

Rapport 39/2014 • Utgitt september 2014

Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – Fase 1

Stein H. Olsen, Hanne Digre, Leif Grimsmo, Bendik Toldnes, Aleksander Eilertsen, Tor H. Evensen, Kjell Ø. Midling





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
NO-5141 Fyllingsdalen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
Faks: 64 97 03 33
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

ISBN: 978-82-8296-227-8 (trykt) ISBN: 978-82-8296-228-5 (pdf) ISSN 1890-579X	
Tittel: Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – Fase 1	Rapport nr.: 39/2014
	Tilgjengelighet: Åpen
Forfatter(e)/Prosjektleder: Stein H. Olsen ¹ , Hanne Digre ² , Leif Grimsmo ² , Bendik Toldnes ² , Aleksander Eilertsen ² , Tor H. Evensen ¹ , Kjell Ø. Midling ¹ (¹ Nofima, ² Sintef Fiskeri og havbruk)	Dato: 05. september 2014
Avdeling: Nofima Sjømatindustri og SINTEF Fiskeri og havbruk, Prosessteknologi	Ant. sider og vedlegg: 46+9
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF)	Oppdragsgivers ref.: FHF#900930
Stikkord: Trål, fangstbehandling, framtidens prosesslinje, levendelagring, kvalitet	Prosjekt nr.: 10683
Sammendrag: <p>Trålfanget fisk har generelt hatt et rykte på seg for å være av dårligere kvalitet enn krokfanget fisk og det er skjedd svært lite teknologiutvikling de siste 30 årene i prosessering (fangstbehandling) av hvitfisk. Dette bidrar til at hvitfiskindustrien ligger etter lakseindustrien når det gjelder innovasjon og teknologiutvikling innen førstehåndtering/slakting og filetering. Næringen har gjennomført en betydelig strukturering for å få bedre lønnsomhet. Tråldriften er i dag preget av svært strenge effektivitetskrav med mange fysisk krevende arbeidsoppgaver. Teknologiutviklingen i flåteleddet har i stor grad vært fokusert rundt fartøysdesign for redusert drivstofforbruk, redskapsutvikling og effektiv produksjon (med velkjent teknologi) og lite rundt skånsom behandling av fangsten. Den strategiske satsingen videre har derfor som mål å bidra til å forbedre fiskens kvalitet og legge grunnlag for økt verdiskaping fra villfanget fisk.</p> <p>Dette prosjektet er fase 1 av en foreslått større prosjektpakke på 3 faser over 3 år. Prosjektets fase 1 tar sikte på å gjennomføre en mulighetsstudie, gjennomføre utvalgte forsøk for å legge til rette for implementering av riktig teknologi for effektiv og kvalitetsfokusert produksjon av hvitfisk ombord i trålflåten, samt visualisere fremtidens prosesslinje ombord på tråler.</p> <p>Det overordnede målet for prosjektpakken er å bidra til å videreutvikle trålflåtens konkurransedyktighet gjennom å bevege kvaliteten i flåtens produkter mot optimal kvalitet (så god som "praktisk" mulig).</p> <p>Det fokuseres på prosessene fra fisken er i trålposen og fram til råstoffet er ferdig prosessert, pakket og lagret. For å sikre effektiv og kvalitetsmessig stabil fangstbehandling og bærekraftig produksjon ombord, så har prosjektet identifisert mulig teknologi/utstyr som kan benyttes og hvilke som må utvikles for fremtidens prosesslinje på trålere. I tillegg er det gjennomført forsøk ombord på "J. Bergvoll" i mai 2014 som viser at pumping er vesentlig mer skånsomt enn slippsetting og at overlevelse på 80–100 % kan være realistisk, avhengig av art, håndtering, lengde og størrelse på trålhal. Kunnskapen fra toktene danner således grunnlaget for hvordan fremtidens nye trålere kommer til å se ut.</p> <p>Det er også gjennomført forsøk med mekanisk bedøving og bløgging (Baader SI-7). Ved slakteforsøk gjennomført i februar 2014, hadde 93,4 % av forsøksfisken ingen bevegelser etter bedøving og 97,3 % blødde. Baaders maskin gir en like hvit filet som korrekt manuell bløgging. Det er også gjennomført forsøk med elektrobedøving (STANSAAS #1) og bløggemaskin (prototyp 2). Prototyp 2 oppnår i felttest 62 % korrekt bløgging, men er fortsatt under utvikling. Elektrobedøving fungerer godt for hyse og torsk, men noen utfordringer er observert for sei mht. ryggknekk og bloduttredelser. Prosjektet representerer vilje og mulighet i forhold til automatisering og kvalitetsheving for norsk fiskerinæring. Prosjektet vil blant annet bidra til etablering av levendelagrings- og automatiseringssystemer i prosesslinja ombord på trålerflåten. Dette er nødvendig forskning og utvikling for å få til en økonomisk, sikker, kvalitetsmessig stabil og effektiv fangsthåndtering og prosessering.</p>	

Summary:

Generally, fish caught by trawl is reputed to have a poorer quality than fish caught by long-line. In the last 30 years the technological progress in processing of whitefish on board trawlers has been very low. This contributes to the whitefish industry being way behind the salmon industry in innovation and technological development, both with regard to handling/slaughtering and filleting. The industry has carried out a considerable structuring to improve profitability. Today, trawling shows signs of very strict demands of effectiveness with lots of demanding physical tasks. With regard to target areas in the technological development of the trawling fleet, the focus has been on reducing fuel by means of vessel design, developing different tools as well as making the output more efficient (by the use of already known technology). However, not much effort is invested into the handling of the catch. Therefore, the strategic initiative is to put emphasis on a common goal of improving the quality of fish, in order to establish and increase the value of trawl captured fish.

This project is in the first phase of a larger project plan, which consists of three different phases. In phase one; the objective is to carry out a feasibility study and complete selected experiments to enable the correct implementation of the right technology for the most effective on board production of whitefish.

The overall goal for this project is to contribute to, and develop, the competitive power of the trawling fleet by moving the quality of the product of the fleet towards optimal quality (as good as “practicable”).

The focus is on the processing, from the fish is in the codend and until the processed and finished raw material is packed and put in storage. To ensure an effective and stable quality in the handling, as well as a viable production on board, this project has identified possible technology/equipment that can be used – as well as which ones need to be developed for the future processing on board trawlers.

Experiments on J. Bergvoll in May 2014 show that pumping is considerably gentler than pulling up the slipway and survival rates of 80–100% can be achieved. The knowledge gained during the excursions form the basis for the future design of trawlers. There are also conducted experiments with mechanical stunning and bleeding (Baader SI-7). At harvest trials conducted in February 2014, 93.4% of the test fish showed no movement after stunning and 97.3% were bleeding (blood loss of 1.6 ± 0.2 % of body weight). Thus, the machine gave equally white fillets compared to correct manual bleeding. There are also conducted experiments with electrical stunning (STANSAAS # 1) and bleeding machine (prototype 2). Prototype 2 obtained in the field test 62% correct bleeding, but are still under development. Electrical Stunning works well for haddock and cod, but some challenges are observed for saithe regarding broken vertebrae and bruises.

This project represents a will to switch to automation and improve the fish quality within the Norwegian fishing industry. Thus, this project will contribute to the establishment of live storage- and automatization systems in the processing line on board the trawling fleet. This is a necessary step to gain an economic, safe, first-class stable quality and efficient fish processing.

Innhold

1	Forord	1
2	Bakgrunn	2
3	Målsetting	3
4	Metodikk	4
5	State of the art	6
5.1	Teknologi for prosessering ombord	6
5.2	Fangstbegrensning i trål	7
5.3	Fangstoperasjon og fiskekvalitet	7
5.4	Ombordtaking	8
5.4.1	Pumping	9
5.4.2	Andre konsepter	14
5.4.3	Oppsummering ombordtaking	15
5.4.4	Praktiske løsninger for pumping av fisk fra trålsekk	16
5.5	Bufferlagring ombord	16
5.5.1	Utforming av levendefisktank	18
5.6	Sortering av død/levende fisk før prosessering	18
5.7	Mating til avliving/jevn produksjonsflyt	19
5.8	Slakting av villfisk	20
5.8.1	Elektrobedøving	20
5.8.2	Mekanisk avlivning og bløgging	23
5.8.3	Bløggemetoder og utblødning	24
5.9	Trålfanget torsk og dødstivhet (<i>Rigor mortis</i>)	25
5.10	Sortering, maskinsyn, kvalitet	26
5.11	Filetering ombord	27
5.12	Restråstoff	28
6	Fremtidens tråler	31
6.1	Workshop	31
6.2	Scenarier for fremtidens prosesslinje	31
7	Gjennomførte forsøk med levendefiskteknologi og slakting av villfisk	34
7.1	Forsøk med vakuumpumping og oppbevaring av levende fisk	34
7.2	Teste ny teknologi for bedøving og avliving	37
7.2.1	Forsøk med elektrobedøving og automatisert bløgging – STANSAAS #1	37
8	Implementeringscase for fremtidens automatiserte prosesslinje ombord	38
9	Videre utviklingsløp for realisering av fremtidens automatiserte prosesslinje ombord	40
10	Konklusjon	41
11	Referanser	42
	Vedlegg	i
	Vedlegg 1 Oversikt over mulig teknologi for bruk i ulike deler av prosesslinja	i

Vedlegg 2	Flytskjema over mulige scenario for framtidig prosesslinje på trål	v
Vedlegg 3	3D-tegning over mulig scenario for ombordtaking, levendelagring og slakting	vii
Vedlegg 4	3D-tegning over mulig scenario for sortering (art, vekt og kvalitet).....	viii
Vedlegg 5	3D-tegning over mulig senario for produktflyt (fillet)	ix

1 Forord

Prosjektet startet opp i 2013 som første fase i en større FOU-satsning for den norske trålflåten, hvor forbedring og effektivisering av fangstbehandling og prosessering av trålfanget fisk er hovedmålet. Prosjektet antas å ha stor nytteverdi for næringen og det representerer vilje i forhold til automatisering for norsk fiskerinæring og er et nødvendig skritt for å få til en sikker, kvalitetsmessig stabil og effektiv fiskeprosessering.

Denne rapporten beskriver *state of the art* fra fangst til prosessering ombord, gjennomførte forsøk med fokus på levendelagring, bedøving og avliving av fisk, samt skisserer scenarioer og tegninger av fremtidens prosessering av trålfanget fisk.

Prosjektet er finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond, og har vært et samarbeidsprosjekt mellom rederiene Nergård Havfisk AS, Havfisk AS, Vartdal Seafood AS og Roaldsnes, med Nofima og SINTEF Fiskeri og havbruk som utførende forskningsmiljøer. Prosjektet har hatt en referansegruppe bestående av utstyrsleverandørene; Aas Mekaniske Verksted AS, Rolls Royce, Peter Stette AS, og Vard design.

2 Bakgrunn

Strukturen i trålerflåten har endret seg mye de siste årene. Utviklingen avdekker en pågående strukturering hvor hver enkelt tråler tar en større andel av den totale norske kvoten av hvitfisk. Samtidig har det vært lite teknologiutvikling de siste 30 årene innen prosessering (fangstbehandling) av hvitfisk, og hvitfiskindustrien ligger etter lakseindustrien når det gjelder innovasjon og teknologiutvikling innen førstehåndtering/slakting og filetering.

Teknologiutviklingen i flåteleddet har i stor grad vært fokusert rundt fartøydesign for redusert drivstofforbruk, redskapsutvikling og effektiv produksjon med velkjent teknologi. I tillegg er det stor variasjon blant fartøyene i fangstrate, kapasitetsutnyttelse, drivstofforbruk og fangstverdi. En spredning i fangstkostnad med mer enn 2 kroner per kilo rundvekt for sammenlignbare fartøyer indikerer at potensialet til forbedring i denne flåtegruppen er stort (Larsen & Dreyer, 2012). Trålfanget fisk har hatt et rykte på seg for å være av dårligere kvalitet enn krokfanget fisk og i det norske råstoffmarkedet oppnår autolineflåten bedre priser for ombordfryst HG torsk og hyse sammenlignet både frossen og fersk trålfanget fisk (Henriksen & Sogn-Grundvåg, 2011; Larsen & Dreyer, 2012; Rotabakk *et al.*, 2011).

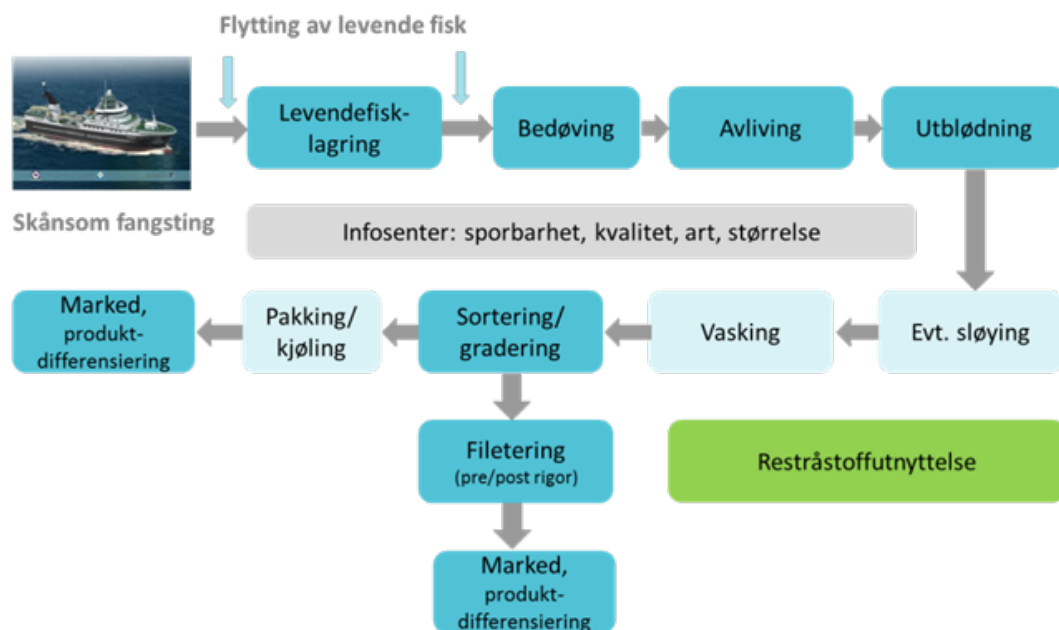
All behandling av levende fisk (fangst, ombordtaking, trenging, kjøling osv.) kan resultere i utmattelse manifestert ved lav muskel-pH, tømming av svømmeblæren og fiskens energilagre (ATP, glykogen og redusert bufferkapasitet *post mortem*) og tidlig inntreden i *rigor mortis* (dødsstivhet; heretter omtalt som rigor).

Trålflåten har som mål å levere produkter av torsk, hyse og sei av så høy kvalitet som praktisk mulig. Den strategiske satsingen i prosjektet har derfor som mål å bidra til å forbedre fiskens kvalitet og legge grunnlag for økt verdiskaping fra villfanget fisk. Dette kan skje gjennom korttids levendelagring (Olsen *et al.*, 2013), økt effektivitet og økt grad av automatisering i prosesseringen (Barstad & Juelsen, 2011; Grimsmo & Digre, 2012). Særlig viktig er fangst- og slakteleddet ettersom tapt kvalitet her ikke kan kompenseres i påfølgende ledd. For å sikre effektiv og kvalitetsmessig stabil fangstbehandling må fremtidens produksjonslinjer ombord ha fleksibilitet i forhold til varierende råstoff (som art, størrelse og kvalitet), størrelse på hal og ønsket produkt. Gjennom erfaring og kunnskapsutveksling mellom rederier, skipskonstruktører, leverandørindustrien og FoU ønsker vi å imøtekomme krav til bedre kvalitet, bedre effektivitet og økt grad av automatisering. Nofima og SINTEF vil gjennom prosjektets fase 1 bidra til kunnskaps- og kompetanseheving, samt til nettverksbygging for videre utvikling gjennom et tett samarbeid med flåte- og leverandørindustri.

3 Målsetting

Det overordnede målet for prosjektet er å bidra til å videreutvikle trålflåtenes konkurransedyktighet gjennom å bevege kvaliteten i flåtens produkter mot optimal kvalitet (så god som “praktisk” mulig). Dette kan skje ved å automatisere prosesser for sikker, effektiv og kvalitetsmessig stabil fangstbehandling og legge til rette for bærekraftig produksjon ombord. Prosjektet tar sikte på å gjennomføre en mulighetsstudie, samt gjennomføre utvalgte forsøk for å legge til rette for implementering av riktig teknologi for effektiv produksjon av hvitfisk ombord (se Figur 1).

Prosjektets fase 1 er en del av en foreslått større projektpakke på 3 faser fordelt over 3 år. Hovedmålet for fase 1 er å danne kunnskapsgrunnlag for fremtidens prosesslinje for trålfanget fisk. Prosjektets fase 2 vil bestå av forsknings- og utviklingsoppgaver knyttet til teknologiutvikling av fremtidens prosesslinje på trålere, mens fase 3 vil være en implementering og industrialisering av den nyutviklede teknologien fra fase 2.



Figur 1 Verdikjeden fra fisken fangstes til produksjon av ferdige produkter. Ulike prosesstrinn ombord er illustrert (SINTEF Fiskeri og havbruk).

Delmål for fase 1:

- Lage en oversikt over *state of the art* innenfor teknologi for prosessering ombord på fiskefartøy
- Utarbeide konkrete scenarioer for fremtidens automatiserte prosesslinje ombord i nær dialog med rederiene
- Identifisere implementeringscase for fremtidens automatiserte prosesslinje ombord
- Gjennomføre utvalgte forsøk med overføring og oppbevaring av levende fisk før avliving
- Beskrive utviklingsløp for realisering av fremtidens automatiserte prosesslinje ombord

4 Metodikk

Litteraturgjennomgang og oppsummering av faglitteratur er gjennomført. Sluttrapporten tar utgangspunkt i tilgjengelig litteratur på området. Mesteparten av litteraturen som er gjennomgått, stammer fra norsk FoU, men internasjonal litteratur er også benyttet.

Bedriftsbesøk og status på teknologi: Fakta og erfaringer er innhentet via besøk hos tre av rederiene i styringsgruppen (Nergård Havfiske, Roaldnes AS og Vartdal Seafood/AS), i tillegg til telefonmøter og arbeidsseminar med ansatte fra ulike utstyrleverandører, skipsdesignere og rederi. Gjennom dialog med næringen har det kommet frem mange gode synspunkter på fremtidig utvikling og utfordringer. I denne rapporten har vi samlet noen av opplysningene framkommet i diskusjon med bedriftene. Forprosjektet har hatt fokus på følgende arbeidsområder, der det er mulig å gjøre endringer:

- Fangstprosessen (hal-størrelse, tauetid og fangstskader)
- Mottaksarrangement (slipsetting, pumping og levendelagring)
- Slakteprosessen (bedøving, bløgging og sløyving)
- Prosessering og pakking (sortering, mellomlager, frysing, pakking og lagring)

Det er også gjennomført feltstudier for å se nærmere på enkelte problemområder:

- Vakuumpumping fra codend, korttidsrestitusjon/levendelagring (inn til 6 timer)
- Bedøving/bløgging (uttesting av slag og bløgging med Baader SI-7 combo)
- Bedøving/bløgging (uttesting av elektrobedøving STANSAAS # 1 og bløggerobot februar 2014).

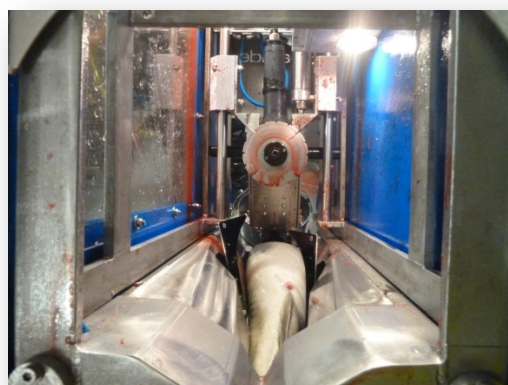
Det er utarbeidet 3D tegninger for illustrasjon av fremtidens prosesslinje ombord (se vedleggene 3–5). Bedriften SteelTech ble leid inn i denne forbindelse. SteelTech har lang erfaring og flere leveranser av prosesslinjer til fiskeflåten.

Gjennomføring av forsøk i pilotskala

Pumping fra codend (NOFIMA): I mai 2014 ble det gjennomført et pumpeforsøk ombord på trål i samarbeid med Nergård Havfiske AS. I dette forsøket ble det benyttet en RFG-Hunter 610 enkeltrål (RFG, Tromsø), påmontert fangstbegrensing og fiskelås. Torsken som ble tatt hadde en snittlengde på 76 ± 8 cm, snittvekt på $3,5 \pm 1,0$ kg. Det ble hentet ut tilfeldig utvalg av torsk fra codend etter slipsetting og etter pumping fra codend (Tendos Vacuum pumpe og tank 2500 L. 14" inn og utløp, levert av MMC TENDOS AS). Pumpen var plassert oppe på tråldekk, 4 meter over vannlinjen. Torsk ble tilfeldig plukket ut og plassert i 800 liters tanker med en tetthet på cirka 300 kg/m^3 . Etter 6 timer ble dødeligheten registrert og fisken slaktet.

Mekanisk bedøving og bløgging (NOFIMA): Den automatiske slag- og bløggemaskinen (Baader SI-7 COMBO) modifisert og tilpasset hvitfisk (torsk). Blant annet har torskens hodeform medført endringer i hvordan fisken føres inn i maskinen og hvor bløggesnittet legges. I februar 2014, ble maskinen testet ut på levendelagret torsk (2–12 kg) på Bjarkøy av Nofima, i samarbeid med Baader. I første forsøk ble maskinens effektivitet målt med tanke på hastighet, bedøving og blodtap. Maskinene ble plassert på et bord, noe som ga noe dårlige arbeidsforhold. Levende fisk ble håvet inn på bordet og sendt manuelt igjennom maskinen. Bedøvingen ble bestemt ved å se på fiskens adferd (øyerulling og bevegelse). Etter bløgging ble fiskens hode plassert i en pose og etter 15 minutter ble posen veid for å beregne blodtapet.

