

A24716 - Åpen

# Rapport

## Elektrobedøving av sei

Tilleggsaktivitet til FHF-prosjekt 900526 "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy"

### Forfattere

Hanne Digre, Ulf Erikson, Leif Grimsmo og Marte Schei



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Kvalitet fra hav til fat

2013-08-28

# Rapport

## Elektrobedøving av sei

Tilleggsaktivitet til FHF-prosjekt 900526 "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy"

**EMNEORD:**  
Elektrobedøving  
Sei  
Kvalitet

**VERSJON**  
Godkjent av styringsgruppen

**DATO**  
2013-08-28

**FORFATTERE**  
Hanne Digre, Ulf Erikson, Leif Grimsmo og Marte Schei

**OPPDRAGSGIVER**  
FHF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Rita N. Maråk

**PROSJEKTNR**  
6020284

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
21

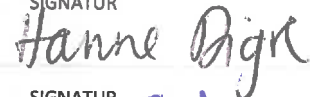
### SAMMENDRAG

Med utgangspunkt i tidligere forsøk med elektrobedøving av sei, var målsettingen for dette arbeidet å undersøke om det var forskjeller i graden av kvalitetsfeil når sei ble elektrobedøvd på følgende to måter: (a) elektrobedøveren koples opp med henholdsvis (+) og (-) elektroder på annenhver rekke; (b) transportbåndet (-) var motelektrode til rekkene (+). I tillegg ble det gjennomført forsøk med tre ulike spenningsnivå (40, 70 og 100 V), og bedøving av utmattet eller ustresset fisk.

Forsøket viste at, med unntak av en forsøksgruppe (elektrobedøving av stresset sei ved 40 V), ble det i ulik grad observert at elektrobedøving av sei førte til ryggknekk og bloduttredelser. I alle tilfeller hvor ryggknekk ble observert, skjedde dette på tilnærmet samme sted på ryggraden (om lag 1/3 av fiskens totale lengde regnet fra halefinnen). Vi vil imidlertid påpeke 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. Vi kan derfor ikke med sikkerhet si noe om hvorvidt større sei har samme tilbøyelighet for å få ryggknekk. I tillegg er ikke problemet, så vidt vi vet, med ryggknekk og bloduttredelse blitt rapportert på de fartøyer som i dag benytter el-bedøver i kommersiell drift.

**UTARBEIDET AV**  
Hanne Digre

SIGNATUR



**KONTROLLERT AV**  
Ida Grong Aursand

SIGNATUR



**GODKJENT AV**  
Marit Aursand

SIGNATUR



**RAPPORTNR**  
A24716

**ISBN**  
978-82-14-05642-6

**GRADERING**  
Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn.....</b>	<b>3</b>
1.1	Målsetting .....	5
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder .....</b>	<b>5</b>
2.1	Biologiske data for fisk og transport til SINTEF SeaLab.....	5
2.2	Forsøksplan .....	6
2.4	Elektrobedøver - STANSAS #1 .....	9
2.5	Målemetoder .....	9
2.5.1	Biologiske data.....	9
2.5.2	Evaluering av fiskevelferd og bedøvingens effektivitet.....	9
2.5.3	Evaluering av stress .....	10
2.5.4	Evaluering av ryggknekk og bloduttredelser .....	11
2.6	Statistiske metoder .....	11
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon.....</b>	<b>11</b>
3.1	Effekt av elektrobedøving på fisken.....	11
3.2	Oppvåkning etter elektrobedøving.....	12
3.3	Effekt av håndteringsstress før bedøving .....	13
3.4	Ryggknekk, bloduttredelser og filetfarge.....	17
3.4.1	Kontrollfisk og død fisk .....	19
3.4.2	Effekt av type oppkobling av elektrobedøver (EA vs EB).....	19
3.4.3	Effekt av spenningsnivå .....	19
3.4.4	Effekt av stress.....	20
<b>4</b>	<b>Oppsummering og konklusjon.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>Videre arbeid .....</b>	<b>21</b>
<b>6</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>22</b>

## 1 Bakgrunn

Denne rapporten beskriver resultater fra et laboratorieforsøk gjennomført hos SINTEF Sealab i juni 2013. Arbeidet utgjør en del av prosjektet "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevad fartøy", som er finansiert av Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF-prosjekt #900526). Hovedmålet i prosjektet er å utvikle automatiserte fangstbehandlingslinjer om bord for mer effektiv prosessering av råstoffet som gir bedre arbeidsforhold for fiskerne, økt kapasitet om bord og bedre kvalitet på fisken.

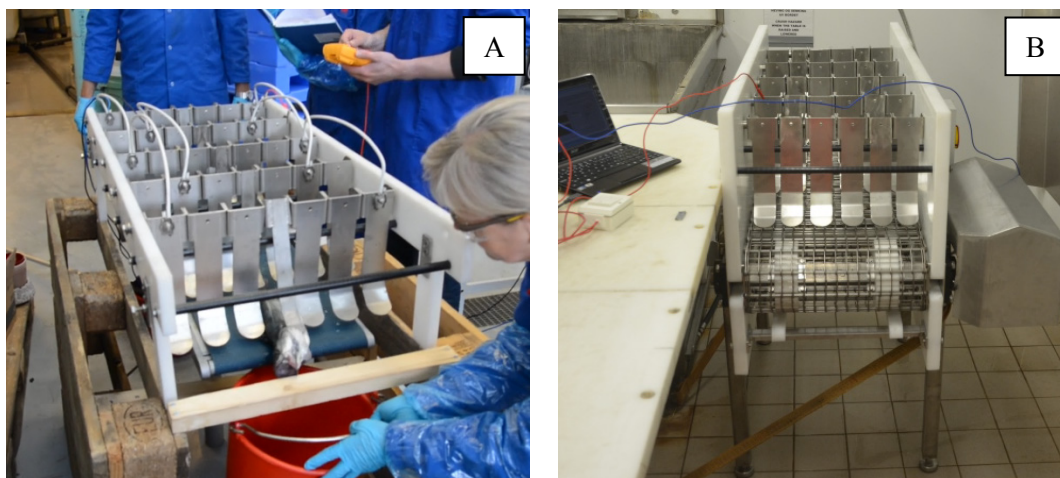
En av forskningsaktivitetene i prosjektet er å utvikle konsepter for automatisk bedøving av villfisk. I denne arbeidspakken skal en finne en bedøvelsesmetode som er egnet for bruk på store og små snurrevad fartøy. Fire milepæler er satt opp for dette delprosjektet. Disse er i korthet:

1. Foreslå den mest egnede bedøvelsesmetoden som er kompatibel med et system for automatisk bløgging
2. Videreutvikle den valgte metoden slik at den kan brukes på fartøy
3. Bygge prototyp av bedøveren, eventuelt inklusive innmatingsystem
4. Teste og evaluere prototyp

Elektrobedøving i luft er valgt som den mest egnede metoden. Begrunnelsen for valget er gitt i eget SINTEF-notat 'AP3 – Utvikle konsepter for automatisk bedøving av villfisk' (09-01-2012, 8 sider). Elektrobedøveren baserer seg på et eksisterende konsept som brukes i oppdrettsnæringen. Maskinen heter STANSAS #1 og produseres av SeaSide AS i Stranda.

