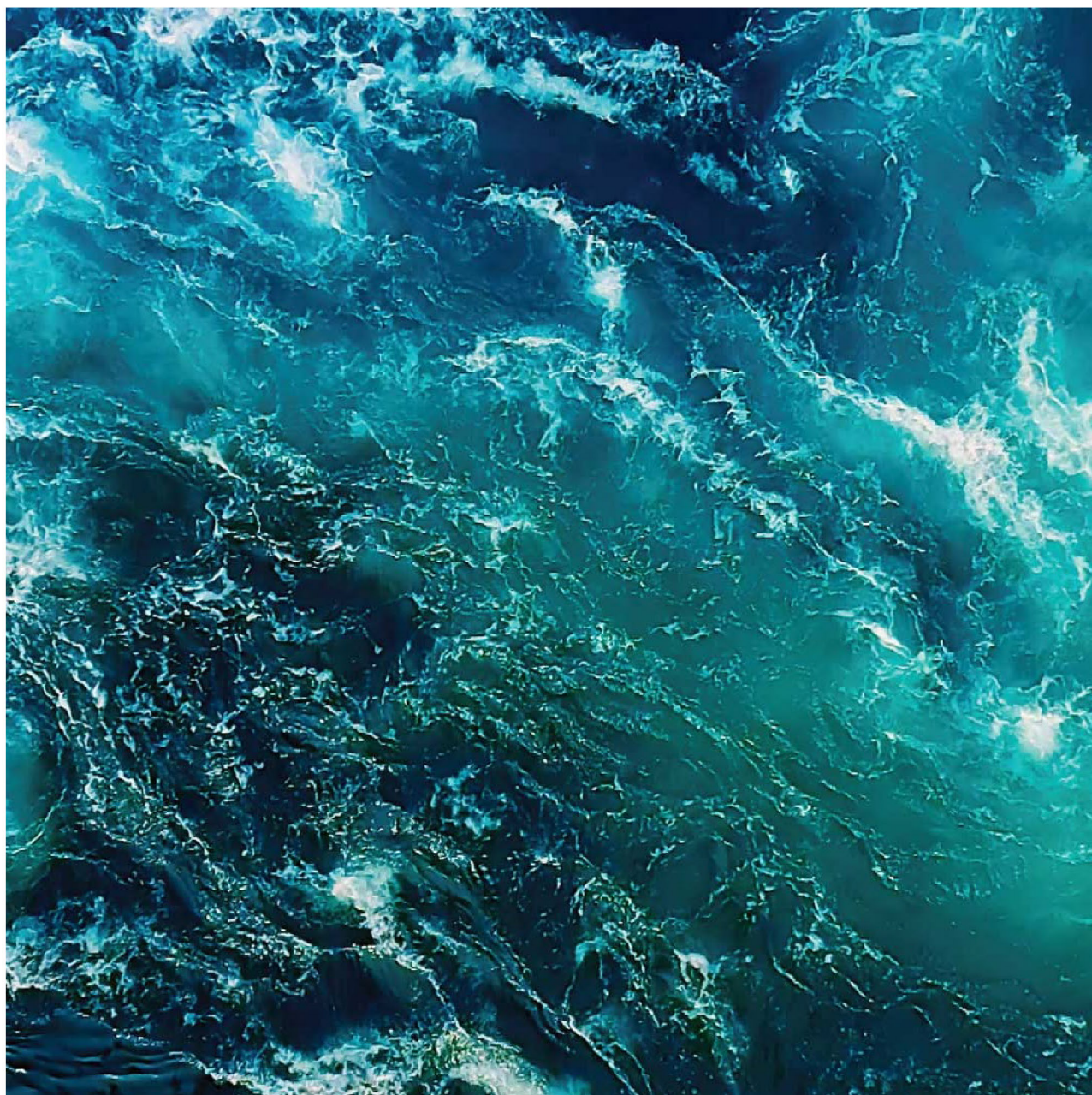


Biologiske risikofaktorer ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks (BRØK)

Akvaplan-niva AS Rapport: 2023 63905.01



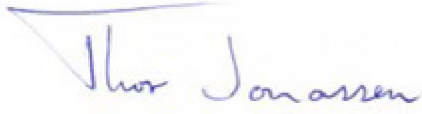
Biologiske risikofaktorer ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks (BRØK)

Prosjektgruppe:	Aqua Kompetanse: Torolf Storsul, Camilla Karlsen, Lauris Boissonnot NIVA: Ole-Kristian Hess-Erga, Kamilla Furseth, Siw Frantzen, Dag Øystein Hjermann, Jemmima Knight Akvaplan-niva: Thor Magne Jonassen, Sondre Veberg Larsen, Ane Vigdisdatter Nytrø, Ola Brandshaug
Dato	15. desember 2023
Rapport nr.	2023 63905.01
Antall sider	21
Distribusjon	Åpen
Kunde	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond, prosjekt 901768
Kontaktperson	Renate Johansen

Sammendrag

Transport og behandling av levende laks i brønnbåt er risikofylt, men en aktivitet som havbruksnæringen er helt avhengig av. Jevnlig rapporteres det om dødelighetshendelser eller hendelser der fisken kommer svekket ut fra transportenheten. Dette tyder på at en ikke alltid er godt nok kjent med alle risikoforholdene og hvordan disse best håndteres. Det er tidligere gjennomført mange studier og det finnes mye kunnskap om problemstillingene knyttet til bruk av brønnbåt, men mye tyder på at slik kunnskap ikke utnyttes fullt ut i dag. Prosjektets mål er derfor å gi en oppdatering av dagens kunnskap og gi anbefalinger for å redusere biologisk risiko ved bruk av brønnbåt, og gjøre dette lett tilgjengelig for alle som er involvert i brønnbåtoperasjoner.

Hovedleveransen fra prosjektet er Brønnbåtveilederen.no (<https://bronnbatveilederen.no>), en digital veileder for optimalisering av fiskevelferd ved bruk av brønnbåt til transport og behandling av laks. Kunnskap fra prosjektet kan bidra til bedre fiskevelferd, fiskehelse og redusert dødelighet som følge av bedre transport og behandling i brønnbåt. Anbefalingene er basert på innhentet erfaringsbasert kunnskap og vitenskapelig kunnskap fra åpen litteratur. I tillegg gis det en oppsummering av hovedfunn fra innhentet erfaringsbasert kunnskap, oversikt over referanser fra relevant vitenskapelig litteratur og oversikt over kunnskapshull. Brønnbåtveilederen er utarbeidet av Aqua Kompetanse, NIVA og Akvaplan-niva i tett samarbeid med brønnbåtnæringen, oppdrettere og fiskehelsepersonell.



Prosjektleder

1 Summary

There is considerable biological risk related to transport and handling of live salmon in wellboat operations, but the salmon industry is completely dependent on wellboats in their operations. Increased mortality or reduced fish welfare after a wellboat operation is frequently being reported. This indicates underestimation of the risk factors involved and how these are best dealt with. Several studies have been carried out in the past and there is considerable knowledge on issues relevant for maintaining good fish welfare in wellboats, but there are indications that such knowledge is not fully utilized today. The project's aim is therefore to provide an update of current knowledge and provide recommendations to reduce biological risk when using wellboats, and to make this easily accessible to everyone involved in wellboat operations.

The main deliverable from the project is presented in the digital manual Brønnbåtveilederen.no (<https://bronnbatveilederen.no>), a digital guide for optimizing fish welfare for the transport and handling of salmon in wellboats. Knowledge from the project is expected to contribute to better fish welfare, fish health and reduced mortality as a result of better transport and treatment in wellboats. The recommendations are based on collected experience-based knowledge and scientific knowledge from open literature. In addition, main findings from experience-based knowledge are summarized together with an overview of references from relevant scientific literature and an overview of knowledge gaps. The wellboat guide has been developed by Aqua Kompetanse, NIVA and Akvaplan-niva in close collaboration with the well boat industry, fish farmers and fish health experts.

