

Havfront AS

Faglig sluttrapport

FHF-prosjektnummer: 901789

Prosjekttittel: FOLLA – Spesialtilpasset ferskfiskmarkedet & oppdrettstorsk

Dato: 10.11.2023

Utarbeidet av: Jostein Henriksen

Godkjent av:

Rolle:

Marius Strømmen

Prosjektansvarlig

Oddbjørn Gudmundsen

Prosjektleder

Signatur:

Godkjent av:

Rolle:

Arne Karlsen

Prosjektgruppe

Rune Eriksen

Prosjektgruppe

Signatur:

Forord

Havfront har gjennom 10 år jobbet med å videreutvikle og effektivisere hvitfisknæringen gjennom ny teknologi for å erstatte manuelt arbeid innen sløyning og kapping av hvitfisk. Vår første maskin Loppa utviklet vi gjennom et tett samarbeid om bord med fiskerne selv. Vår erfaring var at hvitfisknæringen ikke hadde noen nevneverdig nyutvikling innen sløye og kappemetodikken siden tidlig 2000-tallet.

Havfront ser det som naturlig å øke både sin grad av kompetanse, samt øke inntjening gjennom flere funksjoner på maskinen. Vi ønsker å automatisere hvitfisknæringen gjennom ny teknologi, og nye løsninger.

Marius Strømmen

Prosjektansvarlig og daglig leder av Havfront AS

Innhold

1	Sammendrag på norsk / Summary in English.....	3
1.1	Norsk	3
1.2	English.....	3
2	Innledning.....	4
2.1	Faglig bakgrunn	4
2.2	Prosjektets omfang.....	4
2.3	Prosjektorganisering.....	4
3	Problemstilling og formål	5
3.1	Prosjektets effektmål	5
3.2	Prosjektets resultatmål	5
4	Prosjektgjennomføring.....	6
4.1	Metodikk	6
4.2	Gjennomføring	7
5	Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon.....	7
5.1	Resultater	7
5.2	Vurdering av resultatene.....	8
5.3	Konklusjon	9
6	Hovedfunn	10
7	Leveranser	10

1 Sammendrag på norsk / Summary in English

1.1 Norsk

Dette utviklingsprosjektet støttet av FHF har som mål å øke kvaliteten på sløyning av oppdrettstorsk, øke andelen hel torsklever og øke produksjonskapasiteten ved hjelp av teknologi. Dette skal utføres på en av Havfronts eksisterende sløye- og kappemaskiner, Folla.

For at oppdrettstorsken skal kunne presenteres på en bedre måte til forbrukerne, så ønsker butikkene hel kverk, og gjennom dette prosjektet ble denne nye sløyemetoden utviklet for Folla.

Slakteriene ønsker økt mengde hel lever som kan selges til høyere pris enn skadet og nedklasset lever som går til produksjon av fiskeolje eller ensilasje. Oppdrettstorsk utvikler stor lever som fyller mye av buken til fisken. Den blir lett skadet av kniven under sløyning, og dermed ofte nedklasset. Med den nye hel-kverk-funksjonen lager Folla fremdeles kutt i leveren, men kuttet er såpass rent og pent, så majoriteten av leveren trenger ikke nedklasseres.

Økt produksjonshastighet ble oppnådd kun ved å optimalisere styringssystemet til Folla. Minimering av tiden mellom start- og stoppsignaler og unødvendige forflytninger økte effektiviteten med 35%.

Gjennom masteroppgaven til Jostein Henriksen ble det gjort en vurdering om maskinlæring/maskinsyn kan brukes til å forbedre kvaliteten på sløyefunksjonen til Folla.

Konklusjonen var absolutt positiv, maskinlæringsalgoritmen som ble laget i masteroppgaven var i stand til å estimere riktig kuttlengde mellom bukfinner og gatthull for individuelle fisk med et avvik på bare 2 mm i forhold til kontrollmål på fiskene. I praksis er det i orden om kuttet starter/stopper i 10-15 mm avstand fra gatthullet.

1.2 English

This development project, supported by FHF, aims to improve the quality of the slaughtering of farmed cod, increase the proportion of whole cod livers, and enhance production capacity through technology. This will be carried out on one of Havfront's existing gutting and cutting machines, Folla.

