

Uttesting av vårt mottak om bord på M.Tr Kongsfjord

Faglig sluttrapport



Bilde: Nofima

Nofima er et ledende matforskningsinstitutt som driver med forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Vi leverer internasjonal anerkjent forskning og løsninger som gir næringslivet konkurransefortrinn langs hele verdikjeden.

«Bærekraftig mat til alle» er vår visjon.

Kontaktinformasjon

Telefon: 77 62 90 00

post@nofima.no

www.nofima.no

NO 989 278 835 MVA



Hovedkontor Tromsø

Muninbakken 9–13

Postboks 6122

NO-9291 Tromsø



Stavanger

Måltidets hus

Richard Johnsensgate 4

Postboks 8034

NO-4068 Stavanger



Sunndalsøra

Sjølsengvegen 22

NO-6600 Sunndalsøra



Ås

Osloveien 1

Postboks 210

NO-1433 ÅS



Bergen

Kjerreidviken 16

Postboks 1425 Oasen

NO-5844 Bergen

Rapport

Rapportnummer: 4/2022	ISBN: 978-82-8296-706-8	ISSN: 1890-579X
Dato: 20. april 2022	Antall sider + sider vedlegg: 44	Prosjektnummer: 12602
Tittel: Uttesting av vått mottak om bord på M.Tr Kongsfjord		
Title: Testing of water-filled receiving bins on board M.Tr Kongsfjord		
Forfatter(e): Stein Olsen og Gustav Martinsen		
Avdeling: Sjømatindustri		
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) og Finnmark havfiske AS		
Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.: FHF 901502		
Stikkord: Trål, Torsk, Levendelagring, Bløgging, Blod, Kvalitet, Filet, Filetfarge		
Sammendrag/anbefalinger: Havfisk AS ønsker å forbedre kvaliteten på trålfangst fisk, og satte i 2018 i gang med å designe og bygge ny tråler. Utgangspunktet var å holde fangsten levende om bord, for å kunne slakte ut fisken på en kontrollert måte. Nofima ble forespurt om å bidra med kunnskap rundt design av levendefisk-tanker, kvalitet, samt selve levendelagringen av hvitfisk. Uttesting og evaluering ble gjennomført på to tokt, oktober 2020 og oktober 2021. På grunn av lav pumpekapasitet – vannstrøm gjennom tankene - under gjennomføring på første tokt, varierende mengde fisk i de ulike tankene og høy dødelighet (opp mot 90 %), så er det uklart om vannfordelingen opp gjennom flat eller skråstilt bunnplate skiller seg fra hverandre. Etter første tokt ble pumpekapasiteten forbedret, men fortsatt var det høy dødelighet (40-80 %) under levendelagring. Under levendelagringen av torsk, økte fiskens blod-pH (7,1 til 7,5), etter 5 timer. Dette indikerer at torsken restituerer, når den får god tilgang på friskt sjøvann. Samtidig viser resultatene at rødfargen i muskel øker raskt de to første timene av levendelagring og selv etter 5 timer levendelagring, reduseres ikke rødfargen. Det ble også gjennomført bløggeforsøk og resultatene viser at andelen med blodfeil i filet ble redusert, dersom fisken ble bløgget før direktesløyting		
English summary/recommendation: To improve the quality of trawl-caught Atlantic cod, Havfisk Ltd designed and constructed a new trawler in 2018. The goal was to keep the catch alive until it was slaughtered. Nofima was asked to contribute with knowledge about live storage and muscle quality of cod. Two separate research trials were carried out, in October 2020 and 2021. During the first trial, due to low pump-capacity, a fluctuation in the numbers of cod in the tanks and a high mortality rate (<90%), it was not possible to conclude if the distribution of water through a flat or a tilted perforated foundation sheet, influenced the result. For the second trial, the pump-capacity was improved, but the mortality rate was still high (<80%). After 5 hours of live storage, there was an increase in the fish blood pH (7,1 to 7,5). This indicates that live cod can be restituted. However, the results also show that the redness in the fish muscle rapidly increased during the first hours of live storage and remained high through 5 hours of live storage. Furthermore, bleeding trials were also done, showing that bloodspots in the fillets were reduced when fish was bled before mechanical gutting.		

Forord

Roar Pedersen, Fagsjef fartøyteknologi hos Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) har bidratt med innspill, med tanke på planlegging, bygging av vått mottak og uttesting, som er basert på tidligere kunnskap fra andre FHF-finansierte prosjekt. Blant annet OPTIPRO-1 (FHF-prosjekt nr. 900930), OPTIPRO-2 (FHF-prosjekt nr. 901094) og OPTIPRO-3 (FHF-prosjekt nr. 901274).

FHF finansierer arbeidet med uttesting og evaluering av vått mottak som er beskrevet i denne rapporten. I tillegg har Finnmark Havfiske bidratt med egeninnsats i form av forpleining og hjelp om bord på M.Tr Kongsfjord for å kunne utføre arbeidet, samt dekket kostnader for transport av prøver til Nofima i Tromsø, etter lossing ved Havfisk sine produksjonsanlegg på Melbu og i Hammerfest.

Innhold

1	Sammendrag	1
1.1	Summary	2
2	Innledning	5
3	Problemstilling og formål	8
4	Prosjektgjennomføring	9
4.1	Forsøksplan for uttesting av vått mottak (tokt 1)	9
5	Material og metode (tokt 1)	10
5.1	Sjøvannssystem for mottakstanker og vannkapasiteten	10
5.2	Logging av oksygen i tank 3 og 4, under levendelagring	10
5.3	Vannprøver for måling av pH og ammoniakk under levendelagring	11
5.4	Biologiske data	11
5.5	Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)	12
5.6	Kvalitet på råstoffet - farge på muskel og blodfeil	12
5.7	Instrumentell måling av restblod i filet	12
5.8	Statistikk	12
6	Material og metode (tokt 2)	13
6.1	Toktplan etter endringer av mottaket om bord på Kongsfjord høsten 2021	13
6.2	Logging av oksygen under levendelagring (tokt 2)	13
6.3	Biologiske data (tokt 2)	13
6.4	Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)	13
6.5	Kvalitet (farge på muskel og blodfeil)	13
6.6	Instrumentell måling av restblod i filet fra levendelagret torsk	14
6.7	Dokumentere om sløyemaskinen bidrar til blåflekker i filet	14
7	Observasjoner og resultater fra tokt 1	15
7.1	Fangstfelt, tauetid og halstørrelse	15
7.2	Fiskens kondisjon	16
7.3	Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)	16
7.4	Vannprøver for måling av pH og ammoniakk	17
7.5	Logging av oksygennivå i inntakstank	17
7.6	Dødelighet i tankene	21
7.7	Visuell bedømming av farge og blodfeil på filet	22
7.8	Instrumentell måling av restblod i filet	27
8	Forslag til endringer i etterkant av tokt 1	29
9	Endringer på anlegget i etterkant av tokt 1	30
10	Observasjoner og resultater etter tokt 2	31
10.1	Fangstfelt, tauetid og halstørrelse	31
10.2	Fiskens kondisjon	32
10.3	Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)	32

10.4	Logging av oksygennivå under levendelagring	33
10.5	Dødelighet i tankene	34
10.6	Visuell bedømming av farge og blodfeil på filet etter levendelagring	36
10.7	Instrumentell måling av restblod i filet etter levendelagring	37
10.8	Evaluerings om sløyemaskinen bidrar til blåflekker i filet	38
11	Konklusjon	42
12	Hovedfunn	43
13	Referanser	44

1 Sammen drag

Havfisk AS ønsker å forbedre kvaliteten på trålfangst fisk, og satte i 2018 i gang med å designe og bygge ny tråler (prosjektets Fase1 og 2). Utgangspunktet for designet var blant annet å holde fangsten levende om bord, for å kunne slakte ut fisken på en kontrollert måte. I 2020 var M.Tr Konsfjord ferdigbygget og klar for fiske. Prosjektet er eid og styrt av Havfisk AS, og Nofima ble forespurt om å bidra med kunnskap rundt design av levendefisktanker, kvalitet samt selve levendelagringen av hvitfisk. Når fartøyet er kommet i gang med aktivt fiske, etter at innkjøringsfasen er over, skulle Nofima delta i uttesting og evaluering av vått mottak om bord på fartøyet (Fase 3). Uttesting og evaluering av mottaket ble gjennomført på to tokt, oktober 2020 og oktober 2021.

Under det første toktet i 2020, ble sjøvannssystemet og vannmengde (liter/minutt) gjennom mottakstankene testet. To forskjellige konsept på oppstrømsprinsipp ble testet, der vannet skulle fordeles opp gjennom flat eller skråstilt perforert bunnplate. Under levendelagring i disse tankene, ble vannkvaliteten (oksygen, pH og ammoniakk) målt. Ved tømning av tankene ble andelen dødfisk registrert. I tillegg ble det tatt både blod- og filetprøver fra torsk som var i live, etter levendelagring i 1–2 timer. Dette for å kartlegge mulige endringer i fysiologi (blodets melkesyre, glukose og pH) og muskelfarge/rødhet i filet hos torsk, de første timene av levendelagring. Farge og blodfeil ble vurdert sensorisk på filet rett etter filetering. Høyre filet ble frosset inn og transportert til Nofima for instrumentell fargemåling (avbildende spektroskopi).

På det neste toktet, i 2021, ble fangsten holdt på mottakstankene og slaktet ut i intervall mellom 2 til 5 timer. Ved tømning av tankene ble andelen dødfisk registrert. I tillegg ble det tatt blod- og filetprøver fra torsk som var i live, etter levendelagring i 2 til 5 timer. Dette for å kartlegge mulige endringer i fysiologi (blodets melkesyre, glukose og pH) og muskelfarge/rødhet i filet hos torsk, som holdes levende i mottakstankene i 5–6 timer fram til nytt trålhal tas ombord. Farge og blodfeil ble vurdert sensorisk på filet rett etter filetering. Høyre filet ble frosset inn og transportert til Nofima for instrumentell fargemåling (avbildende spektroskopi). Det ble også gjennomført 3 ulike bløgge- og utblødningsforsøk. Dette for å kartlegge om bløgging og rask utblødning (3–5 min.) i sjøvann, i forkant av maskinell sløying, kunne reduserer nivået av blodfeil i fiskemuskel. Den første bløggemetoden var strupekutt og utblødning i 30 minutter. Den andre bløggemetoden var stikkmetoden, som kuttet hovedpulsåren, rett i bakkant av gjellene. Deretter skulle fisken blø ut i 3–5 minutter, før maskinell sløying og ny utblødning i 30 minutter. Den tredje metoden var maskinell direktesløying og utblødning i 30 minutter. Før bløgging ble iverksatt ble levende torsk tatt ut fra linjen, rett etter el-bedøveren. Rett etter sløying og filetering, ble farge og blodfeil på filetene, vurdert sensorisk.

Resultatet tokt 1

På grunn av lav pumpekapasitet (1300 liter/min) under gjennomføring av tokt 1, varierende mengde fisk i de ulike tankene og høy dødelighet (opp mot 90 %), så er det uklart om vannfordeling opp gjennom flat eller skråstilt bunnplate skiller seg fra hverandre. De fiskene som fortsatt var i live etter 1 til 2 timer i mottaket viste lite tegn til restituering og mengde blodfeil økte betydelig, sammenlignet med fisk som ble slaktet umiddelbart etter at fisken ble tatt om bord. Når det gjelder de perforerte bunnplatene i tankene, så er det vanskelig å drive renhold under disse platene, når fartøyet er i drift. Dette er utfordrende med tanke på risiko for oppblomstring av mikroorganismer på undersiden av platene og fare for smitte gjennom hele produksjonslinjen. Etter tokt 1 ble de perforerte platene fjernet fra inntakstankene.

Oksygenanlegget ble forsøkt testet, men på grunn av lite fisk i mottaket under testrunden fikk man ikke testet potensialet i anlegget. Overvåkning og regulering av oksygenmetning i tankene er utfordrende. I tillegg ble oksygenanlegget fjernet av sikkerhetsmessige årsaker etter endt tokt, da det var risiko for skade på oksygenrør og mulige lekkasje av oksygen til maskinrom.

Resultater tokt 2

Etter første tokt ble pumpekapasiteten utbedret til å levere cirka 320 m³ sjøvann per time. Dette er nok til å holde cirka 6 tonn fisk i live over tid. Det ble imidlertid registrert stor dødelighet (40–80 %) under levendelagring, også på dette toktet.

Ut fra resultatene fra tokt nr. 2, kan konseptet bidra til å redusere noe av rødfargen i filetene, dersom fisken slaktes ut fra vått mottak innen 2 timer og at fisken får tilstrekkelig mengde med oksygenrikt vann når den holdes levende i vått mottak. Da vil mye av fisken være i livet på slakte-tidspunktet, og et gjennomsnittlig trålhal på 10 tonn med torsk, tar normalt mellom 1–2 timer å slakte ut. Man får tømt de store blodårene bedre etter bløgging/sløyning, dersom fisken er i live. En annen fordel med vannfylte mottakstanker, er at fisken ikke blir utsatt for tilsvarende vektbelastning som i tørre mottakstanker. Det må nevnes at fangstdyp (250–350 meter dyp) og lang tauetid (4–6 timer), både under tokt 1 og 2, ikke er gunstige og kan ha påvirket resultatene negativt.

Resultatene fra bløggeforsøket viser at maskinell direktesløyning av levende fisk som er el-bedøvet, kan ha bidratt til mere blåflekker/blødninger i muskelen. Andelen med alvorlige blåflekker i buk eller loin ble redusert når fisken var bløgget og utblødd, før maskinell direktesløyning. Mulig årsak kan være at feil størrelse på fisk kjøres gjennom sløyemaskinen, eller at klemmene som holder fisken på plass i sløyemaskinen presser for hardt inn muskelen. Disse skadene som påføres fisken har stor betydning økonomisk, da de ofte ikke oppdages før fisken er filetert og skinnnet. Dette bør derfor undersøkes nærmere i et framtidig større forsøk.

1.1 Summary

Havfisk Ltd wanted to improve the quality of trawl-caught fish. Therefore, a project for design and construction of a new trawler was initiated in 2018 (phase 1 and 2 of this project). The background for this design was, among other factors, to keep the catch alive on board the trawler until the fish could be slaughtered in a controlled manner. In 2020 the new trawler “M.Tr Kongsfjord” was delivered and made operational. The entire project is owned and run by “Havfisk Ltd”. Nofima was asked to contribute with knowledge about the design of the on-board live storage fish tanks, fish quality and actual on-board live storage of whitefish. Subsequent to the run-in period, when the trawler had commenced its commercial fishing, Nofima was assess, experiment and evaluate how this wet harvest / cartch was received and handled aboard the vessel (phase 3). These experiments and evaluations were to take part in two separate research trials, the first one in October 2020 and the next one in October 2021.

During the first research trial in 2020, the seawater system and amount of water (litre per minute) in the live storage tanks were tested. Two different concepts, with regard to the upstream principle, were tested, where the water was either distributed through a flat or a tilted perforated foundation sheet. During the on-board live storage in these tanks, the quality of the water (oxygen, pH-value and ammoniac) was measured. When the tanks were emptied, the number of dead Atlantic cod was recorded. In addition, only cod that were alive after capture and live storage were taken out for blood sampling, bleeding, gutting and filleting. All cod were percussive stunned prior to blod sampling and bleeding. Both blood and fillet samples were taken from cod that had been on-board live stored for 1–2 hours. This was done to map possible physiological changes (bloods lactic acid, glucose and pH-level) and the muscle colour characteristics (redness) of cod fillets in the first few hours of on-board live storage (imaging spectroscopy).

On the second research trial, in 2021, the catch was kept in live storage tanks and slaughtered in intervals of 2 to 5 hours. When the on-board live storage tanks were emptied, the number of dead fish were noted. Furthermore, only cod that were alive after capture and live storage were taken out for blood sampling, bleeding, gutting and filleting. All cod were percussive stunned prior to blod sampling and

bleeding. Both blood and fillet samples were taken from cod that had been on-board live stored for 2–5 hours. cod and of cod that had been live stored from 2 to 5 hours. All this was done to better record the possible changes in the physiology (bloods lactic acid, glucose and pH-level) and in the fillet muscle colour characteristics (redness) of live stored cod that had been kept these tanks from 5–6 hours – until a new trawl-haul was taken on board. Colour, residual blood and bruises underwent a sensory evaluation directly after filleting. The right fillet was then frozen and brought to Nofima for instrumental colour measurement (imaging spectroscopy). Three different methods of bleeding were used to better map the process of exsanguination and to survey if quick bleeding (3–5 minutes) in seawater, prior to mechanical gutting, contributed to reduce the level of residual blood and bruises in the fish muscle. The first bleeding-method consisted of a throat-cut and 30 minutes exsanguination. The second bleeding-method involved a cut of the main artery, directly behind the gills and without cutting the throat, before the fish was left to bleed for 3–5 minutes prior to mechanical gutting and another 30 minute period of exsanguination. The third method was mechanical gutting prior to exsanguination for 30 minutes. Before exsanguination, in all trials, living cod was removed, directly from the production line, subsequent to electrical stunning. Plus, after exsanguination and filleting, the colour and residual blood and bruises were subjected to sensory evaluation.

Results from research trial number one

Due to a low pump-capacity (1300 litres per minute) during the first research trial, both the quantity of fish and the level of mortality varied in the different tanks (close to 90 %). Therefore, it is uncertain if the distribution of water through a flat or a tilted perforated foundation sheet had an impact on the result. The fish that still was alive, after 1 to 2 hours of on-board live storage, showed few signs of restitution, and had a significant rise in the amount of residual blood and bruises in the fillets. This compared to fish that was slaughtered directly after being hauled aboard the vessel. With regard to the perforated foundation sheets in these tanks, it is difficult to clean underneath them when the vessel is operational. This is challenging since there is a risk that microbes will thrive and flourish underneath these perforated foundation sheets, something that increases the possibility for infection throughout the production line. These perforated foundation sheets were removed after the first research trial.

The oxygenation system on board was also put to the test, but due to a low quantity of fish during this test round, we were not able to thoroughly test its potential. The monitoring and regulation of the saturation level in the tanks were challenging. In addition, the oxygenation system had to be removed, due to safety issues, after every research trial. The reason was that there was a risk of damage to the oxygen pipe with a possible leak of oxygen to the machine room.

Results from research trial number two

Following the first research trial, the pump-capacity was improved to supply approximately 320 m³ seawater per hour. This was enough to keep circa 6 tonnes of fish alive. However, a large mortality rate (40–80%) was also found during this research trial for on-board live stored fish. Nevertheless, the concept can help to reduce some of the red discoloration in the fillets, if the fish is slaughtered within 2 hours. One of the advantages in how the receiving bins/live storage tanks were built and is used, was that most of the fish was still alive when it was slaughtered. Usually, following a 10 tonnes haul, it will take between 1–2 hours to slaughter all the fish. You also get a better percentage of bleed-out in the larger arteries subsequent to bleeding/ exsanguination. Another positive effect of the water filled live storage tanks, is that the fish is not exposed to the weight strain in a similar way as in dry receiving bins. It must be noted, that both the depth (240–350 meters) and the haul duration (4–6 hours) were extensive, both for research trial 1 and 2, something that is not favourable and that may have influenced the results.