2 Innledning

Aktørene i havbruksnæringen blir stadig påminnet om den biologiske risikoen ved transport og behandling av levende fisk i brønnbåter. I denne sammenheng definerer vi biologisk risiko som alle forhold (f.eks. operasjoner, teknologi, miljøforhold) som gir risiko for negativ påvirkning av fiskevelferd. Skjerpede krav til vannbehandling ved transport av laks, økt omfang av ulike behandlingsformer som krever brønnbåt, og spesielt lukket brønn med økt krav til vannbehandling og kunnskap om vannmiljøet utgjør nye og ofte økte risikomomenter. Økt produksjon og krav til effektivitet resulterer også i utvikling av større båter, som kan transportere og behandle et høyere antall fisk, en større biomasse og ved en høyere tetthet. Generelt er dette momenter som man ikke vet nok om, og de representerer kunnskapshull i dagens praksis (Sommerset et al., 2022). Dette setter høyere krav til kunnskap om vannkjemi, fiskevelferd, stress og håndtering.

Som eksempel inngår brønnbåt i behandling mot lakselus (Reynolds, 2013; Holan et al., 2017) og AGD (Powell et al., 2015; Wiik, 2020). Det rapporteres generelt om en vesentlig økning i antall ikke-medikamentelle avlusninger (termisk, mekanisk og ferskvann) de siste 10 årene, og den belastningen dette medfører beskrives som den største velferdsutfordringen for laks og den nest viktigste årsaken til dødelighet i sjøvannsfasen (Sommerset et al., 2022). Det er også påpekt at økt dødelighet i etterkant av behandling med ikke-medikamentelle metoder kan ha sammenheng med håndteringsoperasjoner og stress i forkant eller under selve behandlingen (Walde et al., 2021), som vanligvis skjer i brønnbåt. Felles for samtlige operasjoner er at de ofte er håndteringskrevende og innebærer elementer som trengning og pumping som er vist seg å være stressende på fisken (Espmark et al., 2015:2016; Noble et al., 2018) og utgjør en generell fare for redusert velferd ved sårskader på gjeller, finner, hud og øyne (Sommerset et al., 2022). Det kan være utfordrende å finne skillet mellom hva som påføres av biologisk risiko og belastning i selve behandlingen, og hva som er knyttet til brønnbåt og håndtering.

En god praksis, tilpasset teknologi og kunnskap om kritiske biologiske risikofaktorer er avgjørende for å redusere risiko, ivareta god fiskevelferd og sørge for god overlevelse i alle aktuelle operasjoner for brønnbåt. Dette kan kartlegges for operasjoner som smolttransport, operasjoner for avlusning (både medikamentelle og ikke-medikamentelle), behandlinger i ferskvann (lakselus og AGD), sortering og slaktefisk-transport. Det er viktig å definere hva som er normalen i de forskjellige operasjonene. Det gjelder hva variablene kan være (både mellom forskjellige transporter, behandlinger og aktører), de praktiske rutinene (prosedyrer og erfaringsbaserte innspill fra brønnbåttaktørene og oppdretter), teknologien (variasjon og likheter), ytre miljøfaktorer (vær, temperatur, behandlingstid) og relevante målinger av vannkvalitet.

De fleste transportene og behandlingene foregår relativt problemfritt, men jevnlig rapporteres det om dødelighetshendelser. Slike hendelser kan også sammenfalle med suboptimal vannkvalitet, enten kjemiske- og fysiske faktorer i vann som tas ombord, endring eller akkumulering i vannet underveis, eller i vannet som fisken losses til. Produksjon av stor smolt i systemer med resirkulering (RAS), økende bruk av ferskvann i behandling på sjø og krav til lengre transporter med lukket brønn vil sannsynligvis også få konsekvenser for vannkvaliteten

i brønnbåten (Rojas-Tirado et al., 2021; Powell et al., 2015; Rosten, 2010; VKM, 2008; Tang et al., 2009).

Det er derfor avgjørende å kartlegge årsakene til slik vannkvalitet og effektene på fisken, samt ha god kunnskap om fiskens tålegrenser for enkeltforbindelser og kombinasjon av flere faktorer/forbindelser. Det vil dermed kunne identifiseres tiltak som reduserer biologisk risiko og uønskede hendelser. Foreløpig erfaring og kunnskap er innhentet gjennom 20-30 enkeltstående rapporter/notater som næringen har fått utført i samarbeid med FoU-partnerne i prosjektet og gjennom et innspillsmøte (workshop) med 30 deltagere fra næringen (oppdrettere, brønnbåtselskap og FoU-institusjoner).

Problemstillingene i dette prosjektet var omfattende og kompliserte og inkluderer mange fagområder. Framgangsmåten vi har brukt er å dele inn i håndteringsoperasjoner og vannkvalitet, som begge påvirker robustheten til fisken og derav fiskevelferd, overlevelse og økonomi. Drift og operasjoner kan i stor grad defineres som et "håndtverk" både for brønnbåtpersonell og oppdrettere, med variasjoner i både praksis, teknologi og produksjon. Den erfaringsbaserte kunnskapen er sammenlignet med tilgjengelig litteratur.

Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med Aqua Kompetanse, NIVA og Akvaplan-niva.

Prosjektet hadde en styringsgruppe som bestod av Mowi (Trond Rosten), Lerøy Midt (Marius Hamre), Alsaker Fjordbruk (Kari Lillesund), Sølvtrans (Kristoffer Alnes Røyset) og Frøy (Solveig Gaasø).

3 Problemstilling og formål

En av utfordringene for bedre forebygging og bedre praksis er at kravet til kunnskap for å treffe de riktige beslutningene er svært omfattende og sitter spredt. Kunnskapen må derfor gjøres bedre tilgjengelig, den må være relevant, oppdatert, og kunne gi klare anbefalinger.

En kunnskapssammenstilling vil kunne avdekke bakenforliggende årsaker til problemene som oppstår og synliggjøre hvilke justeringsmuligheter som er tilgjengelige, og gi anbefalinger om beste praksis. Dette vil gi en kostnadsbesparelse i form av bedre transport og behandling, og ikke minst redusert dødelighet og en fiskehelse som gir bedre produksjonsmessige forutsetninger. Prosjektet vil styrke fiskevelferdsarbeidet generelt og styrke bærekraftfokus.

Prosjektets hovedmål var derfor å kartlegge og systematisere eksisterende kunnskap som reduserer biologisk risiko i brønnbåt. Dette ble gjort via følgende aktiviteter:

- 1) Gjennomføre en litteratur- og erfaringsstudie av eksisterende kunnskap nasjonalt og internasjonalt om vannmiljø og andre forhold ved transport og behandling av laks i brønnbåt som kan påvirke laksens robusthet.
- 2) Sammenstille vitenskapelig kunnskapsgrunnlag om vannmiljø og andre relevante forhold under transport og ved behandling av laks i brønnbåt
- 3) Innhente og sammenfatte erfaringsbasert kunnskap fra næringen og kompetansemiljø om vannmiljø og operasjonelle forhold under transport og ved behandling av laks i brønnbåt
- 4) Utvikle en digital håndbok/oppslagsverk for beste praksis for bruk av brønnbåt, inkludert case-studier fra god og dårlig praksis.

4 Prosjektgjennomføring

Mye av den systematiske kunnskapen og erfaringsbaserte kunnskapen er spredt og dårlig kommunisert. Kunnskap som er relevant og overførbart til laks i brønnbåt ble derfor samlet og oppdatert fra en bredere og mer generell forskning rundt bla. vannkvalitet, stressfysiologi og fiskehelse/robusthet. Kunnskapen ble hentet inn gjennom litteratursøk og sammenstilling av vitenskapelig litteratur, samt erfaringsbasert litteratur hentet in via intervjuer og spørreundersøkelser.

Sammenstilling av vitenskapelig litteratur

Det vitenskapelig baserte kunnskapsgrunnlaget ble gjennomgått i forhold til relevans. Dette omfattet bl.a. tema knyttet til vannkvalitet, fysiologisk respons (akutt og kronisk stress) på vannkvalitet og håndtering, og hvordan fiskehelse og robusthet påvirkes av forhold som er kjent å forekomme i brønnbåt. Dette var en skrivebordstudie hvor det vitenskapelig kunnskapsgrunnlaget basert på databasesøk over vitenskapelig litteratur (fagfelle-vurderte og tekniske rapporter) ble sammenstilt. Relevante artikler og rapporter ble samlet i en søkbar databases sammen med oppsummering og konklusjoner fra de enkelte artiklene.