For presenting farmed cod in a better way to the consumers, stores prefer whole carcasses (shoulder bones), and through this project, this new gutting method was developed for Folla.

The fish processing facilities want an increased quantity of livers that can be sold at a higher price than damaged and downgraded livers, which are used in the production of fish oil or silage. Farmed cod develops large livers that fill much of the fish's abdomen. It is easily damaged by the knife during slaughtering, and therefore often downgraded. With the new whole-carcass function, Folla still makes cuts in the liver, but the cut is so clean and precise that most of the liver does not need to be downgraded.

Increased production speed was achieved solely by optimizing the control system of Folla. Minimizing the time between start and stop signals and unnecessary movements increased efficiency by 35%.

Through Jostein Henriksen's master's thesis, an assessment was made about whether machine learning/machine vision can be used to improve the quality of Folla's slaughtering function. The conclusion was positive; the machine learning algorithm created in the master's thesis was able to estimate the correct cutting length between the pectoral fin and the vent hole for individual fish with a deviation of only 2 mm compared to the control measurement on the fish. In practice, it is acceptable if the cut starts/stops within a 10-15 mm distance from the vent hole.

2 Innledning

2.1 Faglig bakgrunn

Gjennom de siste fem årene har Havfront utviklet FOLLA – skånsom sløye og kappemaskin, til hvitfisknæringen. Maskinen er utviklet til villfanget fisk, og skal sikre hel rogn. FOLLA har vist gode resultater hos ulike brukere, og nå ønsker slakteriene for torskeoppdrett spesielt, men også villfanget næring å tilpasse maskinens funksjoner til sine marked. Økt hastighet vil være viktig for å gjøre maskinen enda mer effektiv for kunde. Økt effektivitet vil gi økt inntjening.

2.2 Prosjektets omfang

- Videreutvikling og forbedring av tidligere prosjekt for automatisering av sløying og kapping for landindustrien, FHF prosjekt 901403 FOLLA – Sløye og kappemaskin for hvitfisk landanlegg.
- Forbedret resultat og funksjoner for å tilpasse seg flere hvitfiskmarkeder som for eksempel oppdrettstorsk.
- Økt mengde hel lever, siden oppdrettstorsk utvikler stor lever som fyller mye av buken til fisken og dermed lett blir skadet av kniven under sløying.
- Økt hastighet for økt effektivitet.
- Ta i bruk maskinlæring for flere muligheter, og enda mer fleksible sløyeprogram.

2.3 Prosjektorganisering

Havfronts ressursgruppe

Marius Strømmen	<i>Prosjektansvarlig</i>
Oddbjørn Gudmundsen	<i>Prosjektleder</i>
Espen Andreas Vik	<i>Utvikling automasjon</i>
Jostein Henriksen	<i>Utvikling maskinlæring</i>

Prosjektgruppe:

Marius Strømmen	<i>Prosjektansvarlig, ms@havfront.no, 95705010</i>
Oddbjørn Gudmundsen	<i>Prosjektleder, og@havfront.no, 45265504</i>
Arne Karlsen	<i>Daglig leder, Gunnar Klo AS, arne.karlsen@gunnar-klo.no</i>
Rune Eriksen	<i>Torskenettverket, eriksentorsk@gmail.com</i>

Referansegruppe:

Marius Strømmen	<i>Havfront</i>
Roy Gustav Hunskaar	<i>Gunnar Klo</i>
Rune Eriksen	<i>Torskenettverket</i>

3 Problemstilling og formål

3.1 Prosjektets effektmål

Oppdrettsnæringen er en «ny» næring som jobber i litt andre markeder enn den tradisjonelle villfisknæringen. Deler av næringen har satset på HORECA som en del av sin satsing på HIGH-END-markedet. Det markedet stiller litt andre krav til hvordan torsken skal sprettes i buken. Årsak til ønsket om hel «kverk» er den visuelle presentasjonen i kjøledisk for et marked som er villig til å betale en høyere kilopris. Ideen er at fisken beholder «formen» på buken slik at den fremstår som strukturelt og visuelt bedre i ferskvaredisken. Fisken blir der presentert med hode og hel kverk, og er blitt «en standard» måte å presentere oppdrettstorsk i ferskmarkedet.

