

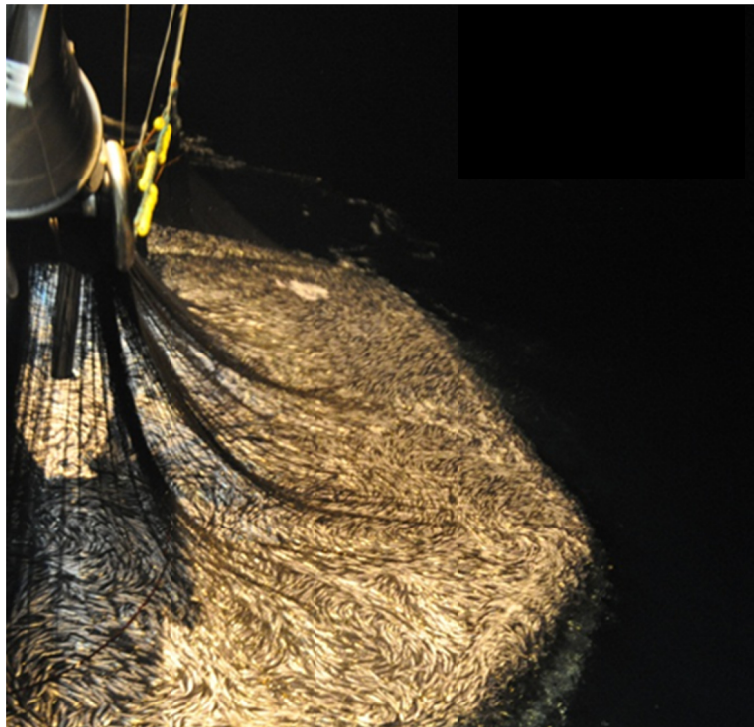
# Rapport

## Utvikling av system for automatisk prøvetaking og vektestimering av pelagisk fisk ombord på fiskefartøy

Sluttrapport Fase 1

### Forfattere

Ida Grong Aursand, Aleksander Eilertsen, Bendik Toldnes, John Reidar Mathiassen, Cecilie Salomonsen, Morten Bondø



**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Automatisering og effektiv produksjon

2013-02-22

# Rapport

## Utvikling av system for automatisk prøvetaking og vektestimering av pelagisk fisk ombord på fiskefartøy

EMNEORD:  
Automasjon  
Effektivitet  
HMS  
Veiling  
Fangst fordeling  
Pelagisk fisk

VERSJON  
2.0

DATO  
2013-02-22

FORFATTER(E)

Ida Grong Aursand, Aleksander Eilertsen, Bendik Toldnes, John Reidar Mathiassen, Cecilie Salomonsen, Morten Bondø

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF)

OPPDRAGSGIVERS REF.

Roar Pedersen

PROSJEKTNR

SINTEF 6020302 / FHF 900693

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

24 + vedlegg

SAMMENDRAG

Rapporten oppsummerer resultatene fra Fase 1 av FHF-prosjektet 'Utvikling av system for vektestimering av pelagisk fisk ombord'. I Fase 1 er det utviklet prinsipp for representativt prøveuttak av fisk, prinsipp for infeed-system til veieenhet, singulering og innmating, samt teknologi for verifisering av singulering og veiling av enkeltfisk ombord. Proof-of-concept for de valgte prinsippene er gjennomført. Prototypen som er testet i dette prosjektet oppfyller hastighetskravene for individuell veiling av fisk. Realisering av en industrialisert løsning forutsetter videre FoU-arbeid innen detaljering av systemet, videre utvikling av singulatoren, utvikling robuste algoritmer for identifisering av art, skadd fisk og singulert fisk versus flere fisk, immobilisering av fisken før den går inn i systemet, og testing av robusthet ombord på fartøy med de tilhørende utfordringer. Industrialisering av systemet vil kunne frigjøre mannskapets kapasitet under lasting, føre til forbedret HMS for fiskerne og en mer nøyaktig estimering av vekt av enkeltfisk for hele fangsten og dermed en mer nøyaktig prissetting av fangsten ved auksjon, bedre planlegging av produksjonen ved landanleggene ved at de får mer informasjon om størrelse og kvalitet på fangsten, samt mindre svinn av fisk ombord, da veid fisk kan gå tilbake til lagringstanker.

UTARBEIDET AV

Ida Grong Aursand

KONTROLLERT AV

Harry Westavik

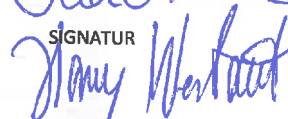
GODKJENT AV

Marit Aursand

SIGNATUR



SIGNATUR



SIGNATUR



RAPPORTNR  
A24002

ISBN  
978-82-14-05570-2

GRADERING  
Åpen

GRADERING DENNE SIDE  
Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Problemstilling</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Prosjektgjennomføring</b> .....	<b>5</b>
3.1	Forskningsmetodikk .....	5
3.2	Tokt .....	5
3.3	Kravspesifikasjon .....	5
3.4	Morfologi .....	7
3.5	Konseptutvikling .....	8
<b>4</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>12</b>
4.1	Representativt prøveuttak .....	13
4.2	Innmating og singulering .....	15
4.2.1	Innmating .....	15
4.2.2	Singulering .....	16
4.3	Teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk .....	18
4.3.1	Maskinsyn for verifisering av singulering .....	18
4.3.2	Løsning for levering av singulert fisk til veiing .....	21
4.4	Proof-of-concept .....	21
4.4.1	Systembetragtninger .....	22
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>22</b>
5.1	Singulering .....	25
5.2	Teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk .....	25
5.3	Videre arbeid .....	25
5.4	Nytteverdi .....	25
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Leveranser</b> .....	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater</b> .....	<b>28</b>
	<b>Referanser</b> .....	<b>29</b>

---

## BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1: Kravspesifikasjon

Vedlegg 2: Video med proof-of-concept

---

## 1 Innledning

I samarbeid med utstysleverandøren MMC Tendos og rederiene Kings Bay og Ervik & Sævik gjennomførte SINTEF Fiskeri og havbruk i årene 2010-2011 et innledende arbeid før utvikling av et system for automatisk prøveuttak og vektestimering basert på maskinsyn ombord. Næringen viste stor interesse for systemet, og det ble igangsatt et FHF-prosjekt kalt 'Utvikling av system for automatisk prøvetaking og vektestimering av pelagisk fisk ombord på fiskefartøy' #900693. Systemet skal komme både sjø- og landside til gode. Prosjektet ble planlagt gjennomført i to faser. Det ble valgt å gjøre det slik for å sikre godt beslutningsgrunnlag underveis, hvor resultatene i første fase danner grunnlag for endelig definisjon av siste fase; bygging av helhetlig løsning. Fasedelingen er som følger:

Fase 1: Valg av delkonsepter, uttakssystem for prøvefisk, system for innmating/singulering og for vektestimering.

Fase 2: Lage testmodell for helhetsløsning, teste denne for "proof-of-concept" og for utarbeidelse av detaljgrunnlag for industriell løsning.

Resultatene fra Fase 1 er beskrevet i denne rapporten. Målene for Fase 1 var som følger:

Delmål 1: Utvikle og definere prinsipp for representativt prøveuttak fra hovedstrømmen av fisk

Delmål 2: Utvikle og definere prinsipp for infeed-system til veie-/vektestimeringsenhet, singulering og innmating

Delmål 3: Utvikle og definere teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk ombord.

Prosjektgruppen har bestått av MMC Tendos som utstysleverandør, SINTEF Fiskeri og havbruk som FoU-partner og Ervik & Sævik som sluttbruker.

Styringsgruppen i prosjektet har bestått av følgende:

- Leif Gjelseth, MMC Tendos
- Rita Sævik, Ervik & Sævik, M/S Christina E
- Bjørn Sævik, Kings Bay, M/S Kings bay
- Svein Roger Karlsen, M/S Arnøytind
- Lars Olav Lie, Liegruppen, M/S Libas
- Harry Westavik, SINTEF Fiskeri og havbruk
- Rita Maråk, FHF; avløst av Roar Pedersen, FHF
- Ida G Aursand, SINTEF Fiskeri og havbruk

Styringsgruppen har tatt beslutninger om valg av teknologi på basis av grunnlag utarbeidet av SINTEF Fiskeri og havbruk. Det ble gjennomført et møte i styringsgruppen under NorFishing, og det avholdes et møte i februar 2013 for å beslutte videre framdrift i prosjektet.

## 2 Problemstilling

Prissetting av pelagisk fisk er i stor grad basert på individvekt og fastsatte vektklasser. Det er derfor av stor betydning å ha et godt estimat på vektfordelingen til fisken i hele verdikjeden, fra fangst til produkt – fra ombord på fartøy til foredling på mottaksanlegg. Vektfordelingsestimater blir brukt når fangsten skal auksjoneres bort, og er således grunnlaget for et anslag på prissettingen som avtales mellom mottaksanlegg og fartøy.

Situasjonen i dag er at individbasert vektestimering ombord gjøres manuelt ved stikkprøver, noe som innebærer at 1-2 mann tar ut stikkprøver og veier disse individuelt på prøvetakingsvekt. Dette gir så et estimat på vektfordelingen til fangsten. Ofte medfører denne arbeidsoppgaven tunge løft og usikret klatring, ofte under vanskelige værforhold, og er derfor ønskelig forbedret sett i et HMS-perspektiv.

Uttak av vektprøver og veiing av fisk er tidkrevende, og ofte er to fiskere opptatt med dette arbeidet kontinuerlig under ombordtakingen av fangsten. Ved dagens metode veies omtrent 200 kg fisk per 500 tonn fisk. Dette tilsvarer 0,04 % av fangsten. Fisken tas ombord i løpet av 30-60 minutter avhengig av hvor stort kastet er. Med en snittvekt på 250 gram betyr dette at man har behov for å veie 13- 27 fisk per minutt, eller 0,2 – 0,5 fisk per sekund. Ved manuell veiing oppnås omtrent 10-15 fisk per minutt. Et automatisk (eller halvautomatisk) system vil kunne ha betydelig høyere kapasitet.

Når fangsten landes, gjennomfører mottaksanlegget en ny estimering av vektfordelingen og endelig pris for fangsten fastsettes. Dersom det er avvik mellom vektfordeling funnet ombord og vektfordeling funnet på mottaksanlegg, skaper det merarbeid i prissettingen og potensielle inntektstap hos begge parter.

Tidligere/pågående prosjekter (KMB Autograde, FHF-prosjekt Individbasert sortering, MMC/Kings Bay/Ervik & Sævik – SkatteFUNN-prosjekter) har vist potensialet for bruk av 3D-maskinsyn for vektestimering av sild på mottaksanlegg, med en nøyaktighet som er større enn dagens sortering basert på increasing-gap-systemer. For at et system basert på maskinsyn skal fungere i industriell skala, må singulering og vektestimering gjennomføres i høy hastighet.

