

A26092 - Åpen

Rapport

Sluttrapport AP3: Automatisk bedøving av villfisk

"Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy"

Forfatter(e)

Ulf Erikson, Leif Grimsmo, Harry Westavik, Hanne Digre



Rapport

Sluttrapport AP3: Automatisk bedøving av villfisk

"Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy"

EMNEORD:

Bedøving

Villfisk

Fangstbehandling

Kvalitet

Stress

HMS

VERSJON

Endelig

DATO

2014-04-30

FORFATTER(E)

Ulf Erikson, Harry Westavik, Leif Grimsmo, Hanne Digre

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond

OPPDRAGSGIVERS REF.

Rita Maråk

PROSJEKTNR

FHF-prosjekt 900526

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

43

SAMMENDRAG

Dette er sluttrapporten for Arbeidspakke 3 "Automatisk bedøving av villfisk" i prosjektet "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfarøy" (FHF-prosjekt 900526). I prosjektet ble det innledningsvis valgt konsept for bedøving av fisk om bord på fartøy. Målsetningen var å bedre HMS-forholdene for fiskerne ved at fisken blir lettere håndterbar i forbindelse med prosessering om bord (bløgging) samtidig som kvaliteten på produktet (filet) blir bedret ved at fisken kan bløgges umiddelbart etter ombordtaking. Det ble besluttet å satse på elektrisk bedøving ved å lage en kompakt versjon av STANSAS #1 som benyttes i laksenæringen. Bedøveren ble testet ut i ulike konfigurasjoner under flere tokt og i ett laboratoriestudium. Basert på de ulike studiene har en kommet fram til egnede driftsparametre for en prototyp som immobiliserer torsk og hyse effektivt. Hos sei derimot, hadde en viss andel av fisken ryggknekk med tilhørende blodflekk. Videre utvikling er nødvendig dersom en ønsker å unngå dette på sei. Tilbakemeldingene fra fiskerne var positive siden bruk av bedøveren førte til bedre HMS samtidig som bløggekapasiteten ble forbedret.

UTARBEIDET AV

Ulf Erikson

KONTROLLERT AV

Ida Aursand

GODKJENT AV

Marit Aursand

RAPPORTNR

A26092

ISBN

978-82-14-05718-8

GRADERING

Åpen

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

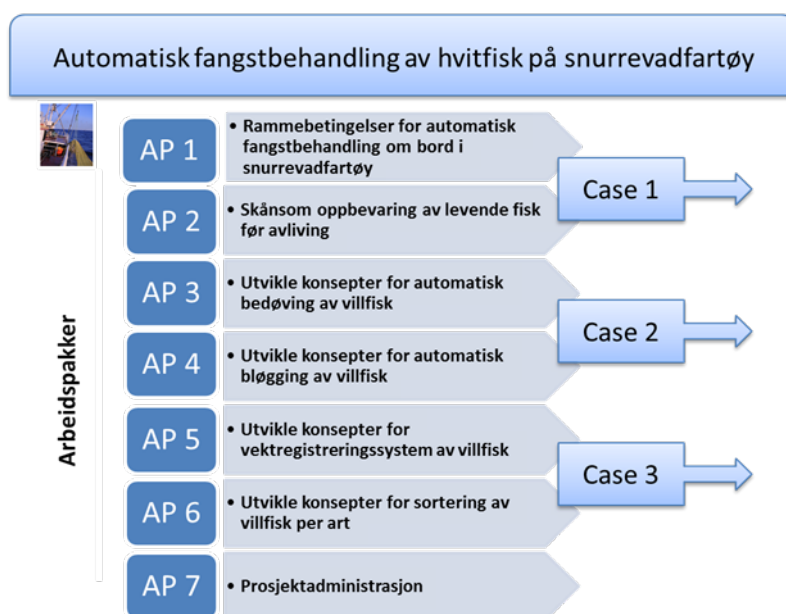
Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
1.1	Mål	5
1.2	Milepæler.....	5
1.3	Planlagt leveranse.....	5
2	Innledning.....	5
3	Oversikt over ulike aktiviteter relatert til AP3	6
3.1	Valg av konsept for automatisk bedøving av villfisk	7
3.2	Tokt med M/S Gunnar K i mars 2011	8
3.2.1	Gjennomføring	8
3.2.2	Elektrobedøverens konfigurasjon	9
3.2.3	Resultater.....	10
3.2.4	Konklusjoner	11
3.3	Tokt med M/S Gunnar K i mai 2011	11
3.3.1	Gjennomføring.....	11
3.3.2	Elektrobedøverens konfigurasjon	12
3.3.3	Resultater.....	13
3.3.4	Konklusjoner	15
3.4	Tokt med M/S Harhaug i mars 2012	16
3.4.1	Målsetting	16
3.4.2	Gjennomføring.....	16
3.4.3	Elektrobedøverens konfigurasjon	17
3.4.4	Resultater.....	17
3.4.5	Konklusjoner	18
3.5	Tokt med M/S Helmer Hansen i november 2012.....	18
3.5.1	Målsetning	18
3.5.2	Gjennomføring.....	18
3.5.3	Elektrobedøverens konfigurasjon.....	20
3.5.4	Resultater.....	22
3.5.5	Konklusjoner	29
3.6	Elektrobedøving av sei i juni 2013.....	30
3.6.1	Gjennomføring	30
3.6.2	Elektrobedøverenes konfigurasjon.....	32
3.6.3	Resultater.....	33
3.6.4	Konklusjoner	38

4 Konklusjoner: Konsept for bedøving og avliving av fisk om bord på snurrevadfartøy	39
4.1 Hovedkonklusjoner	40
4.2 Andre konklusjoner	41
4.3 Prototyp (kompakt versjon av STANSAS #1)	41
4.4 Videre utvikling.....	42
5 Referanser.....	43

1 Bakgrunn

Dette er sluttrapporten i Arbeidspakke (AP) 3 "Automatisk bedøving av villfisk" i prosjektet "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfarøy" (FHF-prosjekt 900526). Prosjektet har fokus på utvikling av teknologiske løsninger for å bedre helse, miljø, sikkerhet, fangstkvalitet og effektivitet om bord på snurrevadfarøy. FoU-arbeidet er organisert i 6 arbeidspakker, se Figur 1.



Figur 1 - Illustrasjon av prosjektets 7 arbeidspakker (inkl prosjektadministrasjon).

Automatisering av fangstbehandling, herunder automatisk bedøving og bløgging av fisk, er et av de viktigste tiltakene næringen selv har påpekt for å styrke konkurransevnen og sikre rekrutteringen. For å kunne ha levende fisk ved bløgging, som er en forutsetning for optimal utblødning av fisk, må man ha et system som legger til rette for dette, herunder skånsom ombordtaking og kortvarig bufferlagring av levende fisk.

Det er kjent at produktkvaliteten på snurrevadfanget fisk kan bedres dersom en sørger for bedre utblødning. God utblødning oppnås ved å bløgge fisken levende eller innen omlag en halv time etter død, det vil si før blodet i fisken får anledning til å koagulere. I dag tømmes fangsten som oftest i en mottaksbinge uten vann noe som fører til at en stor andel av fisken er død ved bløgging. Det er derfor nødvendig å utvikle et nytt konsept/system som forbedrer denne delprosessen. Enhetsoperasjoner som inngår i AP2 er ombordtaking og oppbevaring av levende fisk om bord. De påfølgende operasjonene bedøving og bløgging dekkes av henholdsvis AP 3 og AP 4 i prosjektet.

Merk spesielt at med 'oppbevaring om bord' mener vi her oppbevaring av relativt kort varighet, maksimalt inntil hele fangsten er bløgget og prosessert (prosessering starter så snart som mulig etter ombordtaking). Dette betyr at temaer som levendetransport av fisk og fangstbasert havbruk ikke dekkes i dette prosjektet. Når det gjelder skånsom ombordtaking og oppbevaring av fisk før avlaving (AP2) henvises til sluttrapport for denne arbeidspakken (Erikson et al., 2013). Neste trinn i prosesseringen om bord er automatisert bedøving (denne rapporten).

1.1 Mål

Hovedmålet med prosjektet er:

Å utvikle automatiserte fangstbehandlingslinjer for mer effektiv prosessering av fisk som gir bedre arbeidsforhold for fiskerne, økt kapasitet og bedre fiskekvalitet (AP 1-7 vist i Figur 1).

Målsettingen for AP3 var:

- *Etablere automatisert bedøvelsesmetode som egner seg for bruk om bord på fartøy.*

1.2 Milepæler

Milepælene for AP3 var:

- 1: Velge konseptuell løsning for bedøvning om bord på fartøy
- 2: Teste valgt metode på torsk, hyse og sei
- 3: Beskrive et konsept for automatisk bedøving av de tre nevnte fiskeartene
- 4: Utvikling og testing av prototyp

1.3 Planlagt leveranse

- Prototyp for bedøving av snurrevadfanget fisk

2 Innledning

I havbruksnæringen har det i løpet av de siste 10-15 årene vært et stadig sterkere fokus på å kunne redusere håndteringsstress i slaktelinjen, og etter hvert, også å bedre fiskevelferden i forbindelse med bedøving og avlaving. En viktig pådriver i denne utviklingen har vært store importører av laks i Europa som via forbrukerne krever at oppdrettsfisk avlives på en human måte. I praksis har dette ført til at den tidligere bedøvningsmetoden, basert på karbondioksid, nå er

forbudt i Norge (og forventes å bli det i EU). Flere systemer har blitt introdusert som alternativer til karbondioksid. For norske forhold hvor en driver slakting av laksefisk i storskala (biomasse ofte mer enn 100 tonn per skift) er det i hovedsak to prinsipper før bedøving/avliving som har blitt gradvis innført, nemlig automatisert elektrisk bedøving i luft eller ved slag i hodet ('percussion stunning'). Avhengig av betingelsene kan systemene bedøve eller avlive fisken. Fra et fiskevelferdsaspekt krever Mattilsynet at systemene skal bedøve (eller avlive) fisken på mindre enn 0,5 - 1 sek. Etter hvert har en kommet fram til at dette er mulig for laksefisk, både ved bruk av slagmaskin og ved bruk av elektrisk bedøving i luft (Lambooij et al., 2010). Videre er det dokumentert at det samme også er mulig ved bruk av elektrisk bedøving av oppdrettstorsk (Erikson et al., 2012). For umiddelbart å gjøre fisken bevisstløs, var det nødvendig at *oppdrettstorsken* ble bedøvd ved et spenningsnivå på 107 V. Videre må fisken utsettes for strømbelastning på minst 15 sek for at bedøvelsen skal vedvare tilstrekkelig lenge slik at fisken dør som en følge av blodtap etter bløgging (krav fra Mattilsynet). Det må presiseres at fisken som ble bedøvd under disse betingelsene var relativt lite påkjent fordi fisken ble tatt rett fra holdekar (ustresset fisk). Om bord på fartøy vil trolig fisken være mer eller mindre påkjent på forhånd på grunn av en ofte langvarig fangstprosess. En annen viktig forskjell fra oppdrettsnæringen er at en om bord i en fiskebåt ikke har samme krav til fiskevelferd ved bedøving og avliving. I stedet er det to andre faktorer som er dominerende argumenter for å innføre automatisert bedøving (eller avliving) om bord på fartøy. Disse er:

- (1) Fangsten kan bløgges levende, noe som kan gi bedre produktkvalitet (mindre blodflekker og områder med misfarging av fileten)
- (2) Bedre HMS-betingelser for mannskapet om bord fordi håndteringen av bedøvd fisk blir lettere og redusert risiko for feilskjær og skader

Takket være teknologiutviklingen som har skjedd på dette feltet i havbruksnæringen har det vært mulig å komme fram til et egnet system for bedøving om bord i løpet av den relativt korte prosjektperioden.

3 Oversikt over ulike aktiviteter relatert til AP3

Til sammen i prosjektperioden er det utført seks aktiviteter relatert til bedøving av villfanget hvitfisk. Alle aktivitetene er tidligere rapportert hver for seg og de fordeler seg slik: En vurdering av aktuelle bedøvelsesmetoder, fire forsøk om bord på snurrevadfartøy, samt et laboratorieforsøk. Det presiseres at bedøving om bord på fartøy var kun ett av flere tema som ble studert på de respektive toktene og at laboratorieforsøket ble utført med en ekstrabevilgning fra FHF. En

oversikt over aktivitetene er vist i Tabell 1. Nedenfor presenteres et kronologisk sammendrag av de ulike aktivitetene hvorpå konsensus for det valgte konseptet (prototyp) presenteres til slutt.

Tabell 1 – Oversikt over aktiviteter i AP3 relatert til bedøving om bord på to snurrevadfartøy og en tråler (M/S Helmer Hansen)

Aktivitet	Dato	Fartøy	Fiskeart	Referanse
Valg av metode	2011	-	-	Erikson (2012)
Tokt	Mars 2011	M/S Gunnar K	Hyse og torsk	Westavik og Grimsmo (2011)
Tokt	Mai 2011	M/S Gunnar K	Hyse, torsk og sei	Westavik og Grimsmo (2012)
Tokt	Mars 2012	M/S Harhaug	Hyse og torsk	Digre, Sistaga, Grimaldo og Schei (2013)
Tokt	November 2012	M/S Helmer Hansen	Hyse, torsk og sei	Digre, Grimsmo, Schei og Erikson (2014)
Laboratorieforsøk	Juni 2013	-	Sei	Digre, Erikson, Grimsmo og Schei (2013)

3.1 Valg av konsept for automatisk bedøving av villfisk

Bedøving av villfanget fisk om bord på fartøy representerer noe helt nytt i fiskerinæringen i Norge. Følgelig har vi tatt utgangspunkt i å vurdere ulike bedøvningsmetoder som benyttes i havbruksnæringen under antakelse om at dette trolig ville være 'raskeste vei til målet'. Metodene som ble vurdert var: Elektrisk bedøving, karbondioksid, iso-eugenol, og slag i hodet. I praksis vil da selve avliven skje i neste prosessstrinn der den bedøvde fisken bløgges slik at den dør som en følge av blodtap (med unntak av 'slag i hodet' hvor fisken som oftest blir avlivet umiddelbart).