The outcome of the bleeding experiments shows that direct, mechanical gutting, of living fish that had been electrically stunned, may have contributed to more residual blood and bloodspots in the fillets. The percentage of severe bloodspots in the belly and loin was reduced when the fish was bled out prior to

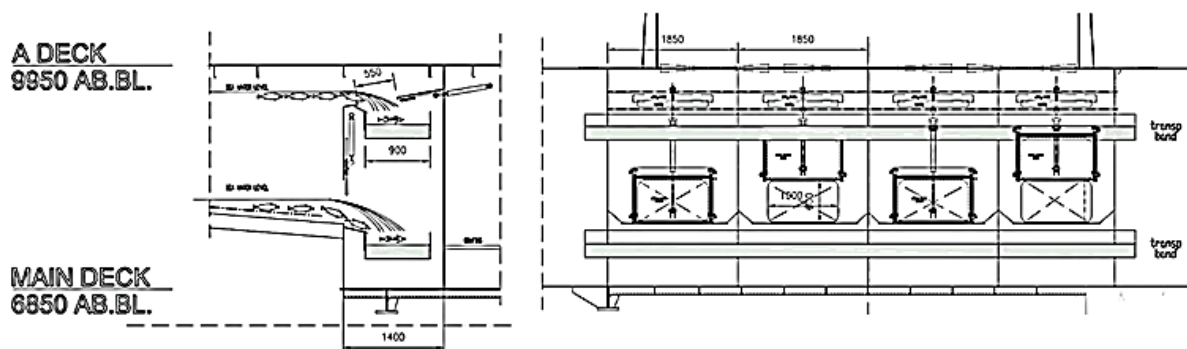
mechanical gutting. Possible causes were either the wrong size of fish or rough handling of the fish when it was processed through the gutting machine. These injuries have a significant financial impact on the produce, and often it is not even discovered until the fish has been filled and skinned. Therefore, this should be further examined in another larger study in the future

2 Innledning

Majoriteten av de nye trålerne slipper fortsatt fangster på 20–30 tonn direkte ned i mottaksbinger uten vann eller kjøling, fisken blir direktesløydd og behandlet på samme måte som for 60 år siden. For at slike metoder skal kunne gi høy kvalitet er man avhengig av små og korte hal. Trålfanget fisk er vanligvis utmattet etter å ha svømt i trålen og løftet mot overflaten. Den ellers hvite muskulaturen har mye blod i seg, og fileten vil farges rosa dersom den ikke avlives umiddelbart. I praksis er dette umulig ved store fangster, og blodmengden og rødfargen øker jo lenger den lagres i mottaksbingene før produksjon. Et alternativ til dagens metode, er å holde fangsten levende om bord fram til utslakting, eventuelt lagre fisken levende lenge nok (over 6 timer) i vått mottak, fram til fisken har kvittet seg med mye av blodet i muskelen, før den bløgges og sløyes. Havfisk AS ønsker å forbedre kvaliteten på trålfanget fisk, og satte i 2018 i gang med å designe og bygge ny tråler med utgangspunkt i å holde fangsten levende om bord, fram til hele fangsten er slaktet ut på en kontrollert måte. I 2020 var M.Tr Kongsfjord ferdigbygget og klar for fiske. Prosjektet er eid og styrt av Havfisk AS, og Nofima ble forespurt om å bidra med kunnskap rundt design av levendefisktanker, levendelagring av hvitfisk og kvalitet.

Mottaksbinge for levendefisk

Det ble planlagt 6 mottaksbinger i fartøyet, der to av bingene på cirka 14 m³ ble designet og bygget for hold av fangsten levende, fram til all fisk er slaktet. Fangsten slippes samfengt ut fra codend og ned i mottaksbingen. Bingene for hold av levende fisk er bygget etter oppstrømsprinsippet, der sjøvann pumpes opp gjennom en perforert bunn, med avløp i toppen av bingen. I tillegg skulle det være mulig å hente ut fisk som flyter (flytere), gjennom en sluse i øverste del av bingen.



Figur 1 Skisse av mottaksbinge

Tetthet: 400–500 kilo/m³

Fisken velger selv mye større tetthet like etter fangst, som følge av at svømmeblæren er punktert. Fisken har mistet sin oppdriftsevne og ligger dermed tungt nede på bunnen. I dype (3–4 meter) snurrevadtanker er det derfor ikke uvanlig at tettheten kan være rundt 600–700 kilo/m³, i de første timene etter fangst. En tetthet på cirka 400–500 kilo/m³ er derfor et konservativt estimat som vi vet gir god overlevelse, gitt korrekt vandistribusjon og tilstrekkelig oksygenrik sjøvannstilgang (Isaksen & Midling, 2012).

Vannbehov: 0,5 liter/kg*minutt

Fisken har et betydelig oksygenbehov rett etter fangst, og som en tommelfingerregel bør de ha tilgang på 0,5 liter sjøvann/(kg*minutt) (10 tonn krever opp til 5 000 liter i minuttet). Oppstrømsprinsippet (opp gjennom en perforert bunn) vil også sørge for at fisken ikke klemmes mot hverandre, slik at gjellelokkene blokkeres. Fisken vil dermed ha mulighet til å pumpe oksygenrikt vann over gjellene, selv om tettheten er stor (Isaksen & Midling, 2012). Noen fartøy har også installert oksygen-system (Digre et al., 2017), og dette er planlagt inn i konseptet, for å eventuelt redusere noe på nødvendig pumpekapasitet.

Volum og dimensjon

Det ble planlagt 6 mottaksbinger, der to av bingene på 14 m³ skulle benyttes til å holde fisken (ca. 7 tonn) levende fram til bløgging/slakting. Her skal fisken gis optimale forhold fram til den slippes ut for sortering (død fisk), bedøving og slakting. Vann- og oksygenforhold bør være gunstige, og oksygennivået må logges både ved bunnen og i toppen av mottaksbingen. To av bingene ble utrustet med lys, kamera-overvåking, oksygensensorer og pH-måler, for å kunne overvåke fisken fram til utslakting. I fem av mottaksbingene skulle vannet fordeles ut gjennom to skråstilte plater med lav perforeringsgrad (f.eks. ett 8 mm hull per 10 x 10 cm), som var hengslet i sideskottet på hver side i tanken. Disse platene skal kunne slås opp når tanken skal benyttes som tørre mottaksbinger, i fiske etter uer og reker. I den siste bingen skulle vannet fordeles opp fra en flat dobbel-bunn, med lav perforering (f.eks. ett 8 mm hull per 10 x 10 cm). Dette systemet finnes i dag på mer enn 20 snurrevadfartøy, og har gitt gode resultater med tanke på overlevelse. Flytere og død fisk skulle tas ut i øvre del av tanken, og sendes umiddelbart til produksjon.

Prosjektplan

Prosjektet er eid og styrt av Havfisk AS og er delt inn i fire faser. Fase 1 går ut på å tegne og designe vått mottak på ny Havfisk tråler. Fase 2 tar for seg bygging av ny tråler, med basis i tegningene av vått mottak i fase 1.

Fase 3 tar for seg uttesting av vått mottak og dokumentasjon av fiskekvaliteten, så snart fartøyet er ferdigbygget og kommet i gang med kommersielt fiske. I fase 3, vil to av bingene bli testet ut med to forskjellige oppstrømsprinsipp for å holde fangsten levende fram til utslakting. Disse to tankene vil derfor bli fullt utrustet med lys, kameraovervåking, oksygensensorer og pH-måler, for å kunne overvåke vannkvalitet og fisk fram til utslakting. Oppstrømsprinsippet i den ene bingen går ut på å fordele vannet opp via en flat dobbel-bunn, med lav perforering (f.eks. ett 8 mm hull per 10 x 10 cm). Ved oppstrømsprinsippet i den andre bingen som skal testes ut, skal vannet fordeles opp gjennom to skråstilte plater med lav perforering som er hengslet i sideskottet på hver side i tanken. Disse platene skal kunne slås opp når tanken skal benyttes som tørre mottaksbinger, i fiske etter uer og reker. Når disse to løsningene skal testes ut, skal tilstrekkelig mengde friskt sjøvann (inntil 0,5 liter sjøvann/(kg*minutt)) benyttes, kun på disse to bingene. I tillegg skal det være mulighet for oksygenering av inntaksvannet ved behov. De andre 4 bingene vil bli klarlagt med tanke på vått mottak og hold av levende fisk, men når de to oppstrømsprinsippene skal testes ut i full skala, må de 4 andre bingene fungere som tradisjonelt tørt mottak.

Hensikten med dette er å se om en av prinsippene egner seg bedre enn den andre, til å holde fangsten levende fram til utslakting. Ved å teste ut kun to tanker i første omgang, vil Havfisk få god kunnskap om hvilke oppstrømsprinsipp, pumpekapasitet og oksygenbehov som gir best resultat.

Nofimas bidrag til prosjektet:

FASE 1 og 2: Tegning og bygging av vått mottak

- Bidra med innspill med tanke på planlegging og bygging av vått mottak, basert på tidligere kunnskap fra andre prosjekt, som CRISP (Norges Forskningsråd prosjekt nr. 203477), OPTIPRO-1 (FHF-prosjekt nr. 900930), OPTIPRO-2 (FHF-prosjekt nr. 901094), OPTIPRO-3 (FHF-prosjekt nr. 901274), Senter for Fangstbasert Akvakultur og Levendelevering av hyse (FHF-prosjekt nr. 901279). Dette skjer i deltakelse i møter og telefonmøter.

FASE 3: Uttesting av vått mottak

Når fartøyet er ferdigbygget og kommet i gang med innkjøringsfasen, skal Nofima:

bidra med innspill og oppsummering av data (tauetid, halstørrelse, vannbehov, overlevelse og vannkvalitet), som samles inn av mannskapet om bord under uttestingen av nytt fartøy.

delta i uttesting og evaluering av vått mottak om bord på fartøyet. I forkant av toktet skal det utarbeides en toktplan i samarbeid med Havfisk AS, der de ulike forsøkene gjennomgås og beskrives mere detaljert.

- Vannkvaliteten (oksygen, CO₂, pH, ammoniakk) skal måles i mottaksbingen fra fisken kommer om bord og fram til utslakting.
- Fysiologien til fisken skal følges fra ombordtaking og fram til siste fisk er tatt ut for slakting.
 - Endringer i blodkjemi og rødfarge i muskel gjennom 6 timer med levendelagring (restitusjon). Det skal tas ut 1 prøve (n = 15) med fisk hver time fra mottaksbingen gjennom hele restitusjonen (fra 10–15 hal), for å se på endring i blodkjemi (kontroll på om fisken restituerer).
 - Dødeligheten skal registreres på 50–100 fisk, 3 ganger i løpet av levendelagringen, fra om bordtaking og fram til siste fisk er tatt ut for slakting, fra 10–15 hal.
- Det skal gjennomføres bløggforsøk på toktet.
- Direktesløyning (fra 10 forskjellige hal):
 - Det er indikasjoner på at BAADER 444 maskinene kan klemme for hardt over ryggen på fisken under sløyning. Spesielt når fisken er i livet under sløyning kan dette føre til blåflekker i loins. For å avkrefte dette skal fisk bedøves og direktesløykes maskinelt (BAADER 444) og sammenlignes mot fisk som bedøves og direktesløykes for hånd (20 fisk tidlig og 20 fisk sent i levendelagringen).
- Bløgging (fra 10 forskjellige hal):
 - Tradisjonell bløgging og utblødning: Fisk skal bedøves og bløgges for hånd (20 fisk tidlig og 20 fisk sent i levendelagringen bløgges og blør ut i 30 min. i sjøvann før sløyning)
 - Stikkbløgging og hurtig utblødning (1–3 min.): Fisk (20 fisk tidlig og 20 fisk sent i levendelagringen) skal bedøves, bløgges/stikkes og blør ut i maks 1–3 minutt før maskinell sløyning (BAADER 444). Etter sløyning skal fisken blør ut i 30 minutter i sjøvann.
- Som kontrollgruppe skal restblodet i filet fra fisk som er slaktet fra tradisjonell tørr binge, sammenlignes mot filet fra fisk som er slaktet fra vått mottak. Det skal tas ut 20 fisk tidlig og 20 fisk sent, etter at fangsten er kommet ombord
- Restblodet skal måles objektivt med bruk av avbildende spektroskopi, enten ombord dersom et slikt instrument er tilgjengelig, alternativt må prøver fryses ned, sendes og analyseres ved Nofima i Tromsø. Resultatene fra toktet skal systematiseres og leveres som et notat til Havfisk AS, og kan legge grunnlaget for eventuelle innspill til korrigering og feilretting av mottaket i prosjektets fase 4.

Prosjektgruppen:

Frank Abelse, MMC First Process AS - Prosjektleder

Stein Oksnes, Havfisk ASA - Teknisk direktør

Stein Harris Olsen, Nofima AS - avd. Sjømatindustri - Forsker

André Steffensen, Havfisk ASA - Skipper

Odd Johan Uggedal, Havfisk ASA - Fabrikkssjef

Inge Walderhaug, Vard Group AS - Technical Ship Consultant for Fishing Vessels /Trawlers

Referansegruppe:

Eldar Kåre Farstad, Havfisk ASA - Daglig leder

Odd Johan Fladmark, Havfisk ASA - Kvalitetsleder

Karsten Heia, Nofima AS - Dr.scient.

Ansvarlig i FHF er Roar Pedersen - Fagsjef Fartøyteknologi.

3 Problemstilling og formål

Målet med prosjektet:

Å kunne produsere hvitfisk der all fisk er tømt for blod slik at fisk fra trålere kan brukes til å produsere alle typer fiskeprodukter, også høyverdige ferske og fryste fiskeprodukter som innfrir strenge visuelle krav og krav til holdbarhet.

Resultatmål (Fase 3):

Å teste levendelagring, bedøvning og bløgging av levende fisk, dvs.:

- måle blod i filet etter utblødning i fisk som er slaktet fra 0–6 timer etter ombordtaking
- måle effekt av utblødning ved direktesløyting og bløgging ved stikking

Nytteverdi:

Havfisk AS har stor tro på at de sammen med Nofima og underleverandører kan utvikle et "vått mottak", der fanget fisk holdes i live frem til den skal produseres. Ved å produsere på levende fisk har de som målsetting å klare å tømme fisken fullstendig for blod. Dette bør gi en kvalitet som gjør det mulig å øke verdiskapingen om bord i trålerne og i landanleggene betydelig. Linefisk, som har mindre utfordringer med blod i fiskekjøttet, oppnår rundt 2 NOK mer per kilo på auksjon. Klarer en å løse utfordringen med blod i fiskekjøttet vil en kunne øke fangstinntektene til en tråler som fisker 7–8 000 tonn hvitfisk med cirka 15 millioner NOK.

Formidlingsplan:

- Et arbeidsnotat til Finnmark Havfiske, etter avsluttet første tokt.
- En faglig sluttrapportering til FHF, i tråd med FHF's standardvilkår.
- Rapporten vil bli presentert på nettsiden til Nofima.
- Resultatene fra uttesting av vått mottak vil bli presenteres på den årlige FBA-samlingen i regi av Nofima i Tromsø, høsten 2022.

Leveranser:

- Et arbeidsnotat til Finnmark Havfiske, etter avsluttet første tokt.
- En faglig sluttrapportering til FHF, i tråd med FHF's standardvilkår.
- En presentasjon av resultater på den årlige FBA-samlingen i regi av Nofima, høsten 2022.

4 Prosjektgjennomføring

4.1 Forsøksplan for uttesting av vått mottak (tokt 1)

Nofima deltok på tokt i perioden 19. til 27. oktober 2020, og gjennomførte registrering og innledende forsøk i tilknytning til fiske og råstoffkvalitet. Videre i notatet, beskrives funn og resultater fra arbeidet.

I henhold til prosjektplan, var oppgave og aktivitet for tester under første tokt følgende:

Teste ut sjøvannssystemet og instrumenteringen:

- a) Hva er faktisk utskifting av sjøvann (liter i timen) med en tank i bruk, to tanker, osv.
- b) Sjekke at instrumenteringen er riktig og at de verdiene som måles er riktige og representative for det sjøvannet som er i tankene.
- c) Gjennomgang av video og belysning.

Teste ut O₂-anlegget:

- a) Klarer vi å styre O₂ i sjøvannet effektivt?
- b) Hvor mye oksygen må vi tilføre for å få økt O₂-nivå?

Teste overlevelse:

- a) Gjøre forsøk der vi ser på overlevelse etter 0 min, 30 min, 60 min osv (0–6 timer) med forskjellig utskifting av vann og tilføringer av oksygen.
- b) Er det noen forskjell i overlevelse mellom de to måtene vi tilfører sjøvann (forenklet kontra komplisert).

Teste kvalitet:

- a) Se på forskjell i kvalitet på fisken for tørt mottak kontra vått mottak (0–6 timer).

Annet:

- a) Måle effekt av utblødning ved direktesløyning, bløgget rett før sløyning og bløgg/utblødd før sløyning.

5 Material og metode (tokt 1)

Totalt ble det tatt 17 hal på toktet. De fire første halene ble tatt på fiskefeltet Tidly, de resterende tretten halene ble tatt på fiskefeltet Sørbakken ved Bjørnøya. For de ulike halene varierte tauetiden mellom 2 til 6 timer, fangstdybden varierte mellom 250–350 m dybde og sjøtemperaturen ved bunnen var mellom 2,0–4,0 °C.

5.1 Sjøvannssystem for mottakstanker og vannkapasiteten

Når det gjelder tilgang sjøvann, så skulle pumpene levere opp til 300 m³/timen (ca. 5000 liter/minutt), men på grunn av underdimensjonerte rørsystem fra sjøvannspumpene og fare for lekkasjer til maskinrom under drift av vått mottak var pumpekapasiteten nedjustert med 57 % effekt. Det ble gjennomført test med tanke på fyllingstid på tank nr. 3 og 4 samtidig. Testen startet med tomme tanker, med samlet volum på cirka 24 m³. Fyllingstiden for disse to bingene vil gi en god indikasjon på vannutskiftningen under drift. Fra pumpene ble startet og fram til vannet begynte å strøme ut av utløpet på toppen av tanken tok det 17 minutter. Dette tilsvarer en vanngjennomstrømming på cirka 1300 liter/minutt. Dette vannvolumet dekker kun oksygen (O₂) behovet for cirka 2600 kg fisk (ca. 1300 kg per binge). Ved store trålhal der fiskemengden overgår 1300 kg per tank, så må en forvente at oksygennivået raskt faller under 70 % og høy dødelighet vil oppstå, før all fisk er slaktet.

5.2 Logging av oksygen i tank 3 og 4, under levendelagring

Oksygennivået i vannet under levendelagring ble målt med hjelp av optisk HOB0 U26-001 - Dissolved Oxygen Data Logger (Onset Computer Corporation, USA). Det ble montert oksygenlogger i tank 3 og 4. Oksygenmetningen ble logget kontinuerlig under hele toktet. Oksygenloggeren ble festet på beskyttelsesristen til de permanente loggerne som var montert fra fabrikk, da det ikke var mulig å få festet loggerne andre steder i tanken på grunn av fare for å påføre skader på loggerne. Plasseringen er i øvre del av tanken og rett i underkant av avløpet (Se rød pil i Bilde 1).