I samarbeid med utstyrsleverandøren MMC Tendos og rederiene Kings Bay og Ervik&Sævik gjennomførte SINTEF Fiskeri og havbruk i årene 2010-2011 et innledende arbeid med utvikling av et system for automatisk prøveuttak og vektestimering basert på maskinsyn ombord. Et konsept med rennesystem for uttak av fisk i avsilingssonen og 2D-kamera for estimering av vekt ble testet. Resultatene viste at uttaket av fisk ikke var representativt nok for hele fangsten, og at det burde arbeides videre med et konsept basert på batchuttak.

Veiing/vektestimering kan gjøres med bevegelseskompenserende vekt (veiecelle) og/eller ved bruk av maskinsyn-prinsipper (3D/2D) og bildebehandling. Førstnevnte er det som benyttes ved manuell veiing i dag, og sistnevnte har i andre prosjekter vist at kan være et alternativ. Med bakgrunn i erfaringen fra de tidligere prosjektene, ble det etablert et FHF-prosjekt med målsetning om å utvikle et ombordbasert system for vektestimering av pelagisk fisk. Et slikt system ombord på fartøy vil, sammen med individbasert sortering på mottaksanlegg, kunne ivareta et godt estimat på vektfordelingen til fisken i hele verdikjeden, spare både fartøy og mottaksanlegg for kostbart merarbeid og redusere tapte inntekter for begge parter.

## 3 Prosjektgjennomføring

### 3.1 Forskningsmetodikk

Prosjektet er et teknologiutviklingsprosjekt, og baserer seg på velprøvde metoder for produktutvikling som også benyttes i mange andre utviklingsprosjekter ved SINTEF Fiskeri og havbruk.

Det første arbeidet som ble utført var kartlegging av vekstestimering og forholdene rundt dette gjennom til sammen fire forskningstokt ombord på Kings Bay (2010) og Christina E (2011), og i dialog med fiskebåtene i prosjektet. Krav som systemet må eller bør oppfylle ble oppsummert i en kravspesifikasjon (se **Vedlegg 1**). Deretter har en gruppe med variert faglig bakgrunn delt opp utfordringen i delfunksjoner. En idedugnad på alle mulige delløsninger ble gjennomført. Resultatene av dette arbeidet ble lagt inn i en morfologitabell. Fra denne oppdelingen av utfordringen er hver delløsning vurdert etter hvor egnet den er for å løse oppgaven, og hvordan den vil samspille med løsninger på andre delfunksjoner i helhetlige konsepter.

To konsepter ble vurdert som lovende, og av disse er det i all hovedsak arbeidet videre med ett, samtidig som et ble holdt i bakhånd i tilfelle uttesting viste at hovedkonseptet ikke lot seg gjennomføre. En serie praktiske tester ble gjennomført spesielt på singulering, som er en hovedutfordring for systemet. På singuleringsenhet ble det også hentet mye informasjon til prosjektet gjennom en masteroppgave med dette som tema.

Oppbyggingen og uttestingen av en forenklet, tilnærmet fullskala testmodell av systemet har resultert i en "proof-of-concept" demonstrasjonsvideo.

### 3.2 Tokt

To forskningstokt ble gjennomført ombord på Kings Bay høsten 2010 (før oppstart av dette prosjektet). Ulike løsninger for uttak av fisk i rennesystem i avsilingssone i silkassen ble evaluert. Videre ble to forskningstokt gjennomført ombord på Christina E høsten 2011, hvor datamateriale for dagens prøveuttak og veiing ble innhentet. Toktene ga mye informasjon om hvor et vekstestimeringssystem kan plasseres inn ombord, hvor mye areal som er tilgjengelig, hvilke mengder fisk som må vekstestimeres og hvilke muligheter som finnes for å automatisere oppgaven.

### 3.3 Kravspesifikasjon

En omfattende kravspesifikasjon ble utarbeidet for å etablere hvilke krav systemet bør eller må oppfylle, samt finne ut hvilke kapasiteter og andre målbare enheter som var mulig å definere. Denne finnes i **Vedlegg 1**.

Inntil videre er spesielt krav tilhørende maskinsyn og bruk av dette på pelagisk fisk ombord holdt åpne, fordi deler av kravene medfører behov for mer utvikling av denne teknologien. Dette omtales senere i rapporten.

Hovedpunktene fra kravspesifikasjonen er oppsummert i

**Tabell 3-1**, med hovedvekt på sammenligningen mellom eksisterende, manuell veiing ombord og hva som er ønskelig i et automatisert system.

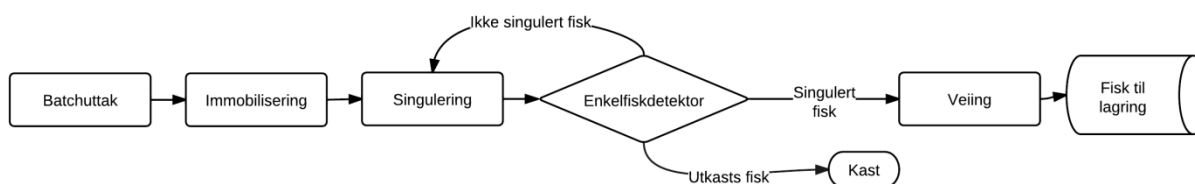
**Tabell 3-1:** Utvalgte krav og ønsker for automatisering av vektestimering ombord på fiskefartøy

Utdrag fra kravspesifikasjon	Dagens system	Ønsker for nytt system
Veiesystem	Manuelt	Automatisk
Arbeidere	1-2 mennesker	Start og stopp interaksjon
Tonn per time	1000 tonn/time blir pumpet	1000 tonn/time blir pumpet
Antall fisk gjennom veiesystemet	10-15 fisk/min 0,2 fisk/sek	30-60 fisk/min 0,75 fisk/sek
Mengde fisk estimert av fangst	0,04 %	0,1 %
Automatisk innmating	Nei	Ja
Immobilisering	Knekker nakken på fisken ved behov, eller setter strøm på den.	Skånsom immobilisering, fisken skal tilbakeføres i lagringstanker
Automatisk singulering og orientering	Nei	Ja
Automatisk tilbakeføring	Nei	Ja
Vedlikehold	Nei	Lite vedlikehold, minimal interaksjon med maskin

Spesielt bør det trekkes frem at det automatiserte systemet vil ha potensiale for langt større mengde vektestimert fisk med langt mindre manuell innsats. Dette vil medføre et driftsmessig billigere system som gir et langt mer statistisk gyldig grunnlag for vurdering av størrelsesfordelingen i fangsten i forhold til dagens metode.

### 3.4 Morfologi







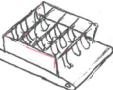


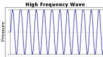


















Systemet ble delt opp i delfunksjoner, og tabellisert mot tenkbare løsninger for hver delfunksjon. Løsninger kan være hentet både fra eksisterende teknologi, enkeltprinsipper som kan tilpasses systemet og nye idéer. Delfunksjoner i systemet ble definert som vist i **Figur 3-1**.


**Figur 3-1:** Delfunksjoner i systemet

Fisk tas ut i batch. For å kunne veie fisken må den immobiliseres slik at den ligger rolig, og singuleres slik at man veier en fisk om gangen. En metode for å detektere hvorvidt uttaket er en enkelt fisk eller flere (eventuelt fisk som ikke skal veies) er nødvendig for å unngå feil estimat på totalfordelingen. Fisken må deretter veies/vektestimeres. Det er også ønskelig å la fisken fra prøveuttaket gå til last sammen med resten av fangsten for å gi mindre utkast av god fisk.

Delløsningene som ble identifisert er vist i morfologitabellen nedenfor. Enkelte løsninger kunne krevd orientering buk/rygg og/eller orientering hode/hale, derfor er denne delfunksjonen med i **Figur 3-2**.



	Eksisterende løsninger (manuelt arbeid)	Alternativ 1.	Alternativ 2.	Alternativ 3.	Alternativ 4.	Alternativ 5.	Alternativ 6.	Alternativ 7.
1. Transport fra prøvetak 5. Tilbakeføring til sluse	Hender 	Rør 	Transportbånd 	Renne 	Robot 			
2. Immobilisering av fisk	Hender 	Elektrisk 	Sette strøm på kar	Aqui-S 	Robot 	Puls/høy-frekvent lyd 	Vente i Luft 	CO <sub>2</sub> -bad
3a. Singulering, separere fisk som ligger for tett inntil/oppå hverandre.	Hender 	Baner 	Akselerasjonsbånd 	Karusell 	Robot 	Skrutank 	DTD 	Rullegraderer/ruglebrett 
3b. Orientering, Rygg-side	Hender 			Ristebrett 	Robot 			
4a. og 4b. Veing	Veiecelle 	Maskinsyn 	Maskinsyn 	Røntgen 	Spektroskopi 	Fotoakustikk 		

**Figur 3-2:** Morfologitabell for prøvetaking og vektestimering

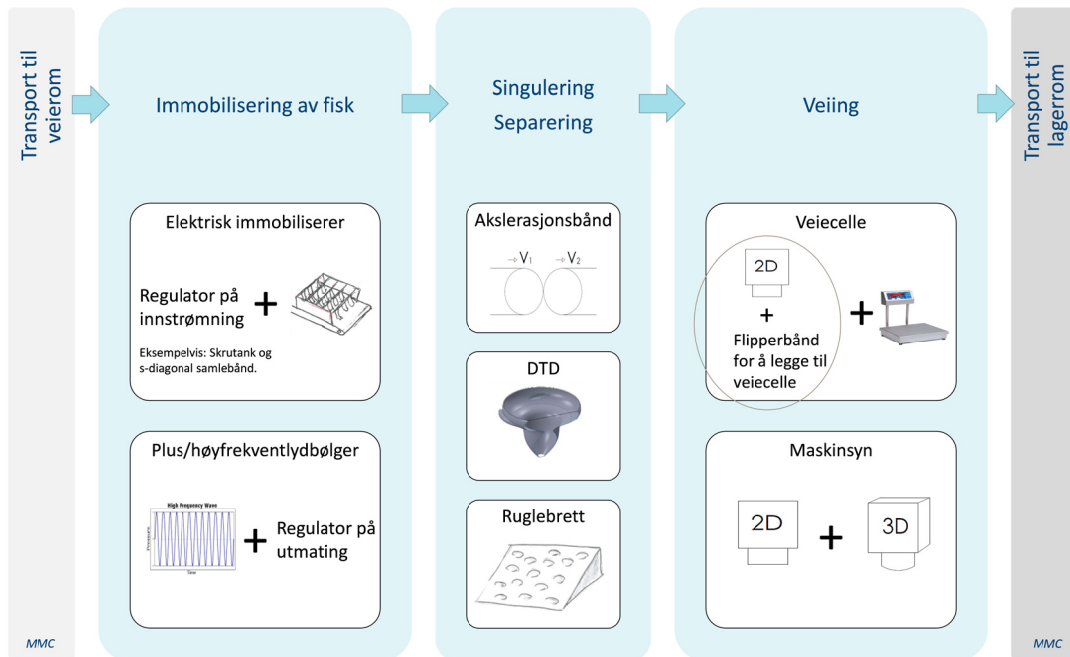
### 3.5 Konseptutvikling

Mye innsats ble lagt i å finne mulige, helhetlige løsninger basert på delløsninger som ble vurdert som aktuelle. I møter mellom MMC og SINTEF Fiskeri og havbruk ble konseptene diskutert og skissert opp, se **Figur 3-3**.

