

Sluttrapport: Utvikling av teknologi og system for etter-rensing av makrellfilet vha. maskinsyn

«Automatisk kvalitetssortering av makrellfilet», FHF-prosjekt 901546

Rapport utarbeidet av Lars Andre Giske

Rapporttittel: Sluttrapport	
Prosjekttittel: Utvikling av teknologi for og system for etter-rensing av makrellfilet vha. maskinsyn	
Forfatter: Lars A Giske	Optimar prosjektnummer: 70189
	Dato: 24.11.2023
	Antall sider: 12
	Distribusjon: Internt i prosjekt / FHF
Kunde: VikomarAS	Referanse: FHF-901546
Sammendrag Optimar har sammen med Vikomar utviklet et maskinsynsystem som detekterer lyter på makrellfileter og signaliserer til operatør hvilke makrellfileter som skal etterrenses.	

Innholdsfortegnelse

Innledning - Bakgrunn og mål med prosjektet	4
Problemstilling og formål	4
Hovedmål	4
Delmål	4
Leveranser i prosjektet	4
Prosjektgjennomføring	4
Fase 1 – Sammendrag av gjennomførte aktiviteter	4
Funksjonsbeskrivelse som tenkt:	5
Systemoppbygning	5
Beregning av kost/nytte	5
Antagelser	5
Resultater kost/nytte-analyse	6
Fase 2 – Sammendrag av gjennomførte aktiviteter	9
Avskraper	9
Lyshare	10
Tester gjennomført	10
Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	11
Konklusjon og videre arbeid	12
Hovedfunn	12
Leveranser	12
Prosjektgruppe	12

Innledning - Bakgrunn og mål med prosjektet

Under produksjon av makrellfileter for eksport er det ønskelig med lytefritt utseende. Noe av makrellen har normalt lyter. Disse må manuelt bli håndtert og sortert bort fra ordiner produksjon, og lytene må trimmes bort. Denne trimmingen og etter-rensingen er både arbeidskrevende og en svært kostbar del av produksjonen av makrellfileter.

For å øke konkurransekraften ønsker den pelagiske næringen å automatisere denne prosessen av deteksjon av lyter, utsortering av makrell med lyter, samt fjerning av lyter.

Optimar AS har jobbet mye med maskinsyn de siste årene, og ønsker å se på mulighetene for å utvikle et maskinsynsystem som detekterer lyter i makrellfileter, med tilhørende mekanisk system som sorterer ut denne.

Problemstilling og formål

Hovedmål

Hovedmålet til prosjektet er å utvikle et maskinsynsystem som detekterer hvilke makrellfileter som har lyter og videre skille disse ut automatisk slik at de kan korrigeres manuelt.

Delmål

- Finne egnet teknisk utstyr, som kamera og lyskilder, til å ta bilder av makrellfileter i produksjon.
- Utvikle algoritme(r) for deteksjon av lyter på disse bildene.
- Design og produksjon av prototyp i henhold til kravspesifikasjon, der blant annet kapasitet, HMS og rengjøringsvennlighet vil ha fokus.
- Teste og evaluere systemet i mindre skala, enten i laboratorieomgivelser eller i industri

Leveranser i prosjektet

Fase 1

- Referat fra 1. møte i referansegruppe, etter valg av konsept og revidert prosjektplan
- Referat fra 2. møte i referansegruppe etter 3D-modell av valgt konsept foreligger.
- Referat fra 3. møte i referansegruppe med beslutning om videreføring til fase 2 og delrapport med kost/nytte-analyse.

Fase 2

- Referat fra 4. Møte i referansegruppe etter testing av prototype hos Optimar
- Prototype installert hos Vikomar
- Sluttførende
 - Administrativ sluttrapport til FHF i tråd med FHF's retningslinjer.
 - Referat fra sluttmøte i referansegruppen.
 - Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
 - Faktaark

Ved vellykket prosjekt vil vi komme tilbake med en forespørsel om finansiering av profesjonell video med presentasjon av prosjektet og produktet. Videoen vil kunne benyttes av FHF, Optimar og Vikomar.

Prosjektgjennomføring

Fase 1 – Sammendrag av gjennomførte aktiviteter

Aktiviteten i 2020 og 2021 var sterkt redusert pga. Covid-19-pandemien, og førte til lite fremdrift.