En mindre versjon av STANSAS #1 ble testet ut et tokt våren 2012 (Digre et al., 2013a). Her ble det fokusert på bedøving av **torsk og hyse** og hvorvidt fisken ble bedøvd tilstrekkelig lenge (10 min) ved å benytte en påtrykt spenning på 28 V. Elektrobedøveren som ble benyttet var bygd med (-) og (+) elektroder på annenhver rekke (se Figur 1A). Slike elektrobedøvere er i dag installert på 5 snurrevad fartøy (bl.a. "Gunnar K", "Harhaug" og "Meløyfjord"). Det er viktig 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) (Westavik og Grimsmo, 2011). Følgende konklusjoner kan trekkes ut fra forsøket:

- Påtrykt spenning på 28 V var for lav til å gi konsistent tilfredsstillende resultater. En del av fisken våknet til liv etter <10 min.
- Elektrobedøveren klarte å holde konstant spenning 28 V, tilsvarende ca 35 V<sub>RMS</sub> (AC+DC) uavhengig av hvor stor biomassen var på transportbåndet gjennom bedøveren. Tidligere i oppdrettsnæringen førte stor belastning av fisk til et spenningsfall som gjorde at fisken ikke ble godt nok bedøvd.
- Transportbåndet må ikke stoppes når det er fisk i bedøveren. Dette ga fisken brennmerker på skinnet. Alternativt må spenningen slås av dersom transportbåndet stopper.
- Kun få blodflekker ble observert i filet.
- Forsøkene tyder på at fisken bedøves like godt uavhengig av posisjonering inn på bedøveren (hode eller hale først).



Figur 1. Elektrobødøver STANSAS #1. A) Elektrobødøveren koplest med (+) og (-) elektroder på annenhver rekke; B) Elektrobødøver med transportbånd av stål (-) som fungerer som en motelektrode til rekkene med elektroder (+) på bedøveren.

En annen versjon av STANSAS #1, som er bygd med et stålband som fungerer som en motelektrode til rekkene på bedøveren, dvs. negativ ladet transportbånd og positivt ladede rekker med elektroder på bedøveren (se Figur 1B), ble benyttet under et annet forsøk om bord på forskningsfartøyet "Helmer Hansen" (Digre et al., 2013b, rapport under utarbeidelse). I et slikt system "tvinges" muligens strømmen i større grad gjennom fisken, mens ved alternerende (+) og (-) ladning på rekkene med elektroder vil strømrretningen gå på langs, dvs strømmen følger muligens fisk/sjøvann slik at strømmen sannsynligvis i større grad vil gå langs overflaten på fisken. Elektrobødøvere som benyttes på lakseslakterier i dag benytter transportbåndet som motelektrode (tilsvarende Figur 1B). På grunn av plasshensyn på fartøy ønsker en å minimalisere antall rekker med elektroder (lage en kortere, mer kompakt enhet), og man ser for seg at dersom bedøveren bygges med et stålband som motelektrode kunne bedøveren gjøres enda mer kompakt. Antall rekker med elektroder, i tillegg til strømstyrke og båndhastighet, bestemmer hvor lang tid fisken eksponeres for strøm. Jo kortere strømbelastning, desto raskere våkner fisken opp fra bedøvelsen.

I forsøket om bord på M/S Helmer Hansen ble torsk, hyse og sei bedøvd med varierende spenning (20, 40 og 70 V), med 2 ulike båndhastigheter og med 5 og 3 elektroderekker. Transportbåndet var motelektrode i dette tilfellet. En referansegruppe ble benyttet til å sammenligne bedøvd fisk med levende fisk som ble avlivet med slag mot hode. I tillegg til observasjon av fisk etter bedøving, holdt i kar med friskt sjøvann i 10 minutter, ble fisken avlivet og filetert for evaluering av utblødningsgrad og blodflekker/skader. Filetene ble fotografert og faktorer som muskel pH, blodlaktat og biologiske faktorer ble også målt. Resultatene viste bl.a. at en del av seien (ca 15%) fikk ryggknekk og bloduttredelser ved alle de ulike spenningsnivåene (20, 40 og 70 V), se

Figur 2. Dette er ikke observert i tidligere forsøk med elektrobødøving av hyse og torsk.

Fra tidligere forsøk har vi kun en begrenset mengde med data på sei, og vi har ikke observert sei med slike skader. Elektrobødøvere som ble benyttet i disse forsøkene var koplest opp med (-) og (+) elektroder på annenhver rekke. Kvalitetsavvikene som vi derimot fant om bord på M/S Helmer Hansen kan være forårsaket av at strømmen i større grad kan ha gått gjennom fisken fordi motelektroden i dette tilfellet var transportbåndet. I våre litteratursøk har vi ikke funnet publikasjoner med tilsvarende data på sei, og heller ikke publikasjoner angående hvordan strømmen fordeler seg i fisken i slike system.

I arbeidet rapportert her er det følgelig gjennomført kontrollerte forsøk med sei hvor elektrobødøveren ble koplest opp på de to ulike måtene (se Figur 1).



Figur 2. Ryggknekk og bloduttredelser på sei (3,5kg) etter elektrobedøving ved 20 og 70 V om bord på forskningsfartøyet "Helmer Hansen". Elektrobedøveren som ble benyttet hadde transportbånd av stål som motelektrode.