Hovedutfordringen i systemet er singulering av fisken. Dette er et problem som går igjen ellers i industrien, både for stor fisk som laks med forholdsvis få enheter per tidsenhet og pelagisk fisk med små enheter i større hastighet. I dette tilfellet vil singuleringen innebære et system som skal takle moderat hastighet (0,5 til 1 fisk per sekund) med moderate, men varierende størrelser fisk.

En annen betydelig utfordring er at maskinsyn ikke er ferdigutviklet for bruk ombord. Det eneste systemet som per nå er i bruk på veing av fisk ombord er gyrostabilisert vekt, som opereres manuelt. For å få en gyrostabilisert vekt til å veie riktig er det i et automatisk system nødvendig med maskinsyn for å verifisere at det kun er en fisk som veies hver gang, og ikke to små fisk. Dette medfører foreløpig at både maskinsyn og fysisk vekt er nødvendig.

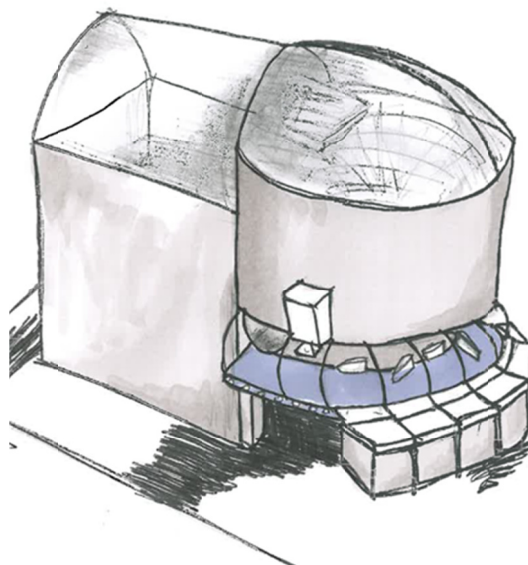
Valget med å benytte både maskinsyn og vekt ble diskutert i styringsgruppemøtet under Nor-Fishing, der det ble oppnådd aksept for at begge metoder måtte inngå i systemet inntil videre (Eilertsen *et al.*, 2012).



**Figur 3-3:** Mulighet for helhetlig konsept fra morfologi

I hovedsak er det to konsepter som er tatt videre fra dette arbeidet:

**Konsept 1:** Båndinnmating til singulariseringsenhet med gjennomstrømning/vortex. Utløp til nytt bånd med utforming slik at fisk ikke kan ligge oppå hverandre. Maskinsynenhet over bånd for identifisering enkeltfisk/dobbelt fisk/ukjent. Utsortering til veiing (enkeltefisk), retur (dobbelt fisk) eller utkast (ukjent/ødelagt). Gyrostabilisert vekt for fysisk veiing av enkeltfisk. Utløp for enkeltfisk til last. **Figur 3-4** viser konseptuell tegning av et sammensatt system. Dette er kun en skisse av en hvordan en konseptuell modell kan se ut, for å gi litt mer visjon til oppgavens resultater.



**Figur 3-4:** Konseptuell modell

**Konsept 2:** Oppsamling i buffer. Elevator med medbringere som tar med en eller meget få fisk. Fisk dumpes på plate med veicelle under. Maskinsyn over platen verifiserer at enkeltfisk er veid. Dobbel fisk/ukjent enhet sendes i retur eller til utkast. Enkeltfisk registreres og sendes til last.

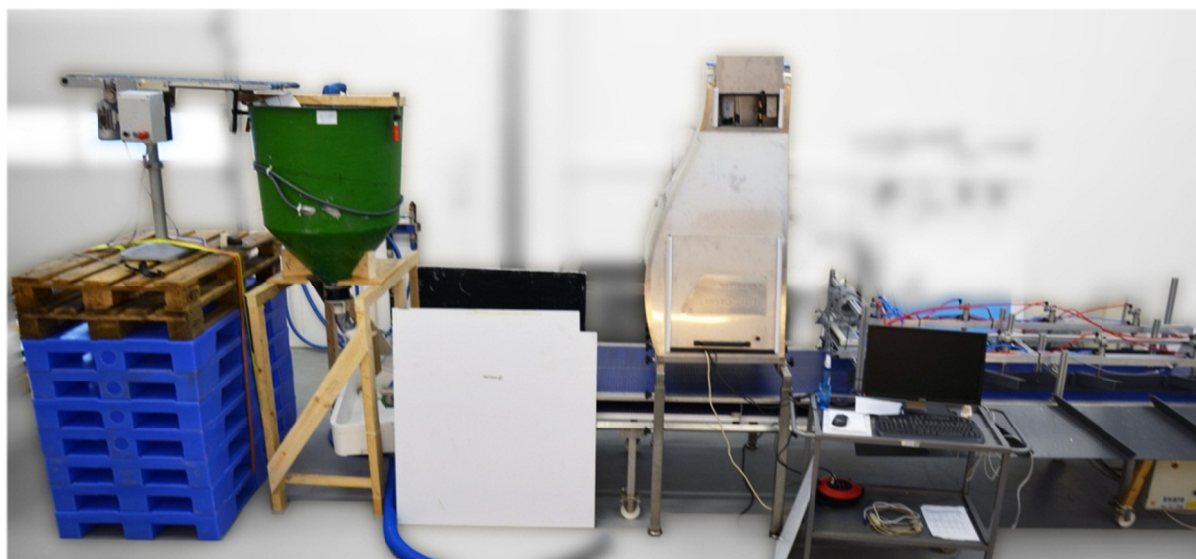
### 3.6 Forsøk

Det ble gjennomført en rekke singuleringsforsøk. Disse er beskrevet i **Kapittel 4**.

#### Demovideo: Proof of concept

**Figur 3-5** viser forsøksoppsettet som beskrevet under.

<i>Delfunksjon</i>	<i>Beskrivelse</i>
<i>Batchuttak</i>	Inngikk ikke i demoen, men konsept er valgt.
<i>Batch-immobilisering</i>	Inngikk ikke i demoen. Blir testet av reder, kjent teknologi.
<i>Innmating</i>	Transportbånd med til dels utjevnet strøm av fisk, for å simulere akselerasjonsbånd. Hensikten er å unngå å dumpe hele batchen rett i singulatorens. En viss begrensning av innmating er enkel å få til på bånd (akselerasjon/spreder).
<i>Singulering</i>	Enheter mates med sild/makrell i (delvis utspredd) batch og ut kommer singulert fisk.
<i>Avsiling</i>	Vannet fra singuleringsenheten siles av med en skråstilt rist og fisken sklir ned på bånd.
<i>Kamera</i>	Oppsett med maskinsyn over bånd. Trenger bare gode nok bilder til å sortere ut dobbeltfisk/ukjent.
<i>Utkast</i>	Sorterer ut dobbeltfisk/utkast og enkeltfisk til veiing.
<i>Veiing</i>	Gyrostabilisert vekt.
<i>Utmating</i>	Veiet fisk går til last.

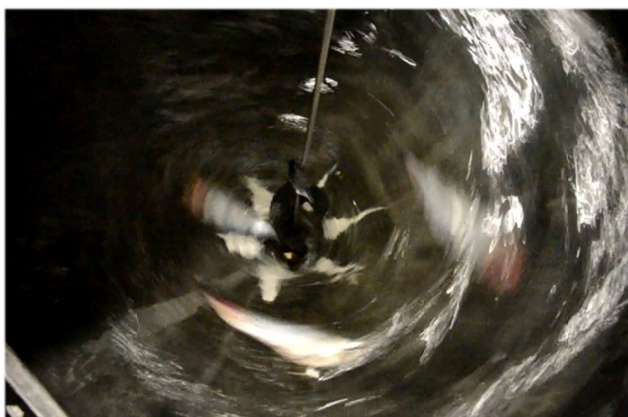


**Figur 3-5:** Forsøksoppsett.

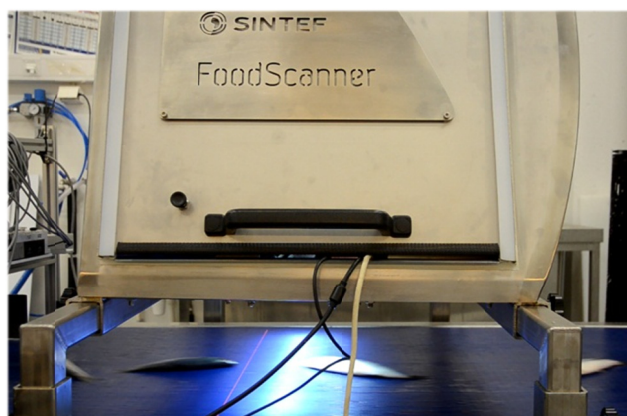


## 4 Resultater

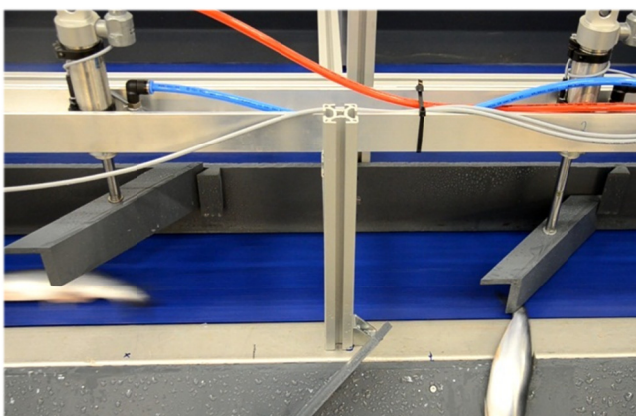
I dette prosjektet er flere distinkte delfunksjoner testet hver for seg og sammen. Resultatene fra forsøkene som er utført fra input i maskinene til output er presentert her. Hver modul og dens resultater vil bli detaljert beskrevet opp mot målsetningene for dette prosjektet. **Figur 4-1–Figur 4-4** er bilder av resultatene fra de forskjellige modulene som er satt sammen i dette prosjektet.



**Figur 4-1:** Fisk som singuleres ved bruk av malstrøm



**Figur 4-2:** Avbildning av fisk ved bruk av SINTEF FoodScanner



**Figur 4-3:** Uttak til veiestasjoner



**Figur 4-4:** Fisk på veiestasjon

Følgende delmål ble definert for Fase 1 av prosjektet, og disse vil bli beskrevet i hvert sitt avsnitt under.