Lever har en høy markedsverdi både til olje og ferskmarkedet. Det mest kritiske markedet er fersk markedet. Der forventer de en hel lever uten skader etter sløying. Det ble påstått at kutt skader førte til forringelse av kvalitet og holdbarhet, og betalingsviljen var ikke så god da. Salgsverdien av lever for næringen er høy, så en mekanisk løsning der lever ikke blir skadet vil gi høyere inntjening. Lever går til to markeder, skadd lever blir levert til olje, mens hel lever blir levert til ferskmarked og hermetikk. Oppdrettstorsken har vist seg å utvikle en veldig stor lever, og ved sløying er det nesten umulig å ikke treffe og kutte den med kniven.

Høy effektivitet/kapasitet er viktig for konkurranseevnen uansett næring, så det utviklingsløpet kommer man ikke utenom. Havfront har sammen med næringen satt som mål å oppnå mellom 27-30 fisk per minutt på Folla ved sløying av oppdrettstorsk. Det er en kapasitetsøkning på 35% er mye, men avgjørende for at maskinen skal være konkurransedyktig både med tanke på pris og hvor mye fisk en maskin skal sløye i løpet av et skift. Gjennom ny teknologi og økt hastighet på prosessene i FOLLA vil den kunne oppnå hastighetsøkningen som næringen etterspør.

Automatisering gjennom ny teknologi gir bedret nøyaktighet, og økt kvalitet på sluttproduktet. Havfront jobber tett med hvitfisknæringen for å tilby teknologi som gir best mulig teknologi for høy kvalitet på sluttproduktet. Nøyaktighet i buksnitt og hodekapp er viktig for at sluttresultatet skal oppnå best mulig pris i markedet. Havfront har satser på maskinsyn og maskinlæring for å øke presisjonsnivået til maskinen. Det er helt ny teknologi for sløyeprosessen i hvitfisknæringen, og noe som vil være naturlig å jobbe med for å forbedre og effektivisere en svært manuell prosess i dag. Dagens prosess kan til dels føre til store avvik, som igjen kan redusere verdien av råstoffet i markedet.

3.2 Prosjektets resultatmål

Utvikle sløyemetode som gir hel kverk. Markedene vil betale mer for fisk som kan presenteres finere i ferskvaredisken. Hel kverk er ett av tiltakene for å holde bedre på strukturen i fisken.

Minimere skade på lever slik at kunde kan levere den til ferskmarked. Økt andel hel lever vil også gi bedre inntjening på hele fisken, og gir bedriftene bedre dekningsbidrag.

Videreutvikle maskinen for å øke hastigheten fra dagens 20-23 fisk per minutt til 27-30 fisk per minutt, for fisk under 5 kg. Økt hastighet gir selvsagt økt produksjon. Ved å øke hastigheten vil man kunne gå fra dagens ca. 8.000 fisk pr skift til 11.000-13.500 fisk pr skift.

Vurdere om det er mulig å få mer nøyaktig buksnitt fra gatt til brystfinne ved hjelp maskinlæring/maskinsyn.