Elektrobedøving og automatisk bløgging (SINTEF): Det ble gjennomført to tester på torsk i februar 2014 hvor man benyttet elektrobedøver (STANSAAS #1) og Prototyp 2 av automatisk bløggemaskin (se 2). Forsøkene ble gjort ved kaikanten ved Myre Fryseterminal på Myre (13–14 februar 2014) og ombord på snurrevadfartøyet Meløyfjord (15–17 februar 2014). Ved forsøket på Myre ble det benyttet levende torsk som ble holdt i kar med tilførsel av sjøvann. Forsøksfisken ble håvet fra kar og sendt gjennom elektrobedøveren og deretter videre inn i bløggemaskinen. På grunn av en del tekniske problemer med spenningsnivå til elektrobedøver og tilførsel av trykkluft til bløggemaskinen, ble omfanget av planlagt forsøksaktivitet redusert. Imidlertid fikk vi testet systemet med 100 torsk ($4,9 \pm 0,1$ kg). Etter bløgging ble fisken sløyd og hodekappet. Bløggekuttet (treffpunkt) ble evaluert på 84 fisk. Etter utblødning i rennende sjøvann ble blod i nakkeregion og grunnfargen i filet vurdert på en skala fra 0–2, der 0 = normal farge, 1 = rosa farge, og 2 = rød farge. Det samme utstyret ble testet ut om bord på M/S Meløyfjord. Fisken ble fangstet med snurrevad. Torsken ble elektrisk bedøvd ved 45 og 55 V. Mindre enn halvparten av torsken spilte ut gjellene ved bedøvning, og all fisk var tilsynelatende godt bedøvd (eller immobilisert). Femti bedøvede fisk ble maskinelt bløgget (Prototyp 2) og femti fisk ble manuelt bløgget (gjellekutt) av mannskapet om bord. Fisken ble sløyd og hodekappet manuelt, og deretter kontrollert med hensyn på utblødning som nevnt under forsøket ved Myre Fryseterminal AS.



Figur 2 Elektrobedøver (STANSAAS #1) bilde til venstre, og prototyp II av bløggemaskin ombord på Meløyfjord bilde til høyre (SINTEF Fiskeri og havbruk)

5 State of the art

5.1 Teknologi for prosessering ombord

Trål er, sammen med snurpenot, et dominerende redskap i verdens fiskerier. I Norge er det per tiden om lag 40 torske- eller hvitfisktrålere, de aller fleste frysetrålere (H/G). Selskapet Nergård AS har fem, Havfisk AS har elleve, og Roaldnes AS to av disse trålerne. Disse tre rederiene har planer om å kontrahere nye fartøy, men fram til nå har teknologiutviklingen i flåteleddet vært fokusert rundt fartøydesign for redusert drivstofforbruk, redskapsutvikling og effektiv produksjon med velkjent teknologi. I tillegg har det de siste årene vært et visst fokus på utnyttelse av biprodukter ombord (blant annet installasjon av melfabrikker).

Alle torsketrålere i Norge behandler fangsten på omtrent samme måte: codend (sekken) hales over trålslippen ombord til tråldekket, fangsten slippes så ned i mottaksbingene hvor enkelte fartøy også tilsetter kaldt vann (RSW), fisken blir så liggende der til den bløgges eller direktesløydes. Etter sløyning går fisken over i skyllekar (bufferkar) og sendes deretter over til manuell sortering og grading. Dette er en arbeidskrevende prosess og en flaskehals i produksjonen. I trålerne som produserer filet går små og mellomstor fisk fram til filetlinjen, hvor filetering, kutting og pakking foregår. Blokkene med filet legges normalt manuelt inn i horisontale platefrysere. Etter innfrysing 2,5–3 timer blir fryserne rykket manuelt og sendt ned i rommet via heis. Blokkene sorteres i rommet i henhold til filestørrelse og art. Ved produksjon av sløyd og hodekappet fisk (HG) blir fisken sortert ut på grader og deretter sendt til buffertanker. Når disse er fulle sendes fisken videre til vertikale platefrysere (1 buffertank fyller 1 fryser). Etter innfrysing 3,5–4 timer rykkes fryserne manuelt eller automatisk. Blokkene sendes deretter enten til manuell, eller automatisk emballering og merking før den sendes ned i lasterommet via heis. I lasterommet skjer det meste manuelt (stabling på dørk). Ellers skjer sortering av ulike produkter og palletering på land, ved levering av fangsten.

Logistikken ombord på de fleste trålerne, fører til at det meste av fisken (gjern mer enn 85 %) har vært død i så lang tid før bløgging (>30 minutter) at man ikke greier å få til en optimal blodtapping. Kvaliteten på sluttproduktene blir tilsvarende redusert og man oppnår normalt førstehandspriser som er 2 til 3 kroner lavere på trål enn for H/G-blokk fra autolinefartøy. Norges forskningsråd finansierte derfor en ny SFI (senter for forskningsbasert innovasjon) CRISP i 2011, som har en arbeidspakke (WP 5) dedikert til kvalitetsheving av fangsten ombord på trålere. I denne arbeidspakken er det et samarbeid mellom Nergård Havfisk AS og Nofima med hovedfokus på kvalitetsheving og økt verdiskapning (CRISP annual report 2011, 2012 og 2013).

Korttids levendelagring og økt automatiseringsgrad ombord kan høyne kvaliteten på fisken og fjerne tunge arbeidsbelastninger for fiskerne, i tillegg skape fleksibilitet med hensyn til å muliggjøre et bredere og mer kundetilpasset produktspekter.

Bedre arbeidsforhold/arbeidsmiljø sikres ved høy grad av automatisering som fjerner typiske løftoppgaver i alle stadier av produksjonen. I 2011 gjennomførte selskapet Strand Sea Service AS en studie kalt "Sikker, automatisert, effektiv og hygienisk råstofflogistikk på nye frysetrålere". Prosjektets målsetting var å sette nye standarder for automasjon, HMS, produktflyt, emballering og palletering på moderne frysetrålere (Barstad & Juelsen, 2011). Nye fartøy leveres i dag med robottrykking av fryserne og automatisk sortering og palletering i rommet. I tillegg har SINTEF

utarbeidet en rapport på oppdrag fra Fiskeri- og kystdepartementet om teknologibehov for lønnsom bearbeiding av fryst hvitfisk i norsk fiskeindustri (Grimsmo & Digre, 2012).

Følgende innspill kom frem i forhold til prosessering av råstoffet ombord:

- Inntil 60 % levert kvantum blir bløgget for seint i forhold til optimal utblødning.
- Automatisert førstehåndtering av fisk umiddelbart etter ombordtaking må ha høy prioritet.
- Gjennomgående mer skånsom behandling av fisken og bedret kvalitet kan gi bedre pris på produktene og større sikkerhet ved salg.
- Økt sortering av fisk ombord vil kunne gi bedre kvalitet på grunn av mindre håndtering (storfisk til salting, mellomstørrelse til filet og den minste fisken til frys).
- Deler av sesongen er fisken mer robust for håndtering mens andre deler av sesongen er den mer skjør (høsten ganske robust, mens på våren mer skjør). Dette bør det tas hensyn til i fangst og råstoffhåndtering.

5.2 Fangstbegrensning i trål

Selv om enkelte aktører har rimelig god kontroll på fangstmengde i trål anser prosjektets rederier fangstbegrensning og videreutvikling av fangstbegrensningsteknologi som en viktig satsing også i tiden fremover. For trål har hal-tid og mengde fisk i hvert hal stor betydning for kvaliteten på fisken. I perioder med stor fisketetthet kan dette medføre ukontrollert fylling av trålen, da mye fisk kan stå framme i trålen, uten at sensorene på sekken registrerer dette. Store hal gir mye press på fisken under slipsetting, og trålsekken kan sprenge på vei opp. I tillegg blir fisken liggende i lang tid i mottaksbingene før sløying, og en del av fisken er dødsstiv lenge før den prosesseres og fryses.

I FHF-prosjekt #900447 "*Utvikling av et seleksjonssystem til flytetrålfiske etter hvitfisk*" (Grimaldo *et al.*, 2011) ble kontroll av fangstmengde ansett som svært viktig når det fiskes ved store tettheter av fisk, både for flytetrål og bunnetrål. En måte å oppnå fangstbegrensning er bruk av innretninger som akustisk utløsning av trålekk eventuelt andre utløsermekanismer ved gitt fyllingsgrad av codend (Soldal & Engås, 1997; Isaksen, 2012; Valdemarsen 2012). Forsøk med størrelsesseleksjon ved bruk av T90 sekker og sekker med Exit Windows (i stedet for ristseksjonen) viste svært gode resultater selv ved svært høy fisketetthet (Digre *et al.*, 2010). SFI'en CRISP (Centre for Research-based Innovation in Sustainable Fish Capture and Processing Technology) har også en rekke aktiviteter på fangstkontroll i trål (aktiv og passiv fangstbegrensning). Fangstbegrensning i trål anses imidlertid å ligge *utenfor* OPTIPROs kjerneområde.

5.3 Fangstoperasjon og fiskekvalitet.

Det er gjort flere studier på hvilken betydning fangstoperasjonen kan ha for levedyktighet, fangstskader og kvalitet på fisk (Akse *et al.*, 2004a; 2004b; Akse *et al.*, 2005; Akse *et al.*, 2008; Akse *et al.*, 2010; Akse *et al.*, 2011, Akse *et al.*, 2012, Akse *et al.*, 2013; Digre *et al.*, 2013; Joensen *et al.*, 2004; Joensen *et al.*, 2005; Isaksen *et al.*, 2004; Isaksen & Midling, 2012; Olsen *et al.*, 2013; Rotabakk *et al.*, 2011; Soldal & Engås, 1997). For trål har hal-tid og mengde fisk i hvert hal stor betydning for kvaliteten på fisken. Store hal gir mye press på fisken under slipsetting, i tillegg blir fisken liggende i mottaksbingene i lang tid før sløying og i enkelte tilfeller kan fisken være i rigor, før den prosesseres og fryses.

Når det gjelder begrenning av fangstskader på trål, så gjennomførte Digre *et al.* (2010) en studie hvor bruk av T-90 masker i codend ble sammenliknet med diamantmasker. Dette med hensyn til effekt på størrelsesleksjon og kvalitet på torsk og hyse. Resultatene viste at T-90 masker ga noe mindre fangstskader på hyse og en tendens til mindre filetgaping for torsk, men ellers ingen kvalitetsforskjeller. T-90 sekken ga også mindre små fisk (bedre utsortering) enn tradisjonelle masker.

Målsettingen under tokt med snurrevadfartøyet "*Harhaug*" mars 2012, FHF-prosjekt #6020284 (Digre *et al.* 2013) var å undersøke hvordan de forskjellige delene i nota beveger seg under fangstprosessen i snurrevadfiske, og hvordan dette påvirker overlevelse, stressnivå og fangstskader på fisken. Resultatene viste at sensorer som ble brukt var godt egnet til å undersøke hvordan nota flyttet seg i vannmassen. Resultatene viste også forskjeller i stressparametre, overlevelse og fangstskader to ulike vinsjehastigheter;

- Hyse: Hurtig vinsjehastighet gir lavere dødelighet og mindre utmattelse (høyere pH og lavere blodlaktat nivå).
- Torsk: Ingen forskjeller i overlevelse og blodlaktat mellom gruppene mens muskel-pH var høyere i torsk når hurtig vinsjehastighet ble benyttet.
- Fangst- og finneskader: Hurtig vinsjehastighet ga noe mer bloduttredelser på fisken og finnene, mer finnesplitt og skjellavskraping enn normal vinsjehastighet for hyse, ellers ingen forskjeller.

I håndboka: "Fangstbasert akvakultur på torsk – en håndbok" av Bjørnar Isaksen og Kjell Ø. Midling (2013) gis blant annet følgende råd om fangstoperasjonen i snurrevadfiske:

- Fangstdyp bør ikke være grunnere enn 50 meter: < 50m gassen i svømmeblæren ekspanderer uten at blæren sprekker => flytere.
- Unngå dyp større enn 250 meter: Fisk fanget på stort dyp kan få trykkrelaterte skader som for eksempel gassuttredelser i øyne og hjerne, samt svømmeblæregass i bukhule.
- Vinsjehastigheten i siste del av innhalingen bør halveres (ved to kveiler à 220m igjen) mens fartøyet siger litt forover. Dette for å kontrollere (bremse) oppstigningshastigheten og bidra til at svømmeblæregass får komme ut av bukhulen før fisken ankommer overflaten.
- Store fangster gir ukontrollert hurtig oppstigning (og kapasitetsproblemer med påfølgende kvalitetsproblemer ombord).
- I områder hvor det er stort innslag av uønsket hyse og sei (som en vil selektere vekk), kan det være en fordel å bruke kvadrat- maskesekker med maskevidde fra 145 millimeter og oppover.

5.4 Ombordtaking

Ombordtaking av fangst fra hvitfisktrål skjer i dag ved at sekken blir dratt opp på hekken og tømt ned i mottaksbinger uten vann for videre prosessering ombord. Et mer skånsomt alternativ for ombordtaking av fisk kan være bruk av pumpeteknologi. Ringnotflåten leverer i dag i all hovedsak fisk som brukes til konsumanvendelse. Denne utviklingen; fra leveranse til mel-/oljeproduksjon til konsumanvendelse, har vært avgjørende for å øke verdiskapningen fra fisket av spesielt sild og makrell og til en viss grad kolmule. En sentral utfordring for videre utvikling av den norske pelagiske fiskeflåten er å utvikle enda bedre systemer og løsninger for håndtering og oppbevaring av fangsten. I den sammenheng har MMC Tendos i en årrekke jobbet for å komme frem til en ny løsning for lasting og lossing av pelagisk fisk basert på undertrykkslasting og overtrykkslossing. Konseptet har blitt utviklet og evaluert i flere faser gjennom en rekke forskningstokt (Aursand *et al.*, 2012, Aursand

& Gallart-Jornet, 2008), og landindustrien er svært fornøyd med kvaliteten på fisken som er pumpet med dette systemet.

5.4.1 Pumping

I det følgende listes forskjellige typer pumpeteknologi som i ulik grad er i bruk for transport av levende fisk

Skovelpumper

I oppdrett har skovelpumper også kalt; sentrifugalpumpe, impellerpumpe eller "fiskepumpe" vært brukt i klekkerier i en årrekke. I tillegg brukes den ved sortering av småfisk noen steder (for eksempel i Tasmania). Innenfor pelagiske fiskerier har slike pumper for ombordtaking av fisk fra not eller pelagisk trål blitt brukt i de siste 30–40 årene. Pumpen er i dag nesten enerådende innen pelagiske fiskerier på grunn av stor kapasitet, robust teknologi og enkel operasjon av utstyret. Trykkprofilene til skovelpumpen er noe "uryddig", men fisken opplever kun overtrykk (Midling *et al.*, 2008).



Figur 3 Figuren viser trykkprofilene til skovelpumpen som er noe "uryddig". I tillegg blir en viss andel av fisken skadet i prosessen av impellerbladene (Midling *et al.*, 2008).

Skovelpumpene gir en viss forekomst av skader ved at fisken kuttes av impellerbladene i pumpen og blir uegnet til konsum (Figur 4). På grunn av kuttskader er skovelpumper uaktuell til å ta ombord større fisk som torsk, hyse og sei.



Figur 4 Typisk skade på sild (etter død) forårsaket av impellerblader på en skovelpumpe (foto SINTEF Fiskeri og havbruk)

Vakuumpumper

Vakuumpumper er i dag mye brukt for ombordtaking av fisk fra snurrevadsekk, notfanget sei og til en viss grad pelagisk fisk. Det er også vanlig å bruke vakuumpumper i brønnbåter for transport av laks og ørret. Design (inkludert dimensjonering og plassering av utstyr) av system avgjør hvor skånsom vakuumpumpene er, og nyere systemer gir generelt skånsom behandling og en effektiv ombordtaking av fisk. Plasseringen av vakuumpumpen er viktig og vanligvis kan fisken oppleve at omgivelsestrykket varierer fra en atmosfære for så å synke til om lag 0,7 atmosfære (tilsvarende lufttrykket cirka 3000 meter over havflaten). Undertrykket kan minimaliseres ved å senke vakuum/trykk kammeret så langt ned mot havflaten som mulig, helst under.

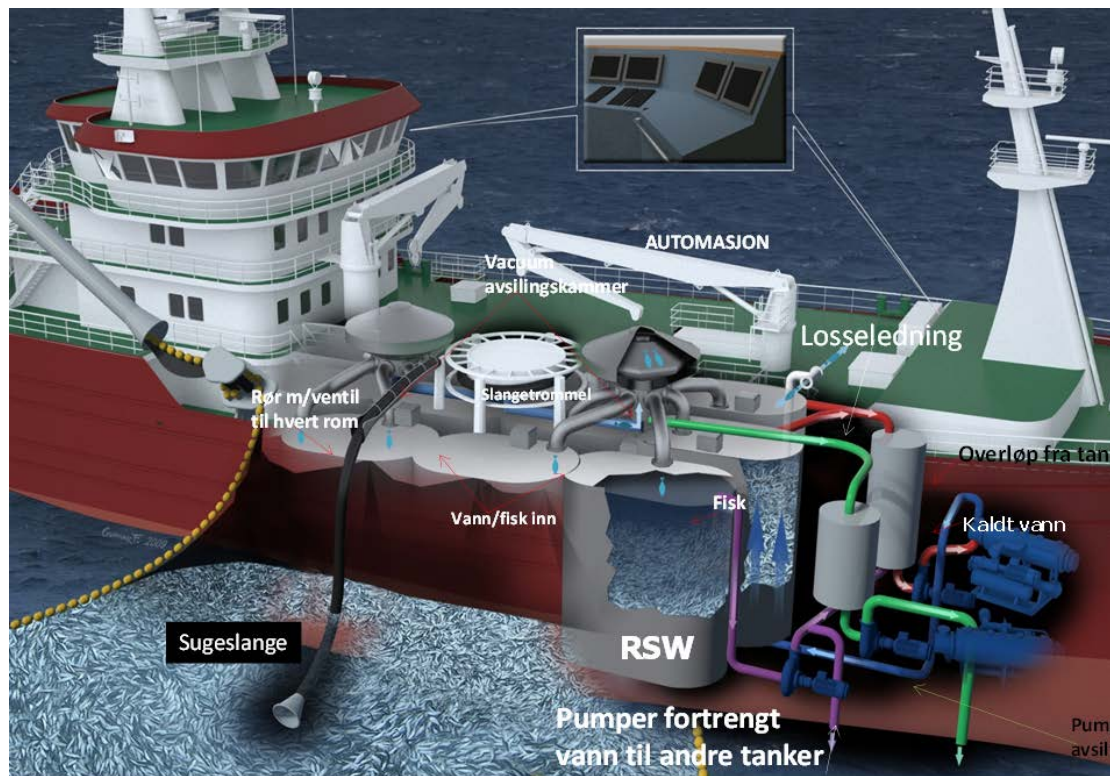


Figur 5 Trykkprofiler ved bruk av vakuumpumper. Til forskjell fra mammutpumper er det et tydelig trykkfall (vakuum) i sugesekvensen (Midling et al., 2008).

Fisken som pumpes vil også under pumpeoperasjonen oppleve faser med lite vann (ved fylling og tømming av vakuum/trykk-kammer).

Undertrykklasting

Teknologien for undertrykklasting (og trykklossing) er hentet fra brønnbåter, og ringnotfartøyet "Christina E" er det første fartøyet som har tatt i bruk dette prinsippet for ombordtaking av villfisk. Utvikling av denne teknologien har i stor grad skjedd gjennom prosjektet; "Fremtidens teknologi for håndtering av pelagisk fangst ombord" (Norges Forskningsråd – marint verdiskapningsprogram) med prosjekteier Ervik & Sævik AS og prosjektdeltakerne MMC Tendos AS og SINTEF Fiskeri og havbruk AS. Denne teknologien har meget stor kapasitet og er svært skånsom, da fisken ikke blir utsatt for trykkforskjeller av betydning eller påført ytre skader av impellere eller pumpeklaffer.

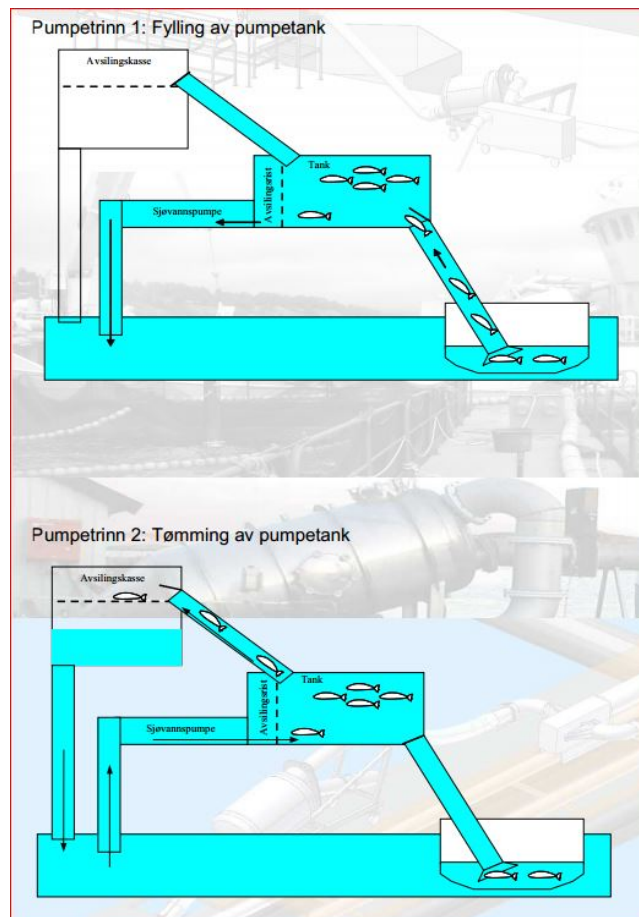


Figur 6 Design for ombordtaking av pelagisk fisk (MMC Tendos og SINTEF Fiskeri og havbruk)

I prosjektet "Evaluerings av laste-/losse- og kjølesystem om bord på pelagisk fartøy" FHF-prosjekt #900553 (Aursand *et al.*, 2012) ble det også utviklet en "sensorfisk" som målte de fallpåkjenninger fisken vil oppleve gjennom systemene om bord (fra not til lagringstank) akselerasjon, støt og rotasjon i 3 akser (X, Y og Z) ble logget. De fysiske påkjenningene på fisken kommer typisk fra pumper, kanter, slag trenging eller store høydeforskjeller i håndteringssystemene.

