

Økt levendeleveranse av hyse fra snurrevadflåten

Faglig sluttrapport



Foto: Frank Gregersen, Nofima

Torbjørn Tobiassen, Margrethe Esaiassen, Tonje Jensen, Sjurdur Joensen, Gustav Martinsen, Stein H Olsen, Tatiana Ageeva, Rowan Romeyn, Kristin B. Hansen og Heidi Nilsen (Nofima) Mike Breen, Olafur Arnar Ingolfsson og Odd-Børre Humborstad (Havforskningsinstituttet)

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

<i>Rapportnummer:</i> 29/2024	<i>ISBN:</i> 978-82-8296-801-0	<i>ISSN:</i> 1890-579X
<i>Dato:</i> 25. september 2024	<i>Antall sider + sider vedlegg:</i> 30 + 2	<i>Prosjektnummer:</i> 12857
<i>Tittel:</i> Økt levendeleveranser av hyse fra snurrevadflåten		
<i>Title:</i> Catch and delivery of live haddock from demersal seine		
<i>Forfatter(e):</i> Torbjørn Tobiassen, Margrethe Esaiassen, Tonje Jensen, Sjurdur Joensen, Gustav Martinsen, Stein H Olsen, Silje Kristoffersen, Tatiana Ageeva, Rowan Romeyn, Kristin B. Hansen og Heidi Nilsen (Nofima), Mike Breen, Olafur Arnar Ingolfsson og Odd-Børre Humborstad (HI)		
<i>Avdeling:</i> Sjømatindustri		
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfinansiering		
<i>Eksternt prosjektnummer/Oppdragsgivers ref.:</i> 901582		
<i>Stikkord:</i> Levendelevering, hyse, kvalitet, vitalitet		
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Levendelevering og pre rigor filetering av hyse har gitt høyere andel premium produkter, mindre spalting, færre blodfeil, bedre filetutbytte sammenlignet med tradisjonell levering. I prosjektet er det dokumentert sammenheng mellom vitalitet, overlevelse, velferd, kvalitet og utbytte i filetproduksjon. God velferd gir høy overlevelse, som igjen medfører høy kvalitet og godt utbytte. Vitalitetsmålinger viste seg å være nyttig for å vurdere velferden og om hysen er egnet til levendelevering. Vurdering av øyerefleks er en vitalitetsmåling som anses som den enkleste å benytte i praksis under fiske for levendelevering av hyse. Manglende eller redusert øyerefleks indikerer dårlig vitalitet, og da bør hysen sorteres ut og ikke gå til levendelevering. Overlevelsen for hysa var 55 - 75 % ved lagring i fartøyets tanker, mens overlevelsen i forsøktankene var 73-90 %. Noe av det viktigste for overlevelsen er opprettholdelse av tilstrekkelig høyt O2-nivå i levendefisktankene og buffertanken på land. Det er derfor essensielt med tilførsel av rent, oksygenrikt vann gjennom bunnen i tanken.		
<i>English summary/recommendation:</i> Live delivery and pre rigor filleting of haddock have resulted in a higher proportion of premium products, less gaping, less blood, and better fillet yield compared to traditional delivery. The project has documented that there is a connection between vitality, survival, welfare, quality, and yield in fillet production. Good fish welfare leads to high survival in catch, which in turn results in high quality and good production yield. Vitality measurements proved useful for assessing welfare and whether the haddock is suitable for live delivery. Assessment of eye reflex is the vitality measurement considered the easiest to use when fishing for live delivery of haddock. The lack of or reduced eye reflex indicates poor vitality, and these haddock should then be sorted out and are considered unsuited for live delivery. The survival rate for haddock was 55-75 percent when stored in the vessel's tanks, while the survival rate in the experimental tanks was 73-90 percent. One of the most important factors for haddock survival is maintaining a sufficiently high O2 level in the live fish tanks and the buffer tank on land. Therefore, it is crucial to supply clean, oxygen-rich water through the bottom of the tank.		

Forord

Takk til Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) for finansiering av prosjektet. Prosjektet har frembrakt kunnskap som har gitt verdifull kunnskap til fartøy, mottaksanlegg og forskning.

Vi ønsker å takke Båtsjordbruket AS, MS Julie Pauline, Lerøy Norway Seafood AS, Gunnar Klo AS og Patriot AS for godt samarbeid og at de har bidratt med kunnskap, personell og fasiliteter som har muliggjort gjennomføringen av prosjektet.

Referansegruppen har også bidratt med viktige innspill, diskusjoner og kunnskap underveis.

Innhold

1	Sammendrag	1
1.1	English summary	2
2	Innledning	3
2.1	Prosjektorganisering	5
3	Problemstilling og formål	6
4	Prosjektgjennomføring	7
4.1	Fartøy- og fangstinformasjon	7
4.2	Fangsthåndtering og registrering	8
4.3	Vitalitet og fysiologi	8
4.3.1	Etter fangst	8
4.3.2	Ved levering	9
4.4	Overlevelse under levering	9
4.5	Kvalitet og utbytte	10
4.5.1	Test 1 – Samfengt	10
4.5.2	Test 2 – Levende og død hyse	10
4.6	Statistiske analyser	10
5	Resultater og diskusjon	11
5.1	Atferd, skader, vitalitet og fysiologi	11
5.1.1	Individuelle atferds- og refleksmålinger	11
5.1.2	Skader	12
5.1.3	Vitalitet og laktat etter fangst	13
5.1.4	Vitalitet og laktat ved levering fra fartøyets levendefisktanker	14
5.1.5	Vitalitet og laktat ved levering fra forsøktankene	15
5.1.6	Sammenligning av fartøyets tanker og forsøktankene	16
5.1.7	Atferd under føring av levende fisk	17
5.2	Overlevelse ved levering	18
5.3	Kvalitet og utbytte	20
5.3.1	Test 1 – Samfengt	20
5.3.2	Test 2 – Levende og død hyse	20
5.3.3	Blodmengde filet fra hyperspektral avbildning	22
5.4	Sammenheng mellom vitalitet, fysiologi, overlevelse og kvalitet	22
6	Oppsummering og konklusjon	23
7	Hovedfunn	26
8	Leveranser	27
9	Referanser	28
Vedlegg 1		i

1 Sammendrag

Det kan være store kvalitetsutfordringer med hyse som leveres fersk til mottaksanlegg. Spesielt er det utfordringer med spalting av fileten, som ofte skjer under skinneprosessen. Industrien har erfart at både fangstredskap, åtetilstand, fiskestørrelse, kjøle- og skinnemetode påvirker spaltingen. I tillegg til spalting er bløt muskel og blodrester/rød muskel viktige kvalitetsutfordringer som kan redusere verdien av hyse.

Levendelevering og *pre rigor* filetering av hyse har gitt høyere andel premium produkter, mindre spalting, færre blodfeil, bedre filetutbytte sammenlignet med tradisjonell levering. Målet med dette prosjektet er å øke andel levendelevert hyse fra snurrevadflåten gjennom optimalisering av fangstoperasjoner, sortering, økt overlevelse og velferd om bord, under utslakting og produksjon. Prosjektet er gjennomført i samarbeid med Båtsfjordbruket AS, Lerøy Norway Seafood AS og MS Julie Pauline, Patriot AS, Båtsfjord Sentralfryselager og Gunnar Klo AS.

Hyse ble fanget med kommersiell snurrevad på snurrevadfartøyet MS Julie Pauline på fiskefeltet fra Kongsfjorden til Makkaur-Sandfjord som ligger utenfor Båtsfjord og fraktet levende inn til Båtsfjordbruket for kontrollert slakting. I dette prosjektet er det vist at levendelevert hyse var mindre spaltet, hadde bedre konsistens, mindre blod og lengre holdbarhet (mindre lukt) enn hysa som var død ved levering.

I prosjektet er det dokumentert sammenheng mellom stress, vitalitet, overlevelse, velferd, kvalitet og utbytte i filetproduksjon. God velferd gir høy overlevelse, som igjen medfører høy kvalitet og godt utbytte.

Hyse er en tander art som tåler stress dårligere enn torsk og sei, og vitaliteten til hysa varierte betydelig mellom fangstene. Lav vitalitet henger sammen med høy konsentrasjon av melkesyre (laktat), som igjen er et uttrykk for stress. Under fangst ble vitaliteten påvirket av andelen bifangst, samlet dybdeendring og maksimal vindhastighet (som en indikator på værforhold).

Vitalitetsmålinger viste seg å være nyttig for å vurdere velferd, hvorav tre parametere er særlig anvendelige når hyse skal sorteres ut for korttidslagring; oppdriftsstatus, kroppsrefleks på flatt underlag og øyerefleks. Øyerefleks anses som den enkleste å benytte i praksis under fiske for levende levering av hyse. Manglende øyerefleks indikerer dårlig vitalitet, og dersom øyerefleksen ikke er til stede burde fisken sorteres ut og ikke gå til levendelevering.

Vitaliteten til hysa var forskjellig etter hvilken tank de var lagret i. Overlevelsen for hysa var 55–75 % ved lagring i fartøyets tanker, mens overlevelsen i forsøktankene var 73–90 %. Noe av det viktigste for overlevelsen er opprettholdelse av tilstrekkelig høyt O₂-nivå i levendefisktankene og buffertanken på land. De fleste fiskene lå på bunnen av tanken gjennom hele lagringstiden. Det er derfor essensielt med tilførsel av rent, oksygenrikt vann gjennom bunnen i tanken. Lagringstetthet (kg/m³) og oksygenkonsentrasjon (mg/l) i tanken er viktige parametere. Det er viktig at disse faktorene tas hensyn til og endres i kommersielt fiske for å unngå utilsiktet dødelighet. Videre arbeid er imidlertid nødvendig for å forstå også disse forholdene bedre, samt identifisere andre variabler som påvirker vitaliteten til hyse under fangst og lagring.

Hvis man lykkes med å øke overlevelsen om bord på snurrevadfartøy, kan levende levert hyse, og annen hvitfisk gi landindustrien bedre kontroll over slakteprosessen, mulighet til *pre rigor* filetering og store kvalitetsforbedringer. I tillegg vil biproduktene være av god kvalitet, noe som kan bidra til optimal ressursutnyttelse og økt lokal verdiskaping.

1.1 English summary

Fillet gaping, soft muscle, and blood residues can reduce the value of haddock. Live delivery and following *pre rigor* filleting have resulted in more premium products, less gaping, fewer blood defects, and better fillet yield compared to traditional catch and production.

This project aims to increase the proportion of livedelivered haddock from the demersal seine fleet by optimizing catch operations, sorting, and improving fish survival and welfare on board. Haddock was caught with commercial seine and transported alive to Båtsfjordbruket for controlled slaughter. Fillets from livedelivered haddock had less gaping, better texture, less blood, and a longer shelf life compared to haddock delivered dead.

A connection between fish stress, vitality, survival, welfare, quality, and yield in fillet production is documented. Good welfare practice in catch handling and storage leads to high survival, which again results in high quality and high yield in production. Haddock is more fragile in terms of stress than cod and its vitality varied significantly between catches. Low vitality is linked to high lactic acid levels, indicating stress. Vitality was affected by the amount of bycatch, depth change during catch regime, and wind speed.

Vitality measurements were useful for assessing welfare, with three key parameters to be observed: buoyancy status, body reflex on plane ground, and eye reflex. A missing eye reflex indicates poor vitality, and these fish should not be considered acceptable for live storage.

Survival rates varied according to storage tanks used, with 55–75% fish survival in the tanks of the vessel and 73–90% in the experimental tanks. Maintaining high O₂ levels in live fish tanks and buffer tanks is crucial. Most fish lay or rest on the bottom of the tank during storage, hence clean, oxygen-rich water must be supplied through the tank bottom. Fish density and oxygen concentration are important parameters. Adjustments in commercial fishing practices are needed to avoid accidental mortality of the catch meant for live delivery.

Increasing fish survival on catch from seine vessels will facilitate improved control during the slaughter process, providing the possibility of *pre rigor* filleting and significant quality improvement. Additionally, high quality by-products will contribute to optimal resource utilization and increased local value creation.

2 Innledning

Det kan være store kvalitetsutfordringer med hyse som leveres fersk til mottaksanlegg. Spesielt er det utfordringer med spalting av fileten, som særlig skjer under skinneprosessen. Industrien har erfart at både fangstredskap, åtetilstand, fiskestørrelse, kjøle- og skinnemetode påvirker spaltingen. I tillegg til spalting er bløt muskel og blodrester/rød muskel viktige kvalitetsutfordringer som kan redusere verdien av hyse.

Av de 40 000 tonn fersk hyse som leveres årlig, blir omtrent halvparten fanget med snurrevadfartøy. Det er ikke gjennomført systematiske kvalitetsregistreringer på hyse, men Nofima har vist at kvaliteten på torsk fanget med snurrevad har forverret seg de siste 15 årene (Akse et al., 2004; 2014; Joensen et al., 2017). Hyse er en sårbar art og tåler stress dårligere enn torsk og sei (Ingolfsson et al., 2007). Høy fisketetthet ved store fangster fører til skader og økt dødelighet i redskapen, noe som er en viktig årsak til denne negative utviklingen (Olsen et al., 2013; Tobiassen et al., 2024).

Selv om snurrevad noen ganger gir dårligere fangstkvalitet for både torsk og hyse, har snurrevadfartøy også levert sløyd og kjølt fisk av ypperste kvalitet til mottaksanlegg. Snurrevad er også den redskaps-typen som er best egnet for fangst til levendelagring. Levendefangst og påfølgende restitusjon av hyse (> 6 timer) har reversert moderate effekter på filetkvaliteten på grunn av utmattende svømming (Karlsson-Drangsholt et al., 2018). Det er også vist at levendelevert hyse ga 25 % høyere andel premium produkter og en loinsandel på 55 %, sammenlignet med tradisjonell levering hvor loinsandelen var 16 %. Videre ble det mindre spalting, færre blodfeil, bedre filetutbytte og indikasjoner på lengre holdbarhet på levendelevert hyse som ble filetert og skinnet *pre rigor* (Tobiassen et al., 2018; 2019).