Sammenstilling av erfaringsbasert kunnskap

Erfaringsbasert kunnskap om biologisk risiko i brønnbåt ble hentet inn fra bl.a. toktrapporter, fiskehelserapporter, dybdeintervju og spørreundersøkelse. Denne kunnskapen befant seg i stor grad hos brønnbåtmannskap og oppdrettere, men også blant tilstøtende kompetansemiljø som fiskehelsepersonell og forskningspartnere. Denne kunnskapen ble samlet og systematisert med statistiske verktøy, både under spesifikke tema, men også som casestudier.

Innledningsvis valgte de 8 næringspartnere i prosjektet ut 19 personer (1-4 personer per nærings- partner) med erfaring fra ulike brønnbåtoperasjoner. Av disse var 6 brønnbåtskipperer, 5 fiskehelsepersonell, 4 driftsledere/operasjonelle ledere og 4 hadde andre relevante roller knyttet til brønnbåtdrift (driftsleder settefisk, logistikkansvarlig, kvalitetsleder, vannkvalitetsspesialist). Alle deltok i individuelle intervjuer, og 18 av dem i gruppeintervjuene. Det var 4 grupper, med minst én representant fra hver rolle i samme gruppe. Personer fra konkurrerende bedrifter ble satt i forskjellige grupper, og det ble på grunn av regionale forskjeller avdekket i individuelle intervjuer gruppert etter geografi. Spørreundersøkelsen ble sendt ut og besvart av totalt 45 personer identifisert av næringspartnere, inklusive 18 intervjupersoner.

I løpet av de individuelle intervjuene ble det stilt tre spørsmål direkte knyttet til hovedmålet med prosjektet:

Hva tenker du er de viktigste faktorene som påvirker helse og velferd for laks ved håndtering og transport med brønnbåt?

Har du vært borti hendelser med påvirket helse/velferd eller dødelighet?

Hva tenker du bør gjøres for å bedre helse og velferd for laks ved brønnbåtoperasjoner?

Svarene på disse spørsmålene ga utgangspunkt i en liste med ulike elementer som er viktige for at en brønnbåtoperasjon skal gå bra. Denne listen ble så presentert under gruppeintervjuene for å undersøke med deltakerne om disse punktene dekket risikofaktorene som påvirker laksens helse og velferd mest under brønnbåtoperasjoner. Vi ba de deretter om å rangere de etter kostnytte, hva som var viktigst (i den grad man klarte det) og hva som ga det beste grunnlaget for brønnbåtoperasjonen.

Erfaringsbasert kunnskap ble lagt til grunn i anbefalingene i veilederen, sammen med den vitenskapelig baserte kunnskapen.

Systembeskrivelse

Det ble utarbeidet en prosess- eller systembeskrivelse for de ulike bruksområdene for brønnbåt, hvor de enkelte delene av prosessen blir koplet til konkrete risikofaktorer og relevant kunnskapsbase. Beskrivelsen tar for seg system for lasting og lossing, transport, behandlings og sorteringssystemer og andre systemer (ulike typer vannbehandlingssystemer, filter, avsalting og temperaturregulering).

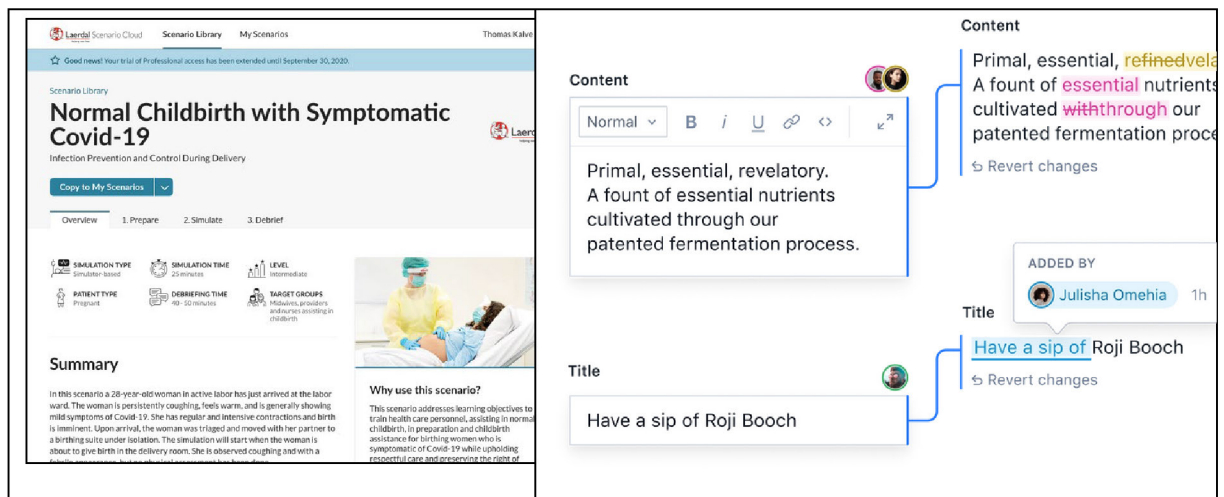
Eksempel på hendelser (casestudier)

Prosjektets næringspartnere har delt utfyllende informasjon om hendelser fra brønnbåtoperasjoner og i enkelte tilfeller informasjon om egne rutiner/prosedyrer for ulike brønnbåtoperasjoner. Denne informasjonen har blitt gjennomgått og sammenstilt for å kunne identifisere bakenforliggende årsaker. Disse er beskrevet i "casestudier" med eksempler på hvor det går galt på typiske risikoområder, og hva som kan bli konsekvensen av dette. Dette ble beskrevet i et eget kapittel i brukerhåndboken.

Utvikling av brukerhåndboken

Erfaringsbasert kunnskap og den systematiserte kunnskapen fra litteraturen ble lagt til grunn for anbefalingene om beste praksis i Brønnbåtveilederen. Denne digitale håndboken har form av et oppslagsverk, med søkefunksjon og en organisering av tema som er logisk relatert til forhold rundt brønnbåt, og en struktur som gir oversikt over alle risikofaktorene identifisert i prosjektet. Dette vil hjelpe brønnbåtoperatorene til å identifisere de viktigste risikoelementene identifisert gjennom litteratur- og erfaringsstudiene, knytte dem til konkrete deler/faser av prosessen i brønnbåt og foreslå beste praksis som kan brukes i brønnbåtenes egen prosedyreutvikling. Brukerhåndboken beskriver i tillegg et sett av kjente eller tenkte "casestudier" hvor det går galt på typiske risikoområder, og hva som kan bli konsekvensen av dette.

Den digitale håndboken ble laget i et publiseringssystem (content management system) der innholdet er lagret i en database, og hvor det er et brukervennlig grensesnitt som gjør det enkelt å legge inn tekst, bilder, video og lenker til andres sider og til ekstern informasjon. For sluttbrukeren vil resultatet fremstå som en nettside med menyer og søkefunksjoner. Publiseringssystem Sanity ble brukt, utviklet av et Oslo-basert selskap med samme navn. De har blant annet vunnet Jacob-prisen for god design. Dette verktøyet er utviklet og testet for produkter tilsvarende brukerhåndboken i dette prosjektet.