Bilde 1 Montering av oksygenlogger i mottakstank nr. 3. (flat bunn) av Gustav Martinsen

5.3 Vannprøver for måling av pH og ammoniakk under levendelagring

På toktet ble det hentet ut vannprøver fra utløpet til tank 1, 2 og 3, for måling av vann-pH og ammoniakkinnhold i avløpsvannet. Avløpet fra disse tankene samles i et utløp på styrbord side oppe på tråldekk, så det er ikke mulig å hente prøver fra enkelttanker, uten at mottakslukene åpnes. Det ble gjennomført pH-måling i utløpsvann fra 5 ulike hal. For måling av sjøvanns-pH og ammoniakk ble det benyttet en WaterLink SpinTouch FX vannanalysator (LaMotte Company, USA).

5.4 Biologiske data

Biologiske data ble målt for torsk fra fire forsøkshal. To hal ved fangstfeltet Tidly (Hal nr. 2 og 4) og to hal fra fangstfeltet Sørbakken ved Bjørnøya (Hal nr. 6 og 7). Torskens lengde, rundvekt, gonadevekt og levervekt ble registrert. Kondisjonsfaktor (K-faktor) ble beregnet ut fra følgende formel:

$$K\text{-faktor} = (\text{rund vekt (g)}/\text{lengde}^3 \text{ (cm)}) \times 100$$

5.5 Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)

Det ble tatt blod-pH, blod-glukose og laktatmålinger på fisken. Før målingene ble fisken avlivet med slag mot hodet og blod ble tappet fra arterien i forkant av bulbus. Melkesyre, glukose og pH i blodet ble deretter registrert. Blodglukosen ble målt med en Accu-Chek Guide glucosemåler (Roche Diabetes Care GmbH, Tyskland). Melkesyre i blodet ble målt med en Lactate Pro 2 Laktatmåler (ARKRAY, Inc. Japan). Blod-pH ble målt med en WTW330/set-1 pH-metre (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten, Germany) påmontert en Hamilton double pore glass elektrode (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Switzerland). pH-måleren ble regelmessig kalibrert opp mot buffer pH 4,01 og pH 7,00.

5.6 Kvalitet på råstoffet - farge på muskel og blodfeil

Det ble tatt ut prøver fra hal nr. 4, 11, 15 og 17. Torsk ble tatt ut og slaktet rett etter ombordtaking (n = 10) og etter 1–2 timer levende i mottaksbinge (n = 10). Fisken ble bløgget med strupekutt og utblødd i 30 minutter i rennende sjøvann, før sløying, filetering og visuell bedømming av filetene. Som sammenligningsgrunnlag ble det tatt ut fabrikkprøver 1–2 timer etter ombordtaking av fangsten. Fabrikkprøven (n = 10) ble tatt ut rett etter utblødning, på transportbåndet i forkant av greider (art- og størrelses-sortering). Fisken ble filetert for visuell bedømming av farge og blodfeil i fileten. Høyre filet ble frosset ned om bord, i påvente av levering og transport til Nofima i Tromsø, for instrumentell måling av restblod i tint filet.

Farge og blodfeil på fileten ble vurdert sensorisk av to erfarne forskere i forhold til følgende parametere:

- Farge på fileten (skår 0: homogen hvit, skår 1: rosa, skår 2: rød).
- Farge på loin, buk og spord (fra gatt og bakover) bedømmes separat fra hverandre.
- Blodfylte årer (0: ingen synlige årer, 1: synlige årer i bukvegg, 2: synlige årer både i buk og loin).
- Blåflekker (0: ingen blåflekker, 1: noen små i buk eller spor, 2: blåflekker i loin, eller store i buk og spor).

5.7 Instrumentell måling av restblod i fileten

Filetene ble tint på kjølerom (1–2 °C) i 24 timer, før målingen ble utført ved hjelp av diffus reflektans-spektroskopi. Reflektans er et faglig uttrykk for hvor mye lys en flate absorberer og eventuelt sender tilbake til måleinstrumentet. Dette er en objektiv måte å måle restblod i fiskemuskel og er beskrevet av Skjelvareid et al. (2017). Instrumentet avleser fileten med en hastighet på 50 cm per sekund.

5.8 Statistikk

Statistikkprogrammet IBM® SPSS® Statistics 25 og Microsoft Excel er benyttet for dataprosessering og analyser av data. For å teste om det var signifikante forskjeller mellom gruppene, er det kjørt en Mann-Whitney U-test. Signifikansen ble satt til $p < 0,05$. P-verdien er et tall mellom 0 og 1 og viser sannsynligheten for at man får et testresultat som er likt. Jo lavere p-verdien er, desto større er sannsynligheten for at det er forskjeller i verdiene før og etter levendelagring. Verdiene i resultatkapitlet er gjennomsnitt $\pm$ standardavviket, dersom ikke annet er spesifisert.

6 Material og metode (tokt 2)

Nofima deltok på tokt 2, i perioden 13. til 20. oktober 2021. Da fordelingsristene i bunnen av tankene og oksygeneringsanlegget ble fjernet våren 2021, ble hovedfokus lagt på forsøk i tilknytning til kvaliteten på fisk, som følge av levendelagring og bløgging. Videre i notatet, beskrives funn og resultater fra arbeidet.

6.1 Toktplan etter endringer av mottaket om bord på Kongsfjord høsten 2021

1) Teste ut vått mottak (2 binger benyttes til dette):

- a) Klarer vi å styre vannbehov og O_2 i sjøvannet effektivt?

Teste overlevelse:

- a) Gjøre forsøk der vi ser på overlevelse etter 2, 4 og 6 timer i tanken (0–6 timer).

Teste kvalitet:

- a) Se på forskjell i kvalitet for tørt mottak kontra vått mottak (0, 2, 4, 6 timer). Filetprøver tas fra de ulike oppholdstidene og sendes til Nofima for avbildende spektroskopi.

Annet:

- a) Måle effekt av utblødning ved direktesløyning, bløgget rett før sløyning og bløgg/utblødd i 30 minutter før sløyning. Filetprøver tas fra de ulike bløggeforsøkene og sendes til Nofima for avbildende spektroskopi.
- b) Undersøke og dokumentere om Baader 444 påfører fisken klemskader. Handsløyning sammenlignes opp mot 444 maskin sløyning.

6.2 Logging av oksygen under levendelagring (tokt 2)

Oksygennivået i vannet under levendelagring ble målt med hjelp av optisk HOB0 U26-001 - Dissolved Oxygen Data Logger (Onset Computer Corporation, USA), på tilsvarende måte som under tokt 1.

6.3 Biologiske data (tokt 2)

Biologiske data ble målt på torsk fra hal nr. 6, 10, 15, 17, 25 og 28, fra fangstfeltet Sørbakken ved Bjørnøya. Torskens lengde, rundvekt og sløydvekt registrert. Kondisjonsfaktor (K-faktor) ble beregnet ut fra samme formel som tidligere er presentert i avsnitt 6.4.

6.4 Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)

Det ble tatt blod-pH, blod-glukose og laktatmålinger på torsk fra hal nr. 6, 14, 17, 25, 27 og 30. Før målingene ble fisken avlivet med slag mot hodet og blod ble tappet fra arterien i forkant av bulbos. Melkesyre, glukose og pH i blodet ble deretter registrert. Blodglukosen ble målt med en Accu-Chek Guide glucosemåler (Roche Diabetes Care GmbH, Tyskland). Melkesyre i blodet ble målt med en Lactate Pro 2 Laktatmåler (ARKRAY, Inc. Japan). Blod-pH ble målt med en WTW330/set-1 pH-metre (Wissenschaftliche-Technische Werkstätten, Germany) påmontert en Hamilton double pore glass elektrode (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Switzerland). pH-måleren ble regelmessig kalibrert opp mot buffer pH 4,01 og pH 7,00.

6.5 Kvalitet (farge på muskel og blodfeil)

Det ble tatt ut torsk fra hal nr. 6, 14, 17, 25, 27 og 30. Kun mottakstank nr. 3 og 4 ble benyttet som vått mottak. Fra hvert hal ble det tatt ut levende torsk ($n = 10$) fra tørr mottakstank rett etter ombordtaking. Fra hvert hal ble det også tatt ut levende torsk ($n = 10$) som var levendelagret med 2 forskjellige tidsintervall (enten 2, 3, 4 eller 5 timer) fra tank 3 og 4. Alle fiskene ble avlivet med slag mot hode, før blodprøvetaking (se avsnitt 5.5), bløgging og utblødning i 30 minutter i rennende sjøvann. Totalt ble de

tatt ut 60 torsk som ble slaktet rett etter ombordtaking fra de 6 ulike halene. Det ble tatt ut totalt 20 torsk som var levendelagret i 2 timer, fra hal nr. 6 og 14. Det ble tatt ut totalt 30 torsk som var levendelagret i 3 timer, fra hal nr. 6, 14 og 25. Det ble tatt ut totalt 20 fisk som var levendelagret i 4 timer, fra hal nr. 27 og 30. Det ble tatt ut totalt 20 fisk som var levendelagret i 5 timer, fra hal nr. 17 og 27. Ved hvert uttak ble torsken bløgget med strupekutt, før utblødning i 30 minutter i rennende sjøvann. Etter utblødningen ble torsken sløyet og filetert, før visuell bedømming av blodfeil i filetene. Det ble benyttet samme metode for vurdering av blodfeil i filet, som beskrevet i avsnitt 5.6. Som sammenligningsgrunnlag ble det tatt ut fabrikkprøver 1–2 timer etter ombordtaking av fangsten. Høyre filet fra hvert hal ble merket og deretter frosset ned om bord, i påvente av levering og transport til Nofima i Tromsø, for instrumentell måling av restblod i tint filet.

6.6 Instrumentell måling av restblod i filet fra levendelagret torsk

Filetprøvene fra tokt 2 ble på tint på kjølerom (1–2 °C) i 24 timer, før målingen ble utført ved hjelp av diffus reflektansspektroskopi, på tilsvarende vis som prøvene fra tokt 1.

6.7 Dokumentere om sløyemaskinen bidrar til blåflekker i filet

Det ble tatt ut torsk fra linjen rett etter strømbedøving, der 3 forskjellige slaktemetoder ble benyttet. Gruppe nr. 1 (n = 120) ble bløgget (strupekutt) for hånd og utblødd i 30 minutter i rennende vann. Etter utblødning ble torsken sløyet for hånd. Gruppe nr. 2 (n = 40) ble bløgget med å stikke inn i bakkant av gjellene, for å kutte hovedårene på begge sidene i nakken. Torskene ble først utblødd i rennende vann i 3–5 minutter, før maskinell sløyning og videre utblødning i nye 30 minutter. Gruppe 3 (n = 130) ble maskinelt direktesløyd før utblødning i 30 minutter. Alle fiskene i de 3 gruppene ble filetert pre-rigor, for visuell evaluering av restblod og blodfeil i fileten.

7 Observasjoner og resultater fra tokt 1

7.1 Fangstfelt, tauetid og halstørrelse

På grunn av varierende tilgang på fisk på fangstfeltene, ble det stor variasjon i både tauetid (2,5–7,0 timer) og halstørrelse (3,0–22,8 tonn rund fisk) mellom de ulike enkelthal (se Tabell 1). Fra tidligere prosjekt vet vi at både halstørrelse og tauetiden spiller inn med tanke på restitusjon og dødelighet etter fangst.

Tabell 1 Viser fangstfelt, tauetid og hal størrelse, fangstvolumet er oppgitt i rund vekt før sløyting

Hal	Dato	KI	Satt pos.	Område	Dato	KI	Hiv pos.	Tauetid	Fangst tot. kg	Torsk rund kg
1	20. okt	21:57	71.59.586 N 033.05.177 E	Tidly	21. okt	02:59	71.59.586 N 033.05.610 E	05:02	11 687	9 979
2	21. okt	03:56	72.00.838 N 033.03.890 E	Tidly	21. okt	09:07	72.02.387 N 033.17.157 E	05:21	10 022	8 530
3	21. okt	09:56	72.00.838 N 033.03.890 E	Tidly	21. okt	15:00	71.57.767 N 033.10.618 E	05:04	8 226	6 742
4	21. okt	15:44	71.55.571 N 033.03.890 E	Tidly	21. okt	20:57	71.59.586 N 033.46.170 E	05:13	10 898	8 242
5	22. okt	15:17	73.50.034 N 018.59.869 E	Sørbakken Bjørnøya	23. okt	00:16	73.52.809 N 018.18.914 E	06:59	8 296	7 990
6	23. okt	01:30	73.51.529 N 018.04.253 E	Sørbakken Bjørnøya	23. okt	07:12	73.53.304 N 018.16.546 E	05:42	14 872	14 152
7	23. okt	07:57	73.53.478 N 018.15.255 E	Sørbakken Bjørnøya	23. okt	11:54	73.54.295 N 018.15.460 E	04:00	14 194	13 510
8	23. okt	12:35	73.53.958 N 018.13.884 E	Sørbakken Bjørnøya	23. okt	17:17	73.50.034 N 017.45.435 E	04:42	3 306	3 126
9	23. okt	17:27	73.50.418 N 017.44.154 E	Svalbardsone n Bjørnøya	23. okt	19:49	73.55.755 N 018.08.767 E	02:22	6 987	6 195
10	24. okt	00:24	73.55.935 N 018.06.212 E	Svalbardsone n Bjørnøya	24. okt	06:39	73.55.749 N 017.55.742 E	05:55	9 657	8 284
11	24. okt	07:29	73.56.901 N 017.53.384 E	Svalbardsone n Bjørnøya	24. okt	12:34	73.54.664 N 017.43.312 E	05:05	15 964	14 092
12	24. okt	13:20	73.54.043 N 017.41.863 E	Svalbardsone n Bjørnøya	24. okt	18:14	73.49.830 N 017.50.153 E	04:54	9 619	8 191
13	24. okt	18:57	73.52.546 N 017.45.835 E	Svalbardsone n Bjørnøya	25. okt	00:19	73.49.830 N 017.18.783 E	05:22	22 785	22 515

14	25. okt	01:04	73.49.772 N 017.22.410 E	Svalbardsone n Bjørnøya	25. okt	05:54	73.54.487 N 017.03.663 E	05:50	18 787	18 331
15	25. okt	07:09	73.57.518 N 016.53.082 E	Svalbardsone n Bjørnøya	25. okt	12:47	73.56.350 N 016.51.203 E	05:38	11 589	11 265
16	25. okt	13:43	73.58.519 N 016.46.787 E	Svalbardsone n Bjørnøya	25. okt	18:53	74.08.869 N 017.03.210 E	05:10	3 050	2 744
17	25. okt	19:51	74.08.155 N 017.05.744 E	Svalbardsone n Bjørnøya	25. okt	23:59	73.54.355 N 017.34.006 E	04:08	4 047	3 795

7.2 Fiskens kondisjon

Kondisjonen på torsken var noe lav, spesielt ved fiskefeltet Tidly (se Tabell 2). Ved Tidly hadde de fleste torskene lite eller ingenting i magen. Kun de aller største torskene hadde rester av mindre torsk og små hyse i magen. Kondisjonen til torsken ved Bjørnøya (Tabell 3) var noe bedre (ca 1 % større lever) og det ble funnet noen rester av lodde i magesekken. Ellers var størrelsen på torsken ganske lik mellom fangstfeltene.

Tabell 2 Torskens kondisjon ved fiskefeltet Tidly, den 21.10.2020 (n = 22, antall torsk undersøkt)

	Rund vekt (Kg)	Lengde (cm)	K-faktor	Lever (g)	HSI	Gonader (g)	GSI	Sløyd m/hode (Kg)
Gj.snitt	2,8	70	0,75	92	3,2	22	0,68	2,4
Std.	1,3	11	0,06	63	1,1	29	0,65	1,1

Tabell 3 Torskens kondisjon ved fiskefeltet Sørbakken Bjørnøya, den 23.10.2020 (n = 20, antall torsk undersøkt)

	Rund vekt (Kg)	Lengde (cm)	K-faktor	Lever (g)	HSI	Gonader (g)	GSI	Sløyd m/hode (Kg)
Gj.snitt	2,8	70	0,79	121	4,3	19	0,65	2,4
Std.	1,1	7	0,09	80	1,6	13	0,34	0,9

7.3 Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)

Som forventet er fisken utmattet etter fangst og det ble målt blod-pH på rundt pH 7,2–7,3. Til sammenligning ligger normal blod-pH i en uthvilt torsk rundt pH 8,0. Laktat og glukoseverdiene varierte mye mellom de ulike halene rett etter fangst. Både tauetid, halstørrelse og tidspunktet når fisken går i trålen bidrar i så måte til variasjonene (Tabell 4). På grunn av hastigheten på slaktingen av fisken, fikk vi kun tatt ut prøver av levende fisk inntil 2 timer etter fangst. Uavhengig av om bunnen er skråstilt eller flat, så øker både laktat- og glukoseverdiene i blodet fra fangst til utslakting etter 2 timer. Når det gjelder blod-pH ser vi ikke noen endringer, 2 timer etter fangst. På grunn av lite tilgang på oksygenrikt sjøvann og lav oksygenmetning på tankene, så kan det se ut til at de fiskene som fortsatt er i livet etter 2 timer ikke restituerer.