Fra sammendrag og konklusjon med hensyn til valg av konsept for automatisk bedøving av villfisk heter det (Erikson, 2012):

'Ulike metoder for bedøving eller avlaving av fisk er vurdert i forhold til hva som kan være aktuelt å implementere ombord på snurrevadfartøy i overskuelig framtid. Per i dag er elektrisk bedøving ansett for å være best egnet for fartøy som skal prosessere store mengder fisk. Hensikten er primært å gjøre fisken rolig slik at den kan prosesseres omgående etter at fangsten er tatt om bord. Dette kan gi bedre arbeidsforhold for fiskerne og bedre kvalitet fordi fisken kan blø ut før blodet får tid til å koagulere. Basert på vurderingene ovenfor, og prioriteringene til de aktuelle utstysleverandørene i Norge, synes STANSAS #1 fra SeaSide AS å være den teknologien som per dato synes å være nærmest implementerbar ombord på snurrevadfartøy.'

Her må det i tillegg gjøres oppmerksom på to forhold:

- Den valgte typen bedøver, STANSAS #1, henviser til den type elektrisk bedøver som benyttes ved flere lakseslakterier i dag. For bruk om bord på fartøy var det aktuelt å vurdere endring (optimalisering) av de elektriske parameterne (spenning, strøm, frekvens og eksponeringstid). På grunn av begrenset plass om bord på fartøy var det dessuten nødvendig å lage en mindre (kortere) versjon av bedøveren. Siden en kortere bedøver medfører at fiskens eksponeringstid mot strøm blir kortere (ved gitt båndhastighet) var en av utfordringene å komme fram til passende elektriske parametre for modifisert versjon av STANSAS #1.
- Automatisert bedøving/avliving ved bruk av slagmaskin kan også tenkes å være en aktuell metode om bord på fartøy. En av årsakene til at denne metoden ikke ble valgt her var at denne metoden (SI-5/SI-7, Seafood Innovations Ltd, AUS) blir testet ut av Nofima i et annet prosjekt (FHF-prosjekt 900454).

3.2 Tokt med M/S Gunnar K i mars 2011

Hovedmålsettingene (relatert til elektrisk bedøving) for dette toktet var:

- Sammenlikne kvalitet av fisk som (a) ble bløgget like etter bedøving, og (b) fisk som ble bløgget 3 timer etter bedøving. Fisken ble i denne perioden lagret i buffertank med sirkulerende sjøvann.
- Undersøke arbeidsoperasjonen *bløgging*, det vil si om det var forskjell i bløggekapasitet (antall fisk per tidsenhet) for fisk som ble bløgget avhengig av hvorvidt fisken var elektrisk bedøvd ($n = 806$) eller ei ($n = 732$). HMS for fiskerne skulle også vurderes i forbindelse med innføring av elektrisk bedøving.

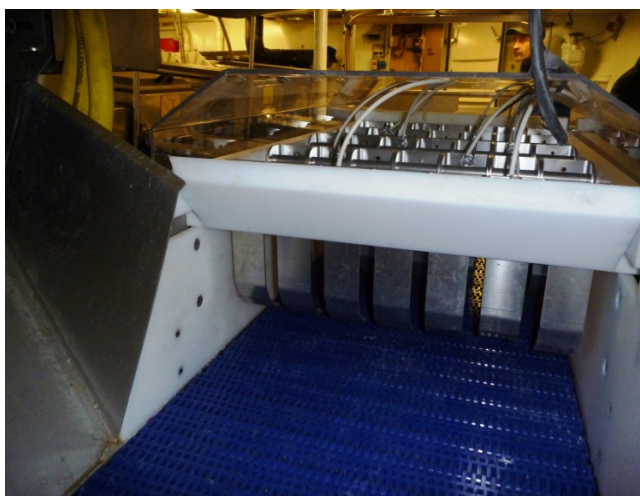
3.2.1 Gjennomføring

Snurrevadfisket foregikk i Vesterålen hvor det hovedsakelig ble fangstet torsk, men også noe hyse. Fangsten (ca 10 tonn) ble pumpet fra redskap ved skutesen til mottakstank om bord i løpet av 30 min. Fiskestørrelsen som ble benyttet for å sammenlikne bløgging av bedøvd med ikke-bedøvd fisk var for torsk og hyse henholdsvis $3,3 \pm 0,8$ kg og $1,9 \pm 0,6$ kg (middelverdi \pm SD, $n = 31-33$). Fisken ble lagret levende i mottakstank og deretter overført til transportbånd fram til elektrobedøveren. En gruppe fisk (torsk og hyse) ble etter bedøving lagt i kar med rennende sjøvann (buffertank) i 3 t

før fisken ble manuelt bløgget ved strupekutt. På dette toktet ble torsken kun bløgget og levert rund med hode, mens hysen ble sløyd og levert med hode. Etter bløgging ble fisken skylt i kar og transportert til RSW lagringstanker. Overlevelsesgrad etter 3 t i buffertank ble målt, og for død fisk ble Rigorstatus bestemt. Kvalitet etter islagring i 6 dager ble vurdert ved bruk av QIM (score 0-23) og Filetindeks (score 0 - 7). Fiskerne ble intervjuet med hensyn til HMS-vurderingen.

3.2.2 Elektrobedøverens konfigurasjon

Elektrobedøveren som ble brukt var en mindre versjon av STANSAS #1 enn den som brukes i lakseindustrien. Den mindre versjonen, som nå benyttes rutinemessig brukes ombord på M/S Gunnar K, har 5 rekker à 7 elektroder (lameller) der elektrodene er koplet slik at annenhver rekke med elektroder har alternerende (+) og (-) ladning (Figur 2). Siden transportbåndet er laget av plast (en isolator), betyr dette i praksis at fisken må være i kontakt med to elektroderekker samtidig for at det skal gå strøm gjennom systemet (fisken). Settpunkt for spenning stilles i styreskapet som er koplet til bedøveren.



Figur 2 – En kompakt versjon av elektrobedøveren STANSAS #1 er montert om bord på M/S Gunnar K. Fisken passerer bedøveren på et transportbånd av plast. Selve bedøveren består av 5 rekker med elektroder der hver rekke har 7 elektroder. Rekkene er koplet sammen med alternerende ladning, (+) eller (-), slik at fisken blir bedøvd ved samtidig kontakt med to elektroderekker. Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

Spenningen over bedøveren ble målt med multimeter flere ganger under drift (med fisk i bedøveren). Spenningen varierte relativt lite under forsøket, 48 ± 5 V DC (med og uten fisk). Fiskens gjennomløpstid gjennom bedøveren var 3,5 sek der fiskens orientering (hode eller hale først) inn på bedøveren var tilfeldig. Både torsk og hysen ble tilsynelatende umiddelbart bedøvd ved første kontakt med to elektroderekker. All fisk var rolig ved bløgging like etter bedøving.

3.2.3 Resultater

Rigor mortis og filetkvalitet

Målt umiddelbart etter bedøving var det som forventet ingen tegn til rigor, hverken hos torsk eller hyse. En del av de bedøvede fiskene døde i løpet av de tre timene de var i buffertanken. Rigor status for disse fiskene er vist i Tabell 2 (Skala: 0 – ingen rigor (pre- eller post-rigor); 1 - begynnende (lokal) rigor (eller nesten ut av rigor); 2 – rigor har spredt seg til en større del av fisken 3 – hele fisken tydelig i rigor; 4 - sterk rigor; 5 – meget sterk rigor). Merk at fisken først ble bløgget etter denne evalueringen (3 timer etter bedøving). All hyse døde i løpet av oppholdet i buffertanken mens 25 % av torsken overlevde. Videre var 50 % av torsken og 72 % av hysen i ulike rigortilstander (fra 0,5 til 5). Rigorstatus midlet over alle fisk i gruppen var henholdsvis 1,4 og 1,7, noe som tilsvarer tidlig rigorfase.

Tabell 2 – Antall levende fisk, Rigorstatus og antall fisk i rigor evaluert 3 timer etter elektrisk bedøving (før bløgging). Fisken ble holdt i en buffertank med god utskifting av sjøvann.

Art	Antall levde fisk ⁽¹⁾	Antall fisk i rigor ⁽²⁾	Rigorstatus (0-5) ⁽³⁾
Torsk	4/16	8/16	1,4 ± 0,5
Hyse	0/16	13/18	1,7 ± 0,5

(1) antall levende fisk / antall fisk totalt; (2) antall fisk i rigor / antall fisk totalt; (3) middelvei ± SEM basert på totalt antall fisk i gruppen (n = 16 og 18).

For prosessering var dette en lite gunstig situasjon på grunn av to forhold. Siden en god del av fisken var dødsstiv betyr det at fiskene hadde vært døde en viss tid (< 3 t). Følgelig kan det tenkes at disse fiskene ville bli dårlig utblødd. Videre vil prosessering av fisk i rigor kunne gi feilskjæring og skader på fisken. I utgangspunktet tilsier dette at under de gjeldende betingelsene for dette toktet var det ikke å anbefale å vente så lenge som 3 timer med å prosessere fisken etter bedøving.

Imidlertid ble det for både torsk og hyse ikke observert tydelige forskjeller i filetkvalitet ved visuell sammenlikning av fileter fra fisk som ble bløgget rett etter bedøving og de som ble bløgget 3 timer etter bedøving (n = 14 - 18). Filetene var av god kvalitet uten framtrædende spor av blodrester, blodflekker, blodfylte årer og områder med misfarging. Det ble heller ikke observert signifikante forskjeller mellom gruppene med hensyn til QI-score (torsk: score 7,2; hyse: score 6,9) eller Filetindeks (eksempelvis hadde parameteren 'Blodflekker (score 0-2)' følgende score for torsk: 0,2 og hyse: 0,1), evaluert etter 6 dager på is.

Bløgging av elektrisk bedøvd fisk: kapasitet og HMS

Ved å sammenlikne med tradisjonell bløgging (ikke bedøvd fisk) viste opptelling at det var om lag 10 % flere fisk som ble bløgget per tidsenhet når fisken var bedøvd på forhånd. Dog var ikke

antallet signifikant forskjellig (basert på sammenlikning av 2 x 3 grupper). Tilbakemeldingen fra fiskerne var imidlertid entydig: 'Sammenliknet med bløgging av sprell levende fisk var det enklere og mindre belastende å håndtere fisk som var immobilisert (bedøvd) på forhånd'. Det ble videre ansett som mindre sannsynlig at en fisker stikker eller skader seg selv (eller andre) enn ved håndtering og bløgging av ikke-bedøvd fisk. Spesielt for torsk kan det nevnes at fisken ofte sperrer ut gjellelokkene rett etter elektrisk bedøving, noe som gjør det lettere å bløgge fisken.

3.2.4 Konklusjoner

- Torsk og hyse ble umiddelbart bedøvd ved 48 ± 5 V DC i 3,5 sek uten at dette førte til kvalitetsfeil (ytre utseende og filet).
- Opphold i buffertank før bløgging, med gjennomstrømning av sjøvann i tre timer, førte til høy dødelighet, og til inntreden i rigor mortis for flere fisk. Dette til tross, filetkvaliteten var god og sammenlignbar med fileter fra fisk som ble bløgget umiddelbart etter bløgging.
- Manuell bløgging av fangsten var lettere å gjennomføre og mer effektiv når fisken var bedøvd først.
- Innføring av elektrisk bedøving ombord ga vesentlige fordeler for fiskernes HMS.

3.3 Tokt med M/S Gunnar K i mai 2011

3.3.1 Gjennomføring

Fisket foregikk på Nordkappbanken og fangsten ble pumpet om bord fra snurrevaden med vakuumpumpe. Fiskens rundvekt (middelerdi \pm SD, $n = 15 - 21$) var for henholdsvis torsk, hyse og sei: $2,0 \pm 0,7$, $1,1 \pm 0,3$ og $2,0 \pm 0,7$ kg. Tilsvarende var surheten i hvit muskel (middelerdi \pm SEM, $n = 15 - 21$) ved fangst av de tre artene henholdsvis pH $6,74 \pm 0,23$, pH $6,41 \pm 0,15$ og pH $6,88 \pm 0,22$. Evnen muskelen hadde for kontraksjon, målt umiddelbart etter avliving, ble målt med en såkalt 'Twitch Tester' (elektrisk stimulering av muskel i ca 1-2 sek ved 9 V). Uansett art, viste fisken kun svakt utslag/reaksjon ($<0,8$ på en skala 0-2 der '0' betyr ingen kontraksjon mens '1' og '2' betyr henholdsvis svakt eller tydelig utslag med halen). Resultatene viste at all fisk, uansett art, var utmattet før bedøving og avliving (på grunn av fangstprosess og håndtering). Fiskens kroppstemperatur målt ved bedøving varierte mellom $5,2 - 6,1^{\circ}\text{C}$.

Fisken ble tatt fra buffertank (tank fylt med sjøvann for midlertidig oppbevaring av levende fisk), elektrisk bedøvd og (a) direktesløyd og skyllet, eller (b) lagt i sjøvann i 3 timer (Figur 3) før direktesløyning og skylling. Fisken ble i denne perioden holdt i kar fylt med sirkulerende sjøvann

med oksygenmetning 76-110 % og temperatur 4-5°C. I begge tilfellene ble fiskens tilstand og rigorstatus målt.

Med hensyn til elektrisk bedøving, var formålet å studere hvorvidt:

- Stor biomasse på transportbåndet gjennom bedøveren fører til et spenningsfall slik at fisken ikke blir tilfredsstillende bedøvd. Problemstillingen har tidligere vært oppe i laksenæringen og det var derfor nødvendig å undersøke dette forholdet også på hvitfisk.
- Sammenlikne fiskens tilstand og bløggeresultat like etter bedøving vs 3 timer etter bedøving.



Figur 3 – Hyse, torsk og sei ble etter elektrisk bedøving holdt i bufferkar med rennende sjøvann (bildet) i 3 timer før evaluering (i tillegg ble andre grupper fisk evaluert like etter bedøving). I det øyeblikket bildet ble tatt ser vi at fisken fortsatt var bedøvd. Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk.