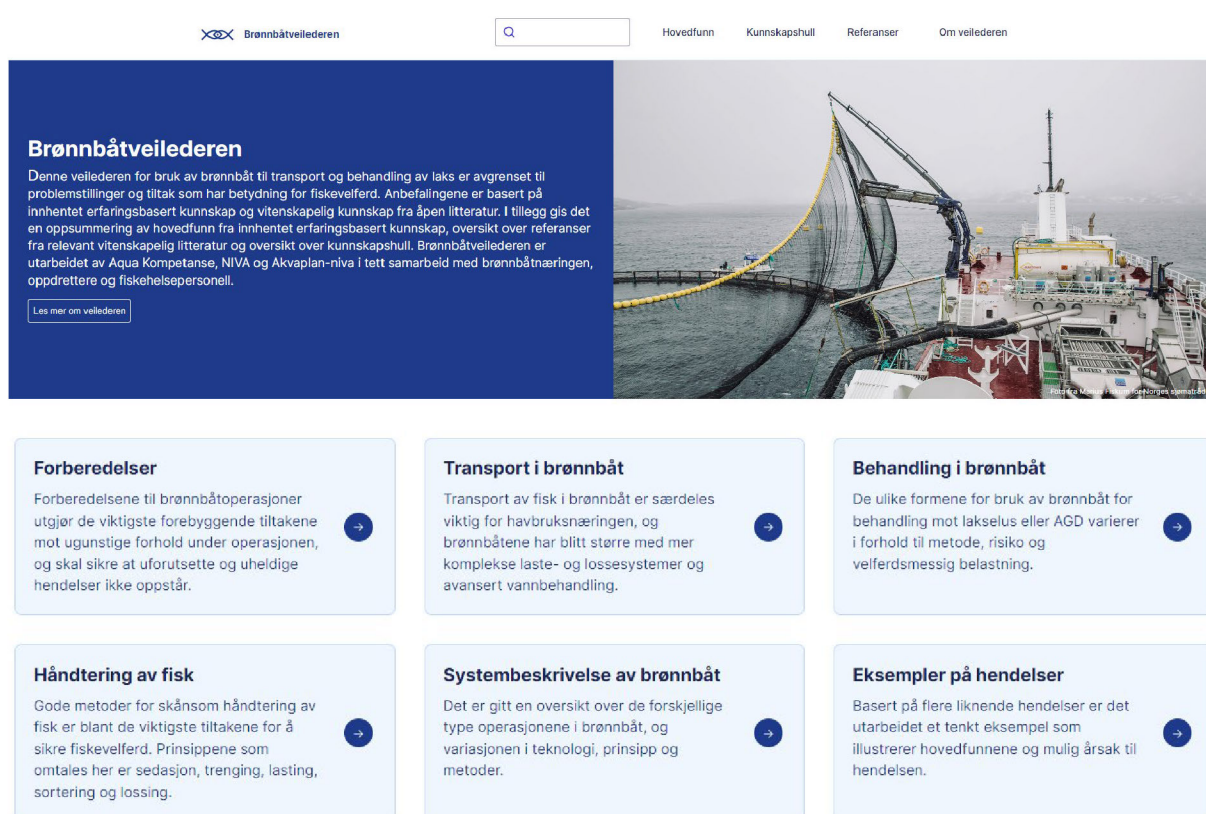
Figur 1. Eksempel på en manual utviklet i Sanity.io for Laerdal Medical (t.v). Brukergrensesnittet for administrering av portalen i Sanity gjør det enkelt å bruke for personer med elementær IT-kompetanse, og viser egne og kollegers endringer i sanntid (t.h.).

Et viktig poeng med plattformen som brukes for manualen er at den lett skal kunne oppdateres også etter prosjektets slutt etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig og/eller nye typer bruk/operasjoner kommer til.

5 Oppnådde resultater og konklusjoner

Hovedleveransen fra prosjektet er den digitale håndboken Brønnbåtveilederen.no. Denne er inndelt i følgende tema: Forberedelse, Transport i brønnbåt, Behandling i brønnbåt, Håndtering av fisk, Systembeskrivelse av brønnbåt og Eksempler på hendelser.

Hvert tema peker videre på artikler med nærmere beskrivelser av prosesser, eksempler på hendelser eller konkrete risikofaktorer knyttet til operasjoner i brønnbåt. Disse har input til konkrete anbefalinger og referanser fra vitenskapelig litteratur eller erfaringsbasert kunnskap. For nærmere beskrivelse henvises det til Brønnbåtveilederen.



Figur 2. Skjerm bilde av startsiden til Brønnbåtveilederen.no.

Litteraturliteraturen

Håndboken er basert på 152 vitenskapelige artikler og rapporter som er tilgjengelig via en søkbar database med oppsummering og konklusjon fra artiklene. Disse er fordelt på temaene transport (åpen og semilukket), behandling mot lakselus og AGD (bad i brønn og fysisk behandling) og felles håndteringsoperasjoner (sulting, pumping, trenging og akklimatisering). Litteraturen omtaler generelle risikoområder tilknyttet fiskevelferd, vannkvalitet og stress. Utfordringer med stress ifm. felles håndteringsoperasjoner som f.eks. trenging i forkant av håndtering/ transport og metoder for å overvåke disse er også beskrevet. Litteraturen begrenses av at det på brønnbåtsiden har foregått en betydelig endring av både teknologi og bruksområder de senere år og det er få studier som fanger opp dette. For de nye bruksområdene inkl.

mekaniske og termiske behandlinger og kombinasjoner av disse, er det utført studier både i lab skala og kommersiell skala, hvor man får informasjon om risiko og risikoreduserende tiltak.

Hendelsesrapporter

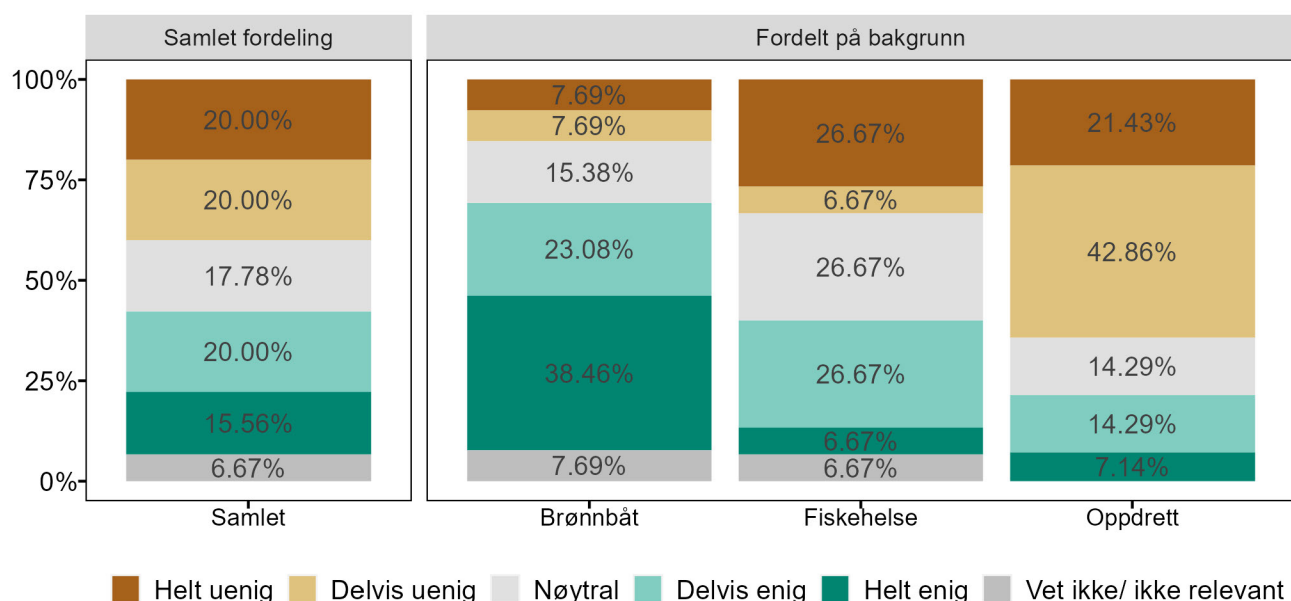
Prosjektets næringspartnere delte utfyllende informasjon om hendelser og i enkelte tilfeller informasjon om egne rutiner/prosedyrer for ulike brønnbåtoperasjoner. Utgangspunktet for prosjektet var 20-30 enkeltstående rapporter/notater som næringen hadde utført i samarbeid med FoU-partnerne i prosjektet. Disse resultatene pekte på flere mulige årsaker; kvalitet på vannet som tas om bord (bl.a. organisk materiale, metaller, H₂S, lagringslengde), transport/behandling av svekket fisk (helseattest, fiske-CV, fiskestørrelse/-stadie), høy fiskebiomasse/tetthet, utstyr i brønnbåten som avgir metaller (Zn og Cu) eller påvirker vannet i ugunstig retning (TGP o.l.), lav eller ingen vannutskifting og gjenbruk av behandlingsvann (akkumulering av metaller, organisk materiale og nitrogenforbindelser), transport- og behandlingslengde, mangelfulle rutiner/kontroll/overvåking (bl.a. rester av desinfisering/vask, forhøyet CO₂ nivå/lav pH, høy oksygenmetning) eller en kombinasjon av disse.