Tabell 4 Viser fiskens fysiologi rett etter landing av fangsten og etter 2 time i vått mottak (tank nr. 3, flat bunn og tank nr. 4, skråstilt bunn). Kun levende fisk er tatt ut til prøvetaking.

	pH blod	Laktat (mmol/L)	Glukose(mmol/L)
21.okt	Hal nr. 2		

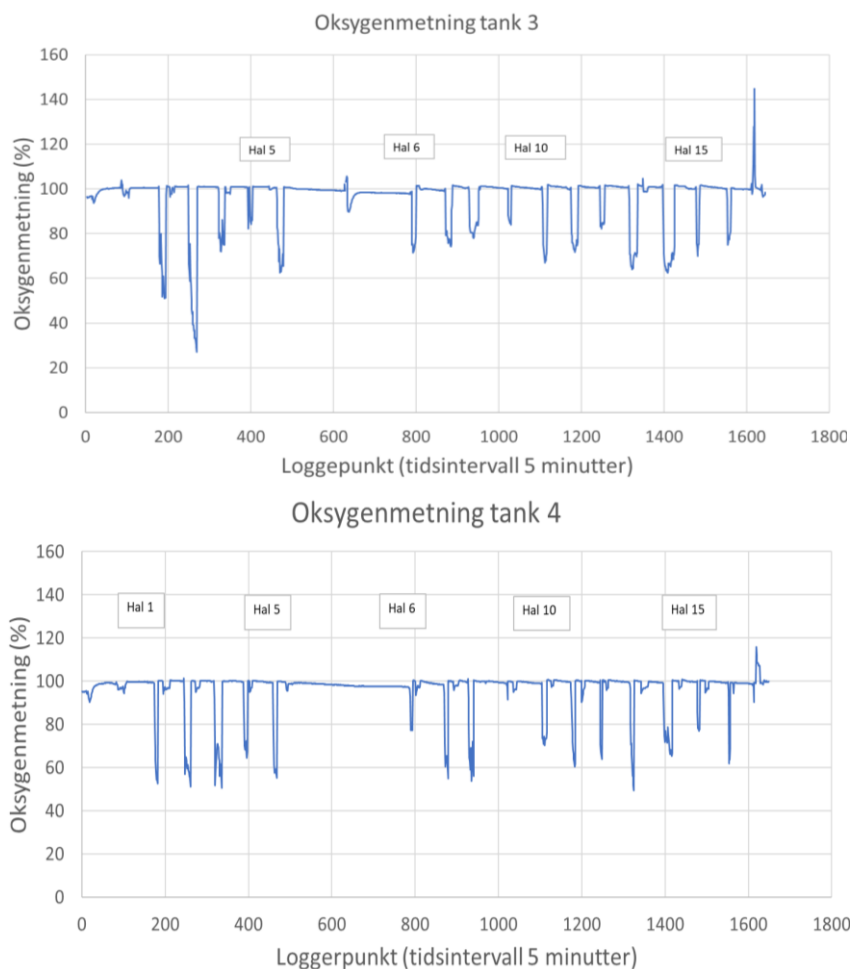
Rett etter fangst	Snitt (n=10)	7,29	8,93	5,48
	Std.	0,08	2,68	1,54
Levende 2 timer (Skrå bunn)	Snitt (n=10)	7,36	10,19	6,11
	Std.	0,10	3,53	1,40
24.okt	Hal nr. 11			
Rett etter fangst	Snitt (n=10)	7,35	3,78	4,16
	Std.	0,11	1,56	1,00
Levende 2 timer (Flat bunn)	Snitt (n=10)	7,37	6,33	4,92
	Std.	0,12	3,02	2,08
25.okt	Hal nr. 15			
Rett etter fangst	Snitt (n=10)	7,19	2,30	3,80
	Std.	0,09	1,64	0,94
Levende 2 timer (Flat bunn)	Snitt (n=10)	7,23	5,79	5,39
	Std.	0,12	2,59	2,10

7.4 Vannprøver for måling av pH og ammoniakk

Fall i sjøvannets pH (pH 8,0 på inntaksvannet) er direkte forårsaket av CO₂ som fisken skiller ut under respirasjon. Den laveste pH i avløpsvannet som ble målt var fra hal nr. 7, som viste pH 7,5 cirka 1 time etter ombordtaking av fangsten. Et fall i pH i sjøvann fra pH 8,0 til pH 7,5 tilsvarer et CO₂-nivå i sjøvannet på rundt 10 mg/l. Dette er innenfor akseptabelt nivå for marine arter som holdes levende i lukkede anlegg (Åtland et al., 2015). Det ble ikke funnet målbare mengder med ammoniakk i noen av vannprøvene. Utfordring med disse målingene er at dette er et snitt fra de tre tankene. På grunn av ulik fordeling av mengde fisk i de enkelte tankene, kan man ikke utelukke at pH kan være betydelig lavere i enkelttanker.

7.5 Logging av oksygennivå i inntakstank

Resultatene fra oksygenmetningen finnes nedenfor Figur 2. Det må bemerkes at plasseringen av oksygenloggerne kan gi noe feil bilde av oksygennivået i hele tanken, spesielt nede ved bunnen der mesteparten av fisken vil oppholde seg under levendelagringen. Det er kjent fra tidligere forsøk at torsk og hyse som overlever fangstoperasjonen, vil søke mot bunnen i levendefisktanker, hvor de vil bli liggende fram til de begynner å bli restituert (Isaksen & Midling, 2012; Olsen et al., 2014; Tobiassen et al., 2018).



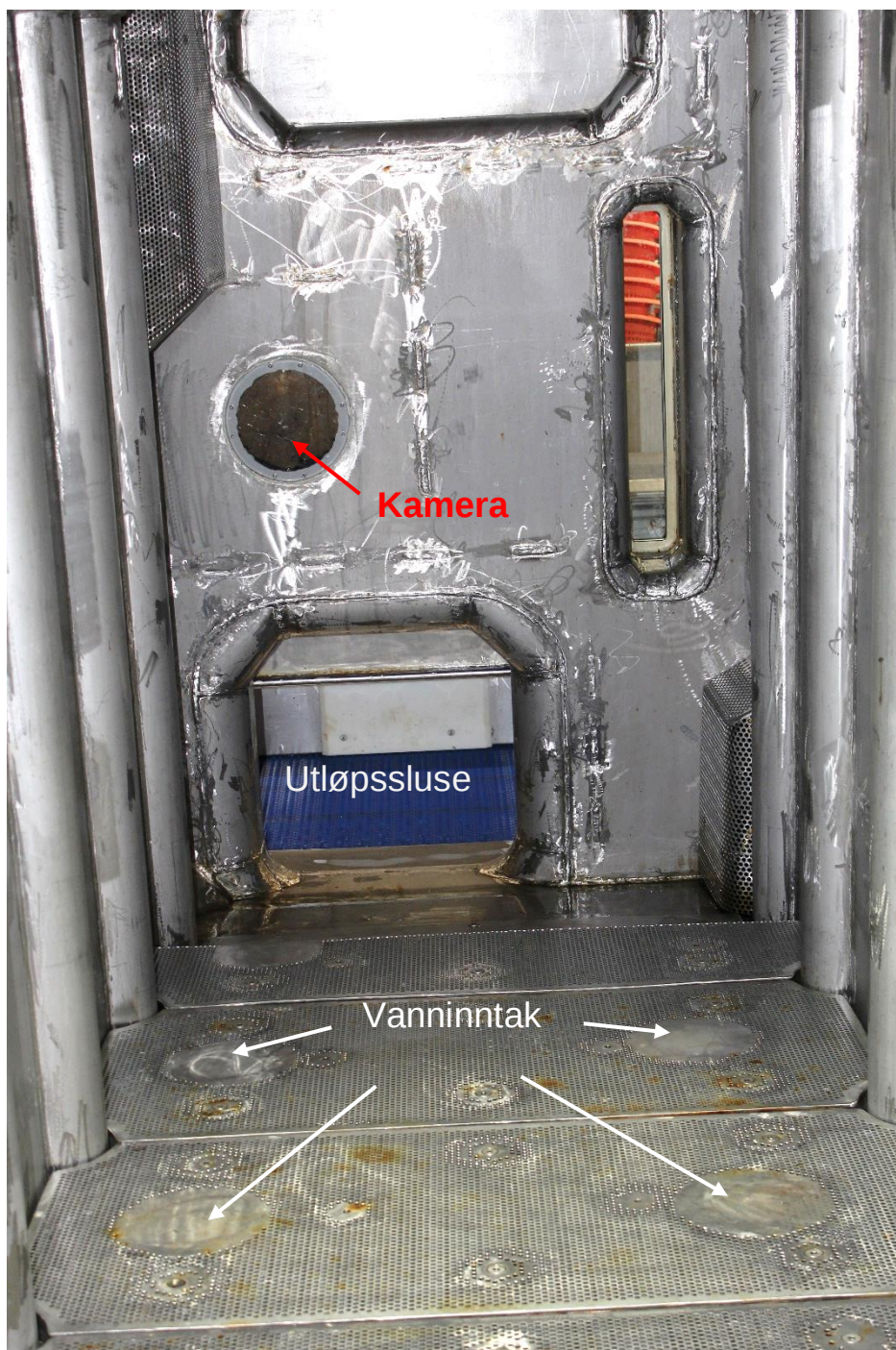
Figur 2 Diagram som viser oksygenmetning i tank 3 (flat bunn) og tank 4 (skrå bunn) fra 17 trålhal

Som det kommer frem i Figur 2, så svingte oksygenmetningen betydelig fra hal til hal og mellom tank 3 og 4. Årsak til dette er mengden fisk i hvert hal og hvordan fisken fordeles i mottaksbingene. På grunn av bredden på mottaket og at sekkene er stroppet sammen under tømning, ble det observert at fisken fordelte seg noe ujevnt inn i mottaksbingene. Dette påvirker også det totale oksygenforbruket i hver enkelttank og kan forklare forskjellen i oksygenmetningen mellom tank 3 og 4.

Lang tauetid er også utfordrende og det er vanskelig å beregne når fisken går i trålen. Det vil si at en ukjent andel fisk vil være kraftig utmattet, død eller døende ved ombordtaking av fangsten. Fisk som er død eller dør rett etter at de er kommet i bingene vil i liten grad bidra til oksygenforbruket og dette gjør at den gjenlevende part har tilgang på mer oksygen.

I de tilfellene der fangsten er stor og det meste er levende ved ombordtaking, kan liten tilgang på oksygenrikt vann bidra til at oksygennivået raskt faller under kritisk nivå (< 70 % metning). Etter planen skulle vannet i mottakstankene fordeles ut gjennom bunnplater med lav perforeringsgrad (f.eks. ett 8 mm hull per 10 x 10 cm). Havfisk valgte å gå for en løsning med relativ høy perforeringsgrad (ca. ett 5 mm hull per 1 x 1 cm). Høy perforeringsgrad kan bidra til noe ujevn fordeling av vannet opp gjennom bunnplatene, da hovedandelen av vannet mest sannsynlig vil komme ut rett rundt inntaksrørene i bunnen, som er plassert med cirka 50 cm avstand langs ytterveggene i hele tankens lengde. Lite tilgang på vann og ujevn vannfordeling opp gjennom bunnplatene kan skape områder i tanken med dårlig vannutskiftning. Fisken klarer ikke å restituere og begynner etter hvert å dø av utmatting (krisefysiologi). Det vil kun være de som oppholder seg i nær tilknytning til de områdene i tanken, der friskt vann kommer

inn som vil overleve. Når tilstrekkelig mengde fisk er død, vil oksygenmetningen etter hvert flate ut og på sikt stige til akseptabelt nivå.



Bilde 2 Inntakstank nr. 3 med flat bunn. Vanninntakene i tanken kommer opp på undersiden av den perforerte bunnen ut mot sidene av tanken, med cirka 50 cm avstand. Området i bunnplatene rett over hvert innløpsrør mangler perforering. Dette for å bryte vannstrålen og spre vannet bedre under bunnplaten. Overvåkningskameraet i tanken er plassert til venstre over utløpsslusen til fabrikk. Inspeksjonsvindu fra fabrikk vises til høyre i tanken.



Bilde 3 Inntakstank nr. 4 med skrå bunn. Vannforsyningen i tanken kommer opp på undersiden av den perforerte bunnen ut mot sidene av tanken, med cirka 50 cm avstand. Bunnplatene er hengslet ute i sidene og kan slås opp ved behov.

Det er fra leverandør, montert oksygensensorer i mottakstankene som kontinuerlig logger oksygenmetningen. To av oksygensensorene (FWD Top og AFT) virker som de skal i tank nr. 3 og alle tre oksygensensorene fungerer i tank nr. 4. Når det gjelder pH-sensorene, så fungerer ikke disse som de skal. pH-sensorene er mer følsomme for uttørking og vil over tid slutte å virke som de skal. Disse sensorene trenger hyppig vedlikehold og kalibrering.

Monitoren som viser oksygenmetningen og pH i hver tank, er plassert inne på verkstedet i båten. Dette fører til at overvåkingen av O₂-nivå og pH er noe sporadisk. Det er operatørene ved sløyemaskinene som styrer vanntilførsel til de ulike tankene, men de har ikke mulighet til å overvåke O₂-nivået fra denne posisjonen. Normalt skal oksygentilsetningen justeres i forhold til oksygenmetningen på avløpsvannet (70–100 %). Dersom det ikke er mulig å kontinuerlig overvåke oksygenivået på tankene og eventuelt regulere oksygentilsettingen når oksygenanlegget er i drift, kan dette blant annet føre til overoksygenering og unødvendig stort forbruk av oksygen. Alternativt kan tilførsel av oksygen inn på mottakstankene være for lav i forhold til fiskemengde og fisken begynner å dø på grunn av oksygenmangel.

Det er montert oksygenanlegg om bord og slik skal det være mulig å øke oksygenmengden i mottaksbingene ved behov. Rørene fra oksygentankene og fram til mottaksbingene går via verksted/maskinrom. Det er noe bekymring for at eventuelle lekkasjer av oksygen (O₂) til maskinrom kan øke risiko for ulykker/brann. Anlegget har kun vært testet en gang tidligere, rett etter at fartøyet var levert. Siste dag på toktet ble oksygenanlegget testet ut. Dessverre var det lite fisk i siste hal (3000–4000 kg) og behovet for ekstra oksygentilsetning var derfor liten. Oksygenivået steg raskt opp mot 150 % metning, men all fisk fra dette halet ble raskt slaktet ut (ca. 1 time etter ombordtaking av fangsten). Det var god aktivitet på fisken og det meste av fisken var i live (> 90 %) da de kom ut av tankene, men på grunn av lite fisk i halet fikk vi ikke testet potensialet med ekstra oksygentilsetting.

Under full drift med stor fisketetthet i tankene og der man benytter oksygentilsetning for å holde høy oksygenmetning i tankene, så må en være obs på at CO₂-mengden i vannet øker. Dersom fisken forbruker 3–5 mg O₂ per kg/minutt, så dannes det cirka 3–5 mg med CO₂. Dersom man oksygenerer vannet i tankene, uten å tilføre nok friskt sjøvann, så kan CO₂-nivået bidra til at pH faller under pH 7 og fisken får problemer med opptak av oksygen. Det er en direkte sammenheng mellom mengde CO₂ i sjøvannet og sjøvannets pH. Det vil si at pH etter hvert vil falle til under pH 7, selv om O₂ tilsettes.

For mye CO₂ og lav pH i vannet vil føre til at fisken får dårligere opptak av O₂, spesielt rett etter fangst og dette vil bidra til økt dødelighet. Ved bedre pumpekapasitet og bedre vannutskiftning på tankene vil ikke pH (CO₂-akkumulering) være en begrensende faktor. Oksygen kan derfor brukes i kombinasjon med god utskiftning av sjøvann som transporterer bort avfallsstoffer og CO₂. Dersom man ikke har tilgang på nok vann, kan man strippe vannet for CO₂. Dette gjøres blant annet om bord på brønnbåter som fører laks, i områder der det er pålagt å gå med lukkede sjøvannsventiler for å unngå smittespredning. Stripping av CO₂ fra vann er en relativ plass- og kostnadskrevende prosess, så økt pumpekapasitet som leverer tilstrekkelig mengde sjøvann er å foretrekke.

7.6 Dødelighet i tankene

Dødeligheten under levendelagring ble registrert på fisk fra hal nr. 2, 7 og 11. Det ble registrert stor dødelighet (opp mot 80–90 %) i tankene, 1–2 timer etter at fangsten ble tatt om bord. Det er flere årsaker til den høye dødeligheten. Blant annet lang tauetid, trykkfallsyke, mye fisk i enkeltbinger (vanskelig å beregne mengde fisk inn på tankene) og lav tilgang på oksygenrikt sjøvann. Rask heving av trålen kan bidra til at fisken ikke klarer å kvitte seg med tilstrekkelig mengde gass underveis til overflaten, og dette bidrar til gassansamlinger i bukhule, øyne, blodbanen og diverse organer (Bilde 4). Fisken har også utfordringer på grunn av utmattelse når den kommer om bord, og på grunn av lav vanntilførsel faller oksygennivået i tankene raskt under 70 % (Figur 2). På grunn av lav oksygenmetning klarer ikke fisken å restituere og dette bidrar til at mye fisk dør i mottaksbingene, før de blir slaktet.



Bilde 4 Fisken kommer ut av tankene og går på transportbånd fram til el-bedøving og direktesløyting. En del fisk bærer preg av trykkfallsyke (gassansamlinger i øyne, under huden og i blodårene)

Hal 2:

Rett etter ombordtaking ble det registrert 40 % dødelighet ($n = 70$) i tank 6. På grunn av lekkasje til maskinrommet fra denne tanken, ble tanken kun benyttet som standard tørr mottaksbinge. Slaktingen startet derfor umiddelbart etter ombordtaking av fangsten fra denne bingen.

En time etter ombordtaking ble det registrert 81 % dødelighet i tank 4 ($n = 160$). Det ble registrert lite eller ingen aktivitet på båndet når fisken kom ut av tanken. Mye av fisken hadde slitt skinn og bar preg av lang tauetid.

Hal 7:

Rett etter ombordtaking ble det registrert 14 % dødelighet i tank 6 ($n = 70$). God aktivitet på fisken når den kommer ut på båndet.

En time etter ombordtaking ble det registrert 48 % dødelighet i tank 4 ($n = 70$). Redusert aktivitet på fisken når den kommer ut på båndet.

To timer etter ombordtaking ble det registrert 90 % dødelighet i tank 3 ($n = 80$). Lite eller ingen aktivitet når fisken kommer ut på båndet. Vanskelig å se om fisken er i live.

Det ble observert varierende praksis for tømning av vannet fra tankene. Enkelte operatører stanser vanntilførselen og begynner å drenere vekk vann fra neste tank, før de er ferdig å sløye unna i tidligere tank. Dette vil bidra til mere belastning og forhøyet dødelighet før fisken når sløymaskinene.

Hal 11:

Rett etter ombordtaking ble det registrert 15 % dødelighet i tank 6 ($n = 70$). God aktivitet på fisken når den kommer ut på båndet.

En time etter ombordtaking ble det registrert 32 % dødelighet i tank 4 ($n = 70$). Redusert aktivitet på fisken når den kommer ut på båndet.

To timer etter ombordtaking ble det registrert 74 % dødelighet i tank 3 ($n = 70$). Lite eller ingen aktivitet når fisken kommer ut på båndet.

7.7 Visuell bedømming av farge og blodfeil på filet

Resultatene fra de ulike halene (Figurene Figur 3 til Figur 6), viser at grunnfargen på filetene blir betydelig rødere, fra fisken kommer om bord og fram til utslakting 2 timer senere. Spesielt gjelder dette fisk som er døende/død ved slakting (Figur 3). Blåfleckene/blodfeilene blir også mer alvorlig og vises bedre (Bilde og Bilde), de første timene de holdes i livet før de slaktes. Dette har også blitt observert i andre prosjekt, blant annet CRISP (NFR), Optipro-2 (FHF) og Optipro-3 (FHF). Uansett, på dette toktet var det ikke tilstrekkelig mengde med oksygenrikt sjøvann tilgjengelig, som fisken kunne benytte til restituering. I så måte kan dette ha bidratt til større belastning på fisken og noe dårligere resultater enn forventet.



Bilde 5 Kraftig blødninger i bukvegg i filet fra torsk som er slaktet etter 2 timer i vått mottak.