CWC-pumping

Continuous Water Circulation (CWC) fiskepumpe er vannfylt til enhver tid, og fisken kan transporteres skånsomt ved sirkulasjon av vann.



Figur 7 CWC pumpesystem patentert av Melbu Systems AS

En CWC-pumpe bruker vann og en unngår derfor fallskader når fisken kommer inn i tom tank. I tillegg til å være skånsom ved at fisken hele tiden står i vann vil CWC-pumpen ha større kapasitet enn tilsvarende vakuumanlegg da fisken kan trenge mer i mottakstank før tømming. Dette systemet er primært tiltenkt transport av for eksempel laks fra brønnbåt til slakteri (evt. fra ventemærd til slakteri). CWC er noe dyrere i innkjøp enn tradisjonelle vakuumsystemer og er levert til blant andre lakseslakteriet Vikenco, brønnbåten "*Tauranga*" og er under installasjon (sommer 2014) hos lakseslakteriet Breivoll Marine Produkter AS.

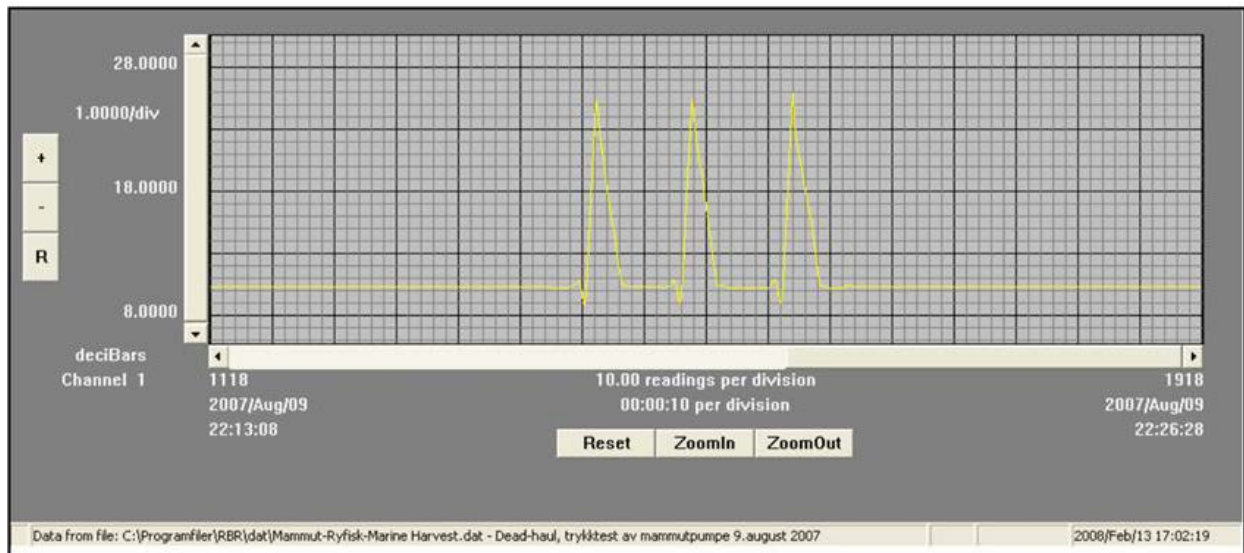
Ejektorpumpe

Det er forsket på bruk av ejektorpumpe-prinsippet ved bruk av sjøvann som energikilde for transport av marine organismer. Prinsippet kan potensielt være meget skånsomt, forutsatt riktig utforming av dyser og blandekammer for å unngå for stor punktbelastning/akselerasjon ved for eksempel pumping av (levende) fisk fra trålpøse. Erikson & Rosten (1997) gjennomførte på oppdrag for Flasetsund Slipp AS en evaluering av håndteringstress på lasting av slaktelaks ved bruk av en ejektorpumpe. Pumpet fisk og kontrollfisk var ustresst (pH og rigorutvikling) mens håvet fisk var noe stresset og det ble ikke observert skader hos noen av gruppene som følge av lasting.

Ved bruk av ejektor kan pumpemotoren også senkes i vann slik at selve pumpeslangen vil kunne være mer fleksibel/mindre rigid enn vakuumslinger som må tåle undertrykk. En fleksibel slange vil være en vesentlig fordel ved for eksempel pumping av fisk fra codend i dårlig vær.

Luftpumpe/mammutpumpe

En luftpumpe (også kalt air-lift eller mammutpumpe) baserer seg på injeksjon av trykkluft i et rør noen meter under havflaten. Vannet i røret over injeksjonsstedet får mindre tetthet og nivået inne i røret stiger over havflaten. Luftboblene ekspanderer mot overflaten og ”drar” vannet med seg, slik at fisken går gjennom pumpen i en kontinuerlig strøm. Fisken vil dermed normalt ikke oppleve trykk under atmosfærisk trykk. Pumpen opererer således innenfor den normale trykkvariasjon hos fisk. Pumpen er ikke ansett å være særlig effektiv og er tidkrevende både i bruk og montering, men har heller ikke vært gjenstand for noen teknologisk utvikling de siste 30–40 år (Midling *et al.*, 2008).

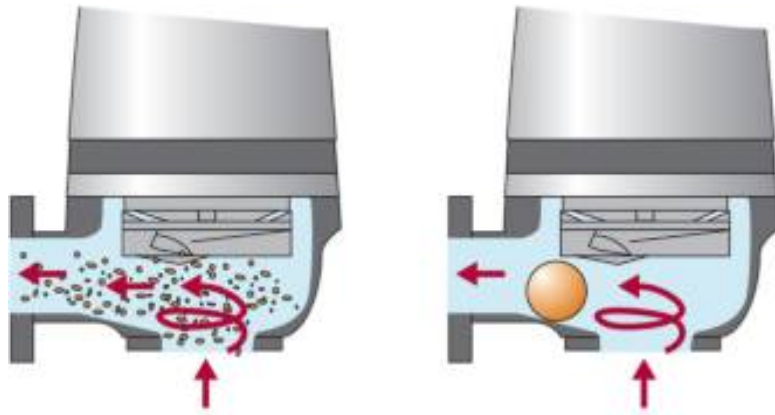


Figur 8 Figuren viser trykkvariasjoner på fisk ved tre gjennomkjøringer av mammut-pumpen. Den gule horisontale streken representerer en atmosfæres trykk (omgivelsestrykk). Ved hver sekvens viser målingene et lite dropp under horisontallinjen. Dette er trykkreduksjonen fisken får når slangen går over flytekragen i en oppdrettsmerd, før den fortsetter ned til 2,7 atmosfæres trykk eller 17 meters dyp. Deretter synker trykket mot en atmosfære til fisken ankommer utløpet (Midling *et al.*, 2008).

Teknologien med air-lift var frem til 1980-årene mye brukt i havbruksnæringen hvor den særlig ble benyttet til pumping i forbindelse med sortering. Krav til økt effektivitet, store brønnbåter og større løftehøyder gjorde at havbruksnæringen gikk over til vakuumpumper og undertrykkssystemer på brønnbåtene. Ref. FHF-prosjekt #900304 *Pumping av torsk og laks: Faktorer som påvirker velferd og kvalitet*

Vortex-pumpe, sentrifugalpumpe med tilbaketrukket løpehjul

Figur 9 viser prinsipp for en vortex-pumpe. Mesteparten av mediet (fisk) vil passere gjennom pumpehuset uten kontakt med løpehjulet. Dette gjør at en kan pumpe medier som inneholder store partikler. Maksimal partikkelstørrelse er 90 % av utløpsdiameteren på pumpen. Slike pumper er i dag brukt til fiskeavskjær, reker og småfisk, for evt. transport av levende fisk så må pumpen modifiseres slik at fisken ikke kommer i kontakt med løpehjulet.



Figur 9 Vortex pumpe

5.4.2 Andre konsepter

Slusekammer

Tidligere har SINTEF Fiskeri og havbruk lansert et såkalt "slusekammer-konsept" for trålfiske hvor en tenker seg at posen trekkes inn i et slusekammer i skipets akterende (Pedersen *et al.*, 2005). Posen trekkes inn gjennom en port og fisken frigjøres i et vannfylt kammer ombord etter at porten lukkes. På denne måten blir ikke fisken eksponert for luft eller utsatt for press ved løfting over vann. Bruk av slik teknikk vil være best egnet for nybygg.

5.4.3 Oppsummering ombordtaking

Tabellen nedenfor gir en oppsummering mht fordeler og ulemper med de ulike systemene for ombordtaking av trålfanget fisk.

Tabell 1 Pumpesystem som kan være aktuelle for pumping av fisk fra trål

Pumpesystem	Fordel(er)	Ulempe(r)
Skovelpumpe	Enkel og velprøvd teknologi Kontinuerlig Fleksibel slange Rimelig	Pumpeskader på fisk Komplisert å montere pumpehus på ende av codend
Vakuumpumper	Enkel og velprøvd teknologi Relativt rimelig	Krever rigide slanger for undertrykk Noen fiskeskader, avhengig av design Ikke kontinuerlig
Undertrykkslasting	Svært skånsomt Stor kapasitet Kontinuerlig	Krever rigide slanger for undertrykk. Kostbart
CWC-pumping	Skånsom, fisken har godt med vann i hele operasjonen Stor kapasitet Mulighet til å telle inn fisk ved inntak i pumpetank	Krever rigide slanger for undertrykk Noe dyrere enn vakuumpumper
Ejektorpumpesystem	Skånsom forutsatt rett design Kontinuerlig Kan bruke fleksibel slange Stor løftehøydekapasitet Pris?	Utviklings- og dokumentasjonsbehov
Luftpumpe/ Mammutpumpe	Svært skånsom Kontinuerlig Rimelig	Lav løftehøydekapasitet (max. cirka 4m)
Vortex-pumpe, sentrifugal-pumpe med tilbaketrukket løpehjul (vortex)	Stor kapasitet Kontinuerlig Rimelig og driftssikker	Utviklingsbehov Impeller (løpehjul) kan skade fisk og må skjermes Løftehøyde?
Slusekammer	Stor kapasitet Skånsom Ikke avhengig av slange	Utviklingsbehov Fisken kan ikke sorteres ved ombordtaking Kostbart – krever nybygg eller vesentlig ombygging

5.4.4 Praktiske løsninger for pumping av fisk fra trålekk

For trål er det flere alternative løsninger for pumping av fisk ombord, og disse er listet opp i Tabell 2

Tabell 2 Mulige løsninger for pumping av fisk fra trål

Innpumpingsmetode	Fordel(er)	Mulige ulempe(r)
Permanent slange fra fartøy ned til codend	Reduserte redskapskader Jevn produksjon (avhengig av fangstrate)	Kostbart Økt tauemotstand Trålgeometri? Redusert manøvrerbarhet
Inntak av codend på hekk eller på side for festing av slange	Rimelig investering	HMS i dårlig vær Økt belastning på fisk i overflate under pumping
Del av slange eller rør ferdig montert på trål/codend	Mindre belastning på fisk i overflate før innpumping	Økt tauemotstand Trålgeometri?

5.5 Bufferlagring ombord

Ved store hal og når man ikke klarer å prosessere fangsten fortløpende kan det være hensiktsmessig å oppbevare fisken levende i tanker før slakting. Tankene kan for eksempel være en del av lasterommet under dekk, men ombygde mottakstanker vil i enkelte tilfeller kunne benyttes.

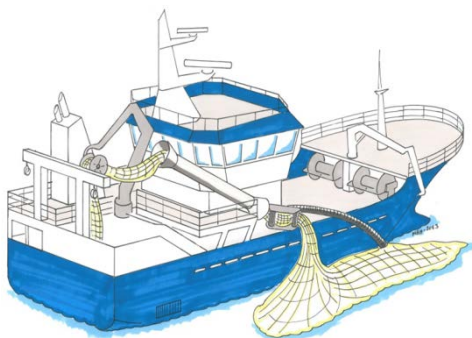
Det er mange hensyn som må tas ved design av mottakstanker for bufferlagring før slakting av levende fisk ombord (Midling & Isaksen, 2012), blant annet:

- Maksimal tetthet på fisk i buffertank må hensyntas
- Fiskeart og adferd, torsk og hyse søker mot bunnen og ligger for det meste i ro. Sei har relativt stor dødelighet og søker seg hardt mot bunnen, men med unntak av flytere (CRISP annual report, 2012).
- Design med hensyn til strømning i fylte tanker, kontroll på vannutskifting og oksygennivå
- Praktisk bruk spesielt ved fylling, tømming og renhold
- Antall tanker i forhold til for-sortering, eventuell restituering hvor det anbefales 6 timers restitusjon for trålfanget torsk for god utblødning (Olsen *et al.*, 2013).

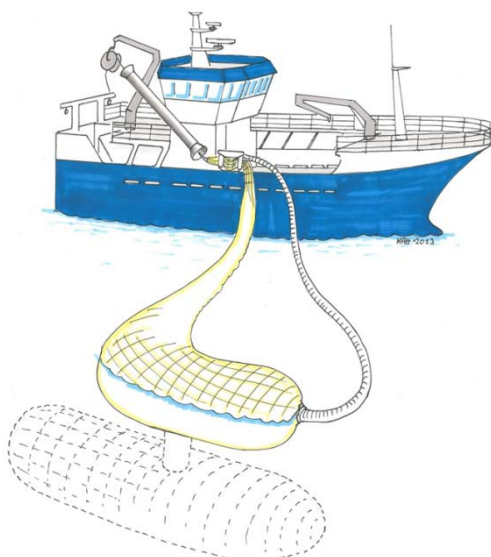
I rapport fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet (Isaksen *et al.*, 2004) vedrørende fangst og hold av villtorsk anbefales følgende knyttet til transport av levende torsk (relatert til fangstbasert akvakultur):

- Oppstrømstanker med dobbeltbunn og perforerte plater med liten lysåpning er nødvendig for å gi en effektiv og homogen vannfordeling i transporttanken.
- For snurrevadfangster som skal holdes levende i merder etter leveranse, anbefales ikke tettheter over 250 kg/m³ i tanker som er korrekt konstruert og har optimal vannfordeling. Ombord på trål skal fisken gis "akuttmottak" og slaktes etter noen få timer. Da kan tettheten være opp mot 500 kg/m³, med overlevelse opp til 95 % (Olsen *et al.*, 2013).

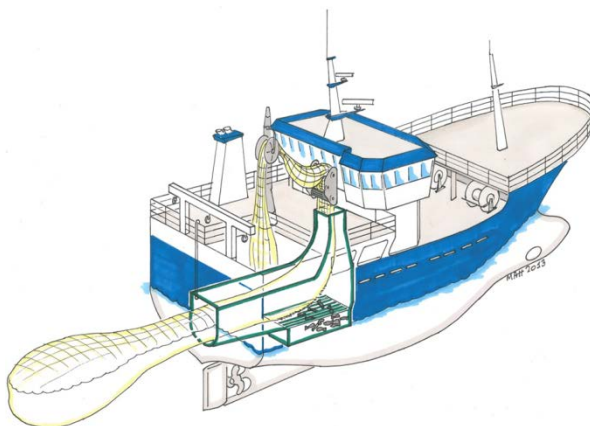
I sluttrapporten "Skånsom ombordtaking og oppbevaring av snurrevadfanget fisk før avliving - Visualisering av konsept for oppbevaring av fisk før bedøving" (Erikson *et al.*, 2013) er det skissert tre løsninger for ombordtaking og oppbevaring av levende fisk før bløgging:



Figur 10 Overføring (sekking eller pumping) av fisk fra redskap til en tank evt. container med god vannkvalitet om bord (SINTEF Fiskeri og havbruk)



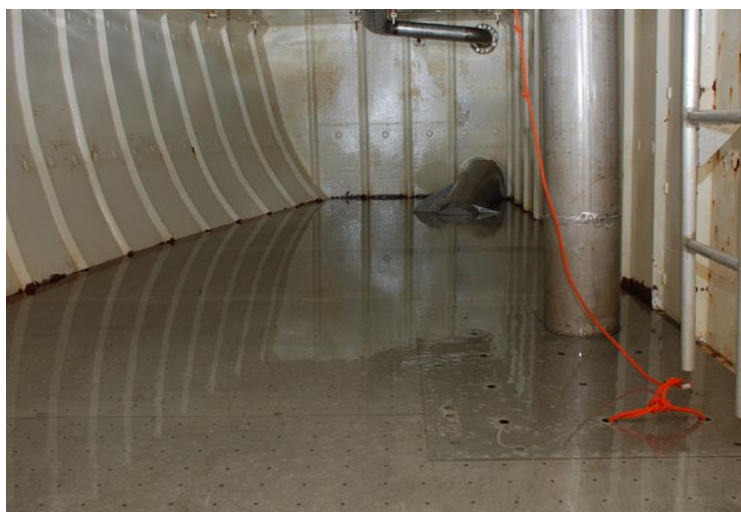
Figur 11 Oppbevaring av fisk i åpen sjø for å unngå direkte kontakt med fartøyet. I dette tilfellet må fisken pumpes om bord, enten direkte fra posen, eller eventuelt via et mellomlager i sjø (annen pose, beholder e.l.) (SINTEF Fiskeri og havbruk)



Figur 12 Ombordtaking gjennom slipp eller slusekammer (SINTEF Fiskeri og havbruk)

5.5.1 Utforming av levendefisktank

Levendefisktanken bør ha så stor grunnflate som mulig. En grunn, men vid tank er bedre enn en smal og dyp. En tommelfingerregel sier at man trenger en halv liter vann per kg fisk per minutt. Vanntilførsel bør komme opp gjennom bunnen (dobbeltbunn) av tanken, og være noenlunde jevnt fordelt over hele arealet. Vannet passerer da opp gjennom hele fiskemassen på tur opp mot overløpet i tanktoppen. Dersom vannet kun føres inn i en av endene av rommet eller langs veggene, er det stor fare for at friskt vann ikke når ned til den fisken som ligger helt på bunnen, og det oppstår lommer med oksygenfattig vann. Dersom mottaksbingen omarbeides med ekstra bunn må man unngå bruk av strekkmetall og store perforeringer i bunnplaten. Dette for å unngå unødvendige skader på fisken under restitusjon, i tillegg vil store åpninger bidra til dårligere vannfordeling (Isaksen & Midling, 2013).



Figur 13 Utforming av dobbelbunn ombord på M/S «KILDIN». Legg merke til lav perforering, hull for hver 10x10cm, og med 8 mm hull. Luke over pumpebrønn (Isaksen & Midling, 2013).

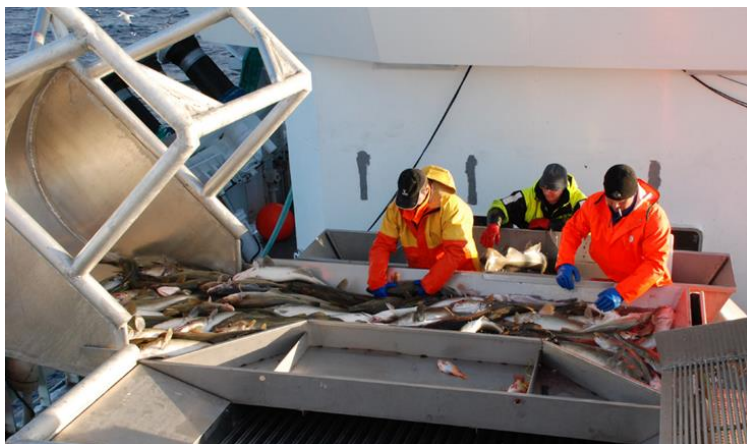
Like etter at torsk er sluppet ned i levendefisktanken, vil den raskt søke ned mot bunnen, og stopper ikke før den ligger på bunnplaten. Påfølgende fisk vil gjøre det samme, og når rommet anses som oppfylt, er det ofte et 40–50 cm tykt og tett lag med fisk. Observasjoner gjort i rommet under forsøk på snurrevadfartøyet M/S KILDIN viser at fisken enten ligger lett ned på, eller rett over bunnen, eller står og svømmer med hodet mot bunnen. Fisk med for mye luft i bukhalen vil flyte på toppen i tanken inntil de blir plukket opp og sløyd. Etter om lag 12 timer har en del av fisken løftet seg fra bunnen, og svømmer rundt i frie vannmasser (Isaksen & Midling, 2013). Både under ombordtaking av fisk og i tiden fram til bedøving og bløgging (6 timer restitusjon), er det derfor viktig å ha en så stor bunnflate som mulig som fisken kan legge seg ned på og søke hvile. Dersom tanken er utstyrt med pumpebrønn vil fisk kunne finne vei inn i pumperøret. Disse vil dermed dø på grunn av manglende vannsirkulasjon og påfølgende oksygenmangel i pumperøret. Pumperøret bør derfor stenges når fisken skal overføres til levendelagring.

5.6 Sortering av død/levende fisk før prosessering

Hvis fisk skal gå til levende bufferlagring før slakting ombord, anbefales sortering av levende fisk fra død og skadet/døende. Dette kan gjennomføres i forbindelse med ombordtaking slik at den minst livskraftige og eventuelt skadede fisken slaktes først for å sikre best mulig utblødning av denne

fisken. Artssortering bør/kan også skje umiddelbart da noen arter er mer hardføre enn andre; torsk tåler mest mens hyse og sei er mindre hardfør.