Denne informasjonen ble gjennomgått og sammenstilt for å kunne identifisere bakenforliggende årsaker. Informasjonen hadde varierende detaljnivå og på grunn av varierende selskapsinterne rutiner for å avdekke årsakssammenhenger, inneholder datamaterialet hull. Det har derfor ikke vært mulig å avdekke absolutte grenseverdier for vannkvalitet o.l., men heller parameterspesifikke intervaller som bør unngås.

Den sammenstilte informasjonen er anonymisert og brukt som erfaringsbasert innspill til håndboken, og som grunnlag for erfarte episoder (caser). Disse casene behandlet problemstillinger knyttet til 1) ferskvannsbehandling der mulige forurensninger i ferskvannsdepotet (mulig H₂S) var sannsynlig årsak til fiskedød, 2) ferskvannsbehandling der mulig ugunstig vannkvalitet fra settefiskanlegg (komplekse sammenhenger mellom metallioner, kobber og labilt aluminium, spesiell risiko ved mye nedbør/avrenning) har medført dødelighet, 3) kombinasjonsbehandling (ferskvann og spyling) der en mulig årsak til dødelighet er gassovermetning, 4) akutt dødelighet etter lang lukket transport der oksidativt stress som følge av høy oksygenmetning, gassovermetning og høye ammoniakkverdier blir pekt på som mulige årsaker til forhøyet dødelighet.

Erfaringsbasert kunnskap

Det var bred enighet blant intervjupersonene om at erfarent personell i ansvarlige posisjoner (ledende/kritiske roller) er sentralt for et godt resultat. Kun teoretisk kunnskap ble ikke ansett som tilstrekkelig for å ha en ansvarlig posisjon i en brønnbåtoperasjon. Det ble påpekt at uventede situasjoner ofte blir håndtert bedre med erfarent personell i ansvarlige posisjoner. Med erfarent personell oppfattes faresignalene tidlig og det iverksettes riktige avbøtende tiltak. I tillegg til erfaring ble riktig fokus og holdninger til arbeidet beskrevet som viktig, da det på kort tid kan oppstå situasjoner som må tolkes og håndteres for å unngå uønskede hendelser. Spørreundersøkelsen viste at variasjon i erfaring/kompetanse mellom ulike skift ble identifisert som en faktor som kan øke risikoen for uønskede hendelser (figur 3). Brønnbåtpersonell var i størst grad enig i dette.



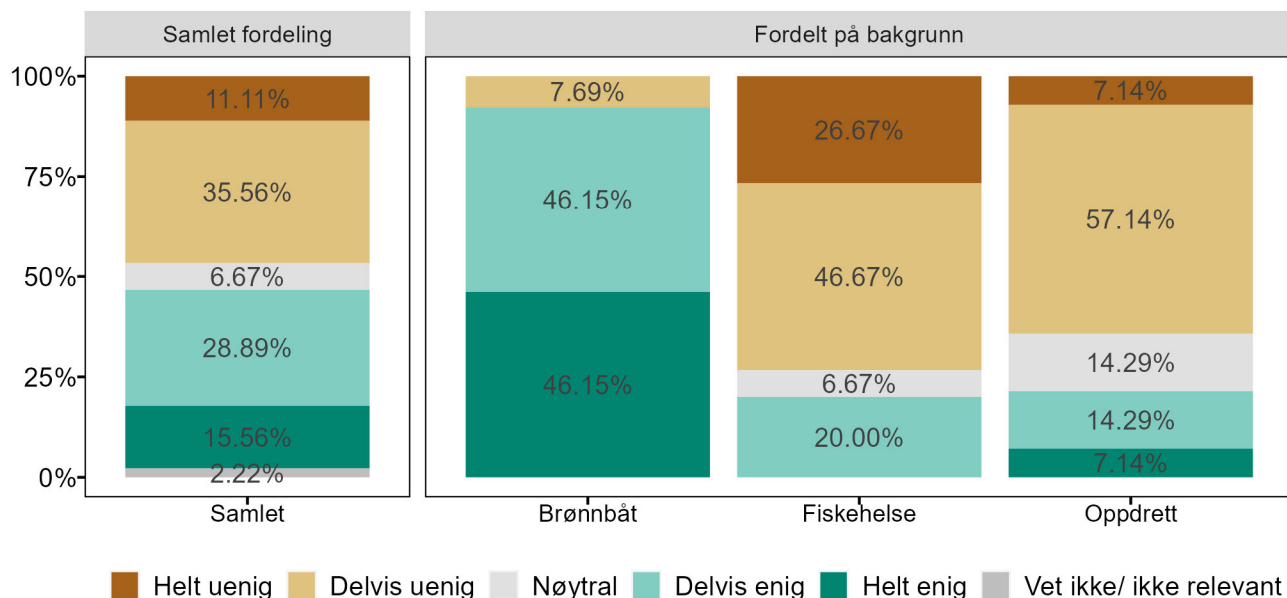
Figur 3. Respons på påstanden: «Bemanning på nattskift har ofte lavere kompetanse/mindre erfaring enn dagskift, dette øker risikoen for uønskede hendelser på natt.», fordelt på bakgrunn. Totalt 45 personer svarte på undersøkelsen: 13 brønnbåtpersonell, 15 fiskehelsepersonell, 14 lakseoppdrettere og 3 andre. De 3 andre inngår kun i samlet fordeling.

Erfaring som faktor støttes av annet tilsvarende undersøkelse (Sommer, 2011), hvor det nevnes at erfarent personell er viktig for beslutningsprosesser under komplekse operasjoner hvor situasjonen raskt endres. Rosten and Kristensen (2011) hevder at det ikke finnes sensorer som kan konkurrere med øynene til en erfaren person som observerer fisken. Størkersen et al. (2021) indikerer også at erfaring er viktig læring, og RSPCA-standarden (Annon., 2021) for oppdrettet atlantisk laks sier "An adequate number of experienced staff must be available to deal sufficiently quickly with any problems that arise."

God planlegging

I mange individuelle intervju og i alle gruppeintervjuene ble god planlegging vektlagt. Erfarent personell ble ansett som godt rustet til å gjennomføre planlegging og forberedelse av en brønnbåtoperasjon, med fokus på de viktigste aspektene. En operasjonsplan ble anbefalt i forkant av alle brønnbåtoperasjoner med unntak av rene transporter. Ved å gjennomføre *uten* god planlegging og en operasjonsplan ble det beskrevet bl.a. risiko for misforståelser og fare for å miste oversikt over operasjonen.

Oppstartsmøte, gjerne 2-3 dager i forkant av operasjonen, ble også sett på som viktig slik at operasjonsplanen og andre relevante momenter kunne gjennomgås med alle involverte parter. Ved flere skift ble det påpekt som nødvendig at personell fra alle skift deltar på oppstartsmøtet for å unngå usikkerhet i enkelte faser av operasjonen. Spørreundersøkelsen indikerer også at informasjonsflyt på forhånd har betydning, spesielt brønnbåtpersonell fremhever at manglende informasjon i forkant av operasjonene kan få betydning for utfallet (figur 4). Riktig planlegging er også vektlagt i relevant brønnbåt litteratur (Rosten and Kristensen, 2011; Annon., 2021).