## 1.1 Målsetting

Med utgangspunkt i de to foregående forsøkene (se ovenfor), var målsettingen for dette arbeidet å undersøke om det var forskjeller i graden av kvalitetsfeil når sei ble elektrobedøvd på følgende to måter:

- elektrobedøveren koples opp med henholdsvis (+) og (-) elektroder på annenhver rekke
- transportbåndet (-) var motelektrode til rekkene (+)

## 2 Materialer og metoder

### 2.1 Biologiske data for fisk og transport til SINTEF SeaLab

Sei (*Pollachius virens*) (rundvekt:  $457 \pm 6$  g; total lengde:  $37,5$  cm  $\pm 0,1$ ; Kondisjonsfaktor:  $0,9 \pm 0,0$ ; Leverindeks:  $3,5 \pm 0,2$ ; Gonadeindeks:  $0,13 \pm 0,01$ ; 47 % hunnfisk og 53% hannfisk; n= 210) ble tatt med not av fartøyet M/S Havrand og satt i lås ved Seløy, i Herøy kommune på Helgelandskysten.. Fisken (n= 358) ble håvet over i to 1000-L kar fylt med sjøvann og fraktet inn til kai (ca 1 time) ved fiskemottak. I løpet av 20 min ble fisken håvet over i spesialbygd bil for transport av levende fisk (Romundset Transport AS). Fisken var lastet ferdig ettermiddagen 9. juni 2013. Fisken ble fordelt i to tanker på bilen. Tankene hadde system for kontrollert tilsats av oksygen. Etter en transporttid på åtte timer ankom fisken SINTEF SeaLab. Utskrift fra bilens logg viste at nivået av løst oksygen var forholdsvis stabilt under transporten, 98-109 % metning. Vanntemperaturen i de to transporttankene var henholdsvis 11,5 og 11,3 °C, mens surheten av vannet var på pH 6,54 og 6,38. Sistnevnte pH-verdier viste at karbondioksid hadde akkumulert i løpet av transporten (ingen vannutskiftning). Omregnet til karbondioksid tilsvarer dette omlag 60-80 mg CO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>. Bortsett fra 1 død fisk, var all fisk i god form ved ankomst og de hadde tilsynelatende normal atferd. Fisken ble overført batchvis til et 1000-L kar og deretter overført til to 4000-L kar ved SINTEF SeaLab. Vanntilførselen, pumpet fra 80 m dyp, var på 5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> og under hele forsøksperioden ble både luft og oksygen tilsatt karene. Maksimal fisketetthet i karene (før selve forsøkene ble utført) var 24 kg m<sup>-3</sup>. Vanntemperaturen under hele forsøksperioden lå på 7,8 - 8,0°C mens pH lå stabilt innen området 7,92-7,95. På grunn at det store antallet fisk i karene måtte en tilsette oksygen. På grunn av at reguleringventilen for oksygentilsetningen var for grov (manuell), var det vanskelig å vedlikeholde konstant oksygennivå i karene. Fisken fikk tilstrekkelig med oksygen, men nivået varierte mye (62-92 % metning) i løpet av hele forsøksperioden på 7 dager. Fisken ble ikke føret i denne perioden.

## 2.2 Forsøksplan

Hypotesene som skulle testes ut var:

- Alternierende kopling av elektroderekkene, (+) 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 ustresset 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:** Transportbånd som motelektrode vs annenhver rekke med elektroder koplet (+) og (-)
- **Spenningsnivå:** 40, 70 og 100 V
- **Fiskens tilstand:** Ustresset vs stresset
- **Kontrollgruppe:** Ustresset fisk avlivet med slag i hodet (ikke eksponert for elektrisk strøm)

I alt 10 ulike forsøksgrupper ble undersøkt, samt 3 ekstra grupper (ustresset vs stresset, elektrobedøvd med transportbånd som motelektrode ved 40V, og ustresset sei elektrobedøvd med alternierende kobling av elektroderekker, avlivet med et slag i hodet, og død i 1 time og 10 min før analyse) ble vurdert kun mht ryggknekk og bloduttredelser. Forsøksgruppene er beskrevet nærmere i

**Tabell 1.** 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 1. Oversikt over forsøksgruppene for evaluering av elektrobedøving av sei. Eksponeringstid for strøm var 6 sek.

Nr.	Gruppe	Bedøvelse/ avliving	Stressnivå	Spenning (V)	N	Dato for forsøk	Analyser
1	Kontroll	Slag i hodet	Ustresset	-	30	11.juni	Alle <sup>1</sup>
2	EA_Ustresset_40	EA	Ustresset	40	20	11.juni	Alle <sup>1</sup>
3	EA_Ustresset_70	EA	Ustresset	70	20	11.juni	Alle <sup>1</sup>
4	EA_Stresset_40	EA	Stresset	40	20	12.juni	Alle <sup>1</sup>
5	EA_Stresset_70	EA	Stresset	70	20	12.juni	Alle <sup>1</sup>
6	EB_Ustresset_40	EB	Ustresset	40	20	11.juni	Alle <sup>1</sup>
7	EB_Ustresset_70	EB	Ustresset	70	20	12.juni	Alle <sup>1</sup>
8	EB_Ustresset_100	EB	Ustresset	100	20	17.juni	Alle <sup>1</sup>
9	EB_Stresset_40	EB	Stresset	40	20	12.juni	Alle <sup>1</sup>
10	EB_Stresset_100	EB	Stresset	100	20	17.juni	Alle <sup>1</sup>
	EA_Ustresset/død_40	EA	Ustresset/død <sup>2</sup>	40	20	12.juni	Kvalitet
	EB_Stresset_kv_40	EB	Stresset	40	26	17.juni	Kvalitet
	EB_Ustresset_kv_40	EB	Ustresset	40	101	17.juni	Kvalitet

<sup>1</sup>Alle = analyser/vurderinger av fiskevelferd, stress, og kvalitet (filet)

<sup>2</sup>Fisken ble elektrobedøvd og avlivet med et slag i hodet. Fisken hadde vært død i 1 time og 10 min før analyse av ryggknekk og blod i filet

### 2.3 Gjennomføring av forsøk

Ett og et halvt døgn etter ankomst startet uttaket av fisk til de ulike forsøkene (Tabell 1). De siste fiskene ble tatt ut sju dager etter ankomst.

**Kontrollfisk** - En fisk i gangen ble raskt håvet ut fra et av karene og avlivet med slag i hodet innen 5-10 sek. Deretter ble gjellebuene på en side av fisken skåret over og laktat (melkesyre) - nivået i blodet ble bestemt. Fisken ble så lagt i et bløggekar fylt med sjøvann (8,9-10,5 °C, oksygenmetning 60-76 %). Etter 10 min ble fisken tatt opp for måling av dens evne til muskelkontraksjon (twitch tester), initiell pH i hvit muskel og kroppstemperatur. Etter måling av rundvekt og total lengde (snute t.o.m halefinne) ble fisken sløyd og filetert. Kjønn, samt vekt av lever og gonader ble så bestemt. Tilslutt ble filetene inispisert og fotografert for å



undersøke hvorvidt det var blodflekker eller misfargede områder til stede. Rygggraden ble også undersøkt med hensyn på mulige brudd.