3.3.2 Elektrobedøverens konfigurasjon

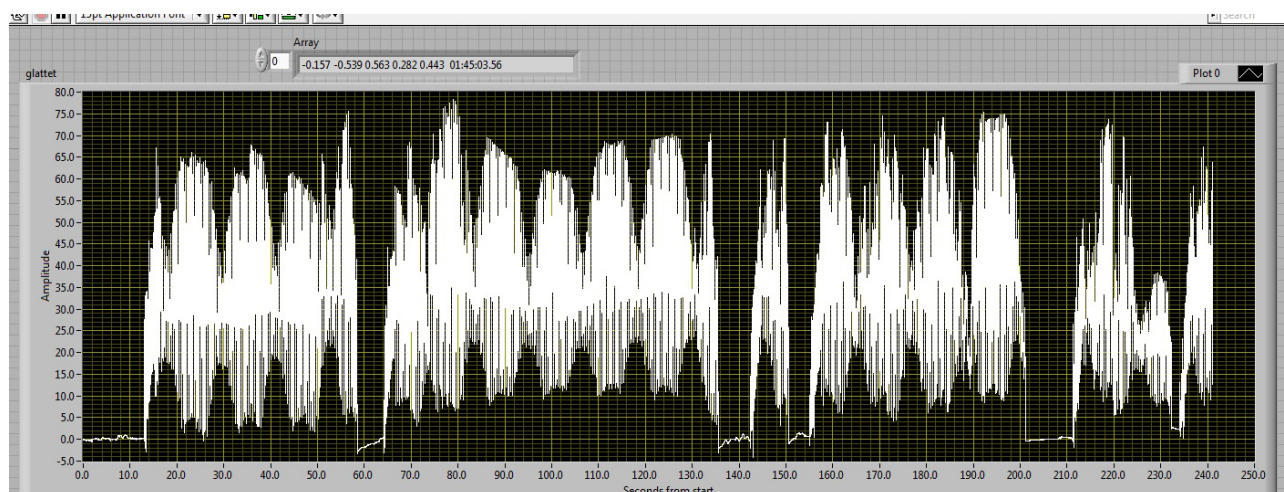
I og med at bedøveren er en fast installasjon på M/S Gunnar K, henvises det til beskrivelsen av utstyret ovenfor (kap. 3.2: tokt i mars 2011). DC-spenningen over bedøveren ble målt med et

multimeter. Videre ble spenningsvariasjonene over tid målt over to motstander ved bruk av et National Instruments USB-6008 instrument ('digitalt oscilloskop') tilkopleet en bærbar pc.

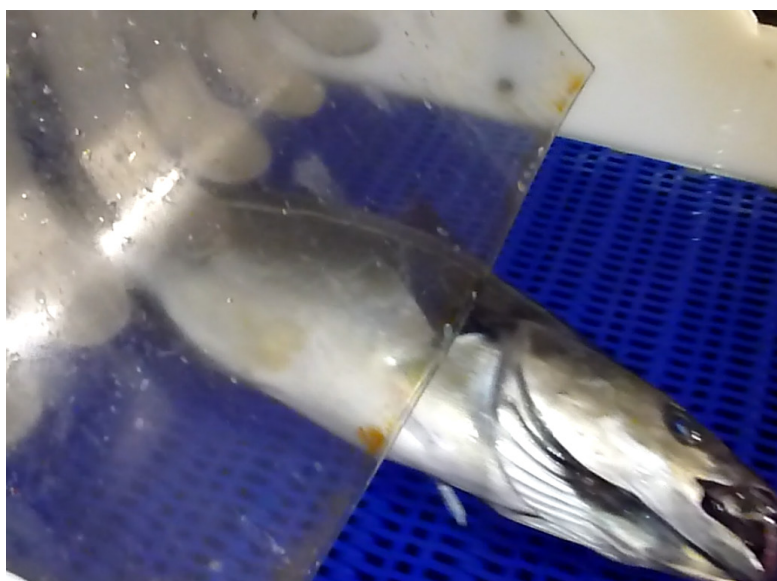
3.3.3 Resultater

Måling av påtrykt spenning med multimeter viste at spenningen mellom elektrodene lå på 48 V pDC (midlere verdi), mens målingene foretatt med 'digitalt oscilloskop', viste at spenningen oscillerte rundt en midlere verdi på ca 35 V med maksimalutslag på ± 30 V (Figur 4). Videre ble det observert at strømmen først slo seg av 7 - 11 sek etter at transportbåndet ble stoppet. Denne forsinkelsen var utilsiktet og ville bli endret slik at strømmen skulle være på kun når båndet gikk.

Visuelle observasjoner av fisken viste at all fisk ble umiddelbart bedøvd i det hver enkelt fisk kom i samtidig kontakt med de to første elektroderekkene ladet (+) og (-). Fisken ble ikke sortert eller ensrettet før bedøving, men i motsetning til hos laksefisk, ble det observert at det spilte ingen rolle hvorvidt fisken kom først inn i bedøveren med hode eller hale – fisken ble tilsynelatende like godt bedøvd uansett (Figur 5). Det ble gjennomført forsøk med å sende 1 eller 10 fisk gjennom bedøveren samtidig som strømmen ble logget med en frekvens på 400 Hz. I motsetning til det vi har observert tidligere på oppdrettstorsk ved bruk av den større versjonen av bedøveren (STANSAS #1), ble det ikke påvist spenningsfall som i så fall ville ha ført til at fisken ikke ble tilfredsstillende bedøvd. Avvikende resultat kan skyldes flere forhold som at (1) forskjellen i biomasse var mindre ved bedøving om bord (1 vs 10 fisk, tilsvarende en biomasse på 2 vs 20 kg), (2) at STANSAS #1 vanligvis er koplet opp på en annen måte, der fisken vanligvis transporteres gjennom bedøveren på et stålbånd som fungerer som motelektrode (fisken blir da umiddelbart utsatt for strøm ved berøring med første elektroderekke), i tillegg til at en kan tenke seg at strømfordelingen er ulik, muligens går strømmen i større grad gjennom fisken ved bruk av stålbånd, mens alternerende kopling mellom elektroderekkene kan i større grad tenkes å føre strømmen langs med fiskens overflate, eller (3) i følge produsent, er det forskjeller mellom ulike styreskap og deres evne til å opprettholde konstant spenning (settpunkt) ved samtidig bedøving av stor biomasse (motstand).



Figur 4 – Logging av spenning (y-akse i volt) over bedøveren som funksjon av tid (x-akse i sekunder). I de seks periodene når spenningen var koplet inn (når spenningen øker fra 0 V) ble det i de ulike periodene kjørt gjennom 1 eller 10 fisk i gangen. Fiskens gjennomløpstid gjennom bedøveren var 3,5 sek. Som vi ser av figuren var det ingen åpenbare tegn til spenningsfall som funksjon av antall fisk på båndet. All fisk, uansett art, ble tilfredsstillende bedøvd (visuell betraktning).



Figur 5 – Elektrisk bedøvd sei om bord på M/S Gunnar K. All fisk ble tilfredsstillende immobilisert ved en spenning på 48 V. Fiskens gjennomløpstid i bedøveren var 3,5 sek (tilsvarer strømeksponeringstid). Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

I tråd med våre tidligere erfaringer ser vi fra Tabell 3 at torsk var mer hardfør med hensyn til å kunne tåle håndtering og gi bedre overlevelse enn tilfellet var for både hyse og sei. Etter 3 timer i buffertanken levde 80 % av torsken mens for hyse og sei levde henholdsvis 26 og 13 % av fiskene. Disse tallene kan tyde på at det er lettere å oppnå god blodtapping for torsk ved forsinket eller

langsom prosessering om bord. Omvendt kan en spekulere i om det er mer påkrevet med rask prosessering dersom en fangster hyse og sei.

På bakgrunn av at fisken var utmattet før bedøving kunne vi forvente at inntreden i rigor mortis var nært forestående. I tillegg har det vært spekulert en del om i hvilken grad elektrisk bedøving tapper ned muskelens energireserver slik at også dette, i tillegg stress under fangsting, påskynder inntredenen i rigor mortis. Fra Tabell 3 ser vi for torsk og hyse at rigor var i ferd med å starte etter 3 timer (blant de døde individene i gruppen). Siden fisken var utmattet i utgangspunktet tyder det på at eksponeringen mot strøm i 3,5 sek hadde liten innvirkning på rigorforløpet (antakelse basert på sammenlikning med tidligere data over sammenhengen mellom stress og inntreden i rigor).

For hver av artene ble det ikke funnet signifikante forskjeller i Quality Index Method (QIM) eller i Filetindeks ved å sammenlikne fisk som hadde blitt bedøvd og direktesløyd umiddelbart, eller etter 3 timer i buffertank.

Tabell 3 – Oversikt over antall levende fisk evaluert 3 timer etter elektrisk bedøving ved 48 V i 3,5 sek og Rigorstatus om bord på M/S Gunnar K. Fisken ble holdt i buffertank med rennende sjøvann etter bedøving.

Fiskeart	Antall levende fisk ^a	Levende fisk (%)	Rigorstatus (0-5) ^b
Torsk	16/20	80	0,2 ± 0,2
Hyse	5/19	26	0,1 ± 0,1
Sei	2/15	13	0,0 ± 0,0

(a) Antall levede fisk/totalt antall fisk; (b) Middelerverdi ± SEM; (n = 15 - 20)

3.3.4 Konklusjoner

- Fisken, som var utmattet før bedøving, ble tilfredsstillende bedøvd ved en spenning på 48 V påtrykt i 3,5 sek
- Spenningen, målt over bedøveren, ble i praksis ikke påvirket av antall fisk (1 vs 10 fisk) på transportbåndet
- Overlevelsesraten, evaluert 3 timer etter bedøving, viste tydelige artsforskjeller i det 80 % av torsken var fremdeles levende, mens for hyse og sei overlevde henholdsvis 26 % og 13 %
- Resultatene tyder på at eksponeringen av den stressede fisken mot strøm (48 V i 3,5 sek) ikke førte til tydelig raskere inntreden i rigor mortis
- Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i QIM og Filetindeks for fisk som ble direktesløyd umiddelbart etter bedøving sammenliknet med fisk som ble lagret 3 timer før direktesløyding

3.4 Tokt med M/S Harhaug i mars 2012

3.4.1 Målsetting

For den delen av toktet som gikk på elektrisk bedøving, var en interessert i å få vurdert hvilken spenning som strengt tatt er nødvendig for å immobilisere fisken om bord. På grunn av HMS-hensyn er det ønskelig å kunne operere ved et lavere spenningsnivå enn det (107 V) som er funnet nødvendig for å gjøre lite påkjent oppdrettstorsk umiddelbart bevisstløse ved bruk av STANSAS #1 maskinen (Erikson et al., 2012). Dersom en reduserer spenningen, er det viktig å sjekke at fisken er tilstrekkelig lenge bedøvd slik at den ikke våkner til liv før den skal bløgges. Fisken må være rolig for posisjonering ved automatisk bløgging. Dersom bedøvd fisk skal bløgges manuelt, vil rolig fisk gjøre jobben enklere og sikrere (HMS).

3.4.2 Gjennomføring

Torsk og hyse ble fangstet med snurrevad langs Finnmarkskysten i mars 2012. Data for den delen av fangsten som ble benyttet til forsøk med elektrisk bedøving er vist i Tabell 4. Fartøyet har mulighet for å pumpe (oftest) eller sekke fisken til mottakskar om bord. Fisken blir sluppet ut fra mottakskaret, plassert like foran bedøveren (Figur 6), og går detter over på transportbåndet gjennom bedøveren. Fisken ble bløgget manuelt etter bedøving.

Tabell 4 – Data for fisk som ble elektrisk bedøvd under tokt med M/S Harhaug mars 2012. Fisken ble holdt levende i mottakskar før bedøving.

Art	Antall hal	Antall fisk/hal ⁽¹⁾	Rundvekt (kg)	Lengde (cm)
Torsk	4 ⁽²⁾	20	3,3 ± 0,3	69 ± 2
Hyse	4	20	1,2 ± 0,1	49 ± 1

Middelverdi ± SD (n = 80 totalt); (1) Antall fisk fra hvert hal som ble benyttet i forsøk; (2) I ett tilfelle ble det tatt ut to grupper à 20 fisk fra samme hal

For å studere eventuell oppvåkning av elektrisk bedøvd fisk ble fisken overført til 1000-L kar fylt med sjøvann av 5°C. Vi satte som "krav" at fisken skulle være bedøvd i minst 10 min etter elektrisk stimulering. Bedøvd fisk ble umiddelbart lagt i karet og atferden ble overvåket i 10 min. Eventuell svømmeaktivitet og respirasjon (gjellelokkbevegelse) ble registrert og det ble tatt halegrep på fisken for å sjekke eventuell fluktespons. Femten fisk ble filetert for å sjekke om elektrisk bedøving førte til blødninger og dannelse av blodflekker i muskelen.

3.4.3 Elektrobedøverens konfigurasjon

En mindre versjon av STANSAS #1 ble testet ut på dette toktet. Bedøveren hadde 6 rekker, hver med 8 elektroder (lameller) per rekke der annenhver elektrode var henholdsvis positivt eller negativt ladet (Figur 6). Det var tilfeldig om fisken kom inn i bedøveren med hode eller hale først. Fiskens gjennomløpstid på transportbåndet gjennom bedøveren var omtrent 10 sek. Spenningen var innstilt på 40 V i styreskapet, mens målinger foretatt over bedøveren viste at spenningen i virkeligheten varierte mellom 24 og 28 V under drift (målt direkte mellom polene på alternerende rekker).



Figur 6 – Elektrisk bedøving av torsk og hyse om bord på M/S Harhaug. Mottakstanken for levende fisk med anordning for mating av fisk til transportbåndet er vist i venstre bilde. En kompakt versjon av STANSAS #1 med 6 elektroderekker er vist i høyre bilde. Reell spenning målt over bedøveren var 24 – 28 V (innstilt spenning var 40 V) der langsom båndhastighet førte til at fisken ble eksponert mot strøm i omtrent 10 sek.

3.4.4 Resultater

Spenningen som var innstilt på styreskapet var 40 V, mens den reelle spenningen målt over elektrodene under drift varierte mellom 24 - 28 V, tilsvarende 32 - 36 V_{rms} (AC+DC). Spenningsfallet under drift på 12 - 16 V skyldtes mest trolig at bedøveren ble overbelastet med for mange fisk (stor elektrisk motstand).

Ved første berøring med to elektroderekker samtidig ble de fleste fiskene stive og noen fikk utspilte gjellelokk. På grunn av periodevis for stor dosering av fisk fra mottakstanken (Figur 6), ble ikke alle fiskene bedøvd. Dessuten kom ikke mindre fisk i berøring med elektrodene når de kom sammen med større fisk.

Blant fiskene som ble tilfredsstillende bedøvd, var det ingen forskjell på om fisken kom inn i bedøveren med hode eller hale først.

I henhold til observasjonene av fiskens atferd i sjøvannskarene viste det seg at 30 % av fisken våknet før det var gått 10 min etter bedøving. Disse fiskene pustet og hadde svømmebevegelser. Vi kan derfor konkludere med at 28 V er for lav spenning til å gi konsistent immobilisering av fisken slik at det blir lett håndterbar ved videre prosessering (bløgging).

Videre ble det observert at når transportbåndet ble stoppet med fisk i bedøveren, fikk fiskene i bedøveren brennmerker på skinnet og blodflekker i muskelen, noe som naturligvis reduserer markedsverdien. En må derfor sørge for at strømmen til bedøveren slås av når transportbåndet stoppes.