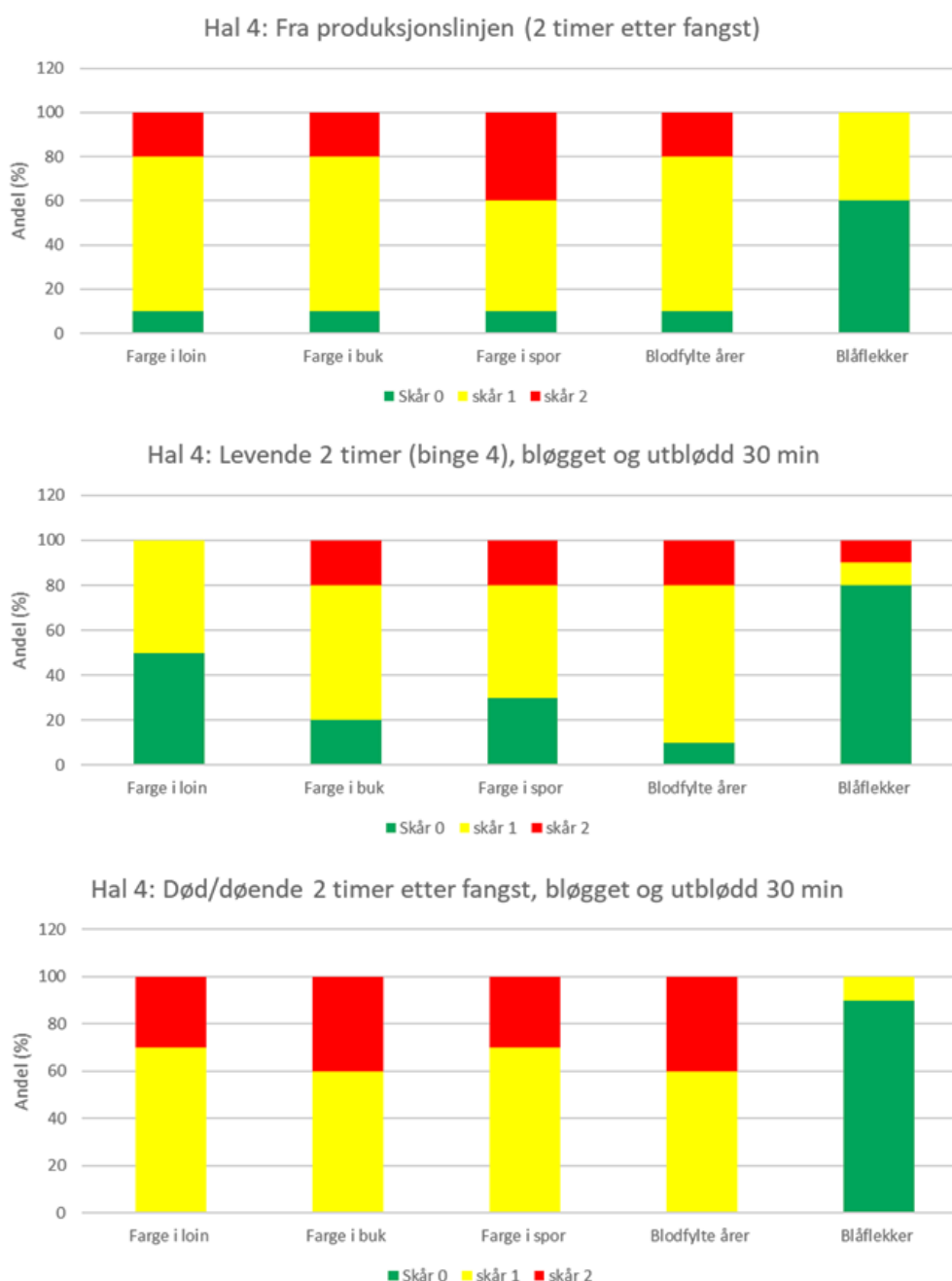


Bilde 6 Store variasjoner i rødfarge i filetene etter 2 timer i vått mottak

Resultatene i (Figur 4, Figur 5 og Figur 6) viser at det er spesielt i buk og spord vi ser de største endringene i grunnfarge, både i fisk som er holdt levende i 1–2 timer før slaktning og fisk som er tatt ut fra linjen i fabrikk. Ut fra visuell bedømming av filetene, er det lite eller ingen forskjell mellom fisk som er holdt i live i inntil 2 timer før bløgging og utblødning, sammenlignet med fisk som er direktesløyet og hentet ut fra produksjonslinjen på samme tidspunkt. Det er også stor variasjon innad i hver gruppe. Enkelte fileter kan være helt hvite og feilfri og andre fileter er kraftig rødfarget. Bløgging og utblødning i forkant av sløyning kan i så måte ha liten betydning for resultatet, sammenlignet med fisk som gikk igjennom el-bedøving og direktesløyning. Det må nevnes at utblødningstanken som er montert rett etter sløyemaskinene kan være en utfordring med tanke på hygien. Tanken er designet slik at blodvann, rester av lever, tarmer og tarminnhold kan bli pumpet rundt i sirkulasjon. Dette var spesielt utfordrende ved utslakting av store hal. Utover i sløyningen ble utblødningsvannet etter hvert svært tilsmusset og det kan dras videre gjennom produksjonslinjen. Om dette har noen betydning for utblødningen er usikkert. Det er ikke utenkelig at dette kan påvirke fiskens kvalitet og holdbarhet i neste produksjonsledd, da det er godt kjent at mage-/tarminnholdet hos fisk kan ha et relativ høyt innhold av kuldetilpassede bedervelsesbakterier, i tillegg til svært potente fordøyelsesenzymer.

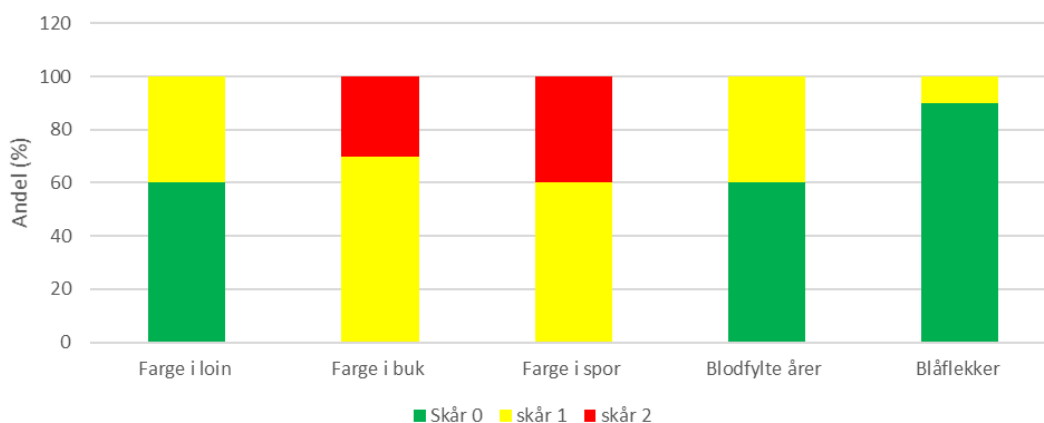
Når man ser på fisk som er død når de kommer ut av mottakstankene, så er det klart at disse kommer dårligst ut med tanke på farge i loin, buk og spord (Figur 3). Årsaken til dette er at fisk som dør av utmattelse og mangel på oksygen, presser mer blod ut i muskel før døden inntreffer og dette blodet kan

ikke fjernes med bløgging og utblødning. Når det kommer til blåflekker, så kommer dødfisken bedre ut, enn fisk som har vært i livet fram til bløgging/direktesløyting. Dette resultatet kommer trolig som følge av at hjertet til fisken har stanset opp med å pumpe blod til vitale organer og muskel, så slag og klemskader på død fisk vil naturligvis ikke utvikle seg til større blåflekker eller blødninger. I hal 15 (Figur 5) ble det observert kraftig blødning i muskel i 2 av 10 fisk, som var holdt levende i 2 timer. Blødningene stammer fra bruddskade i rygg og skader etter sprengt svømmeblære. Tilsvarende skader har tidligere vært observert på torsk som fanges av snurrevad fartøy og føres levende til land. Fisk som er påført skade under fangst eller ombordtaking og fortsatt lever, vil kunne få større blødninger/blod-flekker rundt skadestedet. En del av disse skadene som påføres vil ikke være synlig før fisken fileteres, selv om skaden kan være betydelig.

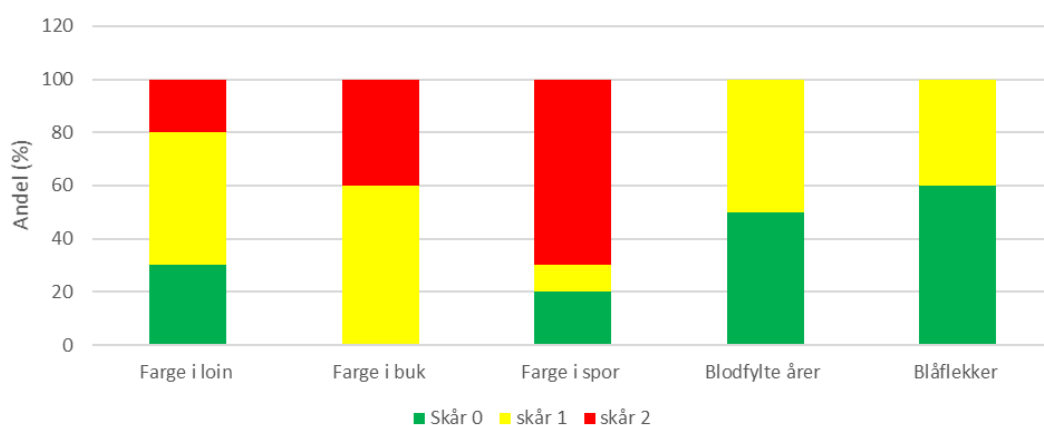


Figur 3 Farge og blodfeil i filet fra fisk slaktet 2 timer etter fangst, fra hal 4. Metode for vurdering/skår beskrevet i kap.5.6.

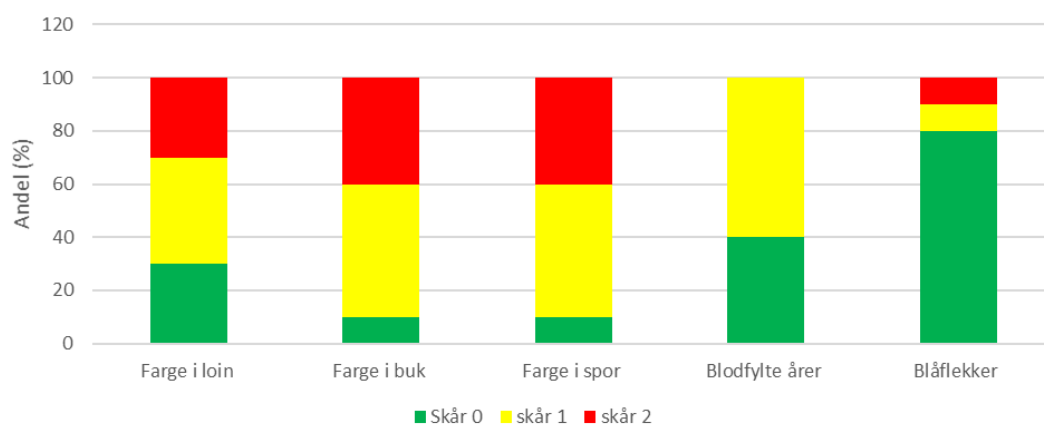
Hal nr. 11: Levende rett etter fangst, bløgget og utblødd 30 min



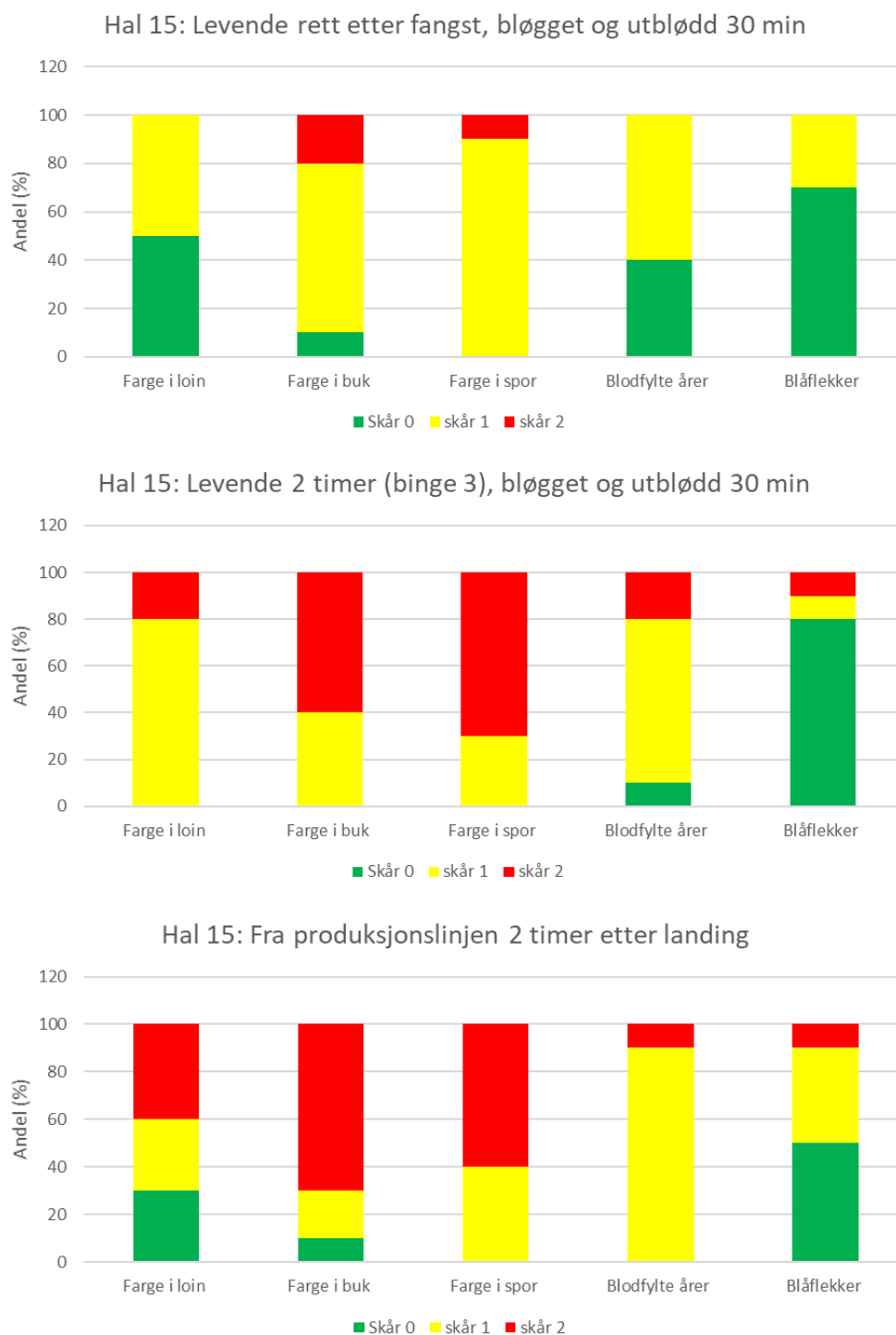
Hal nr 11: Levende 2 timer (binge 3), bløgget og utblødd 30 min



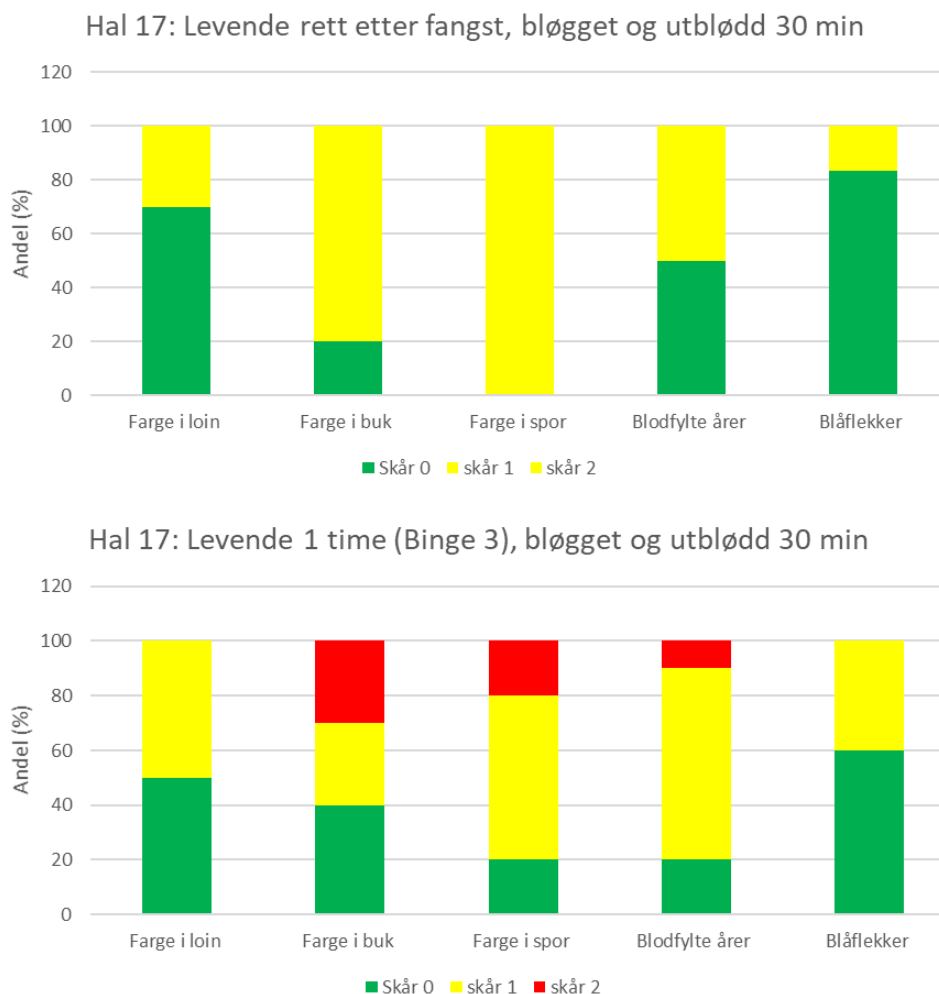
Hal nr. 11: Fra produksjonslinjen 2 timer etter fangst



Figur 4 Farge og blodfeil i filet fra fisk slaktet rett etter fangst og 2 timer etter fangst, fra hal 11

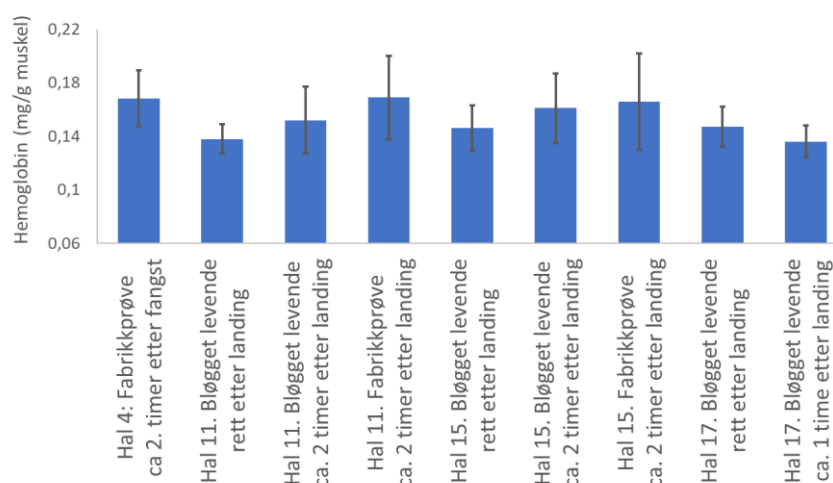


Figur 5 Farge og blodfeil i filet fra fisk slaktet rett etter fangst og 2 timer etter fangst, fra hal 15



Figur 6 Farge og blodfeil i filet fra fisk slaktet rett etter fangst og 1 time etter fangst, fra hal 17

7.8 Instrumentell måling av restblod i filet



Figur 7 Viser instrumentelt målt hemoglobinmengder i filet fra hal nr. 4, 11, 15 og 17. Filetprøvene (høyre filet) ble tatt ut rett etter visuell vurdering av blodfeil om bord og frosset ned. Prøvene ble deretter transportert til Nofima i Tromsø for tining og instrumentell måling av restblod (hemoglobin) i muskel. De blå søylene viser gjennomsnittsverdien (n=10) av hemoglobin (mg/g muskel) i hele fileten.