For å få til en slik sortering fra trål må fisken tas hurtigst mulig ombord i et “akuttmottak”, og deretter sorteres i forhold til art og levedyktighet, etter avsiling av vann. På Gunnar K. gjøres sorteringen manuelt og 10 tonn sorteres og telles av 4 mann på cirka 30 minutter, mens innpumping styres fra brua. Fisken pumpes ombord med en vakuum-trykk pumpe, inntaket av slangen monteres på enden av snurrevadsekken. Siden posen senkes ned og pumpeslangen/røret er festet i nedre ende av snurrevadposen, får en om lag samme effekt som å slippe pose med lerretsløft ned på dypt vann ved hjelp av et lodd. Den mest vitale og spreke fisken svømmer ned på dypeste punkt i posen og havner rett i pumpeslangen. Denne pumpemetoden er god for å skille flytere fra annen fisk i og med at posen stort sett henger i samme posisjon under hele ombordtakingsprosessen, i motsetning til sekking hvor fisken i forlengelsen blandes for hvert hiv. Snurrevadfartøy som driver frysing, pumper ombord både torsk, hyse og sei for bufferlagring. Frysefartøyene har behov for kontinuerlig tilførsel av fisk gjennom døgnet, og et bufferlager er en god metode å møte dette behovet på. Hyse har tidligere vist seg til dels vanskelig å holde i livet under lengre føring, men ved kortidslagring, på opp til ett døgn synes overlevelsen å være akseptabel (Isaksen & Midling, 2012).



Figur 14 Fisk tømmes i vannfylt vugge, og helles inn på sorteringsbord for sortering og telling (Isaksen & Midling, 2012)

5.7 Mating til avliving/jevn produksjonsflyt

Automatisk linje, med større kapasitet på bløgging/avliving ville vært en fordel, dersom linja fungerer for all fisk (eller i det minste torsk/sei/hyse). En god del fartøyer kjører i dag med direktesløyting, og her vil bedøving av fisken før direktesløyting være en vesentlig fordel, da sløyting kan starte tidligere.

Et vesentlig problem for eksisterende fartøy i forbindelse med levende bufferlagring er plassmangel. En fordel med tanker for levendelagring er at man med enkel logistikk får kontroll på en og en fisk inn i produksjonen (linebåtprinsippet, der enkelfisk tas ombord). En vil dermed oppnå jevnere produksjonsflyt.

5.8 Slakting av villfisk

I dag ligger fisken ofte i mottaksbingene i 20–30 minutter, gjerne i forbindelse med av setting av trål og skifte av mannskapsvakt, for å roe seg ned før direktesløyting. For å kunne bløgge levende fisk er man avhengig av å bedøve fisken, og dette vil også redusere feilskjær i sløyemaskin. Automatisering av fangstbehandling, herunder automatisk bedøving og bløgging av fisk, er derfor et av de viktigste tiltakene næringen selv har påpekt for å styrke konkurranseevnen og sikre rekrutteringen. Selv om oppdrettsnæringen har bedøvelses- og avlivingssystemer som fungerer godt, er det fortsatt utfordringer som ikke er løst. Kontrollert og optimalisert flyt av fisk gjennom slaktelinjen blir påpekt som noe av det viktigste for å opprettholde god velferd og kvalitet, i tillegg til å forbedre HMS for fiskerne.

5.8.1 Elektrobedøving

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 avliving. Flere systemer har blitt introdusert som alternativer til karbondioksid (som ble forbudt for noen år siden). 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 for bedøving/avliving som har blitt gradvis innført, nemlig automatisert elektrisk bedøving i luft eller ved slag i hodet ('percussion stunning'), og begge systemene er funnet å fungere tilfredsstillende ut ifra et fiskevelferdsaspekt for laks (Lambooy *et al.*, 2010). Videre er det dokumentert at det samme også er mulig ved bruk av elektrisk bedøving av oppdrettstorsk (Erikson *et al.*, 2012; Digre *et al.*, 2010).

SINTEF har jobbet med elektrobedøving av villfisk siden 2008, hvor de første forsøkene ble utført på Havfisk sin tråler "Skaidi" (Erikson *et al.*, 2009) se Figur 15.



Figur 15 Fangstbehandling om bord i tråleren (steg 1 til 7). Etter at trålen blir halt opp på dekk blir fisken sluppet ned i to mottaksbingjer (uten vann). Der blir den mellomlagret til den blir bløgget og sendt til tørrutblødning (uten vann) før maskinell sløyning og hodekapping, manuell etterrensing, sortering og skylling. Alternativt går fisken direkte til sløyemaskin (uten bløgging). Elektrobedøver ble plassert ved mottaksbingje før bløgging som et alternativt trinn i Prosesseringen (SINTEF Fiskeri og havbruk).

Hensikten var å evaluere om bruk av elektrobedøver kunne gi en kvalitetsgevinst på trålfanget fisk. Dette ved at elektrobedøving potensielt kan gi raskere sløyning og bedre utblødning. Fisken vil da kunne bli prosessert raskere (før koagulering av blodet i filetene). I tillegg ble fiskevelferd etter elektrobedøving evaluert. Forsøkene ble gjennomført i samarbeid med Aker Seafoods ASA (nå Havfisk) og teknologileverandøren SeaSide. Forsøkene viste at elektrobedøving av fisk ombord vil kunne være en metode som gjør det mulig å prosessere trålfisk raskere og lettere, samt gi bedre utblødning og derved bedre kvalitet på trålfanget fisk. Det ble allikevel pekt på noen utfordringer. Blant annet bør elektrobedøveren tilpasses villfisk med hensyn til å optimalisere strømparameterne, samt at prosessflyten fra ombordtaking til bedøving bør forbedres. Dette er det jobbet videre med i prosjektene DANTEQ (Prosjektnr forskningsrådet 199447) og "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevad fartøy" (FHF-prosjekt #900526).

Det er spesielt to 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 filet).
- (2) Bedre HMS-betingelser for mannskapet om bord fordi håndteringen av bedøvd fisk blir lettere og redusert risiko for feilskjær og skader.

Hovedkonklusjonene fra flere forsøk med elektrobedøving av villfisk både om bord i båt og i flere labforsøk er (Erikson *et al.*, 2014):

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

Når det gjelder de uheldige forhold ved elektrisk bedøving av fisk som er dokumentert, problemer med bloduttredelser, ryggknekk og tidligere inntreden i rigor er ikke dette noe problem for villfanget torsk og hyse (Erikson *et al.*, 2014). 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 Kjøllås, 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 Kjøllås, 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; unngå ryggknekk på sei og unngå spenningsfall over bedøveren under drift.



Figur 16 To kompakte versjoner av elektrobedøveren STANSAS #1. Til venstre: Elektrobedøveren koplet med (+) og (-) elektroder på annenhver rekke hvor transportbåndet ikke ledet strøm. Til høyre: Elektrobedøveren med transportbånd av stål (-) som fungerer som motelektrode til rekkene med elektroder (+). Foto; SINTEF Fiskeri og havbruk

5.8.2 Mekanisk avlivning og bløgging

System for bløgging ombord på fartøy er i dag manuelt basert, noe som gir utslag i varierende resultat for repeterbarhet og kvalitet (dårlig utblødning), spesielt ved store fangster. Det finnes i dag maskiner for bløgging av oppdrettsfisk. SeaSide AS er leverandør av Stansas #12. Maskinen er basert på manuell innmating og kombinerer bløgging med et bedøvelsesslag (stunning) til fiskens hode. Maskinen aktiveres ved at snuten til fisken trigger en mekanisme som videre aktiverer stunningstempel og bløggekniv drevet av pneumatiske sylindere. Bløggekniven er en rett spiss kniv (bredde 30 mm) som skjærer gjennom fiskens gjellelokk og deretter gjennom gjellebuene. Det finnes også en annen norsk maskin (SMP AS) og en australsk (Baader SI-7 COMBO) som begge slår i hodet (bedøver eventuelt dreper) og bløgger fisk.

Nofima har gjennom et prosjekt finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF) testet slakteteknologi for laks ombord i store kystfartøy (Jakobsen, 2012). Forsøkene i 2011 på "M/K Kildin" viser at den automatiske slag- og bløggemaskinen (SI-7 COMBO) leverte resultater som var nesten like gode som manuelt bløgget torsk og langt bedre enn direkte sløyd torsk, som fartøyene praktiserer i dag. I første forsøk ble maskinens effektivitet målt ombord på M/K Kildin fra Båtsfjord. Maskinene ble plassert direkte på mottaksbingen, noe som ga noe dårlige arbeidsforhold. Til tross for dette ble mer enn 30 torsk per maskin bløgget i minuttet. Dette tilsvarer mellom 10 og 12 tonn bløgget og avlivet fisk per time. I 2013 kjøpte Baader det australske selskapet Seafood Innovations, som utvikler løsninger for human bedøving, bløgging og avliving av fisk. Utstyret SI-7 er utviklet for bruk på oppdrettslaks, men Baader videreutvikler nå teknologien for hvitfisk. Blant annet har torskens hodeform medført endringer i hvordan fisken føres inn i maskinen og hvor bløggesnittet legges. Nofima gjennomførte slakteforsøk vinteren 2014 på Bjarkøy, i samarbeid med Baader. Da ble mer enn 30 fisk slaktet per minutt. Av 111 tilfeldige utvalgte torsk (2–14 kg), hadde 93,4 % av forsøksfisken ingen bevegelser etter bedøving og 97,3 % hadde god utblødning (1,6 % av kroppsvekten).



Figur 17 Ved bruk av SI-7 COMBO får fisken et slag i hodet, hjernen knuses og fisken dør momentant. Nesten all fisk ble korrekt bløgget selv om størrelsen varierte fra 2 til 14 kilo (Foto: © NOFIMA).

En ren mekanisk bløggemaskin kan gi variasjon i bløggekutt ved varierende fiskestørrelse og form på fisken. Dette kan igjen gi variasjon i forhold til effekt av bløggekutt som har betydning for dyrevelferd og utblødning. En intelligent løsning med bruk av maskinsyn/deteksjon/robot kan muliggjøre presise bløggekutt uavhengig av fiskens art, ytre form og størrelse. Dette jobbes det med i FHF-prosjekt #900526 *Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfartøy* og FHF-prosjekt #901015 *Bløggemat 1*, hvor SINTEF Fiskeri og havbruk i samarbeid med Seaside videreutvikler en ny bløggemaskin basert på halskutt med maskinsyn for å finne bløggepunkt (se Figur 2, bildet til høyre). Etter bløgging skal fisken tappes for blod. Tradisjonelt har dette skjedd ved utblødning etter en viss tid i tanker med sjøvann, som gjerne er nedkjølt (0–4 °C).

5.8.3 Bløggemetoder og utblødning

Det er kjent at produktkvaliteten på villfanget fisk kan bedres dersom en sørger for bedre utblødning. Både bløggemetode og tid fra opptak av fisken til blodtapping starter, har betydning for hvor godt utblødd fisken blir. I dag tømmes fangsten som oftest i en mottaksbinge uten vann, noe som fører til at en stor andel av fisken allerede er død ved bløgging (Olsen *et al.*, 2013). I forsøk er dette dokumentert for vanlig anvendte bløggemetoder (en-snitts, to-snitts, strupekutt, gjellekutt og direktesløyning) og for tider (0, 30, 60 og 180 minutter) er fra opptak til bløgging som er realistiske i kommersielt trålfiske (Akse *et al.*, 2012). Når torsk ble bløgget levende umiddelbart etter opptak gav totrinns bløggemetoder (en-snitts, to-snitts, strupekutt, gjellekutt), der fisken først ble bløgget og utblødd, og deretter sløyd, bedre utblødning enn direktesløyning. Ved 30 minutter eller lengre tid før blodtappingen startet, var det ikke tilsvarende entydig forhold mellom metodene. Blodtappingen ble dårligere avhengig av økende tid fra opptak av fisken til bløgging. Det var signifikant ($P < 0,01$) forskjell mellom alle bløggetidspunktene, som var 0, 30, 60 og 180 minutter etter opptak av fisken. Størst reduksjon i utblødningsgrad var det mellom 0 og 30 minutter etter opptak. Når blodtappingen startet 3 timer etter opptak, var fisken tilnærmet like dårlig utblødd som ubløgget fisk. 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 (Olsen *et al.*, 2014).

For å sikre god utblødning er bløggetidspunkt (bløgges levende eller innen 30 min etter død) vesentlig viktigere enn hvilken metode fisken bløgges med. I forhold til bløggemetode gjennomførte

SINTEF Fiskeri og havbruk en undersøkelse blant fiskemottak over hvilken bløggemetode som ble foretrukket (Salomonsen, 2012);

- 1-snittsmetoden: Åren fra hjertet kuttes, men ikke de to årene fra gjellene.
- 2-snittsmetoden: Begge årer fra gjellene kuttes, men ikke åre fra hjerte til gjeller.
- Strupekutt/trålerbløgging: Kutt gjennom kverken, helt ned på begge sider.
- Gjellekutt: Kutt av en eller flere gjellebuer på ene siden.

Ut i fra denne undersøkelsen er det strupekutt som har de fleste fordeler som bløggemetode. Det er enkelt å vurdere om fisken er bløgget eller ei for fisker og mottaksanlegg. I tillegg vil nye sløyelinjer fungere kun på strupekuttet fisk. Det samme gjelder og noe av det eksisterende maskineriet for salt- og klippfiskproduksjon.

Utblødningskarene som benyttes ombord på trålere i dag har gjerne ikke first-in first-out (FIFO) prinsippet. Dette betyr at fisken kan ligge forholdsvis lenge i karene før videre prosessering, noe som kan ha negativ påvirkning på produktkvaliteten og holdbarheten. En utstyrsleverandør fra Island, 3X-technology, lanserte under Nor-Fishing 2014, en ny utblødnings- og superkjølingstank hvor FIFO-prinsippet var ivarettatt http://www.3x.is/rotx_on_board/. Konseptet virker lovende. Utstyret inkluderer en fortank hvor cirka 50 % av blodet kommer av fisken (her er det satt trykk på vannet) og oppholdstiden i denne tanken er cirka 10 sekunder. Deretter føres fisken videre i en utblødningsskrue hvor ca 200 kg fisk av samme art og størrelse kommer i hvert kammer. Oppholdstiden er 15 minutter i utblødningsdelen, og cirka 45 minutter i kjøledelen.

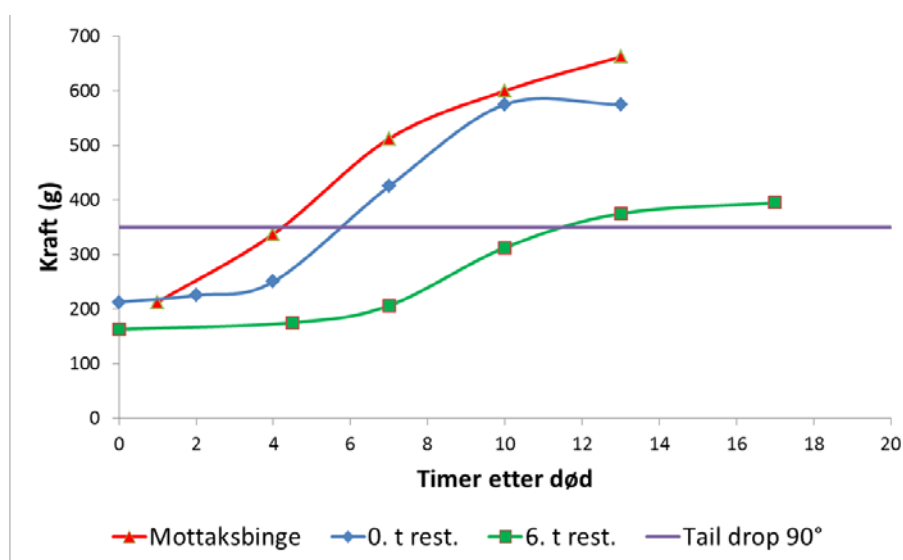
5.9 Trålfanget torsk og dødstivhet (*Rigor mortis*)

Rigor mortis er en prosess som inntreffer gradvis i fiskemuskelen. Den starter vanligvis cirka 1–6 timer etter død, og når en maksimal tilstand av stivhet etter cirka 10–24 timer. Tidspunktet for inntredelse av rigor påvirkes av både biologiske faktorer (kondisjonsfaktor), artsforskjell, aktivitet før død, og temperatur (Love, 1988; Haard, 1992; Skjervold *et al.*, 2001). Spesielt ved hard belastning av fisk og stress under fangst kan energilagrene være brukt opp før død. Denne fisken kan dermed være i full rigor i løpet av et par timer etter død. Ved prosessering av fisk som er i full rigor vil bindevevshinner og muskelfibre ryke. Dette fører blant annet til filetspalting og stort utbyttetap senere i prosesseringen (Akse *et al.*, 2007; Midling *et al.*, 2011).

Hastigheten i biokjemiske prosesser øker med høyere temperatur. Prosessene ved dødssstivhet er derfor avhengig av omgivelsestemperaturen. Dødssstivheten på iset torsk slipper gradvis etter 1–3 dager, men ved høye temperaturer forsvinner dødssstivheten hurtigere. Dødssstivhetens styrke øker og varighet på stivheten reduseres dersom fisken har vært utsatt for langvarig muskelaktivitet like før døden. I tillegg vil ulike muskelgrupper gå inn i dødssstivhet til ulike tidspunkt. Mørk muskel (like under skinnen), muskler i nakke og ved ørebein blir først stive. Det er da lett å tro at hele fisken er dødssstiv, men dersom muskelen provoseres ut av dødssstivheten vil nye muskelgrupper gå inn i rigor og den blir på nytt stiv dersom den lagres på is.

Resultater fra tokt med J. Bergvoll på Thor Iversen-banken fra den 8. til 14. mai 2014, viser at fisk avlivet straks den kommer ombord, var på veg inn i full rigor etter 4–6 timer og fisken hadde tapt fleksibilitet ("90° tail drop"). Fisk som ble slaktet etter 1 time i mottaksbingen gikk inn i rigor etter 2–4 timer. Det vil si at den tiden det tar for å roe ned fisken i mottaksbingene før direktesløyning reduser

pre-rigor tiden med opp til 2 timer. Når det gjelder fisken som ble restituert i 6 timer, så tok det 8–10 timer før fisken gikk inn i rigor ("90° tail drop"). Ved normal produksjon tar det rundt 5–6 timer å bearbeide en fangst på 10–15 tonn. Det vil si at store deler av fangsten vil være på veg inn i rigor før fisken er ferdigsløyet. Det er godt kjent at ved røff behandling av fisk som er i rigor, vil muskelfibrer og bindevev rives over og man får mer filetspalting under filetering. Ved å restituere fisken før slakting, forlenger man pre-rigor tiden, slik at det meste av fangsten er ferdig prosessert og frosset lenge før fisken er i rigor. I tillegg ser vi at dødsstivheten hos restituert fisk er betydelig svakere, enn for fisk som er slaktet direkte fra mottaksbingen. Det er også kjent at fisk som bedøves med elektrisitet får pre-rigor tiden ytterligere redusert. For laks tilsier 4 sekunders bedøving en reduksjon i pre-rigor tid med 40 % (Midling *et al.*, 2007). Redusert pre-rigor tid som følge av el-bedøving og kraftig rigor må tas med i beregning ved prosessering av strømbedøvet fisk.



Figur 18 Figuren viser rigor-forløp på trålfanget torsk. Restituering (levendelagring) i 6 timer forlenger pre-rigor tiden og reduserer styrken på rigor (dødsstivheten) betydelig, sammenlignet med kommersiell produksjon (Midling *et al.*, 2014, in prep).

5.10 Sortering, maskinsyn, kvalitet

I dag er vektsortering av fisk ofte automatisert med veieceller, mens artssorteringen foregår manuelt. Det blir ikke sortert på kvalitet. En stor utfordring i fiskehåndtering generelt, og spesielt ved håndtering av store volumer, er variasjoner i størrelse og kvalitet.

Ved Nofima jobbes det med hurtige og objektive metoder som kan implementeres i en produksjonsflyt uten at råstoffet/produktet blir påvirket. Disse teknikkene kan hjelpe til med å automatisere og effektivisere produksjonsprosesser, samt dokumentere råstoffets og produktets egenskaper. Dette kan gi nødvendig informasjon for optimal styring av produksjonsprosesser. Viktige parametere som kan måles er farge (også misfarging), kjemisk sammensetning, harskningsgrad og påvisning av spesifikke komponenter (kveis, blod, bein). Ved bruk av teknikker som røntgen, online fargemåling og avbildende spektroskopi kan disse parameterne også plasseres romlig og dermed gi viktig informasjon for videre prosessering (for eksempel sortering av art, størrelse og robotisert fjerning av tykkfiskbein). Avbildende spektroskopi kan brukes til online fargegrading, posisjonering av filet (tykkfisk, buk og spord, mm), påvisning av kuttefeil og eventuelt beregne porsjonskutt. Bildene

blir automatisk analysert i et dataprogram utviklet til dette formålet, og posisjonen til hver enkelt komponent og fordelingen på filet blir registrert (Akse *et al.*, 2012; Heia *et al.*, 2009; Heia *et al.*, 2012; Nilsen *et al.*, 2008; Sivertsen, 2011; Sivertsen *et al.*, 2006; 2009; 2012). Utvikling fram til kommersiell anvendelse er et langsiktig mål for arbeidet med hurtige målemetoder. Innen bruk av røntgenteknologi og analyse av røntgenbilder fra næringsmiddelproduksjon har Nofimas forskning bidratt til industrielle løsninger. Kommersielt produksjonsutstyr (SensorX) for påvisning av tykkfiskbein i fiskefilet og bein i kyllingfilet er blant annet utviklet i samarbeid med utstyrsleverandøren Marel Food Systems hf fra Island.