4 Prosjektgjennomføring

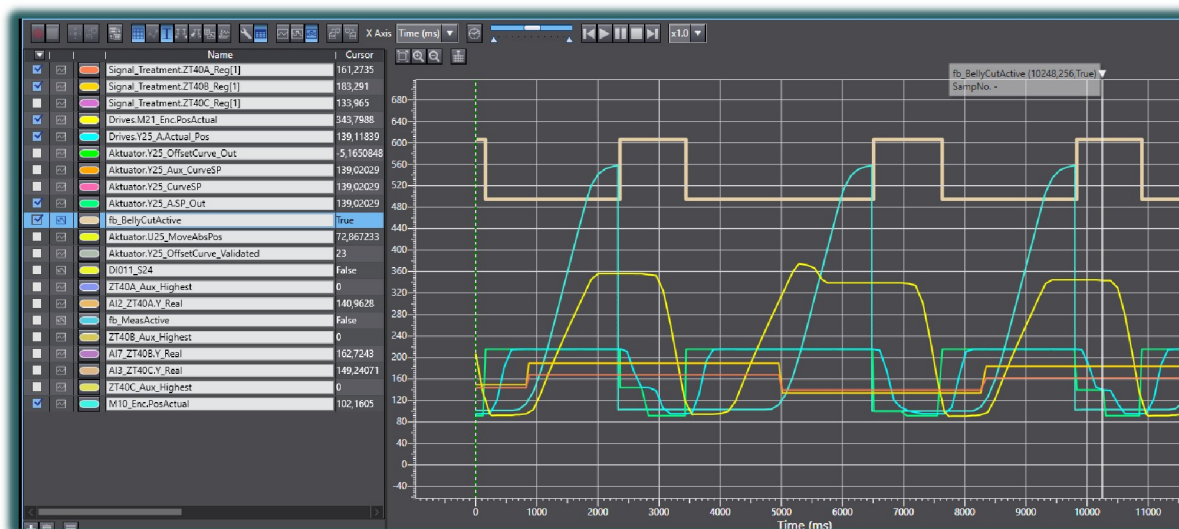
4.1 Metodikk

Sløyemetode for hel kverk ble laget ved hjelp av empiriske data av størrelsesforhold mellom bukhøyde og buklengde på oppdrettstorsk. Ved å måle høyde på buken når fisken ligger i innmatingsposisjon og sette den inn i en matematisk formel, så kan kutt lengden til hver enkelt fisk estimeres med relativt lav feilmargin. Kniven kjøres til estimert posisjon midt mellom bukfinner og gatthull, og deretter rett ned til ønsket kutt lengde er oppnådd. Vi unngår dermed å kutte kverken.

Leveren vil få et kutt av kniven med denne bukåpningsmetoden, men siden kniven som brukes er skarp og ikke har sagtenner, så vil snittet i leveren være jevnt og pent.

Med denne sløyemetoden blir det kortere forflytning av kniven mellom hver fisk, og dermed mindre tid til omstilling. For ytterligere å øke produksjonshastigheten opp til 27-30 fisk per minutt, så har vi i tillegg gjennomført en optimalisering av programmeringen i styringssystemet:

1. Programmere hver motor for seg selv slik at de kan kjøres og styres manuelt og automatisk alene.
2. Montere fysiske nødstopper og automatiske stoppfunksjoner hvis noe skulle henge seg opp eller kile seg i ytterst få tilfeller eller under test og prøving.
3. Finne grensene og posisjonene hvor delene kan krasje i hverandre og programmere inn god nok margin slik at bevegelige deler ikke kan kjøre inn i hverandre. Programmere og «sy» sammen styringen på de forskjellige motorene og posisjonene på bevegelige deler, de forskjellige motorene må avvente kjøring til det er klar bane for ikke kunne gjøre skade.
4. Endring av hastighet skal skje jevnt og uten å gi for høy belastning på komponentene. Man kan gjøre en subjektiv vurdering av belastningen ved å legge hånda på maskinen under kjøring og føle på endringer i vibrasjoner/risting. Brå og kraftig risting i maskinen er et sikkert tegn på høy belastning av motor og/eller gir. Økte hastigheter vil nødvendigvis medføre økt slitasje på bevegelige deler, men det kan svare seg økonomisk å bytte deler hyppigere hvis resultatet er en høyere produksjonskapasitet.
5. Simulere sløyning og overvåke alle relevante sensorer, posisjoner og motorstyring for å finne og eliminere dødtid. Dødtid kan reduseres eller fjernes med å «tjuvstarte» motorer og signaler. En motor med bevegelige har ofte en startfriksjon og en motor kan få startsignal på forhånd før bevegelsen reelt skjer slik at en ikke må vent på bevegelsen når man faktisk vil ha den. Med å sende startsignaler på forhånd, er det viktig med gode grenser for krasj, og overvåke at delene faktisk beveger på seg. Optimaliseringa skjer via å spore alle signaler og posisjoner på bevegelige deler i styresystemets programvare, her kan man velge hva man skal spesifikt spore og se på. Det blir tatt ett opptak og man kan zoome inn og se hva som har skjedd, hvert 2-4 millisekund, se utklipp av skjermbilde i figur 1. Dette kan gjøres enten i verksted, ute hos kunde eller via fjerntilkobling og gjerne ett montert kamera for å overvåke situasjonen samt kommunikasjon med operatør/teknisk personell som er fysisk til stede ved maskinen. Simuleringen gjentas samtidig som man øker øvre hastighet og akselerasjon på motorer helt til man enten finner fysiske grenser på hva som er mulig med bevegelige deler eller kuttet på fisken blir forverret.