Resultatene viser ingen signifikante ($p > 0,05$) forskjeller mellom de ulike gruppene. Noe av årsaken er at det er relativt stort standardavvik i fabrikkprøvene. I tillegg kan noe av variasjonen komme som følge av at det kan være innslag av dødfisk i fabrikkprøvene. Det er vanskelig å bedømme om fisken har vært død før maskinell sløyning, når prøvene tas ut etter utblødningstanken om bord. Det må også nevnes at det ble observert en del blåflekker i overgang loin og bukstykket, i filet fra fabrikkprøven, noe som også kan ha bidratt til stort variasjoner i prøvematerialet. Fisken som ble tatt ut fra fabrikkens produksjonslinje ble strømbedøvet og maskinell direktesløyd før utblødning. Årsaken til disse blåflekkene er vanskelig å si, men noen blåflekker kan være forårsaket allerede under fiske. Fisken sprenger svømmeblæren når fangsten heves til overflaten, noe som kan påføre skader og blødninger, både i bukvegg og muskelen rundt ryggbeinet. Under ombordtaking av fangsten kan slag og press på fisken påføre slike skader og blåflekker i muskel. Da er spesielt den tykkeste delen av fisken mest utsatt. Det er også kjent at strømbedøvelse kan forårsake skader på muskel og skjelett. Strømskader bidrar ofte til blødninger i muskel. Når man sammenligner gruppene som er holdt levende i inntil 2 timer, deretter strømbedøvet, bløgget for hånd før utblødning og hånd-sløyning, så er andelen filet med synlige blåflekker i overgang loin og buk noe lavere i disse gruppene, enn i filet fra fabrikkprøven. Den eneste forskjellen er at fabrikkprøven er sløyd maskinelt med BADER 444 sløyemaskin. Disse resultatene kan være en indikasjon på at enten sløyemaskinen, eller hvordan maskinen brukes (feil størrelse på fisk, røff håndtering under mating av maskinen) kan bidra til mere blåflekker i muskel under sløyning. Dette bør undersøkes nærmere i et annet forsøk.

8 Forslag til endringer i etterkant av tokt 1

Etter planen skulle det blant annet gjennomføres forsøk der vi ser på overlevelse og kvalitetsendringer på fisken over tid (0–6 timer), med og uten tilføringer av oksygen. På grunn av designet på mottaksbingene og uttaket av fisk fra de ulike tankene er det utfordrende å hente ut en prøvemengde med fisk, uten at tanken på forhånd er drenert. Dette ville påvirke resultatene betydelig, dersom tankene skal dreneres for vann med jevne mellomrom for å få ut fisken. Alternativet er å gjennomføre tilsvarende forsøk med bruk av 3–4 tanker. Det vil si at fisken tas ut fra tank 1 (1,5 time etter fangst), tank 2 (3 timer etter fangst), tank 3 (4,5 time etter fangst) og tank 4 (6 timer etter fangst). For å få dette til uten for store variasjoner (fiskemengde, vanntilførsel, oksygenmetning, etc.) mellom de ulike tankene, så må blant annet vanntilførselen (pumpekapasiteten) økes betydelig. I tillegg må man ha bedre kontroll med oksygenmetningen på de ulike tankene, når nye forsøk skal gjennomføres.

Når det gjelder logging av vann-pH så fungerer disse sensorene ikke som de skal og er utsatt for å tørke ut når mottaket driftes uten vanntilførsel. Dersom vannutskiftningen økes, så vil ikke behovet for logging av pH være til stede, slik driften av mottaket er planlagt. Det vil si å slakte ut fisken så raskt som mulig etter ombordtaking av fangsten.

Om oksygeneringsanlegget skal benyttes må det være mulig å regulere oksygenmengden i de ulike tankene til ønsket nivå, under levendelagringen. Det må også vurderes kostnader for drift av oksygenanlegg og sammenligne mot kostnader for økt pumpekapasitet. I tillegg må det også vurderes fordeler, ulemper og brukervennlighet av oksygenanlegget opp mot økt pumpekapasitet.

Kameraovervåkning inne på tankene fungerer dårlig på grunn av svært høy fisketetthet og mye partikler (fiskerist, mageinnhold, leire, etc.) i vannet. Lyskilden er plassert midt i taket på tankene og kameraet er plassert i fremre tankvegg. På grunn av fisk som flyter i et lag mot toppen av tanken, så skjules lyset og kameraet får ikke tilstrekkelig med lys. Det ble testet ut kamera med ekstra lyskilde, men på grunn av fisketetthet var det ikke mulig å få tilstrekkelig god nok film, som viser adferden til fisken inne på tankene. Det kan se ut til at kameraovervåkning ikke er hensiktsmessig under kommersiell drift av mottaket.

Menneskelig faktor spiller i mange tilfeller inn på resultatene. Hvordan de ulike operatørene/mannskap gjennomfører driften av det våte mottaket kan variere. I enkelte tilfeller ble det observert at vanntilførselen ble stanset og tankene drenert cirka 15–20 minutter før fisken ble tatt ut fra mottakstankene. Denne praksisen var trolig etablert for hindre stopp i sløyningen mellom to tanker, i påvente av at neste mottakstank skulle tømmes for vann, slik at fisken kunne sluses ut av tanken og inn på transportbåndet på en kontrollert måte. Denne praksisen vil påføre fisken som er i livet ekstra belastning og kan bidra til mer blod ut i muskelen. Driften av anlegget bør forenkles og standardiseres. Dersom man skal holde mesteparten av fisken i live fram til utslakting, vil kapasiteten på det våte mottaket være bestemt ut fra tilgjengelig vanngjennomstrømning og/eller tilsetning av oksygen. Ved store hal vil kapasiteten i mottaket bli sprengt. På grunn av lav vannutskiftning vil fisken ikke få tilstrekkelig mengde oksygen og begynner å dø. Fisk som dør av kvelning/utmattelse, uavhengig om det er i tørt eller vått mottak, bidrar til økt rødfarge i muskel. Dersom det ikke oppnås bedre overlevelse, kvalitetsforbedringer, eller bedre pris på produktene med vått mottak, så må det vurderes om det er hensiktsmessig å bruke ressurser på pumping av store mengder vann, eller drift av oksygenanlegg.

9 Endringer på anlegget i etterkant av tokt 1

Anlegget som består av mottaksbinger/-tanker (6 stk.), pumper og utstyr for utskifting av sjøvann, er nå optimalisert og ferdig feilrettet. Pumpene har nå en kapasitet til å levere totalt cirka 320 m³ sjøvann per time inn på tankene. I praksis er dette nok til å holde cirka 6 tonn fisk i live over tid, uten at det er fare for oksygenmangel under restitusjonen. Hver tank har en begrensning på utløpet og det kan derfor ikke pumpes inn mer vann enn 75 m³ per time. Dersom det benyttes 4 eller færre mottakstanker samtidig, er det risiko for at kapasiteten på avløpsiden overstiges, dersom sjøvannspumpene kjøres med full kapasitet. Teoretisk er vanntilførselen på 75 m³ per time nok til å holde cirka 3 tonn fisk i live i enkelttanker. Årsaken til at vannmengde inn på tankene er begrenset til 75 m³ per time, er for å unngå at det bygges opp trykk inne på tankene, og risiko for å påføre skader på selve mottakstankene. Det er kjent fra første toktet om bord på Kongsfjord høsten 2020, at sveisesømmene i tankene har svakheter, noe som har forårsaket lekkasje til blant annet maskinrommet, når vått mottak har vært i drift.

Oksygeneringsanlegget ble fjernet våren 2021. Årsaken til dette var at forsyningsrørene fra oksygen-tankene, som var plassert oppe på tråldekket, gikk via verksted/maskinrom og videre fram til mottakstankene. På grunn av risiko for slitasjeskader på rørsystemet og lekkasjer av oksygen (O₂) til maskinrom, kunne dette bidra til mulige ulykker/brann.

Fordelingsristene i bunnen av tankene ble fjernet våren 2021. Årsaken til dette var at mye slam, leire og biologisk materiale samlet seg på undersiden av fordelingsristene. Dette økte faren for oppblomstring av mikrobiell vekst under fordelingsristene, noe som kunne påvirke hygien videre gjennom hele produksjonslinjen. På grunn av designet var det svært vanskelig å gjennomføre renhold på undersiden av ristene når fartøyet var i aktiv fiske. For å kunne rengjøre på undersiden måtte fordelingsristene demonteres og tas ut av tankene. Det vil si at fartøyet ikke kunne drive fiske når dette arbeidet ble gjennomført. Vannet fordeles nå kun gjennom inntaksrørene i bunnen, med cirka 50 cm avstand. Ulempen dette medfører er at fisk som ligger på bunnen ett stykke fra inntaket vil få ugunstige forhold med tanke på vannfordeling og dette kan påvirke overlevelsen hos fisken når vått mottak benyttes.

10 Observasjoner og resultater etter tokt 2

10.1 Fangstfelt, tauetid og halstørrelse

På dette toktet i 2021 var det også varierende tilgang på fisk på fangstfelt og det ble stor variasjon i både tauetid (2–6 timer) og halstørrelse (1,7–25,0 tonn rund fisk) mellom de ulike enkelthal (Tabell 5).

Tabell 5 Viser fangstfelt, tauetid og hal størrelse, fangstvolumet er oppgitt i rund vekt før sløyting

Hal nr	Dato	Kl.	Satt pos.	Område	Varighet	Hiv pos.	Fangst tot. Kg	Torsk rund Kg
1	11.10	17.30	71°20'N 027°16'E	Nordkapp-banken	05:03	71°27'N 026°38'E	8 542	1 558
2	12.10	23.28	71°25'N 026°41'E	Nordkapp-banken	04:28	71°23'N 026°42'E	11 618	1 419
3	12.10	04.58	71°21'N 026°40'E	Nordkapp-banken	05:06	71°21'N 026°41'E	9 256	2 907
4	12.10	11.46	71°21'N 026°31'E	Nordkapp-banken	02:12	71°24'N 026°10'E	5 673	2 200
5	13.10	05.56	73°47'N 019°10'E	Sørbakken Bjørnøya	05:28	73°47'N 018°42'E	7 217	6 935
6	13.10	12.17	73°46'N 018°45'E	Sørbakken Bjørnøya	05:51	73°46'N 019°03'E	7 209	7 209
7	13.10	20.13	73°46'N 019°32'E	Sørbakken Bjørnøya	02:22	73°46'N 019°38'E	25 049	25 049
8	14.10	00.15	73°46'N 019°30'E	Sørbakken Bjørnøya	04:40	73°47'N 019°28'E	11 528	11 312
9	14.10	04.55	73°47'N 019°28'E	Sørbakken Bjørnøya	04:43	73°46'N 019°26'E	3 815	3 749
10	14.10	10.55	73°46'N 019°30'E	Sørbakken Bjørnøya	04:44	73°48'N 019°44'E	5 070	4 168
11	14.10	16.51	73°49'N 019°56'E	Sørbakken Bjørnøya	04:22	73°44'N 019°26'E	10 122	10 122
12	15.10	22.16	73°44'N 019°34'E	Sørbakken Bjørnøya	05:05	73°43'N 019°33'E	8 526	7 920
13	15.10	04.33	73°46'N 019°21'E	Sørbakken Bjørnøya	04:54	73°44'N 019°15'E	5 418	3 456
14	15.10	10.51	73°45'N 019°36'E	Sørbakken Bjørnøya	04:32	73°46'N 019°39'E	8 064	6 552
15	15.10	16.43	73°46'N 019°44'E	Sørbakken Bjørnøya	01:46	73°49'N 020°03'E	1 710	1 386
16	15.10	19.52	73°49'N 019°54'E	Sørbakken Bjørnøya	04:00	73°49'N 019°59'E	9 576	8 064
17	16.10	00.57	73°49'N 019°55'E	Sørbakken Bjørnøya	04:43	73°50'N 020°07'E	7 632	6 192
18	16.10	06.53	73°50'N 020°03'E	Sørbakken Bjørnøya	04:49	73°48'N 019°57'E	8 412	6 720
19	16.10	13.26	73°49'N 019°58'E	Sørbakken Bjørnøya	04:40	73°50'N 020°10'E	8 294	5 946

Hal nr	Dato	Kl.	Satt pos.	Område	Varighet	Hiv pos.	Fangst tot. Kg	Torsk rund Kg
20	16.10	18.40	73°50'N 020°08'E	Sørbakken Bjørnøya	04:51	73°47'N 019°47'E	4 266	3 384
21	17.10	00.28	73°48'N 019°38'E	Sørbakken Bjørnøya	04:37	73°50'N 019°34'E	1 920	1 920
22	17.10	06.23	73°48'N 019°18'E	Sørbakken Bjørnøya	04:52	73°45'N 018°20'E	3 378	3 144
23	17.10	12.14	73°47'N 018°14'E	Sørbakken Bjørnøya	05:18	73°52'N 018°29'E	4 407	3 288
24	17.10	18.53	73°54'N 019°07'E	Sørbakken Bjørnøya	04:38	73°52'N 019°43'E	3 707	3 354
25	18.10	00.36	73°50'N 020°00'E	Sørbakken Bjørnøya	04:58	73°55'N 020°23'E	5 784	5 784
26	18.10	08.35	73°58'N 020°37'E	Sørbakken Bjørnøya	02:51	73°52'N 020°04'E	10 027	7 722
27	18.10	12.27	73°52'N 020°07'E	Sørbakken Bjørnøya	05:00	73°53'N 020°12'E	10 153	9 714
28	18.10	18.23	73°52'N 020°08'E	Sørbakken Bjørnøya	05:14	73°52'N 020°12'E	7 376	7 032
29	19.10	00.33	73°53'N 020°16'E	Sørbakken Bjørnøya	04:06	73°53'N 020°18'E	8 928	7 776
30	19.10	05.45	73°53'N 020°07'E	Sørbakken Bjørnøya	04:57	73°55'N 020°31'E	7 575	5 874

10.2 Fiskens kondisjon

Størrelsen og kondisjonen (K-faktor) til torsken ved Sørbakken Bjørnøya høsten 2021 (Tabell 6) var ganske lik de resultatene som ble funnet på torsk ved Bjørnøya høsten 2020. I tillegg ble det funnet en del lodde i magen hos torsken ved sløyning, noe som også ble observert på toktet i 2020. Dette gir dermed et godt sammenligningsgrunnlag, med tanke på fiskens tilstand og størrelse på fangstfeltet, mellom tokt 1 og 2.

Tabell 6 Torskens kondisjon ved fiskefeltet Sørbakken Bjørnøya oktober 2021

	Rund vekt (Kg)	Lengde (cm)	K-faktor	Sløyd U/hode (Kg)
Gj.snitt (n=52)	3,0	71,4	0,79	1,9
Std.	1,1	8,6	0,08	0,7

10.3 Fiskens fysiologi (blodglukose, -laktat og -pH)

Som forventet er fisken utmattet etter fangst og det ble målt blod-pH på rundt pH 7,2 og er tilnærmet lik de resultatene som ble målt på tokt høsten 2020. Til forskjell fra toktet i 2020, ble fangsten nå holdt på tankene i inn til 5 timer, før de ble slaktet ut. Det var ikke aktuelt å holde fisken lengere i tankene, da mottakstankene skulle klargjøres for å ta imot neste trålhal (gjennomsnittlig tauetid lå mellom 4–5 timer). Resultatene fra toktet høsten 2021 viser at det tar over 3 timer med levendelagring, før blod-pH begynner å øke (Tabell 7). Etter 5 timer ble det målt blod-pH på 7,5 og dette er en indikasjon på at fiskene som overlever fangst og levendelagring er i stand til å restituere, selv om bunnplatene var fjernet fra tankene og vannfordelingen ikke var optimal. Til sammenligning ligger normal blod-pH i en uthvilt torsk rundt pH 8,0. Samtidig ble det målt økning i både blod glukose og laktat. Dette er noe vi også har

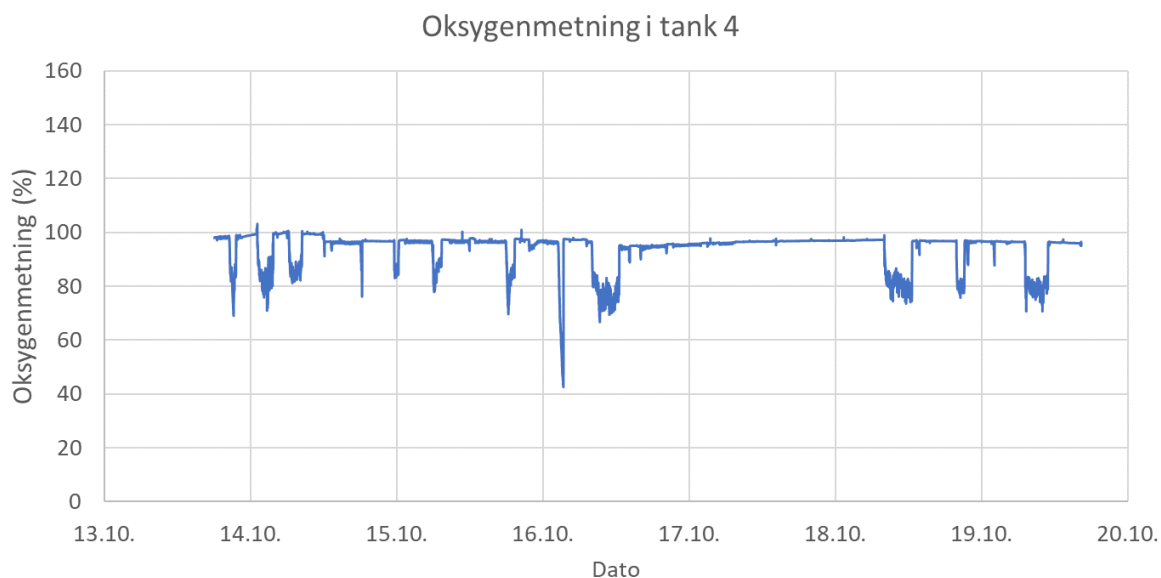
målt tidligere på trålfanget torsk som er holdt levende i inntil 6 timer før slakting (Olsen et al., 2013; N.N. 2017). Når det gjelder laktat og glukoseverdiene så varierte verdiene mye. Variasjonen oppstår trolig på grunn av ulikt tidspunktet når fisken går i trålen, grad av utmattelse og hvor raskt de restituerer under levendelagringen. Normalt tar det rundt 1 døgn før laktat og glukoseverdiene i blodet stabiliserer seg på et lavt nivå etter utmattelse.