Hvordan fisken fanges og avlives påvirker stressnivået, vitaliteten og sluttkvaliteten (Breen et al., 2004; Borderías & Sánchez-Alonso, 2011; Humborstad et al., 2009; 2020; Karlsson-Drangsholt et al., 2018; Roth & Rotabakk 2012; Svalheim et al., 2017; 2018a; 2018b; 2019). Utmattende svømming, fysisk kontakt med redskapen, samt stress og påkjenninger som følge av for lave oksygenkonsentrasjoner eller trykk- og temperaturendringer ved heving av redskapen, fører til skader, utmattelse og trykk-relaterte skader. Dette påvirker velferden og overlevelsespotensialet til fisken (Black, 1985; Beamish, 1966; Breen et al., 2004; 2007; 2020; Humborstad et al., 2009). Det har tidligere blitt rapportert at utmattende svømming alene kan ta livet av hyse (Black, 1985; Beamish, 1966; Breen et al., 2004). Selv om tilsvarende forskning ikke er gjennomført for hyse fanget med snurrevad, har utmattende svømming og fangstskader vist seg å være potensielt dødelig på hyse fanget med trål (Breen m.fl., 2007). Derfor er det viktig å bruke selektive og skånsomme fangstredskaper, samt minimere stress under fangst, ombordtaking og håndtering (Breen et al., 2020).

I tillegg kan suboptimale forhold som store hal, dårlig vær, røff håndtering, mye fisk i tankene og dårlig vannsirkulasjon under lasting, transport og lossing av levende fisk, bidra til skader og økt dødelighet fram til levering (Tobiassen et al., 2019). Det er vist at torsk har et betydelig oksygenbehov og lavere evne til å ta opp oksygen fra vannet rett etter fangst (Midling et al., 2005). De fleste studier om oksygenbehov og fangstens effekt på svømmeblæra er gjort på torsk, men Midling et al. (2008) antyder at hyse har ytterligere 15 % høyere oksygenbehov enn torsk. Et fall i oksygenmetningen under lasting og transport kan derfor føre til økt dødelighet (Humborstad et al., 2009; 2013). Tobiassen et al. (2018; 2019) observerte at redusert vanngjennomstrømming under lasting førte til lavere oksygenmetning og høyere dødelighet gjennom lastings- og føringsprosessen (50–60 %), sammenlignet med egne testtanker hvor det var kontinuerlig og stabil tilførsel av vann og bare 10 % dødelighet.

Det er mye kjent om effektene av fangst på svømmeblæren hos torsk (Humborstad & Magnor-Jensen, 2013; Midling et al., 2012), mens det er gjort lite forskning på hyse. Breen (2004) viste at hyse er mer utsatt for dekompresjonsskader enn torsk, med cirka 40 % ødeleggelse av svømmeblæren når hysen

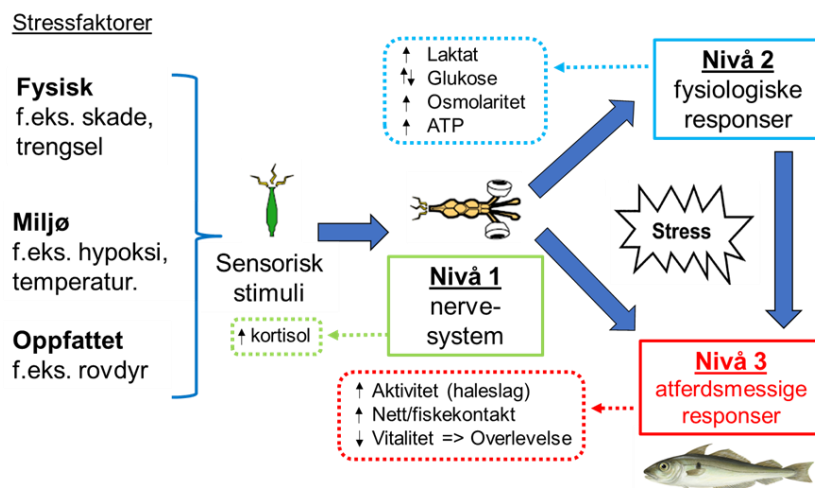
ble utsatt for 50 % reduksjon i hydrostatisk trykk, en trykkreduksjon som tidligere ble ansett som en trygg for torskefisk (Tytler & Blaxter, 1973).

Hvis man lykkes med å øke overlevelsen om bord på snurrevadfartøy, kan levende levert hyse, og annen hvitfisk gi landindustrien store kvalitetsforbedringer, bedre kontroll over slakteprosessen og mulighet til *pre rigor* filetering. I tillegg vil biproduktene være av god kvalitet, noe som bidrar til optimal ressursutnyttelse og økt lokal verdiskaping.

Selv om teknologiske fremskritt og fangsteffektivitet har økt de siste tiårene (Standal & Sønvinen, 2015), er det fortsatt mange ubesvarte spørsmål om beste praksis, fiskevelferd og kvalitet for levendefangst og levendelevering av hyse. Sentralt står å minimere stress under fangst, ombordtaking og håndtering.

En stressfaktor kan være en miljømessig, fysisk, kjemisk eller biologisk faktor som truer individet eller som oppfattes som truende. Under fangst med snurrevad er flere stressfaktorer identifisert, slik som utmattelse, trenging, for lav tilgang til oksygen, skader, trykkrelaterte skader og temperaturforandringer (Breen m.fl., 2020). En stressrespons er summen av alle fysiologiske og atferdsmessige tilpasninger som oppstår naturlig når en organisme møter en stressfaktor (Barton, 2002; Pottinger, 2007; Wendelaar Bonga, 1997). Dødelighet som følge av stress er uten tvil det ultimate uttrykket for dårlig velferd (Breen m.fl., 2020), og dødelighet i en stresset populasjon vil sannsynligvis indikere at det ikke lenger er mulighet for å forbedre velferden. Man bør derfor søke etter å måle andre, og tidligere, stressresponser enn dødelighet. Atferdsmålinger er mye brukt som akutte stressindikatorer hos fisk, spesielt i akvakultur (Martins et al., 2012). Derfor er det informativt å observere atferd på individuelt nivå (f.eks. svømmeaktivitet, refleksresponser og vitalitet), når man prøver å vurdere fangstens velferd under fangstprosessen. Vurderinger av svekkelse av reflekser og atferd, samt forekomst av skader, har vist seg å være gode indikatorer for dødelighet (f.eks. Davis, 2010, Benoît et al., 2010; Humborstad et al., 2016; Anders et al, 2022), og brukes nå til systematisk å vurdere vitaliteten til fangst som slippes løs (Breen & Catchpole, 2021). Som sådan kan disse vitalitetsmålene vise seg å være informative indikatorer på stress og velferdsstatus til fisk.

God fangstvelferd avhenger av at man kan måle stressindikatorer i en reell fangstsituasjon (Anders m. fl. (2022), Breen m.fl., 2020). Ved å få en bedre forståelse for hvordan og når disse stressindikatorene oppstår under fangstprosessen, kan overlevelse og kvalitet forbedres på levendelevert hyse fanget med snurrevad. Å etablere slike velferdsindikatorer kan gjøre det mulig for fiskere å ta beslutninger om fangstoperasjonen for å minimere påvirkningen på fisken og dermed redusere sannsynligheten for negative konsekvenser på fiskevelferd.



Tilpasset fra Barton, 2002 and Horodysky et al, 2015

Figur 1 Oversikt over stressresponsen hos fisk

2.1 Prosjektorganisering

Prosjektet er gjennomført over 4 år i tett samarbeid med Båtsfjordbruket AS, Lerøy Norway Seafood AS og MS Julie Pauline, som alle har stilt sin infrastruktur tilgjengelig for prosjektet. I tillegg har personer fra Patriot AS, Båtsfjord Sentralfryselager og Gunnar Klo AS bidratt med faglige diskusjoner og innspill.

Prosjektgruppen har bestått av:

Nofima: Torbjørn Tobiassen, Gustav Martinsen, Silje Kristoffersen, Sjurður Joensen, Tonje Kristin Jensen, Stein Harris Olsen, Tatiana N. Ageeva, Kristin Hansen, Rowan Romeyn og Margrethe Esaiassen.

Havforskningsinstituttet: Michael Breen, Olafur Ingolfsson og Odd-Børre Humborstad.

Industriaktører: Båtsfjordbruket, MS Julie Pauline, Lerøy Norway Seafood AS.

Referansegruppe: Ketil Pettersen (Båtsfjordbruket AS), Roy Martin Martinsen, Per Gunnar Hansen (Lerøy Norway Seafood AS), Arne Karlsen (Gunnar Klo AS) og Ørjan Nergård (Patriot AS) og Frank Kristiansen (Båtsfjord Sentralfryselager).

3 Problemstilling og formål

Hovedmål

Øke andel levendelevert hyse fra snurrevadflåten gjennom optimalisering av fangstoperasjoner, sortering, økt overlevelse og velferd om bord, under utslakting og produksjon.

Delmål

- 1) Øke kunnskapen om hvordan fangstoperasjoner (dybde, hal størrelse, oppstigning), lasting og sortering påvirker overlevelse for hyse.
- 2) Teste, dokumentere og optimalisere teknologi og systemer for levendelagring om bord.
- 3) Optimalisere utslakting av levende hyse og prosessering av *pre rigor* råstoff av hyse.
- 4) Evaluering og dokumentasjon av fiskevelferd.

4 Prosjektgjennomføring

4.1 Fartøy- og fangstinformasjon

Hyse ble fanget med kommersiell snurrevad på snurrevadfartøyet MS Julie Pauline mellom 12. og 19. juni 2023 på fiskefeltet fra Kongsfjorden til Makkaur-Sandfjord som ligger utenfor Båtsfjord. MS Julie Pauline er bygd og levert i 2023, og har en lengde på 44,6 m lengde og bredde på 9,5 m. Båten er rigget for fiske med snurpenot og snurrevad. Båten har 498 m³ lastekapasitet fordelt på 6 RSW-tanker, hvorav 4 levendefisktanker med oppstrømsprinsipp. Fiskepumpen er fra Sea Quest og vakuumsystemet er levert fra Havyard MMC. Det er to pumper med kapasitet på 800 m³/t til levendefisktankene.

Snurrevaden som ble benyttet var en Selstad 540 msk for alle halene. Sekken var en 126 mm kvadratmaskesekk i de første 19 halene. Den siste turen (hal 20–25) ble det benyttet en 136 mm kvadratsekk.

Tabell 1 Fangstinformasjon for hvert hal (F: Fremme, SB: Senter bak, SBB: Styrbord bak, BB: Babord bak). Ikke registrerte parameter oppgis i tabellen som I.R.

Levering	Hal	Fangst-dato	Fiske-dybde (m)	Oppstignings-hastighet (m/min)	Vind (m/s)	Total hal-størrelse (kg)	Mengde hyse (kg)	Levende-lagringstank
1	1	12.06.23	I.R	I.R	N 4-6	2100	2000	F
1	2	12.06.23	60-67	13,4	SØ 2-5	2300	2200	F
1	3	12.06.23	70-82	9,06	V 5-8	1200	1000	F
1	4	12.06.23	55-62	5,65	NV 1-3	1300	1000	SB
1	5	12.06.23	40-90	9,95	V 6-10	2500	2200	SB
1	6	13.06.23	40-60	4,38	V 10-17	650	0	SB
1	7	13.06.23	45-75	10,02	V 8-14	2210	1000	SB
2	8	14.06.23	70-78	9,69	V 7-12	3900	3700	F
2	9	14.06.23	50-74	7,36	V 9-15	1400	1000	F
2	10	14.06.23	50-68	8,72	V 10-18	1300	1200	SB
2	11	14.06.23	60-67	7,13	V 10-19	2870	2800	BB
2	12	14.06.23	51-65	7,23	V 8-15	1880	1600	SB
3	13	15.06.23	63-74	9,6	NV 10-15	3200	3000	F
3	14	15.06.23	55-65	9,9	NV 10-15	1700	1500	F
3	15	15.06.23	56-80	14,8	NV 12-15	4450	4100	BB
3	16	16.06.23	75-88	15,95	NNV 10-12	4150	4000	SB
3	17	16.06.23	58-78	18,53	NNV 5-9	8230	7500	SBB
3	18	16.06.23	55-85	9,74	N 4-7	3150	2000	F
3	19	16.06.23	58-80	12,46	N 3-7	1600	1500	BB
4	20	18.06.23	60-82	35,93	NV 3-5	11350	11200	F, BB, SBB
4	21	18.06.23	70-89	10,35	NV 4-6	4300	4200	SBB
4	22	18.06.23	59-70	8,65	NV 5-7	4600	4500	F, BB
4	23	18.06.23	57-80	18,52	N 5-7	3680	3400	BB
4	24	18.06.23	67-78	13,87	N 4-7	1550	1400	SBB
4	25	19.06.23	66-85	9,02	NV 4-6	2550	2000	F

Totalt ble det gjennomført 25 hal (se Tabell 1). Overlevelse ble registrert i 21 av halene, mens vitalitet og stress på fisken under fangst ble undersøkt i 10, og kvalitet ble vurdert i 5. I tillegg ble fisk fra 5 hal lagret i Nofimas forsøktanker, som er på 0,8 m³. Fangstdybde, sjøtemperatur og oppstigningshastighet

ble registrert ved hjelp av en sensor fra RBR duet som registrer nøyaktig trykk, dybde, temperatur og tid. Denne var montert på sekken i et beskyttelseshylser. Den ble tatt av etter hver tur og dataene ble lastet ned. Fangstdybden var 40–90 meter, sjøtemperaturen varierte mellom 6–8 °C, og vind mellom 1–17 m/s. Tabell 1 viser oversikt over fangstforholdene, mengde og oppbevaring ombord ved de ulike halene. Hovedarten i fangsten var hyse med en liten innblanding av torsk og sei. Fangststørrelsen varierte fra 650 kg til 11,3 tonn.

