

Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd – Del C. Bruk av operative velferdsindikatorer i forbindelse med ulike håndteringsprosedyrer

Kristine Gismervik¹, James F. Turnbull², Kristoffer Vale Nielsen¹, Martin H. Iversen³, Jonatan Nilsson⁴, Åsa M. Espmark⁵, Cecilie M. Mejdell¹, Bjørn-Steinar Sæther⁵, Lars H. Stien⁴, David Izquierdo-Gomez⁵, Jelena Kolarevic⁵, Kjell Ø. Midling⁵, Kristian Ellingsen¹ og Chris Noble⁵

1. Veterinærinstituttet, Pb. 750 Sentrum, NO-0106 Oslo, Norge
2. University of Stirling, Institute of Aquaculture, School of Natural Sciences, Stirling, FK9 4LA, United Kingdom
3. Nord Universitet, Fakultet for biovitenskap og akvakultur, 8049 Bodø, Norge
4. Havforskningsinstituttet, Pb. 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen, Norge
5. Nofima, Pb. 6122 Langnes, NO-9291 Tromsø, Norge



Innholdsfortegnelse

1 Hvorfor og hvordan overvåke velferd under håndteringsoperasjoner	216
1.2 Pumping.....	223
1.3 Bedøving og avliving i forbindelse med slakting	228
1.4 Human avliving av individer og grupper med fisk på anlegget	233
1.5 Bade- og medisinbehandlinger.....	237
1.6 Bedøvelse	241
1.7 Vaksinerings	244
1.8 Transport	249
1.9 Fôrstyring, underfôring og sulting.....	254
1.10 Renhold og smittehygiene i forbindelse med f.eks. kar og utstyrvasking	260
1.11 Sortering	262
1.12 Undersøkelse av levende fisk	265
1.13 Sammendrag og oversikt over OVI'er og LABVI'er egnet til ulike håndteringsprosedyrer	269
2 Hvorfor og hvordan overvåke velferd under utvikling av ny teknologi.....	271
2.1 De første overveielser og en OVI/LABVI verktøykasse for ny teknologi	271
2.2 Beskrivelse av ny teknologi og passende OVI'er for måling og skåring	274
2.2.1 Mekanisk og termisk avlusing	274
2.2.2 Behandlingsflåte (badebehandling)	282
2.2.3 Laser	285
2.2.4 Notvask.....	287
3 Morfologiske skåringssystemer for vurdering av fiskevelferd ved ulike oppdrettssystemer og håndteringsteknologier	291
4 Referanser	296

1 Hvorfor og hvordan overvåke velferd under håndteringsoperasjoner

Formålet med denne delen av håndboken er å:

- Oppsummere og gjennomgå de viktigste vitenskapelige funnene med hensyn til OVI'er som er egnet til bruk under håndteringsoperasjoner.
- Gi pragmatisk og praktisk informasjon om optimal bruk av OVI'ene, inkludert erfaringsbasert kunnskap.



1.1 Trenging

Laks blir trengt gjentatte ganger gjennom produksjonssyklusen ved ulike håndteringsprosedyrer som vaksinerer, transport og slakting. I kar trenges fisken sammen ved å tappe ned vannvolumet (figur 1.1-1). Så lenge vanntilførselen opprettholdes, vil ikke vanntilgangen per biomasse bli forandret. Likevel kan risikoen for lokal oksygenmangel øke ved høye fisketettheter, siden et lavere vannvolum vil begrense fiskens bevegelsesfrihet. Generelt gir også stress økt oksygenbehov. I sjømerder trenges fisken ved å trekke inn nota eller ved å tvinge fisken til et mindre område inne i merden f.eks. ved bruk av orkastnot eller kulerekke. Siden området hvor vannet passerer inn i merden reduseres, medfører det redusert vannutveksling per biomasse. Risikoen for oksygenmangel vil derfor øke med mindre oksygen blir tilsatt vannet [1].



Figur 1.1-1. Smolt trengt i kar før pumping til transport. (Foto: J. Nilsson).

Utfordringer for fiskevelferden

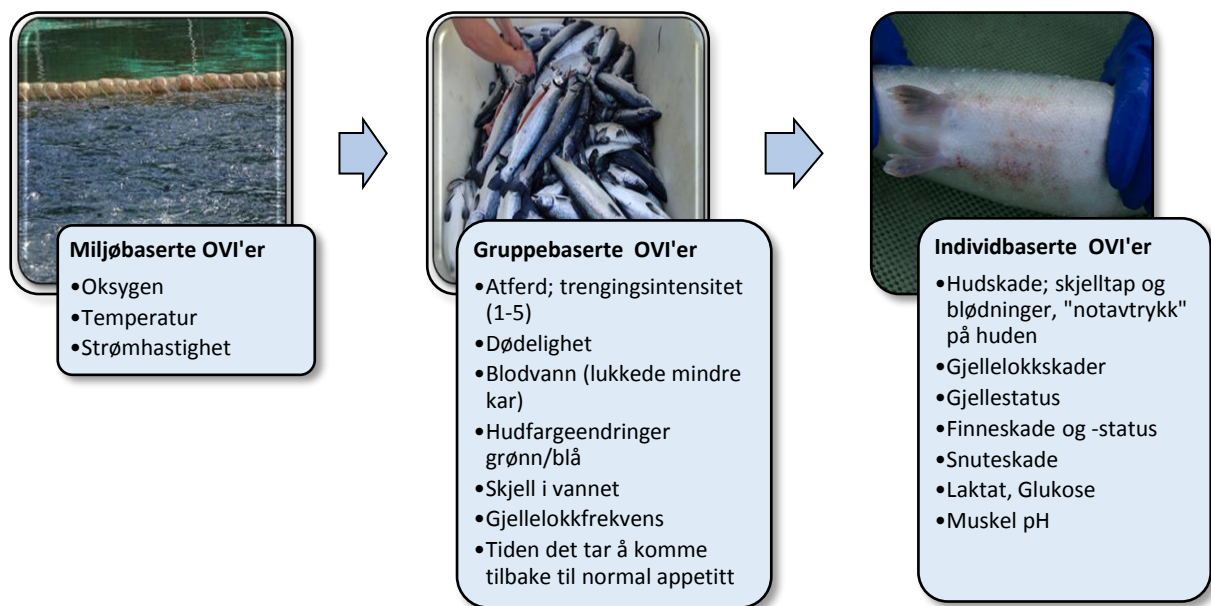
- **Svømming og atferdskontroll.** Trengt fisk har begrenset bevegelsesfrihet og mister kontrollen over egen atferd, noe som kan føre til stressrespons. Oksygennivåene i vannet kan falle mens oksygenbehovet for fisk øker med aktivitetsnivået. Fysisk kontakt med andre individer og not- eller karvegg kan føre til skader på finner og hud, inkludert skjelltap [2].
- **Stress.** Alle disse effektene er potensielt stressende. Trenging resulterer i stressrelaterte fysiologiske responser som økning i kortisol [2, 3], glukose [2], laktat [2, 4] og redusert pH i blod [2] og muskler [4].
- **Pre-rigor tid og slaktekvalitet.** Høyt stressnivå og muskelaktivitet under trenging kan gi dårligere slaktekvalitet, som splittet filet (gaping) og bløt filet [5]. Dessuten forkortes tiden til dødsstivheten inntre (såkalt pre-rigor tid) og vanskeliggjør pre-rigor filetering [4, 6].
- **Sår og dødelighet.** Smolt med hudskader som følge av trenging og pumping i ferskvannsstadiet, kan få flere sår og høyere dødelighet etter overføring til kaldt sjøvann (5°C), enn ved høyere sjøtemperatur (8°C)[2].
- **Strømforhold.** Trenging i merder med svært lav vanngjennomstrømming øker risikoen for oksygenmangel [1]. Sterk strøm kan deformere notveggene og slik endre formen og volumet på merda. Da bevegelsesfriheten reduseres under trenging, kan fisken ha redusert evne til å håndtere sterk strøm og den kan bli klemt mot notveggen.

Hvordan minimere velferdsutfordringene

- Stressnivåer og tiden det tar for å hente seg inn etter stress øker vanligvis med trengetiden. [2]. Trengetiden bør derfor være så kort som mulig. I RSPCA standarden er det oppgitt at trengetiden ikke må overstige 2 timer [7].
- Trenging og annen håndtering som kan føre til skader på huden, bør unngås spesielt ved lave vanntemperaturer for å redusere risikoen for å utvikle vintersår og høyere dødelighet [8].
- Under trenging bør operasjonen overvåkes nøye og justeres basert på velferdsindikatorer som atferd [9] og oksygenmåling (se figur 1.1-2 for flere OVI).
- For å redusere risikoen for oksygenmangel, kan oksygen tilsettes i vannet under trenging.
- Ved oppliving av nota er det viktig å unngå lommer eller grunne områder hvor fisken kan gå seg fast [10].

Hvordan vurdere velferd under trenging

Fysiologiske mål som glukose (blodsukker) og laktat (melkesyre) har begrensninger som velferdsindikatorer, siden endringene først kan være målbare en tid etter (minutter-timer) at stress er påbegynt og verdiene påvirkes av fiskens status og kondisjon i utgangspunktet (se del A kapittel 3). Målinger av laktat og pH kan gi en indikasjon på stressbelastningen dersom man tar gjentatte målinger under hele trengeprosessen [2]. Fysiologiske målinger kan bidra til å finne fremtidige «beste praksis» prosedyrer men er lite egnet til å overvåke velferd under pågående operasjoner.



Figur 1.1-2. Oversikt over OVI'er som er egnet for trenging av fisk. Miljøbaserte OVI'er angår oppdrettsmiljøet, gruppebasert OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er gjelder enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygenmetning. Under trenging økes fiskens stoffskifte pga. stress og økt muskelaktivitet, noe som gir en høyere risiko for oksygenmangel. Oksygenmangel kan også opptre uten trenging eller annen form for stress, hvis merdene ligger i lagdelte fjorder. Fisken samles her ved høye tettheter i det foretrukne vannlaget [11], og det gir stor risiko å trenge fisken ytterligere under slike forhold. Hvilket oksygennivå i sjøen som vil være kritisk i forhold til å få nok oksygen er temperaturavhengig. For parr- og smolt finnes det ikke detaljerte data om hvilke oksygenkonsentrasjoner som trengs for å opprettholde optimal appetitt og aerobt (oksygenavhengig) stoffskifte ved forskjellige temperaturer. Erfaring tyder likevel ikke på at det er dramatiske forskjeller sammenlignet med postsmolt (se tabell 1.1-1). For eksempel er det funnet at en oksygenmetning (LOS) på 39 % O₂ ved 12,5°C virker begrensende for parr [12]. For postsmolt er oksygenivåer som er høye nok til ikke å påvirke appetitt (over DO_{maxFI}) alltid trygge, mens nivåene aldri må nærme seg den begrensende oksygenmetningen (limiting oxygen saturation, LOS) (Tabell 1.1-1). Som en generell retningslinje brukes ofte oksygenmetninger på > 80 % [13] og RSPCA- standarden anbefaler en minimumsgrense på 7 mg /L [7].

Tabell 1.1-1. Viser sikre (over DO_{maxFI}) og kritiske (under LOS) oksygenmetninger for postsmolt ved forskjellige temperaturer i henhold til Remen et. al. [14].

Temperatur °C	SIKRE OKSYGENMETNINGER (over DO _{maxFI})	KRITISKE OKSYGENMETNINGER (under LOS)
7	42 %	24 %
11	53 %	33 %
15	66 %	34 %
19	76 %	40 %

Temperatur. Stoffskiftet til vekselvarme dyr som fisk avhenger av omgivelsestemperaturen. Enhver organisme trenger en viss energi til å opprettholde kroppsfunksjon og dermed overleve («vedlikeholdsbehov»). I tillegg til dette kreves energi til andre prosesser som fysiske anstrengelser, å håndtere endringer i miljøet osv. Dette kalles metabolsk spillerom (på engelsk metabolic scope), og forteller hvor store «energireserver» som er igjen til annen aktivitet. «Energireservene» hos fisk er høyest ved optimal temperatur, men reduseres kraftig når en går mot nedre og øvre kritiske temperaturområde [15], som for postsmolt ligger rundt 6°C og 18°C. Det er derfor ekstra utfordrende for fisken å øke stoffskiftet under trenging eller annet stress nær disse temperaturområdene. Oppløseligheten av oksygen avtar også med økende temperatur, slik at varmere vann inneholder mindre oksygen enn kaldere vann ved samme metningsgrad. Lav temperatur øker risikoen for utvikling av sår. Skader fra håndtering er ofte inngangsporten for sekundære infeksjoner med bakterier som *Moritella viscosa* og andre vintersårbakterier (se tabell 3.1.5-2 i del A for mer informasjon om vintersår) [16, 17].

Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Det finnes lite litteratur som beskriver atferden til fisk under vannoverflaten ved trenging. Derimot har både Mejdell et. al. [9] og RSPCA [7] utviklet en intensitetsskala basert på hva som kan sees fra overflaten (figur 1.1-3). Målet er å ha rolig svømmeaktivitet hvor ingen ryggfinner bryter vannoverflaten. Nivå 4 og 5 er fra norske myndigheters side klassifisert som uakseptable og ikke i samsvar med forskrift [10]. I en studie av en kommersiell trenging før slakting [3], observerte man ingen panikkatferd. Studien brukte også et fjernstyrt undervannsfartøy (ROV) for å overvåke atferden under overflaten, i tillegg til å ha kameraer i merdene og på overflaten. Studien konkluderte med at blodbaserte operasjonelle velferdsindikatorer som LABVI'er (kortisol og pH) og OVI'er (laktat), viste en akutt stressrespons som de ikke ville ha oppdaget ut i fra fiskens oppførsel alene. Forhøyede laktatnivåer i andre studier [2] tyder på høye aktivitetsnivåer under trenging. Panikkatferd og eksplosiv svømming påvirker de hvite musklene og produksjonen av laktat. Panikkatferd og rask svømming øker også risikoen for mekanisk skade, og er en indikator på for hard trenging.

Gjellelokkfrekvens («pusting») øker naturlig etter hvert som fiskens oksygenbehov og stoffskifte stiger som følge av økt aktivitet og stress. Gjellelokkfrekvens har blitt brukt som en OVI under trenging [3]. Man fant en økning i gjellelokkfrekvensen fra 55-60 (før) til rundt 80 slag per minutt under trenging. Dette tilsvarer en økning på rundt 20-50 % under trenging. Vurdering av gjellelokkfrekvensen utføres best hvis fisken svømmer sakte eller står stille. Endringer i gjellelokkfrekvensen kan være synlig fra over vannet hvis sikten er god, eller ved bruk av undervannskameraer [3]. Det er likevel vanskelig å få tallfestet en endring i gjellelokkfrekvensen fra merdkanten, og man må vanligvis benytte videoopptak. Hvis fisken står relativt rolig er det mulig å telle manuelt fra merdkanten ved hjelp av en stoppeklokke, men da reduserer man ofte repeterbarheten og nøyaktigheten. Tallfesting av gjellelokkfrekvens er derfor en LABVI. Å bruke faktisk gjellelokkfrekvens kan være en problematisk LABVI, da forskjellig vannmiljø, strømhastighet og lignende faktorer kan påvirke verdiene. Vi foreslår derfor at man bruker den prosentvise endringen i gjellelokkfrekvensen målt før, under og etter en operasjon.

Dødelighet bør følges nøye og regelmessig opp etter trenging, for å avdekke årsaksforhold og slik forebygge redusert velferd under denne prosedyren.

Appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere til normalt nivå bør overvåkes nøye etter trenging. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere til normalnivå etter eksempelvis håndtering kan derfor også brukes som OVI. Det kan gjenspeile hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt er lett å måle kvalitativt ved å observere fisken når den tilbys mat.

Rødt vann (blodvann). Erfaringsmessig kan trenging av postsmolt i lukkede og mindre kar gjøre det mulig å oppdage blødninger som fargeskift i vann, såkalt «rødt vann (blodvann)». Også i RSW-tanker til levendekjøling av fisk på slakterier observeres dette. Dette er aldri et godt tegn, og årsaken bør undersøkes (se 1.12 og del A kapittel 3 for mer informasjon).

Skjelltap. Skjell i vann indikerer skjelltap og potensiell skade på huden (se del A kapittel 3).

Hudfargeendring. Hudfargen kan endres til grønn/blå under stressende trenging, og man kan se etter om hudfargen endrer seg fra starten til slutten av trengingen [9].

Individbaserte OVI'er

Selv om disse parameterne måles på individnivå, må det også fattes en beslutning på gruppenivå ved å sammenligne data fra før og etter trening.

Hudstatus. Fysisk kontakt med andre individer, merd/kar eller annet utstyr, kan føre til ulike former for hudskader. Små blødninger i huden på buksiden kalles ofte for «rødbuk». Skjelltap kan observeres både som frie skjell i vannet og som områder på fisken hvor skjell mangler. Stressende og langvarig trening kan gi slimtap, og hudfargen kan endres til grønn/blå [9]. Siden slim og skjell beskytter fisken i miljøet og fungerer som barrierer, kan tap gi opphav til infeksjoner og problemer med å opprettholde saltbalansen. Man bør være spesielt oppmerksom ved trening av smolt, da erfaring har vist at de er spesielt sårbare for skjelltap under overføring til sjø [19]. Skjellene er løse festet på grunn av smoltifiseringsprosessen, og konsekvensene av skjelltap kan være alvorlige på grunn av at saltbalansen i kroppen forstyrres [19].

Gjellelokkskade og gjellestatus. Gjellelokkskade inkluderer ødelagt, forkortet eller mangel på gjellelokk. Ved å skåre forandringer på selve gjelleoverflaten (synlige som «hvite flekker») kan man få et mål på gjellestatus, såkalt total gjellescore. Gjelleblødninger bør også overvåkes i forhold til mekaniske skader [20].

Snuteskader kan oppstå i forbindelse med håndtering, der fisken presses mot not eller treffer harde flater med snuten.

Finneskade. Fysisk kontakt kan også føre til skadede finner, spesielt finnesplitting.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktiv og helbredet finneskader, er angitt på slutten av dette dokumentet.

Laktat (melkesyre). Panikk og eksplosiv svømming øker den anaerobe muskelaktiviteten og øker dermed melkesyren (laktat) i blodet [2, 21, 22]. Blodlaktaten bør ligge under 6 mmol/L [2]. Dette er lett å måle med håndholdt apparat, men prøver bør tas omtrent en time etter muskelaktivitet. Imidlertid fant Erikson et. al. [3] ingen signifikant korrelasjon mellom trengetid og laktatnivå.

Muskel pH. Økt laktat (melkesyre) i blod etterfølges av redusert muskel pH, blant annet vist under både pumping og trening [23]. En pH-senkning i muskulaturen som skjer gradvis etter døden er derimot ønskelig, da det bidrar til økt holdbarhet.

Glukose kan brukes som en OVI ved trening [24]. Økningen i plasmaglukose foregår relativt langsomt og topper etter 3-6 timer på laks [25], selv om responsen også påvirkes av fôringsstatus, -type og andre faktorer. Glukosenivåene bør derfor sammenlignes med nivået før operasjonen i stedet for noen «standard stressnivåer». Gismervik et. al. [20] fant ingen endringer i glukose fra hvile til under trening.



Figur 1.1-3. Illustrasjon av ulike nivåer av trengingsintensitet, under overflateovervåking av atferd i henhold til Mejdell et. al [9] og RSPCA [7]. Nivå 1 er målet og nivå 4 og 5 er av norske myndigheter klassifisert som uakseptable og ikke i samsvar med forskrift [10]. (Figur: D. Izquierdo-Gomez og K. Gismervik, Bilder: Alistair Smart).

1.2 Pumping

Pumping er mye brukt under transport og flytting av fisk. I tillegg blir pumping i de fleste tilfeller utført i forbindelse med andre håndteringsprosedyrer som for eksempel trenging, sortering, vaksinerings, og flere typer lusebehandlinger. Dette er noe som resulterer i gjentatte stressbelastninger for fisken [23, 26]. Pumping av både unge og voksne fisk gjøres vanligvis med vakuumpumper. Fisken pumpes under trykk («vakuu») i et rør med dimensjon som skal justeres i forhold til fiskestørrelse. I røret er svømmeatferd og bevegelsen begrenset. Hvis pumpingen stopper, kan vannkvaliteten i røret raskt forringes. Vakuu (0,3 - 0,7 bar for voksenfisk) fortsetter til fisken er inne i pumpekammeret, hvorfra de skyves (ved 1,5 - 2,0 bar for voksenfisk) ut og inn i et rør igjen. Når korrekt prosedyre følges, er det få indikasjoner på at pumping skader fisken [21]. Erfaringsmessig er det imidlertid klart at under utvikling av ny teknologi skal man ha fokus på å unngå pumperelaterte skader [8, 27, 28].

Utfordringer for fiskevelferden

- **Pumpehastighet** skal muliggjøre at fisken føres jevnt gjennom røret uten å slite. For lav hastighet vil gjøre det mulig for fisken å prøve å snu i røret for å svømme i feil retning, eller stå stille i røret med strømmen, mens for høy hastighet derimot kan føre til kollisjoner og tap av skjell [2, 29]. Pumpehastigheten skal være over U_{crit} som er kritisk svømmehastighet [30] (se del A, kapittel 4.2.1) for å hindre at fiskene står mot strømmen og blir utmattede i rørene.
- **Høyde.** Eksperimenter har ikke vist negative effekter av pumpehøyder [2, 21]. Imidlertid har de fleste oppdretterne i dag plassert pumpene nær pumpens innløp, med god effekt på velferden.
- **Utstyr.** Dårlig synkronisering mellom rørdiameter, fiskestørrelse, ventiler og rør-bøy (Figur 1.2-1), kan føre til skader på gjellelokk og finner. Rør-bøyer kan også resultere i synlige ytre skader ved at fisken kolliderer med utstyret og med hverandre.
- **Gjentatt pumping og håndtering** kan øke stressbelastningen på fisken [21, 23, 26].
- **Pumping av svak fisk.** Pumping skal bare gjøres med fisk som er frisk, robust og klarer å håndtere den ekstra belastningen en pumping innebærer.
- **Undertrykk (vakuu).** Forsøk med undertrykk viste ingen negative effekter eller skader forårsaket av vakuu alene sammenliknet med andre pumpeprosedyrer [22]. Imidlertid kan blod (rødt vann) iblant observeres i pumpekamrene, og forfatterne konkluderte med at dette ikke var forårsaket av undertrykket alene, men heller fra mekaniske skader på gjellelokk og gjeller som følge av høy hastighet og kollisjoner. Da svømmeblæren utvides når det omkringliggende trykket faller i vakuumpumpen, frigjør laks luft fra blæren [22]. Mindre luft i svømmeblæren vil påvirke oppdriften negativt, til fisken har fylt blæren igjen.



Figur 1.2-1. Rør-bøy kan forårsake skade på fisken. (Foto: Å. M. Espmark).

Hvordan minimere velferdsutfordringene

De fleste risikofaktorene som er nevnt ovenfor kan reduseres med bedre kunnskap og bevissthet om hvordan pumpingen utføres på skadelig måte, eller hvordan dårlig tilpasset utstyr kan skade fisken. Noen av de beste måtene for å sikre jevn pumping av fisken på, er ved å sikre at: **i)** utstyret har blitt oppdatert og har gjennomgått service, **ii)** rørene passer for størrelsen på fisken som skal pumpes, **iii)** det er ingen ru overflater, rør-bøyer og ventiler inne i pumpen eller rørene som kan skade fisken når den kommer i høy fart, **iv)** sørge for at fisk ikke sitter fast inne i pumpen hvis den stopper og **v)** overvåke og justere pumpens hastighet for å sikre at fisken drives lett fremover gjennom pumpen.

Hvordan vurdere velferd under pumping



Figur 1.2-2. Oversikt over OVI'er som egnet for pumpeprosedyrer. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet inkludert miljøet i teknologien, gruppebasert OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er gjelder enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik, foto miljø: Å. M. Espmark).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygen. Hvis pumpingen stopper vil oksygenivået synke inne i røret, noe som kan resultere i oksygenmangel. Et eksempel på gjentatte stopp under pumpeprosessen er under slakting. I noen tilfeller er kommunikasjonen mellom slaktelinjen og ventemerdene dårlig, og når slaktlinjen er ved full kapasitet, stoppes inntaket av fisk. Ofte skjer dette uten å rapportere til folk ved ventemerden eller med en tidsforsinkelse på rapporteringen. Dette resulterer i en opphopning av fisk i røret. Se avsnitt 1.1 trenging for anbefalte oksygenmetningsverdier.

Ingen fisk igjen i pumpen under pauser eller ved slutt. Pass på at fisk ikke er igjen inne i pumpen hvis man slutter å pumpe, da dette kan føre til oksygenmangel (se ovenfor).

Vannhastigheten i pumpen skal være høy nok til å unngå at fisk svømmer mot strømmen slik at de blir utmattet. Hastigheten på vannet bør derfor være høyere enn kritisk svømmingshastighet [30] (U_{crit} , se del A, kapittel 4.2.1). På den annen side kan en vannhastighet som er for høy føre til fiskekader. Den øvre grensen for vannhastigheten avhenger av det utstyret som brukes, for eksempel rørvinkelens skarphet, risikoen for å treffe vegger når fisken føres gjennom pumpen og lignende faktorer. Måling av strømhastighet med en aktuell måler inne i slangen kan være vanskelig, men ved å anslå mengden av vann som går per sekund (tid for å fylle opp et kjent volum, strømningshastigheten i L/sek), kan nåværende hastighet beregnes etter følgende ligning:

$$V = \frac{10 * Flow}{3.14 * \left(\frac{Diameter}{200}\right)^2}$$

Hvor V er vannhastigheten i cm/s, $Flow$ er vannstrømmen i L/sek., og $Diameter$ er den indre diameteren av røret i mm.

Gruppebaserte OVI'er

Dødelighet bør følges nøye og regelmessig etter pumping for å evaluere mulige problemer eller velferdstrusler knyttet til prosedyren.

Appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere, bør overvåkes. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av stress [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere etter håndtering kan derfor brukes som OVI, da dette kan gjenspeile hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt er lett å måle kvalitativt ved å observere fisken når den tilbys mat.

Vekst. Veksten kan påvirkes av kortsiktig eller langvarig stress. Akutte endringer i veksten kan brukes som et varslingsystem for potensielle problemer, spesielt når oppdretteren har et robust overvåkingssystem for vekst.

Atferd. Hvis røret er gjennomsiktig, er det mulig å observere atferden inne i røret [22] (figur 1.2-3). Svømmingen skal være jevn og rolig. Uønsket atferd inkluderer fisk som forblir på ett sted, svømmer mot strømmen eller driver med strømmen bakover. Det er også mulig å observere fisk i noen pumper (se figur 1.2-4). Fisk skal ikke slite.

Rødt vann (blodvann). Erfaring viser at blod (rødt vann) kan observeres i pumpekamrene, sannsynligvis som følge av gjelleblødninger. Rødt vann er urovekkende og årsaken bør undersøkes (se 1.12 og del A kapittel 3 for mer informasjon).

Skjell i vann indikerer tap av skjell og potensiell skade på huden (se del A kapittel 3).



Figur 1.2-3. Smoltens atferd under pumping kan overvåkes gjennom den gjennomsiktige slangen. (Foto: Å. M. Espmark).



Figur 1.2-4. Fiskens atferd i pumpen kan observeres. Det bør ikke være for mye panikkatferd i pumpen, og det skal ikke ses rødt vann (blodvann). (Foto: Å. M. Espmark).

Individbaserte OVI'er

Hudstatus: Laks kan miste skjell og få sår [2, 29], forårsaket av høy pumpehastighet og feil bruk av utstyr. Små blødninger i huden kan vanligvis ses på buken og kalles «rødbuk». Skjelltap kan observeres både som frie skjell i vannet og som områder på fisken hvor skjell mangler. Stressende og langvarig trenging i forbindelse med pumpingen kan gi slimtap, og hudfargen kan endres til grønn/blå [9]. Sårheling er avhengig av temperatur og miljøforhold, og sår kan ta opptil 3 måneder å helbrede [19]. Man bør være spesielt oppmerksom ved pumping av smolt, da de erfaringsmessig er spesielt sårbare for skjelltap under overføring til sjø [19]. Skjellene er løsere festet på grunn av smoltifiseringsprosessen, og konsekvensene av skjelltap kan være alvorlige på grunn av at osmoreguleringen (saltbalansen) forstyrres [19].

Gjellelokkskade og gjellestatus. Gjellelokkskade inkluderer ødelagte, forkortede eller manglende gjellelokk. Ved å skåre forandringer på selve gjelleoverflata (synlige som «hvite flekker») kan man få

et mål på gjellestatus, såkalt total gjelleskår. Gjelleblødninger bør også overvåkes i forhold til mekaniske skader [20].

Snuteskader kan oppstå i forbindelse med håndteringer, der fisken treffer harde flater med snuten.

Finneskade. Fysisk kontakt kan også føre til skadede finner, spesielt finnesplitting og blødninger. Finneskader har blitt registrert under pumping, og kan skyldes kollisjoner og feil bruk av utstyr.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktiv og helbredet finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Laktat (melkesyre). Panikk og eksplosiv svømming øker anaerob muskelaktivitet og øker dermed melkesyren (laktat) i blodet [2, 21, 22]. Blodlaktaten bør ligge under 6 mmol/L [2]. Dette er lett å måle med håndholdt apparat, men prøver bør tas omtrent en time etter muskelaktivitet. Imidlertid fant Erikson et. al [3] en signifikant korrelasjon mellom pumping og laktatnivå.

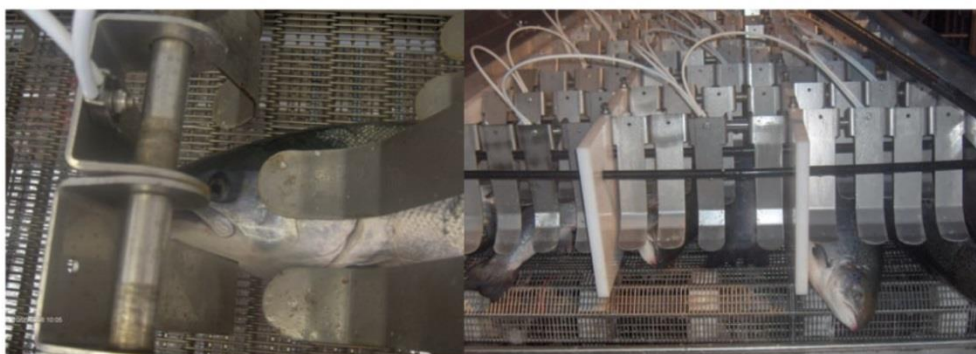
Muskel pH. Økt laktat (melkesyre) i blod etterfølges av redusert muskel pH, blant annet vist under både pumping og trenging [23]. En pH-senkning i muskulatur som skjer gradvis etter døden er derimot ønskelig, da det bidrar til økt holdbarhet.

Glukose (blodsukker) kan brukes som en OVI ved pumping [24]. Økningen i plasmaglukose er en relativt langsomt og topper seg etter 3-6 timer på laks [25] selv om responsen også påvirkes av fôringsstatus, -type og andre faktorer. Glukosnivåene bør derfor sammenlignes med nivåer før operasjonen i stedet for noen «standard stressnivåer».

Rigor mortis (dødsstivhet). Pumping under slakting kan forkorte tiden til igangsettelsen av rigor mortis (dødsstivhet) [22, 23].