Tabell 7 Viser fiskens fysiologi rett etter landing av fangsten og etter 2, 3, 4 og 5 time i vått mottak. Kun levende fisk er tatt ut til prøvetaking. De ulike verdiene som er merket med samme bokstav (a, b eller c) i samme kolonne, indikerer ingen signifikante forskjeller ($p < 0,05$).

		pH blod	Laktat (mmol/L)	Glukose (mmol/L)
Rett etter fangst	Snitt (n=40)	7,18 ^a	3,71 ^a	4,52 ^a
	Std.	0,08	1,53	1,24
Levende 2 timer	Snitt (n=29)	7,20 ^a	7,94 ^b	6,17 ^{ab}
	Std.	0,13	3,72	1,89
Levende 3 timer	Snitt (n=19)	7,28 ^{ab}	8,36 ^b	6,86 ^b
	Std.	0,11	3,43	2,01
Levende 4 timer	Snitt (n=10)	7,39 ^{bc}	10,89 ^b	7,67 ^b
	Std.	0,13	2,87	3,69
Levende 5 timer	Snitt (n=20)	7,50 ^c	8,30 ^b	8,42 ^b
	Std.	0,12	3,88	2,37

10.4 Logging av oksygennivå under levendelagring

Det ble montert optiske oksygenloggere i tankene. Den ene loggeren ble dessverre påført skade og det var ikke mulig å hente ut data fra denne i ettertid. Uansett, oksygenmetningen ble logget kontinuerlig under hele toktet i tank 4 (Figur 8). Resultatene viser at oksygenmetningen i all hovedsak ligger over 70 % gjennom levendelagring, med unntak av hal nr. 16 som ble tatt på natten den 16 oktober. Det meste av fangsten i dette halet på 9,5 tonn, gikk ned i mottakstank nr. 3 og 4. Dette førte til for stor tetthet med fisk i forhold til vanntilførselen inn på tankene og dette førte til et kraftig fall i oksygenmetningen. Ellers klarte mannskapet å fordele fangsten relativt jevnt i tankene (ca. 2–3 tonn per tank), de fleste gangene vått mottak ble testet. Når det ikke ble gjennomført forsøk med levendelagring på grunn av mye innblanding av uer, eller der det var værmessige forhold som hindret bruk av vått mottak, ble alle 6 mottakstankene benyttet som tradisjonelt tørt mottak.



Figur 8 Diagram som viser oksygenmetning i tank 4, fra 12 ulike trålhal der vått mottak ble benyttet

10.5 Dødelighet i tankene

Rett etter ombordtakingen av fangsten ble de registrert dødelighet som varierte fra 20–35 %, uavhengig av tauetid og halstørrelse. Mye av dødeligheten kunne blant annet tilskrives trykkfallsyke, samt bifangst av uer (Bilde 7). Det ble observert mye fisk med utstående øyne, samt gassblærer under huden og i blodårene (Bilde 8). I tillegg var det innblanding av snabeluer (*Sebastes mentella*) i flere av trålhalene, spesielt de halene som var nede på 300–350 meters dybde under tauingen. I disse fangstene ble det observert en del slitasjeskader på hud, i tillegg til skjelltap på både torsk, hyse og sei.



Bilde 7 Bildet til venstre viser tømning av mottakstank, med litt innblanding av snabeluer i fangsten. Bildet til høyre viser slitasjeskader på huden til torsk.



Bilde 8 Bildet til venstre viser trykkfallsyke hos torsk, med utstående og gassfylte øyne. Bildet til høyre vises små gassblærer rett under huden mot nakkebeinet hos torsk. Disse fiskene er ofte død, eller dør kort tid etter at de er tatt ombord.

Under levendelagring ble det registrert stor dødelighet (40–80 %) i tankene (Tabell 8), uavhengig av levendelagringstid.

Tabell 8 Viser prosentvis dødelighet rett etter landing av fangsten og etter 2, 3, 4 og 5 time i vått mottak.

Fangst dag	Hal nr.	Dødelighet ved start	Dødelighet etter levendelagring
13.10	6	18 % (n=50)	37 % etter 2 timer (n=60)
15.10	14	23 % (n=70)	80 % etter 3 timer (n=50)
16.10	17	27 % (n=70)	65 % etter 5 timer (n=60)
18.10	25	34 % (n=50)	60 % etter 3 timer (n=50)
19.10	27	25 % (n=60)	50 % etter 4 timer (n=60)

Som nevnt tidligere er det flere årsaker til den høye dødeligheten, men man kan ikke utelukke at noe av dødeligheten kan oppstå som følge av dårlig vannfordeling i tankene, selv om målt oksygenmetning i mottakstanken ikke falt under 70 %. Oksygenloggerne som var montert i tankene fra fabrikk var fjernet våren 2021. Det er derfor ikke mulig å følge endringer i oksygenmengden på tankene under levendelagring i sanntid. En må derfor basere seg på at vannmengden som pumpes inn på de ulike tankene

under levendelagringen, er tilstrekkelig i forhold til mengde fisk som fylles ned på tankene. For mye fisk i forhold til vannmengde vil bidra til fisken ikke restituerer og en større del fisk vil dø før den tas ut og slaktes. Dette påvirker fargen på muskelen negativt, i tillegg vil en del av fisken som dør under opphold på tankene, bli dødsstiv. På grunn av kraftig dødsstivhet på enkelte fisker, trekkes hodet opp og bakover i en unaturlig stilling. Denne unaturlige stillingen på hodet bidrar blant annet til at gjellelokkene blir stående åpne og sprike kraftig. Under maskinell sløyning av disse fiskene oppstår ofte alvorlige sløye-feil.

Når det gjelder rask heving av trålen fra større dyp, vil dette føre til at fisken ikke klarer å kvitte seg med tilstrekkelig mengde gass underveis mot overflaten, og dette fører til gassansamlinger i bukhole, blodbanen og diverse organer. Fangstdypet og tauetid kan virke inn på trykkfallsyke. For å øke overlevelse under levendelagring er det anbefalt at fangstdyp ikke bør være grunnere enn 50 meter, og en bør unngå dyp større enn 250 meter (Isaksen & Midling, 2012). Skader på indre organ på grunn av ukontrollert sprenging av svømmeblære, samt gassansamlinger i blodbanen og vitale organ kan føre til at fisken dør, like etter at den er tatt om bord. I tillegg har fisken store utfordringer på grunn av utmattelse, noe som også påvirker fiskens evne til å overleve fram til utslakting, spesielt hvis det er høy tetthet med fisk på tankene og vannfordelingen er dårlig.

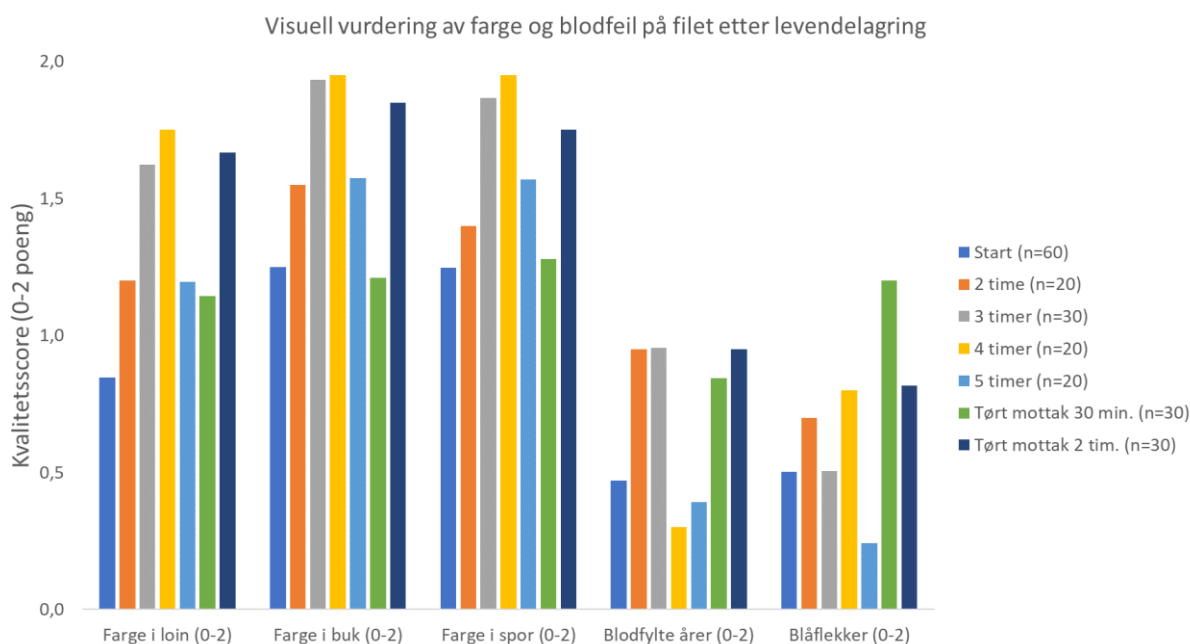
Bifangst av andre arter kan også påvirke torskens evne til å holde seg i live fram til slakting. I de trålhalene der det var mye snabeluer i fangsten ble det også observert en del blødninger fra gjeller og hud hos torsk, trolig som følge av stikkskader fra piggene til uer. På grunn av dette ble det vurdert at vått mottak ikke skulle benyttes, når det ble observert mye snabeluer i fangsten, når trålsekken ble tatt om bord. Årsaken var at mottakstankene var fylt til cirka 50 % av volumet med sjøvann, før fangsten ble sluppet ut av trålsekken og ned på mottakstankene. Dette for å unngå at fisk skal flyte ut av tankene og ut på havet under tømning av trålsekken. Når all fisk er inne på tanken stenges lukene og vanntilførselen til mottakstankene åpnes. Fra vanntilførselen startes vil det fortsatt gå noen minutter før tankene er fulle, alt etter mengde fisk som fylles ned på tanken. I denne perioden vil det være en fri vannoverflate i tankene, fram til tankene toppes med sjøvann. Når det er fri vannoverflate vil det kunne oppstå bølgebevegelser og som naturligvis følger fartøyets bevegelse. I de trålhalene der det er mye uer, så vil bølgebevegelsene inne på tankene kunne bidra til å øke både skadefrekvensen og dødeligheten under levendelagringen av torsk.

Etter planen skulle fisk som fløt i tankene (flytere), som for eksempel uer, sei og torsk med trykkfallsyke, tas ut av tankene og slaktes fortløpende, via en luke i øvre del av tanken. Under første prøvefiske der vått mottak var i bruk, viste det seg at dette ikke lot seg gjennomføre. På grunn av bølgebevegelser inne i tankene ble fisken som fløt på toppen av tanken, presset ut gjennom lukene med stor kraft og dette førte til at fisken ble spredt ut over dekket i fabrikk. For å unngå tap av fangst, ble disse lukene sveiset igjen og har ikke vært i bruk etter dette. Dermed er det ikke mulig å skille fisk som flyter på toppen av tanken, fra fisk som synker til bunnen, under levendelagringen. Under drenering og tømning av tankene vil det meste av fisk som flyter være igjen inne på tanken, fram til det meste av vannet og fisken som har ligget ved bunnen er tappet ut. Drenering og tømning av tankene tar også noe tid og under drenering av tankene vil det igjen dannes bølgebevegelser i inntakstankene. Disse bølgebevegelsene, i kombinasjon med mye uer i fangsten, kan bidra til å øke skadefrekvensen på fisken betydelig, før den slaktes ut. Store blødninger som oppstår under huden på fisken før den er død, som følge av slag eller stikkskader, oppdages ofte ikke før etter at fisken er slaktet, filetert og skinnert.

10.6 Visuell bedømming av farge og blodfeil på filet etter levendelagring

Blødninger i muskel oppstår vanligvis mens fisken er i livet. Blåflekker og blødninger i muskel hos torsk er kjent fra blant annet fangstbassett akvakultur og kan oppstå som følge av skader som påføres fisken i fangstøyeblikket, under ombordaking, eller lossing av levende torsk. Skader som påføres fisken kan forverres, så lenge fisken er i live (Tobiassen et al., 2021). Ved langtids levendelagring av torsk, er det

også kjent at det kan ta flere uker før blåflekken forsvinner fra muskel (Isaksen & Midling, 2012). Om bord på Kongsfjord kan skader som oppstår på fisken under fiske og ombordtaking av fangsten kunne forverres. Resultatene i Figur 9 viser at rødfargen øker raskt og etter cirka 2 timer har fisken oppnådd relative høye kvalitetsscore i både loin, spor og bukstykkene. Verdiene holder seg noenlunde stabile de neste 2 timene av levendelagringen. Verdiene etter 3-4 timer med levendelagring, er omtrent på samme nivå som kontrollgruppen som lå i tørre mottaksbinger i cirka 2 timer, før de ble maskinelt direktesløyet. Først etter 5 timer med levendelagring er det indikasjoner på at rødfargen i loin og spor er på vei tilbake til de samme nivåene som på filet fra fisk, som var slaktet etter 2 timer levendelagring.



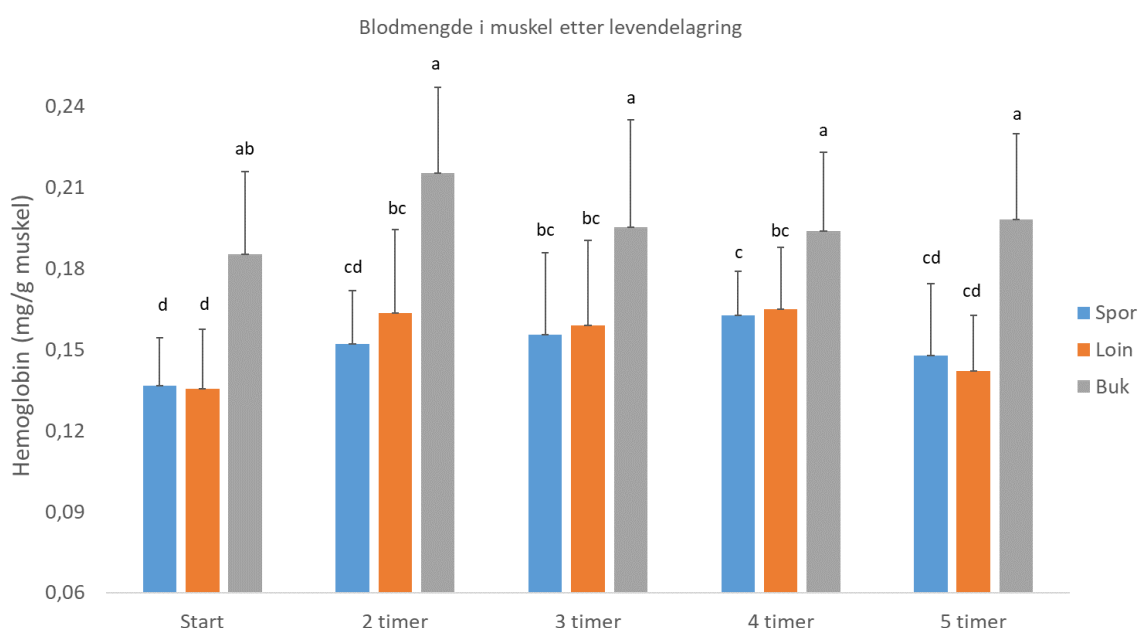
Figur 9 Visual bedømming av restblod (rød farge/blodfeil) i filet fra torsk som har vært levendelagret i 0, 2, 3, og 5 timer før slaktning og pre-rigor filetering. Kontrollgruppene er slaktet etter opphold i tørrt mottak i ca. 30 minutter og etter ca. 2 timer. Høyere kvalitetsscore (0-2) indikerer mere restblod og blodfeil i fileten.

10.7 Instrumentell måling av restblod i filet etter levendelagring

Resultatene i Figur 10 viser at torsk som slaktes (bløgges og blør ut i 30 min.) rett etter at den er kommet om bord har lavest innhold av blod i muskelen. Mengden blod øker raskt og allerede etter cirka 2 timer har fisken oppnådd relative høye verdier med blod i både loin, spor og bukstykkene. De høye blodverdiene holder seg noenlunde stabile de neste 2–3 timene av levendelagringen. Først etter 5 timer er det indikasjoner på at blodmengden i loin og spor er på vei tilbake til de samme verdiene som ble målt på filet fra fisk, som var slaktet rett etter ombordtaking av fangsten. Dette samsvarer noenlunde med sensorisk vurdering av rødfarge i loin, spor og bukstykker i Figur 9. Nedgangen i målt mengde hemoglobin i loin- og sporstykkene etter 5 timer med levendelagring, kan ha sammenheng med at nivået av blodfylte årer som ble observert i filetene, var noe lavere etter 4–5 timer levendelagring (Figur 9). Selv om den sensoriske rødfargen på filetene er relativ jevn gjennom hele levendelagringen, så kan denne nedgang i antall blodfylte årer ha bidratt til å senke målt mengde hemoglobin i loin og spor, som var levendelagret i 5 timer.

Når det gjelder blodmengden målt i bukstykkene, så forblir blodmengden høy gjennom hele levendelagringen. I tillegg er det stor variasjon i blodmengden. Årsak til dette er blant annet at bukstykkene oftest er utsatt for skader (sprengt svømmeblære, slag- og klemskader) som forårsaker kraftige blødninger og blåflekker. Disse blåflekken tar ofte flere uker med levendelagring før de blir borte.

Resultatene fra blodmålingene og den sensoriske vurderingen viser at det generelt sett er mye blod i filetene allerede etter 2 timer med levendelagring, og at blodmengden forblir høy i minst 5 timer med levendelagring. Dette samsvarer godt med tidligere forsøk med levendelagring av torsk om bord på trålere. Spørsmålet er om dette har noe betydning, sammenlignet opp mot praksisen med bruk av tørre mottaksbinger. Ved store hal (over 20 tonn) så kan det meste av fisken ligge død over flere timer i tørre mottaksbinger før de blir prosessert. Dette kan være spesielt utfordrende når det er mye åte i fisken og muskelen er bløt. Ut fra resultatene fra dette toktet kan konseptet bidra til å redusere noe av rødfargen i filetene, dersom fisken slaktes ut fra vått mottak innen 2 timer og at fisken får tilstrekkelig mengde med oksygenrikt vann når den holdes i vått mottak. Da vil mye av fisken være i livet på slaktetidspunktet, og et 10 tonns tråhal med torsk, tar normalt mellom 1–2 timer å slakte ut. I tillegg slipper fisken å bli utsatt for mye press, hvis de ligger i vannfylte tanker. Det skal sies at både fangstdypet og lang tauetid i disse forsøkene ikke er optimale og kan ha påvirket resultatene negativt. Uansett, for å oppnå bedre resultater når vått mottak benyttes, anbefales det at fisket foregår på fangstfelt der dypet ikke overstiger 250 meter, og at tauetiden reduseres.