SINTEF Fiskeri og havbruk har sammen med flere utstyrsleverandører vært med på å utvikle maskinsyn, optiske system for avbildning og dataprosessering for gradering av pelagisk fisk og hvitfisk (torsk, hyse og sei). På en automatisert linje vil en ved hjelp av denne teknologien kunne sortere fisk med mye høyere fart og nøyaktighet enn vi klarer i dag. Vi ser for oss utvikling av et system, som i tillegg til vekt, også kan sortere på art og på ulike kvalitetskriterier ved full skanning av råstoffet før videre prosessering. Generelt er maskinsyn en teknologi som kan øke graden av automatisering og kvalitet i mange ledd i produksjonsprosesser, som for eksempel sortering, håndtering, avlivning og optimal utnyttelse av restråstoff. I de senere år har ulike typer maskinsyn og avbildningsteknologi blitt anvendt bredt i fiskerinæringen (Mathiassen *et al.*, 2011a, Mathiassen *et al.*, 2012). Spesifikt har den vist seg egnet for automatisk vektestimering av pelagisk fisk i høy hastighet ved bruk av 3D-avbildning (Mathiassen *et al.*, 2011b) og denne teknologien har vist seg å egne seg for individbasert vektestimering av hvitfisk (FHF-prosjekt #900526 *Snurrevad*), samt artssortering. I anvendelsen av dette på hvitfisk, har kombinasjon av 3D og fargeavbildning i samme maskinsynsystem muliggjort et kompakt og rimelig system som erstatter det som tidligere var mulig kun ved bruk av manuelt arbeid. Maskinsyn har i større grad blitt anvendt på laks, og det er tenkelig at teknologien kan overføres til bruk på hvitfisk ombord – selv om hvitfisk er en større utfordring grunnet variasjoner i råstoffet og det utfordrende miljøet. Maskinsyn kan egne seg spesielt for automatisk kvalitetsgradering av hvitfisk i forhold til form og skader, og teknologi benyttet på laks og pelagisk fisk (Misimi *et al.*, 2006; Mathiassen *et al.*, 2011b) er direkte overførbart til hvitfisk. Innenfor optimal håndtering og avlivning er det også mulig å overføre maskinsyn- og robotteknologi som har hatt suksess i lakseindustrien (Bondø *et al.*, 2011). Totalt sett er maskinsyn og andre avbildningsteknologier muliggjørende for optimal håndtering av hvitfisk om bord, innenfor de areal- og kostnadsbegrensningene som i dag eksisterer.

5.11 Filetering ombord

Ved årsskiftet 1989/90 var den norske fabrikktrålerflåten på 25 fartøy, men per i dag er det 11 fartøy med fabrikktrålerrettigheter, og bare tre som produserer filet. Årsaken var at kvotene ble drastisk redusert og de fleste rederiene fikk store problemer. Utover på 1990-tallet bedret bestands-situasjonen seg gradvis, men reduksjonen i fabrikktrålerflåten fortsatte likevel delvis fordi kvotene på den enkelte tråler fortsatt var for små for økonomisk drift (Skuseth & Aannø, 2002). Etter mange år med forhandlinger ble det innført ordninger som gjorde det mulig å få mer enn en kvote per båt og i 2010 var det 7 fartøy som landet mer enn 50 prosent filet (Larsen og Dreier, 2012). I dag er det 3 gjenværende norske fabrikktrålere (Andenesfisk, Ramoen og Granit) igjen. Produktene fryses ombord, kort tid etter fangst, og flåten er kvalitetsprodusenter av fileter og hodekappet/sløyd-produkter av torsk, hyse og sei. Filetproduksjon gir flere produktmuligheter ombord og mye restråstoff.

Tilførsel av billig fisk fra foredlingsindustri i lavkostland er imidlertid en trussel mot prisnivået på norsk fabrikktrålfilet. Noen av rederiene satser på videreforedledede produkter (sekundærforedling) som forbrukerne kan være villig til å betale merpris for. Hovedutfordringen med foredling ombord er at dette er arbeidskrevende og produksjon av mer konsumentvennlige produkter bedre egnet for butikksalg er, med dagens teknologi, enda mer arbeidskrevende. Utvikling og implementering av teknologi for automatisering av videreforedling ombord anses som helt avgjørende for en videre lønnsom utvikling av fabrikktrålerflåten. I filetindustrien på land er det lansert ny teknologi for fjerning av pinnebein fra hvitfiskfilet. Både Marel med sin Flexicut og Valka med sin "X-ray Guided Cutting Machine" har utviklet kutteroboter for beindeteksjon, trimming, fjerning av pinnebein og kutting av fileter. Teknologien er basert på røntgendeteksjon og vannskjæring. I dag er kutte-enhetene i stor grad basert på en fast kuttevinkel og kuttebredde og gjennomføring av et såkalt V-kutt. Ulempen med V-kutt er et redusert utbytte og mindre fleksibilitet i forhold til mulige produktkategorier som kan lages. Dette er ennå ny og relativt kostbar teknologi og vil muligens kunne videreutvikles for bruk ombord. Imidlertid er det ikke utviklet utstyr hvor ett og ett bein fjernes automatisk på hvitfisk.

5.12 Restråstoff

Av totalt 900.000 tonn restråstoff fra fiskeri og havbruksnæringen kommer cirka 350.000 tonn fra hvitfisk, hvor cirka 220.000 tonn blir dumpet. I havfiskeflåten er det rundt 150.000 tonn restråstoff som ikke utnyttes og mesteparten kommer fra hvitfisktrålere. Ved sløying og hodekapping vil restråstoff utgjøre cirka 30 % av rundvekten og over 60 % ved filetering ombord (Olafsen *et al.*, 2013).

Lever og rogn fra torsk, hyse og sei kan ha høy verdi. Under sløying er det ikke ønskelig å knuse innvollene, dersom en skal ta vare på separate produkt (rogn, lever, mager etc.). Det er derfor vanlig kun å ta vare på og fryse inn lever og rogn fra den største fisken, som blir manuelt sløyd. For å øke utnyttelsen av biprodukt bør en få til automatisert sortering av rogn og lever. Det må utvikles automatisk separasjon av lever, enten til human konsum, eller til tranproduksjon. Det fins i dag minst ett system for leverseparasjon som er levert til en russisk tråler (pers. medd. Peter Stette). Kanskje kan samme fartøy ha begge deler ombord. I dag fryses endel lever/rogn, men Mattilsynets krav er uforenelig med "vanlig" drift, og hvis restråstoff skal benyttes til humankonsum må internlogistikk og prosesslinje for biprodukt tilpasses.

Ombord i fabrikktrålerne i dag blir restråstoffet (med unntak av fiskeskinn) prosessert til et presskakemel, og noen av de nyere fartøyene som er spesialisert på HG-produksjon har også installert melfabrikk. Det mest avanserte fiskemelanlegget for ombordproduksjon hittil er levert av det islandske selskapet Hedin og installert ombord den færøyske pelagiske tråleren "Nordborg," (designet av Rolls-Royce Marine). Fabrikken er designet for foredling av sild, makrell, lodde og kolmule. Her ivaretas også proteinet i limvannet.

Det er gjort flere studier på lønnsomheten av å ta vare på restråstoff fra hvitfiskflåten. Kostnadene (drift og avlønning) for levering av fryst råstoff fra havfiskeflåten er beregnet til vel 3 kr/kg i FHF-prosjekt #900858 *Fryst hvitfisk restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser*. I utgangspunktet tar den marine ingrediensindustrien imot ferskt råstoff (eller ensilasje), slik at bruk av fraset råstoff vil kreve endringer i mottak og tilrettelegging for tining.

Når det gjelder ensilasje fins i dag muligheter for å koble seg på logistikk til ensilasje fra havbruksnæringen. Det kan være mulig å bruke mobile eller modulbaserte anlegg for uttak og/eller prosessering av restråstoff som enkelt kan skiftes ut eller tas på land alt etter sesong, art og kvalitet. FHF-prosjekt #900853 *Ensilering av restråstoff fra hvitfiskflåten* (Rindahl *et al.*, 2013) konkluderte, under gitte forutsetninger, med at det vil være mulig å drive lønnsom ensilering av biprodukter om bord i den havgående hvitfiskflåten. På eksisterende fartøy er imidlertid plassen en begrensende faktor, og i mange tilfeller må fartøyet forlenges for å oppnå tilstrekkelig kapasitet. En annen utfordring for ensilasje er at det i praksis fins svært få kunder.

Det er også gjennomført et FHF-prosjekt #900972: *Hvitfiskmel fra havfiskeflåten: Workshop*. I havfiskeflåten er det to eldre fartøy med melfabrikk, samt fire nye fartøy levert i 2013 som har melfabrikk. Det er variasjon i melkvaliteten avhengig av om båten har filétproduksjon eller baserer seg på restråstoff fra HG-produksjon. Jo større andel bein (hode og ryggbein), jo høyere andel mineraler blir det i melet. Høy andel slo vil også påvirke melkvalitet. I tillegg påvirker årstid og fangstsammensetning kvaliteten på melet. Det er altså utfordringer med produktkvalitet på mel i forhold til markedspreferanser og videre anvendelse av melet.

I torsk utgjør levra vanligvis cirka 3–8 % av rundvekt. Det eksisterer flere markeder for torskelever til human konsum. Både som fryst produkt til medisintanproduksjon og til hermetisering. For innfrysing blir levra sortert etter kvalitet (ferskhet og farge). Blokker trekkes i plast og emballeres. Med henblikk på fiskeolje som produkt vil dette være en god fettkilde til både pelsdyr, oppdrett og kjæledyr. Olje-/tranproduksjon basert på lever fra fiskeri foregår kun i sesongen fra januar til mai, hvor leverkvaliteten vurderes som best (Lekang & Gutierrez, 2007). Slotran utgjør opp til cirka 10–15 % av den rest som er igjen i sloet (http://www.rubin.no/Rapporter/313_54.PDF). Slotran vil ikke kunne selges direkte til human konsum på grunn av innholdet av blant annet gallesalter vil være for høyt, men dette produktet kan benyttes som ingrediens i fôr til fisk og dyr, samt til human konsum når produktet raffineres og renses (Aas & Kjerstad, 2008). I tillegg kan slotran benyttes som ingrediens i biodiesel.

Råoljeproduksjon kan gjøres ved oppvarming, kaldpressing eller etter enzymatisk hydrolyse. Ved varmpressing kvernes råstoffet og varmes opp til 80–90 °C, for deretter å separere oljen fra gjenværende vev og vann med pressing, sentrifugering og filtrering. Ved kaldpressing blir råstoffet kvernet og forsiktig varmet opp til 20–30 °C før separasjon ved pressing og sentrifugering. Etter separasjon blir råoljen behandlet med nitrogen. Enzymatisk prosessering skjer ved at kvernet råstoff blir tilsatt enzymer som bryter ned bindevev og frigjør fettcellene, fettene er dermed lettere tilgjengelig enn ved kaldpressing (Larssen *et al.*, 2013). Prosesslinjer for produksjon av slotran kan være kompakte. Det har tidligere vært gjort noen forsøk på å produsere olje på båt via et lite, kompakt anlegg, blant annet på linebåten Loran (Aas og Kjerstad, 2008). Flere leverandører, som for eksempel Alfa Laval, har løsninger for slike anlegg. For å få maks utbytte av oljen gjennomføres vanligvis varmpressing av olje, men på oppdrettssiden driver enkelte lakseslakteri med kaldpressing av restråstoffet. Kaldpressing er også gjennomført på sel og hvalspekk, men oljeutbyttet er noe lavere enn ved varmpressing (Larssen *et al.*, 2013). Grimsmo *et al.* (2013) viste imidlertid at kaldpressing av helt ferskt selspekk (spekk fryst umiddelbart etter fangst) ga signifikant høyere utbytte enn en varm prosess. Den kaldpressede oljen hadde også en høyere kvalitet enn de oljene som ble separert ut etter oppvarming og oljene produsert i dette forsøket hadde PV-verdier langt under de maksimale verdiene for opprensede oljer fastsatt av GOED, selv om de ikke hadde vært igjennom en renseprosess. Disse forsøkene kan indikere at det også fins et stort potensiale i å utnytte

ferskheten i restråstoff som oppstår under prosessering av fisk om bord. For å kunne utnytte verdien (kvalitet og utbytte) av denne ferskheten kommersielt, trengs utvikling av ny automatisert og kompakt prosessteknologi.

Selve utsorteringen av restråstoff fra sløyemaskinene er arbeidskrevende, og teknologi for en automatisert fraksjonering av slikt restråstoff er en avgjørende FOU-oppgave som må løses for å sikre lønnsomhet og økt utnyttelse. SINTEF Fiskeri og havbruk har i flere prosjekter jobbet med utvikling av automatisert uttak og sortering av marint restråstoff. Fossum *et al.* (2012) evaluerte teknologi for automatisk separasjon, identifisering og manipulering av utvalgte restråstoffraksjoner fra NVG-sild med fokus på god separasjon med høy grad av renhet. Lasere i NIR-spekteret ga svært god separasjon mellom rogn og melke, men mer arbeid gjenstår for sikkert å skille disse fra slo og buklist. Det ble utarbeidet forslag til konsepter for effektiv fraksjonering av restråstoff. Arbeidet videreføres sammen med MMC Tendos, Avanti Engineering og Nergård Sild AS i NFR-prosjekt #219204 *Fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra NVG-sild* som avsluttes i 2015. Fokus der er rogn/melke og buklist fra sild, men tilsvarende teknologi vil også senere kunne benyttes på hvitfisk.

Østvik *et al.* (2009) gjennomførte et prosjekt for å etablere et grunnlag for videre initiativ til reell biproduktutnyttelse innen pelagisk konsumindustri med høyere lønnsomhet enn dagens utnyttelse. Det ble vist at protein- og fettinnholdet i sildebiråstoff representerer et betydelig økonomisk potensial. Det ble også gjennomført hydrolyseforsøk og utført økonomiske kalkyler med sammenlikning av hydrolyseproduksjon og tradisjonell mel/oljeproduksjon. Beregningene er belagt med usikkerheter i forhold til markedspriser, men på de forutsetningene som ble gjort ble det vist at enzymatisk hydrolyse er et interessant økonomisk alternativ.

For havbruksnæringen og pelagisk sektor blir tilnærmet alt restråstoffet utnyttet, og lønnsomheten i industrien som baserer seg på restråstoff herifra er dels veldig god. I hovedsak gjenstår utnyttelsen av det restråstoffet som oppstår ved ombordproduksjon av fisk. I enkelte fiskerier blir fisken bløgget og levert rund til landanlegg og i disse tilfeller blir restråstoffet utnyttet. Til tider blir også rogn og lever tatt vare på om bord, men bare en brøkdel av det tilgjengelige volumet. Fabrikkråflåten er et unntak fra regelen om utkast av restråstoff og her blir det aller meste av restråstoffet brukt i produksjon av presskakemel. I havfiskeflåten er det to eldre fartøy med melfabrikk, samt fire nye fartøy levert i 2013 som har melfabrikk (kilde: fhf.no). Disse har human-godkjenning for sin melproduksjon, men det vannløselige proteinet i limvannet blir imidlertid ikke tatt vare på, dels på grunn av at inndamping av limvann (og eventuelt tørking av konsentrat) krever investeringer, plass og energi.

Det er gjennomført svært mange studier på kartlegging og utnyttelse av verdiene i ferskt restråstoff av hvitfisk; Rindahl *et al.* (2013), Falck & Šližytė (2008), Falch *et al.* (2006), Grimsmo *et al.* (2008) Østvik & Njaa (2007), Grimsmo & Jansson (2005), Šližytė *et al.* (2003, 2004^{abc}, 2005, 2009). Mye av arbeidet har dreid seg om karakterisering, kartlegging og hydrolyse/fraksjonering av råstoffet, markedsmuligheter og anvendelsesmuligheter. I prosjektet: Fryst hvitfisk restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser FHF-prosjekt #900858 ble tre parti med samfengt fryst restråstoff fra hvitfisk tint og prosessert på tre ulike prosessanlegg. På grunn av problemer med kontroll på tining av det samfengte råstoffet ble det etter prosessering lite egnet til humant konsum (negative smaks- og lukteegenskaper). Det ble også vist (med gjeldende lott- og oppgjørssystem) at produktprisen må være minst 4 til 5 kroner per kg for at det skal bli økonomisk interessant for mannskap (og rederi) å fryse og levere samfengt restråstoff.

6 Fremtidens tråler

6.1 Workshop

Nofima, SINTEF og FHF inviterte foredragsholdere og arrangerte et arbeidsmøte i prosjektet; Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere (OPTIPRO) - Fase 1. Møtet ble gjennomført 2. september 2013 på Hotell Park Inn Oslo Airport, Gardemoen, med 30 deltakere fra rederier, skipskonstruktører, leverandørindustrien og forskningsmiljøene. Hensikten med dette møtet var å "Klarlegge utfordringer rundt automatisering av prosesser for effektiv og kvalitetsmessig stabil fangstbehandling og synliggjøre den vitenskapelige kunnskapsfronten, relatert til utblødning og kjøling". Referat fra workshopen er beskrevet i en egen rapport (Olsen *et al.*, 2013).

6.2 Scenarier for fremtidens prosesslinje

Først av alt må det skilles mellom "nice to have" og det som forsvarer investering. Det er god tro på pumping og levendelagring av hvitfisk, hvis det gjøres på en rasjonell måte. Men et moment som er lite ønskelig er dersom levendelagring medfører redusert lastekapasitet. Spørsmålet er også hvor levendelagringstankene skal plasseres ombord. Store tanker med vann, spesielt hvis halvfulle, må under dekk på grunn av stabilitet. Mulig forslag er å ha mottaksbinge på hekken, med levendefisktanker under. Spørsmålet er da om mottakstanker (50–60 m³) kan bygges om til levendefisktanker. For å holde kontinuerlig produksjon må man ha minst 2 tanker (2 x 50 m³, 400-500 kilo/m³) for å oppnå en kapasitet på 40–50 tonn sløyd vekt per døgn. Kanskje er 4 x 25 m³ tanker, i tillegg til kortere tauetid og mindre hal mer fornuftig. Dette for å redusere fare for klemskader og øke overlevelsesevnen til fisken.

Flere forsøk er gjennomført med levendelagring og ved korrekt utforming av levendefisktank, så kan man ha tetthet på cirka 400-500 kg/m³ (Olsen *et al.*, 2013; CRISP årsrapport, 2011; 2012). Dette er tetthet som fisken selv velger når den kommer inn på tankene (Isaksen & Midling, 2012). Det er planlagt at fisk som pumpes ombord skal sorteres på bånd, der levendefisk sendes til restitusjon i tank og døende fisk sendes til mottakingen der den bløgges fortløpende. Her er lavtrykkslasting et alternativ med tanke på pumping fra codend. All fisk havner i en mottakstank som har undertrykk og pumpes så videre med trykk til sortering. En utfordring er store vannvolum på tråldekk og alternativet er å avgrense rommet slik at vannet ikke kan flyte ut på hele fabrikkdekket.

Et problem er om død/døende fisk skal sorteres ut før levendelagringsenheten ved avskumming av levendefisktank eller ved pumping fra bunnen av codend. Spesielt pumping fra codend er et alternativ, da det er kjent at frisk fisk vil søke mot bunnen og det meste av døende fisk flyter. Den siste slumpen med døende fisk i codend kan dermed pumpes direkte i mottaksbingen og inn på prosesslinjen for direktesløyting.

Konklusjonen for eksisterende fartøy er at dagens system er ekstremt billig, omtrent null kostnader i tillegg til vinsjer. Rederne er negativ til slusekammer, på grunn av ekstrakostnader på 30 millioner som trolig aldri vil betale seg. Fiskerne tror de får samme pris som alle andre uansett kvalitetsforbedring, men det er velkjent at linefisk er av bedre kvalitet og får 2–3 kr mer per kg enn trålfisk. Ombord på trålere er arealet i dag avgjørende, så gode råd og løsninger er derfor svært viktig med tanke på nye fabrikkløsninger. Ellers kan levendefisktanker installeres hvis det er tilstrekkelig

plass, om de er riktig utformet og om man får betalt ekstra for bedre kvalitet. I så fall må det bedøves ombord, da det er svært vanskelig å håndtere levende og uthvilt fisk. Fisken må i tillegg grovsorteres (døende/levende). En må også ha mulighet til å produsere slik man gjør i dag, eller en kombinasjon av levendefisktanker og eksisterende prosess. Alternativt kan kvaliteten forbedres ved å redusere haltid og størrelsen på halet.

Automatisering av produkthåndtering, sortering, logistikk og frys/lager er ikke noe problem å få til på trålere. Spesielt nybygg, men kanskje på eksisterende fartøy på grunn av logistikkproblem (krever i enkelte tilfeller ombygging). Forlengelse båt koster vanligvis 1–2 millioner kroner/meter og investeringskostnadene må tjenes inn. Optimalisering av logistikk/areal er derfor et viktig tema, og en 3D-tegning og gjennomgang av fabrikk for å optimalisere arealforbruket på fabrikkdekket er nødvendig.

Målet med å implementere ny teknologi ombord på fabrikktrålere (filet) er å øke kapasiteten på filetlinjen og samtidig redusere mannskapsbehovet ned mot det som er vanlig ombord på HG-trålere i dag. I dag er det på fabrikktrål 30-32 personer med ut på hver tur, men ved automatisering av enkelte enheter i fabrikken bør det være mulig å komme ned til 25 personer per tur.