4.2 Fangsthåndtering og registrering

Fisken ble pumpet om bord fra snurrevadsekken og over til avsilingskassen. Torsk og sei ble sendt direkte til fabrikken, mens hysen gikk usortert ned til en av fartøyets levendefisktanker; senter foran 87,9 m³, senter bak 89,5 m³, babord bak 117,7 m³ og styrbord bak 99,5 m³. Forsøktankene er 120 cm lang, høyde på 80 cm, bredde på 80 cm og volum på cirka 800 liter. Hysa ble holdt levende fram til levering ved Båtsfjordbruket, 14–39 timer etter fangst. Hvis fangstmengden i enkelthal var stor, ble samme fangst delt på to eller tre ulike tanker.

30–60 fisk fra hvert av halene 3, 8, 13, 16 og 20 ble i tillegg lagret i Nofimas forsøktanker frem til landing. Fisk fra hal 20 var fordelt på to ulike tanker, hvorav en tank med fisk fra begynnelsen av pumpeperioden, og den andre fra slutten.

Oksygennivået, temperatur og pH-registrert ved bruk av OxyGuard Handy Polaris II og OxyGuard Handy pH). Saliniteten ble målt ved å FT-refraktometer WZ-211/Salinitet (FishTech AS). Adferden til fisken fra ble overvåket ved hjelp av Go Pro 7 og 3.

4.3 Vitalitet og fysiologi

4.3.1 Etter fangst

Vitalitet og fysiologi på fisken under fangst ble undersøkt på fisk fra ti ulike hal (hal 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 og 20). Ved hvert hal ble 15 fisk (4–8 fisker av gangen) tilfeldig håvet fra avsilingskassen gjennom pumpeperioden og overført til forsøktank for vitalitetsmålinger. På grunn av fangstmengden i hal 20 ble to grupper vurdert, ved start og ved slutt.

Én og én fisk ble håvet tilfeldig fra forsøktankene, og vitaliteten ble vurdert ved bruk av individuelle vitalitetsparametere gitt i Tabell 2, basert på Davis m.fl. (2021) og Anders m.fl. (2022). Fisken ble først plassert i en balje med sjøvann (70 liter) og vurdert for vitalitetsmålingene under kategorien «Fri svømmeobservasjoner». Deretter ble de fjernet fra baljen og vurdert for parameterne under kategorien «Observasjoner under håndtering». Hver parameter ble gitt en score ut fra responsen; 1: normal til stede, 2: unormal kraftig (avvikende), 0,5: svak/usikker, 0: fraværende. Parameterne ble vurdert i rekkefølgen som er angitt i Tabell 2. Varigheten av vitalitetsvurderingen var $96,9 \pm 4,6$ sekunder (gjennomsnitt ± 95 % KI; $n = 447$). Etter vitalitetsmålingene ble fisken avlivet med et slag mot hodet ved hjelp av et stålrør. Deretter ble blodglukose målt med FreeStyle Lite® måler (Abbott Laboratories, USA), og laktat i blodet ble målt med Lactate Scout+ måler (EKF-diagnostic, UK). Videre ble fiskens lengde registrert før den ble bløgget og blødd ut tørt.

Den totale vitalitetsscoren (VA) for hvert individ ble beregnet som summen av poengene fra vitalitetsparametere [v_i] delt på det totale antallet vitalitetsparametere [V] som ble registrert for den fisken:

$$VA = \frac{\sum_{i=1}^V v_i}{V}$$

Tabell 2 Kriterier brukt for å vurdere vitaliteten til hyse (*Melanogrammus aeglefinus*)

Kategori	Vitalitetsparameter	Metodikk	Positiv respons
Fri svømmeobservasjoner	Fluktrespons 1	Fisk overført til observasjonstank	Svømmer rundt i vannet og forsøker på å rømme
	Oppretting	Fisk overført til observasjonstank	Oppretting med ryggen opp ≤ 5 sekunder etter overføring.
	Hodekompleks (Pustebevegelse)	Fisk overført til observasjonstank	Koordinert og regelmessig bevegelse av munn og gjellelokk - indikerer normal respirasjon (> 1 per 10 sekunder).
	Oppdriftsstatus	Etter overføring til observasjonstank, noterer observatøren om fisken flyter eller ikke, og i hvilken orientering	Fisk er i stand til å svømme fritt, eller ligge på tankbunnen, uten tegn på positiv oppdrift.
	Fluktrespons 2	Observatørens hånd, i vann, nærmer seg fisken fra siden; som forberedelse til "kaudal refleks"-test	En "flukt"-respons, eller svømmer rundt i tanken for å "unnslippe"
	Halerefleks	Observatøren berører, eller prøver å holde, halefinnen	Umiddelbart (< 1 sek) forsøk på å svømme vekk fra fysisk kontakt.
Observasjoner under håndtering	Kroppsrefleks 1 - Fastholdt	Fisken holdes godt med knyttet hånd, med tommel og pekefinger like bak gjellelokk (NB: testen starter i vann, ettersom fisken fjernes fra tanken)	Halemuskulaturen bøyer seg innen 3 sekunder etter teststart.
	Gaping/gjellebevegelse	Observatør (mens han holder fisk som beskrevet ovenfor) ser etter koordinert bevegelse av munn og gjellelokk	Koordinert bevegelse av munn og gjellelokk - kanskje uregelmessig.
	Vestibulo-okulær (øye) refleks (VOR)	Observatør (mens han holder fisk som beskrevet ovenfor) roterer fisken	Øyne holder seg stødige, med hensyn til horisontalt.
	Kroppsrefleks 2 - Flatt underlag	Fisk legges på en flat overflate.	Halemuskulaturen bøyer seg innen 3 sekunder etter teststart.

4.3.2 Ved levering

Under levering til mottak, ble fisken pumpet direkte fra fartøyets tanker og inn i en buffertank. Én og én fisk ble hentet direkte fra utløpet på buffertanken. Deretter ble vitalitet- og blodmålinger gjennomført som beskrevet i 4.3.1. I tillegg ble noen fisk individmerket for senere kvalitetsvurderinger.

4.4 Overlevelse under levering

Under levering til mottak, ble fisken pumpet direkte fra fartøyets tanker og opp i en buffertank. Hvorvidt fisken hadde overlevd prosessene ble registrert av to forskere på 10-fiskprøver på transportbåndet mellom buffertank og el-bedøver. Registreringene som er gjennomført ved levering ble ikke relatert til et gitt hal, da fisk fra ulike hal var ført i samme levendelagringstank, eller at fisk fra to ulike lagringstanker om bord ble pumpet inn samtidig.

4.5 Kvalitet og utbytte

4.5.1 Test 1 – Samfengt

Filetspalting ble umiddelbart vurdert på en skala fra 0–5, hvor 5 er ekstrem spalting og 0 er fileter uten spalting (Akse m.fl., 2007). Filetene gikk deretter til filetlinjen hvor de ble trimmet og porsjonert, og produksjons- og loinsutbytte ble registrert av Båtsfjordbruket.

4.5.2 Test 2 – Levende og død hyse

Seksti levende hyser ble avlivet med et slag mot hodet. Disse, samt 60 døde hyser ble bløgget og blødd ut i rennende sjøvann i cirka 30 minutter. Fisken ble deretter sløyd, maskinelt filetert og skinnert før sensorisk vurdering av filetkvalitet (filetindeks, Akse m.fl., 2007). Totalt ble 60 fileter fra hver gruppe vurdert rett etter filetering (0 dager). Resterende fileter ($n = 120$) ble iset i kasser og transportert til Nofima i Tromsø hvor filetindeks ble gjennomført 8 ($n = 60$) og 12 ($n = 60$) dager etter slakting. I tillegg ble blodmengden i filetene målt instrumentelt ved bruk av Maritech Eye (Heia m. fl., 2022; Skjelvareid m.fl., 2017).

4.6 Statistiske analyser

For å evaluere sammenhengen mellom individuelle vitalitetsparameterne og vitalitet (VA) ble det benyttet multinomial logistisk regresjon og Likelihood Ratio Testing (LRT). De statistiske analyser ble utført i R (versjon 4.3.3), og forutsetninger og vurderinger er nærmere beskrevet i vedlegg 1.

For å undersøke om det var signifikante forskjeller i kvalitet (lukt, spalting og konsistens) mellom død og levende levert hyse ble det gjennomført en ikke-parametrisk test. P-verdi på mindre enn 0,5 ble regnet som statistisk signifikant.

5 Resultater og diskusjon

5.1 Atferd, skader, vitalitet og fysiologi

5.1.1 Individuelle atferds- og refleksmålinger

Når det gjelder bruk av vitalitetsparametere som indikatorer for å velge hyse for korttidslagring, vil noen klart være mer praktiske og informative enn andre for fiskerne. Med mindre fiskerne bruker en oppbevaringstank før/under sortering, vil det ikke være hensiktsmessig for dem å bruke målinger i kategorien «*Fri svømmeobservasjoner vann*» i Tabell 2, selv om noen er svært informative (f.eks. Oppdrift og Fluktrespons²). For fiskerne vil det antakelig være mest praktisk å bruke parameterne som er listet under kategorien «*Observasjoner under håndtering*». Av disse er øyerefleks mest informativ, da fraværet av øyerefleks alltid er assosiert med lav total vitalitet. Selv om dette ikke umiddelbart virker praktisk, ble det under fiske erfart at det kan brukes som en rask vurdering av fisk som ligger på siden på sorteringsrampen. Ved en slik vurdering vil tilstedeværelse av øyerefleks medføre at fiskens øye ser ut til å bevege seg om fisken reorienteres. Mens hvis øyerefleksen er fraværende, vil fiskeøyet stirre rett opp og ikke reagere hvis fisken vendes eller flyttes (Bilde 1). Tap av oppdriftskontroll, det vil si at fisken flyter opp, er en sterk indikasjon på at fisken ikke bør gå til levendelagring. Dersom det ikke foretas sortering i vann før lagring, bør flytere fortsatt sortere ut fra lagringstankene og slaktes fortløpende. Dette kan gi betydelig forbedring av den gjennomsnittlige vitaliteten og overlevelsesrate for fisk som senere skal leveres levende til mottak på land.

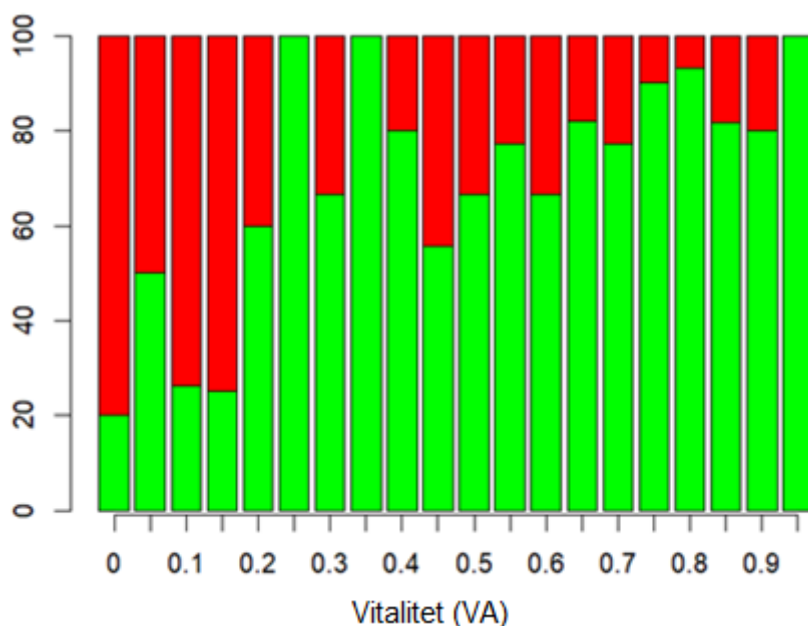
Analysene viser at avhengig av fiskens totale vitalitetspoeng (VA), er noen av vitalitetsparametere enten normal til stede (score 1), svak respons (score 0,5) eller fraværende (score 0). Noen parametere er gode indikatorer på fiskens vitalitet. For eksempel ble normale *Flukt2*-respons bare sett hos fisk med høy vitalitet ($> 0,8$), mens normale *Kroppsrefleks2*-respons bare ble sett hos fisk med VA over 0,5. På den andre siden ble fravær av øyerefleks (VOR) og oppdriftskontroll bare observert hos fisk med lav vitalitet ($VA < 0,5$). Siden det meste av data for vurdering av vitalitet kom fra fisk med VA på $\geq 0,5$, så vil estimatene for høy vitalitet ($VA \geq 0,5$) være relativt sikker i disse forsøkene. Det er større usikkerhet for estimat på fisk med lav vitalitet ($VA < 0,05$). For å øke sikkerheten rundt framtidig vitalitetsvurdering og overlevelse på hyse som skal føres levende til land, er det viktig å få samle inn og kartlegge mer vitalitetsdata på fisk.



Bilde 1 Torsk er benyttet som eksempel for å illustrere øyerefleks hos fisk. Bildet til venstre viser torsk med normal øyerefleks, hvor den justerer øyet i forhold til fiskens orientering. Når den ligger på siden vil øyet være vist som på bildet til venstre. Mens bildet til høyre viser fisk med redusert/fravær av øyerefleks (-bevegelse).

5.1.2 Skader

Seks ulike skader ble registrert under vitalitetsmålingene: parasitt (*Lernaecera*), øyeskader (f.eks. skadet eller manglende øye), katarakt (uklarhet i linsen eller hornhinnen), hudskade (infisert sår på skinnet), skinnskade/skjelltap og finneskade. Tilstedeværelsen (1) eller fraværet (0) av en skade var negativt korrelert med vitalitet. Som regel medførte en skade at vitalitetsscore (VA) ble redusert, men det er allikevel noen fisk med skader som har god vitalitet og noen fisker uten skader som har dårlig vitalitet (Figur 2). Dermed er skader en usikker metode å bruke som vitalitetsindikator ved sortering og overlevelse.