- Delmål 1: Utvikle og definere prinsipp for representativt prøveuttak fra hovedstrømmen av fisk
- Delmål 2: Utvikle og definere prinsipp for infeed-system til veie-/vekttestimeringsenhet, singulering og innmating
- Delmål 3: Utvikle og definere teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk ombord.



## 4.1 Representativt prøveuttak

*Delmål 1: Utvikle og definere prinsipp for representativt prøveuttak fra hovedstrømmen av fisk*

Arbeidet med uttak av fisk fra silkasse ble utført før oppstarten av dette FHF-prosjektet. Det er beskrevet i SINTEF-rapport F18949 - Fortrolig (Aursand *et al.*, 2011). Et utdrag av resultatene fra det tidligere arbeidet er likevel presentert her, fordi det er av høy relevans for de valg som ble gjort i prosjektet. **Figur 4-5** viser et bilde av rennesystem i avsilingssone i silkasse ombord på M/S Kings Bay.



**Figur 4-5:** Bilde av rennesystem i avsilingssone i silkasse ombord på M/S Kings Bay

Dette arbeidet ble gjort i to faser høsten 2010, hvor to forskningstokt ble gjennomført. Ulike løsninger ble testet ut ved Tokt 1 (makrell). Deretter ble det gjort en forbedring av de mest lovende løsningene for videre uttesting under Tokt 2 (NVG sild).

Ved Tokt 1 ble fem ulike rennesystem testet. Under ombordtaking ble det tatt videofilm av fisk i silkassen. Ut fra observasjoner gjort ombord samt videosnuttene ble de ulike rennesystemene for singulering av fisk vurdert. Ved Tokt 2 ble forbedret utgave av utvalgte konsept vurdert.

Kriterier for evaluering:

- Stansing/oppopping av fisk mot innløp av renne
- Tilstrekkelig antall fisk i renne
- Singulering i renne
- Potensielle farer for skader på fisk som følge av renne

Felles for de tre rennealternativene som ble testet var at ingen forårsaket vesentlig stansing/oppopping av fisk ved innløpet. Om det kom tilstrekkelig antall fisk inn i de enkelte rennene var avhengig av plasseringen av renna i silkassen. Båten krenget ved ombordpumping, og det gjorde dermed også silkassen, slik at store deler av fisken strømmet over en liten del av avsilingssonen. Rennene sto plassert på den siden av silkassen hvor

fisken strømmet, men det var stor forskjell på hvor mye fisk som gikk gjennom de ulike rennene. **Figur 4-6** viser hvordan fisken plasserte seg i den beste rennen, godt egnet for vektestimering ved hjelp av maskinsyn.



**Figur 4-6:** Fisk i smal renne som ligger i fin posisjon for fotografering og vektestimering

Gjennomsnittlig  $9 \pm 4$  fisk per 10 sekund var lengdeorientert og singulert i renna slik at de var egnet for fotografering og vektestimering. Disse tallene er basert på to uavhengige ekspertvurderinger av fem videosnutter à 10 sekunder. Dermed kan vi si at antall fisk egnet for fotografering ligger i underkant av 1 fisk/sek. Dette betyr at man vil kunne estimere vekt på omtrent 3200 fisk i timen per renne. Resultatet er tilfredsstillende sammenliknet med dagens prøveuttak. Det må imidlertid tas forbehold om at vektfordelingen på fisken i renna tilsvarev vektfordelingen på fisken i fangsten forøvrig. **Tabell 4-1** viser en oversikt over antall fisk egnet for fotografering og vektestimering per minutt. Dataene er basert på to uavhengige eksperters evaluering av 6 videosnutter av renna under ombordtaking. Hver videosnutt varte 40 sekunder, og de ble tatt opp på ulike tidspunkt under ombordtakingsprosessen.

**Tabell 4-1:** Oversikt over antall fisk/min egnet for fotografering og vektestimering

Renne nr	Ekspert 1: Observert fisk/min	Ekspert 2: Observert fisk/min	Gjennomsnitt fisk/min
1	32	38	35
2	8	14	11
3	10	17	14

Det var store innbyrdes variasjoner mellom filmene av renne 2 og filmene av renne 3. Dette kan skyldes båtens kregning og/eller ujevn pumpehastighet.

Et viktig moment ved valg av metode for uttak av fisk til vektestimering er at man får et representativt utvalg av fangsten. Et spørsmål som da må besvares er om rennene "velger" fisk av en spesiell størrelse, slik at man får en systematisk feil. Det kan tenkes at utformingen av rennene favoriserer store fisk eller små fisk, slik at gjennomsnittet blir forskjøvet. Det statistiske grunnlaget er foreløpig for lite til å si noe konkret om dette, men de målingene som ble gjort er rapportert i **Tabell 4-2**. Resultatene antyder at rennesystemet kan ha en tendens til å "velge" mindre fisk. Som det fremgår av **Tabell 4-2** kan det se ut som om det er opp til 49 gram forskjell i snittvekten på vanlig prøvetaking i avsilingssonen og prøvetaking fra rennesystemet. Dette tyder på at rennene i silkassen "velger" mindre fisk. Grunnlaget er likevel for lite til å si om dette er en trend eller en tilfeldig variasjon.

**Tabell 4-2:** Oversikt over vektfordeling på stikkprøver av fisk tatt i avsilingssonen og i rennesystem 1

Kast nr	n	Snitt rundvekt (g)	Vektgrupper (g)	Gradering	Vekt-%	Ant-%	Snitt rundvekt (g)
Kast 1, uttak fra avsilingssone	601	451	200-400	2-4	28,7	36,3	357
			400-600	4-6	57,5	54,4	476
			600-2000	6+	13,8	9,3	669
Kast 1, uttak 1 fra renne	22	412	200-400	2-4	43,3	50,0	356
			400-600	4-6	49,5	45,5	448
			600-2000	6+	7,3	4,5	658
Kast 1, uttak 2 fra renne	21	435	200-400	2-4	34,2	42,9	347
			400-600	4-6	59,2	52,4	492
			600-2000	6+	6,6	4,8	601

Det er uønsket at mindre fisk blir tatt ut i rennesystemet, og en mulig løsning for å unngå dette kan være å opprettholde dagens batchsystem for deretter å automatisk vektestimere fangsten. Det var opp til 49 gram forskjell i snittvekten på vanlig prøvetaking og prøvetaking fra rennesystemet. Tallgrunnlaget er likevel for lite til å si om dette er en trend eller en tilfeldig variasjon. Det er uønsket at mindre fisk blir tatt ut i rennesystemet. I samråd med redere og utstysrleverandør ble det besluttet å gå for en løsning med batchsystem hvor fisk blir tatt ut fra hovedstrømmen.

## 4.2 Innmating og singulering

*Delmål 2: Utvikle og definere prinsipp for infeed-system til veie-/vektestimeringsenhet, singulering og innmating*

### 4.2.1 Innmating

Ulike prinsipper for innmating ble diskutert i prosjektgruppen. Det ble besluttet at en løsning med rørsystemer fra det punktet under silkassen hvor all fisk samles i en hovedstrøm var den optimale løsningen. Denne beslutningen ble tatt på grunnlag av tidligere arbeid utført av SINTEF (se **Kapittel 4.1**), og erfaringer gjort av de ulike rederne i styringsgruppen.

Løsninger for innmating/transportør er kjent teknologi, og det ble derfor ikke utført FoU-arbeid i forbindelse med valg av prinsipp. I videre utviklingsarbeid ble det brukt et samlebånd for å mate inn og simulere kontinuerlig innmating av fisk til systemet. Fisken ble spredd jevnt utover samlebåndet. Det var satt som



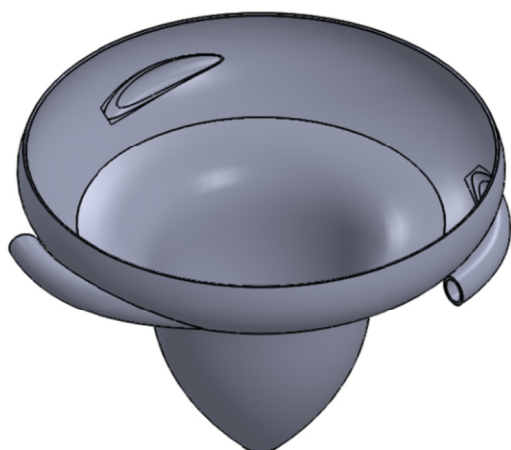
forutsetning at systemet skal kunne håndtere både kontinuerlig og segmentert innmating av fisk. Samlebåndet som ble brukt gav mulighet for å simulere begge deler.

#### 4.2.2 Singulering

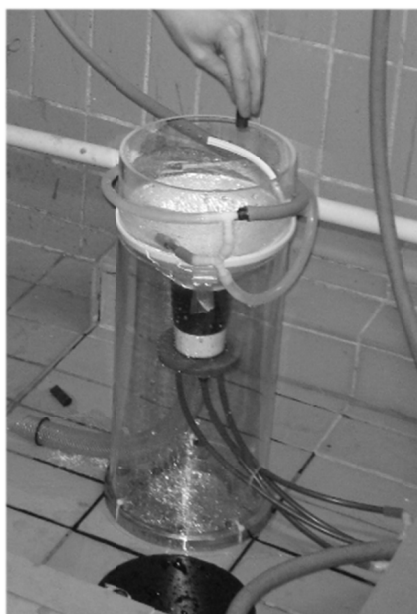
Separasjon (singulering) av fisk i bulk ble tidlig identifisert som den største FoU-oppgaven i prosjektet. Dette prosjektet brukte en ny metode for singulering av fisk. Singuleringssystemet ble utviklet i en masteroppgave skrevet av Aleksander Børresen Eilertsen (Eilertsen, 2012). I masteroppgaven ble det utviklet en prototype på en skånsom og effektiv singulator. Masteren presenterte en prior art og en teori rundt hvordan man kan singulere fisken. Arbeidet ble presentert for styringsgruppen under møtet i august 2012, og det ble besluttet å videreutvikle dette konseptet som singuleringsmetode i vektestimeringssystemet. Deler av masteroppgaven er beskrevet under.

##### Masteroppgave: Singulering av fisk

En del løsninger ble tegnet ut, og ett av forslagene valgt ut for prototypetesting. Prototypen ble tegnet i SolidWorks (3D). En skisse av prototypen kan ses i **Figur 4-7**. I samarbeid med et verksted på NTNU Gløshaugen ble det tilvirket to enkle prototyper for å teste om ideen hadde noe hold. Første prototype er vist i **Figur 4-8**. Det viste seg at denne modellen fungerte bra. Ut fra denne prototypen ble det samlet inn data som skal hjelpe med nye tegninger av ideen. Metoden viste seg å kunne være egnet.



