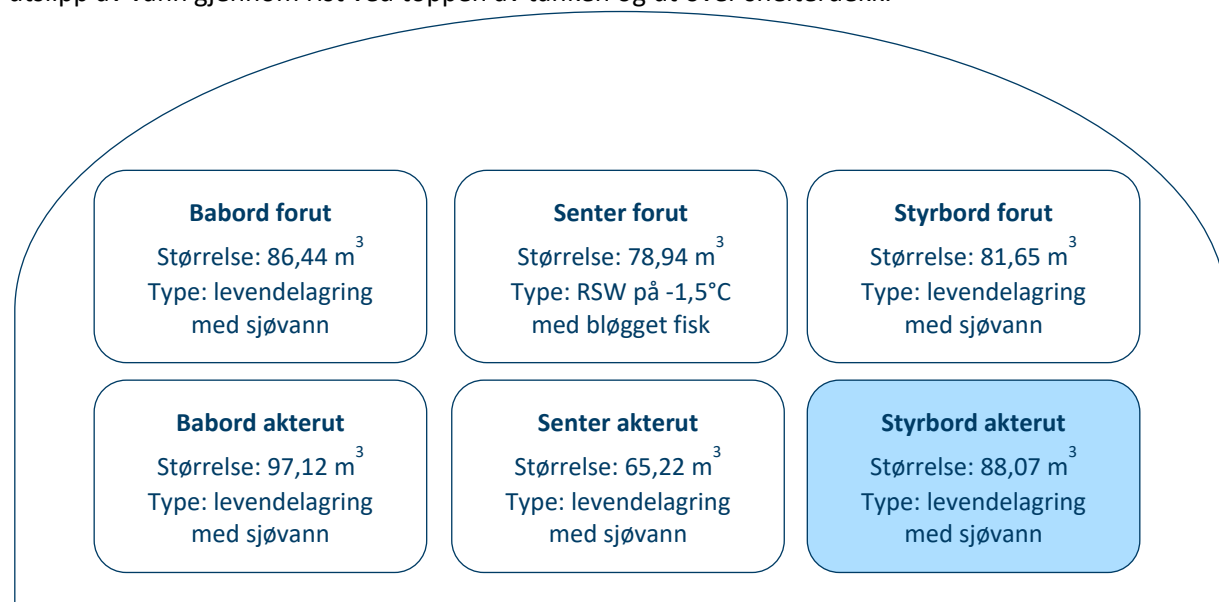
Tabell 2. Fangstmengde for hver art per hal.

Hal	Dato	Torsk (kg)	Sei (kg)	Hyse (kg)	Uer (kg)	Gråsteinbit (kg)	Kveite (kg)
1	25.04.2023	1250	150	40			
2	26.04.2023	3600	180	25			
3	26.04.2023	4000	200	75	5		
4	26.04.2023	3700	90	35	25	5	
5*	26.04.2023						
6	26.04.2023	16000	40	20			
7	27.04.2023	7000	260	25			
8	27.04.2023	6800	165	20			
9	28.04.2023	4700	138	30	10		
10	28.04.2023	5000	200	85			10

*Hal nr 5 ble avbrutt da bruket ble sittende fast og tauet ble slitt av.

3.3 Levendelagringstanker og transport av levende fisk

Fartøyet var utstyrt med seks RSW tanker, med volum på mellom 65 og 97m³. Alle tanker ble brukt til levendelagring, med unntak av «senter fremme» tanken som ble brukt til oppbevaring av bløgget fisk i RSW ved -1,5°C. Levendelagringstankene ble fylt med sjøvann når båten gikk fra kai, men sirkulasjon ble ikke startet før fartøyet var på feltet. Hver av tankene er utrustet med en pumpe som tilfører 230-250m³ nytt sjøvann per time. Pumpehastigheten ble tilpasset mengde fisk på tanken, for å hindre at fisken på toppen av tanken ikke ble presset mot utløpsristen på siden av toppluken (som vist i Figur 6, bilde 4 og 5). Under feltforsøket ble det gjennomført analyser i tanken «styrbord akterut», merket blå i Figur 5. Bilder fra denne tanken er vist i Figur 6. I denne tanken ble det før gjennomføring av fisket montert temperaturloggere langs lederen i tom tank (Figur 6, bilde 1). Tankene var tilgjengelige fra shelterdekk med tilgangsluker og utløpsrister. Alle tanker var utstyrt med dobbeltbunn og lysåpning på 8mm slik at tankene ble fylt med sjøvann gjennom perforerte plater i bunnen av tanken. Til sammen var det 25m² med flatt perforert gulv i bunnen av de seks tankene. Tankene fungerte etter overstrømningsprinsippet med inntak av vann i bunn og utslipp av vann gjennom rist ved toppen av tanken og ut over shelterdekk.



Figur 5. Informasjon om tankene om bord, og hvilke som ble brukt til levendelagring og oppbevaring av bløgget fisk i RSW. Målinger av temperatur, pH, O₂, turbiditet og video ble gjennomført i tank farget blå («styrbord akterut»).



Figur 6. Levendelagringstank «styrbord akterut» som ble nyttet for målinger. (1) Ankomst til tank fra shelterdekk med monterte temperaturloggere fra bunn til topp av tanken langs lederen. (2) Renne fra sorteringsbord og ned i levendelagringstank (3) Plastdekke fisken møter i tank fra sorteringsrenne. (4-5) overrenningsrist på topp av levendelagringstank og ut på shelterdekk.

3.4 Lossing og levering av fisk

Ved levering av fangst ble levende fisk levert først. Ved levering pumpes det fra to tanker samtidig. Levende torsk fra tankene går via silkassen og videre til et sorteringsbord (Figur 7). Død og slapp fisk sorteres ut, bløgges og sendes til RSW tank (-1,5°C) for lagring før levering til prosesseringsanlegg senere på dagen. Levende fisk i god form telles og sendes gjennom sorte gummirør og videre gjennom plastrør ned i levendelagringsmerd. All levende torsk fra tur 1 og tur 2 ble levert til samme levendelagringsmerd i Båtsfjord.



Figur 7. Levende fisk pumpes opp fra tanker og sorteres (bilde 1). Levende fisk telles og sendes videre ut i levendelagingsmerd (bilde 2 og 3). Død og slapp fisk bløgges og sendes til lagring på RSW tank (-1,5°C) frem til levering ved prosesseringsanlegg.

3.5 Analyser

3.5.1 Løst oksygen, pH og temperatur

Målinger av henholdsvis løst oksygen (dissolved oxygen, DO), pH og temperatur ble gjennomført i tank «styrbord akterut». Elektroder ble senket ned i tank fra luke på shelterdekk under fisket, under transport og før lossing av fangsten. Målinger ble gjort 0,5 meter under vannoverflaten. For å måle løst oksygen på tank ble det benyttet en YSI ProODO meter (YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA). Oksygenverdiene er oppgitt i prosent metning. For å måle pH verdien i vannet ble det brukt et WTW 330 pH-meter koblet til en WTW SenTix 41 elektrode (WTW, Weilheim, Tyskland). Elektroden ble kalibrert før bruk med buffere med pH 4,01 og pH 7,00. Avlesning av pH ble gjennomført 5 minutter etter nedsenkning av elektrode. For stikkmålinger av sjøvannstemperaturen ble det benyttet et håndholdt termoelement av typen Testo 110 (Testo AG, Lenzkirch, Tyskland). Målinger ble gjort i triplikat dersom ikke annet er spesifisert.