Figur 2 Sannsynlighet for tilstedeværelse av skade (rød, 1) og fravær av skade (grønn, 0) ved ulike vitalitetspoeng

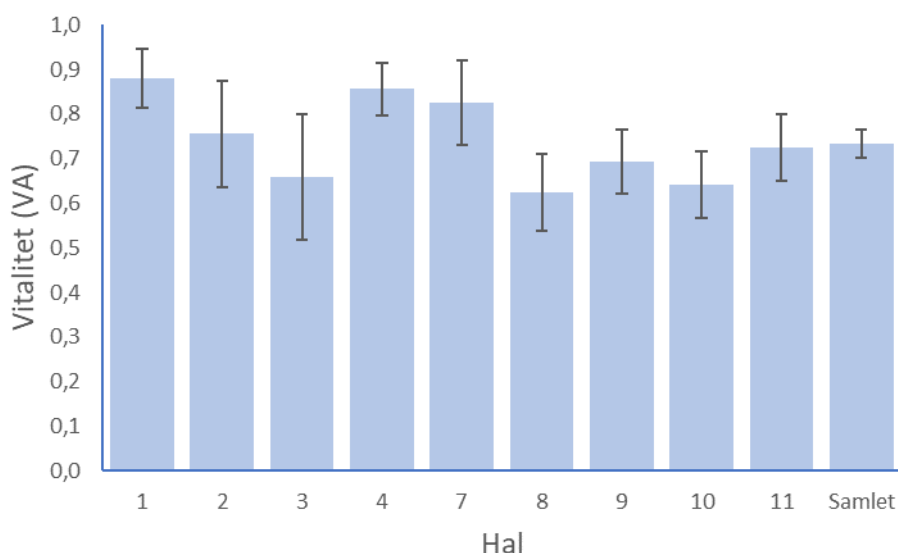
For å vurdere hvilke skader som kan være mest relevante for sortering av hyse til korttidslagring, ble forekomsten av spesifikke skader undersøkt. Tilstedeværelsen av parasitter, øyeskader og hudskader reduserte gjennomsnittlig vitalitet, men det var for lite forekomst av parasitter ($n = 4$), øyeskader ($n = 11$) og hudskader ($n = 2$) til å trekke en statistisk gyldig konklusjon. Skinnskader/skjelltap og finneskader ser ikke ut til å redusere gjennomsnittlig vitalitetsscore.

Katarakt på et eller begge øyne har signifikant sammenheng med lavere gjennomsnittlig vitalitetsscore. Katarakt ble imidlertid nesten utelukkende observert på fisk som hadde vært lagret i tankene, og det er derfor sannsynlig at de ble forårsaket av lagringsforholdene. Øynene er svært utsatt, og skadene kan ha oppstått ved at fisk med lav vitalitet la seg på bunnen av tanken slik at øynene kom i kontakt med metalloverflaten, noe som kan skade linsen og hornhinnen. Katarakt kan også komme fra direkte kontakt med notlinet eller med andre fisk når de presses sammen i nota. Tilsvarende ble også observert på rødspette tatt på snurrevad (flyndretrål). Skadene forverret seg fra fangst og fram til levering i merd, cirka 2–3 dager etter fangst (Ingólfsson m.fl. 2022).

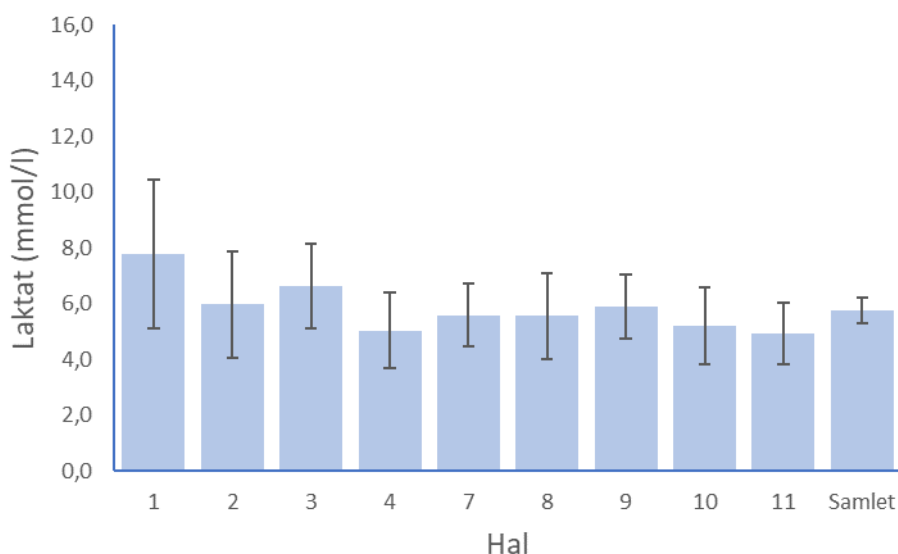
Skader har innvirkning på vitalitetsstatus. Mer data er imidlertid nødvendig for å forstå sammenhengen bedre mellom ulike skader og vitalitet. Uansett, er en fisk skadet i vesentlig grad skal den sorteres ut og slaktes i henhold til regelverket (Lovdata.no)

5.1.3 Vitalitet og laktat etter fangst

Gjennomsnittlig vitalitetspoeng for fisk under pumping varierte mellom halene, fra $0,62 \pm 0,09$ (hal 8) til $0,88 \pm 0,07$ (hal 1) (Figur 3). Gjennomsnittlig konsentrasjon av laktat i blodet varierte også mellom halene, fra $4,9 \pm 1,1$ (hal 11) til $7,8 \pm 2,7$ mmol/l (hal 1) (Figur 4).



Figur 3 Gjennomsnittlig vitalitetspoeng for fisk fra hal 1–11 mens den pumpes ombord. Høyre søyle viser gjennomsnittet for hal 1–11 samlet.



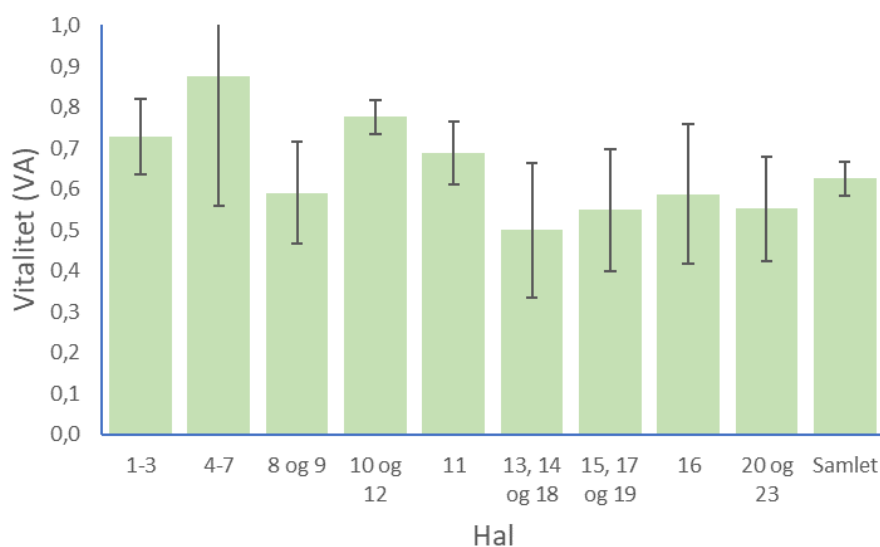
Figur 4 Gjennomsnittlig laktatkonsentrasjon i blodet (mmol/l) for fisk fra hal 1–11 mens den pumpes ombord. Høyre søyle viser gjennomsnittet for hal 1–11 samlet.

Laktat (melkesyre), mengde bifangst, dybdeendringer og vind hadde alle signifikant sammenheng med fiskens vitalitet. Den variabelen som har størst sammenheng med de individuelle vitalitetscorene etter pumping ombord er laktatkonsentrasjon i blodet, høy laktat har sammenheng med lav vitalitet. Laktat øker etter aktivitet som følge av oksygenmangel. Begge deler vil oppstå under fangst og svekke vitaliteten til fisken. Den faktoren med nest mest innflytelse var andelen bifangst (dvs. torsk eller sei) i halet. Interessant nok tyder analysene på at økende mengde bifangst gir gjennomsnittlig høyere vitalitetspoeng, årsaken til dette er uklar. Videre, jo større endring i dybde under fiske og haling, jo lavere

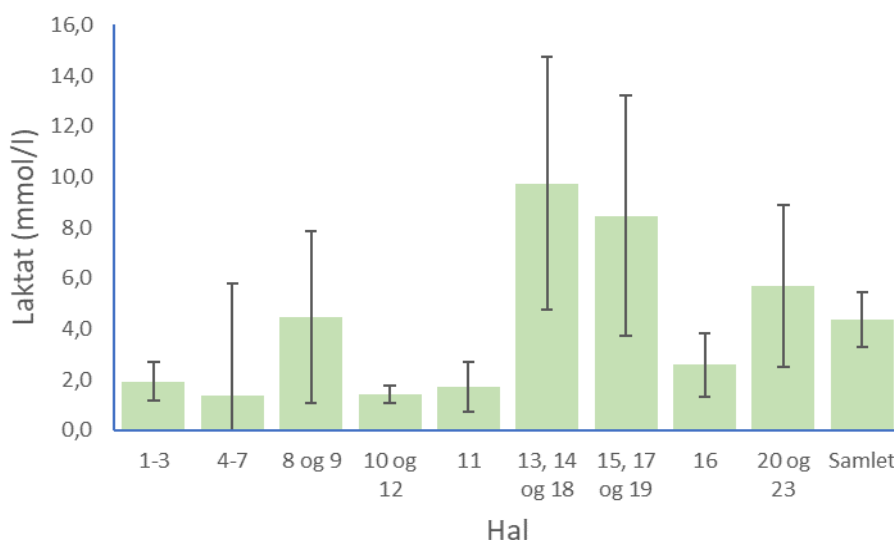
vitalitet, noe som antakelig skyldes trykkrelaterte skader. Den siste av de signifikante variablene, maksimal vindhastighet under fiske og haling, påvirket også vitaliteten negativt. Det er sannsynlig at dette skyldes økt bølgehøyde og mer stressende håndteringsforhold for fisken ved overflaten og under pumping ved høyere vindhastigheter.

5.1.4 Vitalitet og laktat ved levering fra fartøyets levendefisktanker

Fiskens gjennomsnittlige vitalitet varierte mellom tankene og mellom de ulike turene. Den laveste vitaliteten var for fisk fra hal 13, 14 og 18 som var lagret i sentertank fremme på tredje tur ($0,50 \pm 0,16$), mens den høyeste ($0,88 \pm 0,32$) var for fisk fra hal 4–7 som var lagret i sentertank bak på første tur (Figur 5). Fisken med lavest vitalitet hadde også høyest laktatkonsentrasjon i blodet ($9,7 \pm 5,0$ mmol/l), og den med høyest vitalitet hadde lavest laktatkonsentrasjon ($1,4 \pm 4,4$ mmol/l) (Figur 6).



Figur 5 Gjennomsnittlige vitalitetspoeng for hyse under levering. Høyre søyle viser vitalitetspoeng for alle halene samlet.



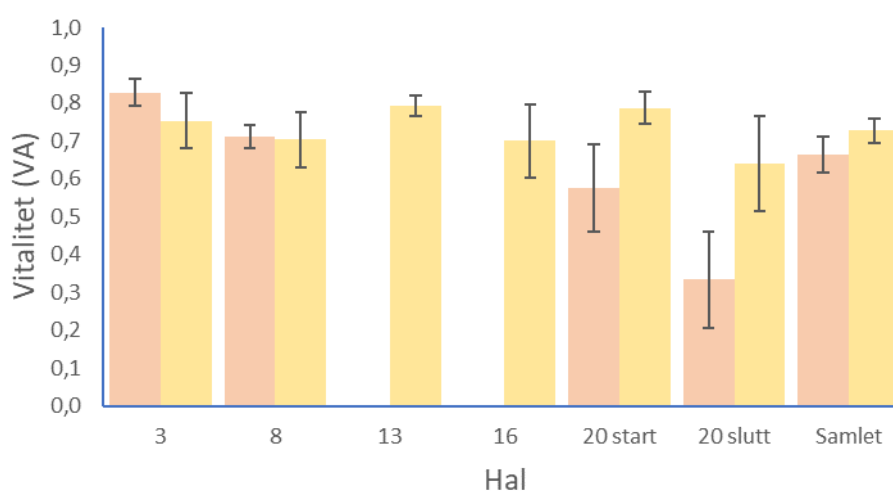
Figur 6 Gjennomsnittlig konsentrasjon av blodlaktat (mmol/l) for hyse under levering. Høyre søyle viser laktatkonsentrasjonen i blodet ved alle halene samlet.

I likhet med at laktatkonsentrasjonen i blodet hadde størst innflytelse på vitalitet etter fangst, hadde den også størst påvirkning på vitaliteten under levering; høyt laktat var korrelert med lav vitalitet. Det var

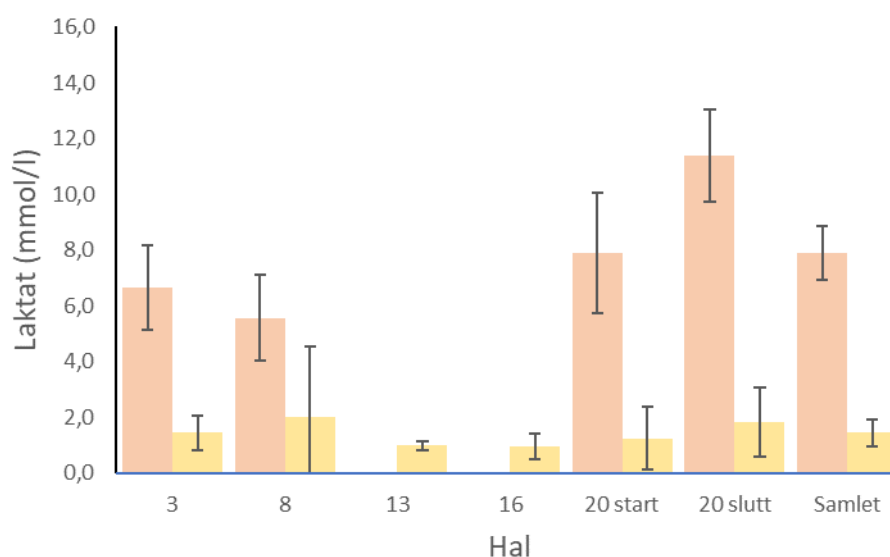
imidlertid svært få fisk med høye laktatkonsentrasjoner (> 8 mmol/l) ved levering, og det er derfor store usikkerheter om sammenhengen mellom høye laktatverdier og vitaliteten. Laktatkonsentrasjonen var signifikant påvirket av tettheten (kg/m³) og oksygenkonsentrasjonen (mg/l) i tankene, hvor lavere tetthet og økt oksygen medførte senket laktatkonsentrasjon. Resultatene tyder på at fisken gjenvinner oksygen- og senker laktatkonsentrasjonen i blodet under oppholdet i tankene.