**Figur 4-7:** En 3D-tegning av en av ideene for singulering til enkeltfisk. Fisken slippes ned fra toppen. I «bollen» skapes det en malstrøm. Den sørger for at kun et objekt vil kunne bevege seg ned i utløpet om gangen. Fisken kommer ut en og en.



**Figur 4-8:** Prototyp av singuleringsystem

##### Videreføring av masteroppgave

I dette prosjektet ble det bygd en stor modell som kunne håndtere stor sild i motsetning til masteroppgaven som kun kunne håndtere smolt.

**Tabell 4-3** viser en oversikt over singulareringsforsøk utført i prosjektet.

**Tabell 4-3:** Oversikt over singuleringsforsøk utført i prosjektet, totalt 17 forsøk

Forsøk	Model i bruk	Fisketype (art, størrelse)	Resultat	Kommentar
1.0	Første prototype fra masteroppgaven	Gummibiter	Effektiv singulering	Liten vannstrøm (kjøkkenvask ble brukt)
2.0	Andre prototype fra masteroppgaven	Smolt (10-15 cm lang)	Fungerte med bulk innmating i små doser (2-5 stk.)	Liten vannstrøm (kjøkkenvask ble brukt)
⋮	⋮	⋮	⋮	Variasjon av vanntrykk og bulk størrelser
2.7	Sluttmodell i masteroppgaven	Smolt (10-15 cm lang)	Effektiv singulering av smolt, ved innmating i bulk på 5 fisk hver tredje sekund	Liten vannstrøm (kjøkkenvask ble brukt)
3.0	Ny og større modell hos SINTEF	Sild (15-20 cm lang)	Dårlig singulering, ofte tett	Nedadrettet vanninnsprøyting
⋮	⋮	(variert sildestørrelse 15-30 cm)	⋮	Variasjon av vanntrykk og bulk størrelser og vanninnsprøytingsvinkel
3.9	Sluttmodell til dette prosjektet	Sild (15-20 cm lang)	Ok singulering av fisk, ved inntak av bulk på 5 fisk hvert femte sekund	Sårbar for overmating

Ved jevn innmating kom det ut en jevn strøm med fisk. Men resultatene viser at man må unngå overmating av systemet. Med innmating av eksempelvis fem fisk hvert fjerde sekund tok singulatorene unna fisken som ble matet inn, men fem fisk på tre sekunder var for mye for systemet. Kravet for maskinen var derimot satt til å være fem fisk på ti til femten sekunder – noe som betyr at systemet vil kunne håndtere de kravene som er satt for innmatings- og singuleringshastigheter.

Denne formen for singulering fungerer, men trenger mer FoU for å komme til en ferdig implementerbar produksjonsmodell. Det gjenstår å lage en modell som er mer robust i forhold til mengden innmatet fisk og størrelse på fisken. I tillegg må det finnes en løsning for kontrollert vanninnsprøyting, mengden vann og vanntrykk. Ulike utforminger av "skåla" hvor vannstrømmen dannes er testet, men det gjenstår imidlertid noe forskningsarbeid på dette området også. Dette er beskrevet i **Kapittel 5**.

### 4.3 Teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk

*Delmål 3: Utvikle og definere teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk ombord.*

#### 4.3.1 Maskinsyn for verifisering av singulering

Prosjektet har benyttet seg av SINTEFs FoodScanner. Dette er en prototypemaskin som har mulighet til å ta høyhastighetsbilder av objekter. I dette prosjektet ble FoodScanneren brukt til å fortelle en uttaks mekanisme om fisken som kommer ut av singulatorene er singulert eller ikke. Dette fungerte utmerket.

Deteksjon av singulert fisk har blitt utført i et KMB-prosjekt med Avanti (KMB AutoGrade, 2008-2012). I det prosjektet ble det brukt maskinsyn for å detektere om det lå mer enn en fisk i en skål. Dette ble gjort ved bruk av geometri og fargeintensitetsfordeling. **Figur 4-9** og **Figur 4-10** viser bilder av fisk som er datagrunnlag for deteksjon av om fisken er singulert.

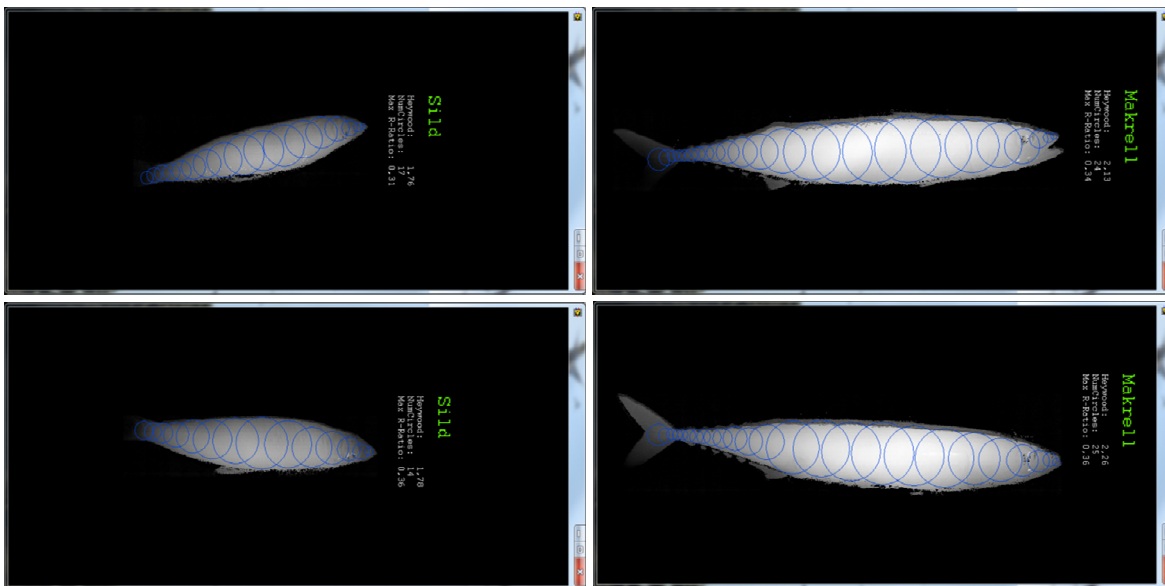


**Figur 4-9:** Dobbelt fisk



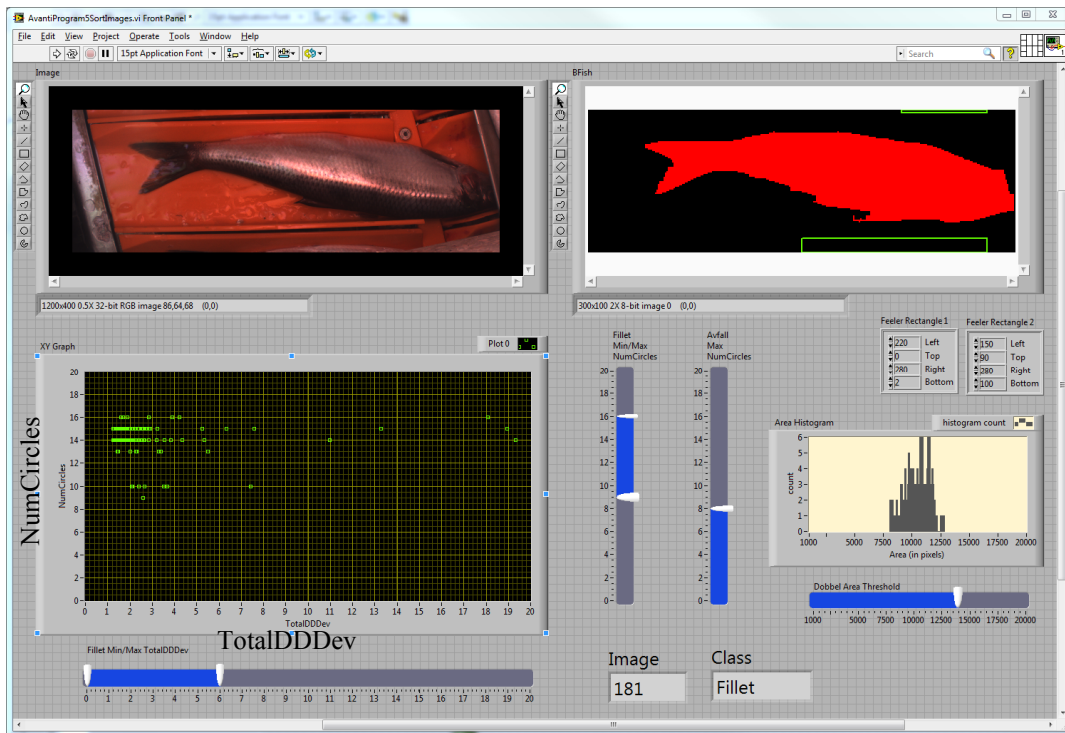
**Figur 4-10:** Enkeltfisk

Makrell kan skilles fra sild, eller andre arter, blant annet ved bruk av geometriske parametre. Eksempelvis har makrellen en mye tynnere hale og en mer "torpedo-lignende" form enn sild. Denne teknikken ble brukt for demonstrasjon av individbasert sortering av pelagisk fisk i KMB AutoGrade. **Figur 4-11** viser differensiering mellom makrell og sild.