3.5.2 Temperatur

I tillegg til stikkmålinger av temperatur, ble det gjort målinger av temperatur langs hele tankhøyden i «styrbord akterut». En wire med syv temperaturloggerne ble strukket fra bunnen av tanken og opp til toppen av tanken hvor den ble festet til lederen. Loggerne ble plassert med mellomrom på 0,5 og 1 meter som gjengitt i Figur 6 (Bilde 1). Dette ble gjort for å se om det var eventuelle temperaturforskjeller på separate sjikt i lagertankene. Temperaturloggerne ble installert før avgang fra land, og var av typen HOBO pendant loggere. Temperaturen ble logget hvert 30 sekund.

3.5.3 Turbiditet

Målinger av turbiditet ble gjennomført i henhold til ISO 7027-1 av Båtsfjord laboratorium AS, med en oppgitt måleusikkerhet på $\pm 25\%$ for verdier på mellom 0-10 NTU. Målinger ble gjennomført med et Nephelometer, som brukes for å måle uklarhet i væsker. Turbiditet ble målt i nephelometriske turbiditets enheter (NTU), med et spekter på målinger mellom $<0,05$ NTU og 400 NTU. Vannprøver ble tatt ut i duplikat fra overflaten i tanken under tur 1. Prøvene ble lagret på kjøll og overlevert til laboratoriet innen 2 døgn. Alle prøver utenom to ble gjennomført uakkreditert grunnet temperatur på over 8°C ved analysetidspunkt, samt at tid mellom prøveuttak og prøvemottak overskred 5 timer.

3.5.4 Video

Det ble tatt video av fisk på tank ved å senke en 3 meter lang stang med GoPro kamera ned i tank via luke på shelterdekk i 5 minutter. Lys på stang ble ikke benyttet for å minimere stress på fisken. Tidspunkt og mengde fisk på tank under filming vises i Tabell 3. All video ble gjennomgått i Microsoft Film & TV for å få et kort innblikk i fiskens adferd fra lasting til lossing.

Tabell 3. Dato, tidspunkt, antall fisk på tank «styrbord bak» under filming med GoPro.

	Dato	Tidspunkt (kl)	Fisk på tank (totalt)	Kommentar
Tur 1	26.03.2023	05:56	47	Fisk fra hal 1
	26.03.2023	07:29	199	Fisk fra hal 1, 2
	26.03.2023	09:55	364	Fisk fra hal 1, 2, 3
	26.03.2023	22:02	944	Fisk fra hal 1, 2, 3, 4, 6
	27.03.2023	04:50	944	Like før levering til merd (alle hal tur 1)
Tur 2	27.03.2023	16:47	385	Fisk fra hal 7
	27.03.2023	22:08	610	Fisk fra hal 7, 8
	28.03.2023	04:33	780	Fisk fra hal 7, 8, 9
	28.03.2023	06:18	950	Fisk fra hal 7, 8, 9, 10
	28.03.2023	11:29	950	Like før levering til merd (alle hal tur 2)

3.5.5 Fiskens tilstand

Fiskens tilstand (overlevelse) ble beregnet for fisken som ble overført fra tankene om bord til levendelagringsmerd. Overlevelse ble vurdert av erfarne fiskere om bord på båten, og fisken ble delt inn i to kategorier, levende og fisk til bløgging (slapp og død fisk). All levende fisk ble satt ut i merden, mens fisken som ble klassifisert som slapp eller død ble bløgget og sendt til RSW tank (-1,5°C) for videre sløyning og prosessering ved Lerøy sitt prosesseringsanlegg i Båtsfjord.

3.5.6 Ytre skader på fangsten

Det ble vurdert ytre skader på fangsten fra tur 2 ved overføring til levendelagringsmerd. Visuell vurdering av ytre skader på rund torsk ble gjennomført ved å benytte fangstskadeskjema for redskapsskader tilpasset fra Digre et al. (2010). Skadene ble vurdert på en skala fra 0 til 1. Parametere, beskrivelse og poeng skala for visuell vurdering av ytre fangstskader på rund torsk er som følger: 0 – ingen synlige merker/skader på rund fisk, 1 – synlige merker/skader på rund fisk.

3.6 Databehandling

Microsoft Excel ble brukt for dataprosessering. Usikkerhetene i teksten er fremstilt som gjennomsnitt ± standardfeil (SEM) dersom ikke annet er spesifisert.

4 Resultater og diskusjon

4.1 Løst oksygen og pH

Tabell 4 viser oksygenivå 0,5 meter under overflaten i tanken «styrbord akterut». Vannet var i alle tilfeller overmettet med hensyn på oksygen, med unntak av en måling under 100%. Resultatene hentyder at vanngjennomstrømningen i systemet var god, selv om strømning i seg selv ikke ble målt. Vanngjennomstrømningen i systemet var mer enn tilstrekkelig for å forsyne fisken med oksygen. I tillegg må det sies at betydelig lavere oksygenivåer ville ha vært akseptable. Plante et al. (1998) viste at ved vanntemperaturer på 2–6°C så var dødeligheten høy når oksygenmetningen var mindre enn 16-22%, mens ved oksygenmetninger over 34% ble det ikke observert dødelighet. For "å ha noe å gå på" i tilfelle noe uforutsett skulle skje under kommersiell transport med fisk anbefales det at oksygenivået bør holdes på minst 70-80% metning (Digre et al. 2017a, Erikson et al. 2019). Målinger gjennomført av oksygenmetning i denne studien ligger godt over dette nivået, og antyder god oksygentilgang på tank.

Tabell 4. pH, oksygenivå (% metning) og vanntemperatur målt 0,5 meter under vannoverflaten (i tanken «styrbord akterut»). Inkludert luft-temperatur og antall tilsatt fisk for tur 1 og 2. Gjennomsnitt ± SEM.