3.4.5 Konklusjoner

Oppsummert var trolig årsaken til ikke tilfredsstillende bedøving på dette fartøyet:

- Spenningsfall (fra settpunkt 40 V til reell spenning over bedøveren 28 V) på grunn av for stor biomasse på båndet samtidig, som en følge av ukontrollert mating fra mottakskar
- Styreskapet kompenserte ikke for variasjon i biomasse (elektrisk motstand) i bedøveren

Følgelig er en jevnere utmating av fisk fra mottakstanken ønskelig, i tillegg til at en bør investere i en nyere versjon av styreskapet som kompenserer for stor biomasse på båndet slik at spenningen holdes konstant.

Det ble ikke observert ryggknekk på til sammen 15 fileter fra hyse og torsk. Videre ble det totalt i alle filetene observert kun 6 små blodflekker.

3.5 Tokt med M/S Helmer Hansen i november 2012

3.5.1 Målsetning

- Bestemme nødvendig spenningsnivå for konsistent bedøving av torsk, hyse og sei
- Bestemme nødvendig antall rekker med elektroder for å få dette til (kompakt bedøver er ønskelig om bord på grunn av plasshensyn)

3.5.2 Gjennomføring

Toktet ble gjennomført på Tromsøflaket om bord på forskningsfartøyet MS Helmer Hansen 9-14 november 2012. Vanntemperaturen på 200 - 300 m dyp var 7-8 °C. Det ble fisket hyse, torsk og sei med trål (tauetid 90 min, fangst < 400 kg). Fordelingen av fisk til forsøk med hensyn på art var

tilfeldig, alt etter hvilken art som dominerte i de ulike halene. Fiskestørrelsen for de ulike artene benyttet til forsøkene er vist i Tabell 5.

Tabell 5 – Rundvekt, gaffellengde og antall hyse, torsk og sei som ble benyttet til forsøk

Art	n	Rundvekt (kg)	Lengde (cm)
Hyse	47	1,5 ± 0,5	52 ± 6
Torsk	59 - 109	4,1 ± 1,4	75 ± 1,2
Sei	54 - 141	2,7 ± 1,2	65 ± 2,7

Middelverdi ± SEM

Kontroll-L (levendefiskkar)

Rett etter ombordtaking ble et tilfeldig utvalg av fisk tatt ut fra trålposen, lagt i kurver, og overført til to 1000-L kar på dekk fylt med sjøvann (7,4 - 9,0 °C og oksygenmetning 58 - 95 %). I ett av karene ble det oppbevart torsk, mens i det andre ble det oppbevart hyse og/eller sei. Deretter ble fisken overført til et 1000-L kar under dekk hvor fisken ble holdt levende inntil 12 timer før den ble bedøvd eller avlivet med slag i hodet (kontrollfisk). Fisken ble umiddelbart deretter bløgget ved strupekutt. Analyse av laktat i blod ble foretatt samtidig. Fisken ble lagt i et kar fylt med sjøvann for utblødning i 30 min. Deretter ble muskelkontraksjon ('Twitch Tester') og initiell pH i muskelen bestemt. Kroppstemperaturen i fisken var på dette tidspunktet 8,7 - 9,7 °C. Før filetering ble vekt og lengde målt. Filetene ble skylt i sjøvann og tørket før de ble subjektivt evaluert med hensyn på mulig ryggknekk og restblod. Et tilfeldig utvalg av filetene ble tørrsaltet og lagret i 14 - 57 timer for senere evaluering av restblod.

Kontroll-M (mottaksbinge)

Et tilfeldig utvalg av torsk og sei ble tatt ut fra mottaksbingen 30-60 min etter at fisken ble tatt om bord. Denne gruppen fisk representerte kommersiell fangst. Fisken ble avlivet med slag i hodet og videre behandlet som den andre kontrollgruppen (Kontroll-L).

Elektrobedøvd fisk

Fisken ble overført til levendefiskkar tilsvarende det som er beskrevet for Kontroll-L fisk. Deretter ble en fisk i gangen håvet ut og lagt på båndet gjennom elektrobedøveren. All fisk ble lagt inn med hodet først. Tiden fra start håving til første berøring med elektrodene var 5-10 sek. Ulike kombinasjoner av parametre relatert til elektrisk bedøving ble testet ut (se nedenfor). For å studere eventuell oppvåkning av elektrisk bedøvd fisk ble fisken overført til et 200-L observasjonskar med rikelig tilførsel av sjøvann av 8,7-9,7 °C. Vi satte som 'krav' at fisken skulle være immobilisert i minst 10 min etter elektrisk stimulering. Fiskens atferd ble overvåket kontinuerlig i 10 min. Følgende parametre ble brukt: *Svømmeaktivitet* (skala 0-3); *Respirasjon*

(gjellelokkbevegelse, skala 0-3); *Berøring langs laterallinjen /skrapetest*) respons: (ja eller nei); *Evne til å opprettholde likevekt* (skala 0-2). Etter 10 min ble fisken tatt ut og fiskens 'øyerull', *vestibulokulær refleks (VOR)* ble sjekket før fisken ble bløgget og videre behandlet som nevnt ovenfor. Kun et utvalg av torsk og sei ble evaluert med hensyn på stress.

Resterende fisk

Til slutt ble resterende fisk (kun sei, n=8) håvet fra kar, bedøvd (70 V i 5 sek, 3 rekker med elektroder) og bløgget som nevnt ovenfor. Kun mulig ryggknekk, antall blodflekker og grunnfarge på filet ble evaluert.

3.5.3 Elektrobedøverens konfigurasjon

Elektrobedøveren som ble testet ut på M/S Helmer Hansen hadde transportbånd av stål (Fig.7) som fungerte som motelektrode til rekkene med elektroder. Den aktuelle versjonen av STANSAS #1 hadde 5 elektroderekker à 6 elektroder der hver elektrode (lamell) hadde en bredde på 5 cm. Fiskens gjennomløpstid gjennom selve bedøveren varierte mellom 4 og 6 sek. Siden fisken i dette tidsintervallet alltid var i kontakt med minst en av elektroderekkene, representerer dette tidsintervallet også tiden fisken ble utsatt for strøm. Styreskapet som ble benyttet til bedøveren var en forenklet og rimeligere versjon enn den modellen som brukes i lakseindustrien.

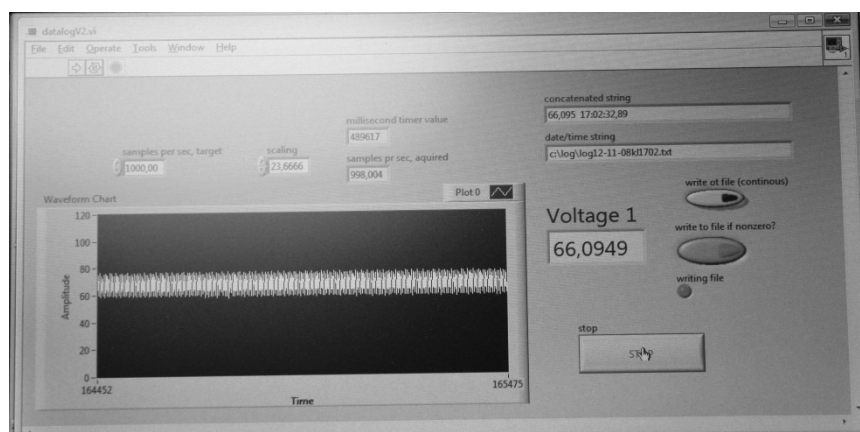
Tre spenningsnivåer ble testet ut: 20, 40 og 70 V (DC). Da det tidlig ble klart at 20 V var for lavt for tilfredsstillende immobilisering av fisken ble kun en gruppe fisk (sei) testet ved dette spenningsnivået. Fisken ble kjørt gjennom bedøveren med 3 eller 5 elektroderekker.

De ulike gruppene fisk og forsøksbetingelsene for disse, samt hvilke analyser som ble foretatt på fisk i de ulike gruppene er vist i Tabell 6. Figur 7 viser elektrobedøveren som ble benyttet på toktet med M/S Helmer Hansen.



Figur 7 – Elektrobedøveren som ble benyttet på tokt med M/S Helmer Hansen. Denne versjonen av STANSAS #1 hadde 5 rekker à 6 elektroder som fungerte som motelektrode (+) til transportbåndet av stål (-). Bedøveren ble også testet ut med 3 rekker. Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

For å sjekke og eventuelt justere innstilt spenning i styreskapet (20, 40 eller 70 V) med spenningen over bedøveren under drift, ble spenningen under bedøvning logget med en analog til digital konverter tilkoblet en PC med en målehastighet på 1000HZ (1000 målinger i sekundet), se Figur 8. Den gjennomsnittlige spenningen ved en slik måling gir tilnærmet spenningen i DC, mens "bredden" i spenningsamplituden (gjennomsnittlige max. og min. verdier) sier noe om AC komponenten. Under forsøket konsentrerte vi oss om å måle og evt. justere DC komponenten i spenningen slik at den tilsvarte 20, 40 eller 70 V DC i de ulike forsøkene.



Figur 8 – Skjermbilde fra PC under målong og justering av spenning (DC) ved forsøk med 70 V DC. "Båndbredden" sier noe om AC komponenten i spenningen, mens den midlere spenningen gir et bilde av DC komponenten. Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

Tabell 6 – Oversikt over forsøksbetingelsene for de ulike gruppene fisk og hvilke analyser som ble foretatt på fisk i de forskjellige gruppene.

Gruppe	Betingelser	n	Analyser
SEI			
Kontroll-L	Fra levendefiskkar	20	Stress, kvalitet/blod filet
Kontroll-M	Fra mottaksbinge	14	Stress, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 6 sek, 5 rekker	20	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 4 sek, 5 rekker	22	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 6 sek, 5 rekker	20	Oppvåkning, stress, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 4 sek, 5 rekker	31	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	20 V, 6 sek, 5 rekker	10	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 5 sek, 3 rekker	20	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 4 sek, 3 rekker	20	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
TORSK			
Kontroll-L	Fra levendefiskkar	20	Stress, kvalitet/blod filet
Kontroll-M	Fra mottakskar (tørrbinge)	19	Stress, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 6 sek, 5 rekker	28	Oppvåkning, stress, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 4 sek, 5 rekker	16	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 6 sek, 5 rekker	5	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 4 sek, 5 rekker	11	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 5 sek, 3 rekker	16	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
HYSE			
Elbedøving	70 V, 4 sek, 5 rekker	18	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	40 V, 4 sek, 5 rekker	11	Oppvåkning, kvalitet/blod filet
Elbedøving	70 V, 5 sek, 3 rekker	18	Oppvåkning, kvalitet/blod filet

3.5.4 Resultater

Elektrisk bedøving og oppvåkning

All fisk ble tilsynelatende umiddelbart bedøvd ved første berøring med elektrodene (1 rekke). Enten var det en svak reaksjon hvor deler av fisken brått ble stiv eller så ble hele fisken stiv der fisken også hadde utspilte gjellelokk. I løpet av 4 - 6 sek gjennom bedøveren observerte vi ingen ytterligere tydelige reaksjoner hos fisken.

Fiskens atferd etter elektrisk bedøving er beskrevet i Tabell 7.

Tabell 7 - Observasjon av hyse, torsk og sei i et vannfylt kar i 10 min etter elektrobedøving. Følgende parametere ble evaluert: Antall fisk med VOR ('øyerull', kun vurdert etter 10 min), Svømmeaktivitet (ingen (0); noe/uregelmessig (1); svak (2); normal (3)), Respirasjon (gjellelokkbevegelser: ingen (0); langsom (1); normal (2), Skrapetest (reaksjon, eller ingen reaksjon ved berøring), Likevekt (ikke tap av likevekt (0); ligger på siden (1); buken opp (2)). Tabellen viser responsen til et gitt antall fisk innen hver gruppe med n individer.

Gruppe	n	VOR	Svømmeakt. (0 - 3)				Respirasjon (0 - 2)			Skrapetest (pos.reaksj.)	Likevekt (0 - 2)		
			0	1	2	3	0	1	2		0	1	2
SEI													
20 V, 6 sek, 5 rekker	10	7	5	2	1	2	3	1	6	5	5	3	2
40 V, 4 sek, 5 rekker	11	2	11	0	0	0	10	1	0	1	0	3	8
40 V, 4 sek, 3 rekker	20	3	20	0	0	0	16	3	1	4	0	19	1
40 V, 6 sek, 5 rekker	20	10	19	0	1	0	12	5	3	10	1	19	0
70 V, 4 sek, 5 rekker	10	3	10	0	0	0	7	2	1	2	0	8	2
70 V, 5 sek, 3 rekker	12	2	11	1	0	0	10	1	1	1	0	0	12
70 V, 6 sek, 5 rekker	23	1	23	0	0	0	22	1	0	2	0	18	5
TORSK													
40 V, 4 sek, 5 rekker	8	4	7	1	0	0	6	1	1	0	0	1	7
40 V, 6 sek, 5 rekker	8	6	8	0	0	0	2	4	2	3	3	4	1
70 V, 4 sek, 5 rekker	16	7	16	0	0	0	7	8	1	3	2	4	10
70 V, 5 sek, 3 rekker	15	9	14	0	1	0	6	5	4	5	1	8	6
70 V, 6 sek, 5 rekker	20	5	20	0	0	0	16	4	0	3	0	19	1
HYSE													
40 V, 4 sek, 5 rekker	11	3	10	1	0	0	6	3	2	4	1	6	4
70 V, 4 sek, 5 rekker	18	1	18	0	0	0	16	2	0	2	1	10	7
70 V, 5 sek, 3 rekker	17	3	16	0	1	0	14	2	1	1	1	11	5

Følgende hovedkonklusjoner kan trekkes ut fra disse observasjonene:

VOR

- Ingen av spenningsnivåene medførte at alle individene i de ulike gruppene fremdeles var bevisstløse (fravær av VOR) etter 10 min i observasjonskaret
- For alle artene var det ingen entydig korrelasjon mellom spenningsnivå og VOR
- For alle artene var det ingen entydig tendens mellom antall elektroderekker (3 eller 5) og VOR

Svømmeaktivitet

- Tilfredsstillende immobilisering ble oppnådd ved både 40 og 70 V (svært få individer viste aktivitet i de ulike gruppene)

- Både bruk av 3 og 5 rekker med elektroder ga tilfredsstillende og lik immobilisering

Respirasjon

- Med unntak av ved 20 V (sei) hadde de fleste fiskene i alle gruppene fisk ingen synlig respirasjon etter bedøving ved 40 og 70 V
- Bruk av 3 eller 5 rekker med elektroder hadde tilsynelatende ingen innvirkning på graden av respirasjon etter bedøving

Skrapetest

- Flertallet av fiskene i alle gruppene viste ingen reaksjon på berøring, dog med unntak ved bedøving av sei ved 20 V og ved 40 V (5 rekker) der 50 % av fisken viste positiv reaksjon
- Ingen entydig tendens med hensyn til reaksjon ved berøring og spenningsnivå (40 eller 70 V) eller antall rekker med elektroder (3 eller 5)

Likevekt

- Med unntak av for sei ved 20 V og for torsk ved 40 V (5 rekker), tapte de fleste fiskene i hver enkelt gruppe likevekten etter elektrisk stimulering
- Spenningsnivå (40 vs 70 V) og antall rekker med elektroder (3 vs 5) påvirket tilsynelatende ikke fiskens tilbøyelighet for tap av likevekt

I fiskeriene er det som kjent ingen lovpålagte krav med hensyn til fiskevelferd under bedøvingsoperasjonen. Sett i lys av dette er det ikke kritisk at en andel av fisken var ved bevissthet etter bedøving. Målsettingen er å immobilisere fisken for lettere håndterbarhet.