Tømming av fryser emballering og palletering er i dag automatiserte operasjoner, men ulik grad av automatisering av prosesslinjen kan muliggjøre mer effektiv bløggeprosess og prosessering av fangsten. For å redusere mannskapsbehov og minimere fiskernes tunge, gjentakende og ensidige arbeidsoperasjoner som sortering, bløgging, singulering (orientering av enkeltfisk), rykking av fryser og sortering og palletering (fryserom), må det utvikles teknologi for automatisk artssortering og vektestimering som egner seg til bruk som en del av en helhetlig automatisert linje for prosessering ombord. For nybygg må det tenkes nytt gjennom hele prosessen, spesielt logistikkmessig. For eksisterende båter er det mer økonomisk hensiktsmessig med delautomatisering av enkelte oppgaver, enn total redesign og ombygging. For næringa er det beste å tenke forbedring av dagens kvalitet/prosess heller enn 100 % optimalisering.

Internlogistikk med produktdifferensiering ved hjelp av robotisert lasting er allerede i bruk ombord i eksisterende nybygde båter. Her kan prosjektet hente en del kunnskap hvordan dette fungerer i regulært fiske, og eventuelt forenkle eller videreutvikle dette konseptet. I tillegg må det (videre)utvikles teknologi for bløgging og deteksjonsteknologi, som for eksempel maskinsyn. Maskinsyn kan blant annet egne seg til artsbestemmelse, vektestimering, kvalitetsbestemmelse og sortering (død/levende). Ved automatisering av fabrikk, spesielt i forbindelse med produksjon av IQF-filet og pakking, vil maskinsyn kunne utvikles i sammenheng med automatisk trimming og vektestimering av filet (fersk og IQF-Frossen). Automatisering av prosesslinjen vil også forbedre nøyaktighet på innrapportering til salgsavdeling/mottak. Dette vil også gi bedre fangstoversikt med hensyn til arts- og vektfordeling i forhold til fangstdagbok.

For å beskrive fremtidige scenarier har vi gått gjennom hele prosesslinjen ombord fra mottak/ombordtaking til fryselagring. For hvert prosesstrinn har vi beskrevet ulike alternative løsninger/teknologi hvor disse blir kategorisert som: tilgjengelig teknologi, teknologi under utvikling, ny teknologi og FOU område (se vedlegg 2-5). Videre er det indikert hvorvidt det fins pågående prosjekter hos SINTEF eller hos NOFIMA relevant for de alternativene for de ulike prosesstrinnene (se vedlegg 1).

Scenarioene er forsøkt beskrevet i et flytdiagram hvor også de viktigste områdene for FoU er indikert, sammen med 3D tegninger over mulige framtidige scenarioer for prosesslinje på trål (se vedlegg 1-5). Følgende visualiseringer av fremtidens prosesslinje på trålere er gitt i figurer i vedlegg:

- Figur 22 Flytskjema over fremtidens prosesslinje frem til sortering/før sløyving på tråler. Oppgaver som er vurdert som FoU-oppgaver er illustrert med rød farge (tegning: Steeltech og SINTEF)
- Figur 23 Flytskjema over fremtidens prosesslinje fra sortering/før sløyving til filetproduksjon på tråler. Oppgaver som er vurdert som FoU-oppgaver er illustrert med rød farge (tegning: Steeltech og SINTEF)
- Figur 24 3D tegninger over mulig prosesslinje inklusiv ombordtaking, levendelagring og slakting (Steeltech og SINTEF)
- Figur 25 3D tegninger over mulig prosesslinje for sortering (art, vekt, kvalitet) (Steeltech og SINTEF).
- Figur 26 3D tegninger over mulig prosesslinje for filetproduksjon (Steeltech og SINTEF)

7 Gjennomførte forsøk med levendefiskteknologi og slakting av villfisk

7.1 Forsøk med vakuumpumping og oppbevaring av levende fisk

Under et ordinært trålfiske vil det som oftest bli fisket i tre til fire timer før redskap og fangst hives opp på dekk. Trålfanget fisk får normalt en tøff behandling når fangsten hales ombord, noe som gir forringet kvalitet ved blant annet at fileten får et rosa skjær. Ved store hal blir fisken liggende lenge før den blir sløyd, som medfører at det er mye blod igjen i fileten (Olsen *et al.*, 2013).

Forsøk gjort ombord på Nergård-tråleren “J. Bergvoll” på torsk i 2011 (CRISP årsrapport 2011) og på hyse og sei i 2012 (CRISP årsrapport 2012) har vist at det er mulig å holde store deler av fangsten levende etter at den er tatt ombord selv når sekken er dradd opp slippet til tråldekket. Mer enn 90 % av torsken vil overleve på hal inntil 10–12 tonn, noe lavere prosentandel for hyse og lavest for sei. Fisk tatt med trål kan holdes levende i tanker i 5–6 timer, lenge nok til at den får fjernet blod fra den hvite muskulaturen. Metoden gjør at trålfanget fisk kan oppnå minst like god kvalitet som linefanget fisk.

I mai 2010 ble det gjennomført forsøk med vakuumpumping av fisk i samarbeid med M/S Kildin og Aker Seafood – Båtsfjord AS. Resultatene fra dette forsøket viser lite skader på fisken som ble pumpet levende, bortsett fra noe slitasje på skinnen. Pumping av levende fisk er mer kritisk med hensyn til råstoffkvaliteten enn pumping av død fisk, fordi skader som påføres fisken mens den er i live gir i blodflekker i fileten. Skader påført død fisk under pumping resulterte som ventet ikke i blodfeil i muskelen, mens slag-/klemskader gav kvalitetstap i form av knusning/spalting i muskelen uansett om fisken var levende eller død når den ble pumpet. Det var betydelig høyere frekvens av skader på fisk som ble pumpet etter at den var sløyd, enn på fisk som ble pumpet levende eller bløgget usløyd (Akse *et al.*, 2011).

Resultater fra tokt med J. Bergvoll på Thor Iversen-banken fra 8. til 14. mai 2014 etter torsk, viser gjennomsnittlig halstørrelse på 14 ± 4 tonn og haltid på 4 ± 1 time. Torsken som ble tatt hadde en snittlengde på 76 ± 8 cm, snittvekt på $3,5 \pm 1,0$ kg. Det ble hentet ut tilfeldig utvalg av torsk fra codend etter slipsetting og etter pumping fra codend. Etter 6 timer i levendefisktank ble dødeligheten registrert og fisken slaktet. Resultatene viser en gjennomsnittlig overlevelse på 64 ± 19 % per hal og at pumping er noe mer skånsomt (77 ± 9 % overlevelse). En overlevelse på over 80 % (avhengig av art) er derfor ikke urealistisk, med tanke på at dette var første gangen det gjennomføres vakuumpumping av fisk fra codend i kommersiell fiske. I tillegg var plassering av pumpe og kobling av slange til codend ikke optimalisert i dette forsøket. Fisken ble dermed liggende en tid i sekken bak fartøyet, før pumpingen tok til. Det ble også observert noe bloduttredelse på hode og finner, men det var ingen forskjell fra fisk som var pumpet, mot fisk som var halt opp slipen. Om pumping er mer skånsom enn tradisjonell slipsetting av sekk, er avhengig av den totale belastningen fisken blir utsatt for. Tiden fisk ligger i sekken før den pumpes ombord vil variere både med hal-størrelse og ombordtakingshastighet. Ved store hal kan pumping være mer gunstig, men dette må ses i sammenheng med kapasiteten ved pumpehastighet. Dersom fartøyet ikke kan ta ombord fangsten hurtig under høy sjø, kan pumping slik den ble gjennomført ombord på J. Bergvoll påføre fisken i codend en del ekstrabelastning. I motsetning til tidligere forsøk, så var det i 2014 montert fangstbegrensing og fiskelås på trålsekken. Dette kan ha bidratt til større trykk på fisken mot slutten av tauingen og kan forklare en del av avskrapningen på huden, bloduttredelsene og dødeligheten.

Forsøkene viser at selv om en del av torsken i et trålhal dør, er det ikke noe problem da denne kan sorteres ut og prosesseres på vanlig måte. I tillegg kan man etablere et bufferlager med levende fisk for kontinuerlig produksjon av HG-fisk, som har like god kvalitet som fisk tatt på juksa og line.

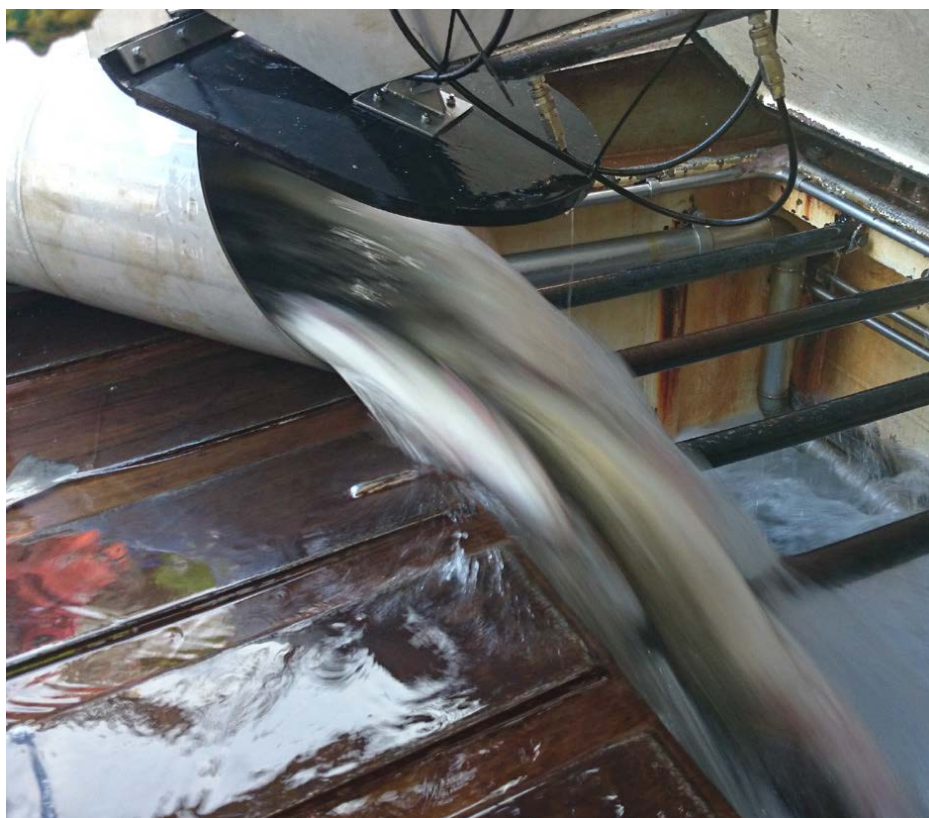
Fisk med god kondisjon søker normalt mot dypet og vil bli først pumpet ombord, så den siste fisken i codend vil trolig egne seg dårlig for levendelagring, selv om pumpetiden for å tømme sekken er kortere enn én time. På snurrevadfartøyet "Gunnar K" går også den fisken som først pumpes om bord til levendelagring, mens den siste fisken som blir tatt om bord ofte er "flytere" og går rett ned i bingen til bløgging og sløying (Westavik & Grimsmo, 2011).



Figur 19 Når hele sekken hales ombord utsettes fisken for mye press og klemskader (Foto: © NOFIMA)



Figur 20 Festing av codend til pumpeslangen (Foto: © NOFIMA)



Figur 21 Vakuumpumpen leverte 20 tonn per time og fisken ble pumpet ned i mottaksbingene (Foto: © NOFIMA)

7.2 Teste ny teknologi for bedøving og avliving

7.2.1 Forsøk med elektrobedøving og automatisert bløgging – STANSAAS #1

Det ble gjennomført to tester på torsk i februar 2014 hvor man benyttet elektrobedøver (STANSAAS #1) og Prototyp 2 av automatisk bløggemaskin (se Figur 2). Forsøkene ble gjort ved kaikanten ved Myre Fryseterminal på Myre (13–14 februar 2014) og ombord på snurrevadfartøyet Meløyfjord (15–17 februar 2014).

Resultater fra forsøk på Myre: Bløggekuttet (treffpunkt) ble evaluert på 84 fisk, der det viste seg at 41 % av fisken hadde feilaktig bløggekutt. Det ble ikke funnet forskjell i utblødningsgrad på fileter fra fisk som var manuelt bløgget (strupekutt, $n = 18$) og fisk som ble bløgget automatisk med Prototyp 2 ($n = 31$). Midlere score var rundt 0,8 for begge gruppene (rosa fargeskjær). Det var heller ikke forskjell mellom gruppene når det gjelder i hvor stor grad nakkeregionen var misfarget av blod (midlere score rundt 0,6 for begge gruppene).

Resultater fra forsøk ombord på Meløyfjord: Vekt og lengde på torsken som ble testet om bord var henholdsvis $5,2 \pm 0,2$ kg og 79 ± 1 cm ($n = 49$). Det viste seg at 37 % ($n = 81$) av fisken hadde feilkutt. Når det gjelder blod i nakkeregionen, var det signifikant mer blod i nakken på fisk som var automatisk bløgget sammenliknet med manuelt bløgget fisk ($p = 0,044$). Imidlertid var gjennomsnittsverdiene lave, omlag score 0,5 for manuelt bløgget fisk og 0,7 for automatisk bløgget fisk. Det var ingen forskjell ($p > 0,05$) med hensyn til grunnfargen i filet (score rundt 0,9 for begge gruppene, noe som korresponder med rosa fargeskjær).

Generelle observasjoner fra testene

Bløggemaskinen var spesielt sårbar for trykkluftfall og det viste seg at det var helt nødvendig at fisken var bedøvd i forkant (for posisjonering og kutting). Videre var det nødvendig at omdreiningsmomentet på den roterende kniven må opprettholdes. Det var noen problemer med fiksering av brystfinner og det er nå bestemt, i samråd med FHF og SeaSide AS, at dette skal gjøres med maskinsyn. Idet fisken føres inn i bløggemaskinen vil den da fotograferes og bløggepunkt defineres ut fra bildet. Fisken vil deretter føres til egnet plassering før kniven går ned. Prototyp 2 fungerer ellers som ønsket, men en rekke mindre endringer er foreslått på konstruksjonen for å gjøre den egnet for industriell bruk, forbedre funksjonene og først og fremst få opp hastigheten. I siste test om bord gikk hele bløggeoperasjonen på seks sekunder. Målet er 2–3 sekunder for hele operasjonen, og vi mener dette vil kunne oppnås ved optimalisering av funksjonene omtalt ovenfor. Bløggemaskinen skal utvikles videre i et nytt FHF-finansiert prosjekt innvilget i juni 2014 (FHF-prosjekt #901015) *Førstegenerasjon videreutvikling av teknologi for automatisk bløgging av hvitfisk ombord (BLØGGOMAT1)*.

8 Implementeringscase for fremtidens automatiserte prosesslinje ombord

De to rederiene som har vært mest aktive i dette forprosjektet med tanke på ombygging, eller nybygg av fartøy er Roaldnesrederiet og Vartdalrederiet. Begge rederiene planlegger nybygg og begge rederiene vurderer filetproduksjon ombord. Rederiene er også klare på at bemanningsbehovet ombord må ned uten at kapasiteten svekkes.

En prosesslinje ombord i en fiskebåt er skreddersøm, og den endelige løsningen blir til i nær dialog mellom rederi, skipsdesigner og leverandør av fabrikkløsninger. Økonomi, forventinger til marked, tilgjengelig plass og kvotegrunnlag/driftsform setter rammer for endelig løsning. Driftssikkerhet og servicetilbud på prosessutstyr er også viktige hensyn som tas. Ved siden av disse rammebetingelsene er erfaring, gjerne gjennom flere generasjoner, det viktigste fundamentet for valg av utstyr og design av prosesslinjer.

Utvalget av tilgjengelig prosessutstyr må sies å være relativt begrenset i forhold til fabrikat og modeller, mens en i utgangspunktet har flere frihetsgrader ved design av prosesslinje. Det er imidlertid også slik at tilgjengelig prosessutstyr til en viss grad vil bestemme design av prosesslinje.

Det er fortsatt et stort utviklingspotensial i ombordtaking av hvitfisk fra trål som alternativ til sekking. Hvis en ønsker bufferlagring av levende fangst før produksjon, er det også flere viktige veivalg en må gjøre: Vil en for-sortere fangst før overføring til tank? Dimensjonerende kapasitet for hele fiskeriet? Hvor mange tanker er det behov for? Trengs kjøling eventuelt oksygenering av vann?

Noen av de viktigste områdene med betydning for fremtidens prosesslinje ombord er utvikling av automatisk sortering på art og vekt (eventuelt kvalitet) i starten av prosesseringslinjen og automatisert produksjon og pakking av produkter.

Hvis en tenker seg at hver bedøvd og bløgget fisk "visste" hvor den skulle og hvilket produkt den skulle bli til ut i fra rederiets føringer (marked, bestillinger etc.), og basert på automatisk identifisering av art, vekt og eventuelt kvalitet, vil dette kunne få viktige følger for logistikk, transportsystem og design av prosesslinje ombord. I 3D-tegningen er dette forsøkt illustrert.

Når det gjelder utvikling og produksjon av mer konsumentvennlige produkter ombord vil det være et stort behov for utvikling av automatiserte løsninger. Her vil erfaringer og løsninger utviklet for annen næringsmiddel- og vareproduserende industri kunne overføres og tilpasses ombordproduksjon av sjømatprodukter. En global trend er i økende grad å knytte ulike tjenester til produkter. Madshus ski lanserer høsten 2014 RFID brikker i hver ski, som gjennom en leser og en mobilapplikasjon gjør valg av riktig ski enklere og samtidig gir kunden noe langt mer enn bare et nytt skipar. Ombordproduksjon av konsumentprodukter er også ganske "eksotisk" og vil kunne gi interessante muligheter for å knytte "tjenester" til disse produktene gjennom individuell merking, sporing og gjenkjenning.

Generelt vil det være fordelaktig med en mest mulig fleksibel produksjon ombord. Det vil blant annet si at omstilling til ulike produktvarianter (ut i fra egne føringer og fangstsammensetning) bør ta (svært) kort tid. Ved filetproduksjon ombord er det mye bufring av fisk og "halvfabrikata" underveis i produksjonen. Hver fisk eller halvfabrikata blir også manuelt håndtert en rekke ganger. Alle batcher eller "køer" under produksjonen gir forsinkelse, effektivitetstap og potensielt kvalitetstap. En

verdistrømsanalyse (såkalt "Value stream mapping") kan være et nyttig verktøy å bruke under filetproduksjon ombord. Dette kan ikke gjøres på et kontor men må gjennomføres i reell produksjon hvor alle relevante aktører blir involverte. En verdistrømsanalyse må ikke forveksles med ønsket eller fremtidig verdistrømskart, men vil kunne være et viktig verktøy for å effektivisere produksjonen.

9 Videre utviklingsløp for realisering av fremtidens automatiserte prosesslinje ombord

Det er allerede igangsatt flere prosjekter med fokus på fremtidens prosesslinje ombord. Tabellen nedenfor gir en oversikt over noen tema som berøres i de ulike forskningsprosjektene. Selv om en rekke aktiviteter er igangsatt (og noen under avslutning) er det likevel viktig at det settes i gang utvalgte prosjekter/aktiviteter for at rederiene skal få et best mulig grunnlag når beslutninger taes om bygging av fremtidens automatiserte prosesslinje ombord. I tillegg er det svært viktig at prosjektene sees i sammenheng, og at FoU-miljøene samarbeider godt til beste for næringen. En enhetlig satsning mot denne flåtegruppen oppnås gjennom en videreføring av OPTIPRO-prosjektet.

Tabell 3 Oversikt over pågående prosjekter relatert til fremtidens prosesslinje ombord

Prosesslinje trål	SINTEF Fiskeri og Havbruk	Nofima
Overføring av levende fisk/ombordtaking	Qualifish (uttesting av et konsept sammen med utstysleverandør)	CRISP, CATCH, FBA (Nasjonalt kompetansesenter for fangstbasert akvakultur)
Bufferlagring av levende fisk før slakting	DANTEQ (forsøk under publisering)	CRISP, CATCH, FBA (Nasjonalt kompetansesenter for fangstbasert akvakultur)
Sortering av død og levende fisk	Qualifish (vision, ombord)	CRISP, CATCH, FAB
Bedøving, bløgging og utblødning	DANTEQ (elektrobedøving, ombord, resultater under publisering), BLØGGOMAT 1 (bløgging, ombord)	CRISP, CATCH, FAB
Automatisert sortering hel fisk/filet	Qualifish (visionsystem, kvalitet, hel fisk og filet, fokus fiskeindustri) Melbusystems (visionsystem, art og størrelse, hel fisk, fokus flåten)	Spektral avbildning av matkvalitet
Automatisert trimming og pinnebein fjerning	FHF 900877 (hvitfisk), RoboTrimNo1 (automatisert trimming av laksefilet)	FHF Prosjektnr: 900995 (Pin bone pulling)
Produksjonslogistikk	Qualifish (både flåte og landindustri)	CATCH
Restråstoff	FHF 900949	FHF 900949

10 Konklusjon

Prosjektet representerer vilje og mulighet i forhold til automatisering og kvalitetsheving for norsk fiskerinæring. Prosjektet vil blant annet bidra til etablering av levendelagrings- og automatiseringssystemer i prosesslinja ombord på trålerflåten. Det er noe usikkerhet rundt muligheten for etablering av levendelager ombord på eksisterende fartøy, men på nybygg er dette fullt mulig, med eksisterende teknologi. Når det gjelder prosesslinjen er det mulig å forbedre arbeidsmiljøet og effektiviteten ved hjelp av automatiseringssystemer. Det er fortsatt et stort potensial i å utnytte restråstoff om bord i trålerne. For å få økt lønnsomhet fra dette restråstoffet kreves utvikling av automatisert, kompakt og egnet teknologi som også kan ivareta merverdien (med hensyn til kvalitet og utbytte) av å prosessere helt ferskt råstoff. For å holde byggekostnadene (nybygg og ombygging) nede, er optimalisering av logistikk og areal et viktig tema. For å lykkes med disse endringene er det derfor nødvendig med mer forskning og utvikling, i samarbeid med rederiene og utstysleverandørene, for å få til en økonomisk, sikker, kvalitetsmessig stabil og effektiv fangsthåndtering og prosessering.