**Ustresset fisk** – En fisk i gangen ble håvet ut og overført til EA eller EB, med spenningsnivå på enten 40, 70 eller 100 V. Det tok om lag 10-15 sek fra håving til fiskens første berøring med elektrodene. All fisk ble da tilsynelatende umiddelbart bedøvd. Etter at fisken hadde passert alle elektroderekke i løpet av ca 6 sek, ble den immobiliserte fisken lagt over i et observasjonskar fylt med frisk sjøvann (9,3 - 9,8 °C, oksygennivå: 58-73 % metning). For å undersøke om fisken var tilstrekkelig lenge bedøvd - i et tenkt tilfelle for effektiv bløgging om bord på fartøy – ble fiskens atferd observert kontinuerlig i 10 min etter bedøving. Etter 10 min ble fiskens 'øyerull', vestibulookolær refleks (VOR), testet før fisken ble bløgget som tidligere nevnt. VOR ble også testet på flere fisk umiddelbart etter bedøving for å undersøke om den elektriske bedøvingen faktisk gjorde fisken bevisstløs. Sistnevnte måling er relatert til fiskevelferd (lovpålagt krav om umiddelbar bedøving i oppdrettssammenheng) og har ikke nødvendigvis relevans i fiskeriene. Etter bløgging ble fisken behandlet som kontrollfisk.

**Stresset fisk** – A priori ble det antatt at stresset fisk er mest representativ for kommersiell fangst. For å simulere en kommersiell fangstsituasjon (stress ved fangst, ombordtaking og på dekk) fant vi det nødvendig å sammenlikne ustresset fisk med fisk som hadde fått energinivået i muskelen (glykogen, fosfokreatin og ATP) redusert i betydelig grad. Dette ble gjort ved å håve 20-26 fisk (i fem forsøksgrupper) til et 300-L kar hvor fisken ble konstant jaget i 80-90 min før uttak til bedøving. For å unngå respiratorisk oksygenmangel og mulig død var det konstant gjennomstrømning av sjøvann (7,9-8,0°C) i karet. Oksygenivået i karet varierte innen området 54-81 % metning. Dog må påpekes at vannivået i karet ble periodevis tappet ned for å øke stressfaktoren. Bedøving, observasjon etter bedøving, bløgging og utblødning, samt stress- og kvalitetsmålinger ble utført som for kontroll og ustresset fisk. En av gruppene (n=26) ble vurdert kun mht antall ryggknekk og blodflekker, i tillegg til grunnfargen av fileten.

**Effekt av strøm på død fisk** – Død fisk (70 min post mortem) ble også kjørt gjennom elektrobedøver EA ved 40 V i 6 sek. Hensikten var todelt:

- I kommersielt fiske vil ofte en viss andel av fangsten være død på det tidspunktet fisken prosesseres om bord (avhengig av redskapstype). Dersom elektrobedøver er installert på fartøyet er det derfor sannsynlig at død fisk også passerer 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 fra dette forsøket.

Fisken som ble brukt (n=20) var fisk rett fra karene, dvs ustresset fisk i utgangspunktet. Fisken ble ikke analysert med hensyn på stress, kun forekomst av ryggknekk og blodflekker ble registrert.

**Resterende fisk** – Tilslutt ble resterende fisk (overskudd i forhold til forsøksplan) slaktet ut (n=99). Dette ble gjort slik: håving av ustresset fisk fra karene, elektrobedøving ved 40 V (EB) etterfulgt av bløgging i 10 min. Kun antall ryggknekk og blodflekker, i tillegg til grunnfargen av fileten, ble vurdert på disse fiskene,

## 2.4 Elektrobedøver - STANSAS #1

To utgaver av elektrobedøveren STANSAS #1 fra SeaSide AS (Stranda) ble benyttet (Figur 1). *Elektrobedøver EA* (Figur 1A), koplet med (+) og (-) elektroder på annenhver rekke, hadde 5 rekker à 7 elektroder (lameller). Transportbåndet på denne versjonen av bedøveren var laget av plast. *Elektrobedøver EB*, med transportbånd av stål som motelektrode til rekkene på bedøveren, hadde 5 rekker à 6 elektroder (lameller, se Figur 1B). Fiskens gjennomløpstid på transportbåndet gjennom begge typene bedøvere var på ca 6 sek. Båndhastigheten ble stilt inn på forhånd slik at total strømbelastning skulle ble sammenlignbar for EA og EB. Seien ble alltid lagt med hodet først inn på elektrobedøveren. Spenningene som ble benyttet var 40, 70 og 100 V DC. Disse ble stilt inn på bedøverens styreskap og målt direkte mellom polene (enten mellom to nærliggende elektroderekker/lameller, (+) eller (-), eller mellom elektroderekke og transportbånd). For å sjekke om det innstilte spenningsnivået (40, 70 eller 100 V) også var reelt for det fisken i virkeligheten ble utsatt for i fra første berøring med elektrodene, ble spenningsnivået lest av på et voltmeter. Strømpulsen som benyttes for STANSAS #1 består av en DC og en AC komponent. Da DC-komponenten anses å være mest betydningsfull her er det denne som ble registrert på voltmeteret og som oppgis i denne rapporten.

Merk spesielt at for kun å undersøke effekt av oppkopling av bedøveren (vårt hovedmål), ble samme styreskap (elektronikk og strømpuls) benyttet for både EA og EB. Dette styreskapet er tilsvarende modell som står om bord på fartøy. Skapet representerer en forenklet, og billigere versjon av den modellen som benyttes for laksefisk.

## 2.5 Målemetoder

### 2.5.1 Biologiske data

Følgende biologiske data ble registrert: total lengde (snute t.o.m halefinne), rundvekt, kjønn, gonadevekt og levervekt. Kondisjonsfaktor (K-faktor), leverindeks og gonadeindeks ble beregnet ut fra henholdsvis Likning 1, Likning 2 og Likning 3.

$$K - faktor = \frac{Rundvekt (g)}{Lengde^3 (cm)} \times 100 \quad (1)$$

$$Leverindeks = \frac{Levervekt (g)}{Sløydvekt (g)} \times 100 \quad (2)$$

$$Gonadeindeks = \frac{Gonadevekt (g)}{Sløydvekt (g)} \times 100 \quad (3)$$

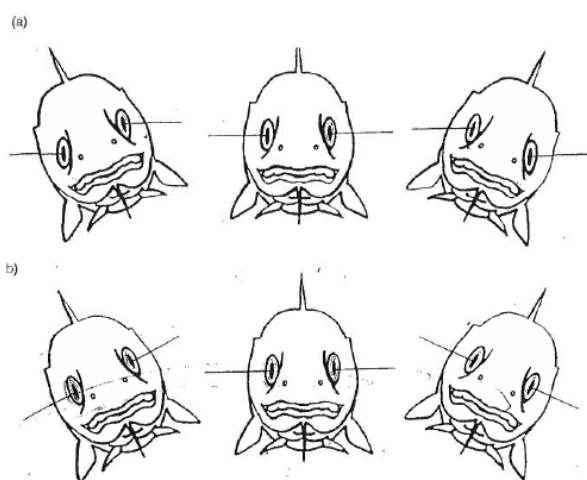
### 2.5.2 Evaluering av fiskevelferd og bedøvingens effektivitet