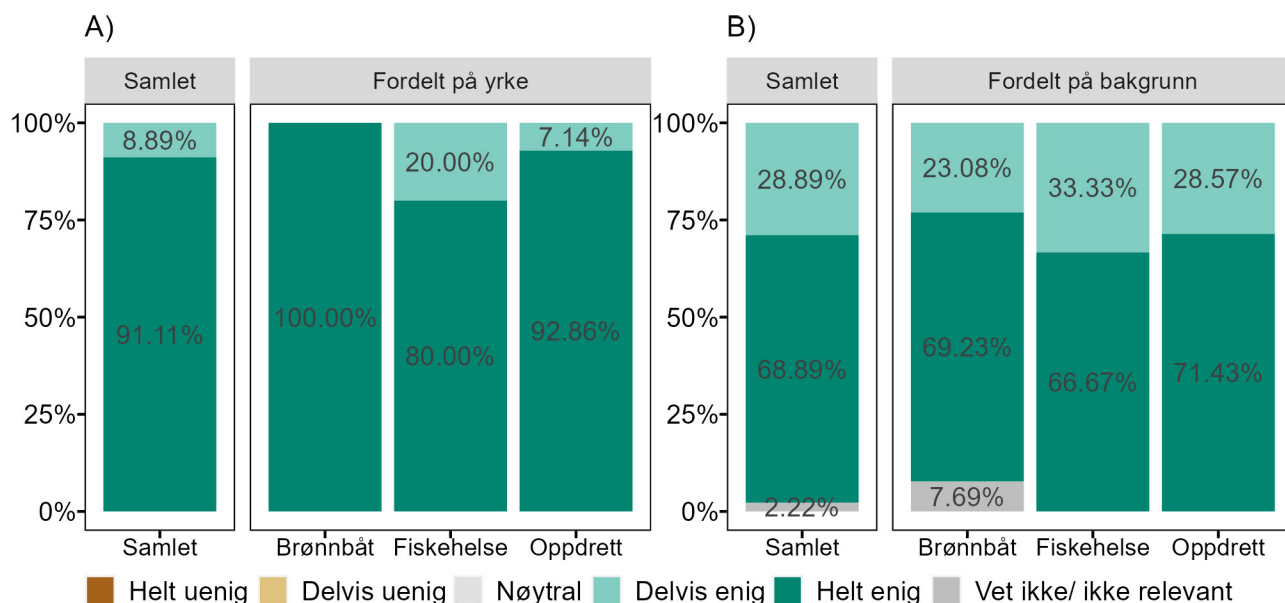


Figur 4. Respons på påstanden: «Brønnbåtpersonell og ansvarlige for operasjonen får av og til ikke nok informasjon om fiskens status på forhånd, dette har betydning for utfallet.», fordelt på bakgrunn. Totalt 45 personer svarte på undersøkelsen: 13 brønnbåtpersonell, 15 fiskehelsepersonell, 14 lakseoppdrettere og 3 andre. De 3 andre inngår kun i samlet fordeling.

Fra intervjuene framgikk det at mye av grunnlaget for god kommunikasjon legges allerede under planleggingen. God planlegging og gode relasjoner mellom deltagende personell ble beskrevet å bidra til at informasjon blir diskutert og at terskelen for å varsle om mulige problem underveis blir lavere. Når alle aktørene har en god forståelse av hvordan operasjonen skal gjennomføres, ble det angitt et redusert behov for unødvendig radiokommunikasjon og kortere tid for å avklare misforståelser. Radiokommunikasjon ble uansett ansett som den viktigste formen for kommunikasjon under en operasjon siden det er lett tilgjengelig og lar personer i ansvarlige roller ha direkte kontakt med hverandre. Unødvendig mye radiotrafikk ble beskrevet som forstyrrende for personell som deltar i arbeidsoperasjonen. Bevissthet på hvilke radiokanaler en bruker ble oppgitt som viktig for å sørge for at kommunikasjonen under selve operasjonen blir best mulig ivaretatt.

At god kommunikasjon er viktig for å redusere risikoen ved brønnbåtoperasjoner kom også frem i resultatene av spørreundersøkelsen. Svarene viser at kommunikasjon er ekstra viktig ved overgang mellom ulike skift, og at tydeligere kommunikasjon ved mannskapsbytte vil redusere risikoen for uhell og skader på fisk betydelig (figur 5A). Viktigheten av kommunikasjon og gode relasjoner gjenspeiles i svarene om avtaler med faste fartøy og mannskap, fremfor brønnbåter på spot-markedet (figur 5B).

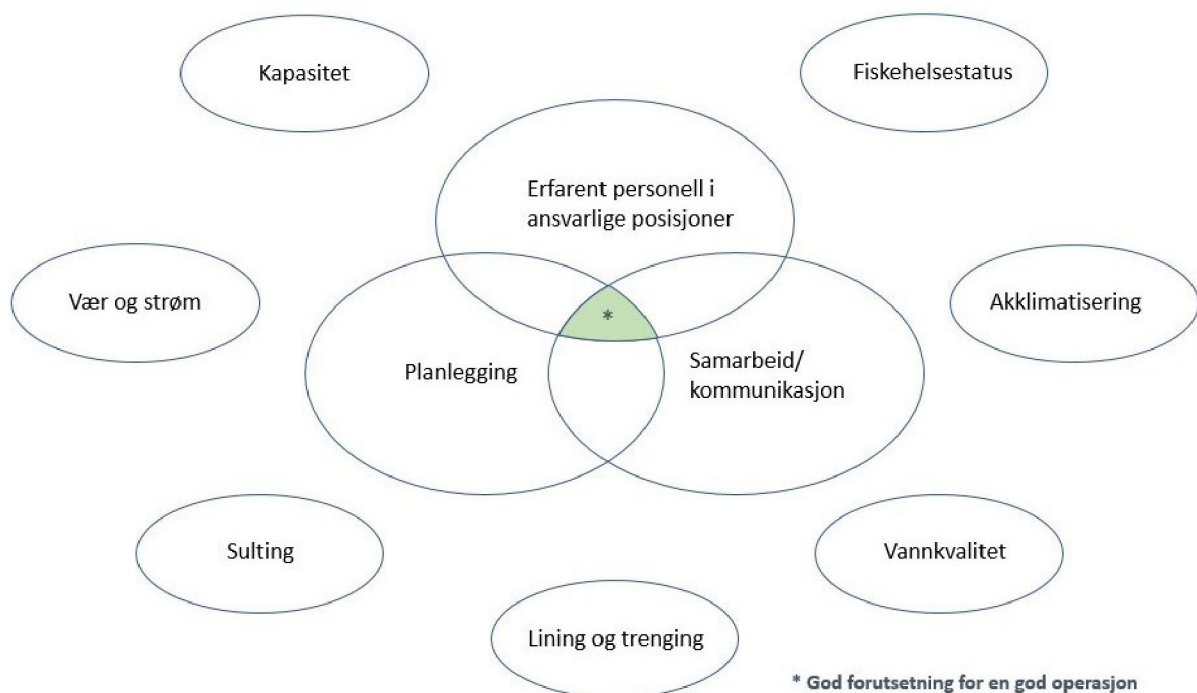
Tydelig kommunikasjon mellom transportør og anleggspersonale fremheves som viktig flere steder i RSPCA-standarden [Annon. \(2021\)](#). Lignende funn er også kjent fra andre arbeidsoperasjoner og næringer, bl.a. [Motter and Santos \(2017\)](#).



Figur 5. Respons på påstandene: A) «Kommunikasjon er ekstra viktig ved overganger mellom ulike skift. Tydeligere kommunikasjon ved mannskapsbytte vil redusere risiko for uhell og skader på fisk betydelig» og B) «Kjennskap og relasjon mellom personer som er involvert i operasjoner bidrar til bedre kommunikasjon, og faste båter er derfor bedre enn båter på spot», fordelt på bakgrunn. Totalt 45 personer svarte på undersøkelsen: 13 brønnbåtpersonell, 15 fiskehelsepersonell, 14 lakseoppdrettere og 3 andre. De 3 andre inngår kun i samlet fordeling.

I tillegg til de tre hovedfaktorene nevnt over ble det listet opp syv andre faktorer som er viktig for laksens helse og velferd under brønnbåtoperasjoner, som ofte vil bli hensyntatt og ivaretatt så lenge de tre hovedfaktorene er på plass. Dette var oversikt over fiskehelsestatus, akklimatisering, vannkvalitet, opplining og trenging, sulting, vær- og strømforhold, samt kapasitet/tilgang til brønnbåtressurser på ønsket tidspunkt eller med ønsket utstyr.