5.1.5 Vitalitet og laktat ved levering fra forsøktankene

Vitaliteten til fisken som går inn i forsøktankene varierer betydelig (Figur 7). Fisk fra hal 20 hadde klart lavest vitalitet, særlig ved slutten av pumpingen. Disse fiskene gjenvant imidlertid vitaliteten i stor grad, og vitaliteten var sammenlignbar med fisk fra hal 3 og 8 ved levering. Det ble observert en lignende variasjon i konsentrasjonen av blodlaktat hvor fisk fra hal 20 hadde høyeste laktatkonsentrasjoner ved fangst (Figur 8). Ved alle halene var laktatkonsentrasjoner betydelig lavere ved levering, noe som bekrefter at fisken restituerte under lagringen.



Figur 7 Gjennomsnittlig vitalitetspoeng for levende fisk etter fangst (rosa) og ved levering (gul) ved de enkelte hal. Søylene til høyre viser gjennomsnittet for halene.

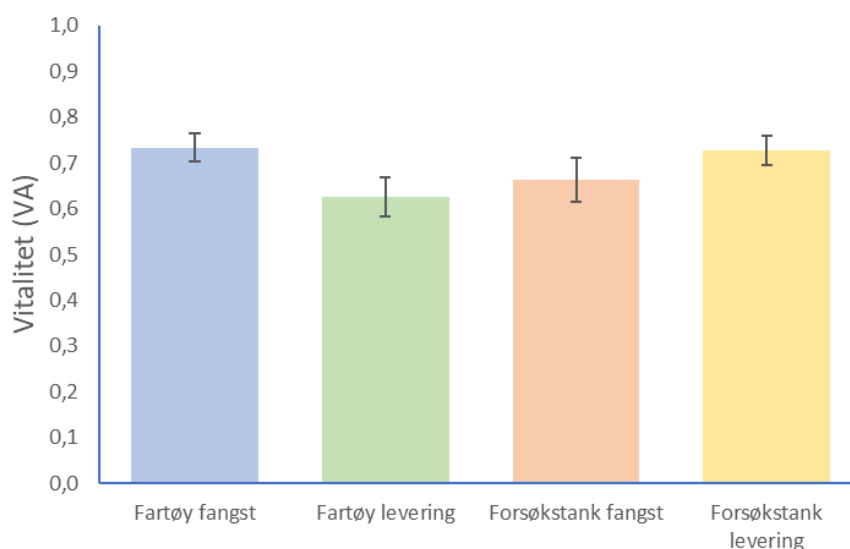


Figur 8 Gjennomsnittlig konsentrasjon av laktat i blodet (mmol/l) for levende fisk etter fangst (rosa) og ved levering (gul) ved de enkelte hal. Søylene til høyre viser gjennomsnittet for halene.

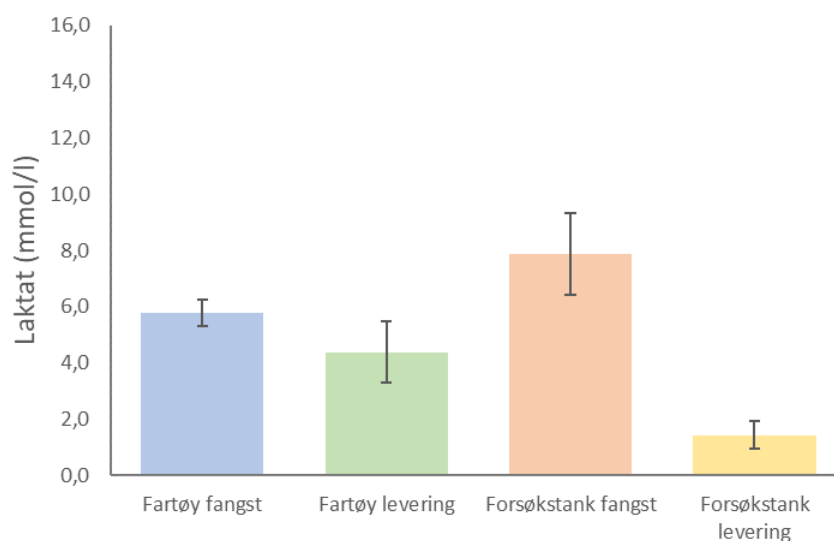
5.1.6 Sammenligning av fartøyets tanker og forsøkstankene

Båtens tanker og forsøkstankene hadde sammenlignbar tetthet (båt: 24,7–74,6 kg/m³; forsøkstank: 37,7–92,6 kg/m³). Det lå imidlertid et tykt (~1m) lag av fisk på bunnen av båtens tanker, tettheten her var langt høyere enn tettheten per arealenheter av bunnen enn i forsøkstankene (117,1–322,5 kg/m² vs 27,9–68,5 kg/m²). Det var dermed forventet at vitaliteten ville være høyere i forsøkstankene, siden fiskene ofte hviler på bunnen (se avsnitt 5.1.2).

Hvis man bare ser på rådata, som illustrert i Figur 9, er vitaliteten til fisken i forsøkstankene litt høyere enn vitaliteten til fisken i fartøyets tanker. Ved å gjøre modellering er det imidlertid vist at det ikke er tankutformingen som er det vesentlige, men oksygeneringen. Så lenge oksygeneringen er god slik at laktatmengden i blodet (oksyngjelden) reduseres, spiller forskjellen i tanktype og tetthet per arealenheter mindre rolle. Uten tilførsel av rent, oksygenrikt vann gjennom bunnplaten på tanken ville laget av fisk som hviler på bunnen av tanken, som ved ombordføring allerede har et betydelig oksygenunderskudd, raskt tømte det omkringliggende vannet for oksygen og sannsynligvis bli kvalt. Dette understreker hvor viktig det er med god tilførsel av rent og oksygenrikt vann for å sikre hysens velferd under lagring.



Figur 9 Gjennomsnittlig vitalitetspoeng under pumping ved fangst og levering av hyse fra alle leveransene, både fra fartøyets tanker og fra forsøkstankene.



Figur 10 Gjennomsnittlig laktatkonsentrasjon i blodet (mmol/l) under pumping ved fangst og levering av hyse fra alle leveransene, både fra fartøyets tanker og fra forsøkstankene.

5.1.7 Atferd under føring av levende fisk

På samme måte som i båtens tanker hvilte de fleste fiskene på bunnen av forsøkskankene (figur 11, 12 & 13). Noen av de hvilende fiskene opprettholdt en normal orientering med ryggsiden opp, men mange lå på siden. Det ble observert at disse fiskene pustet inn og spyttet ut rusk og avføring som hadde samlet seg på bunnen av tanken. Ved obduksjon av noen fisk ble det funnet slimdekkede ruskansamlinger på gjellefilamentene. Fisk som er stresset og da spesielt hyse har dårligere evne til å ta opp oksygen. Dersom fisken i tillegg har mye rusk på gjellene kan det gjøre opptak av oksygen enda vanskeligere, noe som kan resultere i død. Det ble etter hvert færre fisk på bunnen. Dette skyldes at noen fisk ble restituert og løftet seg fra bunnen, samt at noen døde og ble fjernet. Dødeligheten skjedde gradvis over tid, med de første dødsfallene etter ~2 timer.



Figur 11 Forsøkskank (hal 20, start av pumping) cirka 40 minutter etter tilførsel av fisk. Nesten all fisk ligger på bunnen og vannet er fylt med smuss og avføring.



Figur 12 Forsøkskank (hal 20, slutten av pumpeperiode) ca. 19 timer etter tilførsel av fisk. De fleste fiskene hviler på bunnen, mens til venstre kan en fisk med svekket oppdrift sees svømmende vertikalt nedover.

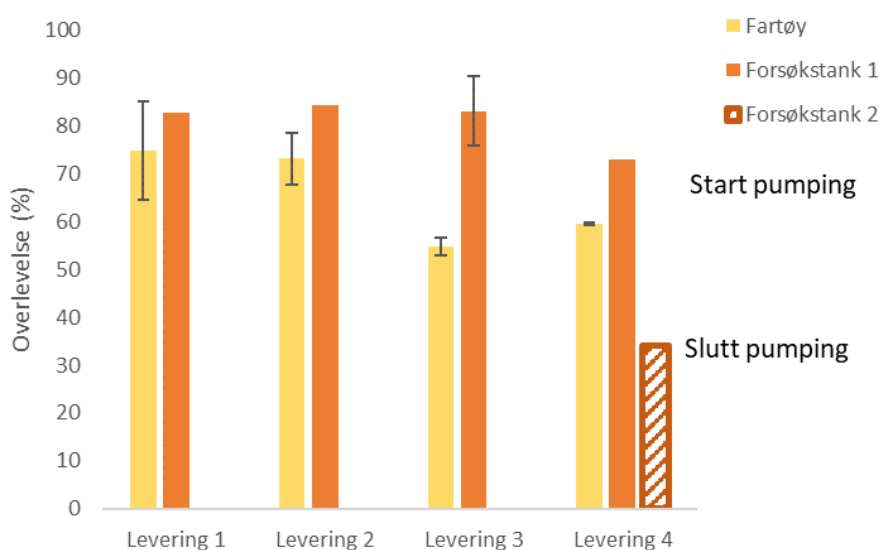


Figur 13 Fartøyets tank (hal 15, ca. 22 timer etter fylling). Viser et lag (~1,2m tykt) med fisk som hviler på bunnen. Noen fisk ble også observert svømmende over bunnen.

Fra hal 20 var det mange flytere, spesielt fra slutten av pumpeperioden. Dette skyldes sannsynligvis at halet var spesielt stort, og det hadde vært uvanlig stor variasjon i dybden under halingen. I begynnelsen av overvåkingsperioden var det 21 fisk som fløt på overflaten, mens 6 fisk hadde svekket oppdrift eller svømte vertikalt. Dette antallet ble redusert over tid, hovedsakelig fordi den flytende fisken døde og ble fjernet fra tanken. Dette forklarer sannsynligvis forbedringen i gjennomsnittlig vitalitet for fisken som overlevde og ble fjernet fra tanken først på slutten.

5.2 Overlevelse ved levering

Overlevelsen for hysen var høyest i forsøktankene ved alle leveringene, 73–90 %, mot 55–75 % i fartøyets tanker (Figur 14). Dette er i samme størrelsesorden som i 2017 og 2018 (Tobiassen m.fl., 2018; 2019). Hysen ble ikke sortert før de ble satt i tankene, så noen døde eller svake individer kan ha blitt med og påvirket dødeligheten.



Figur 14 Gjennomsnittsverdier for overlevelse for 4 fangster med levendelevvert hysen i 2023 oppbevart i fartøyets tanker og i forsøktankene. Ved levering 4 vises overlevelsesprosent for hysen tatt ut i starten og slutten av pumpingen og lagret om bord i forsøktankene. Standardavvik vises i figuren.

I tillegg til de faktorene som har signifikant innvirkning på vitaliteten til hysen, er det flere faktorer som kan ha betydning, og også forklare noen av forskjellene i overlevelse mellom hyse lagret i fartøyets tanker og i forsøktankene. Selv om det ikke er tilstrekkelig dokumentert at disse faktorene har systematisk påvirkning, er de viktige å ta hensyn til i videre arbeid med fangst og levendelevering av hyse.

Det er vist at vind og dybdeendringer påvirker vitalitet til hysen negativt. Store hal er også negativt, da dette medfører høy oppstigningshastigheten, og at det tar lang tid å pumpe inn fisken. Tiden det tar å pumpe inn fisken fra snurrevadsekken påvirker også fiskens vitalitet og evne til å overleve, se (Figur 14). Hysen som ble pumpet inn først og lagret i forsøktankene hadde overlevelse på 73 % (hal 20) mens hysen som ble pumpet inn sist (lengst oppholdstid i sekken ved skutensiden) hadde lav overlevelse (34 %) se Figur 14.

Prosjektet har en vist en lovende bruk av gitte atferds- og refleksmålinger i forhold til å vurdere om hysen bør lagres levende eller om den bør slaktes på fartøyet. Dette er et verktøy som kan benyttes både av fiskerne og forskere til sorte ut den hysen som mest sannsynligvis vil dø.

I etterkant av forsøkene ble vi gjort oppmerksom på at under lastning før inntak av hyse stoppet fartøyet vannsirkulasjon og senket vannivået i levendefisktankene. Dette ble gjort for å kunne beregne mengden av fisk som ble lastet i tankene. Stopp av vannsirkulasjon medfører dropp i O₂-nivået og i enkelte tilfeller falt nivået med 40 %. Siden fartøyet også blandet fangster fra ulike hal, kunne fisken i tankene oppleve fall i O₂-nivået flere ganger. Torsk har et betydelig oksygenbehov rett etter fangst, og lavere evne til å ta opp oksygen fra vannet (Midling et al., 2005). Midling et al., (2008) antyder at hyse har et 15 % høyere oksygenbehov sammenlignet med torsk. Et fall i oksygenmetningen under lastning og transport kan derfor resultere i økt dødelighet under transport (Humborstad et al., 2009; Humborstad et al., 2013).

Ved enkelte lastinger ble det tilsatt oksygen for å bøte på stopp i vannsirkulasjon, noe som kunne medføre overmetning av vannet og et oksygennivå på opptil 150 %. I samtale med mannskapet kom det frem at det var vanskelig å styre oksygeneringsanlegget. Ved å overvåke oksygenmetningen ved utløpet til levendefisktankene og styre tilsetningen av O₂ slik at ikke O₂-metningen i avløpet kommer under 80 %, kan forholdene for hysen optimaliseres. Stresset fisk har problemer ved å ta opp O₂ fra vannet dersom nivået blir for lavt. Automatisk justering av O₂ inn på levendefisktankene kan være et godt verktøy for å forbedre velferd og overlevelsen.