	Dato	Tid	pH (n=1-3)	O ₂ , DO% (n=3)	Vann-temperatur (n=3, °C)	Luft-temperatur (°C)	Tilsatt fisk, antall (total n)	Tilsatt fisk, klokkeslett
Tur 1	25.04.2023	20:27	8,11 ± 0,03	109,93 ± 0,52	4,5 ± 0,0	n.a	0	
	25.04.2023	22:07	8,18 ± 0,01	108,60 ± 0,00	4,0 ± 0,0	1,9	47 (47)	21:58 (hal 1)
	26.04.2023	05:48	8,28 ± 0,00	108,93 ± 0,07	4,5 ± 0,0	n.a	47 (47)	
	26.04.2023	08:05	8,23 ± 0,01	108,20 ± 0,10	4,5 ± 0,0	2,9	152 (199)	07:25 (hal 2)
	26.04.2023	08:59	8,41	108,37 ± 0,09	4,5 ± 0,0	n.a	152 (199)	
	26.04.2023	10:40	8,41	107,63 ± 0,12	4,5 ± 0,0	3,3	165 (364)	10:24 (hal 3)
	26.04.2023	11:56	8,34	106,97 ± 0,19	4,6 ± 0,0	2,8	165 (364)	
	26.04.2023	13:39	8,25	106,23 ± 0,22	4,6 ± 0,0	3,6	155 (519)	13:29 (hal 4)
	26.04.2023	14:45	8,3	105,93 ± 0,07	4,6 ± 0,0	3,8	155 (519)	
	26.04.2023	16:15	8,34	106,67 ± 0,09	4,5 ± 0,0	3	155 (519)	
	26.04.2023	17:47	8,34	106,40 ± 0,12	4,5 ± 0,0	2,2	155 (519)	
	26.04.2023	18:56	8,35	106,17 ± 0,07	4,5 ± 0,0	2,1	155 (519)	
	26.04.2023	20:37	8,34	98,53 ± 0,03	4,5 ± 0,0	2,8	435 (954)	20:20 (hal 6)
	26.04.2023	21:40	8,34	105,33 ± 0,15	3,6 ± 0,0	2,2	435 (954)	
	26.04.2023	22:24	8,31 ± 0,01	102,03 ± 0,24	3,5 ± 0,0	2,8	435 (954)	
27.04.2023	05:03	8,24 ± 0,00	104,73 ± 0,20	3,2 ± 0,0	3,3	435 (954)		
Tur 2	27.04.2023	14:33	8,24 ± 0,01	111,50 ± 0,15	3,9 ± 0,0	3,5	0	
	27.04.2023	16:50	8,28	108,17 ± 0,13	4,5 ± 0,0	3	385 (385)	16:40 (hal 7)
	27.04.2023	22:08	8,36	105,47 ± 0,19	4,2 ± 0,0	2,4	225 (610)	21:59 (hal 8)
	28.04.2023	03:30	8,36	103,63 ± 0,19	4,1 ± 0,0	2,1	225 (610)	
	28.04.2023	06:20	8,48	103,13 ± 0,12	4,2 ± 0,0	0,7	170 (780)	06:09 (hal 9)
	28.04.2023	10:00	8,42	101,63 ± 0,07	4,1 ± 0,0	1,3	170 (950)	09:48 (hal 10)
28.04.2023	11:35	8,44	104,50 ± 0,21	3,9 ± 0,0	n.a	170 (950)		

Temperaturen på sjøvannet i tanken var relativt stabilt under transport med verdier på mellom 3,2-4,6°C, noe som var tilnærmet lik målt sjøtemperatur på 3,9-4,5°C (Tabell 1). Tilsvarende varierte lufttemperatur mellom 0,7 til 3,8°C under forsøket.

Siden karbondioksid (CO₂) er mer komplisert å måle enn pH, ble pH brukt som et indirekte mål på vannets innhold av karbondioksid. I dette tilfellet stammet CO₂ hovedsakelig fra fiskens metabolisme (siden inntaksvannet var rent sjøvann som har lavt innhold av karbondioksid). Sammenhengen mellom pH og CO₂ er at pH blir lavere når mengden av CO₂ i vannet øker. Vi ser fra Tabell 4 at pH var stabil under hele transporten, med variasjon fra mellom 8,1 til 8,5. Det betyr at vannutskiftingen i tankene var så høy at produsert CO₂ ikke akkumulerte i systemet. Ellers kan det sies at de målte pH-verdiene er typiske for rent sjøvann (litt over 8). Dersom nivået av karbondioksid i vannet blir for høyt vil fisken påvirkes. Siden det ikke var tilfellet under denne transporten, blir dette ikke diskutert videre her.

Det ble ikke gjennomført strømningsmålinger på levendelagringsstank i dette forsøket. Resultater fra tidligere forsøk om bord på levendelagringsfartøy med pumpehastigheter per tank på rundt 400 m³ per time har vist god vanngjennomstrømning på tank med vannhastigheter på mellom 7-12 cm/sek. Mengden fisk på tank hadde liten påvirkning på vannhastighet (Indergård et al. 2019). Mattilsynet har uttalt at fisken skal minst ha 0,5 l vann per kg fisk per minutt.

4.2 Turbiditet

Målinger av turbiditet ble gjennomført for å få et mål på om det var en eventuell uklarhet i vannet på levendelagringstankene. Turbiditet brukes som et mål på uklarhet i vann, hovedsakelig mengden av finpartikulært materiale som eksempelvis sand, leire, organisk stoff, alger og andre små partikler som kan hindre overføring av lys gjennom vannet og slik påvirke turbiditet. Mengden suspenderte partikler i vann er en viktig indikator for vannkvalitet (Sadar, 2017), og høye verdier av suspendert materiale i vann kan ha negativ effekt på liv i vann (Bash et al, 2001). Målinger av turbiditet i vann på levendelagringstank om bord vises i Tabell 5.

Tabell 5. Turbiditet i vannprøver tatt fra toppen av levendelagringstank («styrbord akterut») under tur 1. Målingene gjengir gjennomsnitt av to målinger med en måleusikkerhet på $\pm 25\%$.

Dato	Hal nr	Tidspunkt	Fisk på tank (akkumulert)	Turbiditet* (NTU)
25.04.2023	0	20:27	0	0,35
26.04.2023	3	10:40	364	0,10
26.04.2023	6	22:24	954	0,45
27.04.2023	6	05:03	954	0,45

Turbiditet er vist å kunne ha en negativ effekt på fysiologi, adferd og habitat hos laksefisk. Dette spiller i hovedsak en rolle der fisk oppbevares over lengre tid, f.eks. i merd eller dam. Eksempelvis er det vist redusert vekst og adferdsendringer hos lakseyngel (*Oncorhynchus kisutch*) ved henholdsvis 25 NTU (Sigler et al., 1984) og 10-60 NTU (Berg, 1982; Berg og Northcote, 1985). Høye verdier har vist stress i form av økte gjellebevegelser hos brun ørret (*Salmo trutta*) ved verdier på 231 NTU (Carlson, 1984). Turbiditet i vann er korrelert med andre kvalitetsparametere for vann. For eksempel så avtar oppløseligheten av oksygen i vann ved økt turbiditet og temperatur. De optimale eller maksimum tillatte turbiditetsnivåene som fremmer god fiskevelferd er ukjente (Noble et al., 2018). Ulike land har ulike standarder for klassifisering av turbiditet. Eksempelvis kan det trekkes fram at det i Norge settes en grense på 1 NTU for drikkevann i henhold til forskrift om vannforsyning og drikkevann (drikkevannsforskriften). Mattilsynet anbefaler at turbiditeten ut fra vannbehandlingsanlegg ikke overskrider 1 NTU når det benyttes overflatevann. Ved en turbiditet på 1 NTU vil man av og til kunne se at vannet virker uklart. Det kan også nevnes at det finnes grenser i turbiditet for akvatisk liv. I Britisk Columbia i Canada har denne grensen vært satt til 8 NTU (Bash et al., 2001).