I fase 1, som gikk fra prosjektstart til 2022, har Optimar utarbeidet spesifikasjoner til løsningen blant annet gjennom samtaler med og besøk hos produsenter av makrellfilet.

Spesielt har vi studert utmating av filetmaskin og sett på strømmen av fisk som skal håndteres videre.

Utover det har vi jobbet frem et konsept som vi mener løser de tre første delmålene over, og gjort en kost-nytte-analyse av dette.

Vi har i prosjektet enda ikke innhentet datagrunnlag for å bygge algoritmer, delvis pga. Covid-19 og delvis pga. råstoffmangel, men har nok erfaring fra tidligere løsninger med maskinsyn til å utarbeide konseptet. Vi har utarbeidet et ferdig konsept for sortering av makrellfileter:

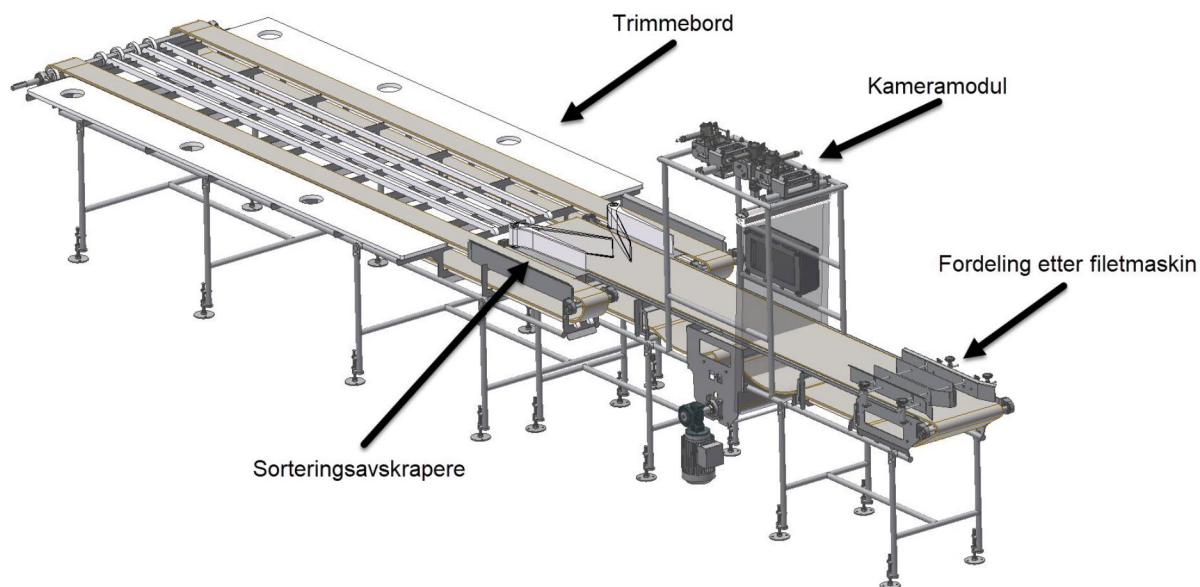


Fig. 1 3D-modell av planlagt prototypelinje

Funksjonsbeskrivelse som tenkt:

Makrellsider/makrellfileter kommer ut ifra filetmaskin, blir scannet av kameramodulen som sender signal til avskrapere som sorterer ut fileter med lyter slik at de havner ute til sidene av trimmeborder. Fileter som er feilfrie går rett frem, og blir ikke rensset.

Systemoppbygning

Løsningen benytter seg av to kamerasystem. Ett som baserer seg på lasertriangulering, og ett som bruker fargekamera og lyslist. Lasertrianguleringen brukes for å finne en høydeprofil av det som går forbi. Når systemet har funnet en filet i høydeprofilen henter det ut et bilde fra fargekameraet i samme område og sender dette til maskinlæringsmodellen for å finne lyter på fileten. Lytene som kontrolleres manuelt per i dag er utenpåliggende rester av blod og innmat, spord, blod i fileten, ørnebein og andre bein. Resultatene formidles til kontrollørene ved hjelp av lysharen, hvor hvert lyte har sin egen farge som følger fileten langs transportbåndet. I tillegg blir filetene dyttet mot siden hvor kontrollørene står. Hvis kontrollørene er uenige med beslutningen har de i etterkant mulighet til å justere sensitiviteten på modellen, og hvor stort areal som må dekkes av et lyte før fileten separeres ut. Det har også blitt vurdert om posisjonen på lytene skal ha noe å si.