Figur 1: Skjerm bilde fra timing av signaler. Her kan man velge hvilke signaler som overvåkes.

For å vurdere om ny teknologi kan forbedre presisjon og nøyaktighet på kutting av buken, så ble det innledet et samarbeid med Jostein Henriksen, sisteårs masterstudent innen anvendt matematikk og fysikk ved UiT. Masteroppgaven i maskinlæring besto i å lage en maskinlæringsalgoritme for objektgjenkjenning av bukfinner og gatthull med påfølgende estimering av posisjon på objektene og riktig kutt lengde. Ved å bruke algoritmen på video av oppdrettstorsk ved innmating i Folla og sammenlikne algoritmens estimat med manuell oppmåling av kutt lengde ble det gjort en kvalitativ vurdering av presisjon og nøyaktighet.

4.2 Gjennomføring

Milepælliste

1. Oppstart av prosjekt - sommer 2022
2. Forstudie sommer - 2022
3. Utvikling av prinsipper - høsten 2022
4. Bygging av testmoduler og verkstedtest - høsten 2022
5. Bygging av fysiske testmoduler til kundetesting - vinter 2022
6. Testing hos kunde - vinteren 2023
7. Ombygging og tilpassing etter testresultater - våren 2023
8. Montering og utprøving av endelig teknologi hos kunde - våren/sommer 2023
9. ~~Presentasjon av resultater i Trondheim på Aqua-Nor 2023. Flyttet til FHF's hvitfiskseminar 2023 i Tromsø, 2. november 2023.~~
10. Mengdekjøring/stresstest hos kunde - høst 2023

5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

5.1 Resultater

Kutting av buken og samtidig bevaring av hel kverk er oppnådd, se eksempel figur 2. Kuttefunksjonen til Folla er tilstrekkelig fleksibel at det ikke var noen stor utfordring å omprogrammere den til dette.

Oppdrettstorsken har vist seg å utvikle en veldig stor lever, og ved sløying er det nesten umulig å ikke treffe og kutte i den med kniven. Leveren vil få et kutt av kniven med denne bukåpningsmetoden,

men siden kniven som brukes er skarp og ikke har sagtenner, så vil snittet i leveren være jevnt og pent, se eksempel figur 3.



Figur 2: Buk-kutt med hel kverk.



Figur 3: Rent kutt i lever.

Maksimal produksjonshastighet er økt fra 20 til 27 fisk per minutt ved å optimalisere styringen av de bevegelige delene i maskinen.

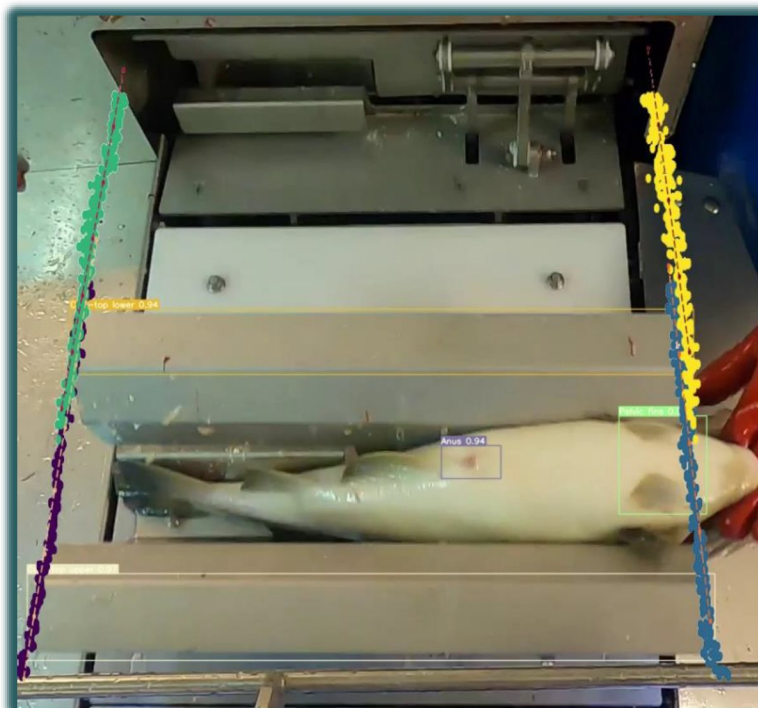
Masteroppgaven viser at det er mulig å oppnå bedre presisjon og nøyaktighet på åpning av buken ved bruk av maskinsyn. Algoritmens prediksjon av riktig kuttlengthe hadde et gjennomsnittlig avvik på kun 2 mm fra den kontrollmålte, «ideelle» kuttlengthen.