1.3 Bedøving og avliving i forbindelse med slakting

Fisken skal være bedøvd når den bløgges og forbli bevisstløs inntil den er død. Hensikten er å unngå at fisken føler smerte og frykt i forbindelse med bløgging og under dødsprosessen. Men det som skjer med fisken i tiden mellom slaktemerd og bedøving er også viktig, både av hensyn til fiskevelferd og av hensyn til produktkvaliteten. Trenging, pumping og forflytning gjennom rør og renner, oksygenmangel og opphold ute av vann, påfører fisken stress og en risiko for skader. Hvis fisken passerer rørvinkler og lignende i stor fart, kan den få slagskader og blødninger. Regelverket setter krav om at utstyr skal være dokumentert ut fra dyrevelferd og funnet egnet til praktisk bruk. Bedøvings- og avlivingsutstyret skal betjenes, kontrolleres og vedlikeholdes av kompetent personale med tilstrekkelig opplæring. Fiskevelferden skal kunne dokumenteres gjennom internkontroll. To ulike metoder benyttes i dag til bedøving av laksefisk. Dette er henholdsvis elektrisk bedøving og slagbedøving. Disse metodene har litt ulike risikomomenter i forhold til fiskevelferd. Elektrisk bedøving bruker elektrisk strøm for å «kortslutte» hjerneaktiviteten, slik at fisken mister bevisstheten og dermed sanseevnen (figur 1.3-1). Elektrisk støt oppfattes av alle dyr som sterkt ubehagelig, og det er derfor viktig at strømmen straks ledes gjennom hjernen [9]. Prinsippet for slagbedøving er at et hardt slag mot skalletaket forårsaker hjernerystelse med bevissthetstap. Til laksefisk benyttes en ikke-penetrerende slagbolt [9]. Slagenergien bestemmes av boltens vekt og hastigheten den treffer med. Ofte vil fisken dø av hjerneskadene.



Figur 1.3-1. Illustrasjoner fra slakting ved hjelp av elektrisk bedøvelse [9]. Elektrisitet går fra lamellene, gjennom fisken og til underlaget. Til venstre vises lamellene som berører fisken, til høyre kan du se et bilde der fisken ikke er retningsorientert før bedøvelse, og kommer både med hale og hodet først (ikke god nok velferd).

Hvordan redusere fiskevelferdsmessige utfordringer

- **Generell håndtering.** Under slaktehåndtering er fisken utsatt for skader som kan oppstå under trenging og pumping (se egne kapitler), samt fra rør (særlig krappe vinkler), skarpe kanter eller annet hvor fisk kan skade seg. Se individbaserte OVI for hvordan slike skader kan avdekkes.

Elektrisk bedøving

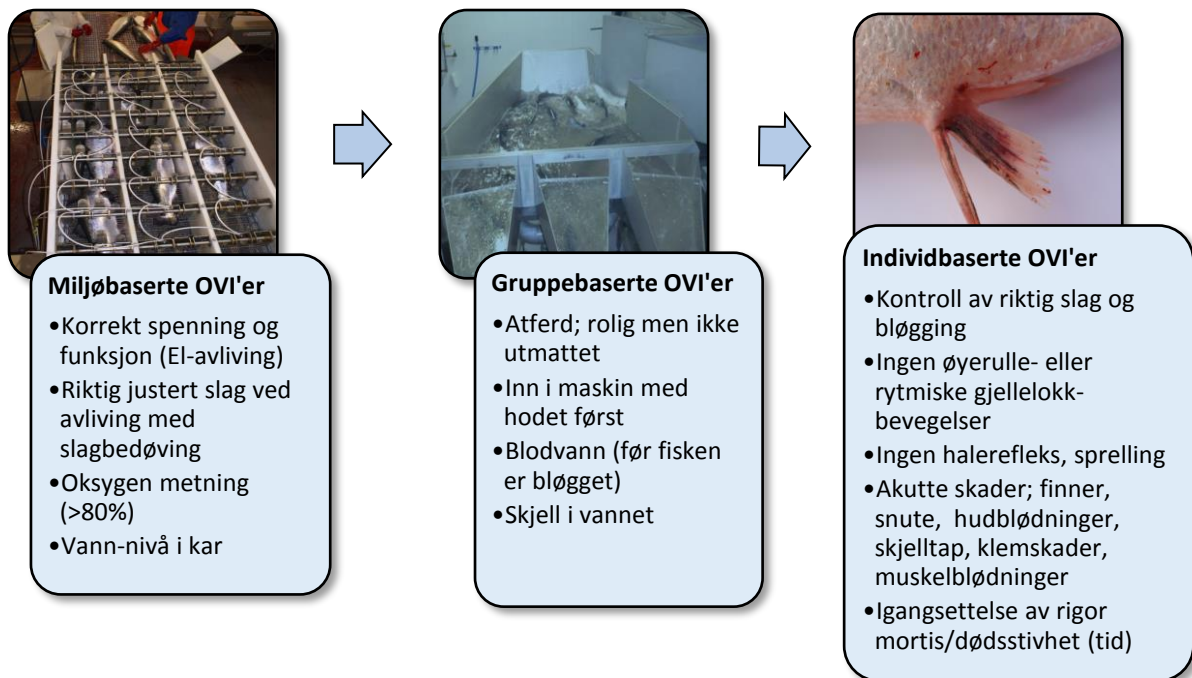
- I systemer som bedøver fisken ute av vann bør den retningsstyres slik at hodet går først inn i bedøveren [31]. Strømmen må ha tilstrekkelig styrke til å kunne forårsake den tilsiktede kortslutningen øyeblikkelig. Tiden ute av vann etter avsiling og før avliving, må være så kort som mulig [32].
- Elektrisk bedøving er i prinsippet reversibel, det vil si at fisken vil kunne våkne opp igjen i løpet av sekunder til minutter. Det er derfor viktig at fisken bløgges riktig og innen få sekunder etter bedøving, slik at fisken dør av blodtapet før bedøvingseffekten av strømmen opphører [9, 32].

- Systemer der elektrisk strøm også passerer fiskens hjerte vil kunne forårsake hjerteflimmer og hjertestans. Elektrisk stimulering av muskulaturen forkorter pre rigor-tiden (tiden til dødsstivhet). Elektrisk bedøvelse kan kombineres med slagmaskin for å øke sikkerheten for lang nok varighet av bedøvelsen [9].
- Ha kontroll og backup-utstyr klart for bedøvelse og bløgging, før overføring til utblødningssted.

Slagbedøvelse

- Ved for svakt slag eller dårlig treff kan det hende at fisken ikke bedøves i det hele tatt eller våkner opp senere dersom den ikke bløgges [9].
- Slagmaskinen må justeres etter fiskens størrelse. Eventuelt kan man sortere fra fisk som er for stor/kjønnsmoden eller for liten.
- Sørg for at fiskene kommer én og én og riktig vei inn i slagmaskinen [9].
- «Svøm inn»- systemer fordrer at fiskene er i god kondisjon og ikke er utmattet. Det kan forventes veldig lang pre rigor-tid ved metoden om fisken behandles skånsomt [9].
- Ha kontroll og backup-utstyr for bedøvelse og bløgging klart, før overføring til utblødningssted.

Hvordan vurdere velferd under slakting



Figur 1.3-2. Oversikt over OVI'er som egnet for slakteprosedyrer. Miljøbaserte OVI'er gjelder miljøet i teknologien, gruppebasert OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik, foto: C. Mejdell).

Miljøbaserte OVI'er

Riktig elektrisk spenning og funksjon ved elektrisk bedøvelse. Følg produsentens håndbøker og oppdater med egne erfaringer. Se også norske myndigheters veiledning og tolkning av slakteriforskriften [10].

Riktig justert slag ved bedøvelse og avliving. Følg produsentens håndbøker og oppdater med egne erfaringer. Pass på at maskinen er justert i forhold til fiskens størrelse.

Oksygenmetning. Vannkvaliteten under rørtransport av fisken og i oppholdstankene skal være god, og rutiner for overvåking av oksygennivået bør være på plass. Nivåer for oppløst oksygen som er høye nok til ikke å påvirke appetitt (over $DO_{\max FI}$) ansees trygge, mens nivåene aldri må nærme seg den begrensende oksygenmetningen (LOS) (Tabell 1.1-1). Som en generell retningslinje anbefales oksygenmetninger på > 80 % [13]. RSPCA standarden anbefaler en minimumsgrense på 7 mg/L [7].

Vann-nivå i oppholdskarene. Vann-nivået i seg selv må også overvåkes for å sikre at fisken er dekket av vann, og at f.eks. kar som retningsstyrer laksen virker som de skal [31].

Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Fiskene skal være rolige. De skal ikke vise atferd med plutselige slag med halen eller plutselige bevegelser. De skal ikke være utmattet eller ha problemer med balanse ved svømming. Laksen skal komme inn i maskinen i riktig retning, som er med hodet først ved slagbedøving eller elektrisk avliving ute av vann. Oppholdskarene før avlivingsmaskinene bør ikke være for overfylte, for å unngå at fiskene presses i feil retning av andre individer [31].

Rødt vann (blodvann). Pumping og annen håndtering av fisk før slaktning kan gi gjelleskader eller sårskader som blør. En indikator for dette er rødfarget vann i oppholdskar for fisken før bedøving (levendekjøling, atferdskar osv.). Spesielt tydelig blir det i kar med resirkulering av vann. Rødt vann er aldri et godt tegn, og årsaken bør omgående undersøkes (se 1.12 og del A kapittel 3 for mer informasjon).

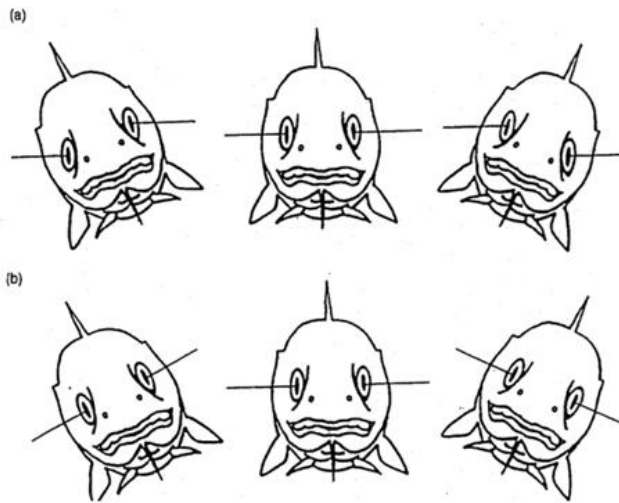
Skjell i vann indikerer tap av skjell og potensiell skade på huden (se del A kapittel 3).

Individbaserte OVI'er

Kontroll av korrekt slag og bløgging. Slaget skal ikke gi brudd på skallen, da energien av slaget absorberes i stedet for å gi hjernerystelse med tap av bevisstheten. Blødninger i sentrale deler av hjernen anses å være viktige for få ønsket effekt, og kan også sees makroskopisk ved å åpne hjernen for visuell inspeksjon av slagstedet [9, 10]. Kutting av aorta eller flere gjellebuer på begge sider betraktes som god praksis under bløgging [33].

Kontroll av bevisstløshet. Det skal kontrolleres at laksen er bevisstløs eller død før bløgging og andre slakteprosesser finner sted. Reflekser kan vurderes individuelt (som til stede eller fraværende) eller som et skåringssystem [34]. Når alle reflekser er fraværende, kan det trygt konkluderes med at dyret ikke er i stand til å føle [35, 36]. «Øyerulling» (vestibulo-okulær refleks) er svært nyttig på laksefisk. Den er den siste refleks som går tapt under anestesi, og den første som vises etter oppvåkning [37] (se figur 1.3-3). Det skal heller ikke observeres rytmiske gjellelokkbevegelser. Et og annet gisp bedømmes mindre strengt. En annen refleks er «hale-refleks» (dvs. ta tak i halen og se om fisken slår med halen). Kontroll av reflekser krever ikke spesialisert utstyr og gir en umiddelbar (<20 s) måling av fiskens tilstand. Man kan også vurdere om fisken reagerer på nåleprikking i leppe eller hud,

og om den forsøker rette seg i normal positur eller gjør svømmebevegelser om den legges over i vann.



Figur 1.3-3. Illustrasjon av øyerulle refleks av a) levende og b) død torsk fra Kestin et. al. [37]. Når en beveger fisken fra side til side vil fisken hvis den er bevisst, forsøke å holde øynene i horisontalplan (se a). Hvis fisken er død, kan ingen bevegelser i forhold til posisjon ses på øynene (se b).

Akutte skader. Indikatorer for utstyrsfeil eller hardhendt håndtering kan være gjelleblødninger (blodvann for eksempel i levendekjølingstank), ferske skader som finnesplitting, klemskader, blødninger, snuteskader og blåmerker under huden (ses etter at skinnen er tatt av) [9].

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Pre-rigor tid (tid til dødsstivhet). Høyt/langvarig stress kan gi kortere tid til rigor (enn forventet utfra bedøvelsesmetoden), og også en sterkere rigor. Dette kan brukes som en indikator på at forhold før/under slaktning bør optimaliseres med tanke på fiskevelferd.

Velferdsmessige sjekkpunkter ved bruk av elektrisk bedøving og slagbedøving [9, 31]

Elektrisk bedøving:

- Sjekk at alle strømparametere er i henhold til produsentens anvisninger.
- Sjekk at ingen fisk kan få strømstøt før bedøvingsstrøm passerer fiskens hode.

Slagbedøving:

- Sjekk at fisk kommer riktig vei inn (eller ut) av slagmaskinen.
- Sjekk at merket etter slagbolten er på rett sted over hjernen.
- Registrer antall fisk som ikke er truffet eller feiltruffet. Sjekk og juster maskinen, forholdene i atferdskaret og/eller sett inn nok mannskap for retningsstyring.

Begge:

- Sjekk at fisken ligger rolig (ikke vedvarende sprelling), mangler øyerull-refleks og regelmessige gjellelokkbevegelser (pusting) etter bedøving, før bløgging (hvis det er mulig). Kontroller at den er korrekt bløgget før overføring til utblødningstanken.
- Sjekk: Ta ut 20 fisk etter bedøving og bløgging og legg disse over i et kar med vann. Observer fiskene i 10 minutter. Viser noen tegn til midlertidig oppvåkning i form av øyerull-refleks, regelmessige gjellelokkbevegelser, gjenoppretting av balanse, eller viljestyrt svømming, er bedøvelsen ikke tilfredsstillende. Kontroller også bløggesnittet. For slagbedøving kan testen eventuelt også gjøres med fisk som ikke er bløgget – som en kontroll av at bedøvingen er irreversibel.
- Før tilsyn med at fisk som kommer ut av utblødningstanken (før sløyning) faktisk er død.
- Før kontroll og ha tilstrekkelige back-up systemer/mannskap ved behov for manuell avliving.

1.4 Human avliving av individer og grupper med fisk på anlegget

For å hindre høyt stress eller stor lidelse hos fisk, er det noen ganger nødvendig å avlive dem. Det kan skyldes sykdom eller skader, avliving av utsorterte svake individer, avliving for å ta blodprøver eller avliving av stamfisk. Close et. al. [38] har listet opp 11 viktige kriterier for forsvarlig avliving av forsøksdyr (se tabell 1.4-1). De samme kriteriene er også viktige i kommersiell produksjon, men ofte er utfordringen større på grunn av stort volum av fisk. Før dyret avlives, må det gjøres bevisstløst og ufølsomt for smerte. Bevisstløshet må induseres uten smerte eller lidelse, og dyr må ikke gjenvinne bevisstheten før døden inntreffer.

Tabell 1.4-1. Kriterier for forsvarlig avliving.

Kriterier for forsvarlig avliving i henhold til Close et. al. [38]

- Smertefritt
- Hurtig inntredelse av bevisstløshet og død
- Minst mulig håndtering og fastholding
- Unngå opphisselse
- Tilpasset livsstadium, art og helsetilstand
- Redusere redsel og psykisk stress
- Pålitelig og reproducerbar metode
- Irreversible
- Lett å administrere (i små doser hvis mulig)
- Sikker for bruker og så estetisk som mulig
- Bruker må vite hva som skal gjøres gjennom riktig opplæring

Akseptable metoder for avliving ved ulike livsstadier er oppført nedenfor. Det finnes eldre referanser om bruk av avfallskvern for avliving av yngel <2 cm [38]. Men dette kan ikke betraktes som god praksis i dag, med mindre dette blir ytterligere velferdsmessig dokumentert. Direkte avliving med fiskekvern som metode for postsmolt er ikke akseptabelt [39]. Likevel kan oppkverning brukes som steg to i kombinasjon med elektrisk bedøvelse eller anestesimidler under nødslaktning ved sykdomskontroll [32]. Hvis fisken ikke kan transporteres til slakteriet med brønnbåt, f.eks. av helsemessige eller smittehygieniske årsaker, finnes det spesielle båter for å utføre nødslaktning på stedet. En utfordring kan være tilgjengeligheten av slike båter, hvis for eksempel en alvorlig sykdom rammer en hel region. Elektrisk avliving kan være det beste valget i slike båter [39]. Ved nødstilfeller kan man benytte avliving ved hjelp av overdoser av bedøvelsesmidler som metakain / benzokain, men fisken kan da ikke brukes til menneskemat etterpå [32].

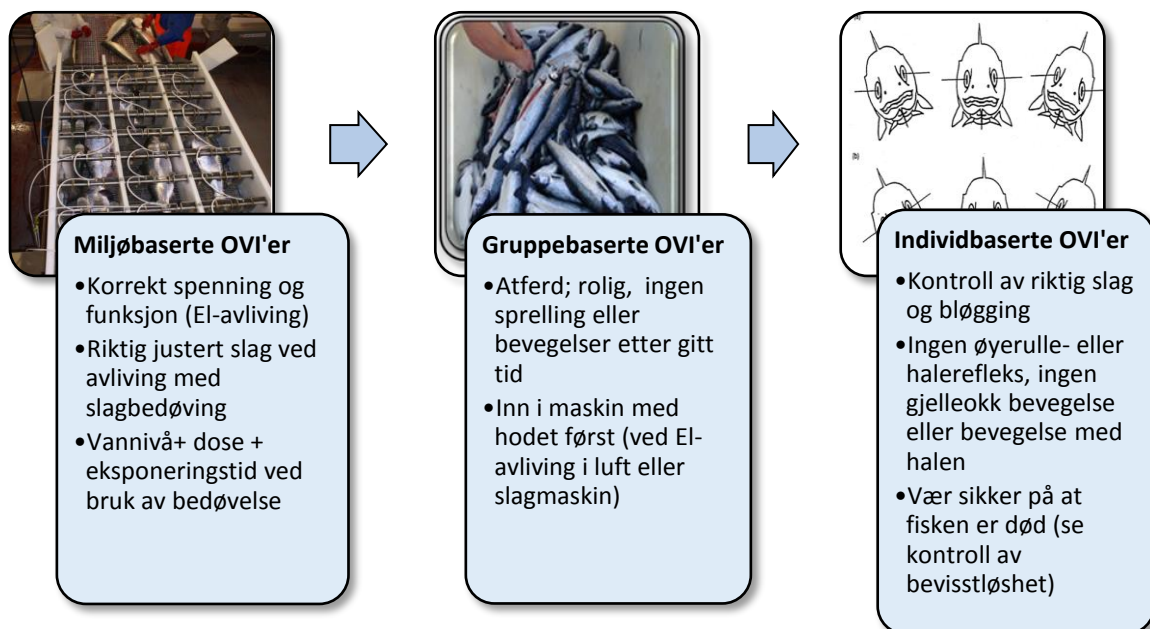
Akseptable metoder for avliving av fisk ved ulike livsstadier

- Yngel – Overdose bedøvelse, enkeltindivid; slag i hodet.
- Parr – Overdose bedøvelse, eller slag i hodet (bak øynene) etterfulgt av bløgging eller hodeavkapping [40].
- Postsmolt – Overdose bedøvelse, slag i hodet og bløgging. Ved nødslaktning bruk slaktebåter (eks. elektrisk bedøvelse/avliving og fiskekvern) [32].
- Stamfisk – Bedøvelse og bløgging eller overdose bedøvelse.

Hvordan redusere fiskevelferdsmessige utfordringer

- Dersom bedøvingen ikke utføres riktig, er det en risiko for at fisken er bevisst under bløgging. Ved manuell avliving av fisk med hodeslag er det viktig å slå hardt nok (helst brukes en «prest» som er en avlivingsklubbe). Slaget må treffe riktig på hodet, bak øynene (pass på å ikke treffe øynene). Bløgging bør gjøres umiddelbart etter slag for å sikre at fisken ikke våkner igjen, noe som kan være en risiko ved et ikke optimalt treff. Kutting av aorta eller de fleste gjellebuene på begge sider betraktes som god praksis under utblødning [33].
- Ved bruk av medisiner er det viktig å sikre riktig eksponeringstid, dose i henhold til temperatur og størrelse. Dette er spesielt viktig under nødslaktning med mange individer, for å sikre at alle fiskene blir avlivet [33].
- Metoder som resulterer i dårlig velferd, og som ikke anses å være human avliving er: CO₂-mettet vann, levende kjøling + moderat CO₂ og det å kutte gjellene på bevisst fisk (det kan ta 4,5-6 minutter før fisken er hjernedød) [33].
- Under daglige rutiner for å ta opp død fisk fra merd er det viktig å kontrollere at alle fisk virkelig er helt døde, ellers er det fare for at enkeltindivider kveles som følge av lufteksponering. Ved opptak av svimere (fisk som er døende eller har avvikende atferd), er en av de største risikoene for velferden selve innfangningen av fisken. Å fange dem fra store merder kan være en utfordring, spesielt når oppdretteren ikke vil stresser eller skade andre fisk under prosedyren. Små båter har blitt brukt inne i merden for å fange døende eller syk fisk under sykdomsutbrudd. Det er svært ønskelig med bedre tekniske løsninger for å sortere ut syke individer.

Hvordan vurdere velferd under avliving



Figur 1.4-1. Oversikt over OVI'er som er egnet for avliving. Miljøbaserte OVI'er gjelder miljøet i teknisk utstyr og vann, gruppebaserte OVI'er gjelder oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik, øyerulle refleksskisse fra Kestin et. al. [37]).

Miljøbaserte OVI'er

Riktig elektrisk spenning og funksjon ved elektrisk bedøvelse. Følg produsentens håndbøker og oppdater med egne erfaringer. Se også norske myndigheters veiledning og tolkning av slakteriforskriften [10].

Riktig justert slag ved bedøvelse og avliving. Følg produsentens håndbøker og oppdater med egne erfaringer. Pass på at maskinen er justert til fiskens størrelse.

Bedøvelsesdosering og vannivå. Ved bruk av bedøvelse er dosering eller mer korrekt overdosering, eksponeringstid og tilstrekkelig vannstand viktig for effektivt å kunne avlive all fisk. Se kapittel 1.6 for ulike bedøvelsesmiddel.

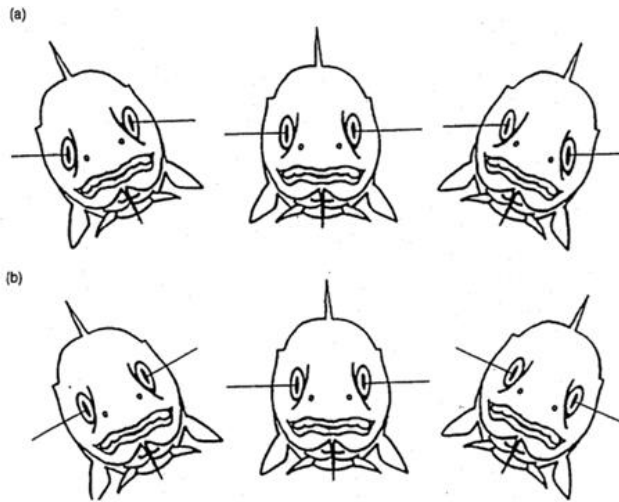
Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Fisk skal være rolig, ingen sprelling eller plutselige bevegelser. De skal ikke være utmattet eller ha problemer med balansen ved svømming. Laksen skal komme inn i maskinen i riktig retning med hodet først under slag eller elektrisk avliving i tørrluft. For å unngå at fiskene presses i feil retning av andre individer, må oppholdskarene før avlivingsmaskinen ikke være for overfylte [9].

Individbaserte OVI'er

Kontroll av korrekt slag og bløgging. Slaget skal ikke gi brudd, da energien av slaget absorberes i stedet for å gi hjernerystelse med tap av bevisstheten. Blødninger i sentrale deler av hjernen anses for å være viktige for få ønsket effekt, og kan også sees makroskopisk ved å åpne hjernen for visuell inspeksjon av slagstedet [9, 10]. Kutting av aorta eller de fleste gjellebuer på begge sider betraktes som god praksis under bløgging [33].

Kontroll av bevisstløshet. Det skal kontrolleres at laksen er bevisstløs eller død før bløgging og andre slakteprosesser utføres. Reflekser kan vurderes individuelt (som til stede eller fraværende) eller som et skåringssystem [34]. Når de er fraværende, kan det trygt konkluderes med at dyret ikke er følsomt [35, 36]. «Øyerulling» (vestibulo-okulær refleks) er svært nyttig på laksefisk. Den er den siste refleksjonen som går tapt under anestesi, og den første som vises etter oppvåkning [37] (se figur 1.4-2). Det skal heller ikke observeres rytmiske gjellelokkbevegelser. Et og annet gisp bedømmes mindre strengt. En annen refleks er «hale-refleks» (dvs. ta tak i halen og se om fisken slår med halen). Kontroll av reflekser krever ikke spesialisert utstyr og gir en umiddelbar (<20 s) måling av fiskens tilstand. Man kan også vurdere om fisken reagerer på nåleprikking i leppe eller hud, og om den forsøker rette seg i normal positur eller gjør svømmebevegelser om den legges over i vann.



Figur 1.4-2. Illustrasjon av øyerulle refleks av a) levende og b) død torsk fra Kestin et. al. [37]. Når en beveger fisken fra side til side, vil den om den er bevisst forsøke å holde øynene i horisontalplan (se a). Om fisken er død, kan ingen bevegelser i forhold til posisjon ses på øynene (se b).

1.5 Bade- og medisinbehandlinger

God forebygging er som regel et bedre alternativ for fiskevelferden enn medikamentell behandling. Men dersom forebyggingen er mislykket og fisken infiseres av smittsomt agens, kan behandling være et aktuelt alternativ. Dette kapitlet beskriver medikamentell behandling og mulige bivirkninger av disse. Badebehandling i ferskvann mot lus og AGD er også inkludert. Lakselus kan også behandles med ikke-medikamentelle metoder og de mest aktuelle av disse metodene beskrives i kapittel 2.2.1. For vaksinasjon se 1.7 og 1.6 om bedøvelse.

Medikamentell behandling gjennomføres i norsk oppdrettsnæring i varierende omfang og mot ulike agens, i hele laksens livssyklus. Dette gjelder fra rognstadiet til slakting eller til den eventuelt blir stamfisk. I sammenheng med fiskevelferd er det relevant å dele opp temaet etter administrasjonsvei for legemiddelet; badebehandlinger, fôrbehandlinger og injeksjoner. Det er generelt lite kjente velferdsutfordringer forbundet med fôrbehandlinger og injeksjoner utføres bare i svært begrenset omfang. Dette kapitlet behandler derfor bare velferdsutfordringer forbundet med badebehandling.

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

Legemiddelbivirkninger er skadelige eller utilsiktede effekter av legemidler anvendt i doser som normalt brukes ved behandling, profylakse eller i diagnostikk av sykdom, eller for å modifisere fysiologiske funksjoner [41].

- I oppdrettssammenheng kan det være spesielt hensiktsmessig å skille mellom bivirkninger forårsaket av legemiddelet og bivirkninger som følge av svakheter ved metoden for administrasjonen av legemiddelet.
- Bieffekter av godkjente legemidler brukt på optimal måte er godt dokumentert gjennom godkjenningsordningen for legemidler. Godkjente legemidler er vurdert som forsvarlige for fiskevelferden. Likevel behandles ofte mange individer samtidig og i store enheter. Det er store krav til effektivitet og dermed er det også stor risiko for at de ulike individene kan få ulik behandling.
- Store enheter gir utfordringer forbundet med å få en jevn dose legemiddel i hele behandlingsvolumet. Noen legemidler kan feste seg til for eksempel plast eller kan «forbrukes» av organisk materiale i vannet og fisk kan unngå legemiddelet.
- For noen legemidler er det relativt stor forskjell på hvilken dose som gir effekt på agens og hvilken dose som er skadelig for fisken (stor terapeutisk bredde). Mens for andre legemidler er denne forskjellen mindre (liten terapeutisk bredde). I oppdrettsnæringen vil det være ekstra stor risiko forbundet med å benytte legemidler med liten terapeutisk bredde.
- I takt med utviklingen av redusert følsomhet for legemidler, slik det har blitt med de fleste lusemidlene, har det vært praktisert å bruke økte doser og/eller en kombinasjon av flere legemidler. Dette er en praksis som er mangelfullt dokumentert og som antakelig øker risikoen for bivirkninger. Avvik i bruken av et legemiddel fra preparatomtale, eksempelvis ved økt dose eller en kombinasjon med andre legemidler, stiller nå store krav til dokumentasjon av faglig forsvarlighet [42].
- Før badebehandling blir fisken trent sammen, hovedsakelig for å spare legemiddel og redusere miljøpåvirkning. Dette gjøres ved å line opp noten, ved å overføre fisken til brønnbåt eller ved å tappe ned karet i settefiskanlegget. Trenging kombinert med eventuell pumping kan påvirke fiskevelferden negativt gjennom fysiologiske bivirkninger, finne- / hudskader, tap av appetitt og dårligere vekst [3, 21, 43]. (Se kapittel 1.1 og 1.2 om trenging og pumping).

- Økt ventilasjonsrate som følge av stress og/eller oksygenmangel kan medføre økt opptak av legemidler og dermed fare for forgiftning.
- Hydrogenperoksid har erfaringsmessig ført til episoder med høye dødelighetstall og dermed dårlig fiskevelferd, og både vanntemperatur og dose kan påvirke resultatet [44]. Nedsatt følsomhet er også et økende problem [45]. Det er utviklet egne sensitivitetstester til bruk på lus før behandling [46] for å ikke behandle fisk med suboptimale doser/utilstrekkelig effekt som vil gi ytterligere behov for nye behandlinger. På grunn av spalting av hydrogenperoksid, kan det være en risiko for overoksygenering under behandling.
- Ferskvannsbehandling mot lus har vist seg å ha få rapporterte negative konsekvenser for fiskevelferden [16, 47], men den relativt lange behandlingstiden på 6,5-8 timer som benyttes, kan gi økt risiko for skader relatert til håndteringen/trenging (se kapittel.1.1 og 1.2). I tillegg må det sørges for tilstrekkelig vannkvalitet (se tabell 1.5-1).
- Når det gjelder AGD behandling med ferskvann, er det sett at man få uker etter behandling kan få samme utgangsnivå som før behandling [48, 49], og det er også observert nedsatt følsomhet [50]. For langt kommet sykdom (målt i AGD skår) gir økt risiko for dødelighet under behandling [51].