Beregning av kost/nytte

Antagelser

Manuell sorterer

Årslønn	kr	300 000	Antatt pga sesong
Lønnskostnad	kr	666 000	1,2% av årslønn x 1850 timer

Produksjonsdata makrell

Forventet auke i pris pga kvalitet	5 %	Bedre kvalitet/mindre svinn etc. + verdi i vekstestimering som gagnar andre prosesser
Kapasitet tonn/døgn	6	tonn/døgn
Driftsdager/år	30	dager
Kilopris	30	kr/kg
Mengde makrell kg/år	180000	kg/år

Vi har antatt at en kvalitetssorteringsstasjon minimum kan erstatte en manuell sorterer.

Resultater kost/nytte-analyse

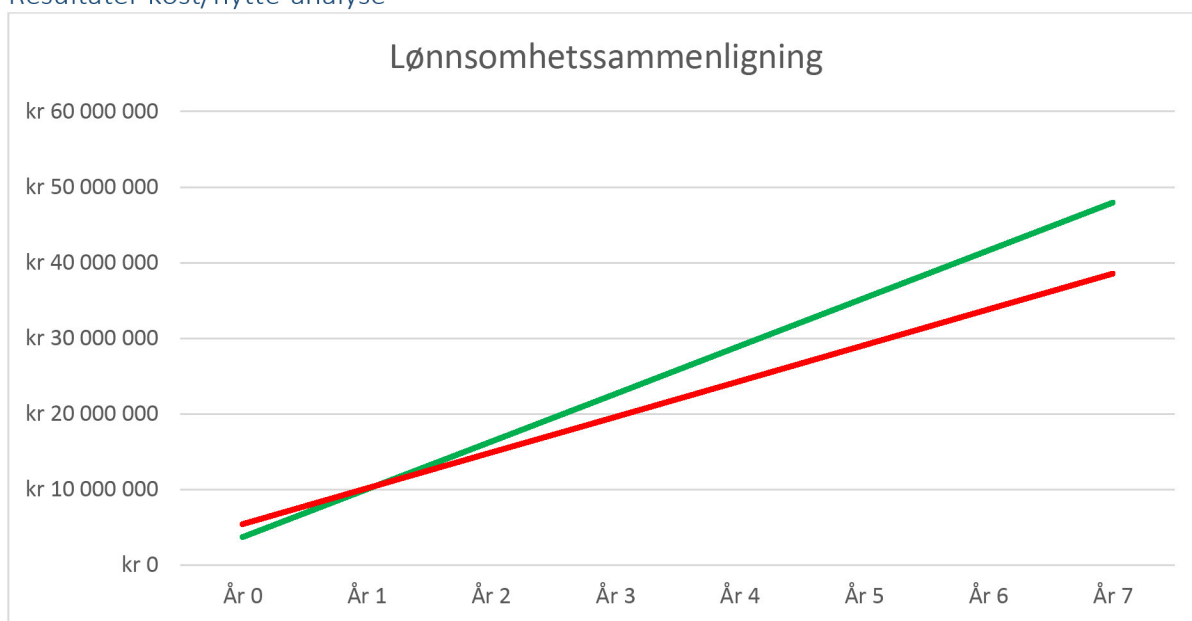


Fig. 2 Lønnsomhetssammenligning

Når prototypen var ferdig uttestet hos Optimar ble det avklart at Vikomar hadde installert linjen fra en annen utstyrsleverandør. Optimar måtte da redesigne systemet for å passe på det eksisterende utstyret.

Kamerasystemet ble installert hos Vikomar som vist på bildet under oppå eksisterende utstyr. Dette ble stående og ta bilder i Fase 1 mens vi jobbet med bildebehandlingssoftware.