Håndteringsstress

Kort oppsummert var laktatnivået i blodet høyt (6 – 10 mmol L⁻¹) for både sei og torsk uavhengig av om fisken ble tatt ut fra mottaksbinge (Kontroll-M), levendefiskkar (Kontroll-L) eller etter elektrisk bedøving. Til sammenlikning er laktatkonsentrasjonen i blod for fisk i hviletilstand < 0,5 mmol L⁻¹. Initiell pH i hvit muskel viser hvor stor muskelaktivitet (fluktrespons) fisken har hatt før prøvetaking og måling. Hos torskefisk i hviletilstand er pH i muskel rundt 7,6 mens fisk som har blitt utsatt for en betydelig håndteringsstress har pH 7,0 - 7,1. I lys av dette var verdiene for initiell pH målt i denne studien forbausende høye, pH 7,5 for elektrisk bedøvd torsk og pH 7,3 for sei. Sei i mottaksbinge og i levendefiskkar var derimot betydelig stresset (rundt pH 7,0). Det samme kan sies om torsk i mottaksbingen. Torsken i levendefiskkarene hadde imidlertid pH-verdier i overkant av pH 7,2 noe som indikerte delvis restituering. Muskelens evne til å kontrahere ved svak elektrisk stimulering (9 V, målt med 'Twitch Tester') viste i hovedsak både for sei og torsk at de ulike gruppene fisk hadde forbrukt mye energi under fangst og håndtering (Score 1,3 – 1,5 på en skala fra 0 til 3).

Evaluering av filet

Sensorisk evaluering av ryggknekk, blodflekker, grunnfarge i filet, og blodårer i buk for de ulike gruppene fisk er vist i Tabell 8. Fisken ble filetert og vurdert om bord like etter at målingene nevnt ovenfor avsluttet.

Ryggknekk – Ryggknekk ble ikke observert hos kontrollfisk og elektrobedøvd torsk og hyse. Hos sei ble det derimot observert ryggknekk i fem av sju grupper elektrobedøvd fisk. Det var ingen klar sammenheng mellom spenningsnivå (20, 40 eller 70 V) og frekvens av ryggknekk. Forekomsten av sei med ryggknekk varierte mellom 0 – 30 %. Erfaringsmessig er ryggknekk relatert til den elektriske bedøvingen av fisken.

Blodflekker - Beregnet som gjennomsnitt for de enkelte gruppene fisk var forekomsten av blodflekker i filetene beskjeden. For alle tre artene lå middelveidien mellom 0 ('ingen') og 1 ('noen få') blodflekker per filet. Forekomsten av blodflekker i sei var dog litt mer fremtredende enn hos hyse og torsk. Ofte observeres en blodflekk i fileten rundt det stedet der det har forekommet ryggknekk. Hos sei var det også her en tendens til det, men som vi ser fra Tabell 8 var det flere unntak fra dette mønsteret i dette toktet.

Grunnfarge – For alle artene middelveidien nærmere score 0 ('normal' farge) enn score 1 ('rosa' farge). Hos sei var dog middelveidien litt høyere. Ved å sammenlikne kontrollgruppene og de elektrobedøvdde gruppene fisk ser vi at det var ingen ting som skulle tilsi at strømpåvirkningen hadde noe med grunnfargen i filet å gjøre.

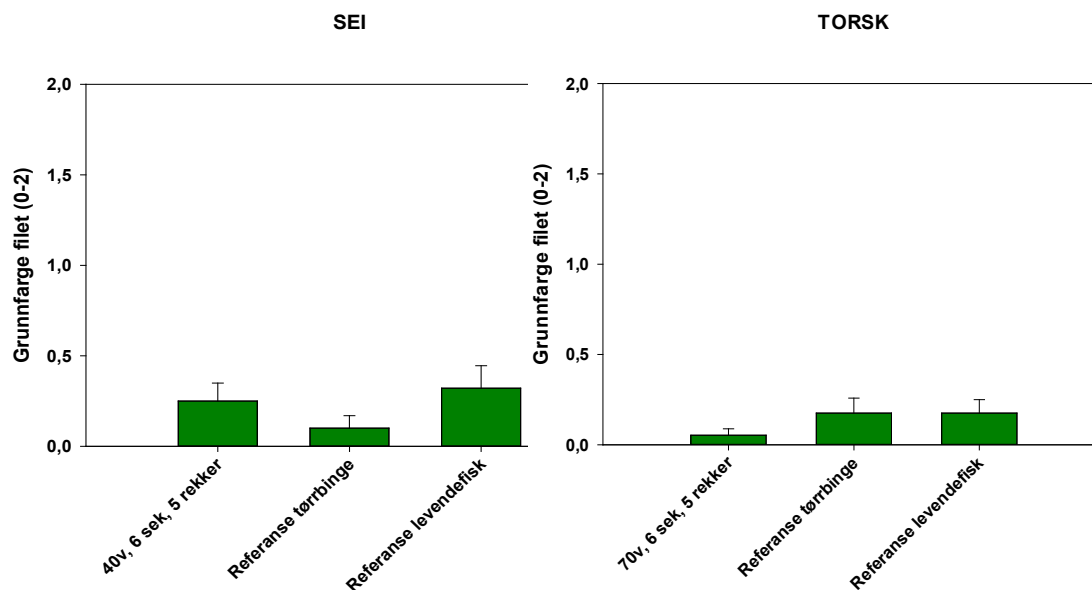
Blodårer i buk – Synlige blodårer i buk var mest framtredende hos sei som hadde en score på rundt 3, noe som tilsvarer at alle årene var blodfylte. Hyse og torsk hadde en score på rundt 2 ensbetydende med delvis blodfylling i alle årer.

Tabell 8 - Sensorisk vurdering av (a) hyse, torsk og sei etter elektrobedøving ved ulike spenningsnivå, (b) kontrollfisk tatt direkte fra tørrbinge ombord (lagret i 45 - 90 min før avlaving, og (c) kontrollfisk lagret i vannfylte tanker i 0,5 til 12 timer før avlaving. Sensorisk vurdering: ryggknekk ('ja' (1) eller 'nei' (0)); blodflekker (ingen (0), noen få (1), store/mange små (2)); blodårer i buk (ikke blod i årene (1), delvis fylte i mindre enn 3 årer (2); delvis fylte blodårer (alle) (3), alle årer blodfylte (4)); grunnfarge i filet (normal (0), rosa (1), rød (2)). Middelerverdi ± SEM (n = 14 - 28). Ulik bokstav innen hver gruppe for hver av artene betyr at middelerverdiene var forskjellige (P < 0,05).

Gruppe	n	Ryggknekk (ett brudd)	Blodflekker (0 - 2)	Grunnfarge i filet (0 - 2)	Blodårer i buk (0 - 4)
SEI					
20 V, 6 sek, 5 rekker	10	0,3 ± 0,2 ^a	0,6 ± 0,3 ^{ab}	0,1 ± 0,1	3,2 ± 0,1 ^b
40 V, 4 sek, 3 rekker	28	0,0 ± 0,0 ^b	0,4 ± 0,1 ^{ab}	0,2 ± 0,1	3,2 ± 0,1 ^b
40 V, 4 sek, 5 rekker	11	0,0 ± 0,0 ^b	0,0 ± 0,0 ^a	0,3 ± 0,1	3,7 ± 0,1 ^c
40 V, 6 sek, 5 rekker	20	0,3 ± 0,1 ^a	0,0 ± 0,0 ^a	0,3 ± 0,1	3,0 ± 0,0 ^b
70 V, 4 sek, 5 rekker	10	0,3 ± 0,2 ^a	0,8 ± 0,3 ^b	0,2 ± 0,1	3,0 ± 0,1 ^b
70 V, 5 sek, 3 rekker	20	0,0 ± 0,0 ^b	0,1 ± 0,1 ^a	0,3 ± 0,1	2,6 ± 0,1 ^a
70 V, 6 sek, 5 rekker	21	0,1 ± 0,1 ^b	0,3 ± 0,1 ^{ab}	0,2 ± 0,1	3,1 ± 0,0 ^b
Kontroll-M	20	0,0 ± 0,0 ^b	0,0 ± 0,0 ^a	0,3 ± 0,1	3,0 ± 0,0 ^b
Kontroll-L	14	0,0 ± 0,0 ^b	0,4 ± 0,2 ^{ab}	0,4 ± 0,1	3,1 ± 0,1 ^b
TORSK					
40 V, 4 sek, 5 rekker	8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	2,0 ± 0,0 ^b
40 V, 6 sek, 5 rekker	8	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	2,6 ± 0,2 ^a
70 V, 4 sek, 5 rekker	16	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,1	1,4 ± 0,1 ^c
70 V, 5 sek, 3 rekker	15	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	1,8 ± 0,2 ^{bc}
70 V, 6 sek, 5 rekker	20	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	0,0 ± 0,0	2,6 ± 0,1 ^a
Kontroll-M	20	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,1 ^a
Kontroll-L	14	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,2 ± 0,1	2,6 ± 0,1 ^a
HYSE					
40 V, 4 sek, 5 rekker	12	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	2,5 ± 0,2 ^b
70 V, 4 sek, 5 rekker	18	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,2 ± 0,1	3,8 ± 0,1 ^c
70 V, 5 sek, 3 rekker	17	0,0 ± 0,0	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	1,9 ± 0,1 ^a

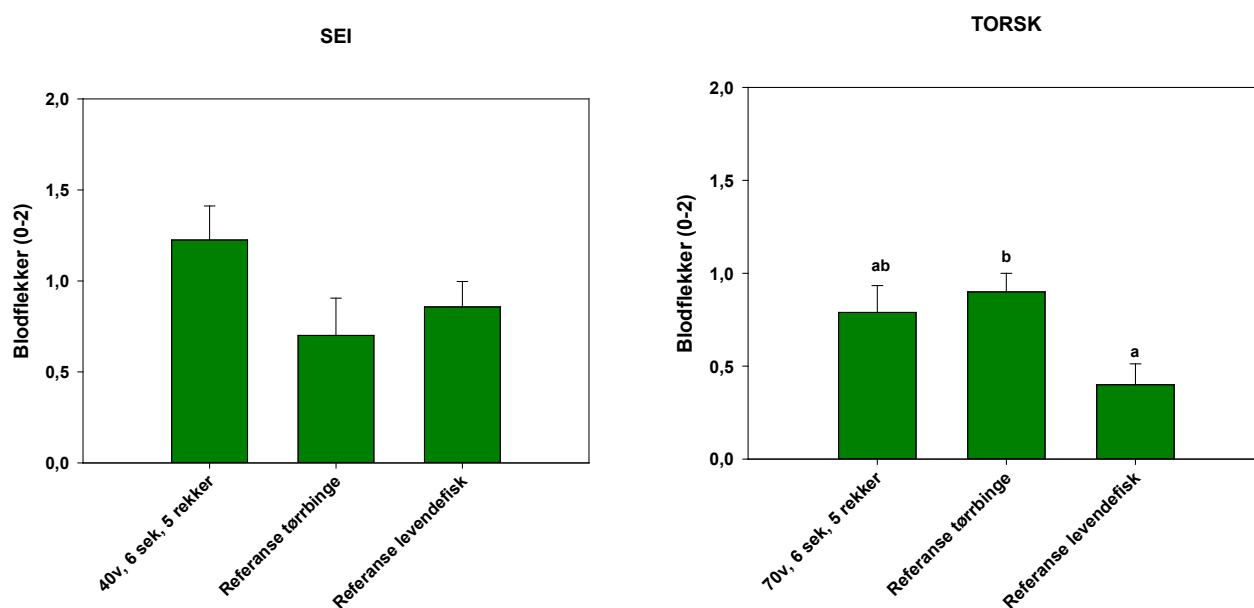
Evaluering av saltede fileter

Fileter fra elektrobedøvd torsk (70 V, 6 sek, 5 rekker) og sei (40 V, 6 sek, 5 rekker) ble sammenliknet ned kontrollfisk fra levendefiskkar og mottakskar (tørrbinge) etter at filetene hadde blitt tørrsaltet. Resultatene er vist i Figur 9. Vi ser at grunnfargen på filetene var nære hvit ('normal') for alle gruppene fisk. Det var ingen signifikant forskjell på om fisken var elektrisk bedøvd, lagret levende før avliving, eller om den ble tatt fra tørrbingen ($p > 0,05$).