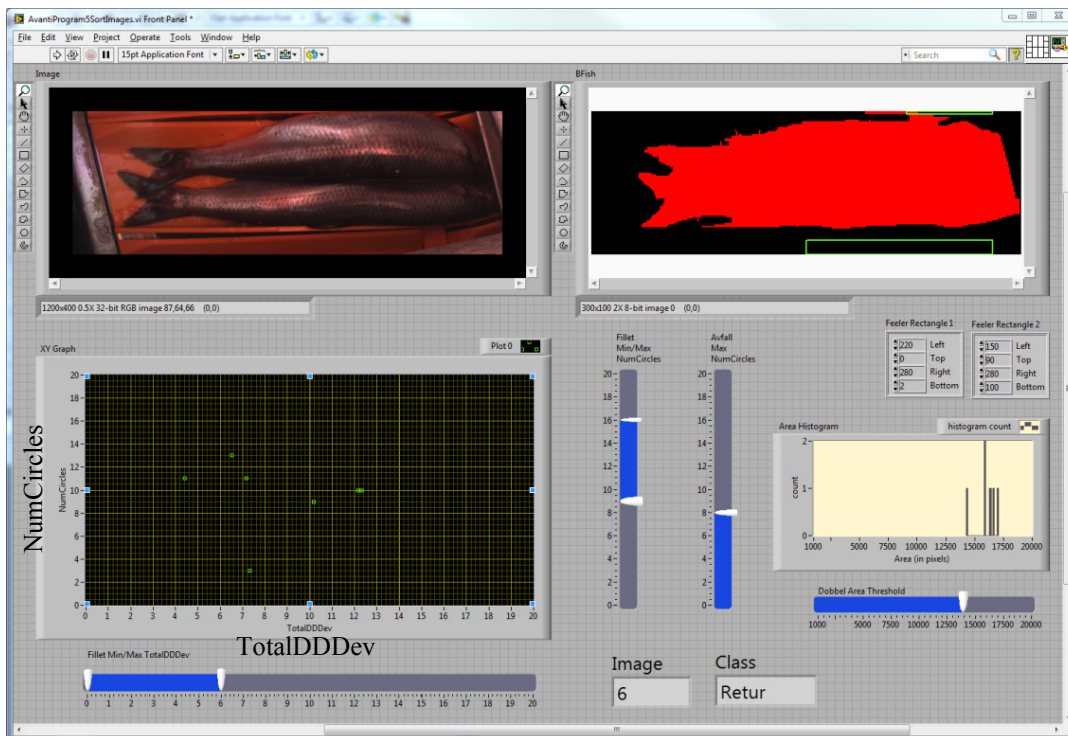


**Figur 4-11:** Differensiering mellom makrell og sild

Enkeltfisk kan skilles fra dobbeltfisk ved å se på geometriske parametre ('NumCircles' i **Figur 4-12** og **Figur 4-13**) og avvik i intensitetsfordeling på fisken ('TotalDDDDev' i **Figur 4-12** og **Figur 4-13**). Denne teknikken ble brukt for å analysere sild som skal mates inn i fileteringsmaskin, hvor noen er godkjent og skal til filetering; noen har feil orientering, mens andre ligger dobbelt og skal dermed i retur; noen har større skader, og skal dermed sorteres ut til restråstoff. Med denne teknikken blir noen enkeltfisk klassifisert som dobbeltfisk og går i retur, grunnet problemer med belysning i oppsettet brukt i disse bildene. For vektestimering ombord, betyr dette at noen fisk må veies på nytt igjen. Dette problemet kan elimineres ved å forbedre belysningsoppsettet.



**Figur 4-12: Deteksjon av enkeltfisk**



**Figur 4-13: Deteksjon av dobbeltfisk**



### 4.3.2 Løsning for levering av singulert fisk til veiing

Uttaksmekanismen som ble brukt i dette prosjektet har blitt utviklet i ett annet prosjekt hos SINTEF Fiskeri og havbruk (FHF-prosjekt 'Individbasert sortering av pelagisk fisk' #900387, 2010-2013). Hastigheten for levering av singulert fisk for denne løsningen har vært to fisk i sekundet. Det betyr at uttaksmekanismen kan levere raskere enn kravet til systemet definert i dette prosjektet som er satt til 1-2 fisk annet hvert sekund.

## 4.4 Proof-of-concept

**Figur 4-14** og **Figur 4-15** viser oppbygningen av totalkonseptet for vektestimering av pelagisk fisk. En demonstrasjonsvideo med proof-of-concept for systemet er laget, og finnes i **Vedlegg 2**. Videoen viser systemet fra innmating til leveranse av enkeltfisk på vekt.



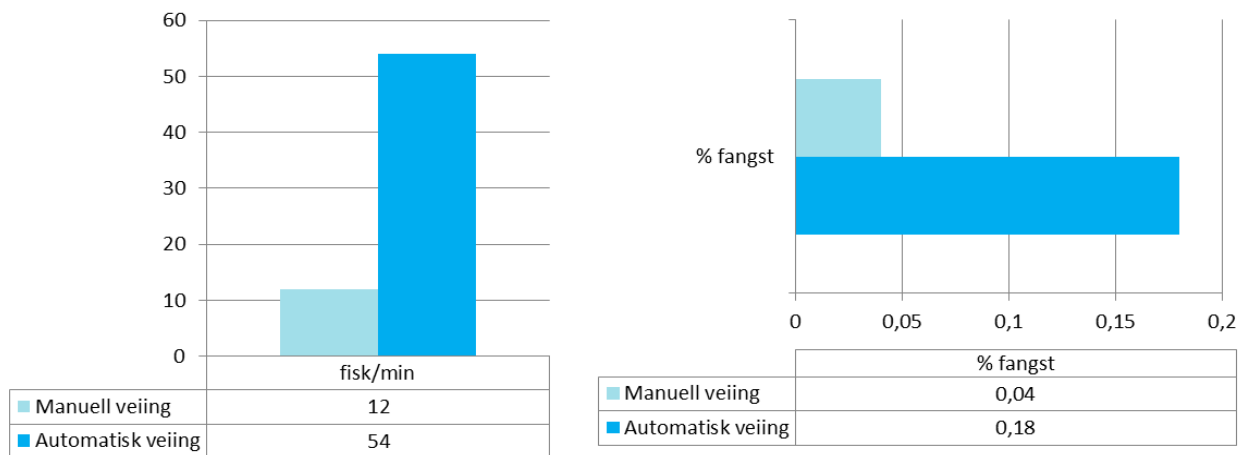
**Figur 4-14:** Sammensetning av teknologi



**Figur 4-15:** Forsøksoppsett for proof-of-concept

#### 4.4.1 Systembetragtninger

For at en automatisert estimering av fiskevekt ombord skal være en suksess er man avhengig av å oppnå høyere effektivitet og nøyaktighet enn i dagens metode. I dag tas fisken ombord i løpet av 30-60 minutter. Med en snittvekt på 250 gram betyr dette at man har behov for å veie 13 – 27 fisk per minutt. Ved manuell veiing oppnås typisk 10 til 15 fisk per minutt. Resultatene fra det systemet som er testet i dette prosjektet viser at vi kan håndtere cirka én fisk i sekundet – det vil si 60 fisk i minuttet. Dette er rundt fem ganger den hastigheten som oppnås ved manuell veiing. Noe som betyr at mengden fisk som kan veies øker fra 0,04% til cirka 0,18%. **Figur 4-16** viser beregning av kapasitet ved manuell og automatisk veiing av fisk ombord.



**Figur 4-16:** Beregning av kapasitetsforskjell mellom manuell og automatisk veiing av pelagisk fisk ombord.

Automatisk vektestimering vil altså gi et større antall stikkprøver. Hvor mye vil dette i praksis ha å si for nøyaktigheten i estimatet over størrelsesfordelingen av fangsten? For eksempelets del antar vi at fangsten er normalfordelt, og ønsker å sammenligne nøyaktighet på estimering av fangstens vekt ved to ulike størrelser på prøveuttak. Med kjennskap til mengden uttaksprøver, vil vi kunne se på Z-fordeling til prøveuttakene våre. Z-verdien er direkte relatert til standardavviket. Formelen for estimert snitt er:

$$\hat{\mu}_i = \mu \pm \left| Z_{\frac{\alpha_i}{2}} \right| \frac{s}{\sqrt{n_i}}, \text{ hvor } i = \text{gruppen med uttak.}$$

Vi vet at  $\mu$  (snittet) og  $s$  (standardavviket) er lik for begge tilfellene; og om vi antar at  $\hat{\mu}_{0,04\%}$  og  $\hat{\mu}_{0,18\%}$  er tilnærmet like vil vi finne en faktor som kan fortelle oss hvor mye mer nøyaktig den økte mengden prøveuttak vil gjøre standard avviket.

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{0,04\%} \pm \left| Z_{\frac{\alpha_{0,04\%}}{2}} \right| \frac{s}{\sqrt{n_{0,04\%}}} &\cong \mu \cong \hat{\mu}_{0,18\%} \pm \left| Z_{\frac{\alpha_{0,18\%}}{2}} \right| \frac{s}{\sqrt{n_{0,18\%}}}, \\ \rightarrow \left| Z_{\frac{\alpha_{0,04\%}}{2}} \right| \frac{1}{\sqrt{n_{0,04\%}}} &\cong \left| Z_{\frac{\alpha_{0,18\%}}{2}} \right| \frac{1}{\sqrt{n_{0,18\%}}}, \\ \rightarrow \left| Z_{\frac{\alpha_{0,04\%}}{2}} \right| \frac{\sqrt{n_{0,18\%}}}{\sqrt{n_{0,04\%}}} &\cong \left| Z_{\frac{\alpha_{0,18\%}}{2}} \right|. \end{aligned}$$

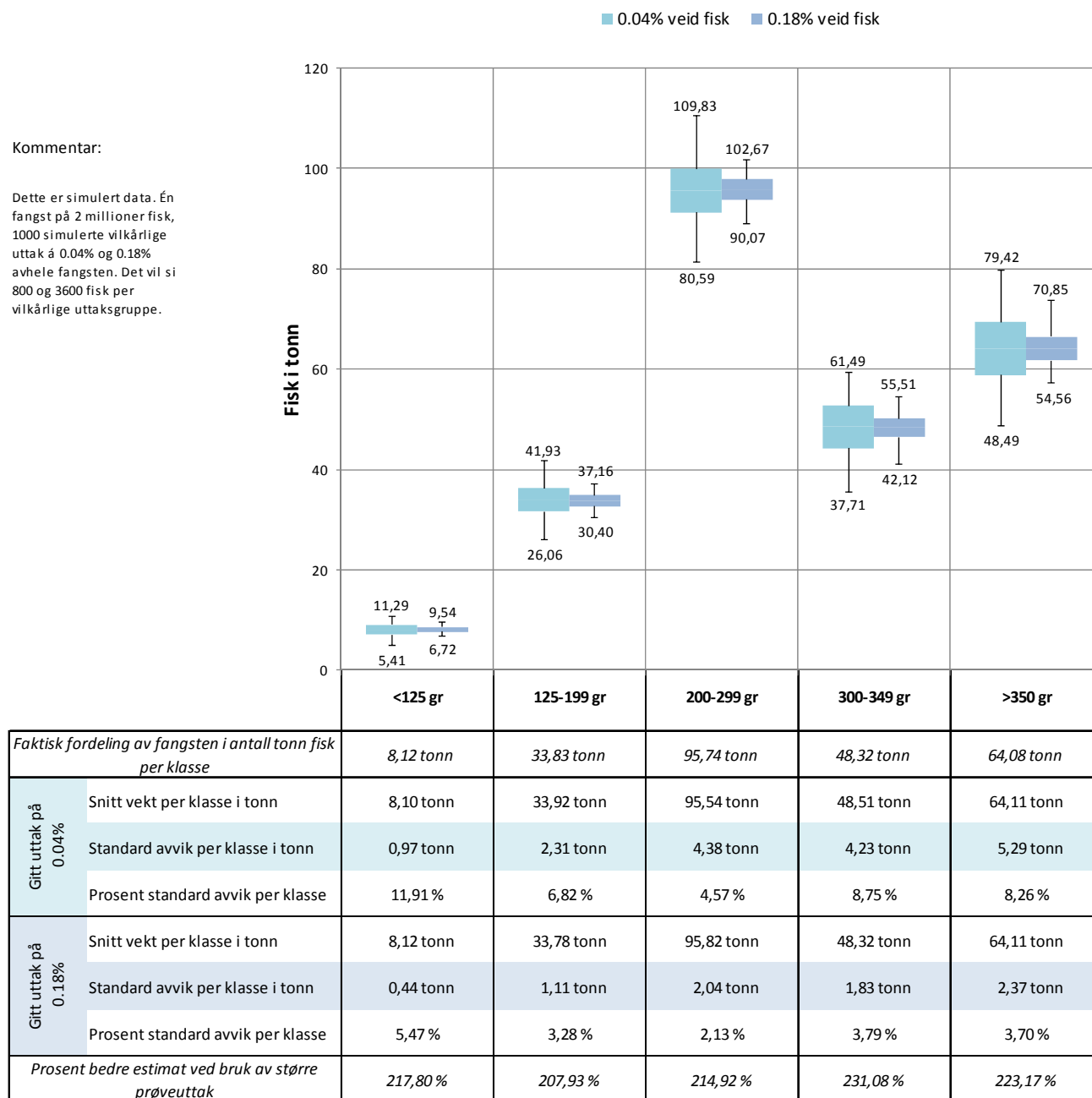
Faktoren mellom Z-verdiene vil kunne gi en indikasjon på hvor mye mer nøyaktig den større mengden uttaksprøver vil gjøre standardavviket.