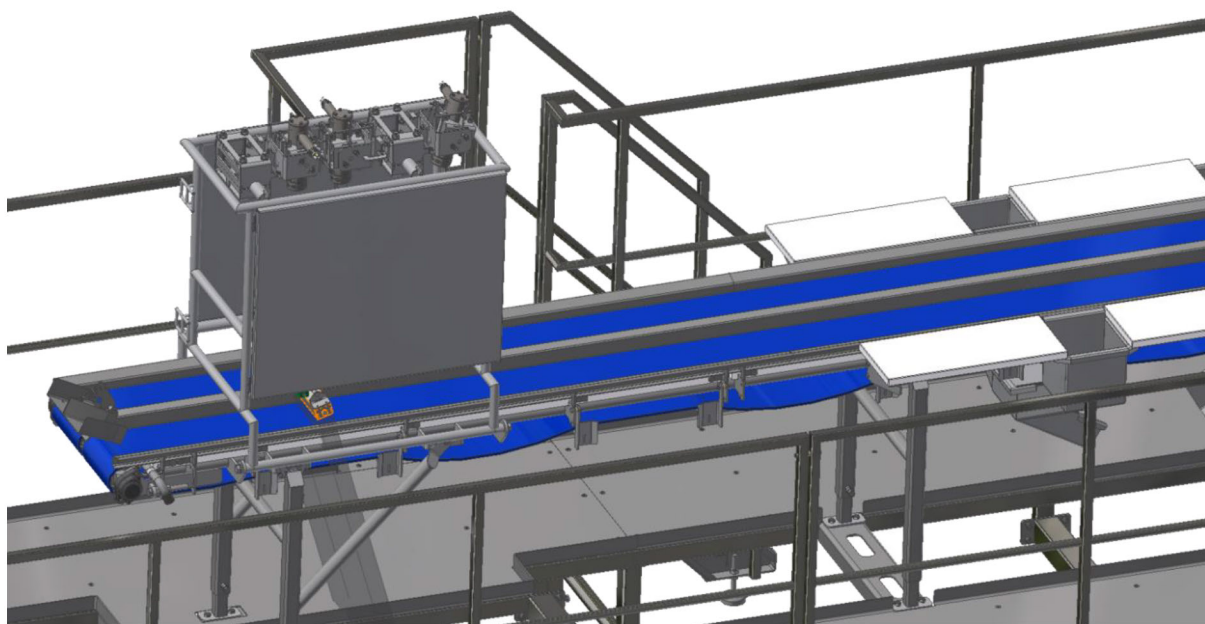


Fig. 3 3D-modell av prototypen slik den ble installert



Fig. 4 Installert prototype Fase 1 - Kameranysystem

Tab. 1 Lønnsomhetsanalyse

	År 0	År 1	År 2	År 3	År 4	År 5	År 6	År 7	SUM
Person 1pcs (SUM)	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 4 734 000	kr 37 872 000
- Lønnskostnad	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 666 000	-kr 5 328 000
+ Omsetning makrell	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 43 200 000
Kvalitetssorterer (SUM)	kr 3 686 000	kr 6 326 000	kr 6 326 000	kr 6 306 000	kr 6 326 000	kr 6 326 000	kr 6 306 000	kr 6 336 000	kr 47 938 000
- Innkjøp	-kr 2 500 000	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	-kr 2 500 000
- Installasjon/igangkjøring	-kr 100 000	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	kr -	-kr 100 000
- Vedlikehold/justering	-kr 50 000	-kr 10 000	-kr 10 000	-kr 30 000	-kr 10 000	-kr 10 000	-kr 30 000	kr -	-kr 150 000
+ Omsetning makrell	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 5 400 000	kr 43 200 000
+ Økt verdi i omsetning	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 270 000	kr 2 160 000
+ Spart lønnskostnad	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 666 000	kr 5 328 000
Cashflow kvalitetssorterer	kr 3 686 000	kr 10 012 000	kr 16 338 000	kr 22 644 000	kr 28 970 000	kr 35 296 000	kr 41 602 000	kr 47 938 000	kr 206 486 000
Cashflow manuelt	kr 5 400 000	kr 10 134 000	kr 14 868 000	kr 19 602 000	kr 24 336 000	kr 29 070 000	kr 33 804 000	kr 38 538 000	kr 175 752 000

Fase 2 – Sammendrag av gjennomførte aktiviteter

I fase 2 har Optimar «fanget» bildedata fra kameramodulen som vist i bildet over hos Vikomar. Dette ble gjort tidlig i 2022. Etter noe kronglete start klarte vi til slutt å jobbe frem en metode som gjorde at vi fikk hentet inn bilder av makrellfileter i ganske store mengder. Utfordringen lå da i å annotere bilder for å utarbeide en algoritme som gjenkjenner lyter.

Gjennom å bruke Labelbox kunne vi dele bildene med Vikomar, og her fikk vi god hjelp av Vikomar til å lage et bildesett som hadde korrekt annoterte lyter.