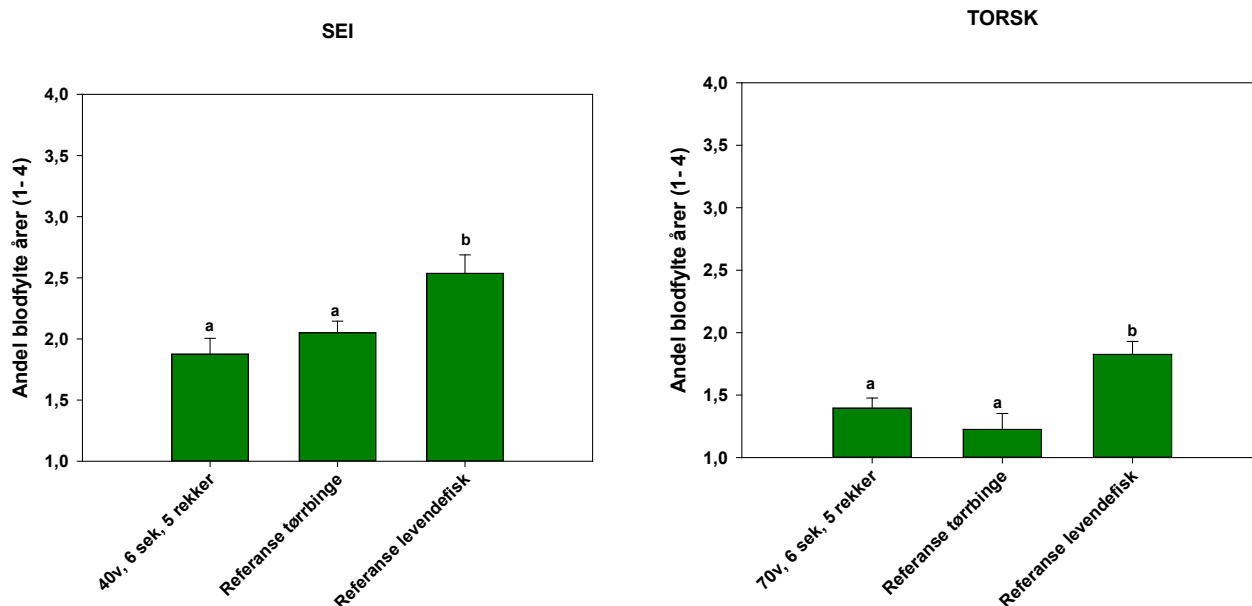
Figur 9 - Sensorisk vurdering av grunnfarge (normal (0), rosa (1), rød (2)) på tørrsaltede fileter av sei og torsk etter (a) elektrobedøving ved 40 V (sei) og 70 V (torsk), (b) opphold i tørrbinge (45 - 90 min), og (c) lagring i vannfylte kar i 0,5 til 12 timer før avliving. Middelerdi \pm SEM ($n = 14 - 20$). For hver av artene var ingen av gruppene signifikant forskjellige fra hverandre.

Med hensyn til blodflekker i saltede fileter av sei (figur 10 nedenfor) var det ingen signifikante forskjeller mellom de to kontrollgruppene og elektrobedøvd fisk (40 V, 6 sek, 5 rekker). Imidlertid var middelverdien for elektrobedøvd fisk på 1,3 blodflekker per filet (b/f), mens for Kontroll-M og Kontroll-L var middelverdiene 0,7 - 0,8 b/f (Figur 9). For torsk var middelverdien litt lavere for fisk som var levendelagret før avliving (0,4 b/f) enn for fisk som var elektrobedøvd (0,8 b/f) eller tatt fra tørrbinge (0,9 b/f). For alle gruppene fisk var forekomsten av blodflekker i saltede fileter relativt lik. Verdiene korresponderer i alle tilfellene med 'noen få mindre blodflekker'.



Figur 10 - Sensorisk vurdering av antall blodflekker (ingen (0), noen få (1), store/mange små (2)) på tørrsaltede fileter fra sei og torsk etter (a) elektrobedøving ved 40 V (sei) og 70 V (torsk), (b) opphold i tørrbinge (45 - 90 min), og (c) lagring i vannfylte kar i 0,5 til 12 timer før avliving. Middelverdi \pm SEM ($n = 14 - 20$). Ulik bokstav over hver søyle (torsk) betyr at gruppene var forskjellige fra hverandre ($P < 0,05$). For sei var ingen av gruppene signifikant forskjellige fra hverandre.

Figur 11 viser resultatet for evaluering av restblod i blodårer (hovedsakelig i buk) i saltede fileter fra sei og torsk. For både sei og torsk var 'andel blodfylte årer' lik for elektrisk bedøvd fisk og fisk tatt fra tørrbinge. Muligens noe overraskende så var denne andelen høyest for fisk som var levendelagret før avliving ($p < 0,05$). Generelt var dog middelverdiene for torsk lavere enn hos sei. I hovedsak lå middelverdiene for alle gruppene fisk i området 'delvis fylte i mindre enn 3 årer (Score 1)' og 'delvis fylte blodårer i alle, Score 2'.



Figur 11 - Sensorisk vurdering av andel blodfylte årer i filet (ikke blod i årene (1), delvis fylte i mindre enn 3 årer (2), delvis fylte blodårer (alle) (3), alle årer helt fylt av blod (4)) på tørrsaltede fileter av sei og torsk etter (a) elektrobedøving ved 40 V (sei) og 70 V (torsk), (b) opphold i tørrbinge (45 - 90 min), og (c) lagring i vannfylte kar i 0,5 til 12 timer før avlaving. Middelerdi \pm SEM ($n = 14 - 20$). Ulik bokstav over søylene betyr at gruppene var forskjellige fra hverandre ($P < 0,05$).

3.5.5 Konklusjoner

Hovedkonklusjonene fra toktet var:

- For immobilisering av hyse, torsk og sei er en spenning på 40 V DC tilstrekkelig for å oppnå tilfredsstillende immobilisering og lettere håndtering i forbindelse med videre prosessering (bløgging/sløyting/hodekapping).
- Tre elektroderekker på bedøveren (strømbelastning i 4 - 6 sek) er tilstrekkelig for å oppnå det samme resultatet. Vi fant ingen signifikante forskjeller på å bruke 3 eller 5 rekker med elektroder med hensyn til effektiv immobilisering av fangsten.
- Sei (midlere rundvekt 2,9 kg) fikk i 5 av 7 forsøksgrupper ryggknekk (ett brudd) ved 20, 40 og 70 V. Andelen ryggknekk i de 7 gruppene varierte mellom 0 og 30 %.
- Sammenliknet med to kontrollgrupper (fisk fra tørrbinge og levendekar), fant vi ingen signifikante indikasjoner på at elektrisk bedøving av fangsten førte til redusert kvalitet evaluert som ulike aspekter av restblod i filet

3.6 Elektrobedøving av sei i juni 2013

Basert på forsøkene beskrevet ovenfor tyder det på at torsk og hyse har sterkere rygggrad enn sei siden vi ikke har observert ryggknekk ved elektrisk bedøving av torsk og hyse. På bakgrunn av at fem av sju forsøksgrupper sei hadde ryggknekk (se tokt med M/S Helmer Hansen), ble det søkt FHF om ekstra midler til å gjennomføre et forsøk med villfanget sei under kontrollerte betingelser (laboratorieforsøk). Målet var å optimalisere betingelsene for elektrisk bedøving av sei for om mulig å unngå ryggknekk.

3.6.1 Gjennomføring

Sei med rundvekt 457 ± 6 g og total lengde $37,5 \pm 0,1$ cm (middelverdi \pm SD, $n = 210$) ble benyttet til forsøket. Fisken hadde blitt fangstet av seisnurperen M/S Havrand og satt i lås ved Seløya (Herøy kommune i Nordland fylke). En levendefisktransportør (Romundset Transport AS) fraktet fisken med bil til SINTEF SeaLab hvor ulike grupper fisk ble tatt ut til forsøk i løpet av 7 dager. Vanntemperaturen var rundt 8°C . Forsøksopplegget var som følger:

Hypotesene som skulle testes ut var:

- Alternierende kobling av elektroderekene, (+) og (-), gir lavere andel fisk med ryggknekk og blodflekker enn når fisken bedøves i system hvor transportbåndet er motelektrode
- Laveste spenningsnivå (40 V, ønskelig) er tilstrekkelig for tilfredsstillende immobilisering av fisken
- Elektrobedøving av stresset/utmattet fisk gir lavere andel fisk med ryggknekk/blodflekker enn ustresst fisk (fordi mindre energi er tilgjengelig for muskelkontraksjon ved elektrisk stimulering)

I tråd med dette kan variablene som skulle testes ut i korthet oppsummeres slik:

- *Elektrobedøverens konfigurasjon (hovedmål):* Transportbånd som motelektrode vs annenhver rekke med elektroder koplet (+) og (-)
- *Spenningsnivå:* 40, 70 og 100 V
- *Fiskens tilstand før bedøving:* Ustresst vs stresset
- *Kontrollgruppe:* Ustresst fisk avlivet med slag i hodet (ikke eksponert for elektrisk strøm)

I alt 10 ulike forsøksgrupper fisk ble undersøkt, samt 3 ekstra grupper (ustresst vs. stresset, elektrobedøvd med transportbånd som motelektrode ved 40 V, og ustresst sei elektrobedøvd med alternerende kobling av elektroderekker, avlivet med et slag i hodet og død i 70 min før

analyse) ble vurdert kun med hensyn til ryggknekk og bloduttredelser. Hensikten med å undersøke effekten av strøm på død fisk var todelt:

- I kommersielt fiske vil ofte en viss andel av fangsten være død på det tidspunktet fisken prosesseres om bord. Dersom en elektrobedøver er installert på fartøyet er det derfor meget sannsynlig at også død fisk vil passere elektrobedøveren. Spørsmålet da er da hvorvidt slik fisk også kan påføres skade ved strømbelastning?
- Reaksjonen til død fisk ved strømbelastning kan tenkes å være til hjelp for å forklare resultatene (med hensyn til ryggknekk) fra dette forsøket.

Forsøksgruppene er i forenklet versjon beskrevet nærmere i Tabell 9. I tabellen er gruppene kodet slik: 'type elektrobedøver'– 'fiskens tilstand'– 'spenningsnivå i volt'. Følgende konvensjon gjelder:

Elektrobedøver A (EA) – Alternierende kopling av elektroderekkene (+) og (-)
 Elektrobedøver B (EB) – Transportbåndet var motelektrode til elektroderekkene

Tabell 9 – Forenklet beskrivelse av ulike forsøksgrupper sei som ble bedøvd ved to ulike oppkoblinger av elektrobedøveren (EA og EB) i kombinasjon med bruk av tre ulike spenningsnivåer og to stressnivå for fisken.

Gruppe	Antall fisk	Stressnivå ⁽¹⁾	Spenning (V)
Kontroll ⁽²⁾	30	Ustresset	-
Ni ulike grupper (variable: EA vs EB, spenning og stressnivå)	9 x 20	Ustresset & Stresset	40, 70, 100
Død fisk gjennom EA 70 min post mortem ⁽²⁾	20	Ustresset	40
EB ⁽³⁾	26	Stresset	40
EB ⁽³⁾	101	Ustresset	40

(1)Ustresset fisk: En fisk i gangen ble håvet ut fra kar og umiddelbart avlivet (kontrollgruppe og 'død fisk') eller innen 10-15 sek bedøvd med EA eller EB; Stresset fisk: for å simulere tilstanden til fangstet fisk ble fisken jaget i kar i 80-90 min før bedøving; (2) Avlivet med slag i hodet; (3) Kun evaluert med hensyn på misfarging og blodflekker i filet samt mulig brudd på ryggrad.

I tillegg til ulike basisparametre for fisken, ble følgende parametre målt:

- Grad av immobilisering og tap av bevisshet (fiskevelferd) – Fiskens atferd ble fulgt i 10 min etter elektrisk bedøving (enkeltfisk ble overført til et observasjonskar fylt med oksygenrikt sjøvann) og 'øyerull' (VOR) ble sjekket når fisken ble tatt ut etter 10 min.
- Stressnivå - Etter uttak fra observasjonskar, 10 min etter bedøving/avliving – laktatnivå i blod, muskelens evne til å kontrahere, initiell pH i muskel, og kroppstemperatur.

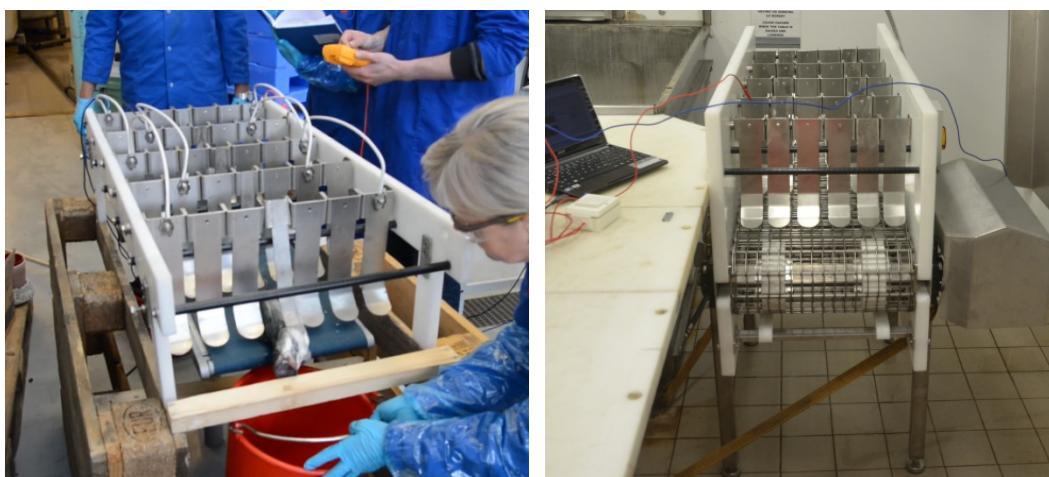
- *Kvalitet* – Etter bløgging og 10 min utblødning i kar med vann ble filetene fotografert og vurdert med hensyn til blodflekker og misfarging. Ryggraden ble inspisert med hensyn på mulige brudd.

3.6.2 Elektrobedøverenes konfigurasjon

Vi hadde på forhånd en hypotese om at konfigurasjonen av elektrobedøveren kunne ha innvirkning på hvordan strømmen gikk gjennom fisken og derfor kunne ha noe å si for forekomst av ryggknekk og bloduttredelser på sei.

I forsøket om bord på M/S Helmer Hansen ble torsk, hyse og sei bedøvd med varierende spenning (20, 40 og 70 V) og med 5 og 3 elektroderekker. Resultatene viste bl.a. at en del av seien (0 - 30 %) fikk ryggknekk og bloduttredelser ved alle spenningsnivåene. Kvalitetsavvikene som vi fant om bord på M/S Helmer Hansen kunne tenkes å være forårsaket av at strømmen i større grad kan ha gått gjennom fisken fordi motelektroden på denne elektrobedøveren var i transportbåndet.

Vi valgte derfor å kople opp elektrobedøveren på to ulike måter (Figur 12): bedøveren som ble koplet opp med rekker med alternerende ladning hadde 5 rekker à 7 elektroder mens bedøveren som hadde stålbandet som motelektrode hadde 5 rekker à 6 elektroder. Fisken gjennomløpstid gjennom begge bedøverene var ca 6 sek. All fisk ble sendt gjennom bedøverene enkeltvis (for å få unngå mulig spenningsfall med mange fisk på båndet samtidig), med hodet først. Samme styreskap ble benyttet for begge bedøverene. Spenningen ble målt over bedøveren med et voltmeter ved bedøving av hver enkelt fisk. Tre ulike spenninger ble benyttet, disse var 40, 70 og 100 V.