11 Referanser

- Akse, L. & S. Joensen (2004a). Fangstskader på ferskt råstoff (torsk) levert fra kystflåten. Fangstskadeindeks til bruk i mottakskontroll og kvalitetssortering. Rapport 10/2004, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Akse, L., S. Joensen & T. Tobiassen (2004b). Fangstskader på råstoff i kystfisket. Torsk fisket med garn, line, snurrevad og juksa, mars-mai 2004. Rapport 15/2004, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Akse, L., S. Joensen, T. Tobiassen & S.H. Olsen (2013). Råstoffkvalitet torsk. Gruppert i kvalitetsklasser basert på fangstskader. Rapport 36/2013, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., K.Ø. Midling, S. Joensen, T. Tobiassen & G. Martinsen (2011). Pumping av torsk og laks. Arbeidspakke 3: Hvitfisk – effekt av pumping. Rapport 9/2011, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., T. Tobiassen & G. Martinsen (2010). Ilandføring av usløyd torsk, hyse og sei – optimal behandling og kjøling med hensyn til kvalitet på fisk og fiskeprodukter. Rapport 26/2010, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., T. Tobiassen & S. Joensen (2011). Bløggerutiner ombord på fiskefartøy. Trål, kystline og garn. Rapport 50/2011, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., S. Joensen, T. Tobiassen & V. Hardarson (2008). Utblødning av torsk i kjølt sjøvann. Rapport 26/2008, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., T. Tobiassen, S. Joensen, K.Ø. Midling & K. Aas (2005). Fangstskader på råstoffet og kvalitet på fersk filet. Rapport 4/2005, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., S. Joensen, K. Heia, T. Tobiassen, A.H. Sivertsen & P.A. Wang (2012). Blodtapping av torsk - bløggemetoder og tid før bløgging eller direktesløyting. Rapport 19/2012, Nofima, Tromsø.
- Akse, L., T. Tobiassen, K.Ø. Midling & K. Aas (2007). Pre-rigor filetering av levendefanget torsk - I: Filetkvalitet - vill torsk restituert i merd etter fangst, uten fôring. Rapport 3/2007, Nofima Akvaforsk-Fiskeriforskning AS, Tromsø.
- Aursand, I.G., M. Bondø, J.A. Fossum & J.R. Mathiassen (2012). Evaluering av laste-/losse- og kjølesystem om bord på pelagisk fartøy. Effekt på fangstkvalitet. FHF-prosjekt #900553. SINTEF-rapport #A22610.
- Aursand, I.G. & L. Gallart-Jornet (2008). Gentle pumping of pelagic fish from purse seine to vessel – Comparison of two pumping technologies. SINTEF report SFH80 F085028. Konfidensiell.
- Bondø, M.S., J.R. Mathiassen, P.A. Veberstad, E. Misimi, E.M.S., Bar, B. Toldnes & S.O. Østvik (2011). An automated salmonid slaughter line using machine vision. *Industrial Robot: An International Journal*, **38**:4, pp. 399–405.
- CRISP annual report (2011).
http://www.imr.no/prosjektsiter/crisp/filarkiv/crisp_annual_report_2011.pdf/en
- CRISP annual report (2012).
http://www.imr.no/filarkiv/2013/04/crisp_annual_report_2012_screen.pdf/en
- CRISP annual report (2013).
http://www.imr.no/prosjektsiter/crisp/products_and_outputs/annual_reports/crisp_annual_report_2013/crisp_2013_til_web.pdf/en
- Barstad, W. & E. Juelsen (2011). Sikker, automatisert, effektiv og hygienisk råstofflogistikk på nye frysetrålere. Rapport. Strand Sea Service. Rapport. 31.10.2011.
- Digre, H., U. Erikson, E. Misimi, B. Lambooij & H. van de Vis (2010). Electrical stunning of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): Comparison of an Industrial and Experimental Method. *Aquaculture research*, **41**, pp. 1190–1202.

- Digre, H., U.J. Hansen & U. Erikson (2010). Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fish size and different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus*. *Fisheries Science*, **76**, pp. 549–559.
- Digre, H., Sistiaga, M., Grimaldo, E., Schei, M. (2013). Fangstoperasjon og fiskekvalitet -tokt med snurrevadfartøyet Harhaug mars 2012. Delrapport i prosjektet "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfartøy" med vekt på arbeidspakke 2 og 3. SINTEF rapport nr A25246.
- Erikson, U. & T. Rosten (1997). Kvalitetsevaluering av pumping og håving av slaktelaks til brønnbåt. Oppdrag utført av KPMG i samarbeid med Flasetsund slopp AS og Domstein Salmon. Rapport 18s.
- Erikson, U., E. Misimi, M. Schei, H. Digre, S. Wiborg Dahle & L. Grimsmo (2009). Superfersk fisk med riktig kvalitet: Rapport fra tokt med M/S Skaidi 21 - 31 november 2008. SINTEF rapport nr. SFH80 A095060.
- Erikson, U., L. Grimsmo, H. Westavik & H. Digre (2014). Sluttrapport AP3: Automatisk bedøving av villfisk "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk om bord på snurrevadfartøy" FHF rapport nr. 900526, SINTEF rapport nr. A26092.
- Erikson, U., S.H. Gjøsund, M. Sistaga, H. Westavik, M. Heide, L. Grimsmo & H. Digre (2013). Sluttrapport AP2: Skånsom ombordtaking og oppbevaring av snurrevadfanget fisk før avliving. Visualisering av konsept for oppbevaring av fisk før bedøving. SINTEF rapport nr. A23928
- Erikson, U, B. Lambooi, H. Digre, HGM Reimert, M. Bondø & H. van der Vis (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 AQUI-STM. *Aquaculture* 324-325: 135-144.
- Erikson, U. (2012). AP3 – Utvikle konsepter for automatisk bedøving av villfisk. SINTEF-notat datert 2012-01-09, 8 sider.
- Falch, E., T. Rustad, R. Jonsdottir, N.B. Shawd, J. Dumay, J.P. Berge, S. Arason, J.P. Kerryd, M. Sandbakk & M. Aursand (2006). Geographical and seasonal differences in lipid composition and relative weight of by-products from gadiform species. *Journal of Food Composition and Analysis*, **9**: 6-7, pp. 727–736.
- Falck, E. & R. Slizyte (2008). Muligheter for anvendelse av biprodukter fra oppdrettstorsk, Rapportnr. SFH80 A085007, oppdragsgiver: NFR.
- Fossum, J. A., J.R. Mathiassen, B. Toldnes & C. Salomonsen (2012). Teknologi for fraksjonert uttak og sortering av restråstoff fra sild – Fase 1. Teknologiprinsipper for fraksjonert uttak og sortering av utvalgte restprodukter fra filetering av NVG sild. FHF #900691, SINTEF rapport nr. A23065.
- Šližytė R., R. Mozuraitytė, O. Martínez-Alvarez, E. Falch, M. Fouchereau-Peron & T. Rustad (2009). Functional, Bioactive and Antioxidative Properties of Hydrolysates Obtained from Cod (*Gadus morhua*) Backbones.
- Grimaldo, E., Sistiaga, M., Rindahl, L., Gjøsund, S.H., Larsen, R. (2011). Utvikling av fangstbegrensende innretninger for flytetrålfisket. Resultater fra småskala forsøk i prøvetanken (06.-09. april 2011) i Hirtshals og fullskala forsøk ombord F/F Jan Mayen (12.-19. mai 2011). SINTEF rapport nr A204010.
- Grimsmo, L., B. Toldnes, R. Wolff & A.K. Carvajal (2013). Utvikling av konsept for fleksibel ombordproduksjon av selolje for økt lønnsomhet i selfangstnæringen. FHF-prosjekt #900822, SINTEF rapport nr. A25527.

- Grimsmo, L. & H. Digre (2012). Teknologibehov for lønnsom bearbeiding av fryst hvitfisk i norsk fiskeindustri- Teknologisk status og teknologibehov i norsk fiskeflåte og hvitfiskindustri, råstoffkvalitet og nye produkter. SINTEF rapport A23114.
- Grimsmo, L., S. W. Dahle, E.H. Bergsted, R. Slizyte & V. Hardarson (2009). Effektiv transport av kjølt marint restråstoff – forprosjekt. SINTEF Report SFH80 A095043, 19 p.
- Grimsmo, L. & S. Jansson (2005). Utvikling av et kompaktanlegg for prosessering av ferske marine biprodukter. Finansiert av RUBIN www.rubin.no RUBIN rapport nr. 4304/123. 45p.
- Heia, K., A.H. Sivertsen, J.P. Wold, S. Ottestad, U. Böcker, M. Carlehög, T. Altintzoglou, I. Sone & B. Gundersen (2012). Automatisk Kvalitetsdifferensiering av Laksefilet. Rapport 7/12, Nofima, Tromsø.
- Heia, K., J.P. Wold & N.K. Afseth (2009). Status på instrumentering for objektiv kvalitetsdifferensiering av lakseprodukter. Rapport 24/2009, Nofima, Tromsø.
- Henriksen, E. & G. Sogn-Grundvåg (2011). Linefisk fra kystflåten: Høyt etterspurt i markedet, men kan vi levere? Rapport 49/2010, Nofima, Tromsø.
- Humborstad, O.B., B. Isaksen, J. Nilsson, L. Rindal, R. Pedersen, B. Enerhaug, K.Ø. Midling, C. Noble & T. Evensen (2013). Teknologikutvikling for fangst, føring og håndtering av levende villfanget torsk. Rapport fra Havforskningen nr. 20-2013. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Isaksen, B. (2012). Fangstbegrensning i snurrevad. HI-Rapport 9/2012.
- Isaksen, B. & K.Ø. Midling (2012). Fangstbasert akvakultur på torsk - en håndbok. Havforskningsinstituttet, Nofima og FHF.
- Isaksen, B., K.Ø. Midling, O.B. Humborstad & T. Kristiansen (2004). Fangstbasert havbruk - en utredning om fangst og hold av villtorsk (*Gadus morhua* L.) og andre marine arter, velferd og risiko. Vitenskapskomiteen for mattrygghet – VKM rapport 04/1170/vkm/inna
- Jakobsen, F. (2012). Fakta ark: Bløggemaskin fra lakseindustrien prøves av trål- og snurrevadflåten (Nofima 2012). FHF-prosjekt #900704. Formidling innen Hvitfisk filét 2012.
- Joensen, S., L. Akse, I. Bjørkevoll & I. Mathisen (2004). Kvalitetsforbedring av råstoff til saltfiskproduksjon - Fangstskader på råstoffet og konsekvenser for kvaliteten på saltfisk. Rapport 16/2004, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Joensen, S., L. Akse, I. Bjørkevoll & I. Mathisen (2005). Kvalitetsforbedring av råstoff til tørrfiskproduksjon. - Fangstskader på råstoffet og konsekvenser for kvaliteten på tørrfisk. Rapport 2/2005, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Lambooi, E., E. Grimsbø, J.M. van de Vis, H.G.M. Reimert, R. Nortvedt & B. Roth (2010). Percussion stunning and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, **300**, pp. 107–112.
- Larsen, T.A. & B. Dreyer (2012). Norske torsketrålere – Struktur og lønnsomhet. Rapport 12/2012, Nofima, Tromsø.
- Larssen, W.E., M. Kjerstad & T. Barnung (2013). Utnyttelse av spekk fra vågehval. Rapport 13/10, Møreforskning.
- Lekang, O.I. & M. Gutierrez (2007). Råvarekilder for omega 3 oljer. Potensialer, ernæring/helse, bærekraftighet og miljøstatus. Sammenligning norske og utenlandske råvarer. Rubinrapport nr 144.
- Mathiassen, J.R., E. Misimi, M. Bondø, E. Veliyulin & S.O. Østvik (2011a). Trends in application of imaging technologies to inspection of fish and fish products. *Trends in Food Science & Technology*, **22**:6, pp. 257–275.

- Mathiassen, J.R., E. Misimi, B. Toldnes, M. Bondø & S.O. Østvik (2011b). High-Speed Weight Estimation of Whole Herring (*Clupea harengus*) Using 3D Machine Vision. *Journal of food science*, **76**:6, pp. E458–E464.
- Mathiassen, J.R., E. Misimi, S.O. Østvik & I.G. Aursand (2012). Computer vision in the fish industry. In Da-Wen Sun (editor) *Computer vision technology in the food and beverage industries*. Woodhead Publishing, pp. 352–378.
- Misimi, E., J.R. Mathiassen, U. Erikson & A. Skavhaug (2006). Computer vision based sorting of Atlantic salmon (*Salmo salar*) according to shape and size. In *Proceedings of International Conference on Computer Vision Theory and Applications*, VISAPP 2006, **1**, pp. 265–270.
- Midling, K.Ø., L. Akse, C. Mejdell, T. Tobiassen, B.S. Sæther & K. Aas (2007). Evaluering av elektrisk bedøvelse til oppdrettsfisk. Industriell norm for etisk slakting og pre-rigor bearbeiding. Nofima (Fiskeriforskings) rapport mars 2007.
- Midling, K.Ø., C. Mejdell, S.H. Olsen, T. Tobiassen, Ø. Aas-Hansen, K. Aas, S. Harris, K. Oppedal & Å. Fremsteinevik (2008). Slakting av oppdrettslaks på båt, direkte fra oppdrettsmerd. Rapport 6/2008, Nofima, Tromsø.
- Midling, K.Ø., S. Harris, O.B. Humborstad, L. Akse, C. Noble, T. Evensen, R. Jakobsen & T. Tobiassen (2011). Slakting direkte fra oppdrettsmerd: Tauranga fase 3. Nofima-rapport 44/2011.
- Nilsen, H., Heia, K., Esaiassen, M. (2008). Basic composition: rapid methodologies. In: *Handbook of Seafood and Seafood Products Analysis*, Chapter 19. 2008,
- Olafsen, T., R. Richardsen, R. Nystøyl, G. Strandheim & J.P. Kosmo (2013). Analyse marint restråstoff 2012: Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge. SINTEF Fiskeri og havbruk AS. Rapport A24531. 21.06.2013.
- Olsen, S.H., Tobiassen, T., Akse, L., Evensen T.H., Midling K. (2013). Capture induced stress and live storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by trawl: Consequences for the flesh quality. *Fisheries Research*. **147**, pp. 446–453.
- Olsen, S.H., S. Joensen, T. Tobiassen, K. Heia, L. Akse & H. Nilsen (2014). Quality consequences of bleeding fish after capture. *Fisheries Research*, **153**, pp. 103–107
- Pedersen, R., Erikson, U., Enerhaug, B., Røsvik, H., Rudi, H., Heide, M.A. (2005). Utvikling av nytt trålerkonsept med slusekammer for bunntråling. SINTEF-rapport STF80 F053015 (fortrolig).
- Rindahl, L., R. Richardsen & L. Grimsmo (2013). Ensilering av restråstoff fra hvitfiskflåten. FHF-prosjekt #900853. SINTEF rapport nr. A24644.
- Rotabakk, B.T., D. Skipnes, L. Akse & S. Birkeland (2011). Quality Assessment of Atlantic cod (*Gadus morhua*) caught by Longlining and trawling at the same time and location. *Fisheries Research*, **112**: 1-2, pp. 44-51.
- Roth, B., E. Grimsbø, E., Slinde, A. Foss, L.H. Stien & Nortvedt (2012). Short communication: Crowding, pumping and stunning of Atlantic salmon, the subsequent effect on pH and rigor mortis. *Aquaculture*, 326-329. 178-180.
- Roth, B., R. Nortvedt, E. Skinde, A. Foss, E. Grimsbø & L.H. Stien (2010). Electrical stimulation of Atlantic salmon muscle and the effect on flesh quality. *Aquaculture*, **301**: 1–4, pp 85–90.
- Salomonsen (2012). Prosjektnotat: Mottaksanleggs meninger rundt bløgging. Telefonintervju med mottaksanlegg FHF-prosjekt #900526.
- Sivertsen, A.H. (2011). Automatic inspection of cod (*Gadus Morhua* L.) fillets by hyperspectral imaging. Doctoral thesis (Doktorgradsavhandling). Universitetet i Tromsø.
- Sivertsen, A.H., K. Heia, K. Hindberg & F. Godtlielsen (2012). Automatic nematode detection in cod fillets (*Gadus morhua* L.) by hyperspectral imaging. *Journal of Food Engineering*, **111**: 4, pp. 675–681.

- Sivertsen, A.H., C.K. Chu, L.C. Wang, F. Godtliebsen K. Heia & H. Nilsen (2009). Ridge detection with application to automatic fish fillet inspection. *Journal of Food Engineering*, **90**, pp. 317–324.
- Sivertsen, A.H., K. Heia & H. Nilsen (2006). On-line sortering av filet. Anvendelse av avbildende spektroskopi. Rapport 12/2006, Fiskeriforskning, Tromsø.
- Soldal, A.V. & A. Engås (1997). Survival of young gadoids excluded from a shrimp trawl by a rigid deflecting grid. – *ICES Journal of Marine Science*, **54**: pp. 117–124.
- Skuseth, H. & S. Aannø (2002). Lønnsomhet og strukturutvikling i fabrikktrålerflåten. *Norsk Fiskerinæring*, nr. 1 - 2002
- Šližytė R., O. Alves-Filho, E. Falch & T. Rustad (2003). The influence of drying processes on functional properties of fish protein hydrolysates from cod (*Gadus morhua*) by-products. Proceedings, 2nd Nordic Drying Conference, June 25-27th, 2003, Copenhagen, Denmark.
- Šližytė R. (2004a). Hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products: Influence of raw material composition and process conditions. Doctoral thesis. Norwegian University of Science and Technology.
- Šližytė R., J. Van Nguyen, T. Rustad & I. Storrø (2004b). Hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products: influence of initial heat inactivation, concentration and separation conditions, *Journal of Aquatic Food Products Technology*, **13**:2, pp. 31–48.
- Šližytė, R., E. Daukšas, E. Falch, I. Storrø & T. Rustad (2004c). Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. *Process Biochemistry*, **40**:3-4, pp. 1415–1424.
- Šližytė R., T. Rustad & I. Storrø (2005). Enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. Optimization of yield and properties of lipid and protein fractions. *Process Biochemistry*, **40**: 12, pp. 3680–3692.
- Tobiassen, T., H. Herland, M. Heide, J. Østli, G. Sogn-Grundvåg, K.Ø. Midling, U. Erikson, H. Digre (2012). Bedømmelse av laksefisk - status i forhold til forskrift og produktfeil. Rapport 32/2012, Nofima, Tromsø.
- Valdemarsen, J.W. (2012). CRISP - erfaringer med ny teknologi. FishTech-konferansen 24. og 25. september 2012, Ålesund
- Westavik, H. & L. Grimsmo (2011.) Rapport fra tokt med snurrevadbåten "Gunnar K", 22. mars 2011 Delrapport 1 i Snurrevadprosjektene; "Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfartøy" og "Implementering av nytt utstyr for bedre og mer effektiv fangstbehandling om bord på snurrevadfartøy". Prosjekt finansiert av FHF-Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond Norges Forskningsråd og SINTEF Fiskeri og havbruk AS. SINTEF rapport nr. A21038.
- Aas, G.H. & M. Kjerstad (2008). Status for utnyttelse av restråvarer fra oppdrettstorsk. Rapport Nr. Å0802, Møreforskning.
- Østvik S.O. & T. Njaa (2007). RUBIN rapport nr. 152. Automatisk utsortering av torskemager fra øvrig slo i forbindelse med manuell sløyelinje. Forprosjekt.
- Østvik, S.O., L. Grimsmo, S. Jansson, E. Dauksas & M. Bondø (2009). Biråstoff fra filetering av sild. Kartlegging og analyse av råstoff og utnyttelsesmuligheter RUBIN rapport nr. 164.