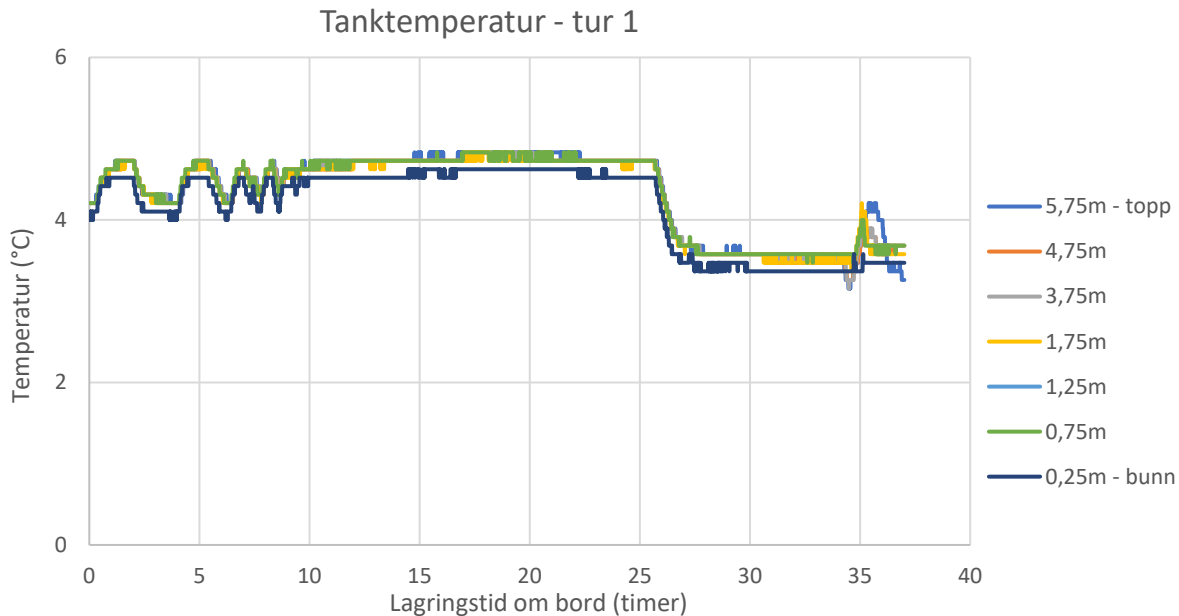
I denne studien viste vannprøver tatt fra levendelagringstank om bord svært lave turbiditetsverdier med et gjennomsnitt på 0,34 NTU. Verdiene var stabilt lave både med og uten torsk på tanken som en kan se av Tabell 5. Vannkvaliteten blir dermed vurdert til å være svært god, og i noen tilfeller var det mindre finpartikulært materiale i vannet enn hva en finner i norsk drikkevann.

4.3 Temperatur på tank

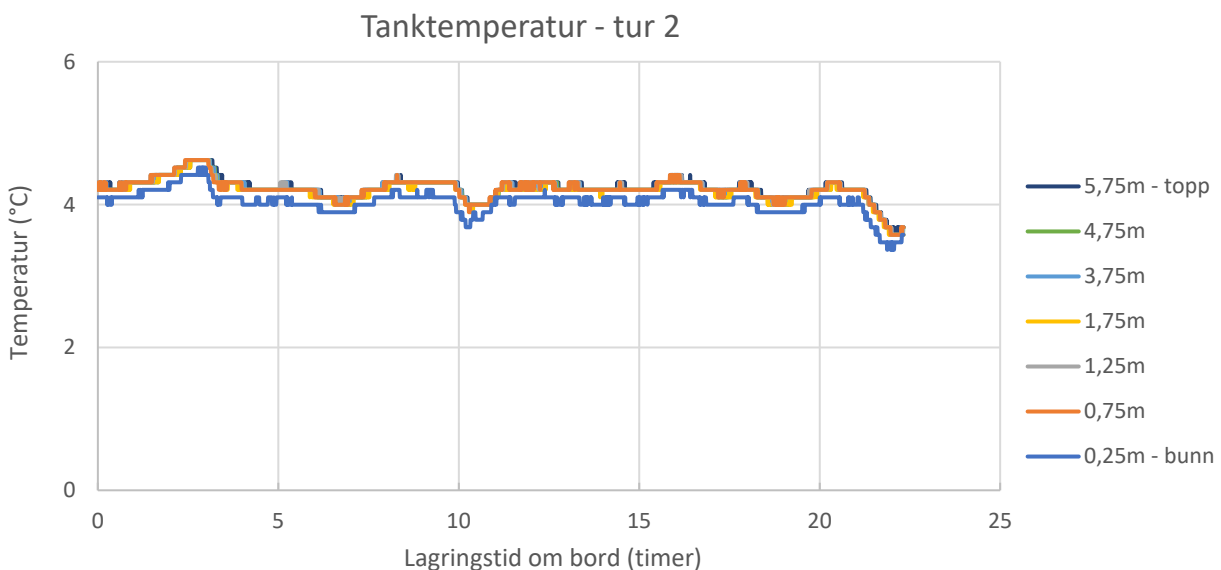
Temperaturen ble logget fra bunnen til toppen av tank «styrbord akterut». Det var ikke kjøling på tank, og tanken ble tilført sjøvann jevnlig (pumpehastighet 230-250 m³/time). Fra blåsa gikk og frem til levering til merd var den gjennomsnittlige temperaturen med standardavvik på tank $4,3 \pm 0,5$ °C for tur 1, og $4,2 \pm 0,2$ °C for tur 2 (Figur 8, Figur 9).

Tidligere erfaringer med logging av temperatur i tanker har vist at det tar noe lengre tid å senke temperaturen øverst i tanken. I denne studien var det en relativt jevn temperatur gjennom hele tanken. Under tur 1 og tur 2 er det kun loggeren helt nederst i tanken (0,25 m over bunnen) som skiller seg ut med en noe lavere temperatur sammenlignet med de resterende loggerne (Figur 8, Figur 9 og Figur 10). Temperaturene på tank varierte fra 3,1-4,8°C under transport. Dette samsvarer med tidligere forsøk med levendeføring av snurrevadfangstet torsk i februar, der innløpsverdier i levendelagringstank har variert

mellom 3,9-4,4°C under transporten (Indergård et al., 2019). Temperaturen på tank gjenspeilte temperaturen i havet, og varierte også med hvor båten befant seg i ett gitt tidsrom. Stikkprøver av sjøvannstemperatur samsvarte også, med verdier på mellom 3,2 og 4,6°C.