Mye arbeid har gått ned i å utvikle en algoritme som klarer å gjenkjenne lyter, og det viser seg å være noe variasjon i lyteforekomst, -mengde og -type. Optimar har vært hos Vikomar to ganger ilt. høsten, vinteren og våren 2022-2023 for å gjøre mindre justeringer for å gjøre kamerariggen bedre. Vi har satt på strukturert lys og endret vinkler på kamera/laser for bedre oppløsning.

Avskraper

Videre jobbet vi frem en pusherløsning for å dytte fileter med lyter lenger mot etterrensingstasjonene. Utfordringen med mekanisk separasjon av makrellfilet i dette tilfellet, var størrelsen på selve filetene og hastigheten transportbåndet gikk i. Optimar gjorde innledende testing med tradisjonelt hengslet avskraper. Fileten treffer en åpen avskraperdør og sklir langs den, diagonalt på tvers av båndet til den har passert avskraperen og ender opp på motsatt side. Noe av utfordringen er at fileten i bevegelse langs avskraperdør bremses litt opp og avstanden til neste filet bak blir kortere. Løsningen er en lengre avskraper som i mindre grad bremser fileten, men en lang avskraper er heller ikke ideelt i denne situasjonen. Den alternative løsningen, som vi endte på, er en enkelt pusher-type avskraper som går rett ut perpendikulært på fartsretningen, og er kort nok og rask nok til å skyve fileten helt over transportbåndet og returnere til start på samme tid som det tar fileten å passere avskraperen. En gradering av stålkanten, og den korte handlingstiden på avskraperen hjelper henholdsvis med at fileter ikke henger seg opp i eller setter seg fast bak avskraperen. Denne ble installert mai 2023, og fungerer slik at maskinsynsystemet gir beskjed om hvilken filet som skal etterrenses, og pusheren dytter den fileten til sides på bandet. De to sidene er uavhengig av hverandre.



Fig. 5 Installert prototype hos Vikomar

Lyshare

I utgangspunktet hadde Vikomar uttrykt et ønske om mekanisk separasjon av fileter. Det store flertallet av fileter som kommer ut av TOYO-maskinen ligger på samme side av transportbåndet, derfor kunne vi satt inn en mekanisk utskiller som skjøv filetene over på motsatt side av båndet til kontroll. Men denne løsningen har noen utfordringer. Kontrollørene må arbeide litt nærmere kroppen, og kanskje ikke se filetene like godt på grunn av sidekanter. Kontrollørene må også plassere filetene tilbake på riktig side etter rensing. Derfor ble det fra Optimars side spekulert i om vi heller kunne bruke andre metoder for å hjelpe kontrollørene. Et av forslagene var en lyshare, eller LED-stripe med lys som fulgte hver enkelt filet mens de passerte kontrollørene. Denne kunne også ha ulike farger for ulike lyter, som hjalp kontrollørene med å finne ut hva de skulle se etter, og en får da en slags klassifisering av lyter slik at det for eksempel kan være gult, oransje og rødt lys for hhv. Mindre alvorlige lyter, lyter som kan etterrenses og lyter eller andre defekter som fører til utkast av fileten. I tillegg til en avskraperen ble det også installert en RGB-lystlist som lyshare i prosjektet. Denne fungerte som tenkt.