Ved lossing av hyse til Båtsfjordbruket var det flere kritiske faktorer i forhold til overlevelse for hysen. Ved lossing og pumping må fartøyet senke vannstanden i tankene for å øke tettheten av fisk, noe som medfører lave O₂-nivå i vannet, i enkelte tilfeller helt ned til 37 %. Når dette oppstår i kombinasjon med stopp i innpumpingen av fisk kan verdien av O₂ bli så lave at hysen dør både i fartøyets tanker og i buffertanken på land. Disse pumpestoppene oppstår gjerne når arbeiderne tar pauser. Det er derfor viktig med god kommunikasjon mellom fartøy og landindustri for å unngå stopp i pumpingen. En mulig løsning kan være slik det gjøres på lakseslakteriene, hvor produksjon ikke stopper og personell tar pauser til ulike tider.

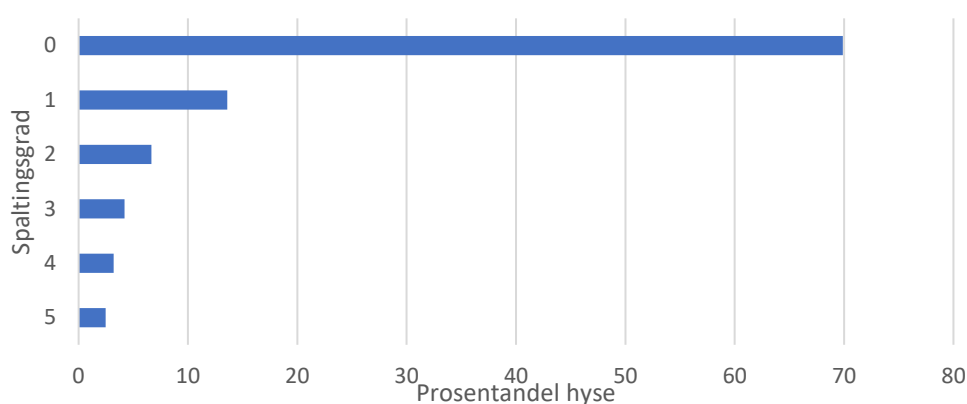
Punktene som omtales ovenfor kan i stor grad påvirke overlevelsescruden for hysen, og er viktige parametere å ta hensyn til ved levendefangst og -levering av hyse til landindustrien. Derfor bør det tas hensyn til disse i fremtidig forsøk og i kommersielt fiske etter levende hyse.

5.3 Kvalitet og utbytte

5.3.1 Test 1 – Samfengt

Tobiassen m.fl. (2019) viste at mange av kvalitetsutfordringene til hyse kunne løses ved levendeleveranser, kontrollert slakting og påfølgende *pre rigor* prosessering.

I inneværende prosjekt ble to grupper hyse, levende og død, plukket ut etter innpumping av den andre leveransen (hal 8–12) til Båtsfjordbruket for videre lagring og registrering av kvalitet. I tillegg ble 2 500 kg av hysen ført direkte inn i filetproduksjonen til Båtsfjordbruket, hvor kvalitet, produksjons- og loinsutbytte ble registrert. Loinsutbyttet var 42 %. Dette er høyt, men tester i 2018 og 2019 (Tobiassen m.fl., 2019; 2020) viste at det er mulig å oppnå enda høyere loinsutbytte (Tobiassen m.fl. 2019; 2020). Spalting er en av de største utfordringene med hyse. Filetspalting ble vurdert på 404 fileter rett etter skinnemaskinen. Av disse var hele 70 % feilfrie fileter (score 0), mens 14 % av filetene ble vurdert til score 1, noe som også er god kvalitet. Resultatene samstemmer godt med at 70 % av hysen var levende ved levering.



Figur 15 Filetspalting på hyse som ble produsert direkte etter levendelevering hos Båtsfjordbruket. Filetspalting ble gjort fortløpende etter skinnemaskin. 0: Ingen spalting; 5: betydelig spalting (N = 404)

5.3.2 Test 2 – Levende og død hyse

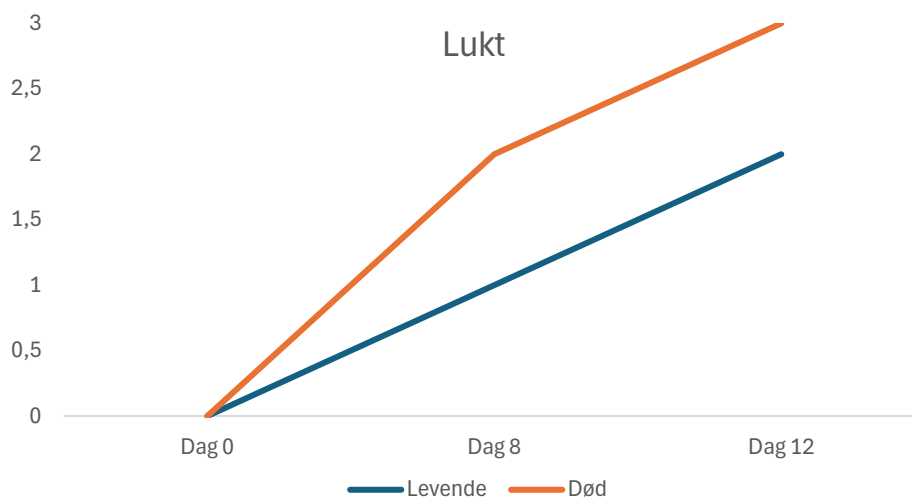
Det ble gjennomført kvalitetsvurderinger på fileter fra levendelevert og død hyse 0, 8 og 12 dager etter fangst. Totalt ble 120 fileter fra levende fisk og 120 fileter fra død fisk vurdert (0 dager n = 60, 8 dager n = 60, 12 dager n = 60). Resultatene presenteres som median av de fem ulike halene (hal 8–12) i figur 16, 17 og 18.

Når det gjelder utvikling av lukt under lagring, var det ikke forskjeller mellom fileter fra levende og død hyse like etter levering og produksjon, men lukten utviklet seg raskere og ble verre for fileter fra død hyse etter 8 og 12 dagers lagring (figur 16).

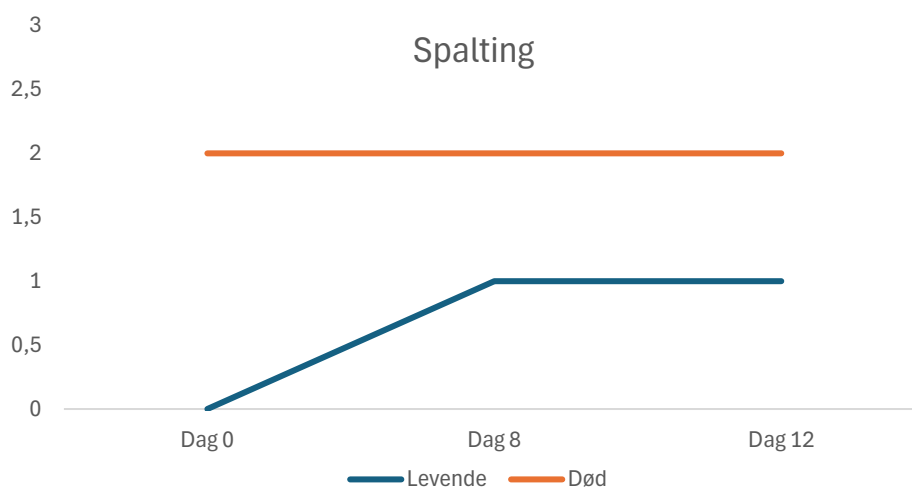
Hysen som var død ved levering hadde signifikant mer spalting (Figur 17) og dårligere konsistens (Figur 18) enn levendelevert hyse. Det var også større variasjoner mellom filetene fra død hyse under lagringen.

Selv om medianverdien på spalting fra død hyse var 2 på alle lagringstidspunkt, varierte karakteren mellom 0–4, 0–4 og 1–5 etter henholdsvis 0, 8 og 12 dager. Til sammenligning varierte karakterene fra levendelevert hyse mellom 0–1, 0–2 og 0–2 på de samme tidspunkt.

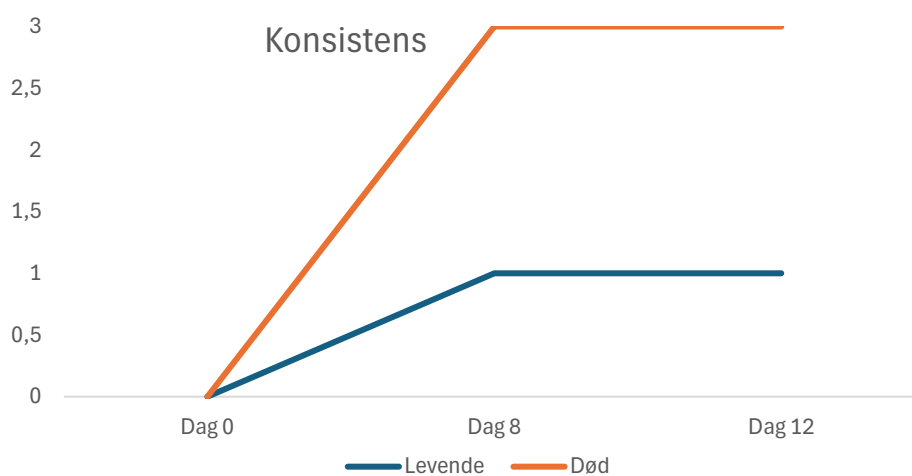
For konsistens var medianverdien 0 både for levende og død hyse like etter produksjon, men variasjonen var større for død hyse; variasjon mellom 0–2 for død hyse, mens alle filetene fra levendelevert hyse fikk beste karakter, 0. Oppsummert viser dette at levendelevert hyse har både bedre og jevnere kvalitet enn hyse som er død ved levering.



Figur 16 Utvikling av lukt i filetene 0, 8 og dager 12 etter fangst/produksjon for levendelevert og død hyse. Verdiene er gitt som median av enkeltkarakterene. 0: Frisk lukt av sjø; 3: ammoniakk, sur.



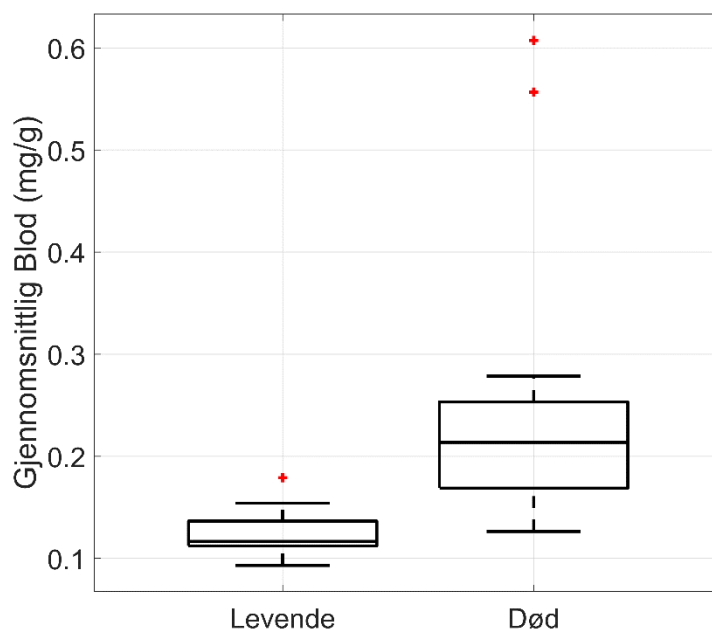
Figur 17 Utvikling av spalting i filetene 0, 8 og dager 12 etter fangst/produksjon for levendelevert og død hyse. Verdiene er gitt som median av enkeltkarakterene. 0: ingen spalting; 3: mye spalting, usammenhengende filet.



Figur 18 Utvikling av konsistens i filetene 0, 8 og dager 12 etter fangst/produksjon for levendelevert og død hyse. Verdiene er gitt som median av enkeltkarakteren. 0: naturlig konsistens; 3: fileten er meget bløt.

5.3.3 Blodmengde filet fra hyperspektral avbildning

Figur 19 viser gjennomsnittlig mengde blod i fileter fra levendelevvert og død hyse 8 dager etter levering/produksjon. Blodverdiene er vist som boksplott med bokser fra 25 til 75 prosentil (nedre og øvre kvartil). Medianverdien er markert som den svarte streken i figuren. Linjene opp og ned viser minimums- og maksimumsverdien av blodmålingene. Uteliggere er markert som røde kryss i figuren. Resultatene fra t-test viser at levendelevvert hyse har signifikant mindre blod i filet sammenlignet med hyse som er levert død ($p = 1.3e-06$).



Figur 19 Boksplott av blodmengden i filetene fra levendelevvert og død hyse målt med hyperspektral avbildning 8 dager etter levering/produksjon. Svart strek viser median, boksene viser 25–75 prosentil, loddrette linjer viser minimums- og maksimumsverdiene og røde kryss markerer uteliggere.

5.4 Sammenheng mellom vitalitet, fysiologi, overlevelse og kvalitet

Spalting, farge, og konsistens ble vurdert på filetene fra 46 fisker som også ble undersøkt for vitalitet og blodfysiologi. I tillegg ble parametere som lengde, kondisjon og leverindeks registrert. Spalting, farge og konsistens var positivt og signifikant korrelert med hverandre ($p < 0,05$). Det vil si at når den ene parameteren var god, var de andre også gode. Analysen viser også at dersom fisken hadde vært utsatt for slag påvirket det også farge og konsistens signifikant.