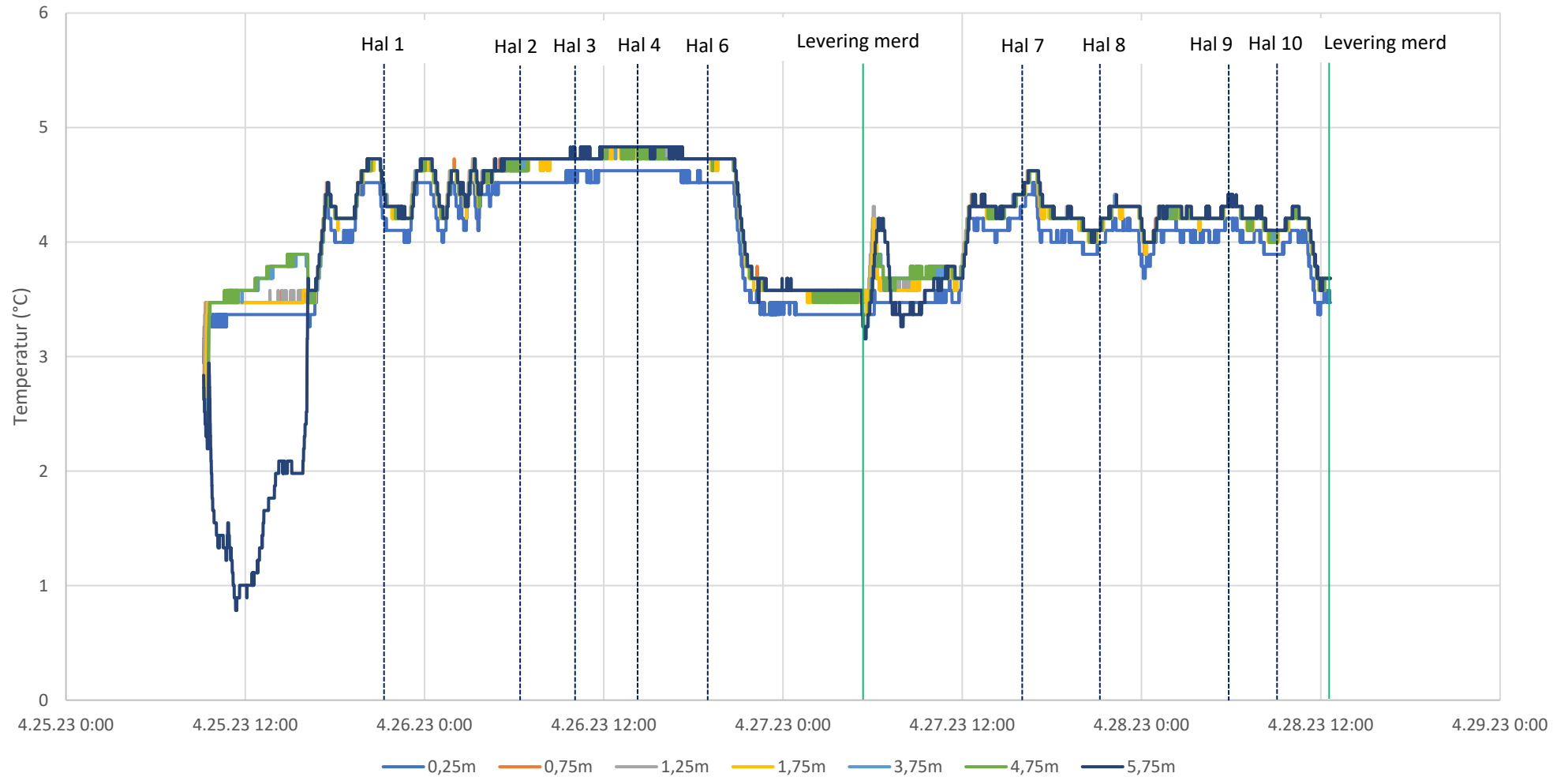
Figur 8. Temperatur på levendelagringstank «styrbord akterut» for tur 1. Syv loggere av typen HOBO var plassert i ulike høyder langs lederen fra 0,25m til 5,75m over bunnen.



Figur 9. Temperatur på levendelagringstank «styrbord akterut» for tur 2. Syv loggere av typen HOBO var plassert i ulike høyder langs lederen fra 0,25m til 5,75m over bunnen.



Temperaturutvikling på levendelagringstank "styrbord akter"



Figur 10. Loggført temperatur på levendelagringstank «styrbord akterut» i tidsrommet 25. – 29. april. Syv loggere av typen HOBO var plassert i ulike høyder langs lederen. Høyden er gjengitt som høyde fra bunnen, med den nederste plassert 0,25 m over bunnen av tanken, og den høyeste 5,75 m over bunnen. Stiplet blå linje gir tidspunkt for tilsats av fisk ved de ulike halene, og hel grønn linje markerer leveranse til levendelagringsmerd.

4.4 Fyllingsgrad

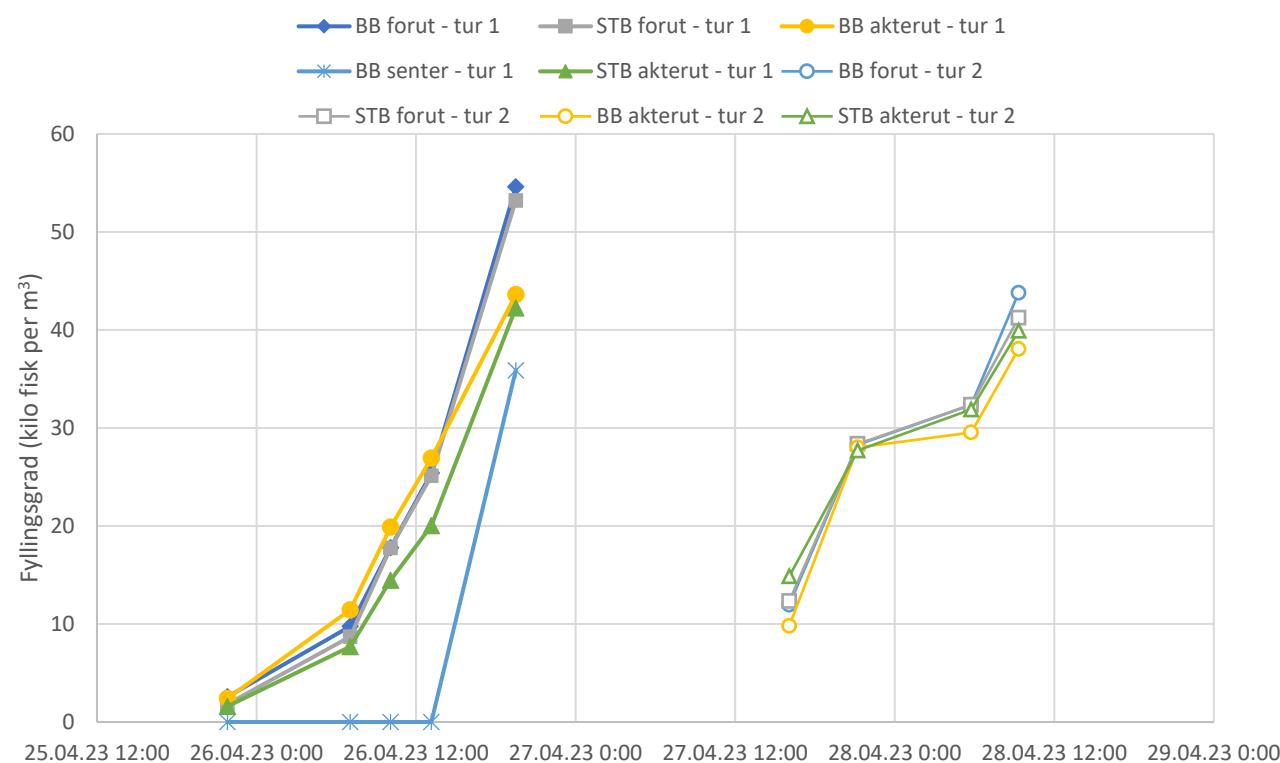
Det ble målt fyllingsgrad, også kjent som fisketetthet, på alle levendelagringstanker (Tabell 6). De seks levendelagringstankene varierte i volum på mellom 65 til 97 m³, og hadde en varierende maksimal fyllingsgrad på mellom 35,9 kg/m³ til 54,6 kg/m³. Tanken «senter forut» hadde ikke levende fisk, og bløgget fisk på RSW-kjøling og fyllingsgrad ble derav ikke beregnet.

Tabell 6. Maks fyllingsgrad (kg fisk per m³) i alle levendelagringstanker før levering for tur 1 og tur 2. Beregnet fra oppgitt snittvekt per hal (3,0 - 4,0 kg).