Tabell 1.5-1. Anbefalte nivå i vannkilden og grenseverdier under behandling, for viktige vannkvalitetsparametere i forbindelse med ferskvannsbehandling av laks i henhold til Powell et. al. [51]

Vannkvalitetsparameter	Før behandling (anbefalt nivå)	Under behandling (grenseverdier)
Konduktivitet ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	<500	<1000
pH	6.0-6.7	6.0-6.8
ORP (mV)	40-100	<350
TOC/DOC (mg/L)	<3	Hvis mulig prøvetak for senere analyse
Ca ²⁺ (mg/L)	<10	Hvis mulig prøvetak for senere analyse
Na ⁺ (mg/L)	<10	
O ₂ (%)	90-110	90-110
CO ₂ (mg/L)	<5	<25
Salinitet (‰)	<5	<5

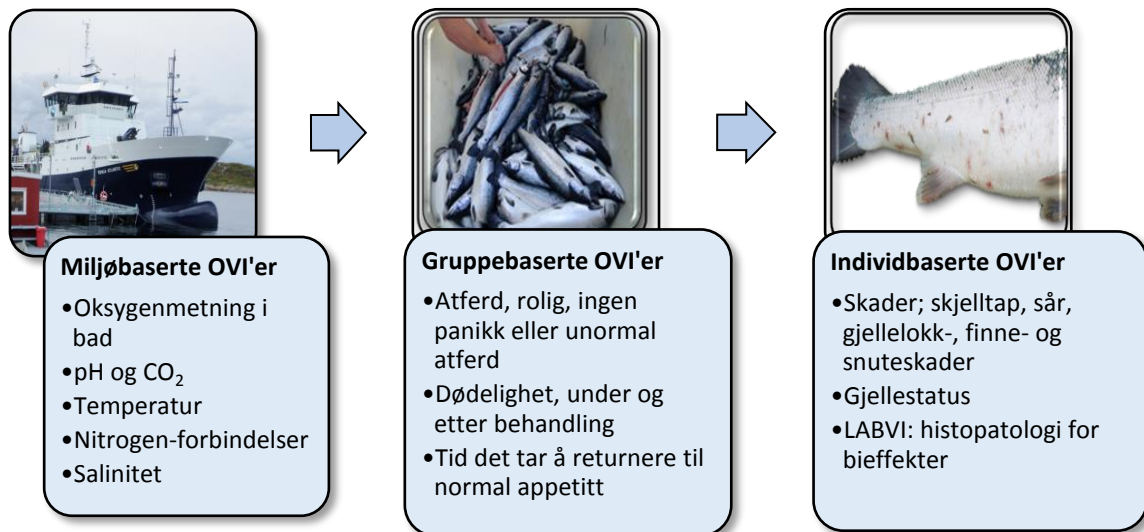
Hvordan minimere velferdsutfordringer

- Dyrevelferdsloven § 9 sier: Medisinsk og kirurgisk behandling skal utføres på en dyrevelferdsmessig forsvarlig måte og ivareta dyrets funksjonsevne og livskvalitet. Derfor må den forventede effekt/nytteverdi av en behandling settes opp mot risikoen for fiskevelferdsmessige negative konsekvenser av behandlingen. I noen tilfeller kan avliving eller slakting være et bedre alternativ enn behandling.
- En vurdering av om en skal gjennomføre medikamentell behandling eller ikke, bør inkludere kunnskap om:
 - ✓ Fiskens helsetilstand og sykdomshistorie (blant annet gjellestatus)
 - ✓ Vannkvalitet
 - Vannkjemi og temperatur
 - Alger, maneter, dyreplankton (sjøvann)
 - ✓ Følsomhetsstatus (agens) for aktuelle legemidler
 - ✓ Behandlingshistorikk – gjentatt behandling med samme virkestoff øker risikoen for utvikling av resistens, mislykket behandling og dermed unødvendig påvirkning på fisken.

- Når det er bestemt at behandlingen skal gjennomføres vil gode forberedelser øke sikkerheten ved behandlingen:
 - ✓ Relevant utstyr, kvalitet og kvantitet
 - ✓ Tilstrekkelig personale og gjerne erfarent personale
 - ✓ Behandlingsplan og prosedyrer
 - ✓ Pakningsvedlegg og anvisninger fra ansvarlig dyrehelsepersonell
 - ✓ Prøvebehandling av et mindre parti fisk (mest aktuelt for badebehandling i settefiskanlegg) for å sannsynliggjøre at behandlingen ikke har utilsiktede effekter
 - ✓ Ta ut vann- og gjelleprøver (backup)
 - ✓ Tilstrekkelig sulting av fisken
- Et viktig tiltak for å redusere eventuelle negative effekter på fiskevelferden, er å bare behandle en enhet den første behandlingsdagen. Denne behandlingen kan så evalueres helhetlig med hensyn til fiskevelferd, før resten av anlegget behandles.
- Førings av behandlingslogg med alle relevante data er påkrevd og vil sikre et nøyaktig grunnlag for evaluering av behandlingen.
- Det å avbryte en pågående behandling ved tegn på nedsatt fiskevelferd kan være en svært viktig løsning for å sikre fiskevelferden. I enhver prosedyre for behandling bør det derfor inngå hvordan en avbryter behandlingen og raskt får tynnet ut behandlingsmidlet, og det må være klare og konkrete kriterier for når en må avbryte behandlingen.

Hvordan måle velferden under og etter badebehandling

Badebehandling involverer ofte både trenging og pumping av fisken og hver av disse prosedyrene har egne risikoer for redusert fiskevelferd og måter å måle denne på (se kapittel 1.1 og 1.2).



Figur 1.5-1. Oversikt over OVI'er som er egnet for badebehandlinger. Miljøbaserte OVI'er angår teknologien/badet, gruppebaserte OVI'er gjelder oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon: K. Gismervik).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygen metning. Badebehandling foregår oftest i et avgrenset volum uten vannutskifting innen holdetiden for legemiddelet. Dermed er det svært viktig å tilsette ekstra oksygen og å følge oksygenivået i badet. Dette både for å sikre at fisken får tilstrekkelig med oksygen, men også for å hindre økt ventilasjonsfrekvens som kan medføre økt legemiddelopptak og risiko for forgiftning.

Legemiddelstyrke. Direkte måling av konsentrasjonen av virkestoffet kan være aktuelt for enkelte virkestoff, som for eksempel hydrogenperoksid.

Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Det er viktig å overvåke fiskens atferd, både i overflaten men også i dypet på store enheter. Endret atferd eller utseende kan være indikasjoner på forgiftning eller skader som fisken har pådratt seg under behandlingen. Eksempler på endret atferd er balanseproblemer, «gaping etter luft i overflaten» og panikkatferd.

Forhøyet dødelighet under behandling er en indikator på sterkt redusert fiskevelferd og bør resultere i stans i behandlingen. Forhøyet dødelighet etter behandling kan være relatert til denne og saken bør utredes nærmere av fiskehelsepersonell.

Appetitt. I etterkant av behandlingen kan tiden det tar før fisken igjen har normal matlyst, gi en god indikasjon på det totale skadeomfanget og stressbelastningen.

Individbaserte OVI'er

Skader og bivirkninger. I tillegg til stress og skader som kan oppstå i forbindelse med trenging og pumping (se kapittel 1.1 og 1.2), er det rapportert at enkelte legemidler kan gi andre typer skader på fisken. Slike skader oppstår for eksempel som følge av ujevn fordeling av legemiddelet i behandlingsvolumet. Hydrogenperoksid kan gi etseskader på hud, øyne og gjeller. Dette kan også påvirke slimcellene [52, 53]. Cypermetrin og deltametrin er rapportert å kunne gi endret pigmentering, og formalin kan gi gjelleskader [54]. I ekstreme tilfeller kan disse forandringen registreres makroskopisk, men i mildere former må en bruke histologi (LABVI).

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

1.6 Bedøvelse

Håndtering av fisk involverer nesten alltid fysisk kontakt med fisken. Fiskens karakteristiske kamp ved fangst og håndtering, påvirker både fysiologien og atferden. Det er derfor ofte nødvendig å immobilisere fisk man håndterer [55]. Kommersielt i lakseproduksjonen sederer eller bedøver man ikke fisk ofte. Imidlertid i en typisk produksjonssyklus benytter man bedøvelse under prosedyrer som vaksinerer, sortering, håndtering, transport og forskjellige sykdoms- eller parasittbehandlinger. Alle disse prosedyrene er potensielt stressende og kan gi en uønsket stressreaksjon [56-60].

Sedasjon og anestesi av fisk kan bli indusert ved bruk av narkotiske stoffer, gasser, hypotermi og elektrisk strøm [55, 61]. Valget av bedøvelse kan avhenge av a) tilgjengelighet (hva som er lisensiert til bruk), b) kostnadseffektivitet, c) brukervennlighet, d) innholdet i studien (relevant for forskning) og e) brukeren sin sikkerhet [62].

Markering og Mayer [63] produserte en liste med kjennetegn ved en ideell bedøvelse:

1. Den har en induksjonstid på mindre enn 15 minutter og helst mindre enn 3 minutter
2. Oppvåkningstiden etter bruk er kort (5 min eller mindre)
3. Den er giftfri for fisk
4. Den er lett å håndtere og ikke skadelig for mennesker under normal bruk
5. Den har ingen vedvarende effekter på fiskefysiologi og atferden
6. Den skilles raskt ut av fisken eller metaboliseres, etterlater ingen rester og krever ikke tilbakeholdelsestid i forhold til konsum eller slakt.
7. Den gir ingen kumulative effekter eller problemer ved gjentatt eksponering
8. Den er billig

I tillegg til disse egenskapene

9. Et bedøvelsesmiddel bør ha en stressreduksjonskapasitet, som burde blokkere utskillelsen av kortisol (hypotalamus-hypofysen-interrenal (HPI) aksen) og gjøre fisken ute av stand til å reagere på ekstra stressorer [64-68].

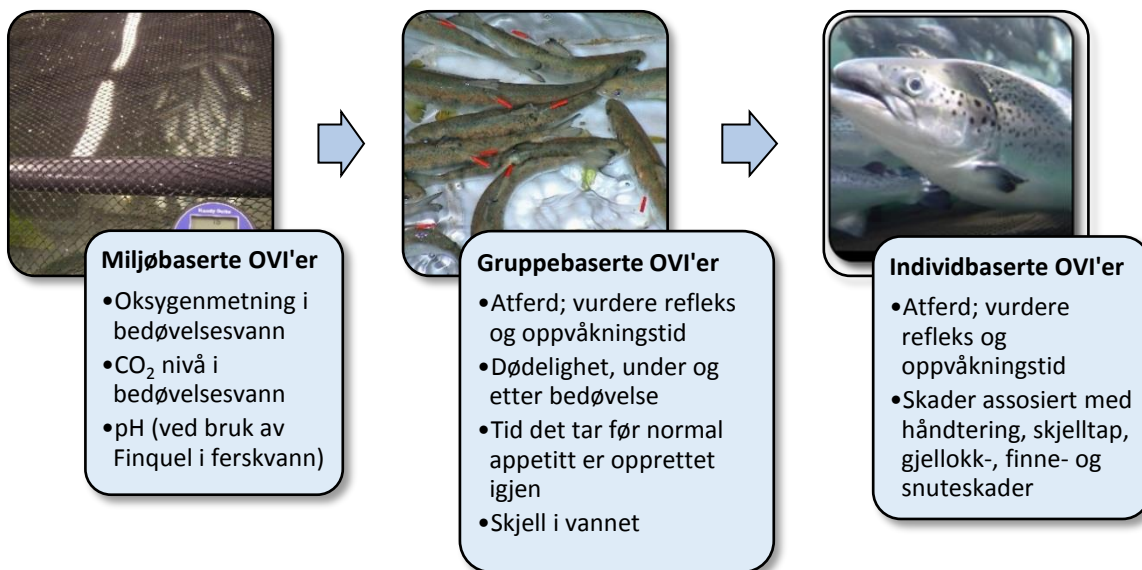
I Europa er det tre bedøvelsesmiddel godkjent for bruk i kommersiell oppdrett **Benzoak vet**, **Finquel vet** og **Aqui-S vet**.

- **Benzoak Vet** inneholder den aktive substansen benzokain (etyl-4-aminobenzoat) ved et konsentrasjonsnivå på 20 % (200 g / l) og fortynnes i propylenglykol.
- **Finquel Vet** inneholder 100 % trikain metansulfonat (MS-222) og har vært den vanligste anestesien siden innføringen i 1967 [69, 70]. En buffer (som natriumbikarbonat) under bruk i ferskvann er nødvendig for å oppnå en nøytral pH. Hvis ikke, kan en drastisk reduksjon i pH skade fisken. Trikain er ca. 250 ganger mer vannoppløselig enn den analoge benzokain og derfor må alle oppløsninger som inneholder benzokain, fremstilles i etanol, aceton eller propylenglykol [55, 58, 61]. Finquel Vet og Benzoak Vet er lokalbedøvende midler, selv om de opptrer systemisk i fisk. Lokale anestetika blokker neuronale Na⁺-kanaler og reduserer overføring av nervevirkningspotensialer [71, 72].
- **AQUI-S vet** inneholder 54 % (0,540 g L⁻¹) iso-eugenol (2-metoksy-4-propenylfenol) og 46 % polysorbat 80. AQUI-S vet har de siste par årene blitt testet på et bredt spekter av fiskearter, inkludert regnbueørret og atlantisk laks [73]. En ekstra positiv effekt av AQUI-S vet ble oppdaget av Iversen et al. [58], som viste at doser over 20 mg/L (iso-eugenol) blokkerte en ytterligere økning i plasmakortisol.

- Det eneste andre «bedøvelsesmiddelet» som har vist lignende effekter på plasmakortisol er etomidat/metomidat, men disse stoffene regnes ikke som bedøvelsesmiddel da de ikke har noen smertelindrende effekt [58, 67, 74].
- Finquel Vet og Benzoak Vet er begge potente stressorer som vil fremkalle stressrespons under bedøvelse [58].

Hvordan vurdere velferd under anestesi

En ideell bedøvelse bør ha en induksjonstid på mindre enn 15 minutter (helst mindre enn 3 minutter), og krever så kort oppvåkningstid som mulig (5 min eller mindre). Det er viktig at oppvåkningstiden er så hurtig som mulig, ettersom bedøvet fisk synker til bunnen og kan tette utløpet med et mulig utfall av oksygensvikt og alvorlig hudskade på fisken.



Figur 1.6-1. Oversikt over OVI'er som er egnet for anestesi. Miljøbaserte OVI'er angår anestesibadet, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er gjelder enkeltindividet. (Illustrasjon: K. Gismervik og M. H. Iversen. Foto: M. H. Iversen og L. H. Stien).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygenmetning. Alle bedøvelsesbad må være > 80 % oksygenmettet og om nødvendig være luftet [13]; RSPCA anbefaler også en minimumsgrense på 7 mg/L O₂. Hvis natriumbikarbonat (NaHCO₃) brukes til å buffre Finquel Vet, anbefales det å lufte badet med oksygen i minst 15 minutter for å redusere oppbyggingen av CO₂.

Karbondioksid kan akkumuleres i anestesibadet hvis tilført luft er utilstrekkelig. Spesiell forsiktighet bør utvises under Finquel Vet bedøvelse kombinert med natriumbikarbonat (NaHCO₃). Foreslått CO₂-konsentrasjon bør være under 15 mg/L.

pH må overvåkes eller tas i betraktning hvis man bruker Finquel Vet i ferskvann. Produsentene anbefaler å bruke en buffer (som natriumbikarbonat) ved bruk av Finquel Vet i ferskvann for å oppnå en nøytral pH. Hvis ikke, kan en drastisk reduksjon i pH skade fisken.

Gruppebasert OVI'er

Atferd bør overvåkes nøye både før og under en bedøvelse. Ingen håndtering av fisk bør gjøres før den er i stadium 4 - anestesi (se tabell 1.6.1 og 1.6.2). Dette gjelder spesielt når fisken skal bli utsatt for en potensiell smertefull prosedyre som vaksinasjon. Før fase 4 oppnås ingen reelle smertelindringseffekt (analogi) av det aktuelle bedøvelsesmiddelet [55].

Dødelighet bør følges nøye under og etter anestesi for å evaluere problemer eller velferdstrusler knyttet til prosedyren. Overdosering med anestesimiddel vil føre til dødelighet.

Retur av appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere, bør overvåkes nøye etter bedøvelse. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere etter eksempelvis håndtering kan derfor også brukes som OVI, da det gjenspeiler hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt er lett å måle kvalitativt ved å observere fisken når mat tilbys.

Skjell i vann. Registrering av mye/ingen fiskeskjell i bedøvelsesvannet.

Individbasert OVI'er

Som nevnt før, bør en ideell bedøvelse ha en induksjonstid på mindre enn 15 minutter og helst mindre enn 3 minutter. Oppvåkningstiden bør være så kort som mulig, helst 5 min eller mindre. Under anestesi bør en følge tiden det tar for å nå fase 3b / 4 (tabell 1.6-1).

- For lang tid å nå anestesi – tiltak - øke doseringen.
- For fort til å nå anestesi – tiltak - redusere doseringen.

Ingen håndtering av fisk bør forekomme før stadium 3b eller 4, da dette kan skade huden og slimlaget til fisken. Dette gjelder spesielt for smolt og nylig utsatt postsmolt [55].

Tabell 1.6-1. Ulike bedøvelsesfaser hos fisk [75].

Stadium	Beskrivelse	Atferdsrespons
1	Lett sedasjon	Delvis tap av reaksjoner til eksterne stimuli.
2	Dyp sedasjon	Delvis tap av likevekt, ingen reaksjon på eksterne stimuli.
3a.	Totalt tap av likevekt	Fisk snur vanligvis rundt på ryggen, men svømmer fortsatt.
3b.	Totalt tap av likevekt	Slutter å svømme, men reagerer enda på lett trykk ved haleroten.
4	Bedøvelse (anestesi)	Tapt halerefleks, ingen reaksjon på eksterne stimuli.
5	Respirasjonsstans (død)	Gjellelokkbevegelsene opphører (død).

Tabell 1.6-2. Ulike stadier av oppvåkingsfasen etter anestesi hos fisk [66].

Stadium	Beskrivelse	Atferdsrespons
1	Lett sedasjon	Delvis tap av reaksjoner til eksterne stimuli.
2	Dyp sedasjon	Delvis tap av likevekt, ingen reaksjon på eksterne stimuli.

Noen generelle anbefalinger ved bruk av bedøvelse ved vaksinasjon

- Anestesi skal brukes i henhold til produsentens instruksjoner.
- Anestesi må kun administreres av opplært, og kompetent personale.
- Det må være en medarbeider med ansvar for å overvåke oksygenivået i bedøvelsesbadet og opprettholde det ved 7 mg O₂/L.
- Hvis natriumbikarbonat (NaHCO₃) brukes til å buffre Finquel Vet, anbefales det å lufte badet med oksygen i minst 15 minutter for å redusere oppbyggingen av CO₂.

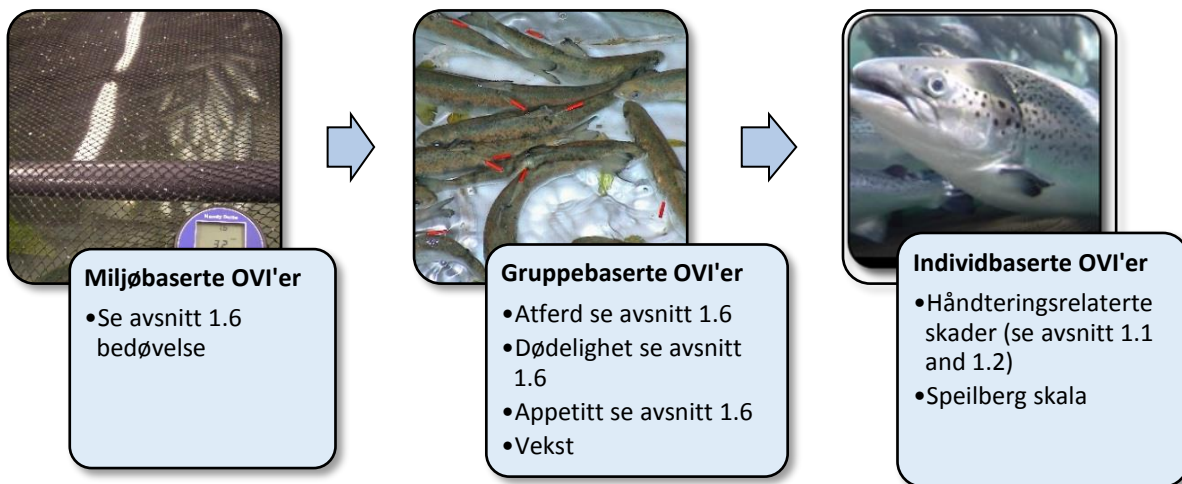
1.7 Vaksiner

En av de første utfordringene laksen står overfor under lakseproduksjon er vaksinasjon. Vaksiner av laksefisk er en vanlig og nødvendig prosedyre i akvakultur. I 2010 gikk rundt 250.577.000 atlantiske laksesmolt gjennom vaksinasjonsprosessen i Norge. Med en gjennomsnittlig vaksinasjonskostnad på NOK 1,03 per vaksinert fisk, brukte næringen ca. 250 600 000 nok på vaksiner [76]. Vaksinasjon er et viktig verktøy for å forebygge utbrudd av flere bakterielle og virussykdommer i oppdrett. Vaksinasjon er i stor grad ansvarlig for å redusere bruken av antibiotika og den vedvarende bærekraftige veksten av norsk akvakultur siden 1990-tallet [77, 78]. For å opprettholde helsen og velferden til oppdrettslaks, vaksineres individuelle fisk før overføring til sjø. Injeksjonen av disse vaksinene kan imidlertid føre til uunngåelig stress, og er ofte forbundet med langvarig økning i plasmakortisol [79-81].

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- Under vaksinasjon er det fire vanlige stressfaktorer som kommer på kort tid. Disse er trenging (se avsnitt 1.1), pumping (se avsnitt 1.2), anestesi (se avsnitt 1.6) og vaksiner.
- Plasmakortisol forblir forhøyet i minst 72 timer til to uker etter vaksinasjon, og dette er mest sannsynlig på grunn av at oljeadjuvansen som er tilsatt vaksinen for å gi en betennelsesreaksjon.
- Utfallet av antistoffproduksjonen og beskyttelsesgraden påvirkes også dersom en ekstra stressfaktor påføres før eller etter vaksineinnsprøytingen. Studier har vist at hvis plasmakortisol har blitt forhøyet før vaksinasjon, vil det få negativ innvirkning på antistoffproduksjonen [79-83].
- I Norge er den vanligste metoden for vaksiner av laks og regnbueørret at man sprøyter oljebaserte vaksiner, som beskytter mot flere sykdommer, inn i bukhulen. De første oljebaserte vaksinene kom på markedet på begynnelsen av nittitallet. Hver dose hadde et volum på 0,2 ml. Nylig ble volumet av dosene i de fleste vaksintypene redusert til 0,1 ml eller 0,05 ml, hovedsakelig ved å redusere volumet av hjelpestoffer. De oljebaserte hjelpestoffene tjener som et depot av antigenene og gir dermed langvarig effekt, men samtidig bidrar de også til de negative bivirkningene hos fisk.
- Endringene i vaksineformuleringene gjennom årene er et resultat av et ønske om å balansere forholdet mellom effekt og bivirkning. Dette gjøres for å oppnå full beskyttelse gjennom hele produksjonsperioden, mens bivirkningene blir minimert [80, 84-86].
- Ulike vaksintyper kan avvike i effekt og bivirkning, men samme vaksine kan også gi ulike resultater fra tid til annen [87].
- Faktorer som er kjent for å påvirke resultatet av en vaksinasjon, inkludert vaksinasjonsteknikk, vanntemperatur under vaksinasjon [88], fiskens størrelse ved vaksinasjon [88], hygiene, helsestatus, stress og individuelle forskjeller i hvordan fisk reagerer på vaksinen [84, 85, 89].

Hvordan vurdere velferd under vaksinerings



Figur 1.7-1. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med vaksinerings. Miljøbaserte OVI'er angår oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er gjelder enkeltindividet. (Illustrasjoner: K. Gismervik og M. H. Iversen. Foto: M. H. Iversen og L. H. Stien).

Miljøbaserte OVI'er

Se avsnitt 1.6 bedøvelse for nærmere detaljer.

Dødelighet bør følges nøye og regelmessig de første to ukene etter vaksinerings, for å overvåke og vurdere problemer eller velferdstrusler assosiert med prosedyren.

Retur av appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere, bør overvåkes nøye etter vaksinerings. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere etter for eksempel håndtering kan derfor også brukes som OVI, da dette gjenspeiler hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt er lett å måle kvalitativt ved å observere fisken når mat tilbys.

Vekst kan påvirkes av kortsiktig eller kronisk stress. Akutte vekstforandringer kan brukes som et varslingsystem for potensielle problemer, særlig når oppdretter har robuste vekstovervåkingssystemer.

Atferd. Stim- og unormal atferd kan gi en indikasjon på en god eller en dårlig vaksinasjonsprosess, da typisk stresset smolt og postsmolt laks, vil samle seg i «klumper» på bunnen av tanken eller merden. Det er også typisk at høyt stresset fisk vil reagere på stress med atferd som panikk og rulling i overflaten («blinkende» laks) [90].

Individbasert OVI'er

Håndteringsrelaterte skader. Se avsnitt 1.1 og 1.2 for OVI'er relatert til trenging og pumping. Som et kort sammendrag er de vanligste tegn på problemer forbundet med trenging og pumping ulike skader, som kan etterfølges av utvikling av ulike infeksjoner.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Speilbergs skala benyttes for å dokumentere vaksinebivirkninger og er basert på en visuell vurdering av omfanget og lokalisering av patologiske forandringer i bukhulen til fisken. Den beskriver endringer

knyttet til bukhinnebetennelse (peritonitt); sammenvoksninger mellom organer, mellom organer og bukveggen og melaninflekker. Vanligvis er en Speilberg skåre på 3 og over, ansett som uønsket (se tabell 1.7-1 og figur 1.7-2 nedenfor).

Tabell 1.7-1. Speilberg skala, gjengitt fra Midtlyng, Reitan [85]. Resultatene baserer seg på det visuelle inntrykket av bukhulen og alvorlighetsgrad av skader.

Score	Synlige forandringer i bukhulen	Alvorlighetsgrad av skader etter sløying
0	Ingen tydelige skader.	Ingen.
1	Veldig små sammenvoksninger, oftest lokalisert nær injeksjonsstedet. Lite sannsynlig at blir lagt merke til av ufaglærte under sløying.	Ingen eller liten grad av ugjennomsiktighet av bukhinna etter sløying.
2	Mindre sammenvoksninger, som kan koble tykktarm, milt eller blindsekkene til bukveggen. Kan bli lagt merke til av ufaglærte under sløying.	Kun ugjennomsiktighet av bukhinnen som gjenstår etter å ha fjernet sammenvoksingene manuelt.
3	Moderate sammenvoksninger inkludert fremre delen av bukhulen, som involverer sammenkobling av blindsekkene, leveren eller magesekken til bukveggen. Kan bli lagt merke til av ufaglærte under sløying.	Mindre synlige skader etter sløying, som kan fjernes manuelt.
4	Store sammenvoksninger med granulomer, omfattende sammenvokste indre organer, som fremstår som en enhet. Sannsynlighet for å bli lagt merke til av ufaglærte under sløying.	Moderate skader som kan være vanskelig å fjerne manuelt.
5	Omfattende skader som påvirker nesten alle indre organ i bukhulen. I store områder er bukhinnen tykkere og ugjennomsiktig, og fileten kan ha knuter, fremtredende og/eller pigmenterte lesjoner eller granulomer.	Etterlater synlige skader på fisken etter sløying og fjerning av lesjonene.
6	Enda mer alvorlig enn 5, ofte med betydelige mengder melanin. Innvollene kan ikke fjernes uten skader på fileten.	Etterlater store skader på fileten.



1. Veldig små sammenvoksninger, oftest lokalisert nær injeksjonsstedet. Lite sannsynlig å bli lagt merke til av ufaglærte under sløyting.



2. Mindre sammenvoksninger, som kan koble tykktarm, milt eller blindsekkene til bukveggen. Kan bli lagt merke til av ufaglærte under sløyting.



3. Moderate sammenvoksninger inkludert fremre deler av bukhalen, som involverer sammenkobling av blindsekkene, leveren eller magesekk til bukveggen. Kan bli lagt merke til av ufaglærte under sløyting.



4. Store sammenvoksninger med granulomer, omfattende sammenvokste indre organer, som fremstår som en enhet. Sannsynlighet for å bli lagt merke til av ufaglærte under sløyting.



5. Omfattende skader som påvirker nesten alle indre organ i bukhalen. I store områder er bukhalinnen tykkere og ugjennomsiktig, og fileten kan ha knuter, fremtredende og/ eller pigmenterte lesjoner eller granulomer.



6. Enda mer alvorlig enn 5 ofte med betydelige mengder melanin. Innvollene kan ikke fjernes uten skader på fileten.

Figur 1.7-2. Speilbergs skala for innvollsskader etter vaksinerings av laks i bukhalen (intraperitonealt). (Foto og tekst gjengitt fra Lars Speilberg).

1.8 Transport

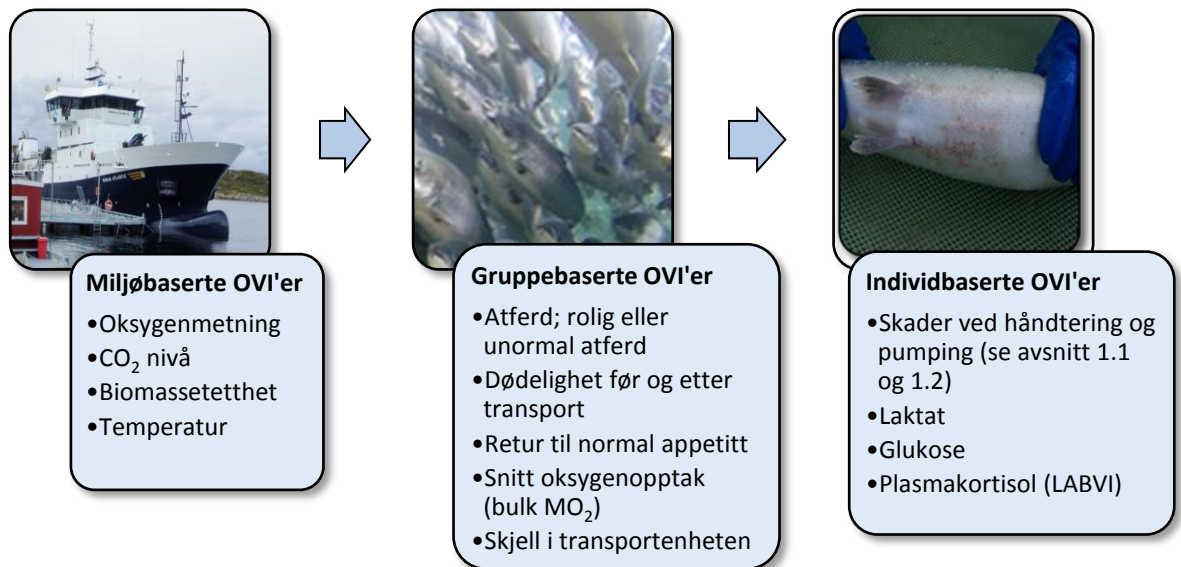
De fleste levendetransporter av fisk er gjort enten på veien med lastebil eller på havet ved hjelp av brønnbåter. Alle størrelser fra yngel, parr, smolt til postsmolt, håndteres og transporteres i en kommersiell produksjon av både laks og ørret [91-95]. Transport består av flere potensielt traumatiske stressbelastninger: Trenging (se avsnitt 1.1), lasting/ pumping (se avsnitt 1.2), transport og lossing. Håndtering og transport kan gi alvorlige stressresponser hos laks [59, 96-98]. I tillegg til de alvorlige stressorene under transport, synes atlantisk laksesmolt å være mer sensitiv overfor akutt håndteringsstress sammenlignet med parr, delvis på grunn av den naturlige økningen i plasmakortisol under smoltifisering (Parr-Smolt-transformasjon) [99]. Fra et dyrevelferdsperspektiv er det en rekke negative effekter forbundet med transport av levende fisk [95]. Håndtering og de fysiske forstyrrelsene som er forbundet med lasting, transport og lossing, har et potensiale til å forårsake stress og skade, som muligens kan føre til langvarige helseproblemer. Under transport kan det forekomme endringer i vannkvaliteten som påvirker fiskens åndedrets- og stressfysiologi negativt. Kommerielt produserte smolt må også takle en brå overføring til sjøvann, en standardpraksis som brukes i akvakultur. I tillegg kan «trange» og små transportenheter forringe fiskens evne til å oppføre seg naturlig [59, 90, 91, 95].