Videre ble sammenhengen mellom spalting, farge, konsistens og slag (bloduttredelse) med biologiske data, vitalitet, blodlaktat og type lagringstank undersøkt. Resultatene viste at vitaliteten har størst innvirkning på spalting og konsistens, jo høyere vitalitet jo mindre spalting og jo mer naturlig konsistens. Høyere laktat gir mer spalting, mer misfarging og bløtere konsistens. Og jo større fisk, jo mindre spalting og jo bedre konsistens. Det ser videre ut til at forsøktankene ga mer slagskader på fisken. Dette skyldes sannsynlig at fisken fra forsøktankene ble lagret i en kurv i flere timer før de ble overført til land og prosessert, mer enn at den hadde vært i forsøktankene.

I dette datasettet er det ikke påvist signifikante sammenhenger mellom kondisjonsfaktor, leverindeks (HSI), kjønn og tanktype. Man må imidlertid være varsomme med å konkludere siden dette er et relativt lite datasett ($n = 46$) med kun få eksempler på dårlig kvalitet og lav vitalitet. Med så små datasett kan også høye/lave enkeltverdier forstyrre analysene og konklusjonene.

6 Oppsummering og konklusjon

Overlevelsen for hysa varierte mellom 55–75 % for den som ble levendelagret i fartøyets tanker, mens overlevelsen i forsøksstankene varierte mellom 73–90 %. Resultatet samsvarer med som ble oppnådd i 2017 (Tobiassen m.fl.) og 2018 (Tobiassen m.fl.).

Under forsøkene ble det observert flere momenter som kan innvirke på overlevelsen til hysen og som i tillegg kan forklare noe av forskjellene i overlevelsen mellom hyse lagret i fartøyets tanker og i forsøksstankene. Noen av det viktigste omhandler O₂-nivå i levendefisktankene og buffertanken på land. Selv om alle hendelsene/momentene ikke er dokumentert i tilstrekkelig grad, så er det viktige parametere å ta hensyn til i videre arbeid med fangst og levendelevering av hyse.

Resultatene fra kvalitetsmålingene viser at det er klare forskjeller mellom fileter produsert fra død og levendelevert hyse. Levendelevert hyse gir fileter som er mindre spaltet, har bedre konsistens, mindre blod og lengre holdbarhet (mindre lukt). Andelen hyse som er levende ved leveranse til anlegget er også avgjørende for utbyttet bedriften oppnår av høykvalitetsprodukter (loin). Prosjektet har dokumentert en kobling mellom stress, vitalitet, overlevelse, velferd og kvalitet på hysen, noe som igjen har vist seg å påvirke utbytte i filetproduksjon av levendelevert hyse. God velferd gir høy overlevelse, som igjen medfører høy kvalitet og godt utbytte.

Vitalitetsmålinger har vist seg å være nyttig for å vurdere velferden til hysa. Noen vitalitetsmålinger har vist seg å være informative og praktiske for hyse som skal sorteres ut for korttidslagring, dette inkluderer: tap av oppdrift, øyerefleks (VOR) og kroppsrefleks 2 (flatt underlag). Øyerefleks er nok den enkleste å benytte og som ved fraværet av, alltid er assosiert med lav total vitalitet. Under fiske ble det erfart at den kan brukes som en rask vurdering av fisk som ligger på siden på sorteringsrampen. Ved en slik vurdering vil tilstedeværelse av øyerefleks medføre at fiskens øye ser ut til å bevege seg om fisken reorienteres. Mens hvis øyerefleks er fraværende, vil fiskeøyet stirre rett opp og ikke reagere hvis fisken vendes eller flyttes (Bilde 1, side 11).

Skader kan også brukes som indikatorer, men de innledende analysene konkluderte med at en samlet skadescore (dvs. tilstedeværelse/fravær av skader) ikke var en holdbar indikator for vitaliteten. Det er nødvendig med mer data og analyse for å forstå forholdet mellom spesifikke skader og vitalitet bedre, før man kan bruke skade-spesifikke parametere som velferdsindikator.

Vitaliteten på fisken varierte betydelig mellom fangstene. Analysene viste at de variablene som påvirket vitalitet etter fangst mest var blodlaktatkonsentrasjon, andelen bifangst, samlet dybdeendring og maksimal vindhastighet (som en indikator på værforhold). Videre arbeid er nødvendig for å forstå disse forholdene bedre, samt identifisere andre variabler som påvirker vitaliteten til hyse under fangst.

Vitaliteten varierte også mellom lagringstankene under levering. Analysene viste at de variablene som påvirket vitalitet etter fangst mest var blodlaktatkonsentrasjon, tankens lagringstetthet (kg/3) og oksygenkonsentrasjon (mg/l). Videre arbeid er nødvendig for å forstå også disse forholdene bedre, samt identifisere andre variabler som påvirker vitaliteten til hyse under lagring.

Mesteparten av fangsten lå på bunnen av tankene gjennom hele lagringstiden. Det er derfor essensielt at disse fiskene får tilført rent, oksygenrikt vann gjennom bunnen i tanken.

Suboptimale forhold og gjeldene praksis under fangst, lasting, levendelagring og lossing har vist seg å påvirke overlevelsen til hysen. Ikke alle er tilstrekkelig dokumentert, men utfra tidligere kunnskap vet en at gitte forhold som nevnes i kapittel 5.2 vil påvirke velferd/vitalitet og overlevelse negativt. Det er viktig at disse punktene tas hensyn til og endres i kommersielt fiske for å unngå utilsiktet dødelighet. Dette i

kombinasjon med bruk av vitalitetsscore til sortering av hyse kan føre til økt overlevelse og velferd for hysen i kommersielt fiske og fremtidige forsøk.

Nytteverdi og implementering i næringen

Prosjektet har vist at vitalitetsmålinger er en svært nyttig metode for å vurdere velferden til hyse, hvorav tre av dem (oppdriftsstatus, øyerefleks og kroppsrefleks på flatt underlag) har vist seg å være særlig anvendelige for både fiskere og forsker når hyse skal sorteres ut for korttidslagring. Dette legger til rette for at en høyere andel av hysen som levendelagres om bord overlever frem til kontrollert slakting om bord eller på land. I tillegg kan vitalitetsmålinger benyttes som et vitenskapelig verktøy for å bestemme vitaliteten til hyse fanget levende og dermed vurdere velferdsstatusen til fisken under fangst og lagring, noe som igjen kan føre til at en større andel av hysen overlever.

Understøttet av resultater som er kommet frem i dette prosjektet vil næringen og forskningen ha mere kunnskap om hvordan fangst, lasting, lagring og lossing av levende hyse bør gjennomføres. Det er også etablert kunnskap som viser sammenhenger mellom viktige vitalitetsindikatorer, overlevelse og kvalitet.

Det å kunne bruke kunnskapen rundt fremkommende velferdsindikatorer for å bedre forstå sammenhengen mellom hysens vitalitet, velferd og egnethet for levendelevering er viktig kunnskap for både fartøy, landindustri og forskning. Gjennom bruk av disse verktøyene kan fiskere og forskere løfte velferden, overlevelsen og kvaliteten til fisken under fangst og levendelagring.

Prosjektet har også dokumentert en kobling mellom stress, vitalitet, overlevelse og kvalitet på hysen, noe som igjen har vist seg å påvirke utbytte i filetproduksjon av levendelevert hyse. Høy overlevelse medfører høy kvalitet og utbytte.

Alt råstoff bringes på land og restråstoffet kan derved utnyttes. Man unngår high-grading, reduserer matsvinn og øker holdbarheten. Slakting kan skje om bord eller på land, og fisken kan derved fileteres tidlig (pre rigor) og i så måte oppnå høykvalitets produkt (lite spalting, god konsistens og lite restblod). Dette gir store muligheter for økt fortjeneste for landindustri, arbeidere og fiskere. I stedet for å tappe bedrifter og lokalsamfunn for verdier gjennom reklamasjoner og økonomisk tap, kan verdier skapes. Samtidig kan lokal produksjon og verdiskapning sikres, også for fiskere, ved at verdien på kvoten kan gå opp. Dette produksjonskonseptet kan bli grunnlaget for hvordan fremtidens fiskefartøy utformes og hvordan fiskeriet praktisk gjennomføres.

Betraktninger rundt resultater i prosjektet og videre arbeid innenfor området

Prosjektet har gitt lovende resultater når det kommer til bruk av individbasert vitalitetsmålinger ved sortering av hyse ved korttidslagring for å øke overlevelsen. Det er svært gunstig om disse enkle verktøyene kan øke andelen overlevelse for hyse, men det bør testes videre og bygges ut.

Målet med prosjektet var å øke andelen levendelevert hyse fra snurrevadflåten, dette skulle gjøres gjennom økt kunnskap og dertil optimalisert fangst, sortering, levendelagring og velferd. I prosjektet har en kommet frem til følgende:

- Nyttien av individbasert vitalitetsmåling som operasjonelle velferdsindikatorer for bruk av fiskere under sortering av hyse som skal gå til levendelagring for å øke andelen overlevelse.
- Nyttien av vitalitetsmålinger som et vitenskapelig verktøy for å bestemme vitaliteten til hyse fanget for levendelevering og utlede velferdsstatus under fangst og lagring.
- Viktigheten av å identifisere hvordan forhold under fangst og i lagringstankene påvirker vitalitet for å foreslå tiltak for å forbedre overlevelse og kvalitet.

Prosjektet har vist viktigheten av dette, men det kreves mer forskning på dette feltet. Det er etablert verktøy som gir føringer for hvordan arbeidet bør tas videre for å løfte velferden og overlevelsen på hysen.

7 Hovedfunn

- Filetkvalitet var dårligere fra død og døende hyse (dvs. lav vitalitet) enn fra levendelevert hyse. Død hyse hadde signifikant dårligere kvalitet (spalting, konsistens) sammenlignet med levende hyse rett etter fangst og dag 8 og 12 etter fangst.
- Resultatene for kvalitet viser at det er klare forskjeller mellom fileter produsert fra død og levende hyse. Levende hyse gir fileter som er mindre spaltet, har bedre konsistens, mindre blod og har lengre holdbarhet (mindre lukt). Andelen hyse som er levende ved leveranse til anlegget er også avgjørende for hvilket utbytte av høykvalitetsprodukter (loin) en oppnår. Høyere overlevelse gir bedre kvalitet og utbytte.
- Individbasert vitalitetsmåling har vist seg å være en svært nyttig metode for å vurdere velferden til hyse. Noen individuelle vitalitetsmålinger har også vist seg å være informative og praktiske for hyse som skal sorteres ut for korttidslagring, dette inkluderer: tap av oppdrift, øyerefleks (VOR) og kroppsrefleks 2 (flatt underlag).
- Skader kan også brukes som operasjonelle indikatorer, men de innledende analysene konkluderte med at en samlet skadescore (dvs. tilstedeværelse/fravær av skader) ikke var en konsistent indikator på vitalitetsstatus. Mer data og analyse er nødvendig for å bedre forstå forholdet mellom spesifikke skader og vitalitet, før skade-spesifikke scorere kan inkluderes som en vitalitets-/velferdsindikator.
- Vitaliteten varierte betydelig mellom fangstene. Analysene viste at variablene som i størst grad påvirket vitalitet etter fangst var: blodlaktatkonsentrasjon, andel bifangst, dybdeendring og maksimal vindhastighet (som en indikator på værforhold). Videre arbeid er nødvendig for å bedre forstå disse forholdene, samt identifisere andre variabler som potensielt påvirker vitaliteten til hyse under fangst.
- Vitalitet på hyse varierte også betydelig mellom lagringstankene under levering. Analysen viste at de variablene med størst effekt for vitalitet etter fangst var blodlaktatkonsentrasjon, tankens lagringstetthet (kg/m³) og gjennomsnittlig oppløst oksygenkonsentrasjon (mg/l). Videre arbeid er nødvendig for å bedre forstå disse forholdene, samt identifisere andre variabler som potensielt påvirker vitaliteten til hyse under lagring.
- Mesteparten av fangsten lå på bunnen av tankene gjennom hele lagringstiden. Derfor er det essensielt at disse fiskene får tilført rent, oksygenrikt vann gjennom bunnen i tanken.

8 Leveranser

Leveranser i prosjektet:

- Oppstartsmøte med aktørene under FHF's hvitfisk seminar (1).
- Møteplan referansegruppemøter (inkl. møtedokumenter og referater).
- Rapportering årlig om fremdrift til FHF og referansegruppen (2).
- Webinar 11.06.2020
- Presentasjoner på FHF hvitfiskseminar. Levert innen 30. November i 2023
- Medieoppslag, sosiale media oppdateringer. 31.07.2023 og 11.01.2023
- Faktaark (1). 21.06.2023.
- Videoblogg (1). 30.09.2023.
- Faglig bidrag på Kvalitetsseminar i regi av Nofima og Cod Cluster, 18.04.2024.
- Faglig bidrag på ICES Annual Science Conference 2024, 9-12.09.2024
- Faglig sluttrapport i tråd med FHF's Retningslinjer for sluttrapportering samt separat populærvitenskapelig resultatsammendrag (1). 30.09.2024
- Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's Retningslinjer for sluttrapportering (1). 30.09.2023
- Oppsummerende åpent møte hvor resultatene presenteres for næringen (1). 30.09.2023.