	Babord forut	Senter forut	Styrbord forut	Babord akterut	Babord senter	Styrbord akterut*
Tur 1	54,6	n.a	53,2	43,6	35,9	42,2
Tur 2	43,8	n.a	41,2	38,1	n.a	39,9

* Tank for målinger av temperatur, O₂ og pH.

Figur 11 viser utvikling av fyllingsgrad på alle levendelagringstanker for tur 1 og tur 2. For tur 1 ble det tilsatt fisk på tankene 5 ganger, og 4 ganger for tur 2. Utvikling av fyllingsgrad var relativt lik for alle tanker. Unntaket er buffertanken «babord senter», som kun ble nyttet i tilfeller med mye fisk. Den ble derfor kun benyttet under siste hal for tur 1. Under tur 2 ble den ikke benyttet.



Figur 11. Utvikling av fyllingsgrad på levendelagringstanker underveis for tur 1 (til venstre) og tur 2 (til høyre). Tank «senter forut» er ikke tatt med, da tanken kun hadde bløgget fisk, og tanken «BB senter» hadde bare fisk fra et hal under tur 2. Hvert merke representerer tilsats av fisk fra ett hal.

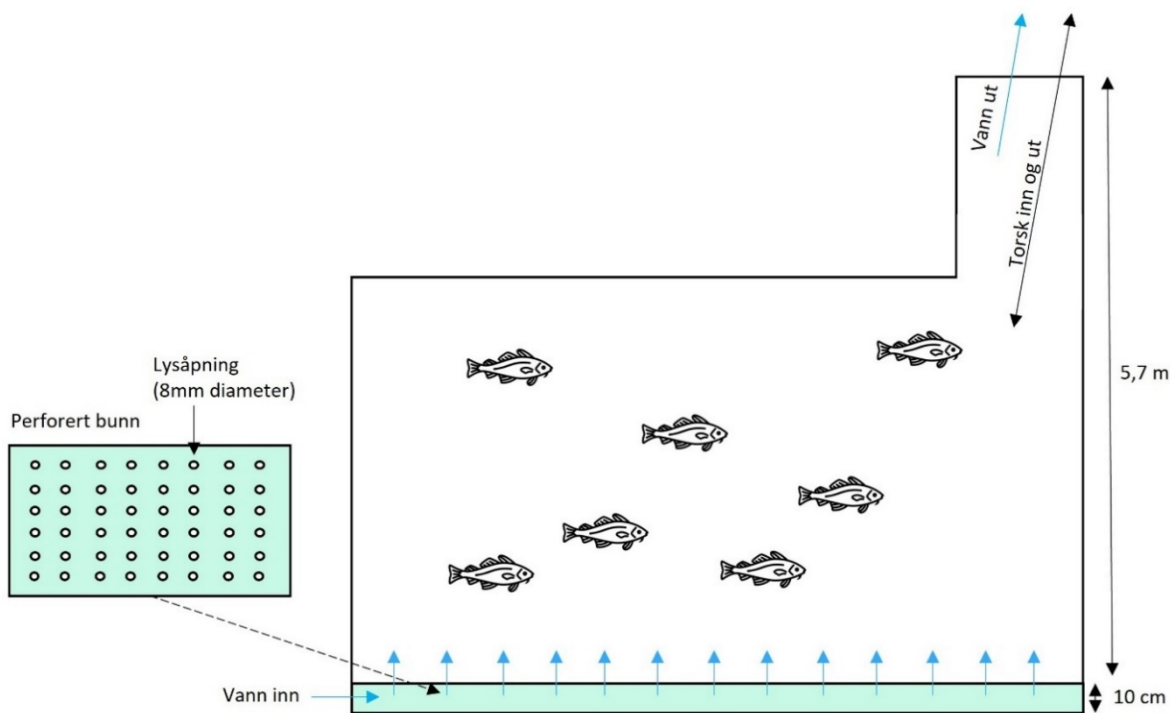
En tommelfingerregel sier at man trenger en halv liter vann per kg fisk per minutt (Digre et al. 2017a). For sammenligning kan det nevnes at torsk, ved en fyllingsgrad på 540 kg/m³ ved 8°C, bare viste en moderat stressrespons (Staurnes et.al., 1994). Videre har Digre et al. (2017a) vist at levendelagring av torsk i tanker

med fyllingsgrad på 549 kg/m³ ved 8°C i 2 dager gav en generell stressrespons med forhøyede verdier av kortisol og glukose, men at effekten på overlevelse var neglisjerbar.

Det var lav fyllingsgrad på tankene under gjennomføring av forsøket. Det kan nevnes at fyllingsgrad gir mål på hvor mye fisk som befinner seg i et gitt volum, med det gir ingen beskrivelse av hvordan den reelle tettheten oppfattes basert på bevegelsesmønsteret til fisken. Piper (1982) har foreslått at maksimum fyllingsgrad kan være direkte proporsjonal til lengde på fisken. Videre sier Portz et al. (2006) at maksimum og optimal fyllingsgrad varierer med art, størrelse, livsstadium og lagringsforhold for fisken.

4.5 Adferd på tank

Det er kjent at torsk vil svømme raskt ned mot det laveste punktet i en levendelagringstank like etter at den slippes ned i føringsrommet. Så vil den sakte sige bortover bunnen og finne seg en plass hvor den vil bli stående mer eller mindre i ro. Påfølgende torsk vil gjøre det samme og når rommet anses som oppfylt, er det ofte et 40–50 cm tykt og tett lag med torsk fordelt over bunnen (Olsen et al., 2014). Tidligere observasjoner gjort med video i tank viser at torsk etter et par timer på bunnen av tanken vil starte å svømme rolig rundt på tank (Indergård et al. 2019).



Figur 12. Eksempel på utforming av levendelagringstank («styrbord akterut») der målinger ble gjort under forsøk om bord (ikke til skala).

Figur 12 viser en skisse på levendetanken benyttet i dette forsøket, og Figur 13 og Figur 14 viser bilder av fiskens adferd fra lastning til lossing. Fiskens adferd defineres som normal ut ifra at vi ikke observerte spesielle tegn på abnorm svømmeatferd eller fluktespons. Det ble ikke gjennomført filming på bunnen av tanken, så det er vanskelig å si noe om i hvor stor grad fisken akkumulerte seg der. Ved tilsats av fisk fra de første halene var det ikke noe særlig fisk synlig på video. Noe som trolig tilsvarer at fisken trolig lå rolig på bunn av tanken i denne perioden.



Figur 13. Utsnitt av videofilm med GoPro for tur 1. Datostempling 26.april kl. 05:56 er etter tilsats av torsk fra hal 1, kl. 07:29 etter tilsats fra hal 2, kl. 09:55 etter hal 3, kl. 22:22 etter tilsats av resterende hal (4 og 6), og 27 april kl. 04:50 er før overføring til merd. Fyllingsgraden på «styrbord akterut» var maks 42,2 kg/m³ for tur 1.



Figur 14. Utsnitt av videofilm med GoPro fra tank for tur 2. Datostempling 27.april kl. 16:47 er etter tilsats av torsk fra hal 7, kl. 04:33 etter tilsats fra hal 8 og 9, og kl. 06:18 etter hal 10, og kl. 11:29 før overføring til merd. Fyllingsgraden på «styrbord akterut» var maks 39,9 kg/m³ for tur 2.