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- **Transport – en viktig hvilefase.** De fleste studier har vist at i forhold til laste- og losseprosessene, kan transportfasen være den minst stressende delen av selve transporten av fisk [59, 90, 100-102]. Men transporttiden er en viktig del av denne hvilefasen, da fisk oppnår en mer optimal gjenvinning av normale livsfunksjoner ved lengere enn kortere transportlengder [26, 59]. Flere studier har vist at transport i båt og lastebil har en viktig hvilefunksjon. Uten denne muligheten til å gjenopprette normale livsfunksjoner (på grunn av kort transport, dårlig vær eller dårlige veiforhold) mellom de store stressbelastningene som er lasting og lossing, blir laksesmoltens evne til å håndtere ekstra stressbelastninger sterkt redusert.
- **Vær og veiforhold under transport.** Dårlig vær eller dårlige veiforhold kan få negative innvirkninger på fiskenes velferd, da fisk kan bli sjøsyk. Dette understrekes av det faktum at fisk nå brukes som modelldyr for studier av bevegelsessykdommer hos vertebrater [103]. På grunn av følsomheten til fiskens sidelinjesystem [104], kan det forventes at transport via vei vil utgjøre en kilde til ekstra stress på grunn av vibrasjon. Videre studier må utføres for å støtte eller avvise denne mulige potensielle stresskilden.
- **Vannkvalitet.** En annen potensiell stressbelastning som kan bringe fiskens velferd i fare under transport er vannkvalitetsforringelse når brønnbåten må lukke ventilene og sirkulere vann, når fartøyet kjører gjennom et område med begrensninger, på grunn av sykdommer eller ugunstige vannsituasjoner. Farrell [100] viste at en brønnbåt med vann inneholdende 10 mg O₂ / L, 62.000 kg fisk (gjennomsnittlig 5,13 ± 0,47 kg), biomasse på 650 m³ og et rutinemessig oksygenforbruk på 3,1 mg O₂/min/Kg, ville nå en terskel oksygenkonsentrasjon på 5 mg O₂/L etter bare 16,9 min. Under dårlige vannkvalitetsforhold er det derfor liten margin for feil, før oksygen må tilsettes i resirkuleringsvannet under drift med lukkede ventiler. Under sommerforhold med varmere havtemperaturer, lavt oksygeninnhold og forhøyet stoffskifte hos fisken, vil denne responstiden være enda kortere. Under vinterforhold eller hvis vann i transportenheten blir avkjølt, vil den sikre perioden ved transport med lukkede ventiler uten oksygentilsetting forlenges til rundt 30 minutter. Ved oksygentilsetting kan ventilene forbli lukkede, men på et tidspunkt vil akkumulering av karbondioksid og ammoniakk i vannet bli problematisk [90, 100-102, 105].

Hvordan vurdere velferd under transport

Atferdsobservasjoner har lenge vært brukt til å vurdere velferden til landlevende dyr [106]. Det er imidlertid utfordrende å skaffe pålitelige atferdsobservasjoner av dyr i akvatiske miljøer, og dermed har det meste av arbeidet til nå vært avhengig av stressfysiologi [90]. Faktisk har det meste av arbeidet med transportstress hos fisk vært fokusert på endringer i plasmakortisol, glukose og ioner som indikatorer på primær og sekundær stress [57, 92, 94, 98, 107]. (Vedrørende vurderinger av velferd før transport, se avsnitt 1.1 om trenging og 1.2 pumping).



Figur 1.8-1. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med transport. Miljøbaserte OVI'er gjelder transportmiljøet, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik, foto gruppe: L. H. Stien).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygenmetning. Som en generell retningslinje brukes ofte oksygenmetninger på > 80 % [13], og RSPCA standarden anbefaler en minimumsgrense på 7 mg/L. Under yngeltransport må man ta hensyn til atferden yngelen viser. Den har en tendens til å samle seg på bunnen av tanken. Oksygenforsyning skal derfor leveres til bunnen av tanken.

Karbondioksid kan akkumuleres under transport. Tang et. al. [102] viste at i løpet av brønnbåttransport med lukkede ventiler kunne PCO₂ nå 10 mmHg i 20 til 150 minutter, avhengig av transporttettheten og oksygenforbruket hos den transporterte laksen.

Biomassetetthet kan brukes som indikator under transport. Norsk lovgivning (Forskrift om transport av akvakulturdyr, FOR-2008-06-17-820) sier at transporten skal gjennomføres uten unødige forsinkelser. Transporttiden og tetthet skal være tilpasset forhold som kan ha betydning for fiskens velferd. Ved lengre transport skal spesiell oppmerksomhet rettes mot vannkvalitet, vanntemperatur og tetthet. RSPCA- standarden [7] anbefaler at biomassen under vei- og brønnbåttransport ikke overstiger henholdsvis 60-100 kg/m³ og 40 -50 kg/m³. Men andre faktorer må kunne tas i betraktning for eksempel vannkvaliteten, fiskens størrelse og transporttid, når man bestemmer passende biomassetetthet under transport. Det skal imidlertid bemerkes at Tang, Brauner [101] viste at biomassetettheter mellom 62 og 150 kg/m³, ikke viste signifikant påvirket gjennomsnittlig oksygenopptak (bulk MO₂). Biomassetetthet er derfor ikke en svært følsom OVI. Så lenge de holder

biomassen under transport innenfor de anbefalte nivåene og har kontroll over vannkvaliteten, vil dette ikke få stor innvirkning på velferden.

Gruppebaserte OVI'er

Dødelighet bør følges nøye og regelmessig opp i de første fire ukene etter transport, for å overvåke og vurdere problemer eller velferdstrusler knyttet til prosedyren.

Retur av appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere, bør overvåkes nøye etter transport. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere etter håndtering, kan derfor også brukes som OVI. Dette gjenspeiler hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt kan lett måles kvalitativt ved å observere fisken tar mat som tilbys.

Atferd. Stim- og unormal atferd kan gi en indikasjon på god eller dårlig transport. Dette da typisk stresset smolt og postsmolt laks vil samle seg i «klumper» på bunnen av tanken eller merden. Det er også typisk at høyt stresset fisk vil reagere på stress med atferd som panikk og rulling i overflaten («blinkende» laks) [90].

Skjell i vann. Mye, lite eller ingenting.

Snitt oksygenopptak (Bulk $\dot{M}O_2$) kan brukes til å vurdere velferden for atlantisk laks og ørret under kommersiell transport av fisk. Tang et. al. [101] konkluderte med at $\dot{M}O_2$ er nyttig for å gi en generell indeks for stress hos dyr, når dette er målt i en stor populasjon av fisk. $\dot{M}O_2$ representerer gjennomsnittlig O_2 -opptak hos individene i populasjonen. Typisk snitt oksygenopptak (bulk $\dot{M}O_2$) under transport varierte fra 8 (etter trenging og pumping) til 3 mg O_2 /min/kg ved ankomst sjølokalitet (etter 10 timer transport). Mens $\dot{M}O_2$ kanskje ikke er et komplett mål for stress eller velferd, så gir det et relativt mål for den samlede responsen av stressbelastning som oppstår ved transport, inkludert effekten av ulike biomassettheter (62-150 kg/m³), som var ubetydelig. Tilsvarende var effekten av varierende vanntemperatur og påvirkning på $\dot{M}O_2$ i henhold til forventningene (øker med økende temperatur) [100, 101].

Individbaserte OVI'er

Håndteringsrelaterte skader. Se avsnitt 1.1 og 1.2 for OVI'er relatert til trenging og pumping. Som et kort sammendrag er de vanligste tegn på problemer forbundet med trenging og pumping hos enkeltindivider ulike skader, etterfulgt av utvikling av overfladiske infeksjoner.

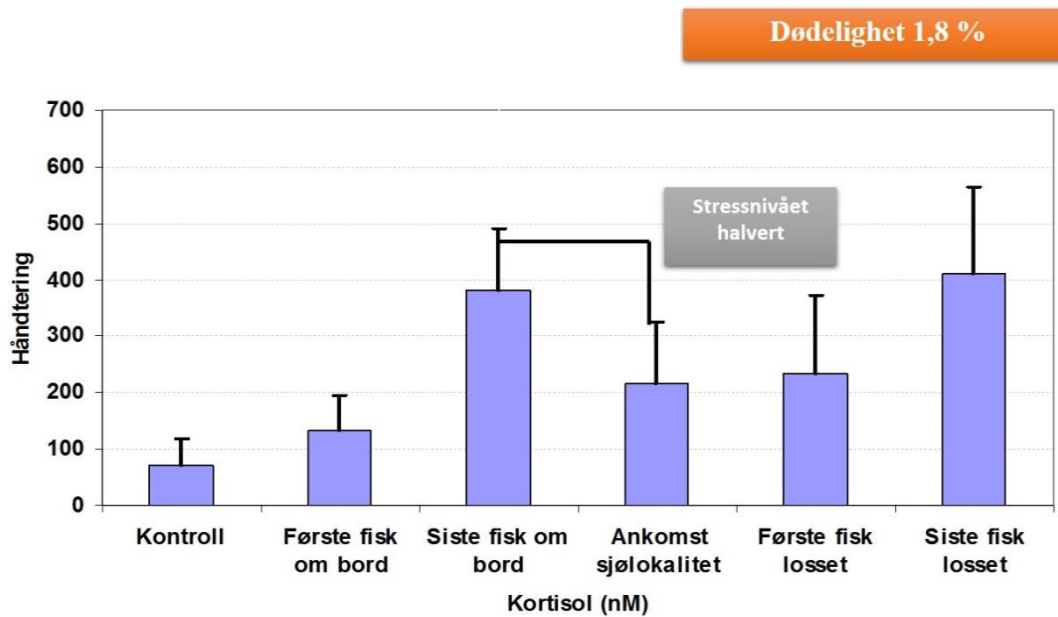
Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Laktat (melkesyre). Panikk og eksplosiv svømming øker den anaerobe muskelaktiviteten og øker dermed melkesyren (laktat) i blodet [2, 21, 22]. Blodlaktat bør ligge under 6 mmol/L [2]. Dette er lett målt med håndholdt apparat, men prøver bør tas omtrent en time etter muskelaktivitet. Imidlertid fant Erikson et. al. [3] ingen signifikant korrelasjon mellom trengetid og laktatnivå.

Glukose (blodsukker) kan brukes som en OVI ved trenging [24]. Økningen i plasmaglukose foregår relativt langsomt og toppe seg etter 3-6 timer på laks [25], selv om responsen også påvirkes av fôringsstatus, -type og andre faktorer. Glukosnivåene bør derfor sammenlignes med pre-stress nivåer i stedet for noen «standard stressnivåer».

Plasmakortisol er ikke en OVI, men en LABVI. Figur 1.8-2 viser hvordan plasmakortisol henter seg inn ved ankomst på sjølokaliteten etter en velutført transport. De fysiologiske parameterne som

plasmakortisol, glukose og laktat bør ved ankomst på sjølokaliteten være tilnærmet lik hvile nivåer, dersom transporten skal være optimal [108, 109].



Figur 1.8-2. Gjennomsnittlig plasmakortisol før, under og etter brønnbåttransport. Legg merke til hvordan plasmakortisol er redusert med ca. 50 % etter ankomst i sjøen, noe som gir laksen god gjenvinning av normale livsfunksjoner mellom de to store stressorene lasting og lossing. Figur hentet fra Iversen og Eliassen [108].

Noen generelle råd om håndteringsprosedyrer under transport

Noen generelle håndteringsprosedyrer for yngeltransport (basert på anbefalinger fra RSPCA, for fullstendig detaljer se RSPCA Standards, 2015).

- Gulvarealet på transporttankene må vurderes ved beregning av passende biomassetettheter for yngeltransport, da yngel kan "klumpe" sammen på bunnen av tanken.
- Plasseringen av inntaket for oksygen må også vurderes i forhold til denne «klumpeatferden.»

Noen generelle håndteringsprosedyrer vedrørende veitransport (basert på anbefalinger fra RSPCA, for fullstendige detaljer se RSPCA Standards, 2015).

- Transporttankene må være tilstrekkelig isolert for å sikre at vanntemperaturen under transport forblir relativt konstant og ikke svinger mer enn $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ fra vanntemperaturen ved starten av transportetappen.
- Hvis det er mulig, skal fisken losses ved bruk av ventiler og rør som ikke påvirker fiskenes velferd, i stedet for eksempelvis bruk av håv.

Noen generelle håndteringsprosedyrer for brønnbåttransport (basert på anbefalinger fra RSPCA og Iversen et al., 2005; 2012, for fullstendig detaljer se RSPCA Standards, 2015).

- For å sikre at fisken har mulighet til å innhente seg etter lastehåndtering under transportprosessen bør:
 - transportrutene og -tiden planlegges i forhold til været og forventet bølgehøyde, og en bør unngå bølger $>3\text{m}$.
 - transport kortere enn 4 timer bør vente minst 4 ytterligere timer på leveringsstedet før lossing starter. Dette er for å sikre at fisken har en tilstrekkelig mulighet til å komme seg etter eventuell transport relatert håndteringsstress.

1.9 Fôrstyring, underfôring og sulting

Fôrstyring dekker de valgene en oppdretter har, når de fôrer fisken sin. I klassisk forstand refererer det spesielt til hvordan oppdretter presenterer og distribuerer fôr til fisken [110]. Dette gjelder ikke valgene i forhold til fôringredienser (som er fôrnærning). Men ernæring kan påvirke fôrstyringen, for eksempel kan energiinnholdet i fôr påvirke hvor lang tid det tar for en fisk å bli mett. Fôrstyring dekker seks hovedfaktorer: **1)** fôrmengde - hvor mye mat som gis fisken, **2)** frekvens - hvor mange ganger man fôrer fisken om dagen, **3)** temporær fordeling av fôr – tidspunkt for fôring, **4)** romlig distribusjon - spredning av fôr, **5)** fôrhastighet - hvor raskt man fôrer fisken og **6)** valget av fôringsstrategi og overvåking av restfôr for å gi optimale rasjoner.

Innenfor rasjons- og fôringsfrekvensaspektet av fôrstyring må man også vurdere underfôring (fôrbegrensning) og sulting (tilbaketrekking av fôr). Underfôring er når fisken gis reduserte mengder fôr (under maksimalt inntak av fôr eller nærmere eller under vedlikeholdsraten). Sulting skjer når fisken ikke blir gitt fôr et visst antall dager, og kan klassifiseres som **1)** kortsiktig sulting (7-10 dager, [111] **2)** langsiktig sulting (langvarig sult). Fôrhastighet er også en viktig faktor, og mange fôrteknologier gir oppdretter god kontroll over fôrhastigheten. Dette bidrar til å redusere konkurransen og sørger for fôr til fisken når de trenger det.



Figur 1.9-1. Sentralfôringsssystem med fôringsrør som går fra en sentral fôrflåte til kommersielle oppdrettsmerder. (Foto: Chris Noble.)

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- De primære velferdsproblemer til oppdrettere angående velferdsmessige konsekvenser av fôrstyring, er for det meste knyttet til underfôring og sulting.
- Leveringsfrekvensen kan påvirke konkurransen [110], men en studie fra Bailey et. al. [112] rapporterte at leveransehastigheten hadde ingen innflytelse på vekstraten.
- Forutsigbarheten av fôringstidspunktet kan også påvirke velferden hos lakseparr. Kortsiktig uforutsigbarhet i fôrlevering hos fisk som er vant til et bestemt fôringstidspunkt, kan øke ryggfinneskadene [113].

- En dårlig romlig fordeling av fôr kan føre til store størrelsesvariasjoner i populasjonen, da sterkere individer kan potensielt utelukke svakere individers tilgang til «matfatet» [114].
- Valget av fôringsteknologi og valg av fôring av en fast rasjon istedenfor fôring av en «responsiv» rasjon i forhold til forandringer i appetitten, kan være skadelig for fiskenes velferd [115, 116].

Hvordan minimerer velferdsutfordringer ved daglig fôrstyring

- Overvåk appetitt og fôringsatferd (for eksempel via undervannskameraer) og fôr fisk med en «responsiv» rasjon i forhold til forandringer i appetitten (appetittfôring).
- Fôr med en hastighet som ikke fører til konkurranse, eksempelvis vist med vedvarende økt svømmeaktivitet under et måltid [116], eller konkurranse mellom fisk for individuelle fôrpellet [116, 117].
- Spre maten over hele kar- eller merdoverflaten.

Mulige velferdseffekter av sulting

- Det er ingen klar og kvantifisert sammenheng mellom lengden av tilbaketrekning av mat og fiskevelferd [118, 119].
- Fisk kan tolerere korte og langsiktige perioder med redusert tilførsel av fôr og fôrbegrensninger [120].

Velferdsrisiko ved kortsiktig sulting

- Fisk kan bli utsatt for sulting av flere årsaker, og noen gir velferdsrisiko. Dette er avhengig av mange faktorer, inkludert fiskens størrelse, livsstadium, fysiske tilstand, størrelsen på energireservene og andre faktorer som vanntemperatur.
- Hos voksen atlantisk laks kan 1 dag med sulting betydelig redusere plasmaglukosenivåene [111].
- Kan føre til redusert kondisjonsfaktor og avmagret fisk [118, 121].

Velferdsfordeler ved kortsiktig sulting

- Fisk kan bli utsatt for fasting av flere årsaker og noen av disse har klare velferdsfordeler. Dette er også avhengig av mange faktorer som de som er beskrevet ovenfor.
- Hvis fisken er utsatt for lave oksygennivåer eller høye vanntemperaturer, kan fôret holdes tilbake for å redusere forbrenningen og dermed redusere oksygenbehovet. Eventuelle potensielle velferdskostnader knyttet til denne type kortsiktige sulting, må veies opp mot større velferdsfordeler ved å begrense mulig dødelighet.
- Kortsiktig sulting kan også redusere alvorlighetsgraden og effekten av visse fiskesykdommer [122].
- Sulting før visse rutiner som lusebehandlinger eller transport, reduserer også metabolsk aktivitet og kan redusere akkumuleringen av CO₂ og ammoniakk i transportvann [123, 124].
- Langsiktig sulting (35 døgn sult før slakt) kan øke fiskens toleranse for akutt stress før slakting [125].

Mulige velferdseffekter av underfôring

- I følge FAWC [33], er velferdsrisikoen for underfôring på kort sikt mindre enn for varmblodige dyr.
- For bestemte livsstadier hos laks som parr og smolt vil plutselige perioder (Turnbull, pers. Med.) med kort eller langvarig underfôring, gi økt aggresjon og finneskader [113, 126]. Atferdsmessige ettervirkninger av underfôring kan være langvarig [113, 126].
- Videre sier Stevenson [127]; «CIWF og WSPA mener at å sulte oppdrettsfisk som tidligere har blitt fôret regelmessig i lengre perioder, er uakseptabelt i henhold til dyrene sin velferd».

Velferdsrisiko ved kortsiktig underfôring

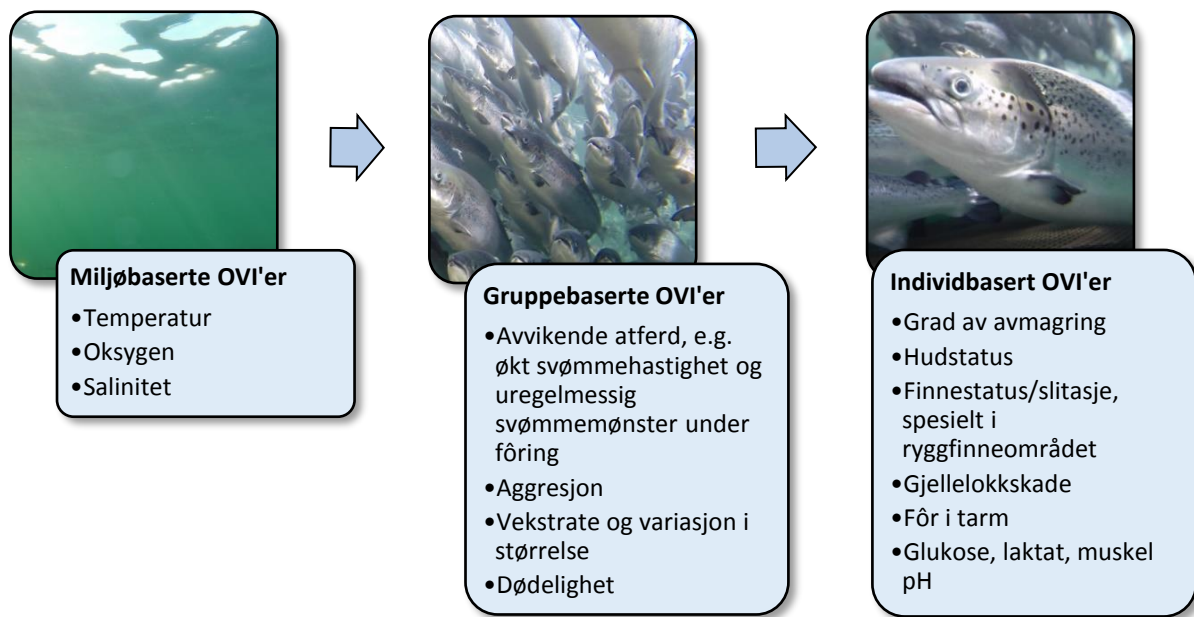
- Det er flere årsaker til at fisk blir underfôret og noen har iboende velferdsrisiko (se avsnitt sulting).
- Fôrrestriksjon kan føre til økt følsomheten for infeksjon.
- Hos parr kan både korte (ca. 10 dagers-) og lange (ca. 30 dagers-) perioder med fôrrestriksjoner være skadelig for fiskevelferden, på grunn av økt aggresjon og finneskader [126, 128].
- Underfôring kan føre til økt konkurranse under fôring [116] og økt frekvens av finneskader [115].
- De langvarige konsekvensene av langvarig underfôring kan være utarming av energireservene og næringsstatus, som fører til redusert kondisjonsfaktor og utmagret fisk [118].

Velferdsfordeler ved kortsiktig sulting

- Det er flere årsaker til at fisk blir underfôret og noen av disse faktorene har iboende velferdsrisiko (se avsnitt sulting).
- Fôrrestriksjon kan redusere følsomhet for infeksjon [129].
- Balansert fôrbegrensninger eller nøye kontrollert fôring med begrenset variasjon mellom dagene i fôrbelastningen, kan være med å stabilisere vannkvaliteten i resirkuleringsanlegg (RAS) eller semi-lukkede anlegg [130, 131].

Hvordan vurdere velferd under 1) sulting, 2) underfôring og 3) andre fôringsstyringsfaktorer

For å følge opp kort- og langsiktige konsekvenser av 1) sulting, 2) underfôring eller 3) andre fôringsstyringsfaktorer på fisken, kan oppdretter bruke følgende miljø og individbaserte OVI'er. Selv om fôring og appetitt påvirkes av en rekke miljøbaserte OVI'er, vil en bare vurdere de mest hensiktsmessige indikatorene og fokusere på indikatorer som baserer seg på fisken i forhold til fôrstyring.



Figur 1.9-1. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med sulting, underfôring og andre fôringsstyringsfaktorer. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon: L. H. Stien og Chris Noble).

Miljøbaserte OVI'er

Temperatur kan pga. effekten på stoffskifte, påvirke både appetitten og hvordan fisken takler fôrrestriksjon eller sulting. Optimal temperatur for postsmolt er rundt 17°C [132]. Temperaturer mellom 12-13°C bidrar til å bevare god velferd og helse i lakseparr og postsmolt [133]. Døgngrader bør vurderes når man ser på konsekvensene av sulteperioder [127, 134, 135].

Oksygen kan påvirke inntak av fôr og appetitt (for eksempel i Remen et. al. [136] hvor appetitten ble undertrykt hos smolt ved under 70 % oksygenmetning og 16°C). Oksygenbehovet kan variere mellom livsstadier og er avhengig av ulike aspekter, som temperatur og saltholdighet. De viktigste faktorene som vil bestemme oksygenbruk er kroppsstørrelse, temperatur, stress, aktivitet (svømming, fôring) og livsstadium.

Salinitet kan også påvirke appetitten [137], men dette er spesifikt for forskjellige livsstadier. For yngel og parr anbefales en saltholdighet mellom 0-10 ‰ [138]. Smolt viser preferanse for haloklinen (< 20‰ i topplag av vannkolonne og > 30‰ under, [11]) og kan ha nytte av tilgang til brakkevann (28‰) [139]. Spesielt gjelder dette når vanntemperaturen er lav (4°C). For postsmolt ligger optimalnivået nært rent sjøvann (33-34 ‰) [13] og for stamfisk <10 ‰.

Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Lakseyngel viser mer aggresjon når den er sulten og underfôret [118, 126, 128] og underfôring har vist seg å skape mer kamp og skader enn ingen fôring i det hele tatt [140]. Lakseyngel viser også økt aggresjon, og mer uregelmessig svømming under fôring (når fisken blir fôret med en fast rasjon versus en fôring etter appetitt [116, 141]. Det er ingen robuste data om aggresjon hos stor laks under sulting og underfôring.

Vekst kan påvirkes negativt av underfôring [115, 126, 128], som kan medføre stor størrelsesvariasjon i en populasjon [128]. Veksten kan også bli negativt påvirket av sulting [121, 142]. Akutte forandringer i veksten kan brukes som et varslingsystem for potensielle problemer, særlig når oppdretter har robuste vekstovervåkingssystemer.

Dødelighet kan øke etter sulting og underfôring, spesielt i yngel og mindre fisk [143, 144]. Underfôring i ferskvann under smoltfasen kan føre til økt dødelighet i sjøvannsfasen [145]. Man bør derfor følge nøye og regelmessig med dødelighet.

Individbaserte OVI'er

Finneskade. Det vanligste tegn på problemer knyttet til underfôring, sulting eller dårlig fôrstyring i individuell fisk, er i utgangspunktet morfologisk skade, primært ryggfinneskader hos parr, smolt og postsmolt [115, 116, 126, 128, 141]. Bråe endringer i frekvensen av synlige hvite ryggfinner (indikator for økt aggresjon), kan også brukes som gruppebasert OVI da dette er observerbart uten å måtte håndtere fisken.

Hudstatus Laks kan miste vekt og bli såret under konkurranse om fôr, slik at hudstatus også kan brukes som en OVI.

Gjellelokkskade inkluderer ødelagt eller forkortet gjellelokk og kan bli påvirket av fôring [146].

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Grad av avmagring og kondisjonsfaktor. Kondisjonsfaktor kan påvirkes av underfôring [115, 121, 126, 128] og forlenget sulting [147]. Dette kan også føre til en redusert kondisjonsfaktor eller avmagret fisk.

Fôr i tarm. For å evaluere fôrintaket eller sulteperiodene, kan laksen avlives og tarmene kontrolleres for fôrinnhold. Indirekte kan det også si noe om appetitten.

Glukose (blodsukker) og laktat (melkesyre). Glukose kan brukes som en OVI for dårlig fôrstyring [111]. Hos voksen atlantisk laks kan 1 dag med sulting betydelig redusere plasmaglukosenivåene [111], selv om responsen også påvirkes av fôringsstatus, -type og andre faktorer. Glukosenivåene bør derfor sammenlignes med pre-stress nivåer i stedet for noen «standard stressnivåer». Laktat påvirkes også av dårlig fôrstyring og bør ligge under 6 mmol/L [2]. Dette er lett å måle med håndholdt apparat, men prøver bør tas omtrent en time etter muskelaktivitet.

pH. Økt laktat (melkesyre) etterfølges av redusert pH i og muskel [23, 121].

Noen råd angående sulting

- Gjeldende råd varierer etter hensiktsmessig og akseptabel lengde av sultingen i forhold til fiskevelferd.
- RSPCA [7] anbefaler ikke sulteperioder som er lengre enn 72 timer hos voksen laks uten godkjenning av veterinær eller noen med tilsvarende kompetanse, men denne grensen er ikke basert på vitenskapelig litteratur og er for øyeblikket under konsultasjon [127, 148, 149].
- RSPCA [7] anbefaler ikke sulteperioder lenger enn 48 timer for parr som skal sorteres eller smolt som skal transporteres.
- FAWC [150] har foreslått maksimal sultegrense på 48 timer.
- Mattilsynet har ikke fastsatt noen grenser på sulting på grunn av begrenset kunnskap.
- Andre forfattere antyder at sultetid bør begrenses til en uke [151].
- Lines og Spence [152] antyder også at en sulteperiode på 1-5 dager, ikke kan utgjøre store trusler mot laksvelferden.
- López-Luna et. al. [134] har foreslått å bruke døgngader for å vurdere konsekvensene av faste perioder, slik som Stevenson [127] og FAWC [33].

KUNNSKAPSMANGEL

På grunn av de blandede anbefalinger og utilstrekkelig vitenskapelig kunnskap, er det et behov for solide, robuste og kvantitative data om velferdseffekter av sulting i ulike livsstadier, og i forhold til ulike rutiner (for eksempel før slakting).

Denne tilnærmingen bør dekke sulteperioder av ulike varianter og under forskjellige oppdrettsforhold, spesielt med hensyn til temperatur. López-Luna et. al. [134] har foreslått døgngader, når man vurderer konsekvensene av sulteperioder, som hos Stevenson [127] og FAWC [135].

Inntil disse dataene er tilgjengelige, har vi skissert de potensielle OVI'ene som er egnede for å vurdere effektene av i) sulting, ii) underfôring og iii) andre fôrstyringsfaktorer, på fiskevelferd ved ulike livsstadier.

Oppdretterne kan da bruke disse OVI-verktøyene for å vurdere effekten av hver av de ovennevnte prosedyrene på fiskenes velferd.

FAWC [135] foreslår at det ville være ønskelig å utvikle alternative tilnærminger til fôringspraksis som begrenser en hel merd når bare noe av fiskene skal flyttes, og ved bruk av fôrrestriksjon over lengre perioder.

1.10 Renhold og smittehygiene i forbindelse med f.eks. kar og utstyrvasking

Rengjøring, desinfisering eller smittevask av produksjonsenheter og utstyr, er avgjørende for biosikkerhet og hygiene. Det spiller også en rolle i vedlikehold av systemene, og man unngår oppbygging av organisk avfall og dermed vannkvalitetsproblemer. Enheter/utstyr må først grundig rengjøres før desinfisering siden desinfeksjonsmidler vil være mindre effektive dersom potensielt skadelige organismer er beskyttet av organisk materiale. Tørking og eksponering for sollys kan også spille en viktig rolle i prosessen. Vannbehandling i resirkuleringsystemer, inkludert ozon og systemer for notvask, er dekket i andre avsnitt (se bla. avsnitt 2.2.4).