For å studere eventuell oppvåkning av elektrobedøvd fisk, ble det ved siden av elektrobedøverene plassert to 200-L kar fylt med sjøvann. Elektrobedøvd fisk ble umiddelbart lagt i et av oppvåkningskarene og atferden

ble overvåket. Etter 10 min i oppvåkningskaret ble følgende parametere evaluert: svømmeaktivitet, gjellelokkbevegelse (pusting), og evne til å opprettholde likevekt. Følgende skala ble benyttet:

- Svømmeaktivitet: Ingen (0); noe/uregelmessig (1); Svak (2); normal (3)
- Pustebevegelser: Ingen (0); uregelmessig (1); langsom (2); normal (3)
- Likevekt: Ikke tap av likevekt (0); på siden (1); buken opp (2)

For å få et mer kvantitativt mål på om fisken var bevisstløs eller ikke, ble 'øyerull' (VOR) benyttet som kriterium etter 10 min i oppvåkningskaret. På en del fisk ble VOR også vurdert umiddelbart etter elektrobedøving. Metoden for å bestemme VOR er vist i Figur 3.



Figur 3. Bruk av øyerull (vestibulo-okulær refleks, VOR) for å bestemme om en fisk er (a) bevisst, eller (b) bevisstløs/død. I sistnevnte tilfelle har fisken ingen øyerull når fisken beveges fra side til side. Hos bevisst fisk derimot, vil øynene stille seg etter horisontalplanet. Fra Kestin, van de Vis & Robb (2002) (*Veterinary Record* 150, 302-307).

### 2.5.3 Evaluering av stress

**Laktat i blod:** Laktat (melkesyre) i blod har vist seg å være en god stressindikator (pga. relativt rask responstid). En 'målestrimle' fuktes med noen få dråper helblod fra en blodprøve. Strimlen settes inn i et meter (Lactate Scout+, SensLab GmbH, Leipzig, Tyskland) og laktatverdien avleses direkte i mmol L<sup>-1</sup> etter få sekunder.

**Initiell pH i muskel:** Økt muskelaktivitet (f.eks. fluktrespons eller 'sprelling') fører til at pH i muskelen synker fra et hvilenivå på pH 7,5 ± 0,1. For å unngå effekt av videre pH-reduksjon post mortem må pH måles like etter død (initiell pH). pH måles ved at elektroden stikkes direkte inn i ryggmuskelen umiddelbart etter avliving (et snitt gjennom huden må skjæres først med skalpell). En skjermet WTW SenTix 41 glasselektrode (WTW, Weilheim, Tyskland) koplet til et portabelt pH meter (model WTW 315i) ble benyttet.

**Muskelkontraksjon:** Evnen muskelen har til å kontrahere like etter avliving ble målt med et 'Twitch Tester'-instrument (AQUI-S Ltd., Lower Hutt, New Zealand). To elektroder plasseres på fisken, og 9 V DC

påtrykkes i 1-2 sek. Score 3 - Dersom fisken er lite stresset slår den med halen ved stimulering (elektroden plassert på sidelinjen bak hode og ved halen). Score 2 - Elektroden plassert på samme måte, men utslaget med halen er (meget) svakt. Fisken er stresset. Score 1 – Kontraksjoner over mindre områder når elektrodene plasseres med noen få cm avstand rundt omkring på fiskens overflate. Dette forekommer en tid etter avliving. Score 0 – ingen reaksjon overhodet (energiinnholdet i muskelen er tappet etter død, dvs fisken har vært død i flere timer).

#### 2.5.4 Evaluering av ryggknekk og bloduttredelser

Filetkvaliteten ble vurdert sensorisk med fokus på ryggknekk, blodflekker og grunnfarge i muskel. Følgende skala ble benyttet:

- Ryggknekk: tilstede eller ikke (Ja/Nei)
- Blodflekker: antall blodflekker pr. filet
- Grunnfarge i filet: normal (0), rosa (1), rød (2)

### 2.6 Statistiske metoder

De statistiske analysene bygger på variansanalyser (Minitab Ltd.). Signifikansnivået ble satt til 5 % ( $P < 0,05$ ).

## 3 Resultater og diskusjon

### 3.1 Effekt av elektrobedøving på fisken

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 gjelleløkk. I løpet av de resterende 6 sek gjennom bedøveren observerte vi ingen flere tydelige endringer i fiskens reaksjon.

Det viste seg at ved måling av spenning under bedøving (en fisk i gangen) at spenningsfallet over bedøveren var beskjedent (Tabell 2).

I videre diskusjon opprettholder vi derfor våre verdier på 40, 70 og 100 V, valgt a priori. I en kommersiell sammenheng vil det som oftest være flere fisk på båndet samtidig. Det må da eventuelt kompenseres for et mulig større spenningsfall dersom innstilt spenningsnivå skal opprettholdes.

Tabell 2. Sammenhengen mellom innstilt spenning på bedøveren og målt (reell) spenning under enkeltvis bedøving av sei (høyeste og laveste verdi).

Innstilt spenning (V DC)*	Målt ved bedøving av enkeltfisk (V DC)
40	38,2 – 40,0
70	66,0 – 68,5
100	94,3 – 99,9

\* Merk at innstilt spenning ble foretatt ved justering/avlesning på en relativt grov skala. Verdiene bør derfor ikke nødvendigvis oppfattes som 'fasit' for de målte verdiene.

### 3.2 Oppvåkning etter elektrobedøving

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).

Vurdering av fisk tatt ut fra observasjonskar 10 min etter elektrobedøving er vist i Tabell 3. Resultatene tyder på følgende sammenhenger (se Tabell 4 for oversikt over forskjeller mellom de ulike parametrene; spenningsnivå, utmattelse og type elektrobedøver):

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

Tabell 3. Vurdering av sei tatt ut fra observasjonskar 10 min etter elektrobedøving. Gruppene er beskrevet i

Tabell 1. Følgende parametere ble evaluert: Prosentandel fisk med VOR (øyerull), svømmeaktivitet (Ingen (0); noe/uregelmessig (1); Svak (2); normal (3)), Pustebevegelser (Ingen (0); uregelmessig (1); langsom (2); normal (3), Likevekt (Ikke tap av likevekt (0); på siden (1); buken opp (2)), (n=20).