Figur 12 – To kompakte versjoner av elektrobedøveren STANSAS #1 ble sammenliknet. Til venstre: Elektrobedøveren koplet med (+) og (-) elektroder på annenhver rekke hvor transportbåndet ikke ledet strøm (EA). Til høyre: Elektrobedøveren med transportbånd av stål (-) som fungerer som motelektrode til rekkene med elektroder (+) (EB). Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

3.6.3 Resultater

Effekt av bedøving

I alle tilfellene reagerte fisken spontant på strømeksposering. I det hodet kom i kontakt med første rekke med elektroder (transportbånd som motelektrode), eller når fisken kom i berøring med både første og andre rekke med elektroder (alternerende kopling av (+) og (-)), ble fisken umiddelbart livløs. I de fleste tilfellene ble den brått stiv og fikk utspilte gjellelokk. I løpet av de resterende 6 sek gjennom bedøveren observerte vi ingen flere tydelige endringer i fiskens reaksjon. Det viste seg at målt spenning over bedøveren under bedøving av hver enkelt fisk varierte i relativt liten grad (39 ± 1 , 67 ± 1 eller 97 ± 3 V DC) i forhold til innstilt spenning (40, 70 eller 100 V DC) i styreskapet.

Oppvåkning etter bedøving

VOR ble vurdert umiddelbart etter bedøving. Ingen fisk viste tegn til øyerull på dette tidspunktet. Dette tyder på at fisken ble effektivt gjort bevisstløse ved alle spenningsnivå (40, 70 og 100 V), uavhengig av både stressnivå og type bedøver (EA og EB).

Basert på vurdering av VOR, svømmeaktivitet, respirasjon, og evne til å opprettholde likevekt for fisk tatt ut fra observasjonskar 10 min etter elektrobedøving kan vi kortfattet konkludere med følgende:

- Færre fisk gjenvant bevisstheten ved bruk av 100 V sammenlignet med både 40 og 70 V.
- Bedøving av stresset (utmattet) fisk førte til at færre fisk gjenvant bevisstheten sammenlignet med ustresset fisk.
- Færre fisk gjenvant bevisstheten ved bruk av elektrobedøver EB (transportbånd som motelektrode), sammenlignet med elektrobedøver EA (alternerende kopling av (+) og (-)).

Effekt av håndteringsstress før bedøving

Laktat - Laktatnivået i blod ble bestemt i kontrollfisk like etter rask håving og avliving med slag i hodet. Nivået var da under instrumentets deteksjonsgrense på $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$. For ustresset fisk ble laktat målt etter rask håving fra kar og elektrobedøving, samt etter 10 min i observasjonskaret. Konsentrasjonen hadde etter elektrobedøving økt til $4\text{-}5 \text{ mmol L}^{-1}$, bortsett fra hos fisk bedøvd ved 100 V, hvor nivået var noe høyere, $6,3 \text{ mmol L}^{-1}$ (dog ikke signifikant forskjellig). Økningen i laktat kan skyldes håndtering før bedøving alene eller eventuelt i kombinasjon med selve bedøvingen, og påfølgende opphold i observasjonskaret (i løpet av 10-11 min hadde laktat mer tid til å akkumulere sammenliknet med kontrollgruppen). Da fisken i tillegg ble stresset (jaget) i 80-90 min før bedøving økte laktatkonsentrasjonen ytterligere til $9\text{-}10 \text{ mmol L}^{-1}$.

Initiell pH - Som ventet hadde kontrollfisken et pH-nivå typisk for fisk i hviletilstand (pH 7,6). Da fisken ble bedøvd og holdt i observasjonskaret i 10 min, ble pH-verdien redusert til pH 7,1-7,2 ($P < 0,05$). Da fisken i alminnelighet var rolig (ingen svømmeaktivitet) i observasjonskaret, skyldes pH-fallet mest trolig elektrisk stimulering av muskelen i løpet av 6 sek gjennomløpstid gjennom bedøveren. Jaging før bedøving førte ikke til en ytterligere reduksjon av pH. Dette tyder på elektrisk stimulering hadde større effekt enn langvarig jaging av fisken.

Muskelkontraksjon - Muskelens evne til å kontrahere (score: 0-3) ved svak elektrisk stimulering (målt ved Twitch Tester, ikke relatert til elektrobedøveren) ble redusert i tråd med reduksjonen i initiell pH. Kraftigst utslag ga som ventet kontrollfisken (Score 3,0). Etter elektrobedøving og opphold i observasjonskaret ble evnen til kontraksjon betydelig redusert (Score 0,4 - 1,8). Jaging før bedøving førte til at fisken hadde kun et svakt utslag ved stimulering (Score 0,1).

Ryggknekk, bloduttredelser og filetfarge

Etter utblødning og filetering ble filetene vurdert sensorisk av to personer. Resultatene er vist i Tabell 10. Det viste seg at de fleste filetene hadde normal grunnfarge (85 - 100 %) mens enkelte fileter hadde en rosa fargenyanse (0 - 15 %). Vi har ikke grunnlag for knytte forekomsten av rosa fileter opp mot de aktuelle variablene studert i dette forsøket. Fordelingen mellom normalt og rosa utseende fileter syntes å være helt tilfeldig. Resultatene blir derfor ikke diskutert videre her.

Tabell 10 - Sensorisk vurdering av sei etter elektrobedøving ved ulike spenningsnivå med fokus på ryggknekk, blodflekker og grunnfarge i filet. Forsøkene ble utført med både ustresset og stresset fisk på to elektrobedøvere koplet opp på to ulike måter (EA og EB). Kontroll: fisk som ble raskt håvet og avlivet med slag i hodet. All fisk ble enkeltvis eksponert for strøm i 6 sek (unntatt kontrollfisk).

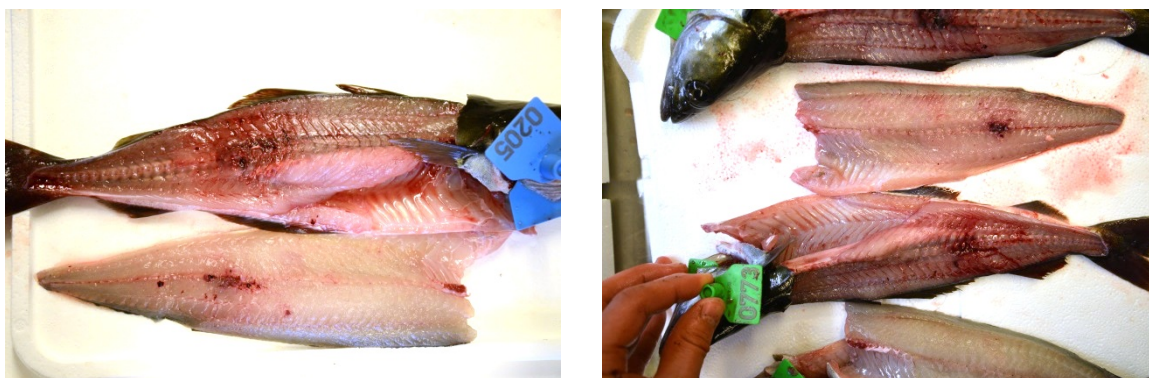
Gruppe	Andel med ryggknekk (ett brudd) (%)	Andel med en blodflekk pr. filet (%)	Andel med normal grunnfarge ⁽¹⁾ (%)	Andel med rosa grunnfarge ⁽¹⁾ (%)
Kontroll	0	3	100	0
EA_Ustresset_40V	40	50	100	0
EA_Ustresset_70V	45	50	95	5
EA_Stresset_40V	30	30	85	15
EA_Stresset_70V	40	35	95	5
EA_Ustresset/død_40V	0	0	-	-
EB_Ustresset_40V	40	40	90	10
EB_Ustresset_70V	35	60	95	5
EB_Ustresset_100V	15	25	95	5
EB_Stresset_40V	10	10	100	0
EB_Stresset_kv_40V ⁽²⁾	0	0	100	0
EB_Stresset_100	5	5	100	0
EB_Ustresset_kv_40V ⁽²⁾	11	14	94	6

(1) Skala: normal (0), rosa (1), rød (2); n = 20, 26 (EB_Stresset_kv_40V), 30 (kontroll) og 100 (EB_Ustresset_kv_40V);

(2) Kun evaluert med hensyn på misfarging og blodflekker i filet samt mulig brudd på ryggrad.

Ingen fisk i kontrollgruppen hadde ryggknekk. Med unntak av en forsøksgruppe (elektrobedøving av stresset fisk ved 40 V), ble det hos 'levende fisk' i ulik grad observert at elektrobedøving av sei førte til ryggknekk og bloduttredelser. I alle tilfeller hvor ryggknekk ble observert, skjedde dette på kun ett punkt og på tilnærmet samme sted på ryggraden (om lag 1/3 av fiskens totale lengde regnet fra halefinnen). I tilknytning til bruddet ble det oftest observert en blodflekk (typisk 1-2 cm i diameter), mest utpreget på en av filetsidene (279 fisk). Det ble aldri funnet mer enn en blodflekk per fisk. I noen tilfeller ble det funnet ryggknekk men ikke blodflekk (9 fisk) eller vice versa (19 fisk). Følgelig er det tydelig at elektrobedøving av sei ofte fører til ett ryggbeinsbrudd med tilhørende bloduttredelse (blodflekk) rundt bruddstedet. Noen typiske eksempler er vist i Figur 13. Videre viste det seg når død fisk ble kjørt gjennom bedøveren fikk ingen av disse hverken ryggknekk og blodflekker. Dette til tross for at fisken var ustresset før avliving og hvor alle unntatt

en fisk reagerte som øvrige fisk ved berøring med elektrodene. I praksis tyder dette på at det er liten risiko for at sei som dør under fangstoperasjonen, på dekk eller i mottakstank vil få redusert kvalitet når de ligger på transportbåndet som passerer en elektrobedøver med 40 V spenning. Siden slik fisk i mer eller mindre grad er stresset i forbindelse med fangstoperasjonen, og siden tiden etter død ved strømbelastning ofte kan være lenger enn i dette arbeidet (70 min), vil disse faktorene ytterligere redusere sannsynligheten for en slik kvalitetsreduksjon.



Figur 13 - Typiske eksempler på ryggbeinsbrudd med tilhørende bloduttredelser i sei etter elektrobedøvning. Bruddet forekom alltid i samme område, og det var aldri mer enn ett brudd per fisk, oftest observert med bloduttredelser rundt bruddstedet. Fenomenet ble observert i ulik grad ved ulike spenningsnivåer 40, 70 og 100 V, på begge versjonene av elektrobedøveren (EA og EB), samt både i ustresset og stresset fisk. Foto: SINTEF Fiskeri og havbruk.

Med hensyn til ryggknekk og forekomst av blodflekker som funksjon av spenningsnivå, type elektrobedøver og stressnivå er resultatene komplekse (Tabell 11). Generelt sett er det ganske godt samsvar mellom antall ryggknekker og antall blodflekker per fisk. Med hensyn til effekt av de ulike parametrene er hovedtrendene er beskrevet nedenfor.

Tabell 11 - Sensorisk vurdering av sei etter elektrobedøving med fokus på ryggknekk og blodflekker. Gjennomsnittlig verdi er oppgitt. Forskjellige bokstaver (A eller B) for hver parameter indikerer signifikante forskjeller ($p < 0,05$) mellom gruppene. Parametre: spenningsnivå (40, 70 og 100 V), stressnivå (ustresset vs stresset) og type elektrobedøver (EA eller EB).

Gruppe	Antall fisk	Antall ryggknekker pr. fisk	Antall blodflekker pr. filet
40 V	204-205	0,17 ^A	0,20 ^A
70 V	60	0,40 ^B	0,48 ^B
100 V	40	0,10 ^A	0,15 ^A
<i>p-verdi</i>		0,000	0,000
Ustresset	199-229	0,20 ^A	0,30 ^A
Stresset	105-106	0,15 ^A	0,15 ^B
<i>p-verdi</i>		<i>n.s</i>	0,001
EA	79-80	0,38 ^A	0,41 ^A
EB	225	0,14 ^B	0,19 ^B
<i>p-verdi</i>		0,000	0,000

Effekt av type oppkobling av elektrobedøver (EA vs EB)

Kun elektrobedøver EB (transportbånd som motelektrode) ble testet ved 100 V. Elektrobedøver EA (alternerende (+) og (-) kopleing) ble testet med 70 V spenning i to tilfeller ($n = 20$), noe som ga fisk med en andel ryggknekk på 40 og 45 % (Tabell 10). Kun en gruppe fisk ($n = 20$) ble undersøkt ved 70 V med alternerende (+) og (-) kopleing av bedøveren (EB). Dette førte til en andel fisk med ryggknekk på 35 %.

EA og EB ble testet ved 40 V i henholdsvis to og fire tilfeller. Dette ga følgende andeler fisk med ryggknekk for EA: 40 ($n=20$) og 30 ($n=20$) %. For EB var tilsvarende tall: 40 % ($n = 20$), 10 % ($n = 20$), 0 % ($n = 26$), og 11 % ($n = 99$). Som nevnt ovenfor førte også disse bruddene til at det som oftest ble dannet en blodflekk per fisk. Statistiske beregninger viser at bruk av elektrobedøver EB førte til redusert andel fisk med en ryggknekk og en tilhørende blodflekk (Tabell 11).

Effekt av spenningsnivå

Spenningsnivåene som ble testet var 40, 70 og 100 V. Ved bare å betrakte spenningsnivå som faktor får vi følgende andeler fisk med ryggknekk 100 V: 5 og 15 %; 70 V: 35, 40 og 45 %; 40 V: 0, 10, 11, 30, 40 og 40 % (Tabell 10). Når det gjelder spenningsnivå skiller 70 V seg ut fra både 40 og 100 V. Ved 70 V øker forekomsten av fisk med en ryggknekk og en blodflekk sammenlignet med de andre to spenningsnivåene ($p < 0,05$), 100 og 40 V (Tabell 11).

Om bord på fartøy har en tatt sikte på å anvende 40 V for bedøving av fangsten. Av HMS-hensyn er det ønskelig å holde lavest mulig spenning. Resultatene på sei tyder på at dersom en prosesserer sei ved samme spenning (40 V), må en regne med en viss andel fisk med ryggknekk selv om fisken i utgangspunktet er stresset eller utmattet.