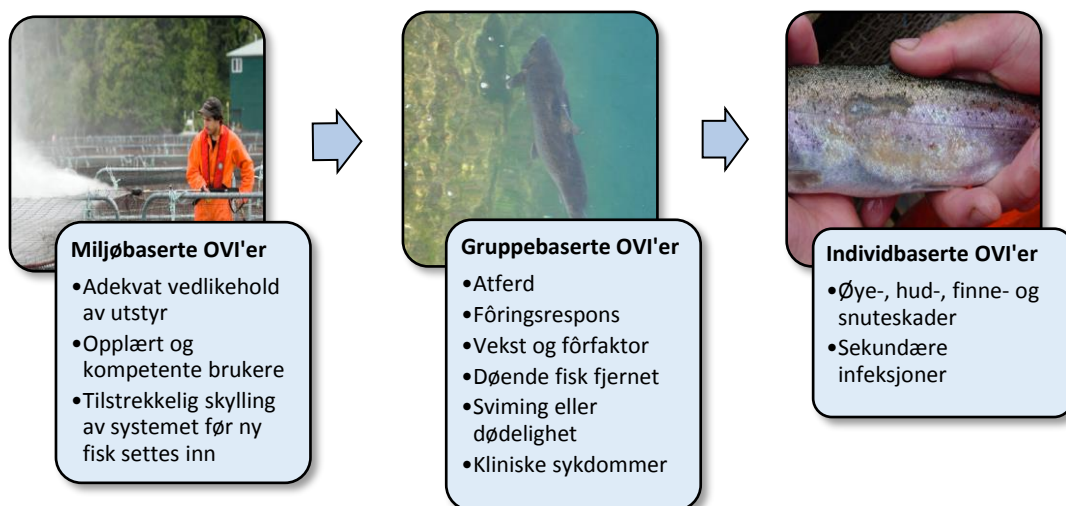
Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- Hygieniske prosedyrer er først og fremst en fordel for fiskevelferd og er bare en fare for velferd hvis den utføres mens fisken er i systemet, eller hvis rester av potensielt skadelige stoffer forblir i vannet. Utfordringene i slike tilfeller er fysisk skade, stress forbundet med forstyrrelser og effekter av giftige kjemikalier.

Hvordan minimerer velferdsutfordringer

- Risikoen kan reduseres ved gode røkrutiner, inkludert vedlikehold av utstyr, personalopplæring, tilsyn og kompetanseovervåking. Det bør være standardiserte driftsprotokoller og hygieneprosedyrer, inkludert sikker og effektiv bruk av kjemikalier.
- Det er noen tegn på at noen vanlig daglige forstyrrelser er mindre skadelige enn enten svært sjeldne eller vedvarende forstyrrelser [153]. Dette kan være en form for tilpasning til stressoren eller forstyrrelsen.
- Ved vedvarende observasjoner av avvik fra normal atferd, bør dette undersøkes.

Hvordan vurdere velferd under hygiene- og renholdsprosedyrer



Figur 1.10-1. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med hygiene- og renholdsprosedyrer. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er angår oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er handler om enkeltindividet. (Miljøfoto: <http://www.marineharvest.ca/about/blog-marine-harvest-canada/2012-container-blog/september-6-2012/>, foto gruppe: B. Glencross, foto individ: J.F. Turnbull).

Miljøbaserte OVI'er

Miljøbaserte OVI'er relatert til prosedyrer og operasjoner under vasking og desinfisering. De spesifikke kontrollene er avhengig av prosessen og stoffene som brukes, men man bør følge produsentens instruksjoner.

Gruppebaserte OVI'er

Unormal atferd inkludert akutt panikk eller annen respons på prosessen eller kjemikalien(e). Eventuell vedvarende panikk eller fluktatferd bør følges opp.

Endring i appetitt. En hvilken som helst reduksjon i fôropptak kan indikere skade eller stress som følge av rengjøringsprosessen, og bør overvåkes nøye [18].

Redusert vekst. Dette kan være et resultat av redusert fôrinntak på grunn av stress eller være en indikasjon på forgiftning.

Kliniske sykdommer, svimere eller dødelighet. I alvorlige tilfeller kan fisk bli syk og dø eller må fjernes fra merden eller karet. Dette bør undersøkes av fiskehelsepersonell [154-157].

Individbaserte OVI'er

Overfladisk skade. Problemer med utstyret eller prosessen kan føre til ulike former for overfladisk skade, inkludert skader på øynene, tap av skjell, snute- og finneskader.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Sekundære infeksjoner. Avhengig av systemet (fersk- eller sjøvann), kan en rekke overfladiske infeksjoner oppstå ved innledende skade under sortering. Og i enkelte tilfeller kan alvorlige infeksjoner skyldes relativt mindre skader. Eventuelle tegn på infeksjoner bør undersøkes av veterinær eller fiskehelsebiolog.

Gjellepatologi. Etter hygienetiltak/-prosedyrer kan enkelte kjemikalier skade gjellene. Unormal atferd kan gi en indikasjon på at noe er galt, men det kan også være nødvendig med nærmere undersøkelser som obduksjon av fisk.

1.11 Sortering

Sortering utføres av flere grunner og kan være avgjørende for fiskens helse og velferd. For eksempel kan sortering brukes til å sikre jevn størrelse før vaksinerings. Sortering kan også være hensiktsmessig for å kunne fjerne liten eller unormal fisk, samt også for å velge fisk til slakt. Men uansett hvor nøye dette utføres, er det en stressende og potensielt skadelig prosedyre for fisken. Derfor bør fisk bare sorteres når det er viktig og generelt bør all håndtering av fisk minimeres.

Sortering kan gjennomføres på mange måter gjennom hele produksjonsperioden. Den kan utføres manuelt med liten fisk, ved hjelp av sorteringsmaskiner eller passivt med fleksible nettpaneler og lignende. Fra merder sorteres også fisk ved bruk av brønnbåter.

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

Risikoen forbundet med sortering inkluderer det som er forbundet med sulting før sortering (1.9), oksygenmangel på grunn av lufteksponering eller vann med lavt oppløst oksygen og fysisk skade. Stress i forbindelse med sortering og den fysiske skaden, kan øke risikoen for sekundære infeksjoner som vintersår (*Moretella* spp.) Dette kan oppstå i saltvann, spesielt ved lavere temperaturer og i ferskvann vil det være en risiko for soppinfeksjoner (*Saprolegnia* spp.).

Utfordringene knyttet til passiv sortering med paneler/spalter (Figur 1.11-1) med passende hull, er lik de som er forbundet med trenging (1.1), og i tillegg kan fisk bli sittende fast (se under for detaljer). Passiv sortering er mindre potensielt skadelig for velferden, siden fisken ikke sultes, pumpes eller håndteres.



Figur 1.11-1. Passiv sorteringsystem (<http://www.gradingsystems.com/flexi-panel-for-grading-8/> / Feb 2017).

Hvordan minimerer velferdsutfordringer ved sortering

Man bør gjøre en innsats for å redusere behovet for sortering. Årsaken til om man beslutter sortering eller ikke, bør registreres slik at prosesser kan evalueres etterpå. Antall ganger fisken blir sortert kan reduseres ved god planlegging av for eksempel første biomasseoverføring. Personalet skal være tilstrekkelig opplært og sortering bør følge en detaljert plan og standard for operasjonsrutiner med tilstrekkelig tilsyn. Alt utstyr skal være tilstrekkelig vedlikeholdt, overvåket og passende for oppgaven. Det bør være arkiv for tidligere sorteringer, og disse bør være korrelert med eventuelle påfølgende problemer.

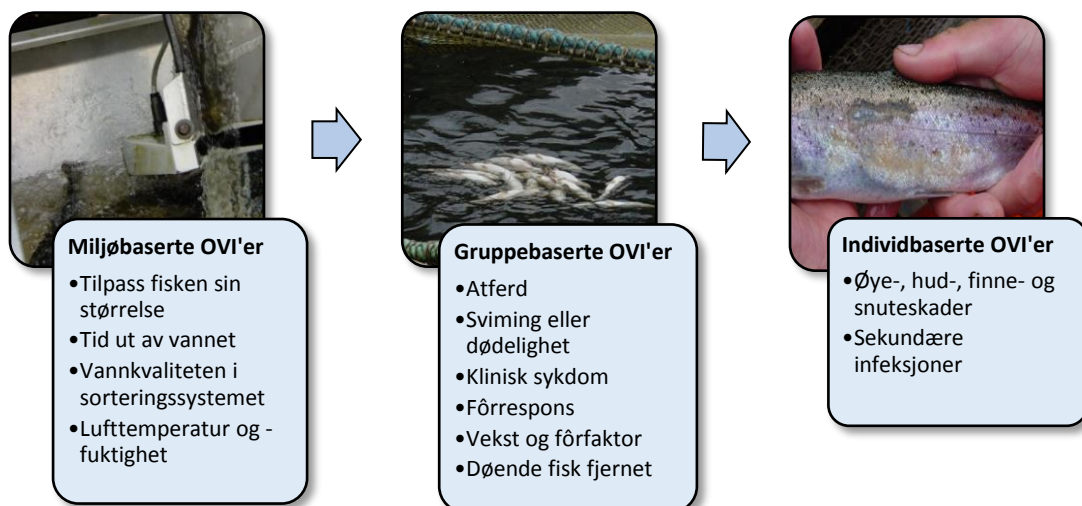
Unngå

- Utstående kanter
- Skarpe kanter
- Grove overflater
- Tørre flater
- Bråe endringer i retningene
- Høye fall ut av vannet

Vannkvaliteten i alle sorteringsmaskiner skal være god og overvåkes nøye. Tiden fisken eksponeres for luft bør minimeres, spesielt ved høye eller lave temperaturer og når luftfuktigheten er lav. Om mulig bør sortering unngås ved lave eller høye temperaturer, og RSPCA [7] anbefaler at fisk skal veie minst 1,3 g.

For planlagt rutinesortering bør fisken være helsekontrollert og frisk nok til å takle sorteringsprosessen, for eksempel kan gjelleforandringer gjøre dem sårbare for lavt oppløst oksygen.

Hvordan vurdere velferd under sortering



Figur 1.11-2. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med sortering. Miljøbaserte OVI'er angår oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er gjelder oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er handler om enkeltindividet. (Illustrasjon: J. Turnbull og K. Gismervik, foto: J. Turnbull).

Miljøbaserte OVI'er

Lufttemperatur og fuktighet. Unngå for høye eller lave temperaturer og lav luftfuktighet.

Justert utstyr i forhold til størrelsen på fisken. Ingen fisk bør bli fanget i systemet.

Grad av lufteksponering bør minimeres. RSPCA anbefaler maksimal eksponeringstid på 15 sekunder eller maksimal eksponeringstid på 15 sekunder uten anestesi [7, 158].

Vannkvalitet. Inkludert oppløst oksygen som bør overvåkes i alt utstyret eller holdekarene som er forbundet med sorteringsprosessen.

Gruppebaserte OVI'er

Etter sortering er det normalt at fisken trenger litt tid for å returnere til «normal» atferd, og dette er systemavhengig. De gruppebaserte OVI'ene er knyttet til varigheten av avvikene.

Unormal atferd inkludert vedvarende uro, sløvhet, unormal stim- og svømmeatferd etter sortering.

Retur av appetitt. En hvilken som helst vedvarende reduksjon i fôring kan indikere skade eller stress som følge av sortering og bør overvåkes nøye [18].

Vekstreduksjon. Noe reduksjon av vekst er vanlige dersom fôr holdes tilbake før sortering, men kan være en indikasjon på et problem hvis dette er for høyt eller vedvarende.

Kliniske sykdommer, morbiditet eller dødelighet. I alvorlige tilfeller kan fisk bli syk og dø, eller fisken må fjernes fra merden eller karet. Dette bør undersøkes av fiskehelsepersonell [154-157].

Individbaserte OVI'er

Overfladisk skade. Problemer med utstyret eller prosessen kan føre til ulike former for overfladisk skade, inkludert skader på øynene, tap av skjell, snute- og finneskader. Snuteskader kan oppstå i forbindelse med håndteringer, der fisken presser mot not eller treffer harde flater med snuten.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyblødninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Sekundære infeksjoner. Avhengig av systemet (fersk- eller sjøvann), kan en rekke overfladiske infeksjoner oppstå ved innledende skade under sortering, og i enkelte tilfeller kan alvorlige infeksjoner oppstå pga. relativt små skader. Eventuelle tegn på infeksjoner bør undersøkes av en veterinær eller fiskehelsebiolog.

1.12 Undersøkelse av levende fisk

-operasjoner der fisk tas ut av kar eller merd inspiseres og settes tilbake levende

Ved flere anledninger er det nødvendig å ta fisken ut av produksjonsenheten for å undersøke den nærmere mens den er i live. Dette kan for eksempel være lakselusregistreringer, vurdering av gjellestatus, av ytre skader, misdannelser og registreringer som lengde og vekt. Fremtidig teknologi kan være i stand til å gjøre en del av disse undersøkelsene automatisk og uten å fjerne fisken fra vannet. For tiden utføres slike undersøkelser hovedsakelig manuelt og med lik tilnærming.

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

Ofte er det viktig å skaffe seg et representativt utvalg av fisk til en undersøkelse. I store enheter med mange individer må fisken trenes sammen før man tar ut fisk, da dette er en forutsetning for å sikre at prøven er representativ. Trenging utgjør en velferdsrisiko (se avsnitt 1.1). Alle fiskene som blir trent sammen har økt risiko for dårlig velferd, og ikke kun de individene som undersøkes.

Etter trenging blir fisken vanligvis håvet over i et bedøvelsesbad (se avsnitt 1.6). Når fisken er bedøvet, løftes fisken ut av vannet og undersøkes, hvoretter fisken returneres til enheten. Det finnes nå noen systemer som tillater fisken å bli undersøkt i vann (for eksempel ved lakselustelling). Potensielle velferdsrisikoer ved undersøkelse av levende fisk er oppført i tabell 1.12-1.

Svært få undersøkelser er utført som direkte ser på velferdsutfordringene knyttet til denne typen operasjoner, men all fiskehåndtering utgjør en risiko for skade og stress. Laksen er tilpasset livet i vann, og er praktisk talt vektløs og har begrenset fysisk kontakt med alt annet enn vann. Skjelettet og huden er ikke tilpasset håving og andre håndteringsprosedyrer, slik at denne type operasjon lett kan skade fisken [19]. Toleransen for håndtering varierer med arten, livsstadium, størrelse, vannkvalitet, lufttemperatur, helsestatus, utstyr og bruk av utstyret.

Vitenskapelig undersøkelser for lufteksponering er få, men det har vært noe arbeid på «catch and release» [159] hos 300-500 grams regnbueørret (ferskvann), som gir en indikasjon på betydningen av lufteksponering.

- Dødelighet (etter 12 timer) etter trening + 30 sekunders lufteksponering: 38 % dødelighet, etter trening + 60 sekunders lufteksponering: 72 % dødelighet [159].
- RSPCA Australia [158] anbefaler maksimal lufteksponeringstid på 15 sekunder og RSPCA UK [7] maksimal eksponeringstid på 15 sekunder med mindre anestesi benyttes.

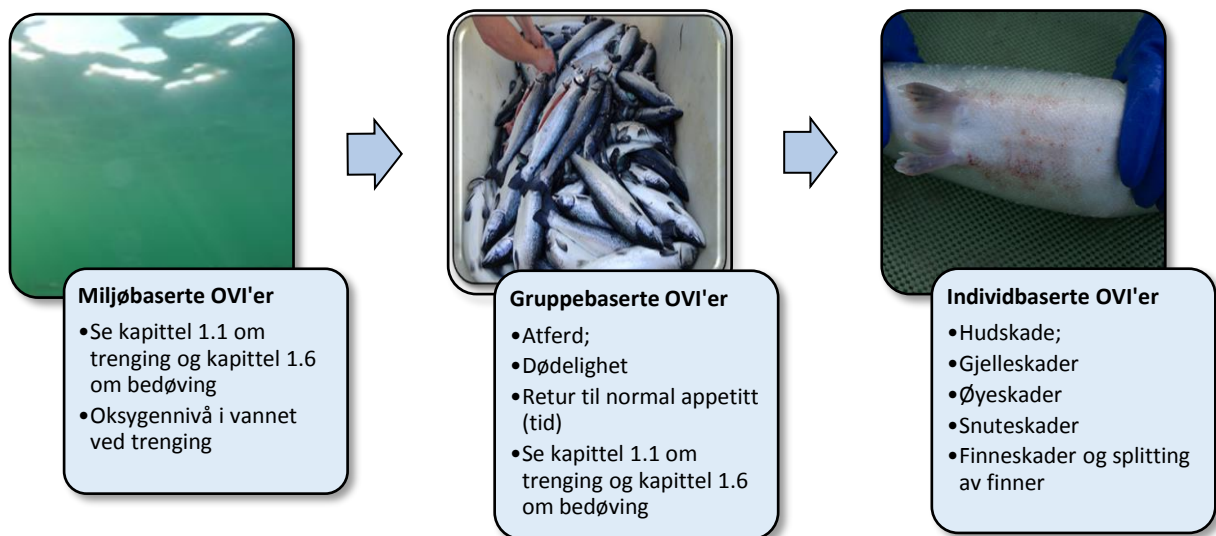
Tabell 1.12-1. Velferdsrisiko ved undersøkelse av levende fisk

Arbeidsoperasjon	Risikomoment	Forsterket /økt risiko
Trenging	Se avsnitt 1.1 om trenging	
Håving	Ytre skader: slimlag, hud, rist (skjell), finner og øyne	Utforming av håv/pose og tilpasset fiskestørrelsen For stor maskevidde Skader på håv/pose For mye fisk i hvert håvtrekk
	Indre skader	For mye fisk i hvert håvtrekk
Bedøving Se avsnitt 1.6	Overdose bedøvelsesmiddel - forgiftning	Avvik fra bruksanvisning/resept (dose og/eller holdetid)
	Utilstrekkelig bedøving kan medføre risiko for skader	Avvik fra bruksanvisning/resept Krever økt kraftbruk Medfører risiko for å miste fisken
	Ytre skader	For lite kar til bedøvelsen øker risiko for skader
Undersøkelse	Vannmiljø Ytre og indre skader	Gjenbruk av bedøvelsesbad, høyt antall fisk Feil løfteteknikk Utilstrekkelig bedøvd Hansker med ru overflate
	Lufteksponering – skader på hud og gjeller (frost/uttørking)	Lav / høy lufttemperatur, og eventuelt vind Lengde på lufteksponering, maks. 15 sek.
Tilbakeføring	Ytre skader, hvis kastes eller håves	Risiko for å treffe for eksempel fuglenett på veien til vannet Håvens standard
Generelt	Stress	
Langtidseffekter		Vanskelig å måle i kommersiell skala

Hvordan minimerer velferdsutfordringer ved undersøkelse av levende fisk

Generelt skal utstyret som brukes til håndtering av levende fisk utformes med den hensikt å sikre god fiskevelferd, og bruk av utstyret må være slik at risikoen for fisken blir redusert. Fisken skal ikke komme i kontakt med skarpe kanter, grove eller absorberende overflater, knuter (i nett), utsettes for støt, trykk, belastning (løftes etter sporden) og unødvendig trenging. Så langt som mulig skal håndteringen utføres i vann. Hvis man ikke kan gjennomføre undersøkelsen innenfor akseptable fiskevelferdsnormer, skal fisken avlives etter bedøvelse.

Hvordan vurdere velferd ved undersøkelse av levende fisk



Figur 1.12-1. Oversikt over OVI'er som egnet i forbindelse med undersøkelse av levende fisk. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet inklusiv bedøvelsesbad, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik. Foto miljø: L. H. Stien).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygen. I forbindelse med trenging over tid, er det nødvendig å overvåke og sikre tilstrekkelig oksygennivå til fisken (se avsnitt 1.1)

Varighet av lufteksponering. Selv om en ikke finner mye vitenskapelige data om effekten av lufteksponering på laks sin velferd, finnes det en undersøkelse på regnbueørret som rapporterte at dødeligheten nesten fordoblet seg i det lufteksponeringen økte fra 30 til 60 sekunder [159]. RSPCA har vedtatt en føre var tilnærming, og anbefaler maksimal eksponeringstid på 15 sekunder (RSPCA Australia) eller maksimal eksponeringstid på 15 sekunder med mindre bedøvelse benyttes (RSPCA UK) [7, 158].

Gruppebaserte OVI'er

I situasjoner der antallet undersøkt fisk og antallet trengt fisk er lavt i forhold til antallet fisk i enheten kan det være vanskelig å måle velferdsmessige konsekvenser av operasjonen. Dersom andelen påvirket fisk er høyt kan det være aktuelt å se på faktorene under.

Retur av appetitt. Tiden det tar for appetitten å returnere til normalt nivå bør overvåkes nøye etter håndtering. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere kan derfor også brukes som OVI, da det gjenspeiler hvor godt fisken har håndtert stressoren. Appetitt er lett å måle kvalitativt ved å observere fisken når mat tilbys.

Retur av normal atferd. Tiden det tar før normal svømmeatferd gjenopptas etter håndtering kan benyttes som en beskrivende OVI.

Dødelighet og kliniske sykdomsutbrudd. Dødelighet bør følges nøye og regelmessig etter undersøkelsen av levende fisk for å overvåke og vurdere problemer eller velferdstrusler knyttet til

prosedyren. I alvorlige tilfeller kan fisk bli syk og dø og sterkt påkjent fisk må fjernes fra merden eller karet. Dette bør undersøkes av fiskehelsepersonell [154-156, 160].

Skjell i vann. Mye, lite eller ingenting.

Rødt vann (blodvann). Erfaring tilsier det er mulig å oppdage blødninger som fargeskift i vann, såkalt «rødt vann (blodvann)». Det har blitt sett i forbindelse med bedøvd postsmolt i mindre kar, og er lettest å se i lyse enheter. Selv om «rødt vann» ikke nødvendigvis betyr at fisken vil dø av behandlingen (Nilsson, pers. med.), er det sunn fornuft at dette bør unngås og årsaken bør undersøkes. Det er eksempler på «rødt vann» på grunn av gjelleblødninger, sett under skåring og vurdering av fisk i forbindelse med mekanisk avlusing [20], hvor rask justering av avlusingsoperasjonen har vært berettiget. Supplerende histopatologisk prøvetaking kan vurderes for videre undersøkelse.

Individbasert OVI'er

Ytre skader. Fysisk kontakt med andre individer, oppdrettsenheten eller annet utstyr, kan føre til ulike former for akutte skader på fiskens ytre. Det er derfor viktig å følge med på fiskens ytre, spesielt med tanke på akutte forandringer i forbindelse med denne type undersøkelse. Se på hud, skjelldrakt, finner (er det for eksempel fersk finnesplitting), øyne, snute, gjellelokk og gjeller.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snoteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

KUNNSKAPSMANGEL

Potensielle fremtidige OVI'er kan være vurdering av tørking og forfrysning av overhuden, assosiert med luft eksponering ved lave temperaturer. Så langt en kunne se er det ingen vitenskapelig litteratur om dette, men bruken som potensiell OVI bør undersøkes.

1.13 Sammendrag og oversikt over OVI'er og LABVI'er egnet til ulike håndteringsprosedyrer

Tabell 1.13-1. Sammendrag og oversikt over miljøbaserte OVI'er og LABVI'er som er egnet til ulike håndteringsprosedyrer.

		Håndteringsprosedyrer											
VI	Bruksområde	Trenging	Pumping	Slakt	Aviving	Bade- og medisinsk-behandling	Bedøvelse	Vaksinering	Transport	Fôrstyring og sulting	Vaskeprosedyrer	Sortering	Undersøkelse av levende fisk
		Miljøbaserte OVI'er	Temperatur	x		x		x	x	x	x	x	x
Salinitet						x				x			
Oksygen		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
CO ₂						x	x	x	x	x			x
pH og alkalinitet						x	x				x		x
Total ammonium nitrogen (TAN)						x			x				
Turbiditet og suspendert tørrstoff						x				x			
Vannstrømhastighet		x											
Trykk			x								x		
Biomassetetthet					x	x	x		x			x	

Tabell 1.13-2. Sammendrag og oversikt over gruppe- og individbaserte OVI'er og LABVI'er som er egnet til ulike håndteringsprosedyrer

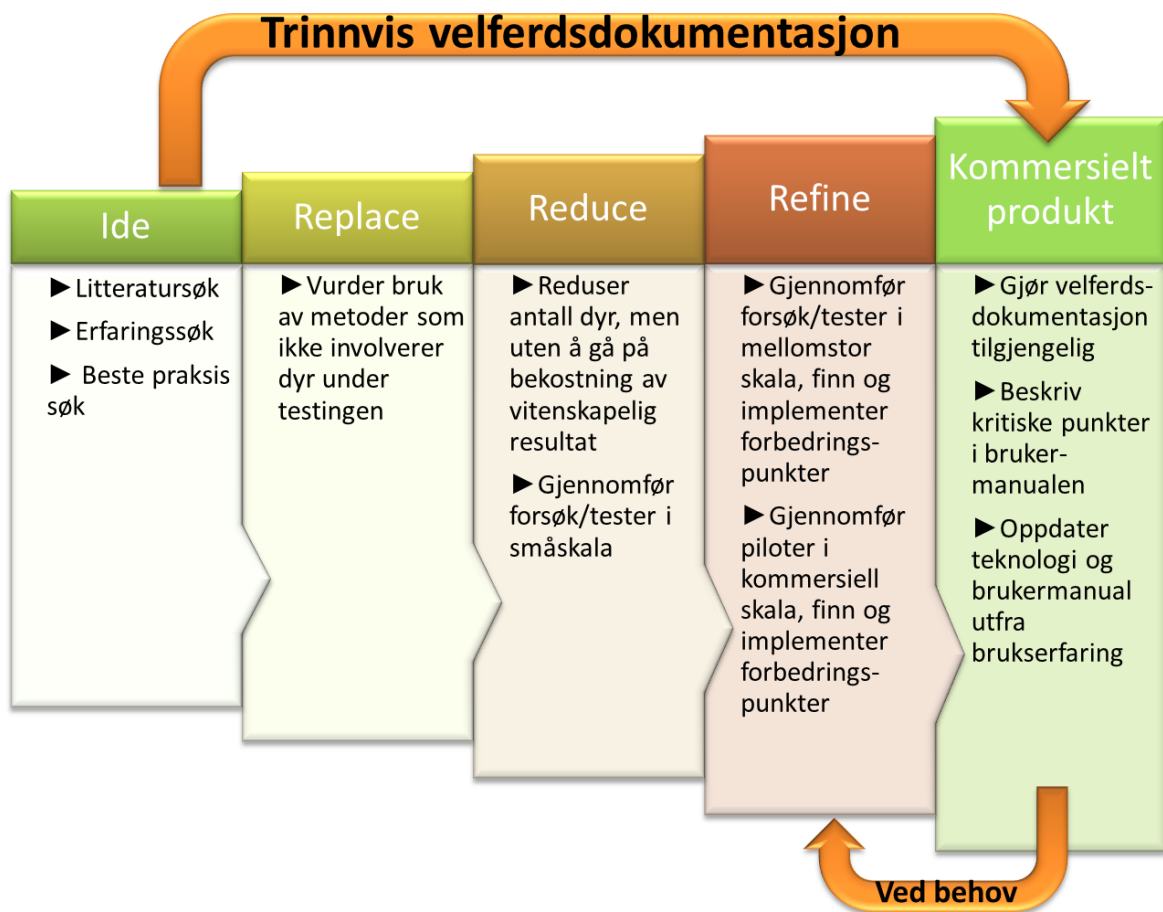
		Håndteringsprosedyrer												
VI		Bruksområde	Trenging	Pumping	Slakt	Avliving	Bade- og medisinsk-behandling	Bedøvelse	Vaksinering	Transport	Fôrstyring og sulting	Vaskeprosedyrer	Sortering	Undersøkelse av levende fisk
Gruppebaserte OVI'er	Dødelighet- akutt		x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
	• Merdødelighet i tid etter		x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
	Atferd		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	• Vise buken		x	x		x	x	x		x		x	x	x
	• Tap av likevekt						x	x		x		x	x	x
	• Unormal svømming		x	x		x	x	x	x	x		x	x	x
	• Trengingsintensitet		x	x			x		x	x			x	x
	• Gispning i overflaten		x	x		x	x	x		x		x		x
	• Vertikal svømming		x				x		x					
	• Hoderisting						x	x		x				
	• Klumping		x				x		x	x		x	x	
	• Aggresjon										x			
Appetitt		x	x			x	x	x	x	x		x	x	
• Vekst		x	x			x		x		x		x		
• Fôr i tarm						x				x				
Sykdom og helsestatus		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
• Avmagret fisk														
Biologisk objekter i vannet (skjell, «rødt vann»/blodvann)		x	x	x	x	x	x	x	x			x		
Bulk oksygen optak (MO ₂)		x								x				
		(brønn båt)												
Hudfargeforandring-grønnaktig		x				x	x			x				
Individbaserte OVI'er og LABVI'er	Håndteringsstraume (skade)		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	Skjelltap og hudstatus		x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
	Snute og kjeveskade		x		x	x				x			x	x
	Finneskader og status		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
	Øyebloddninger og -status		x	x	x	x	x			x	x	x	x	x
	Katarakt							x						
	Reflekser, øyerulling					x		x	x					x
	AGD skår		x	x			x						x	x
	Gjelleblekhet og -status		x	x	x		x	x					x	x
	Gjellelokkfrekvens («pusting»)		x		x	x	x	x		x				x
	Gjellelokkdeformiteter										x			
	Kondisjonsfaktor											x		x
	Døende fisk				x		x			x		x	x	x
	Ryggdeformiteter			x	x									
	Grad av avmagring				x						x			
	Korrekt bløggesnitt/hjerneslag				x	x								
	Vaksinere relatert patologi (Speilberg)						x		x					
Blod	Kortisol		x	x	x		x		x	x			x	x
	Glukose (blodsukker)			x						x	x			
	Laktat (melkesyre)			x						x	x			
	pH			x										
Div.	pH			x	x						x			
	Tid til dødsstivhet (Rigor mortis)		x	x	x									
	Blødninger			x	x									

2 Hvorfor og hvordan overvåke velferd under utvikling av ny teknologi

Formålet med dette avsnittet av håndboken, er å oppsummere og gjennomgå de viktigste vitenskapelige funnene om egnede OVI'er som kan brukes under dokumentasjon av ny teknologi for fiskehåndtering og drift.

2.1 De første overveielser og en OVI/LABVI verktøykasse for ny teknologi

Akvakultursektoren utvikler stadig ny teknologi med sikte på å forbedre produksjonen og håndteringen av fisk. Spesielt har det vært raske utviklinger og innovasjoner knyttet til lakselusbehandling de siste årene. Norsk lovgivning pålegger både teknologileverandører og oppdrettere ansvar for at utstyret som blir utviklet og brukt er «velferdsvennlig». Forsvarlig teknologiutvikling må ta hensyn til fiskens biologi i alle trinn av utviklingen. Det er viktig med en trinnvis velferdsdokumentasjon, der man bruker tilnærmingen fra velferdslovgivningen hvor de «3R» er sentrale; **Replace**= erstatt, **Reduce**= redusere og **Refine**= forbedre [161] (figur 2.1-1). Før en ny teknologi brukes kommersielt, bør den testes og vurderes i forhold til fiskevelferd. Denne tilnærmingen krever ofte søknader om tillatelse i henhold til velferdslovgivningen.



Illustrasjon: Kristine Gismervik, VI

Figur 2.1-1. Trinnvis velferdsdokumentasjon fra ide til kommersielt produkt med implementering av «3R» (**Replace**= erstatte, **Reduce**=redusere og **Refine**= forbedre) under utvikling av ny teknologi fra Gismervik et. al. [161]. Før teknologien er kommersielt tilgjengelig, må den testes og evalueres i henhold til fiskevelferd.