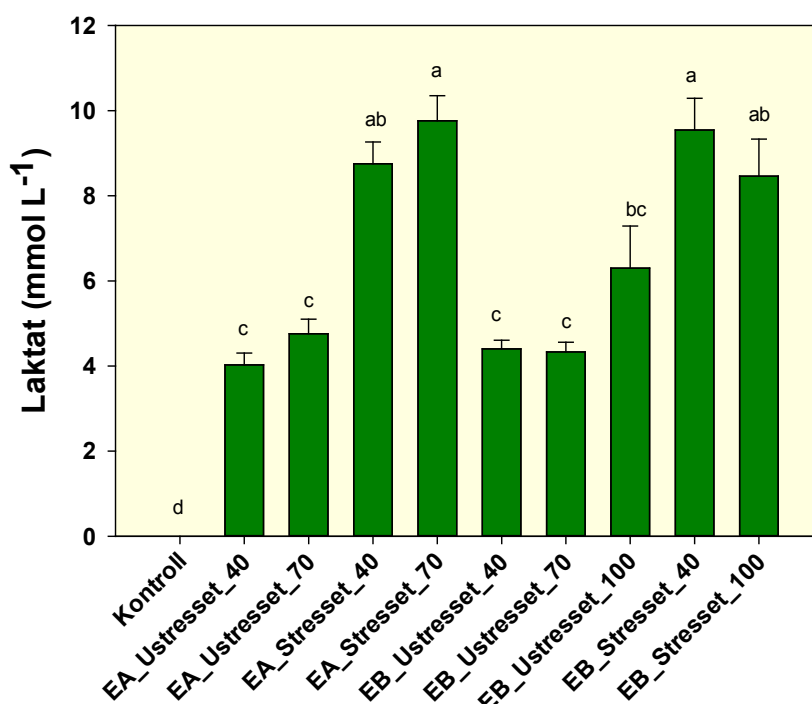
Nr.	Gruppe	VOR (%)	Svømmeaktivitet (0-3) (%)				Gjellelokkbevegelse (0-3) (%)				Likevekt (0-2) (%)		
			0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2
2	EA_Ustresset_40	90	60	5	5	30	15	10	30	45	30	20	50
3	EA_Ustresset_70	100	0	70	20	10	0	0	80	20	15	70	15
4	EA_Stresset_40	75	75	0	10	15	15	25	40	20	15	0	85
5	EA_Stresset_70	40	100	0	0	0	60	15	25	0	0	0	100
6	EB_Ustresset_40	80	55	5	25	15	25	30	10	35	5	30	65
7	EB_Ustresset_70	100	25	20	35	20	10	15	55	20	10	25	65
8	EB_Ustresset_100	35	85	0	10	5	70	0	25	5	10	0	90
9	EB_Stresset_40	25	100	0	0	0	70	20	10	0	0	0	100
10	EB_Stresset_100	10	100	0	0	0	90	0	10	0	0	0	100

Tabell 4. Gjennomsnittsverdi basert på score for fisk med VOR (øyerull) (score 0-1), Svømmeaktivitet (score 0-3), Pustebevegelser/gjellelokkbevegelse (score 0-3), Likevekt (score 0-2), (n=20). Forskjellige bokstaver indikerer signifikante forskjeller mellom gruppene; spenningsnivå (40, 70 og 100 V), utmattelse (ustresset vs ustresset) og type elektrobedøver (bedøver EA eller EB).

Gruppe	VOR	Svømmeaktivitet	Gjellelokkbevegelse	Likevekt
40 V	0,68 <sup>A</sup>	1,34 <sup>A</sup>	0,66 <sup>A</sup>	1,62 <sup>AB</sup>
70 V	0,80 <sup>A</sup>	1,45 <sup>A</sup>	0,86 <sup>A</sup>	1,52 <sup>A</sup>
100 V	0,23 <sup>B</sup>	0,35 <sup>B</sup>	0,14 <sup>B</sup>	1,89 <sup>B</sup>
P-verdi	0,000	0,000	0,001	0,016
Ustresset	0,81 <sup>A</sup>	1,57 <sup>A</sup>	0,98 <sup>A</sup>	1,42 <sup>A</sup>
Stresset	0,38 <sup>B</sup>	0,64 <sup>B</sup>	0,15 <sup>B</sup>	1,93 <sup>A</sup>
P-verdi	0,000	0,000	0,000	0,000
Elektrobedøver A	0,76 <sup>A</sup>	1,54 <sup>A</sup>	1,48 <sup>A</sup>	0,74
Elektrobedøver B	0,50 <sup>B</sup>	0,84 <sup>B</sup>	1,78 <sup>B</sup>	0,50
P-verdi	0,000	0,000	0,001	n.s

### 3.3 Effekt av håndteringsstress før bedøving

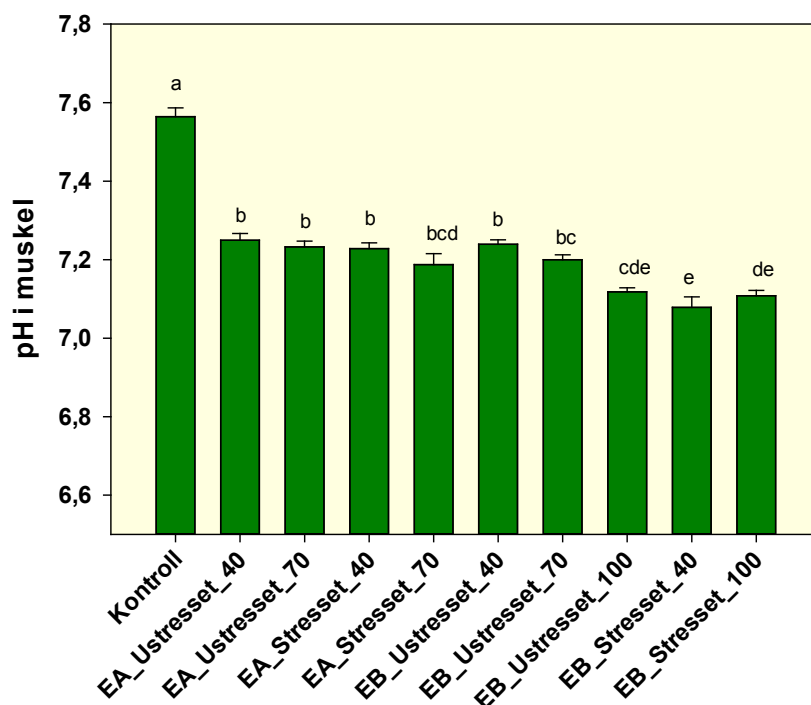
Laktatnivået i blod ble bestemt i kontrollfisk like etter rask håving og avlaving med slag i hodet. Som vi ser av Figur 4, var nivået da under instrumentets deteksjonsgrense som er 0,5 mmol L<sup>-1</sup>. For ustresset fisk ble laktat målt etter rask håving fra kar, elektrobedøving samt etter 10 min i observasjonskaret. Konsentrasjonen hadde da økt til 4-5 mmol L<sup>-1</sup>, bortsett fra fisk elektrobedøvd ved 100V, som var noe høyere 6,3 mmol L<sup>-1</sup> (ikke signifikant forskjellig), dette 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). Dersom fisken i tillegg ble stresset (jaget) i 80-90 min før bedøving økte laktatkonsentrasjonen ytterligere til 9-10 mmol L<sup>-1</sup>.