$$\rightarrow \text{faktor for mer nøyaktig resultat} = \frac{\sqrt{n_{0,18\%}}}{\sqrt{n_{0,04\%}}},$$

$$\rightarrow \text{faktor for mer nøyaktig resultat} = \frac{\sqrt{3600}}{\sqrt{800}},$$

$$\rightarrow \text{faktor for mer nøyaktig resultat} \cong 2,12 \rightarrow 212\%,$$

Det vil si rundt 212 % mer nøyaktige standardavvik/bedre estimat.



**Figur 4-17:** Differanse mellom prøveuttak på 0,04 % og 0,18 % av fangsten.

Vi har i Matlab simulert en fangst med 2 millioner fisk for å undersøke hvordan økningen av størrelsen på uttaksprøver vil påvirke estimering av fangstens vekt. Fangsten er antatt å ha en normalfordelt individvekt med gjennomsnitt på 250 gram og standardavvik på 100 gram. Fra **Figur 4-17** ser vi at størrelsen på



prøveuttaket har en helt klar effekt på nøyaktigheten som kan rapporteres på fangstens størrelse i hver vektklasse. Vi ser at et estimat fra en gruppe med 0,18 % uttak er mer en 200 % bedre enn et estimat fra en gruppe på 0,04 %. Men dette er kun det man ser ut fra standardavviket på snittet av 1000 slike uttakstester. Det er derfor også viktig at vi legger merke til ekstremitetene i grafen. Vi ser eksempelvis at i gruppen '200-299 gr.' er det tilnærmet 15 % avvik for 0,04 % gruppen, mens det mest ekstreme på 0,18 % gruppen avviker med 7 %. Vektklasseinndelingen er tatt fra Norges Sildesalgslag.

Som vi kan se fra resultatene av simuleringen ligger bedringsprosenten på standardavviket rundt 219 %, noe som ikke samsvarer med det som ble teoretisk kalkulert fra Z-verdier hvor vi fant en faktor på rundt 212 % forbedring. Grunnen til dette er at faktoren regnet ut fra Z-verdiene antar at man ønsker å måle snittvekten på hele fangsten, mens simuleringene har delt fangsten inn i vektklasser.

Konklusjonen fra disse simuleringene og teoretiske betraktningene er at økning av prøveuttakets størrelse fra 0,04 % til 0,18 % av fangsten resulterer i at man får et mer enn dobbelt så nøyaktig estimat på fangstmengde – både når det gjelder hele fangsten eller fangsten inndelt i vektklasser.

## 5 Diskusjon

### 5.1 Singulering

Resultatet fra sammensetningen av det helhetlige systemet har vært godt. Prototypen som er testet i dette prosjektet oppfyller hastighetskravene for individuell veiing av fisk. Den største FoU-utfordringen og flaskehalsen i systemet er singuleringen, som er en vanskelig oppgave, spesielt under de hastighetskravene som definerer om systemet vil være kosteffektivt for bruker. Singulatoren som er brukt i dette prosjektet har gitt gode resultater. I forsøkene ble et flatt samleband benyttet for å mate inn fisken til systemet. Singulatoren er sårbar for mengde fisk som blir matet inn. Det er derfor behov for å optimalisere innmatingen. Det kan derfor være hensiktsmessig å utføre tester der det brukes stigeband for å mate systemet. Ved bruk av stigeband vil det komme eksempelvis, ved design, tre til fem omgangen hvert femte sekund.

### 5.2 Teknologi for veiing/vektestimering av enkeltfisk

Maskinsynsystemet som er brukt i dette prosjektet har vært utviklet med det formål å vektestimere fisk for pelagisk landindustri. Der kreves en høyere hastighet for å kunne dekke behovet sammenliknet med behovet for et system ombord på fartøy. I et industrialisert konsept kan en enklere teknologi benyttes. Ved å benytte algoritmene utviklet for landindustrien vil en på sikt kunne detektere flere parametre enn singulert fisk, slik som art og skader. Dette kan være en viktig ekstra funksjonalitet med tanke på å gi mest mulig informasjon om fisken til kjøper allerede ved auksjon. I tillegg vil det kunne gi en god tilbakemelding til fiskerne ombord på hvordan fangstprosessen påvirker kvaliteten.

### 5.3 Videre arbeid

For at systemet presentert i denne rapporten skal kunne industrialiseres forutsettes det at følgende forsknings- og utviklingsarbeid utføres:

- En detaljering av systemet med tanke på sammensetning av komponenter og konstruksjonstegninger.
- Det er nødvendig å tilpasse en god løsning for innmating av ønsket mengde fisk til singulatoren slik at denne fungerer optimalt.
- Utvikling av en mer robust singulator med tanke på mengden innmatet fisk og størrelse på fisken. I tillegg må det utvikles en løsning for kontrollert vanninsprøytning, mengden vann og vanntrykk. Ulike utforminger av "skåla" hvor vannstrømmen dannes er testet, men videre utvikling er nødvendig.
- Utvikling av robuste algoritmer ('fish-map') som tolker maskinsynbilder. Algoritmene skal identifisere art, skadd fisk og singulert fisk versus ikke singulert fisk.
- Utvikling av immobilisering av fisken før den går inn i systemet, noe som er avgjørende for å få en nøyaktig avbildning og veiing av fisken. Systemet er foreløpig kun testet på død fisk.
- Testing av robusthet ombord på fartøy gjennom forskningstokt. Ekstreme værforhold, sjøgang, vibrasjon og korrosivt miljø er noen av utfordringene.

### 5.4 Nytteverdi

Industrialisering av et slikt system vil kunne gi følgende nytteverdi for flåten og landindustrien:

- Frigjøring av mannskapets kapasitet under lasting.
- Forbedret HMS for fiskerne ved at tunge løft og usikret klatring unngås.
- En mer nøyaktig estimering av vektfordelingen i hele fangsten fordi en større andel av fangsten blir veid, og dermed mer nøyaktig prissetting av fangsten ved auksjon fordi en større andel av fangsten er veid.

- Mulighet for å inkludere mer informasjon om fangsten slik som for eksempel skader.
- Bedre planlegging av produksjonen ved landanleggene ved at de får mer informasjon om størrelsesfordeling og kvalitet på fisken i fangsten.
- Mindre svinn av fisk ombord, da veid fisk kan gå tilbake til lagringstanker.

## 6 Konklusjon

- Videoen med proof-of-concept har vist at de valgte prinsippene for automatisk vektestimering av pelagisk fisk ombord fungerer.
- Prototypen som er testet i dette prosjektet oppfyller hastighetskravene for individuell veiing av fisk.
- Realisering av en industrialisert løsning forutsetter imidlertid følgende forsknings- og utviklingsarbeid:
  - Detaljering av systemet.
  - Valg av løsning og tilpasning av denne for god innmating til singulatoren
  - Utvikling av en mer robust singulator med tanke på mengden innmatet fisk og størrelse på fisken. I tillegg må det utvikles en løsning for kontrollert vanninsprøytning, mengden vann og vanntrykk. Ulike utforminger av "skåla" hvor vannstrømmen dannes er testet, men videre utvikling er nødvendig.
  - Utvikling av robuste algoritmer ('fish map') som tolker maskinsynbilder. Algoritmene skal identifisere art, skadd fisk og singulert fisk versus ikke singulert fisk.
  - Utvikling av en form for immobilisering av fisken før den går inn i systemet, noe som er avgjørende for å få en nøyaktig avbildning og veiing av fisken.
  - Testing av robusthet ombord på fartøy med de tilhørende utfordringer.
- Industrialisering av et slikt system vil kunne gi følgende nytteverdi for flåten og landindustrien:
  - Frigjøring av mannskapets kapasitet under lasting.
  - Forbedret HMS for fiskerne.
  - En mer nøyaktig estimering av vekt av enkeltfisk for hele fangsten.
  - Mer nøyaktig prissetting av fangsten ved auksjon.
  - Bedre planlegging av produksjonen ved landanleggene ved at de får mer informasjon om størrelsesfordelingen og kvalitet på fangsten.
  - Mindre svinn av fisk ombord, da veid fisk kan gå tilbake til lagringstanker.

## 7 Leveranser

Prosjektleveranser:

- Aursand, I.G., Toldnes, B., Bondø, M., Fossum, J.A., Eilertsen, A.B., Salomonsen, C. "Teknologi for forbedret fangstbehandling i ringnotflåten" Foredrag. Pelagisk samling i Ålesund desember 2011.
- Aursand, I.G., Toldnes, B., Bondø, M., Fossum, J.A., Eilertsen, A.B., Salomonsen, C. (2012) Delrapport1: Vektestimering av enkeltfisk ombord. SINTEF-rapport A22527 – Åpen. ISBN 978-82-14-05430-9.
- Toldnes, B., Aursand, I.G., Eilertsen, A.B. 'Teknologi for bedre fangstbehandling og kvalitet fra ringnotflåten' Pelagisk samling i Ålesund 4. desember 2012. Presentasjonen inneholdt video med proof-of-concept for alle delkonsepter
- Aursand, I.G., Toldnes, B., Eilertsen, A.B., Mathiassen, J.R., Bondø, M., Salomonsen, C. (2012). Sluttrapport. Vektestimering av enkeltfisk ombord. SINTEF-rapport.
- Eilertsen, A.B., (04/2012) 'Improved automated singulation of pelagic fish: Novel engineering and prior art construction' Masteroppgave ved NTNU, Konfidensiell.
- Eilertsen, A.B., Toldnes, B., Bondø, M., og Aursand, I.G. (08/2012) Vektestimering av pelagisk fisk ombord – veien videre. Presentasjon ved styringsgruppemøte.
- Faktaark SINTEF Fiskeri og havbruk (08/2012) til Nor-Fishing. 'Vektestimering av enkeltfisk ombord på pelagiske fiskefartøy'
- <http://www.sintef.no/Fiskeri-og-Havbruk-AS/Prosjekter/2011/Vektestimering-av-enkeltfisk-ombord-pa-pelagiske-fartoy>. Nettside for prosjektet.