5.2 Vurdering av resultatene

Plasseringen av fisken i krybbene ved innmating i Folla er avgjørende for hvor godt buk-kuttet er sentrert sideveis på fisken. Det er imidlertid av mindre betydning

Når det gjelder kuttet i leveren, så viser en uformell kvalitetsundersøkelse (visuelt og lukt), gjennomført av Måsøval, ingen forskjell på kvalitetsforringelse over tid (10 dager) for leveren med knivkutt i forhold til uskadet lever. De har derfor ingenting å utsette på det rene og jevne kuttet etter prosessering i Folla.

Dagens girløsning er ikke sterk nok til en forhøyet produksjonshastighet på 27 fisk per minutt. Ny girløsning må designes og deretter fysisk testes over tid.



Figur 4: Algoritmens prediksjoner plottet på et bilde av fisk ved innmatingsstasjonen på Folla. De fargede punktene på hver side er de predikerte ytterkantene til krybbene etter hvert som transportbandet har beveget seg fremover.

I figur 4 er det laget en enkel visuell kvalitetssjekk av maskinlæringsalgoritmen fra masteroppgaven til Jostein Henriksen. Der vises prediksjonen av ytterkantene til krybben med fargede punkter etter hvert som krybben beveger seg forbi innmatingen på Folla (plottet over et ukjent antall krybber). I området lengst fra kameraet så er det større variasjon/usikkerhet i hvor algoritmen mener ytterpunktene på krybba er, men det forbedrer seg betraktelig i det området rundt der fisken på bildet befinner seg. Det kan være flere årsaker til hvorfor det er sånn, slik som lysforholdene under opptaket, kontrast mellom forgrunn/bakgrunn og arbeidende hender som skjuler fisk/krybbe akkurat i det området. Som man kan se, så er det ingen punkter som er på helt feil sted. Det at prediksjonen er såpass stabil tilsier at algoritmen har god repeterbarhet/presisjon. Og med kun 2 mm gjennomsnittlig avvik i predikert kuttlength, så har den også relativt høy nøyaktighet.

For eventuell fremtidig løsning av maskinsyn, så må kamera/laserskannere ha rene linser for å kunne fungere tilfredsstillende, og krever god skjerming og/eller hyppig rengjøring. Det bør derfor designes en automatisk løsning for rengjøring av linsen under drift for å vaske bort sprut av vandrdåper og fiskerester.

5.3 Konklusjon

Markedet for oppdrettstorsk er veldig usikkert for tiden. Namdal Seafood stoppet dessverre slaktingen av oppdrettstorsk før dette prosjektet var fullført. Et annet slakteri som bruker Folla, trenger ikke hel kverk, men de har også produksjonsstopp på oppdrettstorsk ut dette året. Havfront rakk uansett å få gjennomført så å si hele prosjektet før det ble stopp i slaktingen, bare mengdetestingen som ble litt amputert.

Det er avgjørende at slakteriet enkelt kunne legge om sløyemetodikk etter hvilket marked de produserer til. Slakteriet kan for eksempel oppleve at 50% av dagsproduksjonen skal til ferskmarkedet, mens de siste 50% skal til fillet. De to markedene skal ha ulike sløyesnitt, og dermed

er det viktig å gjøre FOLLA enkel å korrigere etter kundespesifikke behov. Funksjonen hel kverk ble utviklet slik at det var enkelt å forandre mellom de ulike metodikkene for operatør. I dette prosjektet har Havfront bevist at Folla er fleksibel nok til å kunne tilpasses helt forskjellige kundebehov kun ved å endre i programvaren. Økning i produksjonshastighet krever riktignok et sterkere gir, men det har ikke noe å si for den innebygde fleksibiliteten som Folla har.