Figur 4. Laktatnivå (melkesyre) i blod fra sei etter ulike behandlinger. Målingene ble utført etter rask håving og avlaving med slag i hodet (kontroll), etter håving, elektrobedøving og 10 min opphold i observasjonskar

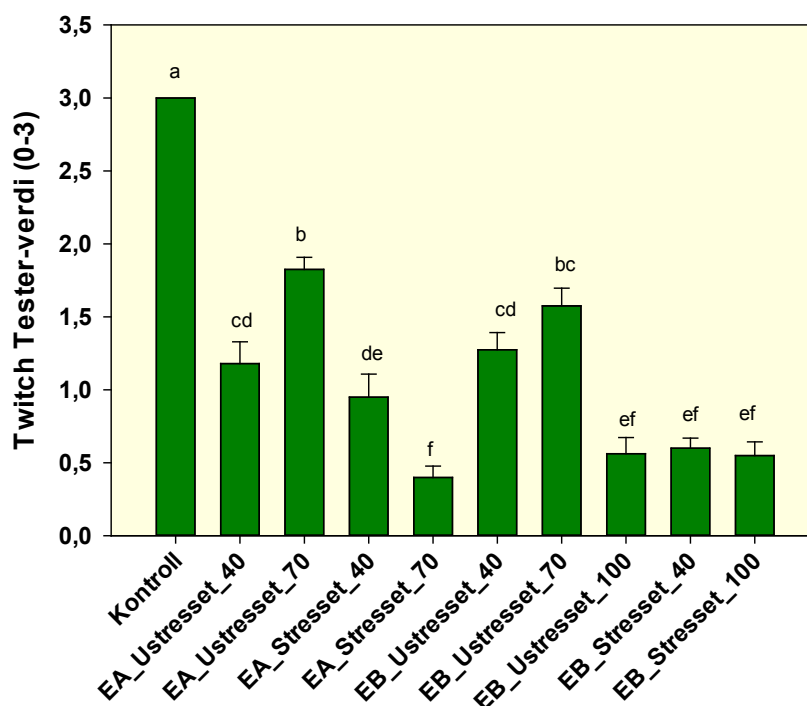
(ustresset), samt etter jaging i 80-90 min, elektrobedøving og opphold i observasjonskar i 10 min (stresset). Middelerdi  $\pm$  SEM ( $n=20-30$ ). Ulik bokstav over hver søyle betyr at laktatnivået for hver gruppe var forskjellig ( $P < 0,05$ ).

Initiell pH i hvit muskel er vist i Figur 5. Som ventet hadde kontrollfisken et pH-nivå typisk for fisk i hviletilstand (pH 7,6). Når 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 reduserte pH fra 7,2 til pH 7,1 ( $P < 0,05$ ). Dette tyder på elektrisk stimulering hadde større effekt enn langvarig jaging av fisken.



Figur 5. Initiell pH i hvit muskel i sei etter ulike behandlinger. Målingene ble utført etter rask håving og avlaving med slag i hodet (kontroll), etter håving, elektrobedøving og 10 min opphold i observasjonskar (ustresset), samt etter jaging i 80-90 min, elektrobedøving og opphold i observasjonskar i 10 min (stresset). Middelerdi  $\pm$  SEM ( $n=20-30$ ). Ulik bokstav over hver søyle betyr at pH for hver gruppe er forskjellige ( $P < 0,05$ ).

Muskelens evne til å kontrahere ved svak elektrisk stimulering (målt ved Twitch Tester, ikke relatert til elektrobedøveren) ble redusert i tråd med reduksjonen i initiell pH (Figur 6). Kraftigst utslag ga 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).



Figur 6. Muskelkontraksjon målt med et 'Twitch Tester'-instrument etter ulik behandling av sei. Målingene ble utført etter rask håving og avlaving med slag i hodet (kontroll), etter håving, elektrobedøving og 10 min opphold i observasjonskar (ustresset), samt etter jaging i 80-90 min, elektrobedøving og opphold i observasjonskar i 10 min (stresset). Middelerdi  $\pm$  SEM ( $n=20-30$ ). Ulik bokstav over hver søyle betyr at pH for hver gruppen er forskjellige ( $P < 0,05$ ).





### 3.4 Ryggknekk, bloduttredelser og filetfarge

Etter utblødning og filetering ble filetene vurdert sensorisk av to personer. Resultatene er vist i Tabell 5. Det viste seg 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 synes tilfeldig. Resultatene blir derfor ikke diskutert videre her.

*Tabell 5. 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. Kontroll: fisk som ble raskt håvet og avlivet med slag i hodet. Fisken ble eksponert for strøm i 6 sek (unntatt kontrollfisk).*

Nr	Gruppe	Andel med ryggknekk (ett brudd) (%)	Andel med en blodflekk pr. filet (%)	Andel med normal grunnfarge* (%)	Andel med rosa grunnfarge* (%)
1	Kontroll	0	3	100	0
2	EA_Ustresset_40	40	50	100	0
3	EA_Ustresset_70	45	50	95	5
4	EA_Stresset_40	30	30	85	15
5	EA_Stresset_70	40	35	95	5
	EA_Ustresset/død_40	0	0	-	-
6	EB_Ustresset_40	40	40	90	10
7	EB_Ustresset_70	35	60	95	5
8	EB_Ustresset_100	15	25	95	5
9	EB_Stresset_40	10	10	100	0
	EB_Stresset_kv_40	0	0	100	0
10	EB_Stresset_100	5	5	100	0
	EB_Ustresset_kv_40	11	14	94	6

\*Skala: normal (0), rosa (1), rød (2); n = 20, 26 (B40vStresset\_kv), 30 (kontroll) og 100 (B40vUstresset\_kv)

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 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 observert en blodflekk (typisk 1-2 cm i diameter), mest utpreget på en av filetsidene (279 fisk). Det ble dog aldri funnet flere enn maksimalt en blodflekk per fisk. I noen tilfeller ble det funnet ryggknekk men ikke blodflekk (9 fisk) eller vice versa (19 fisk). Følgelig er det i

hovedsak tydelig at elektrobedøving av sei kan føre til ett ryggbeinsbrudd med tilhørende bloduttredelse (blodflekk) rundt bruddstedet. Noen typiske eksempler er vist i Figur 7.