Oppdretter bør vurdere følgende punkter:

Før du bestemmer deg for å skaffe ny teknologi, sjekk følgende:

- ✓ Eksisterer det grunnleggende velferdsdokumentasjon for teknologien?
 - Hvis nei: Dokumentasjon er nødvendig i henhold til norsk lov og forskrift [162] (se figur 2.1-1, trinnvis velferdsdokument).
 - Hvis ja:
- ✓ Kontroller om relevante OVI'er og LABVI'er er dokumentert, for å sikre at velferdsbehovet til fisken under bruk av teknologien er tilfredsstillt. Følgende lenke kan gi en sjekkliste: http://www.imr.no/filarkiv/2015/06/skjema_for_velferdvurdering_av_ny_teknologi_i_oppdr_ett_v1_0.pdf/nn-no.
- ✓ Se også denne håndboken for en liste over potensielle OVI'er og LABVI'er for ulike håndteringsprosedyrer oppsummert i kapittel 1.13, samt figur 2.1-2.
- ✓ Kontroller om dokumentasjonen er gitt av en upartisk tredjepart med kompetanse på fiskevelferd.
- ✓ Kontroller om det finnes brukerhåndbøker som beskriver hvordan man sikrer fiskens velferd gjennom hele prosessen. Kontroller om disse beskriver bruksbegrensninger på grunn av størrelse, helsestatus og likende.

Før du bruker ny teknologi, sjekk følgende:

- ✓ Er potensielle risikoer identifiserte og egnede tiltak for å minske disse iverksatt?
- ✓ Er det rutiner for å sikre fiskevelferd før, under og etter bruk av teknologien?
- ✓ Er det klare kriterier for når man må avbryte operasjonen av velferdsmessige årsaker?

Kontroller følgende under bruk:

- ✓ Er fiskenes velferd dokumentert under og etter bruk?
- ✓ Optimaliseres prosedyrene ved bruk slik at dårlig velferd forebygges?

De første overveielser ved evaluering av ny teknologi

For å unngå håndteringsskade på fisken, se avsnitt 1.1 trenging og 1.2 pumping, og de øvrige OVI'er som hører til disse avsnittene. For eksempel er det viktig å inspisere og kontrollere at det ikke er 90-graders vinkler i rør, vannavsilingsystemer eller andre bråe endringer i retninger som kan skade fisken relatert til fart og «flaskehals». Unngå også skarpe, utstikkende kanter, grove overflater, tørre overflater og høye fall, som kan skade fisken. Unngå mellomrom der fisk kan knuses, sitte fast eller rives opp. Det er viktig å minimere tiden ut av vannet. Som regel er tiden ute av vann mer skadelig ved høye temperaturer og lav fuktighet, og ved minusgrader i luften.

For grunnleggende dokumentasjon; jo nyere teknologien er, desto mer bør man teste den. Likevel er målet på sikt å velge noen få av de mest relevante OVI'ene fra verktøykassen (figur 2.1-2). Grenseverdier for de enkelte OVI'ene kan være vanskelig å definere, fordi dette kan avhenge av temperatur, genetikk, miljø, livsstadium og feilkilder i selve målingene [163]. Likevel kan endringer fra hvile, før, under og etter behandling og håndtering benyttes. Velferdsindikatorer som baserer seg på vurderinger av selve fisken gir mye informasjon, og kan gjøre det mulig å sammenlikne håndteringsbelastningen av ulike type tekniske løsninger. Det er blant annet utviklet skåringssystemer av ytre akutte skader, slik som «Velferdsplakaten» utviklet av Veterinærinstituttet [16, 20], der ingen skader selvsagt er målet. Morfologiske skåringssystemer er nærmere beskrevet i kapittel 3.

En av de største risikoene ved håndtering er å skade fisken enten mekanisk eller ved å påføre den et miljø den ikke kan håndtere, som eksempelvis dårlig vannkvalitet eller for høyt stressnivå.



Figur 2.1-2. «Verktøykasse» med noen relevante OVI'er og LABVI'er for ny teknologi som involverer håndtering av fisk. Uttesting av ny teknologi bør utføres på fiskegrupper med kjent helsestatus, fortrinnsvis frisk fisk (Illustrasjon: K. Gismervik).

2.2 Beskrivelse av ny teknologi og passende OVI'er for måling og skåring

2.2.1 Mekanisk og termisk avlusing

Ulike teknologier for mekanisk og termisk avlusing (uten bruk av kjemikalier) har blitt utviklet det siste tiåret, og mange er fortsatt under optimalisering. Slike avlusere kan klassifiseres etter deres prinsipp for fjerning av lus, enten ved:

- Temperaturjustert sjøvann, såkalt termisk avlusing (for eksempel Thermolicer og Optilicer).
- Sjøvannspyling samt turbulens (for eksempel Flatsetsund (FLS) avluser og Hydrolicer).
- Myke børster og sjøvannspyling (for eksempel SkaMik).

Det er viktig å evaluere avlusingseffekten samtidig med fiskevelferden, da teknologiene balanserer mellom fiskevelferdshensyn og deres effekt på lus. Teknologier som bruker sjøvannsspyling og temperaturjustert vann, har tidligere blitt dokumentert som akseptable i forhold til fiskevelferd under første test [27, 164]. Det er likevel en rekke forhold som kan påvirke om operasjonen går bra eller ikke, blant annet forhold rundt trenging, fiskens helsestatus, vanntemperaturer og hvordan utstyret justeres underveis [20]. I 2016 har mekanisk og termisk avlusing vist seg å kunne gi større negative konsekvenser for fiskevelferden sammenliknet med medikamentell badebehandling [16, 165]. Det er en utfordring at ikke all velferdsdokumentasjon blir offentliggjort for vitenskapelig gjennomgang, og at dokumentasjonen som finnes er gjort tidlig i utviklingsløpene [27, 28, 47]. En oversikt over tilgjengelig velferdsdokumentasjon på mekanisk og termisk avlusing og OVI'er som ble brukt, er gitt i tabell 2.2.1-2.



Foto: Gismervik©

Figur 2.2.1-1. Mekanisk avlusing kan være krevende for fiskevelferden ved kalde temperaturer, fordi en eventuell sårheling vil gå langsomt er det økt risiko for utvikling av vintersår (Foto: K. Gismervik).

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- En vanlig konsekvens ved all mekanisk og termisk avlusning er at fisken må håndteres, først ved trenging og deretter ved å pumpes gjennom forskjellige rør med ulike typer vannavsilere, ulike temperaturer på vannbad eller vannspylingsystemer, eller i kombinasjon med børster (se også tidligere avsnitt for 1.1 trenging, 1.2 Pumping, og 1.11 Sortering). Faktisk ble trenging og pumping ansett som en av de største utfordringene for velferd i de første uttestingsfasene av termisk avlusning [27, 28].
- Trenging i seg selv ble anført som den største risikofaktoren ved mekanisk og termisk avlusning i en spørreundersøkelse gjennomført av Veterinærinstituttet i 2016 [161].
- All håndteringen kan forårsake; direkte skader på fisken, stress under og etter operasjonen, reduksjon og tap av slim og sekundære infeksjoner. Dette kan føre til økt dødelighet og dårlig velferd [20, 27, 165, 166]. Gjellene, øynene og snuten er spesielt sårbare. Øyne og snute er også funnet rike på smertereseptorer (nociceptorer) [167, 168]. Ved kalde temperaturer vil det være økt risiko for å utvikle vintersår [16] (se tabell 3.1.5-2 i del A for mer informasjon om vintersår).
- Det er viktig å vurdere fiskens generelle helsestatus før mekanisk og termisk avlusning, da syk fisk har redusert toleranse for håndtering. I en spørreundersøkelse gjennomført av Veterinærinstituttet ble helsestatus rangert som den nest viktigste risikofaktoren i forbindelse med mekanisk og termisk avlusning. Opplæring og kunnskap hos personellet som utfører operasjonene ble også ansett som svært viktig [161].
- Høy dødelighet er observert etter termisk avlusning når fisk ble diagnostisert med AGD og/eller gjelleirritasjon [27].
- En annen risiko ved termisk avlusning er forbundet med vannkvaliteten i de temperaturjustert vannkamrene, da høyt nivå av ammoniakk og turbiditet er blitt registrert. Dette antas å være stressende, men fortsatt mangler en del kunnskap [27].
- Gjelleblødninger og skjelltap er av Gismervik et. al. [20] identifisert som risikofaktorer ved mekanisk avlusning, og riktig innstilling av utstyret er viktig. Det er også viktig å vite hvilken størrelse på fisk teknologien egner seg for [8, 20].
- Dersom renseskiver benyttes sammen med laksen bør det tas hensyn til f.eks. utfisking eller avsiling [47].

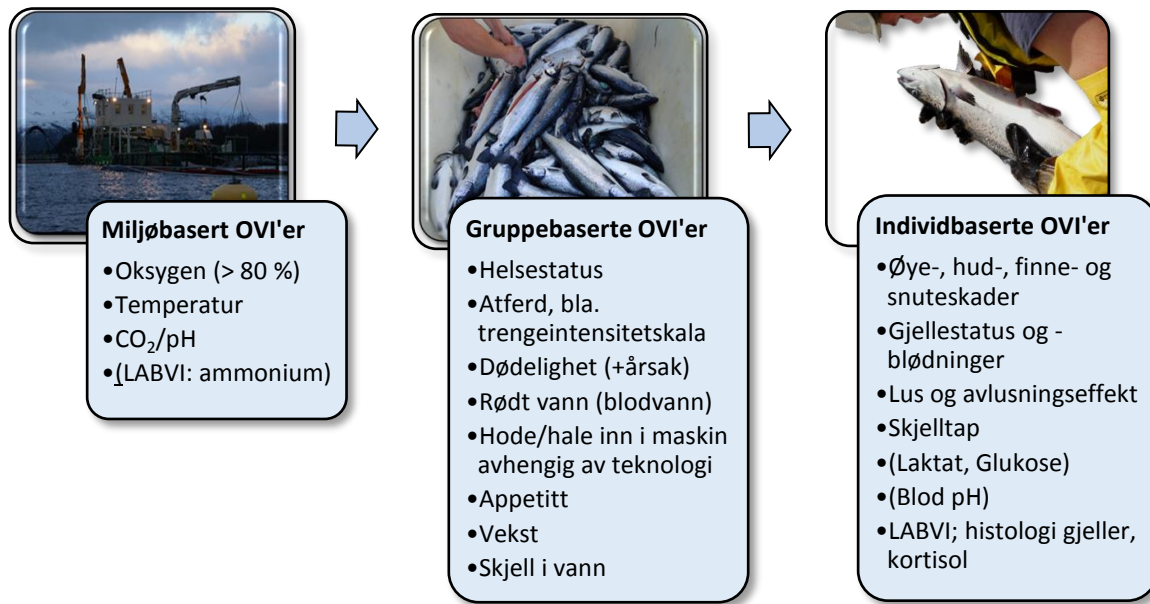
Tabell 2.2.1-1. Svåsand et. al. [169] identifiserte ulike risikofaktorene og potensielle konsekvenser for fiskenes velferd ved bruk av mekanisk og termisk avlusning

Fare	Farekilde	Konsekvens
Redusert tåleevne	Svekket eller syk fisk	Forhøyet dødelighet
Trengsel	Heving av not og pumping	Stress, forhøyet oksygenbehov, klemskader, finneskader og sår. Påfølgende infeksjoner
Fysisk traume	Feil i pumpesystemet	Slagskader, finne-, gjelleskader og sår. Påfølgende infeksjoner
Fysisk traume	Vannavsiling	Skader og sår. Påfølgende infeksjoner
Overoppheting	Fisken blir for lenge i det lunkne vannet	Termisk stress og dødelighet

Hvordan minimerer velferdsutfordringer

- Fisken skal ha god helse før avlusning. Ved akutt sykdom, bør andre alternativer vurderes (behandlinger i merd, utsatt behandling, biologisk avlusning og muligheter for slakting på lokaliteten). Likevel er det ikke mulig å utsette lusebehandling for en lengre periode. Dette på grunn av lovgivningen og det faktum at høye lusenivåer vil gi alvorlige velferdskonsekvenser (se del A, avsnitt 3.2.3). Teknologiske løsninger som forebygger lusepåslag kan være viktige verktøy for å redusere velferdspåkjenningen av avlusinger [165].
- Overvåk vanntrykk og -hastighet, tetthet av fisk i behandlingsenheten (tonn eller antall per minutt/time), temperatur i behandlingskamre, driftshastighet og ha klare retningslinjer for akseptabel bruk i henhold til fiskestørrelse, helse, temperatur og sulteperioder [20, 27, 28, 47]. Sikre også at fisk ikke blir gående å stange i systemet ved lavintensiv kjøring eller pauser [20, 47].
- Optimaliser trenging og pumping (se avsnitt 1.1 og 1.2), da fysiske traumer fra disse operasjonene har stor innvirkning på velferden [20, 27, 28].
- Sikre at det finnes rutiner under avlusingsoperasjonen der OVI'er benyttes aktivt for å vurdere velferden (figur 2.2.1-2). Gismervik et. al. [20] fant at skåringer av ytre akutte skader hos fisk underveis under mekanisk avlusning kan bidra til å sikre at utstyret er riktig innstilt. Det ble anbefalt å ta jevnlig stikkprøver av fisken underveis før og etter avlusning blant annet for kontroll av gjelleblødninger, skjelltap og hudblødninger samtidig med at avlusningseffekten kontrolleres.
- Man må sikre at teknologien har en mest mulig effektiv oppsamling av lus, da hverken temperert vann eller spyletrykk vil drepe lus [20, 28, 47]. Oppsamling av lus gjennom filtrering av behandlingsvannet er viktig for å unngå en rask re-smitte, noe som kan føre til at fisken snart må avluses igjen [20].
- Kameraovervåking i merden fisken pumpes til kan være med på å avdekke unormal adferd og eventuell dødelighet så tidlig som mulig [47].
- Egnede vanntemperaturer i sjø under avlusning (skal ikke utføres om vinteren, på grunn av risiko for utvikling av vintersår).
- Å sikre optimal vannkvalitet og vannutveksling i «temperaturjusterte behandlingskamre», er viktig da det i utviklingsfasen av slik teknologi har vært eksempler på opphopning av ekstremt høye nivåer av ammoniakk [27]. Man må også sørge for riktig temperatur og eksponeringstid [27, 28], og dette kan variere med sjøtemperaturen [28].
- Ved bruk av rensefisk må også denne fisken sin velferd sikres.

Hvordan vurdere velferd ved mekanisk og termisk avlusning



Figur 2.2.1-2. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med mekanisk og termisk avlusning. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet og miljøet i teknologien, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik).

Miljøbaserte OVI'er

Oksygenmetning. Effekten av forskjellige oksygenmetningsnivåer varierer med temperaturen. Nivåene må aldri nærme seg den begrensende oksygenmetningen (LOS, Tabell 1.1-1). Som en generell retningslinje brukes ofte oksygenmetninger på > 80 % [13] og RSPCA- standarden anbefaler en minimumsgrense på 7 mg /L [7]. Under mekanisk og termisk avlusning kan det være viktig å overvåke oksygennivåer under trenging (spesielt om sommeren) og i de temperaturjusterte behandlingskamrene (termisk avlusning).

Temperatur. Lav sjøtemperatur øker risikoen for utvikling av sår. Skader fra håndtering er ofte den initierende faktoren som bidrar til sekundære infeksjoner med bakterier som *Moritella viscosa* og *Vibrio spp.* om vinteren (se del A, tabell 3.1.5-2 for mer informasjon om vintersår) [16, 17]. Målinger av oppholdstid, temperatur og vannkvalitetsparametere i de temperaturjusterte behandlingskamrene, er viktige. Høye temperaturer og lang oppholdstid i varmt vann kan påvirke velferden [169] og føre til dødeligheter. De øvre grensene for bruk bør oppgis.

Karbondioksid kan akkumuleres i behandlingskamrene hvis vannstrømningsraten i systemet er utilstrekkelig (reduert), eller hvis biologisk belastning til systemet ikke støttes av systemdesign og dimensjonering. Det vil være viktig å teste dette i utviklingsfasen [28]. pH kan også brukes til å estimere karbondioksid indirekte.

Gruppebaserte OVI'er

Helsestatus. Fiskens helsestatus skal være kjent før behandlingen, da prosedyrer som termisk avlusning kan gi høy dødelighet hos syk eller svak fisk [27].

Dødelighet bør følges nøye og regelmessig opp etter avlusning av fisk, for å overvåke og vurdere problemer eller velferdstrusler knyttet til prosedyren.

Atferd. Atferdsmessige OVI'er knyttet til trenging og pumping, se relevante avsnitt. Svømmingen skal være jevn og rolig. Fisk bør ikke slite, og det skal ikke være rødt vann inne i pumpen. Panikkatferd og rask svømming øker også risikoen for mekanisk skade, både inn og ut av behandlingskamrene. Noe av atferden kan følges med kameraer i slange og behandlingskammer. Som ved trenging og håndtering, kan tiden det tar å opprette normal atferd brukes som en kvalitativ OVI etter avlusningen.

Rødt vann (blodvann). Ifølge erfaringsbasert kunnskap kan det i mindre og lukkede enheter være mulig å oppdage blødninger hos postsmolt som fargeskift i vann, såkalt «rødt vann (blodvann)». Dette er aldri et godt tegn, og årsaken bør undersøkes (se 1.12 og del A kapittel 3 for mer informasjon). Under skåring av fisk ved mekanisk avlusning er det sett eksempler på at bedøvelsesvannet har blitt rødfarget av blod på grunn av gjelleblødninger, hvor rask justering av avlusningsoperasjonen har vært berettiget [20].

Posisjon til hodet eller halen inn i maskin (hvis viktig – teknologiavhengig). Noen av avluserene er konstruert for å favorisere hvilken vei fisken kommer inn (hodet eller halen først) for en mest mulig skånsom og effektiv avlusning. I disse tilfellene kan i så fall retningen på fisken bli observert og talt opp, ved bruk av kameraer eller ved direkte observasjon.

Retur av appetitt. Den tiden det tar for appetitten å returnere til normal status, bør overvåkes nøye etter håndtering. Redusert eller opphørt matlyst kan være forårsaket av en stressrespons [18]. Tiden det tar for appetitten å returnere etter for eksempel håndtering, kan derfor også brukes som OVI, da det gjenspeiler hvor godt fisken har håndtert stressbelastningen. Appetitt kan lett måles kvalitativt ved å observere fisken når mat tilbys.

Vekst kan være et resultat av redusert fôrintak på grunn av akutt eller kronisk stress. Akutte vekstforandringer kan brukes som et varslingsystem for potensielle problemer, særlig når oppdretter har robuste vekstovervåkingssystemer.

Skjell i vannet/filtre. Tilstedeværelse eller fravær av skjell i vannet eller filtre, indikerer skjelltap og potensiell skade på huden (Se del A, 1.1.5 hudstatus).

Individbaserte OVI'er

Skader er en av de viktigste faktorene å unngå. For å gjøre dette bør skader overvåkes før, under og etter avlusning, slik at tiltak kan gjøres (for eksempel justering av vanntrykk/vannhastighet/fisketetthet/temperatur) hvis det ikke er akseptabelt i henhold til etablerte velferdsnormer. Ingen fisk bør etterlates i avluseren under pauser og ved slutten av arbeidet med avlusning.

Hudtilstand. Fysisk kontakt med andre fisker, oppdrettsanlegg, rør eller annet utstyr, kan føre til ulike former for hudskader. Små blødninger i huden kan ofte sees på buken og kalles ofte "rødbuk". Skjelltap kan observeres både som skjell fritt i vannet og som områder på fisken hvor skjell mangler. Dårlig håndtering kan føre til slimtap. Siden slim og skjell beskytter fisken fra miljøet og fungerer som barrierer, kan tap av disse gi opphav til problemer med saltbalansen samt infeksjoner. Skarpe kanter kan gi sår / kutt.

Gjellelokkskade og gjellestatus. Gjellelokkskade inkluderer skade, forkortet eller til og med manglende gjellelokk. Ved å skåre forandringer på selve gjelleoverflaten (synlige som «hvite flekker») kan man få et mål på gjellestatus, såkalt total gjelleskår. Gjelleblødninger bør også overvåkes i forhold til mekaniske skader [20].

Snuteskader kan oppstå i forbindelse med håndteringer, der fisken presser mot not eller treffer harde flater med snuten.

Finneskader. Fysisk kontakt kan også føre til skadede finner, spesielt finnesplitting.

Øyestatus. Øyne er svært utsatt for mekaniske skader, og både blødninger og uttørking under håndtering i luft kan være en risiko.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snuteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Lus og avlusningseffekt. Siden hensikten er å fjerne lus, bør effekten overvåkes ved å telle lus på fisken før, under og etter operasjonen. Effekten må være god nok til å beskytte fisken mot nye gjentatte behandlinger og likevel vil det ofte være en grense for hvor effektiv avlusningen kan være, før den setter fiskevelferden i fare.

Laktat (melkesyre). Panikk og eksplosiv svømming øker den anaerobe muskelaktiviteten og øker dermed laktat i blodet [2, 21, 22]. Blodlaktat bør ligge under 6 mmol/L [2]. Dette er lett å måle med håndholdt apparat, men prøver bør tas omtrent en time etter muskelaktivitet. Imidlertid fant Erikson et. al. [3] ingen signifikant korrelasjon mellom trengetid og laktatnivå. Gismervik et. al [20] fant det utfordrende å få til et optimalt prøveuttak pga. tidsfaktoren/ forsinkelsen i en eventuell laktatøkning under mekanisk avlusning. Det var ingen forskjeller i målte laktatverdier fra hvile til under trenging i deres studie.

Glukose (blodsukker) kan brukes som en OVI ved trenging [24]. Økningen i plasmaglukose foregår relativt langsomt og toppe seg etter 3-6 timer på laks [25], selv om responsen også påvirkes av fôringsstatus, -type og andre faktorer. Glukosenivåene bør derfor sammenlignes med nivåer før stressbelastningen, i stedet for noen «standard stressnivåer». Fysiologiske mål som glukose og laktat har begrensninger som velferdsindikatorer, siden de først er målbare en tid etter at stress er påbegynt (se del A kapittel 3). Fysiologiske målinger kan bidra til å bedre fremtidige prosedyrer, men ansees lite egnet til å overvåke velferd under pågående operasjoner.

Muskel pH. Økt laktat (melkesyre) etterfølges av redusert muskel pH under både pumping og trenging [23].

Tabell 2.2.1-2. Velferdsdokumentasjon på mekaniske og termiske avlusere og OVI'er og LABVI'er brukt

Referanse	Teknologi	Prinsipp	Antall merder/ lokalitet (temperatur)	Antall fisk (+størrelse)	Tid fulgt etter avlusning	OVI/ LABVI benyttet	Avlusnings-effekt (%) B=Bevegelig K=Kjønns-modenhunn C=Chalimus
Grøntvedt et. al. [27]	Thermolicer	30-34°C (25-30 sek)	4 (nøye kartlagt) /4	Ca. 217.234 (<2-2 kg, laks) Ca. 50.694 (2,5 kg, regnbueørret)	3 uker	Gruppebasert: Dødelighet og appetitt Individbasert: Gjeller, skjelltap, snute-, øye- og finneskade, sår, hudblødninger, AGD skår, total gjelleskår, katarakt, lus LABVI: histologi gjeller	B (75-100 %) C (0 %)
Roth [28]	Optilicer	28-34°C (20-30 sek)	Flere	Flere	4 uker (dødelighet)	Gruppebasert: Dødelighet Individbasert: skjelltap, gjeller, blødninger på buk, snute-, øye- og finneskade, blod-pH, Hct, laktat, glukose LABVI: histologi gjeller, Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺	B (58-100 %) C (0 %)
Gismervik et. al. [20]	Flatsetsund FLS- avluser	Spyling med sjøvann 0,2-0,8 bar (0,2-0,3 bar dokumentert i studien)	3 (nøye kartlagt)/3 (Ca. 8-14 °C)	Ca. 118 534 (ca.4,6 kg laks) Ca. 291 380 (ca. 2 kg laks)	Inntil 3 uker	Gruppebasert: Dødelighet og appetitt (atferd) Individbasert: Gjeller, skjelltap, snute-, øye- og finneskade, sår, hudblødninger, total gjelleskår, katarakt, lus, glukose, laktat LABVI: Kortisol, histologi gjeller	B (81-100 %) K (76-91 %)
Nilsen et. al. [164]	Flatsetsund FLS-avluser	Spyling med sjøvann 0,27-0,37 bar	1/1 gjentatt forsøk (4-5 °C)	Ca. 31.950 Ca. 2,9 kg	1 uke (dødelighet 2 uker)	Miljøbaserte: TOC (total organisk karbon) Gruppebasert: dødelighet, atferd, fluktrespons Individbasert: snute-, øye- og finneskade, sår, hudblødninger, skjelltap, muskel pH, lus	B (57-68 %) med pre spyling B (2-27 % uten pre spyling)
Ingen tilgjengelig	Hydrolicer	Spyling med sjøvann					
Ingen tilgjengelig	Skamik	Børster og spyling med sjøvann					

KUNNSKAPSMANGEL

- Mekanisk og termisk avlusningsteknologi er relativt ny og deres bruk øker raskt.
- Kunnskap om stress, håndtering og miljøfaktorer under gjentatt bruk og hyppige avlusninger mangler. Når man vurderer erfaringsbasert kunnskap fra 2016, viser det seg at hvis det oppstår problemer med prosedyren eller teknologien, kan dette få dødelige konsekvenser for fisken [16]. Tilsvarende kunnskapsmangel gjelder også rensefisk.
- Basisreferanser for øvre grenser og holdetid for temperaturjustert vann betraktes som mangelfullt for postsmolt, og må relateres til tilpasset vanntemperatur [170-173].
- Det er kunnskapsmangel om effekten av høy turbiditet og høye ammoniakkverdier i temperert vann ved kort oppholdstid (<1 minutt) [27, 31].

2.2.2 Behandlingsflåte (badebehandling)

Pilotflåten Helixir og tilsvarende teknologi er nye design for å gi kontrollerte badebehandlinger, og er også referert til som en behandlingsflåte. Fisken går gjennom en behandlingstank med ferdig innblandet legemiddel, ved hjelp av en «skrue», som gir kontrollert behandlingstid (mellom 15-45 minutter). Lus som faller av i behandlingstanken filtreres vekk (150 µm). Gjenvinning av vann og legemiddel kan gi redusert forbruk og vannkvaliteten sikres ved lufting og oksygenering. En operasjon vil bestå av trenging, pumping, avsiling, medisinsk behandling i bad, avsiling og deretter ledes fisken ut i merden igjen. Ved utgivelsen av denne håndboken er ikke testing av teknologien med legemiddel ferdigstilt. Rapporten som beskriver første velferdsvurdering er utført ved kun bruk av sjøvann i holdetanken (se figur 2.2.2.-1) [8]. Teknologien er tatt med i denne håndboken for å vise et konkret eksempel på hvordan velferdsindikatorer kan benyttes i utviklingsløpet av ny teknologi.

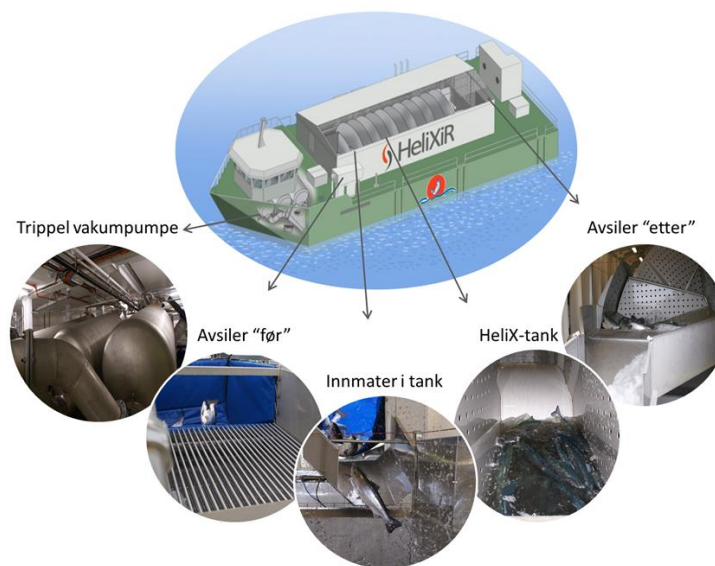


Foto: K. Gismervik

Figur 2.2.2-1. Illustrasjon fra Gismervik et. al. [8], som viser pilotflåten Helixir og de forskjellige stadiene i håndteringsforløpet.

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

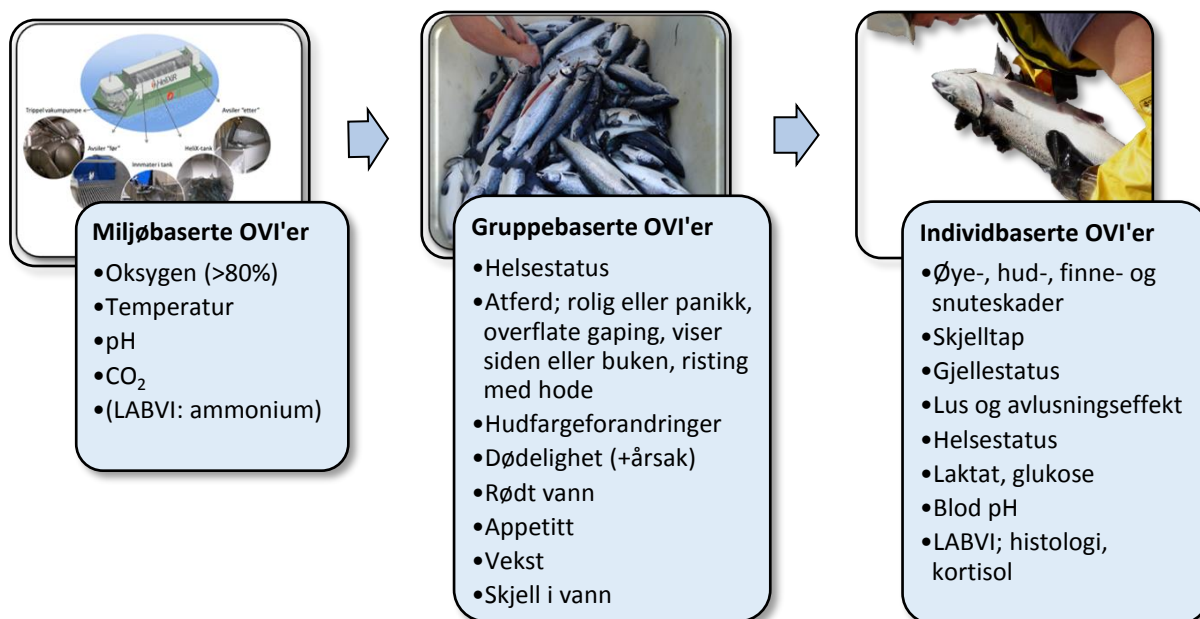
- Trenging (se avsnitt 1.1).
- Pumping (se avsnitt 1.2), med ny teknologi er riktig innjustering av pumper svært viktig, og det har vært registrert fiskeskader relatert til pumper på enkelte fisk i innkjøringsfasen [8].
- Avsiling. Avsilere bør tilpasses/justeres etter fiskens størrelse. Fisk kan bli sittende fast mellom spaltene hvis den er liten (har skjedd med fisk under ca. 1 kg), vannhastighet og vinkler på rør må vurderes i forhold til fiskestrømmen. Man bør sørge for at fisk ikke hopes oppå hverandre i bunnen av avsilingskassen før fisken glir inn i tanken, da dette kan ha forårsaket øyeskader på fisken [8].
- Ved innmating av fisken i tanken, bør prosessen overvåkes for å sikre at fisken ikke treffer skruevingen, veggen eller midtskruen.
- Behandling med medikament (se 1.5 Bade- og medisinbehandling).
- Rensefisk som holdes sammen med laksen kan ha andre toleransegrenser for medikamenter. Teknologien tar sikte på å sile fra rensefisk før behandlingstanken etter pumping.