Konklusjonen fra tilbakemeldingene fra erfaringsbasert kunnskap var at i alle gruppeintervjuene ble listen med faktorer som er viktigst for laksens helse og velferd under brønnbåtoperasjoner oppfattet som komplett. Det ble pekt på tre hovedfaktorer: A) erfarent personell i ansvarlige posisjoner som har riktig fokus og holdninger til arbeidet, B) god planlegging og C) god kommunikasjon og godt samarbeid (figur 6).



Figur 6. Oppsummering av hovedfunn fra erfaringsbasert kunnskap som viser hva intervjupersonene mente var de ti viktigste faktorene for laksens helse og velferd under brønnbåtoperasjoner. De tre mest sentrale faktorene er presentert i midten. Disse ti faktorene utgjorde listen fra første runde med individuelle intervjuer, og ble bekreftet av alle gruppene i gruppeintervjuene.

Felles for de tre hovedfaktorene er at de peker på operasjonelle tiltak med betydning for fiskevelferd. Både oppdrettere, fiskehelsepersonell og brønnbåtmannskap kan bidra til å forebygge uønskede hendelser ved å vektlegge hovedfunnene fra studien. Tiltakene kan antakelig føre til betydelige forbedringer og er ikke kostnadskrevende. Det er en sterk bevissthet blant deltakerne i denne studien om betydningen av organisatoriske og operasjonelle faktorer på fiskevelferd i brønnbåter. Dette gjenspeiles ikke i tilgjengelig litteratur på området.

Kunnskapshull

I arbeidet med Brønnbåtveilederen ble det avdekket flere kunnskapshull som gjorde det vanskelig å gi så konkrete anbefalinger på viktige områder. De viktigste områdene er listet her.

Anbefalte grenseverdier for CO₂ og pH

Anbefalte grenseverdier for CO₂ og pH ved korttidseksponering. Eksisterende kunnskap omfatter hovedsakelig langtids-eksponering i kar. Det er spesielt behov for mer kunnskap om effekter relevant for situasjoner i brønnbåt.

Betydning for fiskevelferd: Høyt CO₂-nivå i vannet fører til redusert pH og kan gi redusert utskillelse av CO₂ og redusert opptak av O₂ hos fisken, med risiko for svekket håndteringstoleranse og dødelighet. CO₂ og pH er sentrale vannkvalitetsparametere som kan påvirke tilstandsformen til en rekke pH-avhengige forbindelser. Disse parameterne overvåkes og kan reguleres, men det finnes ikke klare anbefalinger for korttidseksponering og hvordan pH bør reguleres.

Prosess og tema som er berørt: Lukket transport, Lossing, Ferskvannsbehandling - ferskvann fra settefiskanlegg, Medikamentell behandling

Forslag til oppfølging: Det er derfor behov for mer grunnleggende forskning relevant for brønnbåtforhold. Dette kan gi bedre grunnlag for anbefaling av grenseverdier.

Produsert ferskvann

Produsert ferskvann (RO-vann) har lavt ioneinnhold, og vi vet ikke i hvilken grad dette påvirker osmotisk stress og toleransen for ferskvannsbehandling. I hvor stor grad RO-vann har konsistent kvalitet og hvordan det lave ioneinnholdet påvirker andre vannkvalitetsparameter, vites det lite om.

Betydning for fiskevelferd: Ved håndtering av fisk fører akutt stress (økt kortisol) til økt respirasjon og permeabilitet i gjellemembranene, og dermed økt osmotisk stress. Lavt ioneinnhold i vannet gjør denne reguleringen mer krevende, og kan føre til økt osmotisk stress og risiko for dødelighet.

Prosess og tema som er berørt: Ferskvannsbehandling - ferskvann fra settefiskanlegg.

Forslag til oppfølging: Eksperimentell uttesting/grunnleggende kunnskapsutvikling på stress- og osmoregulering hos sjøvannstilpasset laks ved akutt overgang til ionefattig vann. Kartlegging av RO-vanns kvalitet og hva som påvirker variasjonen.

Akklimatisering i merd

Opplining av merd blir brukt for akklimatisering av laks før håndtering, men det eksisterer ikke tilstrekkelig forskningsbasert kunnskap om hvilke effekter dette har på fisken. Det er også usikkert hvordan ulike miljøforhold påvirker akklimatiseringen.

Betydning for fiskevelferd: Laksen utsettes for additivt stress fra de ulike operasjonen knyttet til håndtering og behandling i brønnbåt. Metoder for å redusere belastningen og gi rom for restituering mellom operasjonene kan bøte på dette. Behandling/belastning i trinnet før kan også få betydning for behandlingstoleranse. Det kan tenkes at opplining i noen situasjoner kan være ugunstig for laksen.

Prosess og tema som er berørt: Akklimatisering (opplining).

Forslag til oppfølging: Feltundersøkelser hvor en kartlegger akutt og kronisk stress under opplining ved ulike miljøbetingelser, samt variasjon i totalbelastningen etter en operasjon/behandling i brønnbåt.

Sedasjon

De fleste studiene på sedasjon er utført på smolt, og effekten er usikker. Det er vanskelig å gi klare anbefalinger basert på dagens kunnskapsgrunnlag.

Betydning for fiskevelferd: Sedasjon kan være et middel for å redusere risiko for skader der fisken spreller og utsettes for slag og slitasje mot anlegg og utstyr.

Prosess og tema som er berørt: Termisk behandling, Trenging, Pumping.

Forslag til oppfølging: Undersøkelse av stressrespons og skinnhelse på stor fisk ved ulike simulerte håndteringsmetoder og behandling.

Tetthet

Tetthet bestemmes i dag i stor grad ut fra grad av vannbehandling og vannkvalitetsparametere. Det er usikkert om dette er tilstrekkelig og om det finnes andre vannkvalitetsparametere som bør undersøkes.

Betydning for fiskevelferd: Det er betydelig usikkerhet rundt hva som er anbefalte tettheter i ulike situasjoner i brønnbåt, og hvordan tetthet påvirker både miljøforholdene, fiskeadferd og fiskens toleranse for håndtering og behandling.

Prosess og tema som er berørt: Lukket transport, Ferskvannsbehandling - ferskvann fra settefiskanlegg, Medikamentell behandling.

Forslag til oppfølging: Sammenstille større datasett fra næringen på vannkvalitet og fiskestatus under ulike tettheter, vannbehandling og miljøbetingelser. Følge opp med systematisk prøvetaking og kontrollerte forsøk.

Kompleks vannkjemi

Det er noen uopplarte hendelser med dødelighet/reduert velferd hvor målte vannkvalitetsparametere er innenfor grenseverdiene. Dette tyder på at andre vannkvalitetsparametere, som man ikke måler, antakelig påvirker fisken eller at flere vannkvalitetsparametere virker sammen.

Betydning for fiskevelferd: Redusert velferd og/eller dødelighet.

Prosess og tema som er berørt: Alle brønnbåtoperasjoner, størst risiko ved lukket brønn.

Forslag til oppfølging: Forskning på generelle og komplekse vannkvalitetsutfordringer relevant for brønnbåtforhold.

Gassmetning og fiskestørrelse

Hvordan påvirkes ulike fiskestørrelser av varierende trykkforhold, ulik gassmetning og holdetid.

Betydning for fiskevelferd: Redusert velferd og/eller dødelighet.

Prosess og tema som er berørt: Lasting, Lossing.

Forslag til oppfølging: Forskning på flere betingelser enn dem som ble testet under FHF-prosjektet NYBRØK.

Adferdsindikatorer

Adferdsindikatorer ved håndteringsoperasjoner. Her eksisterer det noen beskrivelser og karakteristika, mens det også er mangler med tanke på spesifikke responser knyttet til situasjoner relevant for brønnbåtoperasjoner.

Betydning for fiskevelferd: Det er avgjørende å kunne tolke signaler og forstå mekanismer for adferdsendringer for å kunne ta rette beslutninger til rett tid.

Prosess og tema som er berørt: Alle brønnbåtoperasjoner.