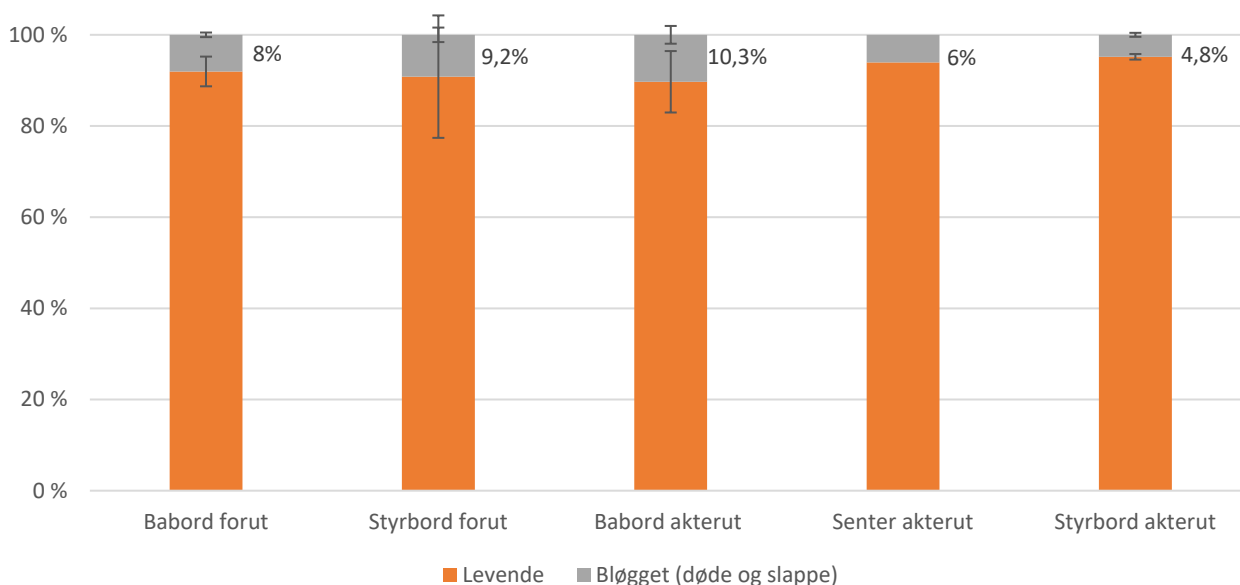
Hovedtendensen gjennom transport var at fisken fordelte seg i stort sett hele vannmassen. Det var ingen tydelige tegn til at fisken hadde store gjellelokkbevegelser, noe som eventuelt kunne tyde på utmattelse (etter fangstprosessen) og/eller for liten tilgang på oksygen. Det var heller ikke mulig ut fra våre videosekvenser å observere fisk som hadde tydelige skader. På den annen side må det påpekes at våre videoanalyser var baserte på sporadisk opptatte sekvenser på 5 minutter med begrenset belysning for ikke å stresse fisken. Dette vil gi begrenset informasjon sammenlignet med kontinuerlig overvåkning av hele transporten.

4.6 Fiskens tilstand om bord

Det var ikke mulig å gjennomføre registrering av døde fisk under transport da fisken oppholdt seg i lukkede tanker. Videre ble overføring av fisk fra tanker til merder gjennomført av mannskapet om bord på båten. Basert på innrapporterte tall fra fartøyet ble informasjon om antall levende torsk levert til merd og antall bløgget torsk benyttet for å lage en samlet oversikt i Figur 15. Bløgget fisk representerer her død og slapp fisk som sorteres ut etter lagring på tank.

Basert på disse tallene ble mellom 4,8% til 10,3% av fangsten sortert ut før overlevering til levendelagringsmerd. Fra målinger om bord på et tilsvarende levendelagringsfartøy, rapporterte Indergård et al. (2019) at mellom 8 til 10% av fangsten ble sortert ut som døde og slappe før overlevering til levendelagringsmerd (fyllingsgrad 24-48 kg/m³ og dødelighet på mellom 1 til 1,5%). Resultatet fra denne studien er dermed samsvarende med tidligere studier, og en kan trolig anta at dødelighet på tank ville ha vært av tilsvarende størrelsesorden.

Andre studier av levendelagring har rapportert varierende overlevelse av torsk. I en studie av korttids levendelagring i inntil 6 timer rapporterte Digre et al. (2016) om overlevelse på mellom 80-95% for fisk fangstet på 70 meters dyp, og en lavere overlevelsrate på 50-70% ved fangst rundt 300 meters dyp. I en annen studie med korttidslevendelagring i 6 timer rapporterte Erikson et al. (2019) en overlevelse på mellom 51-100%.



Figur 15. Overlevelsrate for torsk som ble overført fra båten til levendelagringsmerd. Gjennomsnitt ± SE (n=2).

4.6.1 Overlevelse etter levering til levendelagringsmerd

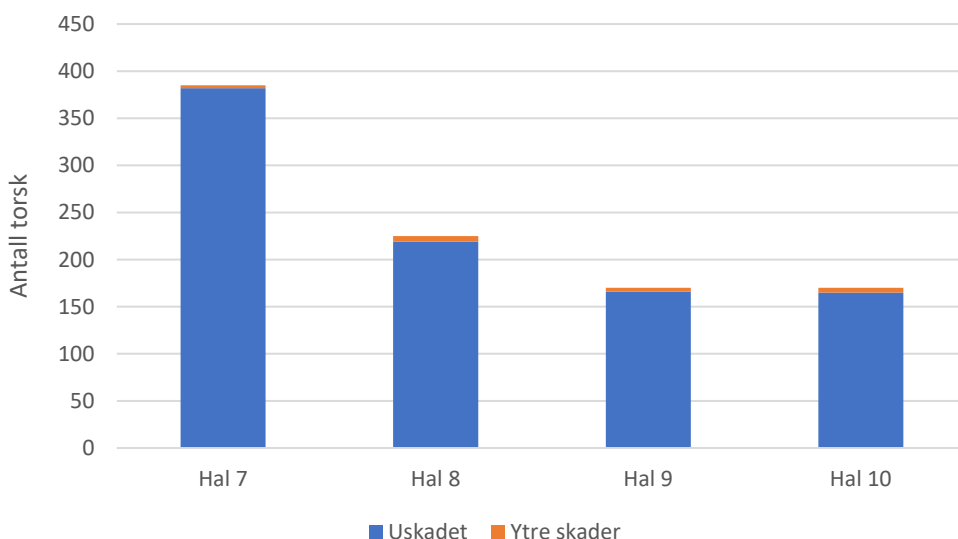
Det ble kun observert en død fisk (flyter) etter levering til merd etter tur 1. Ved levering fra tur 2 ble det derimot ikke observert død fisk etter levering (Figur 17). I dette prosjektet ble det ikke gjennomført observasjoner av overlevelse over tid.



Figur 16. Adferd i levendelagringsmerd like etter levering ved tur 1 (bilde 1) og tur 2 (bilde 2).