Hvordan minimerer velferdsutfordringer

- Denne teknologien er ny i bruk og testkjøring med medikamenter er ikke slutført. En tilnærming med stegvis velferdsdokumentasjon vil være med på å sikre fiskevelferden i hele utviklingsløpet.
- Generelt bør fisken ha god helsestatus før operasjonen.
- Overvåk tettheten av fisk i behandlingstanken (antall pr. kammer), utarbeide klare retningslinjer for akseptabel bruk i henhold til fiskestørrelse, helse, temperaturer, sulteperioder og liknende.
- Overvåk vannkvaliteten; behandlingstanken logger automatisk O₂, CO₂, pH og temperatur. Sørg for at målere virker og kalibreres jevnlig, og vannkvaliteten kan reguleres underveis i operasjonen (oksygentilsetting blant annet),. Sirkulasjonskretser i selve tanken tar sikte på homogen vannkvalitet og legemiddelinnblanding, noe som kan være utfordrende ved andre behandlingsmåter som presenning/brønnbåt [174]. Det er mulig å ta stikkprøvebaserte vannprøver for LABVI'er som ammonium og turbiditet.
- Optimaliser trenging, pumping (se kapittel 1.1. og 1.2.) for å minimere fysiske traumer. Teknologien har en trippelpumpe (vakuumpumpe) for jevn flyt inn og fylling i tank., Selve pumpa er plassert under dekk med ca. sugehøyde på en meter, og en skyvehøyde på 4,5 meter) [8].
- Passende vanntemperaturer i sjø under avlusning. Lave temperaturer øker risikoen for utvikling av sår. Skader fra håndtering er ofte en innfallsport for sekundære infeksjoner med bakterier som *Moritella viscosa* og andre særlig ved kalde temperaturer (se del A, tabell 3.1.5-2 for mer informasjon om vintersår) [16, 17].
- Det er viktig å fortsette trinnvise tester for de legemidler som ønskes benyttet, ved bruk av riktige OVI'er (og LABVI'er) i prosessen, med målinger før, under og etter bruk.

Hvordan vurdere velferd i en behandlingsflåte (badebehandling)

- OVI'er som er egnet for mekanisk og termisk avlusning kan også brukes her, se 2.2.1 for detaljer. I tillegg må man tilpasse OVI'er utfra legemiddelet som benttes (se 1.5 Bade- og medisinbehandlinger).
- For atferdsindikatorer i tanken kan man se etter gaping i overflaten, fisk som viser sider og buk, svømmeatferd (ro eller panikk), hoderisting eller fargeendring. Det er kameraer for overvåking av overflateatferd, noe som er gunstig, og undervannskameraer kan med fordel benyttes for bedre oppløslighet [8].



Figur 2.2.2-2. Oversikt over OVI'er og noen LABVI'er som er egnet i forbindelse med behandlingsflåter. Miljøbaserte OVI'er gjelder oppdrettsmiljøet og miljøet i teknologien, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er angår enkeltindividet. (Illustrasjon og foto: K. Gismervik).

Tabell 2.2.2-1. viser OVI'er og LABVI'er som er brukt under første velferdstesting av pilotflåten Helixir uten legemiddel i tank

Ref.	Teknologi	Prinsipp	Antall merder/ lokaliteter/ (Temperatur)	No. fisk (+ størrelse)	Oppfølgings-tid	OVI'er	OVI logging i Helixir (+ LABVI)	Avlusnings-effekt (%) B=beveglige C=Chalimus
Gismervik et al. [8]	Behandlingsflåte (Helixir o.l.)	Fisk "skrues" gjennom en vanttank (133 m ³) for medisinsk behandling. Test ikke gjort med medikament, kun sjøvann	3 (nøye kartlagt) /3 (Ca. 5-15 °C)	182.108 (1,2-4,7 kg)	Opptil 2 uker etter	Individ-basert: Skjelltap, snute-, øye- og finneskade, sår, hudblødninger, total gjelleskår, blekhet gjeller, katarakt, lus Kortisol, laktat, glukose Gruppe-baserte: Atferd, dødelighet (+årsak), appetitt	Miljø-baserte: O ₂ , CO ₂ , pH, temperatur (ammonium, pH, turbiditet, salinitet)	Begrenset effekt C (0%)

KUNNSKAPSMANGEL

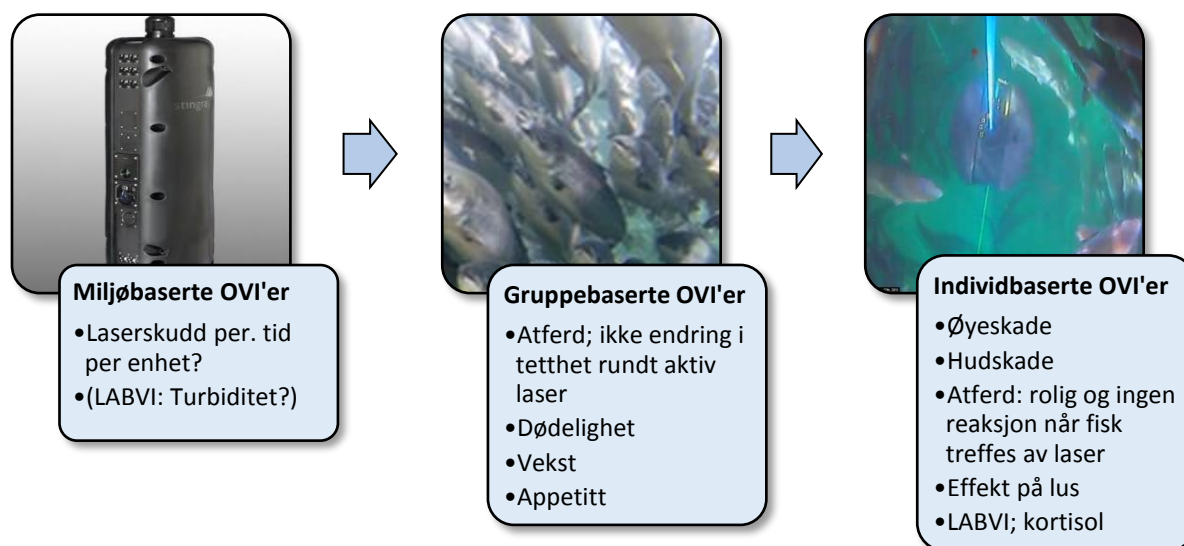
- Det gjenstår å teste teknologien med bruk av legemidler

2.2.3 Laser

Denne teknologien bruker kamera og lasere for kontinuerlig å skyte lusa som er til stede på laksen i merdene. Den teoretiske fordelene av denne type avlusning i merdene er at den kan skje uten håndtering og sulting. Ifølge produsenten har det ikke vært rapportert sår siden teknologien ble kommersialisert i 2014. De oppgir også at atferden ble kontrollert i tidligere stadier av teknologien og at lasere ikke hadde noen visuelle negative effekter. Produsenten Stingray skriver: «Teknologien har vært benyttet i kommersielle merder siden 2013, uten noen innmeldte synlige skader fra over 400 millioner laserpulser fra rundt 20 lokaliteter». Åpen velferdsdokumentasjon med avlusningseffekter (rapporter / artikler) er imidlertid ikke tilgjengelig, og velferden ved bruk av teknologien kan av den grunn ikke vurderes nærmere. For mer informasjon om teknologien, se produsentens nettside.

Hvordan vurdere velferd ved bruk av laser

Siden ingen vitenskapelig dokumentasjon foreligger, er det kun generelle råd som er oppsummert i figur 2.2.3-1.



Figur 2.2.3-1. Oversikt over OVI'er som kan være egnet i forbindelse med laserbehandling mot lus. Miljøbaserte OVI'er angår oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er gjelder oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er handler om enkeltindividet. (Figur: K. Gismervik, foto gruppe: L.H. Stien, øvrige foto: www.stingray.no)

Miljøbaserte OVI'er

Laserskudd per tidsenhet og turbiditet er nærmere beskrevet under kunnskapsmangel.

Gruppebaserte OVI'er

Atferd. Kontroller at fisk ikke unngår laserområdet. Kameraer kan gi informasjon om tettheten.

Dødelighet. Dødelighet bør overvåkes, og hvis denne er økende må årsaker undersøkes. Potensielle laserrelaterte skader kan inspiseres visuelt på død fisk (se individuelle OVI'er).

Vekst kan være et resultat av redusert forinntak på grunn av akutt eller kronisk stress. Akutte vekstforandringer kan brukes som et varslingsystem for potensielle problemer, særlig når oppdretter har robuste vekstovervåkingssystemer.

Individbaserte OVI'er

Øye- og hudskader. Kontroll av individuelle fisk for øye- og hudskader kan gjøres sammen med lusetellinger eller andre operasjoner (se avsnitt 1.12) som dokumentasjon på fravær av skader. For å undersøke for mindre synlige skader kan LABVI benyttes, blant annet histologi av hud og øyne.

Atferd. Kameraer kan brukes til å følge opp og sikre at atferden ikke påvirkes negativt. En bør observere rolig svømming og ingen reaksjon når skudd treffer fisken. Det bør heller ikke være en annen tetthet rundt laserne enn ellers i merden.

Avlusningseffekt. Lusenivåer bør overvåkes for å kontrollere at teknologien fungerer som ønsket, og det må gjøres tiltak dersom lusetallene øker.

KUNNSKAPSMANGEL

- Det foreligger ingen tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon på velferdseffekten eller avlusningseffekten av laserteknologien.
- Teknologi som lasere er kjent for å kunne gi øyeskader hos mennesker [175]. Hos laks er dette en problemstilling vi dessverre ikke har funnet åpne publikasjoner på, og det vurderes derfor som en mulig risiko.
- Det observeres at teknologien avgir sterke lyssignaler under drift. Det finnes ingen åpen dokumentasjon på om dette kan skremme/stresse fisken, utover at produsenten oppgir at normal adferd observeres. Miljøbaserte OVI'er; Teknologien gir informasjon om hvor mange skudd den gir per tidsenhet. Hvorvidt denne informasjonen kan brukes til å kontrollere at utstyret fungerer som det skal er uavklart. Høy turbiditet kan redusere oppdagelsen av lakselus, grenseverdier for påvirkning er ikke tilgjengelig.

2.2.4 Notvask

Akkumulering av organismer og «avfall» forekommer på alle overflater i vannmiljøet. Grad og hastighet av begroing er avhengig av årstid, lysnivå og lokalitet. Vekst av organismer på laksenøter har mange negative konsekvenser. De resulterer i redusert vannutveksling gjennom nota og reduserer dermed oppløst oksygen [176, 177]. Dette skaper økt motstand som kan øke forvrengningen av nøtene, samt øke belastningen på den fysiske strukturen og fortøyningene [178]. Organismer som vokser på nota reduserer tilgjengelig oppløst oksygen [179, 180], slipper avfallsprodukter i vannet og kan være et reservoar for infeksjoner [181-183]. Påvekst på nøter kan også fungere som en kilde til naturlig fôr for rensefisk, noe som reduserer avlusningseffekten av disse [184].

Siden systemer for anti-begroing på marine nøter har en begrenset effekt, må nøtene rengjøres for å unngå de negative virkningene som er beskrevet ovenfor. En vanlig løsning er notrengjøringsrigger eller -systemer (figur 2.2.4-1). Disse kan være av forskjellige størrelser fra tohoderigger som lett kan betjenes av en person, til større systemer som krever kraner eller fjernstyrte undervannsfartøy (ROV). Disse systemene bruker hydrostatisk trykk fra vannjetstråler for å tvinge rengjøringshodene mot nettet og fjerner deretter forurensningen med roterende plater som rengjøres med høytrykksspyling (figur 2.2.4-1). I områder og tider av året med høye nivåer av begroing, må nøtene kanskje renses så ofte som en gang i uken. Et begrenset antall oppdrettere bruker fortsatt å tvinge fisk over til en ny not eller merd, for å deretter å skifte eller tørke den begroede nota. Dette er potensielt mindre skadelig for fisk, men er ikke praktisk mulig i de fleste tilfeller.



Figur 2.2.4-1. Eksempel på en notrengjøringsrigger fra AKVA med 4 rengjøringshoder. (Foto gjengitt etter tillatelse av N. Ribeiro, 2016).



Figur 2.2.4-2. Eksempel på en notrengjøringsrigg fra AKVA med 4 rengjøringshoder under bruk. (Foto gjengitt etter tillatelse av N. Ribeiro, 2016).

Utfordringer i forhold til fiskevelferd

- Manglende rengjøring av nøter har mange negative konsekvenser som beskrevet ovenfor. Selve notrengjøringen kan imidlertid også føre til utfordringer for fiskevelferd.
- Alvorlighetsgraden av disse utfordringene er relatert til mengden og graden av begroing på nøtene, og retningen og hastigheten til vannstrømmen.
- Ofte når man rengjør not kan man observere fisk som svømmer tilsynelatende uforstyrret gjennom avfallet, som er vasket av nota. Andre ganger virker de påvirket av avfallet og forsøker å unngå dette aktivt.
- Det er mistanke om at noen organismer som blir vasket av nøtene, kan være potensielt skadelige for fiskegjellene. Organismer som inneholder stikkende celler (nesleceller) eller nematocyster (giftkapsler) som nesledyr deriblant maneter, antas å utgjøre den største risikoen. Selv om det er pågående forskningsprosjekter, er det svært lite publisert informasjon tilgjengelig om dette emnet i dag.

Hvordan minimerer velferdsutfordringer

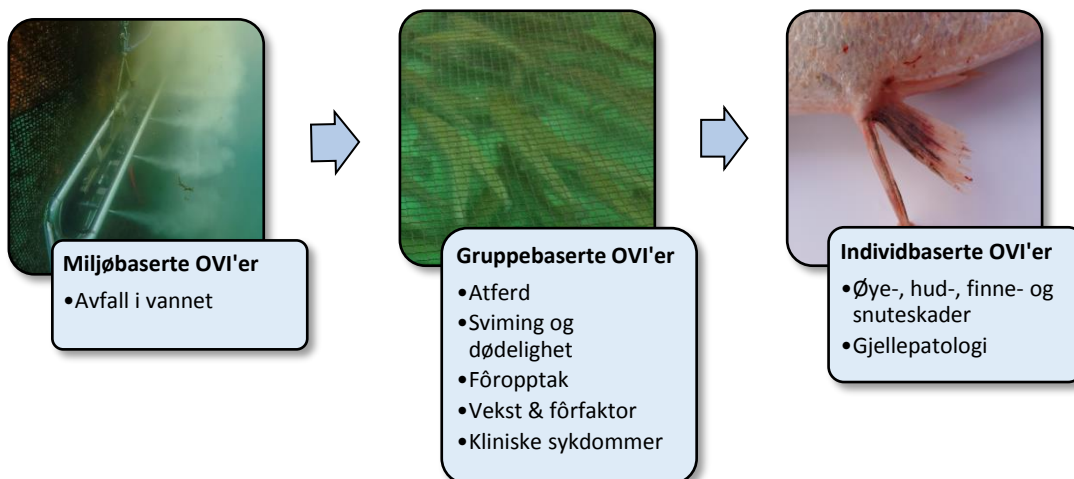
Siden rengjøring av nøter er en nødvendighet for de fleste merdanlegg i Norge, bør man prøve å minimere de potensielle bivirkningene.

- Dette kan oppnås ved rengjøring på et tidspunkt når vannstrømmen er sakte nok til å tillate rengjøring, men rask nok til å fjerne avfallet. Dette medfører minimal forurensning av merden som skal renses og andre nærliggende merder på lokaliteten.
- I praksis er dette ikke alltid mulig, da mange anlegg må rengjøres på en kontinuerlig basis.

- Regelmessig rengjøring har fordelen av å redusere mengden av organismer som fremmer begroing på nota og reduserer derfor mengden avfall som slippes ut i vannet ved rengjøring. Forebygging av etablering av spesifikke organismer er muligens mer viktig dersom det vokser Cnidaria (nesledyr) på nota, men denne praktiske erfaringen er ennå ikke støttet av vitenskapelige data.
- Risikoen kan ytterligere reduseres ved gode styringsprosesser, blant annet ved vedlikehold av utstyr, opplæring av personalet og oppfølging av ervervet kompetanse. Det bør være standard driftsprotokoller, registreringer av begrunnelse for rengjøring eller ikke rengjøring av nøtene.
- Enhver indikasjon på bivirkninger bør undersøkes, inkludert patologisk vurdering av fiskens gjeller.

Hvordan vurdere velferd ved bruk av notvaskeutstyr

Vurdering av fiskevelferd under notrengjøring er basert på observasjon på faste tidspunkt fra overflaten eller med kamerasystemer, og etterfølgende evaluering av gruppe- og individbaserte velferdsindikatorer. Dette gjøres for å identifisere eventuelle problemer og gi mulighet til å unngå eller redusere disse problemene i fremtiden.



Figur 2.2.4-3. Oversikt over OVI'er som er egnet i forbindelse med notvasking. Miljøbaserte OVI'er angår oppdrettsmiljøet, gruppebaserte OVI'er handler om oppdrettspopulasjonen, mens individbaserte OVI'er gjelder enkeltindividet. (Figur og foto: J. Turnbull og K. Gismervik, foto miljø: N. Ribeiro).

Miljøbaserte OVI'er

For høye konsentrasjoner av avfall. Selv om store eller tette skyer av avfall som beveger seg mot eller omgir fisken, kan være en indikasjon på et potensielt problem, er risikoen for rusk ikke bare avhengig av dens tetthet, men også dens sammensetning.

Gruppebaserte OVI'er

Unormal atferd. Inkludert uro/fluktrespons eller vedvarende bevegelse vekk fra avfallet ved rengjøring av nota, kan indikere irriterende materiale i avfallet.

Retur av appetitt. En hvilken som helst reduksjon i fôropptak kan indikere skade eller stress som følge av rengjøringsprosessen, og bør overvåkes nøye [18].

Redusert vekst. Dette kan være et resultat av redusert fôrintak på grunn av stress eller være en indikasjon på mer alvorlige problemer som klinisk signifikant gjelleskade [185].

Kliniske sykdommer, sviming eller dødelighet. I alvorlige tilfeller kan fisk bli syk og dø eller må fjernes fra merden eller karet. Dette bør undersøkes av fiskehelsepersonell [154-156, 160].

Individbaserte OVI'er

Overfladisk skade. Hvis man oppdager overdreven aktivitet eller fluktrespons, kan det oppstå skade på grunn av fysisk kontakt med individer, notvegg eller annet utstyr. Skade kan føre til ulike former for skader på huden, inkludert tap av skjell, skade på snuten og på finner.

Skåringssystemer for eksempel for hudblødninger, sår, skjelltap, øyeblikninger, gjellelokkskader, snteskader, aktive og helbredede finneskader, er gitt på slutten av dette dokumentet.

Gjellepatologi. Etter notrengjøring kan fisk vise økte tegn på gjelleirritasjon, inkludert atferdsendringer og patologiske endringer ved post-mortem undersøkelser (makroskopisk, direkte mikroskopi eller ved LABVI; histologi).

KUNNSKAPSMANGEL

- Det ble ikke funnet noen vitenskapelige publikasjoner som handler om notrengjøring og mulige effekter på fiskevelferden.

3 Morfologiske skåringssystemer for vurdering av fiskevelferd ved ulike oppdrettssystemer og håndteringsteknologier

Det er fullt mulig å gjennomføre en skåring av synlige skader og misdannelser ved merdkanten, selv om slike velferdsindikatorer avhengig av prøvetaking og manuell håndtering av fisken (se kapittel 1.12). Prøvetakingen må gjøres forsiktig for ikke å skade fisken, og på en slik måte at den fangede fisken er representativ for populasjonen i merden eller karet. Dette er tidkrevende, arbeidskrevende og kan forstyrre både fisk og eksisterende røkteroppgaver som fôring. Likevel kan velferdsindikatorer som baserer seg på vurderinger av selve fisken gi mye informasjon, og gjøre det mulig å sammenlikne håndteringsbelastningen av ulike typer tekniske løsninger for å finne den beste. Gismervik et. al. [20] fant at skåringer av ytre akutte skader hos fisk underveis under mekanisk avlusing kan bidra til å sikre at utstyret er riktig innstilt, og at totalbelastningen ikke blir for stor med hensyn til fiskevelferden. Det ble her benyttet et skåringssystem utviklet av Veterinærinstituttet («Velferdsplakaten»), som beskriver ytre akutte skader under håndteringer [20, 27].










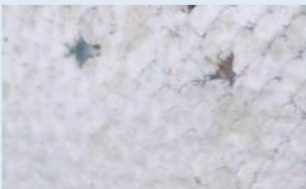








Mange ulike skåringssystemer for kvantifisering av morfologiske (utseendemessige) OVI'er blir nå brukt både av næringen og forskere til benchmarking, revisjon og sammenligninger mellom ulike produksjonsanlegg og teknologier. Siden skåringssystemene er ulike, kan sammenlikning av resultatene være problematiske. Denne håndboken vil foreslå et enhetlig skåringssystem som kan brukes av oppdrettere, fiskehelsepersonell og forskere for å redusere dette problemet.

En har brukt en 0-3 skår for:



















- 1) avmagring, 2) hudblødninger, 3) lesjoner / sår, 4) skjelltap, 5) øyblødninger, 6) utstående øye, 7) gjellelokkskade, 8) snuteskade, 9) ryggradsdeformiteter, 10) overkjevemisdannelser, 11) underkjevemisdannelser, 12) lakselusinfeksjoner, 13) aktive og helbredede finneskader

Kataraktskader er klassifisert ved hjelp av en eksisterende og mye brukt 0-4 skåringssystem [186].






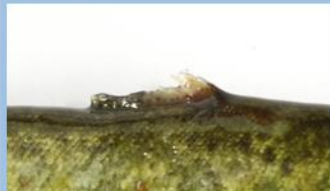
Tabell 3-1-del 1 Morfologisk scoresystem for diagnostikk og klassifisering av viktige eksterne morfologiskeskader. Nivå 0: Liten eller ingen tegn på negativ tilstedeværelsen av denne VI, det vil si normal (ikke vist). Nivå 1-3; VI gradvis blir verre. (Figur: C. Noble, D. Izquierdo-Gomez, L. H. Stien, J. F. Turnbull, K. Gismervik, J. Nilsson. Foto: K. Gismervik, L. H. Stien, J. Nilsson, J. F. Turnbull, P. A. Sæther, I.K. Nerbøvik, I. Simeon, B. Tørud, B. Klakegg)

	1	2	3
Avmagring	 Litt mager	 Avmagret	 Tydelig avmagret
Hud-blødninger	 Mindre blødninger, "rødming" i bukområdet	 Større områder med blødninger, ofte også skjelltap	 Ferske blødninger, ofte med betydelig skjelltap, sår og ødemer i hud
Sår	 Et lite sår, ikke ned til muskel (intakt underhud)	 Flere små sår	 Store, betydelige ofte åpne sår
Skjelltap	 Tap av enkelte skjell	 Små områder med skjelltap	 Store områder med skjelltap
Øyeblikning, skade	 Mindre blødninger	 Større blødninger eller traumatisk skade	 Store blødninger/ traume. Kan ha «punktert» øye og avlives
Utstående øye	 Litt utstående øye	 Øyet er tydelig utstående	 Svært tydelig og alvorlig utstående øyne

Tabell 3-1-del 2 Morfologisk scoresystem for diagnostikk og klassifisering av viktige eksterne morfologiskeskader. Nivå 0: Liten eller ingen tegn på negativ tilstedeværelsen av denne VI, det vil si normal (ikke vist). Nivå 1-3; VI gradvis blir verre. (Figur: C. Noble, D. Izquierdo-Gomez, L. H. Stien, J. F. Turnbull, K. Gismervik, J. Nilsson. Foto: K. Gismervik, L. H. Stien, J. Nilsson, J. F. Turnbull, P. A. Sæther, I.K. Nerbøvik, I. Simeon, B. Tørud, B. Klakegg)

	1	2	3
Gjellelokk-skade	 Gjellelokkene dekker bare delvis gjellene	 Gjellelokket på en side er fraværende (gjellene eksponert)	 Begge gjellelokkene er fraværende (gjellene eksponert)
Snuteskade	 Liten skade på snuten (over-/underkjeven)	 Skade og sår på snuten	 Store dype skader og sår, så alvorlige at fisken avlives. Kan omfatte hele hodet
Ryggrad-deformiteter	 Tegn til deformert ryggrad	 "Korthale"	 Ekstreme deformiteter
Lakselus infeksjon	 Lett infeksjon	 ≥ 0.05 pre-adult eller voksen lus cm^{-2} fisk	 ≥ 0.08 pre-adult eller voksen lus cm^{-2} fisk
Overkjeve deformiteter	 Mistenkt misdannelse	 Tydelig misdannelse	 Ekstremt forkortet panne- og overkjevebein, "mopsehode"
Nedre kjeve deformitet	 Mistenkt misdannelse	 Tydelig misdannelse	 Ekstrem misdannelse, kjeven peker bakover "hakaslepp"

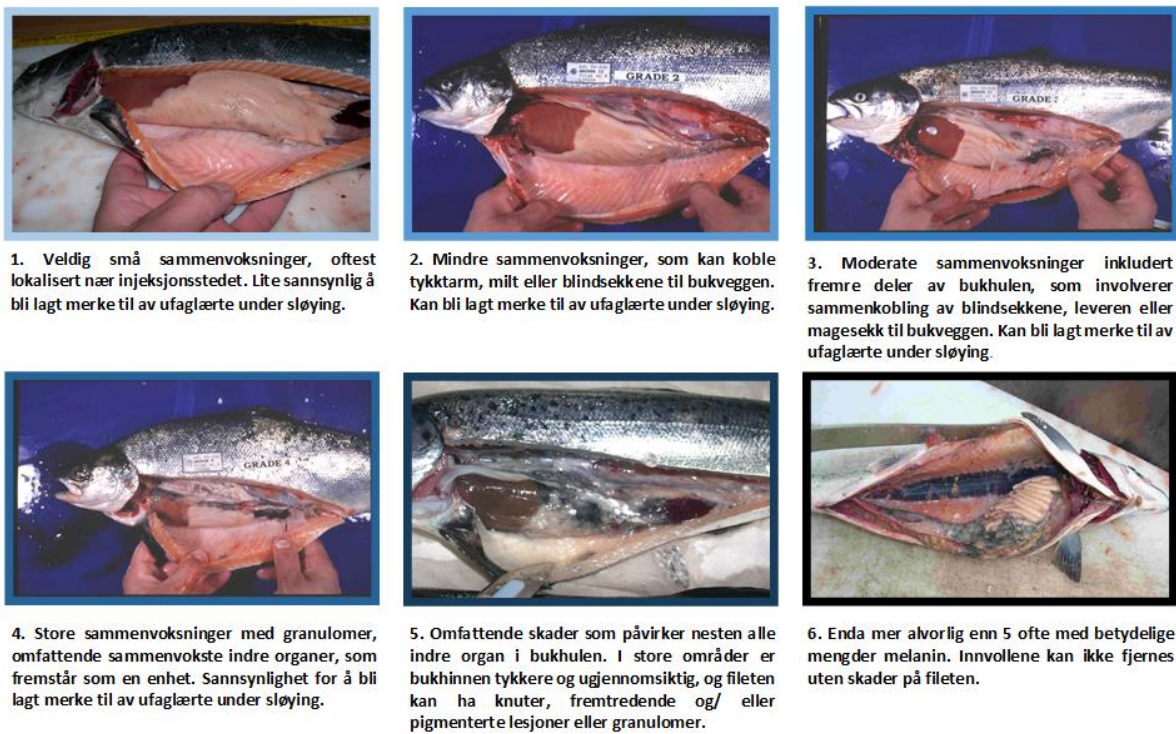
Tabell 3-1-del 3 Morfologisk scoresystem for diagnostikk og klassifisering av viktige eksterne morfologiskeskader. Nivå 0: Liten eller ingen tegn på negativ tilstedeværelsen av denne VI, det vil si normal (ikke vist). Nivå 1-3; VI gradvis blir verre. (Figur: C. Noble, D. Izquierdo-Gomez, L. H. Stien, J. F. Turnbull, K. Gismervik, J. Nilsson. Foto: K. Gismervik, L. H. Stien, J. Nilsson, J. F. Turnbull, P. A. Sæther, I.K. Nerbøvik, I. Simeon, B. Tørud, B. Klakegg)

	1	2	3
Helbredet finneskader	 <p>Meste av finnen er inntakt</p>	 <p>Halve finnen er inntakt</p>	 <p>Lite av finnen er inntakt, huden er avhelet</p>
Aktiv finneskade*	 <p>Lett splitting og/eller blødende sår, splittingen er bare ytre deler av finnelengden</p>	 <p>Tydelig splitting og/eller blødende sår, splittingen er halvdelen av finnelengden</p>	 <p>Ekstrem splitting og/eller blødende sår, splittingen går ned til finnebasis. Deler kan være borte.</p>

*Splitting og/eller blødende sår



Figur 3-2. Morfologiske scoresystem for diagnostikk og klassifisering av katarakt hos laks etter Wall and Bjerkas [186], reproduisert etter Bass and Wall [187]. (Figur: David Izquierdo-Gomez, Bilder og beskrivelse: T. Wall [187]).



Figur 3-3. Spielbergs skala for innvollsskader etter stikkvaksinering av laks i bukhalen. (Figur: David Izquierdo-Gomez. Foto og tekst: Lars Spielberg).