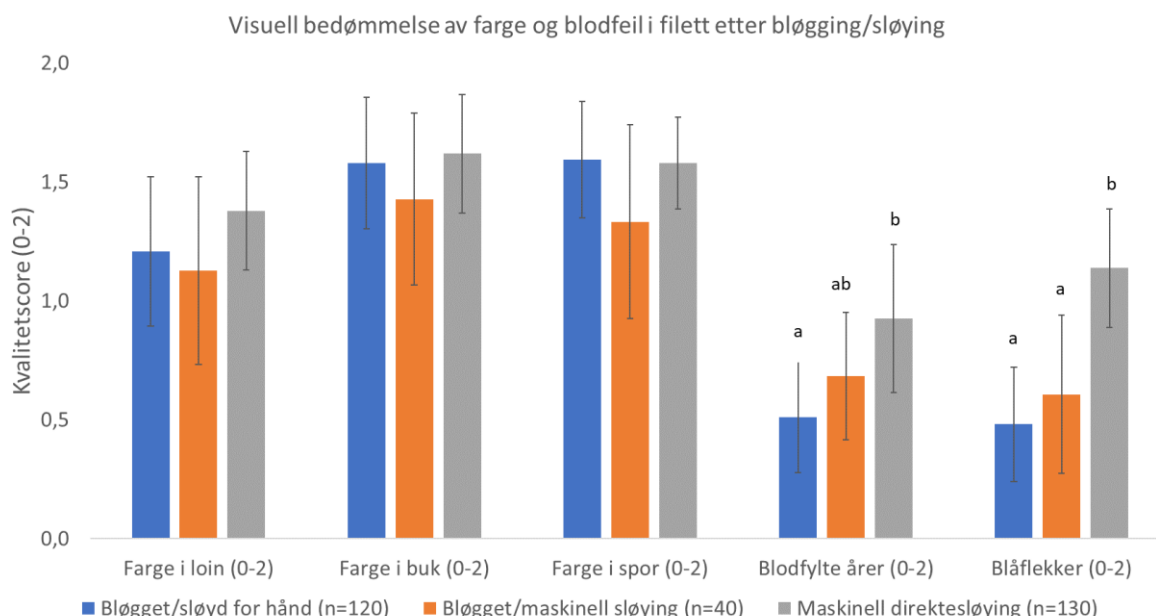
Figur 10 Instrumentell måling av restblod i fileten som har vært levendelagret i 0, 2, 3, 4 og 5 timer før slakting. Målingene er gjennomført ved hjelp av avbildende spektroskopi etter frysing og tining. De ulike søylene som er merket med samme bokstav (a, b, c eller d) indikerer ingen signifikante forskjeller ($p < 0,05$).

10.8 Evaluering om sløyemaskinen bidrar til blåflekker i fileten

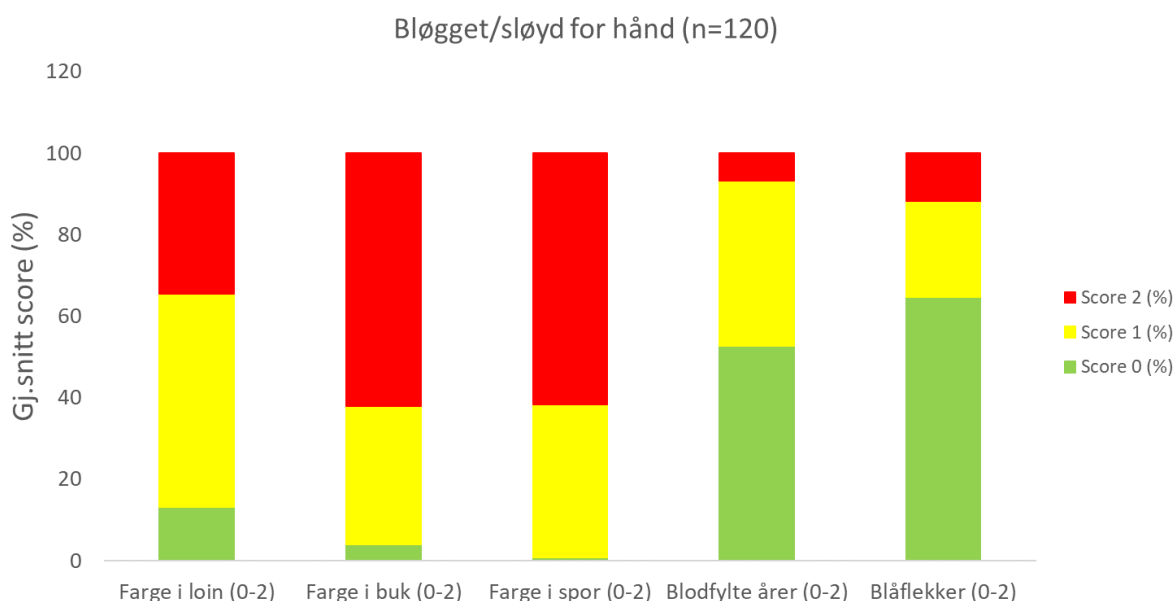
Det er ingen signifikante forskjeller i grunnfarge i loin, spor og buk mellom de ulike metodene å bløgge og sløye torsk (Figur 11). Den eneste forskjellen mellom de tre gruppene var signifikant mere synlige blodårer i buk og flere eller større blåflekker i fileten som var direktesløyet, sammenlignet med fisk som var bløgget for sløying. Det kan se ut til at bløgging og korttids utblødning (3–5 minutter) før maskinell sløying kan redusere en del av de mest alvorlige blåflekkene som oppstår under maskinell direktesløying. Dette gjenspeiler seg i figur 12, 13 og 14. Her kommer det fram at det er økning i andelen kvalitetsscore 2 hos torsk som er maskinelt direktesløyet, som bidrar til score, enn torsk som er bløgget og utblødd, før sløying. Høy score indikerer mere restblod og blodfeil på filetene. Kvalitetsscore 2 for blodflekker/blåflekker, indikerer flere eller større flekker i loinen.

Som nevnt tidligere kan det være flere årsaker til hvorfor disse blåflekkene kan oppstå. Når man sammenligner gruppene som bløgget for hånd før utblødning og hånd-sløying, så er andelen fileten med

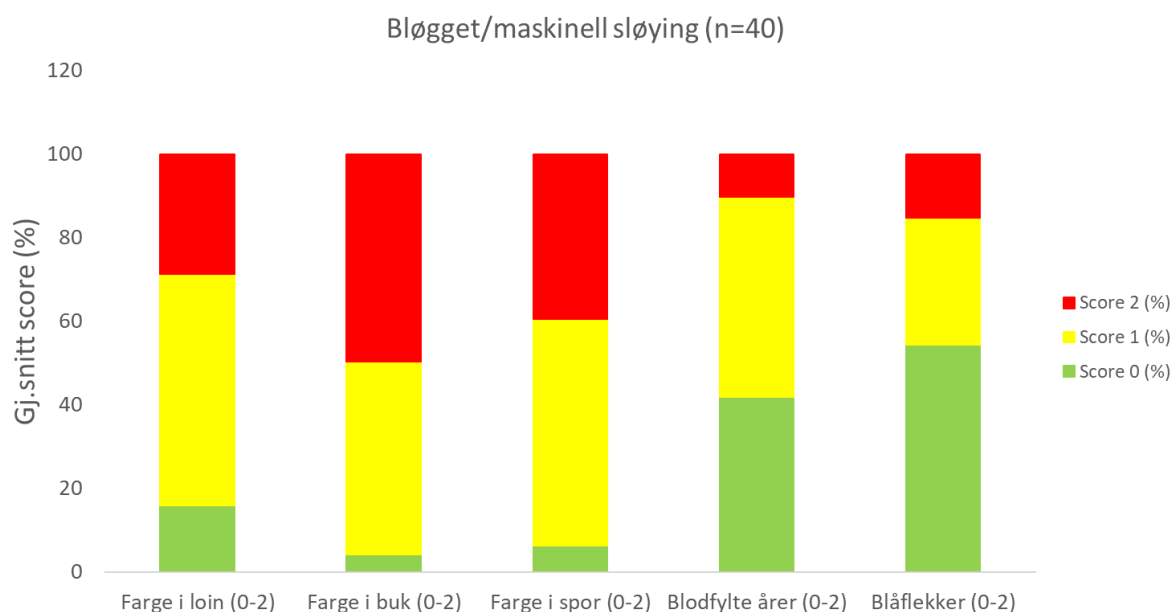
synlige blåflekker i overgang loin og buk noe lavere i disse gruppene, enn i filett fra fabrikkprøven. Den eneste forskjellen er at fabrikkprøven er sløyd maskinelt med BADER 444 sløyemaskin. Disse resultatene kan være en indikasjon på at enten sløyemaskinen, eller hvordan maskinen brukes (feil størrelse på fisk, røff håndtering under mating av maskinen) kan bidra til mere blåflekker i muskel under sløyning. Dette har stor betydning økonomisk, da loinen er den dyreste delen av fileten og disse skadene oppdages ofte ikke før fisken er filetert (Bilde 9) og skinnnet (Bilde 10). Dette bør derfor undersøkes nærmere i et større forsøk.



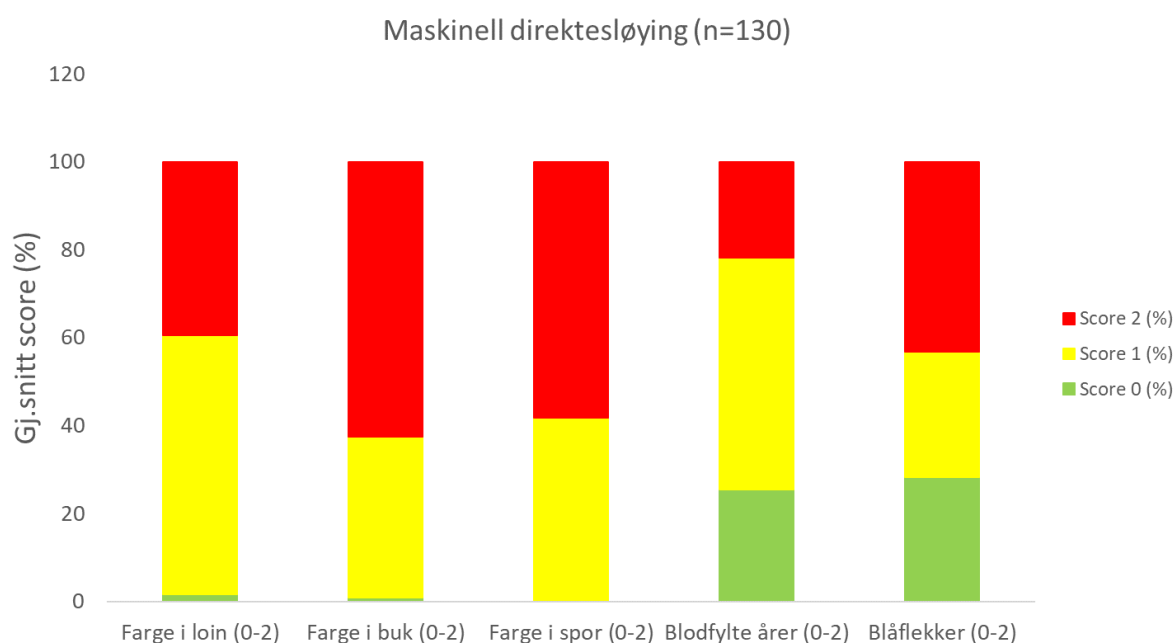
Figur 11 Visual bedømming av restblod i filett fra torsk som har vært slaktet på 3 forskjellige vis. Gruppe 1 (blå søyler) viser gjennomsnitt kvalitetsscore for torsk som er bløgget og utblødd i 30 minutter før sløyning for hånd. Gruppe 2 (røde søyler) gjennomsnitt kvalitetsscore for torsk som er bløgget og utblødd i 3–5 minutter, før maskinell sløyning og videre utblødning i 30 minutter. Gruppe 3 (grå søyler) viser gjennomsnitt kvalitetsscore for torsk som er maskinelt direktesløyd for utblødning i 30 min. De ulike søylene som er merket med samme bokstav (a, b) indikerer ingen signifikante forskjeller ($p < 0,05$), mellom de 3 gruppene.



Figur 12 Farge og blodfeil i filet fra torsk som er bløgget og utblødd i 30 minutter før sløyning for hånd og filetering.



Figur 13 Farge og blodfeil i filet fra torsk som er bløgget og utblødd i 3-5 minutter i rennende vann, før maskinell sløyning og ny utblødning i 30 minutter i rennende vann før filetering.



Figur 14 Farge og blodfeil i filet fra torsk som er maskinelt direktesløyset og utblødd i 30 minutter i rennende vann, før filetering.



Bilde 9 Viser blåflekker på filet fra torsk som er tatt ut på produksjonslinjen etter maskinell direktesløyting og utblødning.



Bilde 10 Bildet viser skinnsiden fra samme torskfilet som er presentert i Bilde 9. Fisken ble tatt ut til filetering fra produksjonslinjen, etter maskinell direktesløyting og utblødning.

11 Konklusjon

På grunn av lav pumpekapasitet (1300 liter/min) under gjennomføring av tokt 1, varierende mengde fisk i de ulike tankene og høy dødelighet, så er det uklart om vannfordelingen opp gjennom flat eller skråstilt bunnplate skiller seg fra hverandre. Oksygenmetningen falt dramatisk i mottaket rett etter at fisken var tatt om bord og det var betydelig forskjell mellom tank 3 og 4. Dette indikerer den store forskjellen i mengde fisk mellom de ulike tankene. Etter første tokt ble pumpekapasiteten utbedret og leverer nå cirka 320 m³ sjøvann per time. Teoretisk er dette nok til å holde cirka 6 tonn fisk i live over tid.

De fiskene som fortsatt var i live etter 1 til 2 timer i mottaket viste lite tegn til restituering og mengde blodfeil økte betydelig, sammenlignet med fisk som ble slaktet umiddelbart etter at fisken ble tatt om bord. Oksygenanlegget ble forsøkt testet, men på grunn av lite fisk i mottaket under testrunden fikk man ikke testet potensialet i anlegget. Overvåkning av oksygenmetningen i tankene var vanskelig å utføre av de som drifter mottaket. Dette bidrar til at det er vanskelig å regulere oksygenmetning og vann-gjennomstrømming i tankene. Etter tokt 1, ble oksygenanlegget fjernet av sikkerhetsmessige årsaker, da det var risiko for lekkasje av oksygen til maskinrom.

Når det gjelder de perforerte bunnplatene i mottakstankene, så er det for stor lysåpning i platene og dette reduserer muligheten til å spre inntaksvannet over et større areal. I tillegg er det vanskelig å drive renhold under platene, når fartøyet er i drift. Dårlig eller mangelfullt renhold er utfordrende, med tanke på risiko for oppblomstring og smitte av mikroorganismer gjennom hele produksjonslinjen. Etter tokt 1, ble de perforerte platene fjernet fra inntakstankene. På en framtidig løsning må designet og lysåpningen i de perforerte bunnplatene endres. Det må da være mulig å rengjøre under en perforert bunn, også når fartøyet er i drift.

Hensikten er å holde mest mulig av fangsten levende, fram til utslakting, og før eventuelt nytt trål hal tas ombord. Ut fra resultatene fra tokt nr. 2, kan konseptet bidra til å redusere noe av rødfargen i filetene, dersom fisken slaktes ut fra vått mottak innen 2 timer og at fisken får tilstrekkelig mengde med oksygenrikt vann når den holdes levende i vått mottak. Da vil mye av fisken være i livet på slakte-tidspunktet, og et gjennomsnittlig trålhal på 10 tonn med torsk, tar normalt mellom 1–2 timer å slakte ut. I tillegg slipper fisken å bli utsatt for mye press når de ligger i vannfylte tanker. Både fangstdyp og lang tauetid på tokt 2, er ikke gunstige og kan ha påvirket resultatene negativt. Menneskelig faktor spiller også i mange tilfeller inn på resultatene. Hvordan de ulike operatørene/ mannskap praktiserer driften av det våte mottaket kan variere. I enkelte tilfeller ble det observert at vanntilførselen ble stanset og tankene drenert, 15–20 minutter før fisken ble tatt ut fra mottakstankene.

Resultatene fra tokt 2 viser også at maskinell direktesløyting, av levende fisk som er el-bedøvet, kan ha bidratt til mulige blåflekker/blødninger i muskelen. Mulig årsak kan være at feil størrelse av fisk kjøres gjennom sløyemaskinen, eller at klemmene som holder fisken på plass i sløyemaskinen presser for hardt inn muskelen, fra brystfinnen og cirka 10 cm bakover på fisken. Andelen med alvorlige blåflekker i buk eller loin ble redusert når fisken ble bløgget og utblødd, før maskinell direktesløyting. Disse skadene som påføres fisken har stor betydning økonomisk, da de ofte ikke oppdages før fisken er filetert og skinnnet. Dette bør derfor undersøkes nærmere i et framtidig større forsøk.

12 Hovedfunn

- På grunn av lav pumpekapasitet (1300 liter/min) og varierende mengde fisk i de ulike tankene så har dette bidratt til generelt høy dødelighet på fisk etter fangst. Det har derfor ikke vært mulig å evaluere om vannfordelingen opp gjennom flat eller skråstilt bunnplate skiller seg fra hverandre.
- Ut fra resultatene er det tydelig at konseptet (design og bruk av vått mottak), om bord på Kongsfjord, ikke bidrar til å redusere rødfargen i fiskemuskelen, da det tar over 5–6 timer med levendelagring, før fisken viser tegn til restituering.
- Både fangstdyp og lang tauetid er ugunstig, noe som har påvirket fiskens eue til å overleve og restituere etter at den er tatt om bord.
- Resultatene fra tokt 2 viser også at maskinell direktesløyning, av levende fisk som er el-bedøvet, kan ha bidratt til mulige blåflekker/blødninger i muskelen. Andelen med alvorlige blåflekker i buk eller loin ble redusert når fisken ble bløgget og utblødd, før maskinell direktesløyning.

13 Referanser

- Digre, H., Tveit, G.M., Schei, M., & Øye, E.R. (2017). Toktrapport: Evaluering av ny slaktelinje om bord på Molnes. Sintef-rapport nr. 00369 april 2017.
- Isaksen, B. & Midling, K.Ø. (2012). *Fangstbasert akvakultur på torsk – en håndbok*. Havforskningsinstituttet, Nofima og FHF.
- N.N. (2017). Quality improvement (WP 5.0). CRISP Annual Report 2016.
<http://crisp.imr.no/prosjekter/crisp/publications>
- Olsen, S.H., Digre H., Grimsø, 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. Rapport 39/2014, Nofima, Tromsø.
- Olsen, S.H., Tobiassen, T., Akse, L., Evensen, T. H., & Midling, K. Ø. (2013). Capture induced stress and live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by trawl: Consequences for the flesh quality. *Fisheries research*, **147**, 446–453.
- Olsen, S.H., Tobiassen, T., Evensen, T.H., Joensen, S., & Nilsen, H. (2018). Bygging av mellomlagring-tank, rigging og praktiske tester (Optipro 3). Rapport 4/2018, Nofima, Tromsø.
- Skjelvareid, M.H., Heia, K., Olsen, S.H., & Stormo, S.K. (2017). Detection of blood in fish muscle by constrained spectral unmixing of hyperspectral images. *Journal of Food Engineering*, **212**, 252–261.
- Tobiassen, T., Evensen, T.H., Olsen, S.H., Heia, K., Joensen, S., Ingolfsson, O., ... & Tveit, G.M. (2018). Ilandføring av levendelevert hyse—Optimal behandling, slakting, kjøling og prosessering med hensyn til kvalitet. Rapport 15/2018, Nofima, Tromsø.
- Tobiassen, T., Kristoffersen, S., Joensen, S., Martinsen, G., & Olsen, S.H. (2021). Kvalitetsutfordringer med stor snurrevadtorsk-Kunnskapsstatus fra tidligere forskning. Rapport 24/2021, Nofima, Tromsø.
- Åtland, Å., Hess-Erga, O.K., Rosseland, B.O., & Johannessen, T.V. (2015). Vannkvalitet i marin yngelproduksjon. NIVA Rapport nr 6880-2015.