4.7 Ytre skader

Ytre skader ble vurdert på hele fangsten ved levering til levendelagringsmerd under tur 2 (hal 7-10) som vist i Figur 18. Det ble observert få ytre skader på fisken, og totalt ble det kun funnet ytre skader på 18 av 950 torsk. Dette tilsvarer ytre skader på 0,8%, 2,7%, 2,4%, og 2,9% av fangsten for hal 1 til 4. Totalt ble det observert ytre skader på 1,9% av fangsten. Av disse var kun en registrert som pumpeskade. De resterende hadde sår eller skader på skinn eller var rødsnuter. All fisk som ble registrert med ytre skader ble bløgget og sortert ut.



Figur 17. Ytre skader på torsk (n=950) ved levering til levendelagringsmerd etter tur 2.

Ytre skader på fisken i form av redskapsskader, klemskader og sliping er veldig vanlig i de fleste former for fangst. Eksempelvis viste Digre et al. (2010) til redskapsskader på mellom 11-29% av fangsten tatt med trål ved fangstmengder opp til 4,9 tonn. Resultater fra lignende forsøk med levendelagring om bord har vist at typiske skader tilsvarer de som ofte oppstår i vanlig fiskeri. Eksempelvis er gassutfelling i øynene en skade som kan oppstå i fangstprosessen. Fisk fanget på stort dyp kan få trykkrelaterte skader, og hos torsk er det

vanlig med gassuttredelser i øyne og hjerne, samt svømmeblæregass i bukhule (Isaksen og Midling 2012). Dette ble ikke observert i denne studien. Skader på skinn hos fisken kan oppstå ved flere punkt i verdikjeden, men er ofte et typisk eksempel på skader som oppstår i fangstredskapet eller ved ombordtakning og lossing av fangsten (Erikson et al. 2019, Tveit et al. 2019). I dette forsøket ble det observert få fisk med tydelige ytre skader, og ingen fisk med trykkrelaterte skader, noe som viser til skånsom behandling og gode prosedyrer for å minimeres skader på fisken.

5 Konklusjon

- Selv om det ikke ble målt vanngjennomstrømning på tanken, viste målinger av pH, temperatur og tilgjengelig oksygen (DO) gode verdier tilsvarende verdier for sjøvann. Det var mer enn nok tilgjengelig oksygen på tanken med mellom 99-110% DO%, vanntemperaturer på mellom 3,2-4,6 °C, og pH-verdier mellom 8,1-8,4, noe som viser at CO₂ ikke akkumuleres på tankene.
- Turbiditetsmålinger gav stabilt lave verdier både med og uten torsk på tank, med et gjennomsnitt på 0,34 NTU.
- Tankene hadde en varierende maksimal fyllingsgrad på mellom 35,9 kg/m³ til 54,6 kg/m³.
- Videoovervåkning av fisken viste at fisken hadde en normal adferd, og det ble ikke observert tegn på abnorm svømmeadferd eller fluktrespons. Det ble observert fisk gjennom hele tanken, og det var ingen tydelige tegn til at torsken hadde store gjellelokkbevegelser, som eventuelt kunne tyde på utmattelse (etter fangstprosess) og/eller for lite tilgang på oksygen.
- Mellom 5% til 10% av fangsten ble sortert ut før overlevering til levendelagringsmerd.
- Totalt ble det observert en død torsk etter overføring til merd.
- Det ble observert få ytre skader på fiskene, og gjennomsnittlig ble det funnet ytre skader på 1,9% av fangsten.

6 Takk

Takk til mannskapet om bord for hjelp og tilrettelegging under gjennomføring av toktet. Takk til Marte Schei og Jørgen Vollstad for gjennomføring av analyser på tokt og dataplotting. Takk også til Hanne Hjelle Hatlebrekke og Hanne Dalsvåg for hjelp med planlegging og pakking før tokt.

7 Referanser

- Bash, J., Berman, C. H., & Bolton, S. (2001). Effects of turbidity and suspended solids on salmonids. University of Washington Water Center.
- Berg, L. (1982). The effect of exposure to short-term pulses of suspended sediment on the behavior of juvenile salmonids. P. 177-196 in G.F. Hartman et al. [eds.] Proceedings of the Carnation Creek workshop: a ten-year review. Department of Fisheries and Oceans, Pacific Biological Station, Nanaimo, Canada
- Berg, L. and T. G. Northcote. (1985). Changes in territorial, gill- flaring, and feeding behaviour in juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) following short-term pulses of suspended sediment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1410-1417.
- Carlson, R. W. (1984). The influence of pH, dissolved oxygen, suspended solids or dissolved solids upon ventilatory and cough frequencies in the bluegill *Lepomis macrochirus* and brook trout *Salvelinus fontinalis*. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 34(2), 149-169.
- Digre, H., Jes Hansen, U. and Erikson, U., 2010. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Fish. Sci* 76, 549–559.



- Digre, H., Rosten, C., Erikson, U., Mathiassen, J. R., & Aursand, I. G. (2017a). The on-board live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by trawl: Fish behaviour, stress and fillet quality. *Fisheries Research*, 189, 42-54.
- Digre, H., Tveit, G. M., Schei, M., & Øye, E. R. (2017b). Toktrappport-Evaluering av ny slaktelinje om bord på Molnes april 2017. SINTEF rapport 2017:00369.
- Drikkevannsforskriften. (2016). Forskrift om vannforsyning og drikkevann (FOR-2016-12-22-1868). Hentet 26.10.2023 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2016-12-22-1868>
- Erikson, U., Tveit, G. M., Bondø, M., & Digre, H. (2019). On-board live storage of atlantic cod (*Gadus morhua*): effects of capture stress, recovery, delayed processing, and frozen storage on fillet color characteristics. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(10), 1076-1091.
- Indergård, E., Tveit, G. M., Erikson, U. G. (2019). Levendetransport av torsk - nytt design av lasterom på båt. Presentasjon på FoU-samling: Fangstbasert akvakultur og levende sjømat, Tromsø 25.-26. november 2019.
- Isaksen, B. & Midling, K. Ø. (2012). Fangstbasert akvakultur på torsk – en håndbok. Utgitt av HI, Nofima, FHF.
- Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J., & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 3. utgave.
- Olsen, S. H., Digre H., Grimsmo, L., Toldnes, B., Eilertsen A., Evensen, T. H., Midling K. Ø., (2014). Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – Fase 1. Nofima Rapport 39/2014
- Plante, S., Chabot, D., & Dutil, J. D. (1998). Hypoxia tolerance in Atlantic cod. *J Fish Biol.* 53:1342–56.
- Piper, R. G. (1982). *Fish hatchery management* (No. 2175). US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service
- Portz, D. E., Woodley, C. M., & Cech, J. J. (2006). Stress-associated impacts of short-term holding on fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16, 125-170.
- Sadar, M. (2017). Turbidity measurement: A simple, effective indicator of water quality change. *OTT Hydromet*. Retrieved from <http://www.ott.com/enus/products/download/turbidity-white-paper>.
- Sigler, J. W., T.C. Bjornn, & F.H. Everest. (1984). Effects of chronic turbidity on density and growth of steelheads and coho salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 113: 142-150
- Staurnes, M., Sigholt, T., Pedersen, H. P., & Rustad T. (1994). Physiological effects of simulated high-density transport of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 119:381–91.
- Tveit, G. M., Sistiaga, M., Herrmann, B., & Brinkhof, J. (2019). External damage to trawl-caught northeast arctic cod (*Gadus morhua*): Effect of codend design. *Fisheries Research*, 214, 136-147.