4 Referanser

1. Vigen, J. (2008) Oxygen variation within a seacage, The University of Bergen: Bergen. p. 73.
2. Espmark, Å.M.O., et al. (2015) Pumping og håndtering av smolt, in *Nofima rapport 6/2015*, Nofima: Tromsø. p. 61.
3. Erikson, U., et al. (2016) Crowding of Atlantic salmon in net-pen before slaughter. *Aquaculture*. **465**: p. 395-400.
4. Veiseth, E., et al. (2006) Accelerated recovery of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from effects of crowding by swimming. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*. **144(3)**: p. 351-8.
5. Roth, B., S. Birkeland, and F. Oyarzun (2009) Stunning, pre slaughter and filleting conditions of Atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on fresh and smoked fillets. *Aquaculture International*. **289**: p. 350-356.
6. Skjervold, P.O., S.O. Fjaera, and P.B. Ostby (1999) Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. *Aquaculture*. **175(1-2)**: p. 93-101.
7. RSPCA. RSPCA UK (2015). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. Standards accessed via <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon> 1st November 2016. 2015.
8. Gismervik, K., A. Østvik, and H. Viljugrein (2016) Pilotflåte Helixir- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus. Del 1 uten legemiddel, in *Veterinærinstituttets rapportserie 15-2016*, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 45.
9. Mejdell, C.M., et al. (2009) Slaktesystemer for laksefisk i 2008- fiskevelferd og kvalitet, in *Veterinærinstituttets rapportserie 1-2009*, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 61.
10. Mattilsynet. Veiledning om krav til god fiskevelferd ved slakteri for akvakulturdyr, Mattilsynet 2014, www.mattilsynet.no. 2014.
11. Oppedal, F., et al. (2011) Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*. **315(3)**: p. 361-368.
12. Stevens, E.D., A. Sutterlin, and T. Cook (1998) Respiratory metabolism and swimming performance in growth hormone transgenic Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **55(9)**: p. 2028-2035.
13. Stien, L.H., et al. (2013) Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.0): a semantic model for overall welfare assessment of caged Atlantic salmon: review of the selected welfare indicators and model presentation. *Reviews in Aquaculture*. **5(1)**: p. 33-57.
14. Remen, M., et al. (2016) The oxygen threshold for maximal feed intake of Atlantic salmon post-smolts is highly temperature-dependent. *Aquaculture*. **464**: p. 582-592.
15. Farrell, A.P. and J.G. Richards (2009) Defining hypoxia: an integrative synthesis of the responses of fish to hypoxia. *Fish physiology*. **27**: p. 487-503.
16. Hjeltnes, B., et al. (2017) Fiskehelse rapporten 2016, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 121.
17. Tørud, B. and T. Håstein (2008) Skin lesions in fish: causes and solutions. *Acta Veterinaria Scandinavica*. **50(1)**: p. 1.
18. Huntingford, F.A. and S. Kadri (2014) Defining, assessing and promoting the welfare of farmed fish. *Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties*. **33(1)**: p. 233-244.
19. Takle, H.R., et al. (2015) Sårproblematikk og hudhelse i laks-og regnbueørrettoppdrett, in *Nofima rapport 5/2015*. p. 108.
20. Gismervik, K., et al. (2017) Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus, in *Veterinærinstituttets rapportserie 6-2017*, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 41.
21. Espmark, Å.M., et al. (2016) Effects of pumping height and repeated pumping in atlantic salmon *Salmo salar*. *Natural Resources*. **7(06)**: p. 377.

22. Espmark, A.M., O.B. Humborstad, and K.O. Midling (2012) Pumping av torsk og laks, faktorer som påvirker velferd og kvalitet, in *Nofimarapport nr.6-2012*: Tromsø.
23. Roth, B., et al. (2012) Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. *Aquaculture*. **326**: p. 178-180.
24. Skjervold, P.O., et al. (2001) Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. **192(2-4)**: p. 265-280.
25. Olsen, R.E., et al. (2003) Acute stress alters the intestinal lining of Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: An electron microscopical study. *Fish Physiology and Biochemistry*. **26(3)**: p. 211-221.
26. Merkin, G.V., et al. (2010) Effect of pre-slaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. **309(1)**: p. 231-235.
27. Grøntvedt, R., et al. (2015) Termisk avlusing av laksefisk- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt (in english: Thermal de-licing of salmonid fish- documentation of fish welfare and effect), in *Veterinærinstituttets rapportserie 13-2015*, Veterinærinstituttet (Norwegian Veterinary Institute): Oslo. p. 32.
28. Roth, B. (2016) Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd, in *Nofima rapport 59/2016*, Nofima: Tromsø. p. 41.
29. Grizzle, J.M. and L.L. Lovshin (1994) Effect of pump speed on injuries to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) during harvest with a turbine pump. *Aquacultural engineering*. **13(2)**: p. 109-114.
30. Hammer, C. (1995) Fatigue and exercise tests with fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*. **112(1)**: p. 1-20.
31. Mejdell, C. and K. Gismervik (2009) Dokumentasjon av metode for retningsorientering av laksefisk før slaktebedøving, in *Veterinærinstituttets rapportserie 15-2009*, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 14.
32. EFSA (2009) AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Welfare aspect of the main systems of stunning and killing of farmed Atlantic salmon. *The EFSA Journal*, **1012**, 1-77.
33. FAWC (2014) Opinion on the welfare of farmed fish at the time of killing, in *FAWC- Farm Animal Welfare Committee*: London, UK.
34. Davis, M.W. (2010) Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish and Fisheries*. **11(1)**: p. 1-11.
35. Robb, D.H.F., et al. (2000) Commercial slaughter methods used on Atlantic salmon: determination of the onset of brain failure by electroencephalography. *Veterinary Record*. **147(11)**: p. 298-303.
36. Mejdell, C.M., et al. (2010) Bedøvningsmetoder ved slaktning av laksefisk. *Norsk veterinærtidsskrift*. **2**: p. 83-90.
37. Kestin, S.C., J.W. Van de Vis, and D.H.F. Robb (2002) Protocol for assessing brain function in fish and the effectiveness of methods used to stun and kill them. *Veterinary Record*. **150(10)**: p. 302-307.
38. Close, B., et al. (1996) Recommendations for euthanasia of experimental animals .1. *Laboratory Animals*. **30(4)**: p. 293-316.
39. Tobiassen, T., et al. (2010) Sanitetsslakting på merdkanten, in *Nofima rapport 48-2010*, Nofima: Tromsø. p. 24.
40. Brattelid, T. and A. Smith (2011) Compendium in laboratory animal science for fish researchers, Norwegian School of Veterinary Science and Norecopa: Oslo. p. 190.
41. Bakke, O.M., (1990) Innføring i farmakologi. Bergen: Alma Mater Forlag AS.
42. Mattilsynet (12.09.2016 (versjon 2)) Veileder-forsvarlig forskrivning og bruk av legemidler: www.mattilsynet.no.
43. Harris, J.O., et al. (2005) Clinical assessment of chloramine-T and freshwater as treatments for the control of gill amoebae in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Research*. **36(8)**: p. 776-784.

44. Thomassen, J. and T. Poppe (1992) Toxic effects of hydrogen peroxide on salmon, Department of Agricultural Engineering, Agricultural University of Norway. p. 12.
45. Helgesen, K.O., et al. (2017) The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) in Norway 2016 in *Surveillance programmes in Norway. Resistance in salmon lice. Annual report 2016*, Norwegian Veterinary Institute: Oslo. p. 16.
46. Helgesen, K.O., et al. (2015) First report of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. *Aquaculture Reports*. **1**: p. 37-42.
47. Holan, A.B., et al. (2017) Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI), in *Nofima rapport 10/2017*, Nofima: Tromsø. p. 124.
48. Adams, M.B., K. Ellard, and B.F. Nowak (2004) Gross pathology and its relationship with histopathology of amoebic gill disease (AGD) in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*. **27(3)**: p. 151-161.
49. Taylor, R.S., et al. (2009) Genetic variation of gross gill pathology and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during natural amoebic gill disease challenge. *Aquaculture*. **294(3-4)**: p. 172-179.
50. Taylor, R.S., P.B. Crosbie, and M.T. Cook (2010) Amoebic gill disease resistance is not related to the systemic antibody response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*. **33(1)**: p. 1-14.
51. Powell, M.D., P. Reynolds, and T. Kristensen (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**: p. 18-28.
52. Hjeltne, B., et al. (2016) Fiskehelse rapporten 2015. *Veterinærinstituttet*: p. 74.
53. Rantty, I., K. Pittman, and E. Sweetman (2016) Delousing with hydrogen peroxide: skin, gills and esophagus responses and repair in the first three weeks after treatment, in *Aquaculture Europe, Edinburgh, Scotland*
54. Poppe, T., (1999) (Ed.) Fiskehelse og fisesykdommer, ed. T. Poppe. Oslo: Universitetsforlaget. 411.
55. Ross, L.G. and B. Ross, (2008) Anaesthetic & sedative techniques for aquatic animals. Third edition, Blackwell Science, UK, London. 222.
56. Anderson, W.G., R.S. McKinley, and M.N. Colavecchia (1997) The use of Clove oil as an anaesthetic for Rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fisheries Management*. **17**: p. 301-307.
57. Iversen, M., R.A. Eliassen, and B. Finstad (2009) Potential benefit of clove oil sedation on animal welfare during salmon smolt, *Salmo salar* L. transport and transfer to sea. *Aquaculture Research*. **40(2)**: p. 233-241.
58. Iversen, M., et al. (2003) The efficacy of metomidate, clove oil, Aqual-S™ and Benzoak® as anaesthetics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. *Aquaculture*. **221(1)**: p. 549-566.
59. Iversen, M., et al. (2005) Stress responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts during commercial well boat transports, and effects on survival after transfer to sea. *Aquaculture*. **243(1-4)**: p. 373-382.
60. Wendelaar Bonga, S.E.W. (1997) The stress response in fish. *Physiological Reviews*. **77(3)**: p. 591-625.
61. Burka, J.F., et al. (1997) Drugs in salmonid aquaculture - A review. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutic*. **20**: p. 333-349.
62. Cho, G.K. and D.D. Heath (2000) Comparison of tricaine methanesulphonate (MS222) and clove oil anaesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture Research*. **31**: p. 537-546.
63. Marking, L.L. and F.P. Meyer (1985) Are better anesthetics needed in fisheries? *Fisheries*. **10(6)**: p. 2-5.

64. Davis, K.B. and B.R. Griffin (2004) Physiological responses of hybrid striped bass under sedation by several anesthetics. *Aquaculture*. **233(1-4)**: p. 531-548.
65. Iversen, M.H., et al. (2013) The efficacy of Aqui-S vet. (iso-eugenol) and metomidate as anaesthetics in European eel (*Anguilla anguilla* L.), and their effects on animal welfare and primary and secondary stress responses. *Aquaculture Research*. **44(8)**: p. 1307-1316.
66. Keene, J.L., et al. (1998) The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*. **29(2)**: p. 89-101.
67. Olsen, Y.A., I.E. Einarsdottir, and K.J. Nilssen (1995) Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture*. **134**: p. 155-168.
68. Small, B.C. (2003) Anesthetic efficacy of metomidate and comparison of plasma cortisol responses to tricaine methanesulfonate, quinaldine and clove oil anesthetized channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*. **218(1-4)**: p. 177-185.
69. Holloway, A.C., et al. (2004) Effects of clove oil and MS-222 on blood hormone profiles in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Walbaum. *Aquaculture Research*. **35(11)**: p. 1025-1030.
70. Ortuno, J., M.A. Esteban, and J. Meseguer (2002) Effects of four anaesthetics on the innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology*. **12(1)**: p. 49-59.
71. Kiessling, A., et al. (2009) Pharmacokinetics, plasma cortisol and effectiveness of benzocaine, MS-222 and isoeugenol measured in individual dorsal aorta-cannulated Atlantic salmon (*Salmo salar*) following bath administration. *Aquaculture*. **286(3-4)**: p. 301-308.
72. Zahl, I.H., et al. (2010) Anesthesia induces stress in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Fish Physiology and Biochemistry*. **36(3)**: p. 719-730.
73. Finstad, B., M. Iversen, and R. Sandodden (2003) Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in Norway. *Aquaculture*. **222(1-4)**: p. 203-214.
74. Pickering, A.D. (1992) Rainbow trout husbandry - management of the stress response. *Aquaculture*. **100(1-3)**: p. 125-139.
75. Schoettger, R.A. and M. Julin (1967) Efficacy of MS-222 as an anesthetic on four salmonids. *Invest. Fish Contr., U.S. Dept. Int.* **13**: p. 1-15.
76. DOF. Key figures from aquaculture industry, <http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/akvakultur/statistikk-for-akvakultur>, last update date 09.06.2012. 2012 09.06.2011 [cited 2011; Available from: <http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/statistikk/akvakultur/statistikk-for-akvakultur>.
77. Drangsholt, T.M.K., et al. (2011) Quantitative genetics of vaccine-induced side effects in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. **318(3-4)**: p. 316-324.
78. Gudding, R., A. Lillehaug, and O. Evensen (1999) Recent developments in fish vaccinology. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. **72(1-2)**: p. 203-212.
79. Funk, V.A., et al. (2004) The effect of vaccination and sea water entry on immunocompetence and susceptibility to *Kudoa* thrysites in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*. **17(4)**: p. 375-387.
80. Iversen, M.H. and R.A. Eliassen (2014) The effect of allostatic load on hypothalamic-pituitary-interrenal (HPI) axis before and after secondary vaccination in Atlantic salmon postsmolts (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*. **40(2)**: p. 527-538.
81. Skinner, L.A., et al. (2010) Supra-physiological levels of cortisol suppress lysozyme but not the antibody response in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., following vaccine injection. *Aquaculture*. **300(1-4)**: p. 223-230.
82. Espelid, S., et al. (1996) Effects of cortisol and stress on the immune system in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology*. **6**: p. 95-110.
83. Lovy, J., et al. (2008) Effects of dexamethasone on host innate and adaptive immune responses and parasite development in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* infected with *Loma salmonae*. *Fish & Shellfish Immunology*. **24(5)**: p. 649-658.

84. Midtlyng, P.J. (1996) A field study on intraperitoneal vaccination of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against furunculosis. *Fish & Shellfish Immunology*. **6**: p. 553– 565.
85. Midtlyng, P.J., L.J. Reitan, and L. Speilberg (1996) Experimental studies on the efficacy and side-effects of intraperitoneal vaccination of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against furunculosis. *Fish & Shellfish Immunology*. **6(5)**: p. 335-350.
86. Treasurer, J. and C. Cox (2008) Intraperitoneal and dorsal median sinus vaccination effects on growth, immune response, and reproductive potential in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture*. **275(1-4)**: p. 51-57.
87. Poppe, T.T. and O. Breck (1997) Pathology of Atlantic salmon *Salmo salar* intraperitoneally immunized with oil-adjuvanted vaccine. A case report. *Diseases of Aquatic Organisms* **29**: p. 219–226.
88. Berg, A., et al. (2006) Animal welfare end fish vaccination – effects and side-effects (Norwegian). *Fisken og havet*. **972006**.
89. Midtlyng, P.J. and A. Lillehaug (1998) Growth of Atlantic salmon *Salmo salar* after intraperitoneal administration of vaccines containing adjuvants. *Diseases of Aquatic Organisms*. **32**: p. 91– 97.
90. Nomura, M., et al. (2009) Physiology and behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts during commercial land and sea transport. *Physiol Behav*. **96(2)**: p. 233-43.
91. Erikson, U., T. Sigholt, and A. Seland (1997) Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. **149(3-4)**: p. 243-252.
92. Iversen, M. and R.A. Eliassen (2005) Salmon Smolt (*Salmo salar* L) production and stress reducing measures: The effects of Aqual-S™ sedation during vaccination, transport and transfer to sea on survivability, appetite, growth, immunological capacity, primary, secondary and tertiary stress responses, Nordlandsforskning, NF-report 05/2005. p. 55.
93. King, H.R. (2009) Fish transport in the aquaculture sector: An overview of the road transport of Atlantic salmon in Tasmania. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. **4(4)**: p. 163-168.
94. Shabani, F., et al. (2016) Live transport of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) and subsequent live storage in market: Water quality, stress and welfare considerations. *Aquaculture*. **453**: p. 110-115.
95. Southgate, P.J., (2008) Welfare of fish during transport, in *Fish Welfare*, E.J. Branson, Editor., ISBN: 9781405146296. Blackwell Publishing.
96. Iversen, M., R.A. Eliassen, and L. Gill (2004) Transport of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in Puerto Montt, Chile. The effects of high and low transport densities on primary, secondary and tertiary stress responses, Nordlandsforskning. p. 26.
97. Iversen, M., B. Finstad, and K.J. Nilssen (1998) Recovery from loading and transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture*. **168(1-4)**: p. 387-394.
98. Sandodden, R., B. Finstad, and M. Iversen (2001) Transport stress in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): anaesthesia and recovery. *Aquaculture Research*. **32(2)**: p. 87-90.
99. Carey, J.B. and S.D. McCormick (1998) Atlantic salmon smolts are more responsive to an acute handling and confinement stress than parr. *Aquaculture*. **168(1-4)**: p. 237-253.
100. Farrell, A.P.T. (2006) Bulk oxygen uptake measured with over 60,000 kg of adult salmon during live-haul transportation at sea. *Aquaculture*. **254(1-4)**: p. 646-652.
101. Tang, S., C.J. Brauner, and A.P. Farrell (2009) Using bulk oxygen uptake to assess the welfare of adult Atlantic salmon, *Salmo salar*, during commercial live-haul transport. *Aquaculture*. **286(3-4)**: p. 318-323.
102. Tang, S., et al. (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(1-2)**: p. 102-109.
103. Hilbig, R., et al. (2002) Susceptibility to motion sickness in fish: a parabolic aircraft flight study. *J. Gravit. Physiol*. **9**: p. 29-30.

104. Bone, Q., N. Marshall, and J. Blaxter, (1982) *Biology of Fishes*. Glasgow: Blackie and Son.
105. Tacchi, L., et al. (2015) Effects of transportation stress and addition of salt to transport water on the skin mucosal homeostasis of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. **435**: p. 120-127.
106. Fraser, A.F. and D.M. Broom, (1990) *Farm animal behaviour and welfare*. 3rd ed. London; Bailliere Tindall; 437 pp.
107. Barton, B.A. (2000) Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. *North American Journal of Aquaculture*. **62(1)**: p. 12-18.
108. Iversen, M. and R. Eliassen (2012) Stressovervåkning av settefiskproduksjonen i Mainstream Norway AS 2009 - 2011. Stresskartlegging av laksesmolt (*Salmo salar* L.), og effekten av stressreducerende tiltak på stressnivå, dyrevelferd og produksjonsresultatet: UiN-rapport nr 05/2012. p. 54.
109. Iversen, M.H., R. Jakobsen, and R. Eliassen (2015) Stress; en viktig bidragsyter til svinn i sjø, in *Norsk Fiskeoppdrett*. p. 22-27.
110. Talbot, C., S. Corneillie, and O. Korsoen (1999) Pattern of feed intake in four species of fish under commercial farming conditions: implications for feeding management. *Aquaculture Research*. **30(7)**: p. 509-518.
111. Soengas, J.L., et al. (1996) Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, *Salmo salar*: Effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. *Fish Physiology and Biochemistry*. **15(6)**: p. 491-511.
112. Bailey, J., A. Alanara, and V. Crampton (2003) Do delivery rate and pellet size affect growth rate in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) raised under semi-commercial farming conditions? *Aquaculture*. **224(1-4)**: p. 79-88.
113. Jones, H.A.C., et al. (2012) Investigating the influence of predictable and unpredictable feed delivery schedules upon the behaviour and welfare of Atlantic salmon parr (*Salmo salar*) using social network analysis and fin damage. *Applied Animal Behaviour Science*. **138(1-2)**: p. 132-140.
114. Thorpe, J.E., et al. (1990) Food-Consumption in 24 Hours by Atlantic Salmon (*Salmo-Salar* L) in a Sea Cage. *Aquaculture*. **90(1)**: p. 41-47.
115. Noble, C., et al. (2008) Growth, production and fin damage in cage-held 0+ Atlantic salmon pre-smolts (*Salmo salar* L.) fed either a) on-demand, or b) to a fixed satiation-restriction regime: Data from a commercial farm. *Aquaculture*. **275(1-4)**: p. 163-168.
116. Noble, C., et al. (2007) Influence of feeding regime on intraspecific competition, fin damage and growth in 1+Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) held in freshwater production cages. *Aquaculture Research*. **38(11)**: p. 1137-1143.
117. Andrew, J.E., et al. (2002) The effect of demand feeding on swimming speed and feeding responses in Atlantic salmon *Salmo salar* L., gilthead sea bream *Sparus aurata* L. and European sea bass *Dicentrarchus labrax* L. in sea cages. *Aquaculture Research*. **33(7)**: p. 501-507.
118. Jobling, M., et al., (2012) Appetite and feed intake, in *Aquaculture and Behavior*, F. Huntingford, M. Jobling, and S. Kadri, Editors., Wiley-Blackwell: Oxford. p. 183-219.
119. Robb, D.H.F., (2008) *Welfare of fish at harvest*. Fish welfare. London: Blackwell Publishing. 217-242.
120. Huntingford, F.A., et al. (2006) Current issues in fish welfare. *Journal of Fish Biology*. **68(2)**: p. 332-372.
121. Einen, O., et al. (1999) Feed ration prior to slaughter - a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. **178(1-2)**: p. 149-169.
122. Wall, T., (2008) Disease and medicines- the welfare implications, in *Fish welfare*. Blackwell: Oxford. p. 195-201.
123. Forsberg, O.I. (1997) The impact of varying feeding regimes on oxygen consumption and excretion of carbon dioxide and nitrogen in post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture Research*. **28**: p. 29-41.

124. Ashley, P.J. (2007) Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*. **104(3-4)**: p. 199-235.
125. Mørkøre, T., et al. (2008) Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Aquaculture*. **277(3-4)**: p. 231-238.
126. Cañon Jones, H.A., et al. (2016) Evaluating the effects of a short-term feed restriction period on the behavior and welfare of Atlantic salmon, *Salmo salar*, parr using social network analysis and fin damage. *Journal of the World Aquaculture Society*.
127. Stevenson, P. (2007) Closed Waters: The welfare of farmed Atlantic salmon, Rainbow trout, Atlantic cod, and Atlantic halibut (UK: Compassion in World Farming).
128. Cañon Jones, H.A., et al. (2010) Social network analysis of behavioural interactions influencing fin damage development in Atlantic salmon (*Salmo salar*) during feed-restriction. *Applied Animal Behaviour Science*. **127**: p. 139-151.
129. Damsgard, B., et al. (2004) Effects of feeding regime on susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to cold water vibriosis. *Aquaculture*. **239(1-4)**: p. 37-46.
130. Emparanza, E.J.M. (2009) Problems affecting nitrification in commercial RAS with fixed-bed biofilters for salmonids in Chile. *Aquacultural Engineering*. **41(2)**: p. 91-96.
131. VKM (2012) Risk assessment of recirculation systems in salmonid hatcheries, in *Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM)*, B. Hjeltnes, et al., Editors.
132. Johansson, D., et al. (2006) Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture*. **254(1-4)**: p. 594-605.
133. Ytrestoyl, T., et al. (2005) Effects of temperature and feed intake on astaxanthin digestibility and metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology*. **142(4)**: p. 445-455.
134. López-Luna, J., et al. (2016) Effect of degree-days of fasting stress on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. **462**: p. 109-114.
135. FAWC. Farm Animal Welfare Council, Opinions published by the Farm Animal Welfare Committee. Welfare of Farmed Fish. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/319323/Opinion_on_the_welfare_of_farmed_fish.pdf accessed 15th October 2016. 2014.
136. Remen, M., et al. (2012) Effects of cyclic environmental hypoxia on physiology and feed intake of post-smolt Atlantic salmon: Initial responses and acclimation. *Aquaculture*. **326**: p. 148-155.
137. Usher, M.L., C. Talbot, and F.B. Eddy (1991) Effects of transfer to seawater on growth and feeding in Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L). *Aquaculture*. **94(4)**: p. 309-326.
138. EFSA (2008) AHAW Panel (EFSA Panel on Animal Health and Welfare), Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed Atlantic salmon, doi:10.2903/j.efsa.2008.736. *The EFSA Journal*, 736, 1-31.
139. Handeland, S.O., et al. (1998) Effects of temperature and salinity on osmoregulation and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in seawater. *Aquaculture*. **168(1-4)**: p. 289-302.
140. Ellis, T., et al., (2008) Fin erosion in farmed fish, in *Fish welfare*, E.J. Branson, Editor., John Wiley & Sons. p. 121-149.
141. Noble, C., et al. (2007) The effect of feed regime on the growth and behaviour of 1+ Atlantic salmon post-smolts (*Salmo salar* L.) in semi-commercial sea cages. *Aquaculture Research*. **38(15)**: p. 1686-1691.
142. Einen, O., B. Waagan, and M.S. Thomassen (1998) Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) - I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*. **166(1-2)**: p. 85-104.
143. Koss, D.R. and N.R. Bromage (1990) Influence of the timing of initial feeding on the survival and growth of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Aquaculture*. **89(2)**: p. 149-163.

144. Storebakken, T. and E. Austreng (1987) Ration level for salmonids .1. Growth, survival, body-composition, and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*. **60(3-4)**: p. 189-206.
145. Berrill, I.K., M.J.R. Porter, and N.R. Bromage (2006) The effects of daily ration on growth and smoltification in 0+ and 1+ Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Aquaculture*. **257(1-4)**: p. 470-481.
146. Kolarevic, J., et al. (2014) Performance and welfare of Atlantic salmon smolt reared in recirculating or flow through aquaculture systems. *Aquaculture*. **432**: p. 15-25.
147. El-Mowafi, A.F.A., et al. (1997) Tissue indicators of element status in Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts: effect of fasting. *Aquaculture Nutrition*. **3(2)**: p. 73-80.
148. HSA (2005) Humane Slaughter Association. Humane Harvesting of Salmon and Trout. Guidance Notes no. 5 (Wheathampstead, UK).
149. CIWH. Compassion in world farming. The welfare of farmed fish. 2009 15.10.16]; Available from: http://www.ciwf.org.uk/resources/publications/fish_farming/default.aspx.
150. FAWC (1996) Farmed Animal Welfare Council. Report on the welfare of farmed fish. FAWC Report 2765 <https://www.gov.uk/government/publications/fawc-report-on-the-welfare-of-farmed-fish> accessed on 1st November 2016.
151. Kristiansen, T.S. and O.B. Samuelsen (2006) Utredning for Mattilsynet: Fiskevelferd ved bruk av slaktermerd for oppdrettsfisk. Havforskningsinstituttet.
152. Lines, J.A. and J. Spence (2012) Safeguarding the welfare of farmed fish at harvest. *Fish Physiology and Biochemistry*. **38(1)**: p. 153-162.
153. Adams, C.E., et al. (2007) Multiple determinants of welfare in farmed fish: stocking density, disturbance, and aggression in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **64(2)**: p. 336-344.
154. Ellis, T., et al. (2012) Mortality and fish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*. **38(1)**: p. 189-199.
155. Soares, S., et al. (2011) A baseline method for benchmarking mortality losses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) production. *Aquaculture*. **314(1)**: p. 7-12.
156. Stien, L., F. Oppedal, and T. Kristiansen (2016) Dødelighetsstatistikk for lakseproduksjon (eng: Mortality statistics for salmon production). In: Svåsand T, Karlsen Ø, Kvamme BO, Stien LH, Taranger GL, Boxaspen KK (eds). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. Havforskningsinstituttet, Fisken og Havet, særnr; 2-2016, pp. 129-134.
157. Salama, N., et al. (2016) Using fish mortality data to assess reporting thresholds as a tool for detection of potential disease concerns in the Scottish farmed salmon industry. *Aquaculture*. **450**: p. 283-288.
158. RSPCA. RSPCA Australia (2017). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. Standards accessed via https://rspcaapproved.org.au/wp-content/uploads/2017/03/2017-03_SALMON_Standards.pdf 10st May 2017. 2017.
159. Ferguson, R.A. and B.L. Tufts (1992) Physiological-effects of brief air exposure in exhaustively exercised Rainbow-trout (*Oncorhynchus mykiss*) - Implications for catch and release fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **49(6)**: p. 1157-1162.
160. Salama, N.K.G., et al. (2016) Using fish mortality data to assess reporting thresholds as a tool for detection of potential disease concerns in the Scottish farmed salmon industry. *Aquaculture*. **450**: p. 283-288.
161. Gismervik, K., et al., (2017) Kapittel 3. Fiskevelferd, in *Fiskehelse rapporten 2016*, B. Hjeltnes, et al., Editors., Veterinærinstituttet: Oslo. p. 21-33.
162. Akvakulturdriftsforordningen. Forskrift om drift av akvakulturanlegg, FOR-2008-06-17-822, www.lovdata.no.
163. Martínez-Porchas, M., L.R. Martínez-Córdova, and R. Ramos-Enriquez (2009) Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. **4(2)**: p. 158-178.

164. Nilsen, A., et al. (2010) Mekanisk fjerning av lakselus "FLS avlusersystem"- test av ejetorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS, in *Veterinærinstituttets rapportserie 11-2010*, Veterinærinstituttet: Oslo.
165. Svåsand, T., et al. (2017) Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2017, in *Fisken og havet, særnr. 2-2017*, Havforskningsinstituttet: Bergen.
166. Svåsand, T., et al. (2015) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2014.
167. Sneddon, L.U. (2009) Pain Perception in Fish: Indicators and Endpoints. *Ilar Journal*. **50(4)**: p. 338-342.
168. Sneddon, L.U., V.A. Braithwaite, and M.J. Gentle (2003) Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*. **270(1520)**: p. 1115-1121.
169. Svåsand, T., et al. (2016) Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og havet, særnr. 2-2016*. p. 190.
170. Elliott, J. (1991) Tolerance and resistance to thermal stress in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology*. **25(1)**: p. 61-70.
171. Elliott, J. and J. Elliott (1995) The effect of the rate of temperature increase on the critical thermal maximum for parr of Atlantic salmon and brown trout. *Journal of fish biology*. **47(5)**: p. 917-919.
172. Elliott, J.M. and J.A. Elliott (2010) Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology*. **77(8)**: p. 1793-1817.
173. Elliott, A. A comparison of thermal polygons for British freshwater teleosts. in *Freshwater Forum*. 2010.
174. Grøntvedt, R.N., E. Høy, and F. Oppedal (2013) Resultat rapport - 199392 - A multi-disciplinary effort to improve topical treatments in salmon louse control (Topilouse). Vedlegg til NFR sluttrapportering. <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900466>.
175. Barkana, Y. and M. Belkin (2000) Laser eye injuries. *Surv Ophthalmol*. **44(6)**: p. 459-78.
176. Phillippi, A., et al. (2001) Surface flocking as a possible anti-biofoulant. *Aquaculture*. **195(3)**: p. 225-238.
177. Madin, J., V. Chong, and N. Hartstein (2010) Effects of water flow velocity and fish culture on net biofouling in fish cages. *Aquaculture Research*. **41(10)**: p. 602-617.
178. Beveridge, M., (2004) *Cage Aquaculture*. Third Edition ed., Oxford: Blackwell Publishing.
179. Wildish, D., et al. (1993) Seasonal changes of dissolved oxygen and plant nutrients in seawater near salmonid net pens in the macrotidal Bay of Fundy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. **50(2)**: p. 303-311.
180. Cronin, E., et al. (1999) An investigation into the composition, biomass and oxygen budget of the fouling community on a tuna aquaculture farm. *Biofouling*. **13(4)**: p. 279-299.
181. Andersen, R., et al. (1993) Chemical and biological evidence links microcystins to salmon 'netpen liver disease'. *Toxicon*. **31(10)**: p. 1315-1323.
182. Cribb, T.H., et al. (2011) The life cycle of *Cardicola forsteri* (Trematoda: Aporocotylidae), a pathogen of ranched southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyi*. *Int J Parasitol*. **41(8)**: p. 861-70.
183. Tan, C.K.F., B.F. Nowak, and S.L. Hodson (2002) Biofouling as a reservoir of *Neoparamoeba pemaquidensis*, the causative agent of amoebic gill disease in Atlantic salmon. *Aquaculture*. **210(1-4)**: p. 49-58.
184. Kvenseth, P., (1996) Large-scale use of wrasse to control sea lice and net fouling in salmon farms in Norway, in *Wrasse: Biology and Use in Aquaculture*, M.D.J. Sayer, J.W. Treasurer, and M.J. Costello, Editors., Wiley-Blackwell: Cambridge. p. 196-203.
185. Neill, W.H., et al. (2004) Ecophys.Fish: A simulation model of fish growth in time-varying environmental regimes. *Reviews in Fisheries Science*, **12**, 233-288.
186. Wall, T. and E. Bjerkas (1999) A simplified method of scoring cataracts in fish. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. **19(4)**: p. 162-165.

187. Bass, N. and T. Wall (Undated) A standard procedure for the field monitoring of cataracts in farmed Atlantic salmon and other species. BIM, Irish Sea Fisheries Board, Dun Laoghaire, Co. Dublin, Ireland ,2p.