Det er planlagt gjennomført et styringsgruppemøte i februar 2013 hvor planer for Fase 2 av prosjektet skal vedtas.

Alle prosjektleveranser finnes på prosjektets nettside:

<http://www.sintef.no/Fiskeri-og-Havbruk-AS/Prosjekter/2011/Vektestimering-av-enkeltfisk-ombord-pa-pelagiske-fartoy>.

## 8 Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater

Forskningsleder Harry Westavik har vært kvalitetssikrer. Han har også deltatt som observatør i styringsgruppen.

## Referanser

Aursand, I.G., Mathiassen, J.R., Bondø, M. og Toldnes, B. (2011) Teknologi for optimal håndtering av pelagisk fisk ombord - Evaluering av fiskekvalitet som funksjon av design av silkase samt utvikling av et stikkprøvesystem for automatisk vektestimering av enkeltfisk. SINTEF-rapport F18949. Fortrolig.

Eilertsen, A.B., (04/2012) "Improved automated singulation of pelagic fish: Novel engineering and prior art construction" Masteroppgave ved NTNU, Konfidensiell.

Eilertsen, A.B., Toldnes, B., Bondø, M., og Aursand, I.G. (08/2012) Vektestimering av pelagisk fisk ombord – veien videre. Presentasjon ved styringsgruppemøte.

Norges Sildesalgslag: <https://www.sildelaget.no/no/fiskeri/nvg-sild.aspx> (02/2013). Inndeling av fangstgruppedeling.

**Vedlegg 1: Kravspesifikasjon**

<b>Kravspesifikasjon vektestimering om bord</b>		Oppdatert: 18. feb 2013
Punkt	Beskrivelse	Entydige og målbare verdier
<b>A</b>	<b>Overordnede krav</b>	
A.1	Minske interaksjon med vektestimering om bord ved automatisering	Fristille 1-2 mann fra prosessen
A.2	All fisk som prosesseres om bord skal være immobilisert	100 % immobiliseres
A.3	Antall fisk/min gjennom systemet	Snitt 56 fish/min
A.4	Krav til veid % andel av fisk tatt under fangst	0,10 %
A.5	Krav til presisjon av veiing	1-2%
A.6	Ikke selektiv på størrelse	Ikke selektiv
<b>1</b>	<b>Funksjonskrav</b>	
1.1	<b>1. Innmating</b>	
1.1.1	<i>Skader:</i> Må være skånsom mot fisken, ikke påføre mer skader enn det fangsthåndteringen allerede har gjort	0 % tilleggsskader
1.1.2	<i>Hastighet:</i> Maskinen må håndtere fisk tilsvarende dagens håndtering/prosessering	Snitt 22 fish/min
1.1.3	<i>Automasjon:</i> Innmating må være automatisk på større båter, kan skje manuelt på mindre båter	100 % automatisk, unntatt små båter
1.1.4	<i>Avsiling:</i> Fisk og vann må separeres før veiing	Ikke vann i systemet ved veiing
1.2	<b>2. Singulering</b>	
1.2.1	<i>Singulering:</i> Fisk må singuleres og passere maskinsyn enkeltvis	0 % doble/overlappende fisk
1.2.2	<i>Singulering:</i> Fisken bør singuleres parallelt på bånd	0 % doble/overlappende fisk
1.2.3	<i>Automasjon:</i> Singulering må foregå automatisk	100 % automatisk
1.3	<b>3. Orientering</b>	
1.3.1	<i>Orientering:</i> Systemet bør være uavhengig av fiskens orientering i lengderetning eller inkludere mekanisme for orientering	Fisken orienteres etter behov
1.3.2	<i>Presentering:</i> Ved bruk av maskinsyn må systemet presentere fisken	Fisken presenteres etter behov
1.4	<b>4. Immobilisering</b>	
1.4.1	<i>Immobilisering:</i> All fisk som tas til utakt må immobiliseres	100 % av fisken immobiliseres
1.4.2	<i>Strømstyrke:</i> Fisken må immobiliseres ved strømstyrke tilpassert art	Ca 60 volt, AC/DC
1.5	<b>5. Maskinsyn</b>	
1.5.1	<i>Arter:</i> Systemet må kunne gradere fisk i ulike (pelagiske) arter	Skal skille mellom hovedart og bifangst

1.5.2	<i>Feil:</i> % feilvurdering av art må være lav	< 1 % feilgradering
1.5.3	<i>Bildekvalitet:</i> Bildene må være gode nok til at algoritmer kan segmentere fisken (skarphet, kontrast, støynivå, dynamisk rekkevidde, eksponering) og skille mellom artene.	Riktig valg av kamera, oppsett tilpasset båndhastighet 0,5 m/s
1.5.4a	<i>Bildeoppløsning:</i> Må være høy nok til at viktige egenskaper kan analyseres. (Alt. uten vektestimering)	512x128 (på brikken)
1.5.4b	<i>Bildeoppløsning:</i> Må være høy nok til at viktige egenskaper kan analyseres. (Alt. med vektestimering)	1536x512 (på brikken)
1.5.5	<i>Hastighet:</i> Antall bilder/min må være nok for å ta gode nok bilder i samsvar med det overordnede målet på 30 fisk/min	250-500 linjer/sekund
1.5.6	<i>Belysning:</i> Må fremheve kontrast, må være diffus. Forsøk avgjør om vi velger for- eller bakbelysning. Må fungere stabilt og i tøffe omgivelser.	100 mW rød (660 nm) eller NIR (785 nm) laser, for triangulering
1.5.7	<i>Bakgrunn:</i> Må fremheve kontrast (farge, gjennomsiktighet evt. annet).	Polariseringsfilter på linse
1.5.8	<i>Bildebakgrunn:</i> Området mellom kamera og bildebakgrunn må være fritt for forstyrrende legemer utenom fisken som skal tas bilder av	Fisken singuleres i lukket system
1.5.9	<i>Størrelse og form:</i> Bildetakingseenheten må kunne ta bilder av fisk med forskjellig størrelse og form	Lengde 100-400 mm, bredde 50-100 mm
1.5.10	<i>Presentasjon:</i> Fisk må være presentert i samsvar med maskinsynoppsett	Metode => spesielle krav til pres.
1.5.11	<i>Kalibrering:</i> Årstidsvariasjoner og kalibrering	Enkel kalibrering som kan utføres av operatør
1.5.12	<i>Sortering:</i> Systemet må skille mellom enkeltfisk, dobbeltfisk og skadet fisk/ukjent	Funksjon for å sortere mellom alternativene
1.6	<b>6. Veiing</b>	
1.6.1	<i>Nøyaktighet:</i> Systemet må veie/vektestimere fisken tilsvarende manuell veiing	+/- 2% av fiskens vekt
1.6.2	<i>Utsortering:</i> Må sortere ut feil art og annet som kan komme inn med prøvene	Funksjon for utsortering av alt annet enn riktig fisk
1.6.3	<i>Robusthet:</i> Systemet må fungere i større fartøysbevegelser	Robust system
<b>2</b>	<b>Operasjonelle krav</b>	
2.1	<b>1. Driftskrav</b>	
2.1.1	<i>Automasjon:</i> Innmating, immobilisering, singulering, veiing og utmating må foregå automatisk uten nødvendig interaksjon fra personell	100 % automatisk
2.1.2	<i>Brukervennlig:</i> Brukergrensesnitt bør være brukervennlig uten omfattende opplæring (helst på/av-knapp)	Skjermbasert, enklest mulig
2.1.3	<i>Hygiene:</i> Utstyret bør være tilrettelagt for effektivt og regelmessig renhold	Hygieneforskrift følges
2.2	<b>2. Vedlikeholds krav</b>	
2.2.1	<i>Tilkomst:</i> Systemet bør være fysisk tilrettelagt for service og inspeksjon	Standard for hygienisk design



2.2.2	<i>Vedlikehold:</i> Behovet for korrektivt vedlikehold bør reduseres gjennom robust konstruksjon og planlegging av forebyggende vedlikehold	Standard for hygienisk design
2.3	<b>3. Pålitelighetskrav</b>	
2.3.1	<i>Driftsstans:</i> Systemet bør ikke ha driftsstans mer enn et gitt tidsrom før problemet er utbedret eller alternativ drift er etablert	Akseptabel driftsstans 15 minutter
2.3.2	<i>Nedetid:</i> Systemet bør tilfredsstillere kravet til nedetid	< 5 % av driftstid
2.3.3	<i>Alternativ drift:</i> Alternativ drift kan være manuelt basert system	Installasjon: Plass til manuell veiing
2.4	<b>4. Sikkerhetskrav</b>	
2.4.1	<i>HMS:</i> Systemet må ikke medføre fare for liv og helse	Maskindirektiv følges
<b>3</b>	<b>Omgivelseskrav</b>	
3.1	<b>1. Materialkrav</b>	
3.1.1	<i>Omgivelser:</i> Enhetene må tåle å befinne seg i sterkt korrosive omgivelser over tid	AISI 316/304, POM, tilsvarende
3.1.2	<i>Hygiene:</i> Materialene må ikke avgi stoffer til eller ta opp stoffer fra fisken	Interte materialer
3.2.	<b>2. Miljøkrav ytre miljø</b>	
3.2.1	<i>Miljøhensyn:</i> Produksjon og drift av maskinen(e) bør ikke påføre ytre miljø større belastning enn tilsvarende annet maskineri	Standard for miljøvennlig design (LCA)
<b>4</b>	<b>Designkrav</b>	
4.1	<i>Tilpasning til eksisterende utstyr:</i> Systemet bør ikke kreve omfattende ombygging av eksisterende utstyr og må ikke være til hinder for eksisterende utstyr	Modulbasert design
4.2	<i>Arealbruk:</i> Enhetene må være mest mulig kompakte	Kompakte moduler langs linje
4.3	<i>Utseende:</i> Enhetene bør se moderne ut	Ta hensyn til design under utvikling
4.4	<i>Hygiene:</i> Enheten må være renholds- og vedlikeholdsvennlig	Jfr. standard for hygienisk design
<b>5</b>	<b>Kostnadskrav</b>	
5.1	<i>Kostnad:</i> Systemet bør ha kort inntjenings tid (og overkommelig innkjøpskostnad)	Inntjenings tid 1-2 år
5.2	<i>Reservedeler/slitedeler:</i> Systemet bør ha minst mulig krav om regelmessig (ofte) bytting av dyre komponenter	> 6 mnd
<b>6</b>	<b>Dokumentasjonskrav</b>	
6.1	<i>Dokumentasjon:</i> Systemet må leveres med brukermanual/vedlikeholdslister/etc	Inkluder utforming av dokumentasjon



Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)