Forslag til oppfølging: Forskning på spesifikke faktorer som kan bidra til endret adferd, mekanismer som ligger bak ulike typer adferd og konsekvenser av adferdsavvik. Utforske potensialet i ny teknologi (kamera, akustikk, osv. og maskinlæring).

Identifisering av enkeltbelastninger

Enkeltbelastningene i en prosess/håndteringsoperasjon som bidrar til totalbelastningen er lite kjent, og vanskelig å skille. Det er behov for forskning som kan avdekke de mest kritiske områdene i en operasjon og gi bedre grunnlag for optimalisering av de enkeltfaktorer.

Betydning for fiskevelferd: Mer kunnskap om biologiske tålegrenser og adferdsresponser i operasjoner. Dette bør kobles mot fysiske målinger som hastighet, slag, trykk, temperatur osv.

Prosess og tema som er berørt: Alle håndteringsoperasjoner.

Forslag til oppfølging: Det måles i dag på responser som velferdsindikatorer og dødelighet i etterkant av behandling. Disse er for grove til å fange opp hvilke enkeltfaktorer som egentlig har påvirket fisken og hvilket håndteringstrinn dette gjelder. Det foreligger i dag teknologi for å måle belastningen fisken opplever gjennom en prosess (sensorfisk). Teknologien bør kalibreres videre opp mot biologiske responser, ved f.eks. å sammenstille data fra ulike kommersielle håndteringsoperasjoner og ulike forhold. F.eks. hvilke grenseverdier for støt er akseptable for fisken?

6 Referanser

- Annon., 2021. RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. URL: <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon>.
- Espmark, Å.M., Kolarevic, J., Aas-Hansen, Ø. og Nilsson, J., 2015. Pumping og håndtering av smolt. Rapport FHF prosjekt nr. 900660.
- Espmark, Å.M., Midling, K.Ø., Nilsson, J., Humborstad, O.-B., 2016. Effects of Pumping Height and Repeated Pumping in Atlantic Salmon salar. *Natural Resources* 7, 377-383. <https://doi.org/10.4236/nr.2016.76032>
- Holan, A.B. Roth, B. Breiland, M.S.J., Kolarevic, J., Hansen, Ø.J., Iversen, A. Hermansen, Ø.Gjerde, B. Hatlen, B. Mortensen, A., Lein, I. Johansen, L.-H., Noble, C., Gismervik, K., Espmark, Å. M., 2017. Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI). Sluttrapport FHF prosjekt nr. 901296. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901296/>
- Kvale, S., Brinkmann, S., 2015. Det kvalitative forskningsintervju, 3.utgave. Gyldendal akademisk.
- Motter, A.A., Santos, M., 2017. The importance of communication for the maintenance of health and safety in work operations in ports. *Safety science* 96, 117–120.
- Noble, C., Nilsson, J., Stien, L.H., Iversen, M.H., Kolarevic, J., Gismervik, K., 2018. Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 328pp. ISBN: 978-82-8296-531-6.
- Norman Dalkey, O.H., 1963. An experimental application of the delphi method to the use of experts. *Management Science* 9, 458–467. doi:<https://doi.org/10.1287/mnsc.9.3.458>.
- Powell, M.D., Reynolds, P., Kristensen, T., 2015. Freshwater treatment of amoebic gill disease and sea-lice in seawater salmon production: Considerations of water chemistry and fish welfare in Norway. *Aquaculture* 448, 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.027>
- Reynolds, P., 2013. Ferskvannsavlusning i brønnbåt. NCE prosjekt: Avlusning i ferskvann prosjekt nr. 0311.
- Rojas-Tirado, P., Aalto, S.L., Atland, A., Letelier-Gordo, C., 2021. Biofilters are potential hotspots for H2S production in brackish and marine water RAS. *Aquaculture* 536, 736490. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736490>
- Rosten, T., 2010. Forutsetninger for optimalisering av systemer for transport av levende fisk i brønnbåt. Artikkel fra NIVA i VANN 03.
- Rosten, T., Kristensen, T., 2011. Best practice in live fish transport. URL: <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/215279>. nIVA rapport nr 6102-2011. For European Animal Welfare Platform.
- Sommer, M., 2011. Learning decision making. some ideas on how novices better can learn from skilled response personnel. *Advances in Safety, Reliability and Risk Management: ESREL 2011* , 156–164.

- Sommerset I, Walde C.S., Bang Jensen B., Wiik-Nielsen J., Bornø G., Oliveira V.H.S., Haukaas A. og Brun E. 2022. Fiskehelserapporten 2021. Veterinærinstituttets rapportserie. nr. 2a/2022.
- Størkersen, K.V., Osmundsen, T.C., Stien, L.H., Medaas, C., Lien, M.E., Tørud, B., Kristiansen, T.S., Gismervik, K., 2021. Fish protection during fish production. organizational conditions for fish welfare. *Marine Policy* 129, 104530. doi:10.1016/j.marpol.2021.104530.
- Tang, S., Thorarensen, H., Brauner, C.J., Wood, C.M., Farrell, A.P., 2009. Modeling the accumulation of CO₂ during high density, re-circulating transport of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, from observations aboard a sea-going commercial live-haul vessel. *Aquaculture* 296, 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.020>
- VKM, 2008. Transportation of fish within a closed system. Rapport 23. Norwegian Scientific Committee for Food Safety.
- Walde, C.S., Jensen, B.B., Pettersen, J.M., Stormoen, M., 2021. Estimating cage-level mortality distributions following different delousing treatments of Atlantic salmon (*salmo salar*) in Norway. *J. Fish Dis.* 44, 899–912. <https://doi.org/10.1111/jfd.13348>
- Wiik, S., 2020. Effekt av ferskvassbehandling på gjeller hjå laks (*Salmo salar* L.) med amøbegjellesjukdom (AGD): gjellepatologi, prevalens og tettleik av *Paramoeba perurans*. Master i fiskehelse fra Universitetet i Bergen.

7 Leveranser

Hovedleveranse, digital brukerhåndbok for optimalisering av fiskevelferd i brønnbåt:
<https://Bronnbatveilederen.no>

Faktaark: Systembeskrivelse av brønnbåt. Noen viktige prinsipper. 22. juni 2023

Nyhetsbrev: Arbeidet med å integrere innhentet erfaringsbasert kunnskap i håndboken er påbegynt. Nyhetsbrev 15.06.2023.

Statusrapport, 29. desember 2022. Resultater fra forskningsbasert kunnskap (AP1.2) systematisert og lagt til rette for bruk i AP3.

Delrapport, Erfaringsbasert kunnskap: Torolf Storsul, Camilla Karlsen, Ole-Kristian Hess-Erga, Kamilla Furseth, Ola Kvaal Brandshaug, Ane Vigdisdatter Nytrø (2023). Oppsummering av erfaringsbasert kunnskap. Input til håndboken for prosjektet BRØK. Rørvik 15. juni 2023. 31 sider.

Nyhetsoppslag: Forsker på fiskedødelighet under brønnbåtfrakt – og ser paralleller i lukkede oppdrettsanlegg. ilaks.no, 14 oktober 2022.

Presentasjon på Forskningstorget på Aqua Nor, 23. august 2023.

Populærvitenskapelig artikkel: Torolf Storsul, Camilla Karlsen, Ola Kvaal Brandshaug, Ane Vigdisdatter Nytrø, Sondre Veberg Larsen, Ole-Kristian Hess-Erga, Thor Magne Jonassen, Lauris Boissonnot (2023). Erfaringsbasert kunnskap kan brukes til å bedre fiskevelferd ved brønnbåtoperasjoner. [Norsk Fiskeoppdrett og kyst.no](http://NorskFiskeoppdrettogkyst.no).

Manus til vitenskapelig artikkel: Torolf Storsul, Ola Kvaal Brandshaug, Lauris Boissonnot, Camilla Karlsen, Ane Vigdisdatter Nytrø, Sondre Veberg Larsen, Ole-Kristian Hess-Erga, Thor Magne Jonassen. Factors contributing to lower the biological risk in well 1 boat operations: a qualitative study. Unsubmitted.