Effekt av stress

Effekten av håndteringsstress før elektrobedøving vurderes best ved å sammenlikne fisk bedøvd ved samme spenningsnivå og samme type elektrobedøver. For elektrobedøver EA viste det seg både ved 70 og 40 V at andel fisk med ryggknekk var høyere for ustresset enn for stresset fisk (Tabell 10), henholdsvis 45 % vs 40 % (70 V), og 40 % vs 30 % (40 V). For elektrobedøver EB var tilsvarende tall (ustresset vs stresset fisk) 15 % vs 5 % (100 V), 40 % & 11 % vs 10 % & 0 % (40 V). Sammenligner man derimot kun gruppene ustresset vs stresset fisk uavhengig av andre faktorer var det ingen signifikante forskjeller mellom gruppene for ryggknekk, men fisk som var ustresset før bedøving fikk en høyere andel fisk med en blodflekk sammenlignet med stresset fisk (Tabell 11). Uavhengig av spenningsnivå vil nedtapping av muskelens energireserver, som under kommersielt fiske, muligens redusere sannsynligheten for ryggknekk/blodflekk. Resultatene tyder på at styrken av muskelkontraksjonene (indusert ved elektrisk stimulering) spiller en rolle for dannelsen av ryggknekk.

3.6.4 Konklusjoner

Forsøket med sei viste følgende:

Oppvåkning etter elektrobedøving:

- Færre fisk gjenvant bevisstheten ved bruk av 100 V sammenlignet med både 40 og 70 V.
- Bedøving av stresset (utmattet) fisk førte til at færre fisk gjenvant bevisstheten sammenlignet med ustresset fisk.
- Færre fisk gjenvant bevisstheten ved bruk av elektrobedøver EB (transportbånd som motelektrode) sammenlignet med elektrobedøver EA (alternerende kopling av (+) og (-)).

Brudd på ryggrad og bloduttreddelser:

- Med unntak av en forsøksgruppe (elektrobedøving av stresset fisk ved 40 V), ble det i ulik grad observert at elektrobedøving av sei førte til ryggknekk og bloduttreddelser. I alle tilfeller hvor ryggknekk ble observert, skjedde dette på kun ett punkt og på tilnærmet samme sted på ryggraden (om lag 1/3 av fiskens totale lengde regnet fra halefinnen).
- Bruk av elektrobedøver EB (transportbånd som motelektrode) førte til redusert andel fisk med en ryggknekk og en blodflekk sammenlignet med elektrobedøver EA (alternerende (+) og (-) kopling).
- Forekomsten av fisk med en ryggknekk og en blodflekk var større ved 70 V enn ved både 100 og 40 V.

- Resultatene tyder på at dersom en prosesserer sei ved et spenningsnivå på 40 V (benyttet spenningsnivå på fartøy), må en påregne en viss andel fisk med ryggknekk, selv om fisken i utgangspunktet mest trolig vil være stresset eller utmattet på grunn av fangsthåndteringen.
- Det ble ikke observert signifikante forskjeller mellom ustresset og stresset fisk med hensyn på hyppigheten av ryggknekk (ustresset fisk hadde dog høyere middelerverdi), men fisk som var ustresset før bedøving fikk en høyere andel fisk med en blodflekk.

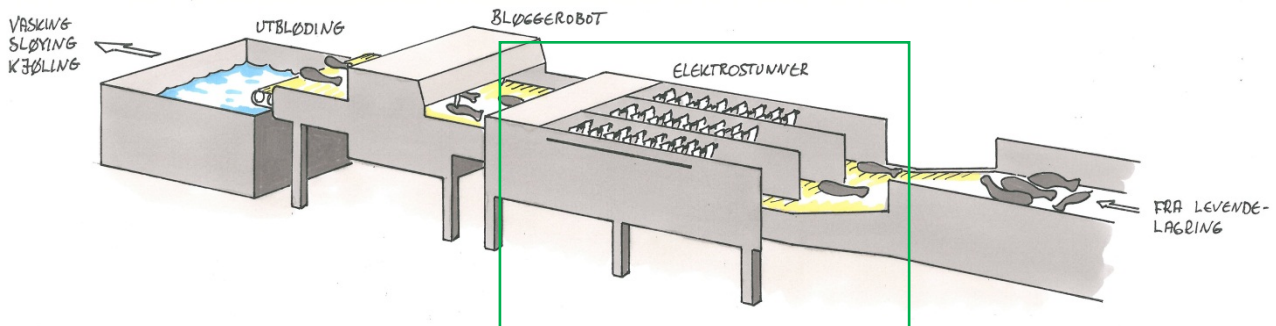
Når det gjelder *hypotesene* som skulle testes kan vi konkludere med følgende:

- Alternierende koplning av elektroderekkene, (+) og (-), ga en høyere andel fisk med en ryggknekk og en blodflekk enn fisk som ble bedøvd i et system hvor transportbåndet var motelektrode. Dette var det motsatte av vår opprinnelige antakelse.
- Laveste spenningsnivå (40 V, ønskelig) viste seg å være tilstrekkelig for tilfredsstillende immobilisering av fisken. Dette er i tråd med våre tidligere observasjoner om bord på fartøy. Imidlertid må en for sei regne med en viss andel fisk med en ryggknekk og en blodflekk.
- Elektrobedøving av stresset/utmattet fisk ga en signifikant lavere andel fisk med en blodflekk enn ustresset fisk. Stresset/utmattet fisk hadde også en lavere andel fisk med en ryggknekk men forskjellen var ikke signifikant forskjellig. Dette var således i stor grad i overensstemmelse med vår opprinnelige hypotese.

Det er imidlertid viktig å nevne at på grunn av vanskeligheter med å få tak i levende sei av en viss størrelse, ble det benyttet småsei (ca 450 g) i dette arbeidet. Toktet med M/S Helmer Hansen viste imidlertid at sei med midlere vekt 2,7 kg også kan få ryggknekk som en følge av elektrisk bedøving.

4 Konklusjoner: Konsept for bedøving og avliving av fisk om bord på snurrevadfartøy

For å bedre kvaliteten om bord på snurrevadfartøy har en i prosjektet lagt opp til at en i større grad skal holde fisken levende (AP2) før bløgging (AP3). For større grad av automatisering, og av HMS-hensyn for fiskerne, var det ønskelig at fisken skulle være lettere håndterbar etter elektrisk bedøving (AP3) før bløgging. En slik prosesslinje er skissert i Figur 14.



Figur 14 - Elektrobedøverens plass i prosesslinjen, tema for AP3. Uavhengig av valgt løsning for å holde fisken levende, overføres fisken fra levendetank eller slusekammer til enhet for automatisk bedøving og bløgging. Utblødning av levende fisk gir bedre produktkvalitet. Figuren viser også sammenhengen mellom ulike arbeidspakker (AP) i prosjektet: levende lagret fisk transporteres fra tank eller slusekammer (AP2) til enheten for elektrisk bedøving (AP3) for deretter til å gå til automatisk eller manuell bløgging (AP4) og utblødning.

4.1 Hovedkonklusjoner

Basert på erfaringene og de gjeldende forsøksbetingelsene ved ulike tokt/studier i prosjektet er hovedkonklusjonene fra AP3:

- Etter elektrisk bedøving blir fisken lettere å håndtere for fiskerne samtidig som risikoen for feilskjær og kuttskader er mindre. HMS-situasjonen for fiskerne er bedret ved å innføre elektrisk bedøving av fangsten.
- Bruk av elektrobedøver muliggjør raskere håndtering og bløgging av fangsten. Dette kan gi bedre produktkvalitet siden fisken kan bløgges før blodet i fisken begynner å koagulere.
- Egnede betingelser for bruk av en mest mulig kompakt versjon av STANSAS #1 er forslått (prototyp). Disse kan benyttes for torsk og hyse uten kvalitetsreduksjon. Dersom det samme utstyret/betingelsene anvendes på sei ser det ut til at en må påregne en viss andel fisk med ryggknekk og blodflekker (ett brudd med en tilhørende blodflekk per fisk). Dersom sei passerer død gjennom bedøveren, ser det ut til at brudd og blodflekker ikke er et problem, selv i tilfeller hvor fisken reagerer kraftig på elektrisk stimulering (dersom fisken fortsatt har energi i muskelen kort tid etter død).

4.2 Andre konklusjoner

- Faren for ryggknekk er mindre ved bedøving av stresset/utmattet fisk (sei) enn ved bedøving av ustresset fisk. Under kommersielt fiske er fisken mer eller mindre stresset før elektrobedøving.
- Bruk av elektrisk bedøving under gjeldende betingelser førte ikke til åpenbare problemer med tidlig inntreden i rigor mortis under prosesseringen om bord. Årsaken til dette kan være at fisken i utgangspunktet var stresset/utmattet som en følge av fangstprosessen.

4.3 Prototyp (kompakt versjon av STANSAS #1)

Et hovedmål i prosjektet var å komme fram til egnet utstyr for bedøving/immobilisering av fisk om bord på snurrevad fartøy. Etter at konseptet ble valgt (se ovenfor) var strategien å tilpasse elektrobedøveren STANSAS #1 til bruk om bord på fartøy. På grunn av plassbegrensinger om bord på fartøy var det nødvendig å lage en kompakt versjon av utstyret samtidig som fisken fortsatt skal være tilstrekkelig bedøvd/immobilisert.

Det er viktig å presisere at kravene vi satte til utstyret ikke var fullt ut sammenlignbare med krav som settes dersom utstyret skulle ha vært brukt i havbruksnæringen. Forskjellen ligger først og fremst i at vi her ikke har satt spesielle krav til fiskevelferd, det vil si at all fisk må bedøves umiddelbart (Mattilsynets krav for bruk i havbruksnæringen er at fisken gjøres bevisstløs på mindre enn ca 0,5 sek). I stedet har vi her hatt som mål at utstyret skal primært immobilisere fisken slik at den blir lett håndterbar i minst 10 min etter å ha passert elektrobedøveren. Med 'immobilisert' forstår vi her kun at fisken blir rolig, og ikke nødvendigvis at fisken blir gjort bevisstløs. Mattilsynet krever for oppdrettsfisk at fisken skal være bevisstløs inntil den dør som følge av blodtap i bløggeprosessen. Kompaktversjonen av bedøveren oppfylder således ikke Mattilsynets krav for bruk på oppdrettsfisk.

Anbefalte parametre for kompaktversjon av STANSAS #1 for bruk i fiskerisammenheng (prototyp):

- Ensretter foran bedøver ikke nødvendig: Torsk fisk immobiliseres uavhengig av orientering (hode eller hale først inn i bedøver)
- Spenning over bedøveren: 40 V DC (eller noe høyere)
- Tre rekker med elektroder er tilstrekkelig (målt ved båndhastighet som medførte at fisken ble utsatt for strøm i 4 - 6 sek)
- Bedøver som benytter transportbånd av stål som motelektrode synes å bedøve fisken noe bedre enn bedøvere som er koplet opp med alternerende ladning ('+' og '-') mellom

elektroderekkene der transportbåndet er av plast (isolator). Førstnevnte oppkopling synes også å gi lavere andel ryggknekk på sei.

4.4 Videre utvikling

Styreskapene til elektrobedøverne som ble brukt i alle forsøk i dette prosjektet var en noe enklere og billigere versjon av styreskapene som brukes i laksenæringen (pers.med. Frode Kjølås, SeaSide AS). Dette betyr at samme type strømpuls ble benyttet i forsøkene. Det er en kjent sak at resultatet av elektrobedøvingen henger sammen med formen på den påtrykte pulsen (spenning, strømstyrke, frekvens og varighet). Resultatene fra dette prosjektet tyder på at en eventuelt kan gå videre med å endre strømparametrene dersom en ønsker å unngå ryggknekk på sei. Eksempelvis kan en tenke seg å forandre strømpulsen ved å justere frekvensen (alternere mellom lav og høy frekvens), da det tidligere er vist at det er en sammenheng mellom frekvens og tilbøyelighet for ryggknekk på laks (Roth et al., 2004). I følge utstyrsleverandør (Frode Kjølås, SeaSide AS) er det grunnlag for å anta at dersom en oppgraderer styreskapet tilsvarende det som brukes på laks så kan man sannsynligvis forbedre to forhold som ble påpekt i dette prosjektet:

- Unngå ryggknekk på sei. Styreskapet gir en strøm til bedøveren som består av en blanding av DC og AC. AC-andelen brukt i dette prosjektet (om bord på fartøy) utgjorde 20 % av totalstrømmen mens for laks er AC-andelen redusert til 10 %.
- Unngå spenningsfall over bedøveren under drift. Stor biomasse på båndet kan føre til spenningsfall og utilstrekkelig bedøving. Siste versjon av styreskap for bruk i havbruksnæringen opprettholder spenningen over bedøveren uavhengig av biomasse på båndet. Dermed blir det samsvar mellom spenningen innstilt i styreskap og reell spenning målt over bedøveren i drift.

5 Referanser

Digre H, Erikson U, Grimsmo L og Schei M, (2013). Elektrobedøving av sei. SINTEF-rapport A24716, 20 sider.

Digre H, Grimsmo L, Schei M, (2014). Elektrobedøving av villfisk. Toktrapport fra M/S Helmer Hansen november 2012. SINTEF rapport (under utarbeidelse).

Digre H, Sistaga M, Grimaldo E, Schei M, (2013a). Fangstoperasjon og fiskekvalitet. Tokt med snurrevadfartøyet Harhaug mars 2012. SINTEF rapport A25246, 34 sider.

Erikson U (2012). AP3 – Utvikle konsepter for automatisk bedøving av villfisk. SINTEF-notat datert 2012-01-09, 8 sider.

Erikson U, Lambooij B, Digre H, Reimert HGM, Bondø M and van der Vis H (2012). Conditions for instant electrical stunning of farmed Atlantic cod after de-watering, maintenance of unconsciousness, effects of stress, and fillet quality – A comparison with AQUISTM. *Aquaculture* 324-325: 135-144.

Lambooij E, Grimsbø E, van de Vis JW, Reimert HGM, Nortvedt R, Roth B (2010). Percussion stunning and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture* 300: 107-112.

Roth B, Moeller D, Slinde E (2004). Ability of electric field strength, frequency and current duration to stun farmed Atlantic salmon and pollock and relations to observed injuries using sinusoidal and square wave alternating current. *North American Journal of Aquaculture* 66: 208-216.

Westavik H, Grimsmo, L (2011). Rapport fra tokt med snurrevadbåten snurrevadfartøyet 'Gunnar K', 22. mars 2011. SINTEF-rapport A21038 2011-12-01, 38 sider.

Westavik H, Grimsmo L (2012). Rapport fra tokt på Nordkappbanken med snurrevadbåten 'Gunner K', 18-24 mai 2011. SINTEF-rapport A21827, 34 sider.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no