Når det gjelder ny teknologi, så bør man nok tenke litt igjennom om kundene innen torskeoppdrett er villig til å betale for den ekstra kostnaden det vil være med maskinsyn? Det er usikkert om andelen fisk som blir nedgradert som følger av feilkutt blir vesentlig mye mindre enn med dagens løsning, som tross alt fungerer tilfredsstillende og ikke krever særlig mye vedlikehold. Det kan godt være at dette spørsmålet bør videreføres i et eget FHF-prosjekt for maskinsyn i hvitfisknæringen.

6 Hovedfunn

- Hel kverk var relativt enkelt å få til med en så fleksibel maskin som Folla.
- Kundene er fornøyd med kvaliteten på leveren etter prosessering i Folla, selv om den får et lite kutt.
- Kapasitet/hastighet ble øket fra maksimalt 20 fisk per minutt til 27 fisk per minutt etter optimalisering av styresystemet for motor/brems/sensorikk. Dette ga målbart større slitasje på deler med høy belastning. Spesielt gikk levetiden drastisk ned for hovedgiret. Nytt og større gir må designes inn for at maskinen skal kunne kjøres med kontinuerlig forhøyet kapasitet.
- Masteroppgaven til Jostein Henriksen viser at maskinsyn kan med stor sannsynlighet gi gevinst i form av økt nøyaktighet på buk-kuttet og dermed kanskje også mindre skade på lever. Ikke ferdig utviklet per d.d., vurderer nå fordeler og ulemper på ulike typer kamera og laserskannere. Kamera/laserskannere til maskinsyn må ha rene linser for å kunne fungere tilfredsstillende, og krever bedre skjerming og/eller hyppig rengjøring. Det må derfor designes en automatisk løsning for rengjøring av linsen under drift for å vaske bort sprut av vanndråper og fiskerester.

7 Leveranser

Detaljert oversikt over leveranser i prosjektet:

Juni 2022	Oppstart prosjekt, første møte referansegruppe.
November 2022	Delrapport, fremdrift/status.
Januar 2023	Delrapport, fremdrift/status.
April 2023	Delrapport, fremdrift/status. Faglig prosjektrapport, masteroppgave Jostein Henriksen.
Mai 2023	Prototypetesting – mengdekjøring
September 2023	Delrapport, fremdrift/status.
November 2023	Presentasjon av prosjekt under FHF's hvitfiskseminar. Administrativ og faglig sluttrapport.

This document has been digitally signed and sealed using ECIT Sign in accordance with the EU regulation **eIDAS**. The signatures within this original file carry legal validity in all EU states.

Important: Please refrain from making any changes to this file as it may impact its integrity.



SEALED

All the original signatures incorporated in this document file strictly adhere to the provisions set forth by the European **eIDAS** regulation. They have been constructed in accordance with the **PAdES** (PDF Advanced Electronic Signatures) standard, as stipulated by the technical regulations specified in **ETSI 319 142** (European Telecommunications Standards Institute). The signatures have been securely encoded within this document file, and the subsequent page(s) provide a visual representation of the encoded signatures.

These signatures hold legal weight in all EU states as regulated by eIDAS.

2024-01-22 09:35:46 UTC+00:00

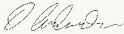
Marius Strømmen



12685c4e-e21b-4f1c-88a2-082037f5a5aa

2024-01-22 09:47:13 UTC+00:00

Oddbjørn Gudmundsen



770a347d-3d3b-434a-a281-9e73dec390bd

2024-01-22 09:48:48 UTC+00:00

Arne E. Karlsen



b4d05783-5480-4f9f-bf82-f5a8b22d0ce0

2024-01-22 09:51:39 UTC+00:00

Rune Eriksen



1d7c47fb-f8f4-4e57-b6ed-fc2f27b63faa