9 Referanser

- Anders, N., Hannaas, S., Saltskår, J. Schuster, E., Tenningen, M., Totland, B., Vold, V., Øvredal, J.T. & Breen, M. 2022. Vitality as a measure of animal welfare during purse seine pumping related crowding of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Sci Rep* 12, 21949 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26373-x>
- Akse, L., Joensen, S. & Tobiassen, T. (2004). Fangstskader på råstoff i kystfiske. *Nofima Rapport*, 15/2004.
- Akse, L., Tobiassen, T., Joensen, S., Midling, K., Aas, K. (2005). Fangstskader på råstoffet og kvalitet på fersk filet. *Nofima rapportserie* 4/2005.
- Akse, L., T. Tobiassen, K.Ø. Midling, K. Aas, R. Dahl & G. Eilertsen (2007). Pre-rigor filetering av levendefanget torsk - I: Filetkvalitet - vill torsk restituert i merd etter fangst, uten fôring. Rapport 3/2007, Fiskeriforskning (Nofima), Tromsø
- Akse, L., Joensen, S. & Tobiassen, T. (2014). Kvalitetsstatus for råstoff av torsk og hyse. *Nofima Rapport* 34/2014.
- Barton, B. A. (2002) Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology* 42, 517–525.
- Beamish, F.W.H. (1966). Muscular fatigue and mortality in haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) caught by otter trawl. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 23(10), 1507-1521.
- Black, E.C. (1958). Hyperactivity as a lethal factor in fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 15, 573-586.
- Benoît, H. P., Hurlbut, T., Chassé, J. (2010). Assessing the factors influencing discard mortality of demersal fishes using a semi-quantitative indicator of survival potential. *Fish. Res.*, 106, 436-447.
- Borderías, A. J., Sánchez-Alonso, I. (2011). First processing steps and the quality of wild and farmed fish. *J. Food Sci.*, 76, R1-R5.
- Brant, R. (1990). Assessing proportionality in the proportional odds model for ordinal logistic regression. *Biometrics*, 1171-1178.
- Breen, M. (2004). Investigating the mortality of fish escaping from towed fishing gears - a critical analysis. PhD. Thesis, University of Aberdeen, Scotland. 313pp.
- Breen, M. and Catchpole, T. (Eds.). 2021. ICES guidelines for estimating discard survival. ICES Cooperative Research Reports No. 351. 219 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8006>
- Breen, M., Dyson, J., Finbarr, G O'Neill, Jones, E. & Haigh, M. (2004). Swimming endurance of haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) at prolonged and sustained swimming speeds, and its role in their capture by towed fishing gears. *ICES J. Mar. Sci.* Vol 61, Iss 7, P 1071-1079.
- Breen, M., Huse, I., Ingólfsson, Ó. & Madsen, N. (2007). SURVIVAL: An assessment of mortality in fish escaping from trawl codends and its use in fisheries management. Technical report. Quality of Life and Management of Living Resources: Q5RS-2002-0160. ResearchGate. ICES.
- Breen, M., Anders, N., Humborstad, O-B., Nilsson, J., Tenningen, M. & Vold, A. (2020). Catch Welfare in Commercial Fisheries. In "Fish Welfare" (Eds. Kristiansen, Fernø, Pavlidis, Van de Vis). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41675-1_17
- Davis, M. W., Benoît, H. P., Breen, M., Kopp, D. & Depestele, J. Vitality Assessments. In ICES guidelines for estimating discard survival, ICES Cooperative Research Reports No. 351. 219 (International Council for the Exploration of the Sea, 2021). <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8006>.
- Heia, K., Farstad, N.P., & Holte, P.A.N. (2022). Kvalitetsmåling på hvitfisk gjennom analyse av spektrale bilder i sanntid. Faglig sluttrapport til FHF, Maritech AS, 11. november 2022
- Humborstad, O. B., Davis, M. W., Løkkeborg, S. (2009). Reflex impairment as a measure of vitality and survival potential of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish. Bull.*, 107, 395-402.
- Humborstad, O.B. and Mangor-Jensen, A. (2013). Buoyancy adjustment after swimbladder puncture in cod (*Gadus morhua*): An experimental study on the effect of rapid decompression in capture-based aquaculture, *Marine Biology Research*, 9(4): 383-393.

- Humborstad, O. B., Isaksen, B., Nilsson, J., Rindal, L., Pedersen, R., Enerhaug, B., ... & Evensen, T. (2013). Teknologitvicklung for fangst, føring og håndtering av levende villfanget torsk. Rapport fra Havforskningen Nr. 20/2013.
- Humborstad O-B., Breen, M., Davis, M.W., Løkkeborg, S., Mangor-Jensen, A., Midling, K.Ø. & Olsen, R.E. (2016). Survival and recovery of longline- and pot -caught cod (*Gadus morhua*) for use in capture-based aquaculture (CBA). *Fisheries Research*, 174, 103-108.
- Humborstad, O.B., Noble, C., Sæther, B.B., Midling, K.Ø., Breen, M. (2020). Fish welfare in capture-based aquaculture (CBA). In: *The welfare of fish*, Chapter 19. (Kristiansen, T., Fernø, A., Van de Vis, H. & Pavlidis, M. (Eds).
- Ingólfsson, Ó. A., Soldal, A. V., Huse, I., and Breen, M. (2007). Escape mortality of cod, saithe, and haddock in a Barents Sea trawl fishery. – *ICES Journal of Marine Science*, 64: 000–000.
- Joensen, S., Nøstvold, B. H., Tobiassen, T., Bendiksen, B. I., Nilsen, H. (2017). Råstoffkvalitet på torsk fra kystfartøy. Evaluering av effekten av kvalitetstilsynet i regi av Norges Råfisklag. Nofima Rapport, 31/2017.
- Karlsson-Drangsholt, A., Svalheim, R., Aas-Hansen, Ø., Olsen, S.; Midling, K., Breen, M., Grimsbø, E., Johnsen, H. (2018). Recovery from exhaustive swimming and its effect on fillet quality in haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) *Fish.Res.*197. 96-104.
- Lovdata.no Forskrift om fangst av fisk som skal holdes levende, samt restitusjon og mellomlagring.
- Martins, C. I. M., Galhardo, L., Noble, C., Damsgård, B., Spedicato, M. T., Zupa, W., ... Kristiansen, T. (2012). Behavioural Indicators of Welfare in Farmed Fish. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 17–41.
- Midling, K.Ø., Aas, K., Tobiassen, T., & Akse, L., Isaksen, B., Løkkeborg, S., & Humborstad, O.–B. (2005). Fangstbasert havbruk - mellomlagringsløsninger for den mindre kystflåten. Rapport 22/2005.
- Midling, K. Ø., Evensen, T. H., & Kristiansen, F. (2008). Levende hyse. Overlevelse, utmattelse og restitusjon hos hyse fanget med snurrevad. Restitusjon og forløp av rigor mortis post mortem. Rapport, 31/2008.
- Midling, K.Ø., Koren, C., Humborstad, O.B. and Sæther, B.S. (2012). Swimbladder healing in Atlantic cod (*Gadus morhua*) after decompression and rupture in capture-based aquaculture. *Marine Biology Research*, 8(4): 405-411.
- 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. *Fish. Res.*, 147, 446-453.
- Pottinger, T. G. (2007). The Stress Response in Fish - Mechanisms, Effects and Measurement. In *Fish Welfare* (Branson, E. J., ed), pp. 32–48 Oxford, UK: Wiley-Blackwell.
- Roth, B., Rotabakk, B. T. (2012). Stress associated with commercial longlining and recreational fishing of saithe (*Pollachius virens*) and the subsequent effect on blood gases and chemistry. *Fish. Res.*, 115, 110-114.
- 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. *J. Food Engin.*, 212, 252-261.
- Standal, D. & Sønvisen, S.A., (2015). Gear liberalization in the Northeast Arctic cod fisheries – implications for sustainability efficiency and legitimacy. *Marine Policy* 53, 141-148.
- Svalheim, R.A., Karlsson-Drangsholt, A., Olsen, S.H., Johnsen, H.K. & Aas-Hansen, Ø. (2017). Effects of exhaustive swimming and subsequent recuperation on flesh quality in unstressed Atlantic cod (*Gadus Morhua*). *Fish. Res.* 193, 158–163.
- Svalheim, R. (2018a). Stress responses influencing fillet quality of trawled Atlantic cod and haddock. A dissertation for the degree of Philosophiae Doctor. Arctic University of Norway.
- Svalheim, R. A., Aas-Hansen, Ø., Heia, K., Drangsholt-Karlsson, A., Olsen, S.-H., & Johnsen, H. K. (2018b). Simulated trawling: Exhaustive swimming followed by extreme crowding as contributing reasons to variable fillet quality in trawl-caught Atlantic cod (*Gadus morhua*). *bioRxiv*, 372581.

- Svalheim, R.A., Burgerhout, E., Heia, K., Joensen, S., Olsen, S., Nilsen, H. & Tobiassen, T. (2019). Differential response to air exposure in crowded and uncrowded Atlantic cod (*Gadus morhua*): Consequences for fillet quality. *Food Bioscience*; Vol 28. P. 15-19.
- Tobiassen, T., Evensen, T. H., Olsen, S. H., Heia, K., Joensen, S., Ingolfsson, O., Humborstad O. B., Nordtvedt, T. S., Tveit, G. M. (2018). Ilandføring av levendelevvert hyse—Optimal behandling, slakting, kjøling og prosessering med hensyn til kvalitet. Nofima rapport, 15/2018.
- Tobiassen, T., Martinsen, G., Kristoffersen, S., Hustad, A., Olsen, S., Heia, K., Joensen, S., Ingolfsson, O. Nordtvedt, T.S. (2019). Levende levert hyse som er kontrollert slaktet gir store fortrinn under prosessering og kjølelagring. Nofima rapport 10/2019.
- Tobiassen, T. I., Joensen, S., Kristoffersen, S., Martinsen, G., Hansen, K. B., Olsen, S. H., & Esaiassen, M. (2024). Kvalitetsutfordringer på stor snurrevadorsk-årsaker og mulige tiltak. *Nofima rapportserie 4/2024*.
- Tytler, P., & Blaxter, J. H. S. (1973). Adaptation by cod and saithe to pressure changes. *Netherlands Journal of Sea Research*, 7, 31-45.
- Wendelaar Bonga, S. E. (1997). The stress response in fish. *Physiological reviews*, 77(3), 591-625.

Vedlegg 1

Da de fleste lagringstankene (fartøy- og forsøktankene) inneholdt en blanding av hyse fra forskjellige snurrevad hal (se tabell 1), ble vitalitetsscorene fra etter fangst (dvs. under pumping) og etter lagring (dvs. under levering eller tømning av forsøktankene) analysert separat. For å finne forklaring på hva som påvirket vitaliteten under fangst og levendelagring, ble det sett på sammenheng mellom VA og flere relevante potensielle forklaringsvariabler. En beta-regresjon (Smithson & Verkuilen, 2006) ble gjennomført for å avdekke i hvilken grad en variabel samsvarer med en annen variabel. For å unngå kollinearitet i VA modelleringen, var det også nødvendig å ekskludere enkelte forklaringsvariabler fra modellene på grunn av høy korrelasjon med andre.

Relevante forklaringsvariabler etter fangst:

- Vind, Bifangst, Vanntemperatur, Lengde, Laktat, Glukose, Totaltid.
- Ekskludert fra modell på grunn av kollinearitet:
 - Fangst_kg", "Tauetid_minutter", "Hiving_minutter", "Total fisketid", "Levendelagring timer", "Oppstigningshastighet", "Dyble ved hiving", "Gjennomsnittsdybde".

Relevante forklaringsvariabler etter levendelagring (under levering):

- Levendelagringstid, Oksygen (O₂), Vanntemperatur, Tanktetthet (kg.m³), Tanktetthet (kg.m²), Lengde, Melkesyre, Glukose.
- Ekskludert fra modell på grunn av kollinearitet:
 - "Tank_type".

Analyse av kvalitetsmålinger mot vitalitet

Det ble tatt prøver av hyse (n = 46) både fra forsøktankene (n = 26) og fartøyets tanker (n = 20) under levering til mottak. Fra de biometriske dataene ble ytterligere tre potensielle forklaringsvariabler beregnet:

- 1) Fultons kondisjonsfaktor (k-faktor): $\text{totalvekt}/(\text{lengde})^3$
- 2) Le Cren & Ricker kondisjonsindeks (Kn): $\text{Totalvekt}/(0,0639 * \text{Lengde}^{2,5271})$, hvor parameterverdier ble estimert fra lengde-vekt-forholdet for all veid fisk i undersøkelsen (n = 241).
- 3) Hepato-somatisk indeks (HSI): $\text{Levervekt}/\text{sløyd vekt}$

"Spalting" ble skåret på seks nivåer (0, 1, 2, 3, 4, 5; 0 = beste kvalitet og 5 = dårligst) og ble derfor antatt å tilnærme seg en kontinuerlig responsvariabel. Sammenheng med andre variabler ble derfor analysert ved hjelp av enkel lineær modellering, forutsatt en normal feilfordeling av data. De resterende kvalitetsmålingene («Farge», «Konsistens» og «blodflekker») ble alle skåret på tre nivåer (1, 2, 3; 1 = beste kvalitet og 3 = dårligst). Derfor, som ordinære kategoriske variabler, var det nødvendig å analysere deres relasjoner med de andre variablene ved å bruke multinomial logistisk regresjon.

På grunn av den relativt lille prøvestørrelsen (n = 46), var alle modellene begrenset til en enkelt forklarende variabel, og det ble ikke gjort noe forsøk på å ta hensyn til mulige tilfeldige effekter (dvs. haul_ID eller tank_ID). Imidlertid ble en Tank_type (båtens vs forsøktank)-variabel inkludert for å gjøre rede for denne forskjellen i behandlinger.

For å evaluere gyldigheten av de individuelle vitalitetsparameterne, ble deres forhold til vitalitet (VA) modellert ved bruk av multinomial logistisk regresjon. Multinomial regresjon forutsetter en binomial feilfordeling og en logit link-funksjon, som tar en lineær kombinasjon av kovariatverdiene (en hvilken som helst verdi; $\pm\infty$) og konverterer disse verdiene til en skala for sannsynlighet, dvs. mellom 0 og 1 (R-pakke: MASS). Forutsetningen om et proporsjonalt oddsforhold mellom sannsynlighetsfordelingene til ulike skårer ble også testet (R-pakke: Brant, 1990). Pearson-korrelasjonskoeffisientene mellom de ulike

individuelle vitalitetsmålinger ble vurdert, for å unngå overflødige eller mulig replikering av de individuelle vitalitetsmålinger i VA.

Betydningen av VA-modellvilkår ble bestemt ved bruk av Likelihood Ratio Testing (LRT) med mindre annet oppgitt. De mest sparsommelige modellene med tanke på tap av data, ble valgt i henhold til AIC og AICc (Akaike Information Criteria korrigert for liten prøvestørrelse). Alle statistiske analyser ble utført i R (versjon 4.3.3). Modeller ble sjekket for brudd på forutsetninger ved å bruke gjenværende plott (generert ved bruk av DHARMA og Performance-pakkene).