Vedlegg

Vedlegg 1 Oversikt over mulig teknologi for bruk i ulike deler av prosesslinja

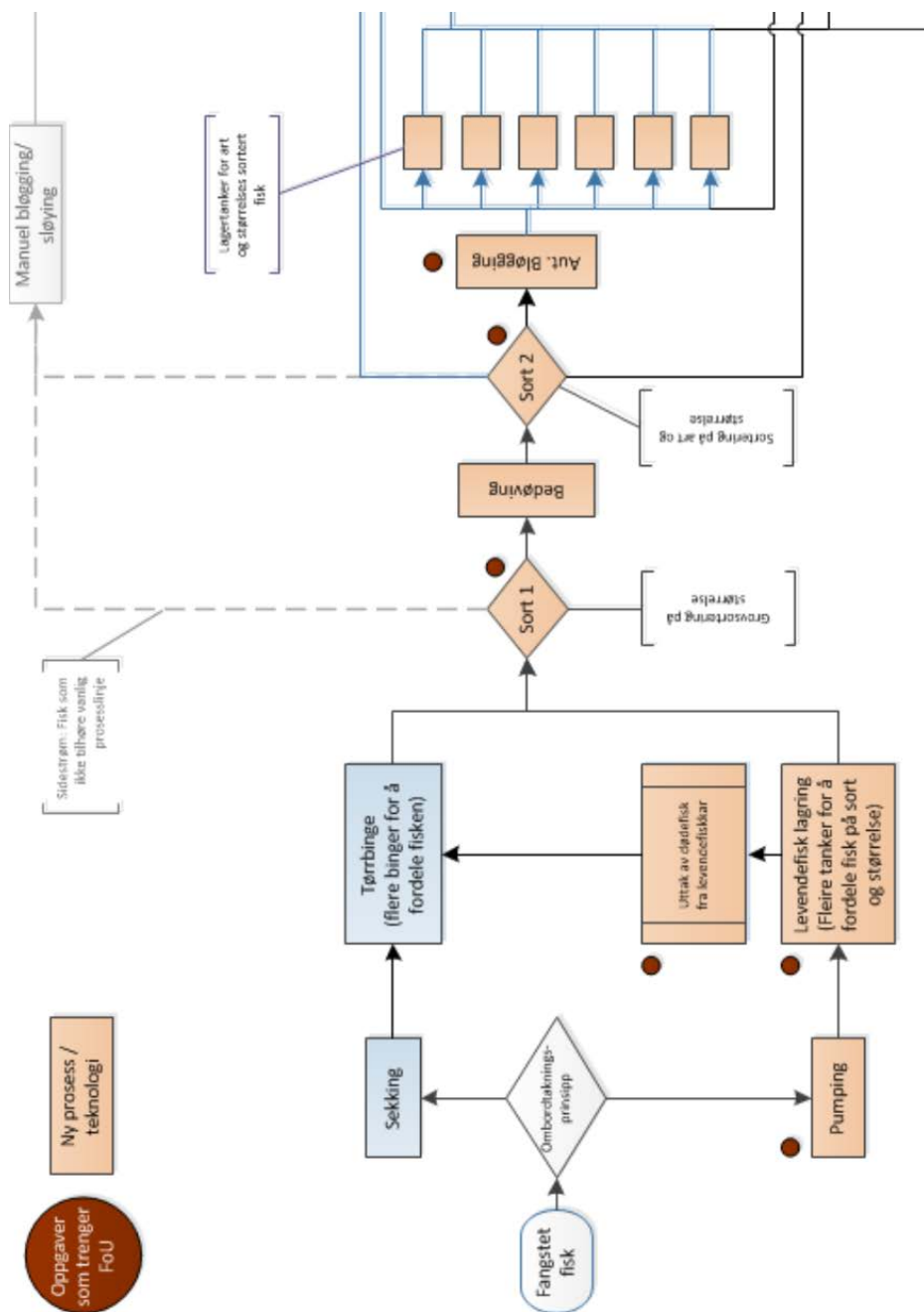
Prosesstrinn	Alternativer	Tilgjengelig teknologi	Teknologi under utvikling	Ny teknologi	FOU-område	Pågående prosjekt SINTEF	Pågående prosjekt NOFIMA
Fangst							
Ombordtaking							
	"Sekking"	x					X
	Vakumpumping	x			x	x	X
	Undertrykkslasking	x			x	x	X
	Ejektorpumpe	x		x	x	x	
	CWC Pumping		x	x		x	
	Luft/Mamutpumpe	x					X
	Vortex pumpe	x			x		
	Slusekammer				x		
Arrangement pumping							
	Fast slange til CODEnd	x				x	X
	Inntak fra side	x					X
	Inntak fra hekk	x					X
	Premontert del slange			x	x	x	X
Sortering av død levende fisk							
	Manuelt	x					X
	Automatisk (NY FoodScanner)			x	x	x	
Levendelagring							
	Tanker		x		x	x	X
	Ekstern levendelagring (Lagring i sjø)		x		x		
Bedøving							
	Elektrobedøving	x				x	X
	Slagbedøving	x					X
	CO2-bedøving	x					
	AQUIS (ikke godkjent i Europa)	x					
	Annen type			x	x		
Sortering (vekt, art)							
	Manuelt	x					X
	Mekanisk grading (vekt)	x					
	Automatisk art vekt (NY FoodScanner)		x	x	x	x	
Bløgging							
	Stikking (Manuelt)	x					X

		Tilgjengelig teknologi	Teknologi under utvikling	Ny teknologi	FOU-område	Pågående prosjekt SINTEF	Pågående prosjekt NOFIMA
Prosesstrinn	Alternativer						
	Strupekutt (Manuelt)	x					X
	Manuelt	x					X
	SeaSide (Bløggeautomat)		x		x	x	
	Baader SI7 (Bløggeauomat)		x		x		X
	Ny teknologi			x	x		
Utblødning							
	Kar m/kjøling	x					X
	Kar u/kjøling	x					X
	Individuell behandling (FIFO)			x	x		
	Andre alternativer			x	x		X
Sortering (vekt, art)							
	Mekanisk gradering	x					
	Manuelt	x					X
	Automatisk (NY FoodScanner)		x	x	x	x	
Direktesløyving/sløyving							
	M/hodekapp	x					X
	U/hodekapp	x					X
	Manuelt	x					X
	Ny teknologi (Innmating)			x	x		
Vasking							
	Vasketank	x					
	Individuell behandling (FIFO)			x	x		
	Ny teknologi			x	x		
Rensing/etterkontroll							
	Manuelt	x					X
	Automatisk (Visospection)			x	x	x	
Sortering (vekt, art, kvalitet, produktdifferensiering)							
	Mekanisk gradering	x					
	Manuelt	x					
	Automatisk (NY FoodScanner)			x	x	x	
HG-fisk_innfrysing							
	Platefryser	x				x	
	Annen teknologi			x	x	x	
Tømming av fryser							
	Automatisk	x					
	Manuelt	x					
Pakking							

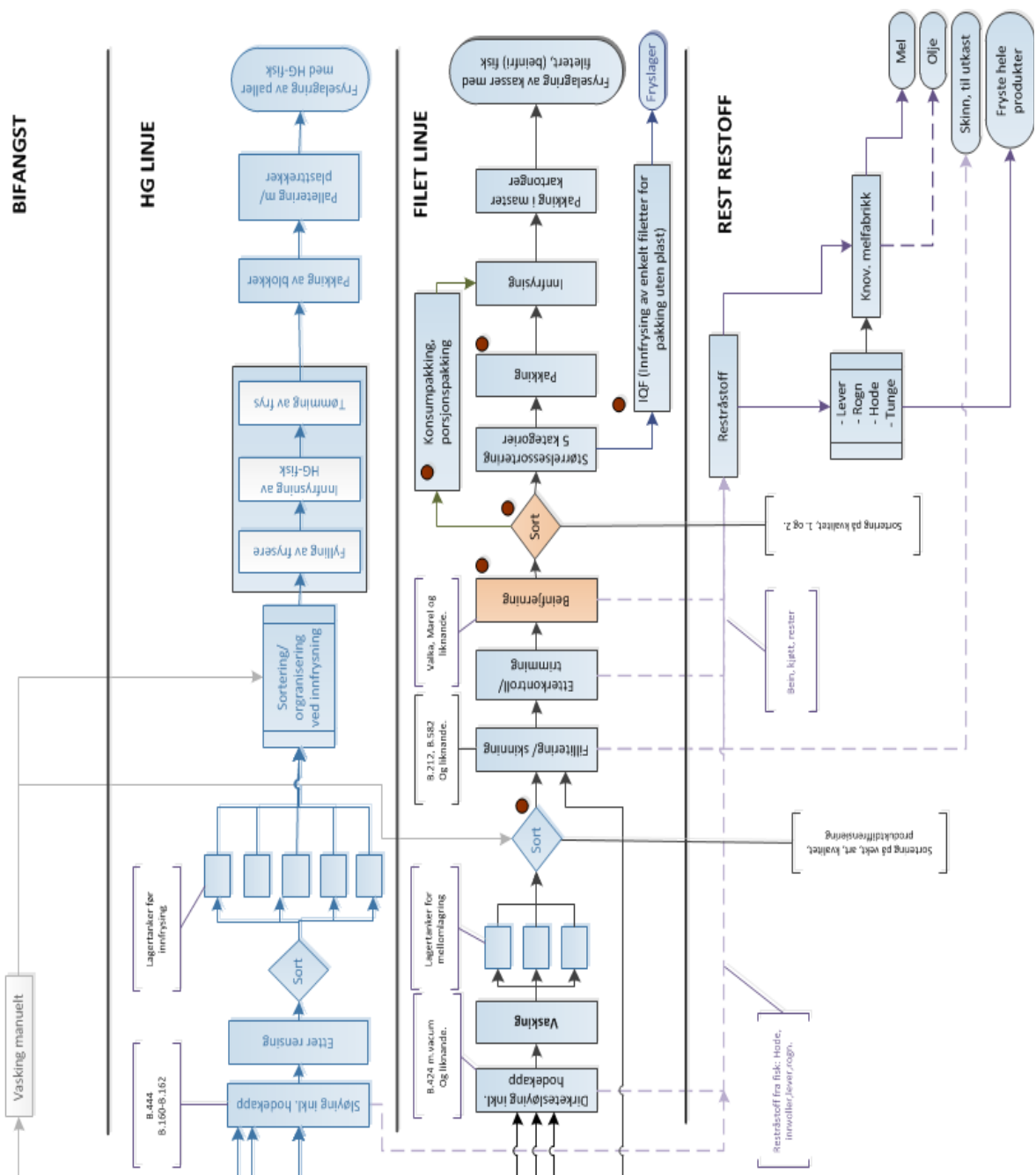
		Tilgjengelig teknologi	Teknologi under utvikling	Ny teknologi	FOU-område	Pågående prosjekt SINTEF	Pågående prosjekt NOFIMA
Prosesstrinn	Alternativer						
	Automatisk	x					
	Manuelt	x					
Palletering							
	Automatisk	x					
	Manuelt	x					
Fryselagring							
	Robotisert	x					
	Manuelt	x					
Filetproduksjon							
	Filetmaskin	x					
	Manuelt	x					
Etterkontroll/trimming/beinfjerning							
	Manuelt	x					
	Ny teknologi	x	x	x	x	x	X
	SensorX	x					x
	Pinnebein	x	x	x	x		x
Sortering (vekt, 5 kategorier)							
	Manuelt	x					
	Automatisk	x	x	x	x	x	
Pakking av ferske fileter							
	Manuelt	x					
	Automatisk			x	x		
Innfrysing							
	Horisontale platefrysere	x					
	Annen teknologi	x					
Pakking av småkartonger i masterkartonger							
	Manuelt	x					
	Automatisk	x	x				
Fryselagring							
	Manuelt	x					
	Automatisk	x					
Generelle punkt:							
Intern logistikk gjennom hele linjen							
	Manuelt	x					
	Automatisk	x			x	x	
Fabrikkstyringssystem							
		x	x	x		x	

		Tilgjengelig teknologi	Teknologi under utvikling	Ny teknologi	FOU-område	Pågående prosjekt SINTEF	Pågående prosjekt NOFIMA
Prosesstrinn	Alternativer						
Restråstoff							
Lever, rogn, hode, tunge, kjake, slo, mel, olje, farse, skinn	Fraksjonering		x	x	x	x	X
	Håndtering						X
	Ensilering						X
	Innfrysing	x					
	Intern logistikk	x					
Nye produkter	IQF-filet	x					
	Konsumpakninger	x					
Emballering/sporbarhet		x	x	x	x	x	

Vedlegg 2 Flytskjema over mulige scenario for framtidig prosesslinje på trål

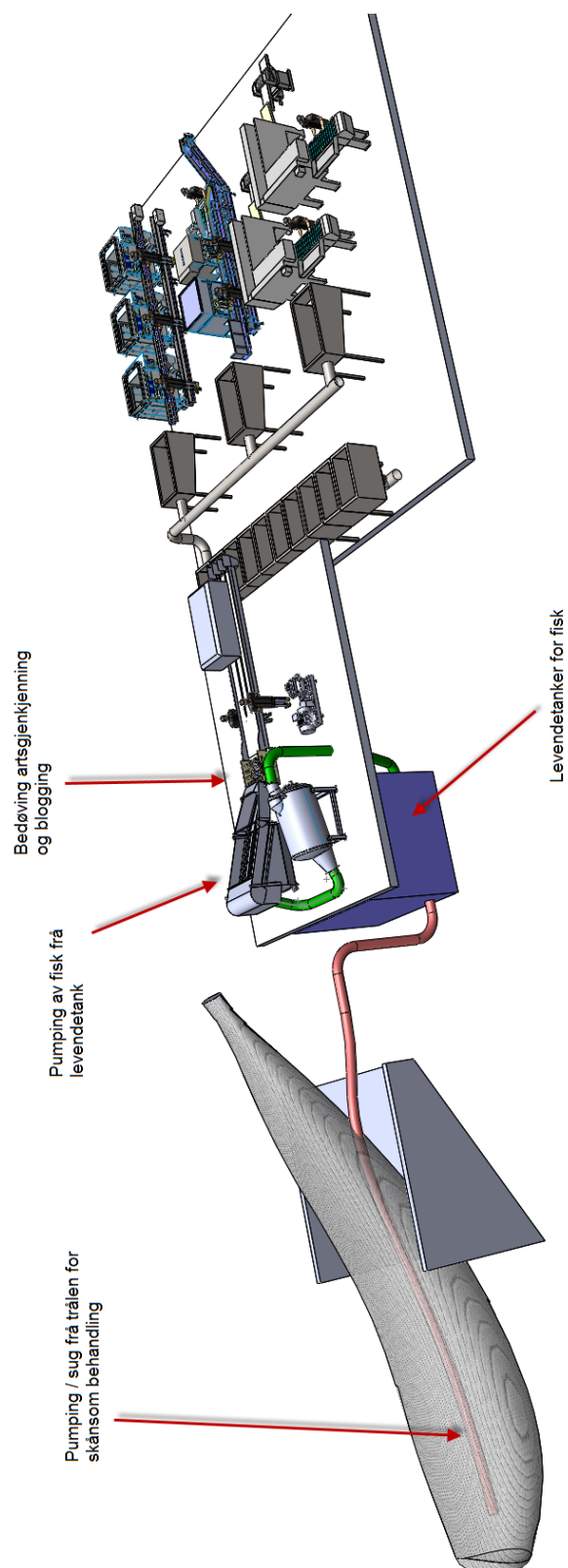


Figur 22 Flytskjema over fremtidens prosesslinje frem til sortering/før sløyting på tråler. Oppgaver som er vurdert som FoU-oppgaver er illustrert med rød farge (tegning: Steeltech og SINTEF)



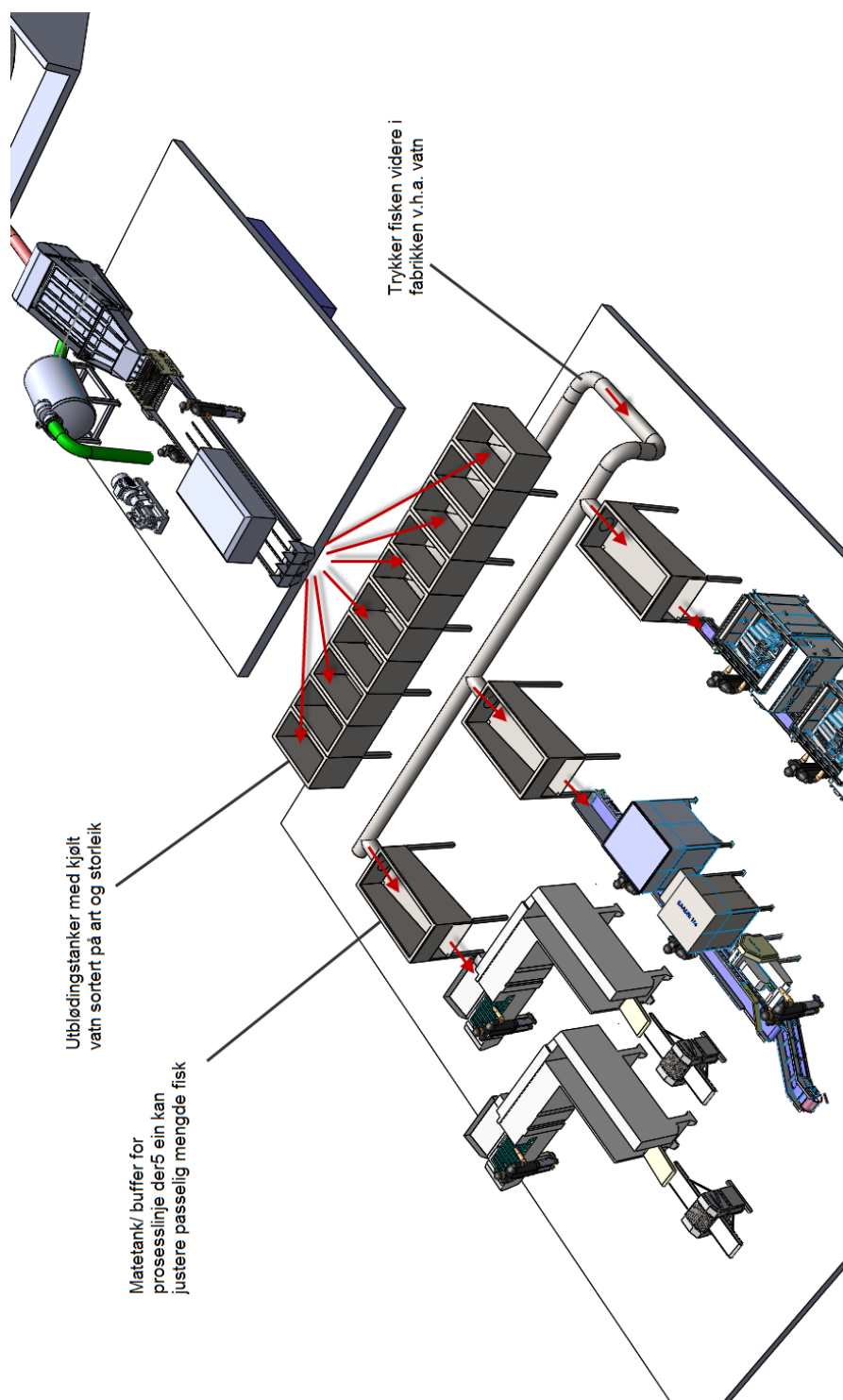
Figur 23 Flytskjema over fremtidens prosesslinje fra sortering/før sløyting til filetproduksjon på tråler. Oppgaver som er vurdert som FoU-oppgaver er illustrert med rød farge (tegning: Steeltech og SINTEF)

Vedlegg 3 3D-tegning over mulig scenario for ombordtaking, levendelagring og slakting



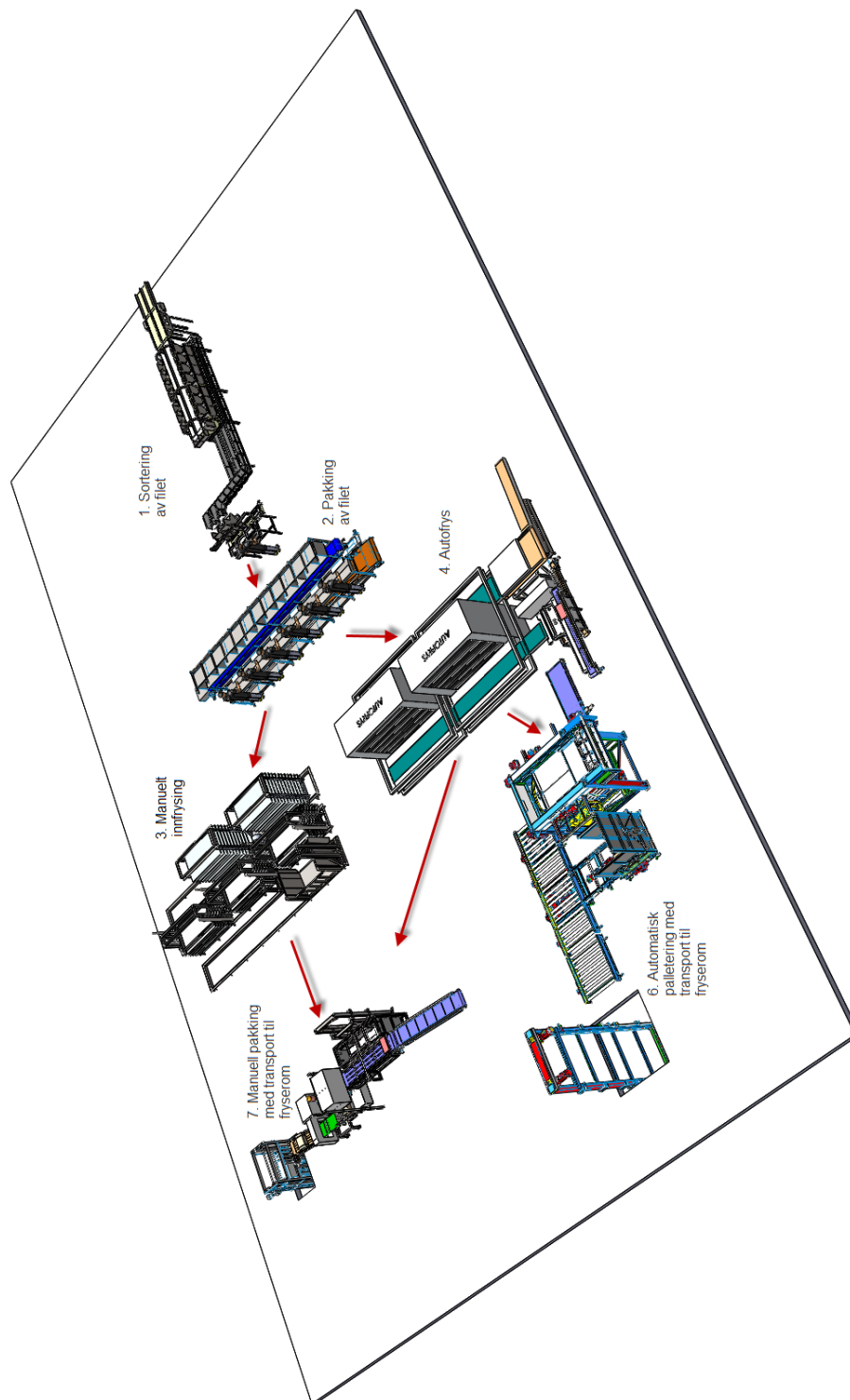
Figur 24 3D tegninger over mulig prosesslinje inklusiv ombordtaking, levendelagring og slakting (Steeltech og SINTEF)

Vedlegg 4 3D-tegning over mulig scenario for sortering (art, vekt og kvalitet)



Figur 25 3D tegninger over mulig prosesslinje for sortering (art, vekt, kvalitet) (Steeltech og SINTEF).

Vedlegg 5 3D-tegning over mulig senario for produktflyt (fillet)



Figur 26 3D tegninger over mulig prosesslinje for filletproduksjon (Steeltech og SINTEF)