Figur 7. Typiske eksempler på ryggbeinsbrudd og bloduttredelser i sei etter elektrobedøving. 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 spenninger 40, 70 og 100 V, på begge versjonene av elektrobedøveren (EA og EB), samt både i ustresset og stresset fisk.

Med hensyn til sammenhengen mellom ryggknekk og forekomst av blodflekker som funksjon av spenningsnivå, type elektrobedøver og stressnivå er resultatene mer komplekse (se Tabell 6). Hovedtrendene er beskrevet nedenfor.

Tabell 6. 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 mellom gruppene. Parametre: spenningsnivå (40, 70 og 100 V), stressnivå (ustresset vs stresset) og type elektrobedøver (EA eller EB).

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

### 3.4.1 Kontrollfisk og død fisk

Som ventet ble det ikke observert hverken ryggknekk eller blodflekker i kontrollfisk (Tabell 5). Det samme var tilfelle etter at død fisk hadde passert elektrobedøver EA ved 40 V. Siden fisken i utgangspunktet var ustresset (ved død) var trolig muskelens energilagre (glykogen og ATP) for kontraksjon i stor grad fortsatt intakte på grunn av den relativt korte tiden etter død (70 min). I en slik tilstand tar det om lag ett døgn før glykogen og ATP er fullstendig brutt ned ved lagring på is (se feks. Erikson et al., 2012). Det er derfor kanskje ikke så overraskende at de fleste døde fiskene reagerte som øvrige fisk ved første berøring med elektrodene. Tretten fisk viste 'full reaksjon', seks fisk viste moderat reaksjon, mens kun en fisk viste ingen reaksjon i det hele tatt. Dette tyder også på at fiskens nervesystem var fortsatt funksjonelt. Til tross for denne reaksjonen, ble det som nevnt ikke observert ryggknekk eller blodflekker. I praksis tyder dette på at det er liten, eller ingen risiko for at sei som dør under fangstoperasjonen eller på dekk/mottakstank vil få redusert kvalitet når de på transportbåndet 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 betydelig lenger enn i dette arbeidet, vil dette ytterligere redusere sannsynligheten for en slik kvalitetsreduksjon.

### 3.4.2 Effekt av type oppkobling av elektrobedøver (EA vs EB)

Kun elektrobedøver EB (transportbånd som motelektrode) ble testet ved 100 V. Elektrobedøver EA (alternerende (+) og (-) kopligng) ble testet med 70 V spenning i to tilfeller (n = 20), noe som ga fisk med en andel ryggknekk på 40 og 45 % (Tabell 3). Kun en gruppe fisk (n = 20) ble undersøkt ved 70 V med alternerende (+) og (-) kopligng 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 overfor førte også disse bruddene til at det som oftest ble dannet en blodflekk per fisk. Statistiske beregninger viser at elektrobedøver EB fører til redusert andel fisk med en ryggknekk og en tilhørende blodflekk (se

Tabell 6).

### 3.4.3 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 3). 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, 100 og 40 V (se

Tabell 6).

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. På flere tokt har vi observert at 40 V er tilstrekkelig for å immobilisere både torsk og hyse samtidig som en ikke har nevneverdige problemer med ryggknekk. I og med at fisken var fangstet kommersielt, var fisken som ble utsatt for strømbelastning mest sannsynlig stresset eller utmattet. Resultatene på sei, vist i denne rapporten, 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.

### 3.4.4 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 3), 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 (se Tabell 6).

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.

## 4 Oppsummering og konklusjon

Forsøket viste følgende:

### *Oppvåkning etter elektrobedøvelse:*

- Færre fisk gjenvinner bevisstheten ved bruk av 100 V sammenlignet med både 40 og 70 V.
- Bedøving av stresset (utmattet) fisk fører til at færre fisk gjenvinner bevisstheten sammenlignet med ustresset fisk.
- Færre fisk gjenvinner 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 ryggknekk og bloduttreddelse sammenlignet med elektrobedøver EA (alternerende (+) og (-) kopling).
- Forekomsten av fisk med ryggknekk og en bloduttreddelse 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 (ofte 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 fangsthåndtering.
- Det ble ikke observert signifikante forskjeller mellom ustresset og stresset fisk med hensyn på hyppigheten av ryggknekk (ustresset fisk hadde dog høyere gjennomsnittlig andel fisk med ryggknekk), 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 kopling 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 er 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 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 ustresstet 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. Vi kan derfor ikke med sikkerhet si noe om hvorvidt større sei har samme tilbøyelighet for å få ryggknekk. Det er heller ikke rapportert om problemer mht. ryggknekk og bloduttredelser på sei på de fartøy som i dag benytter el-bedøver i kommersiell drift.

## 5 Videre arbeid

Vi vil presisere at i denne undersøkelsen ble samme styreskap benyttet til begge elektrobedøverene. Dette betyr at samme strømpuls ble benyttet i de to tilfellene. Hittil har det vist seg at denne strømpulsen har fungert tilfredsstillende for torsk og hyse om bord på fartøy (Digre et al. 2013a og b; Westavik og Grimsmo 2011; Erikson et al. 2008). Det er imidlertid en kjent sak at resultatet av elektrobedøvingen henger sammen med formen på den påtrykte pulsen (spenning, strømstyrke, frekvens og varighet). Resultatene fra dette arbeidet tyder på at en må jobbe videre med å endre strømparametrene dersom en ønsker å unngå ryggknekk i 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 benyttes flere frekvensområder i styreskapet beregnet for laksefisk. Det er derfor mulig at dette kan løse problemet. I så fall blir investeringskostnadene noe høyere dersom en skal erstatte styreskapet som er tiltenkt for bruk på fartøy.

## 6 Referanser

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

Digre H, Grimsmo L, Schei M, 2013b. Elektrobødøving av villfisk. Toktrapport fra M/S Helmer Hansen november 2012. SINTEF rapport (under utarbeidelse).

Erikson U, Digre H, Misimi E. 2011. Effects of perimortem stress on farmed Atlantic cod product quality: A baseline study. *Journal of Food Science*, 76: s251-261. Kestin, van de Vis & Robb (2002) (*Veterinary Record* 150, 302-307).

Westavik, H. og Grimsmo, L. 2011. Report from a survey with the danish seiner "Gunnar K", 22. March 2011. Part 2 in the projects "Automated catch handling of whitefish on danish seiners". Financed by The Norwegian research council and the industry. SINTEF report nr. A21038, ISBN 978-82-14-05211-4. 55 p. + appendixes.

Erikson U, Misimi E, Schei M, Digre H, Dahle S. W. og Grimsmo L. 2008. Superfersk fisk med riktig kvalitet: Rapport fra M/S Skaidi 21. – 31. november 2008. SINTEF rapportnr. SFH A095060, ISBN 978-82-14-04921-3. 24s.

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.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)