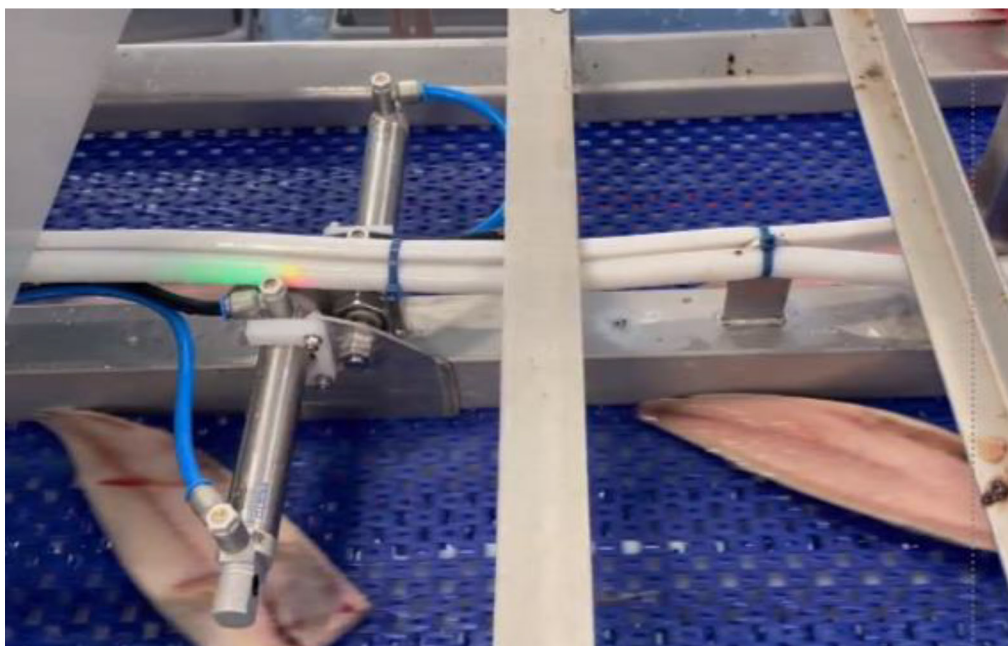


Fig. 6 Installert prototype hos Vikomar - detaljbilde av lystlist og avskraper

Tester gjennomført

Avskraper

Kun det siste utkastet, altså en pusher-type avskraper ble testet. Kriteriene var at fileter som skulle gå forbi avskraperen ikke skulle henge seg opp. At fileter som ble dyttet, ikke snudde seg opp-ned eller la seg sidelengs. Og at neste filet ikke satte seg fast bak avskraperen i returbevegelsen. Alle disse kriteriene ble etter vårt syn oppfylt, og designet var vellykket.

Lyshare

Denne ble først testet i Optimars lokaler for å avdekke om vi klarte å oppdatere LED-stripen raskt nok, at fargegjevningen ble riktig i forhold til lytene som ble vist i skjermpanel, og at lysene ble oppfattet som nyttige og ikke distraherende. Resultatet fra testen førte til at vi la inn justering av lysstyrke, og mulighet til å skru av lysharen i skjermpanelet. I ettertid ble løsningen montert i fabrikk og fungerte tilfredsstillende, også etter noen måneder med vasking.

Belysning

Test av lyslist viste et større tap av belysning mot sidene enn ønsket. (60% av maksimum). Dette ble ikke nødvendig å kompensere for, da filetene ble plassert mot midten av systemet og belysningen var stabil i det området. Men det ville ført til dårligere deteksjon av lyter langs sidene.

Lasertriangulering

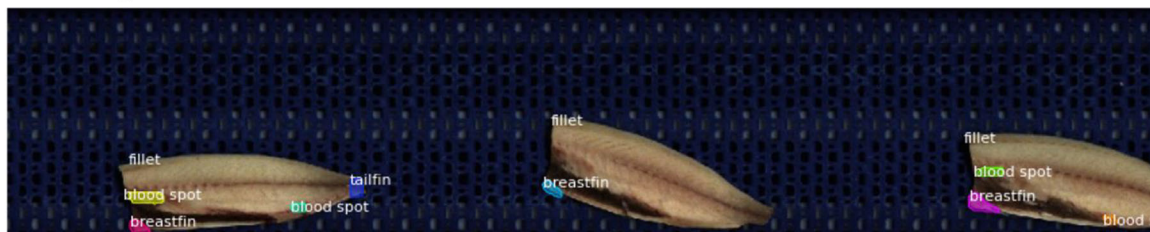
Høydeprofil gav tilstrekkelig grunnlag for instanssegmentering av fileter. Denne oppgaven er gjort enklere ved at TOYO-maskinen leverer filetene ferdig singulært. Det ble ikke gjort noe statistikk på dette, men vi konstaterer at systemet i stor grad klarer å skille fileter også når de ligger oppå hverandre. Lengdeestimering gir, som følge av oppløsningen på kameraet et avvik på ± 2 mm, og volumestimeringen et standardavvik på ca 4% av filetens totale volum. Noe videre testing eller forsøk på å forbedre dette ble ikke utført, da det er utenfor prosjektets omfang.

Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

Bilder tatt totalt: 4000

Fileter i datasettet: 300

Dette gir en god nok modell til å gjenkjenne lyter som vist i bildet under og skrape disse av for etterrensing.



Modellen klarer å gjenkjenne fileter, halefinne, blodspot og brystfinne. I tillegg klassifiserer lyslisten/lysharen hva som er funnet.

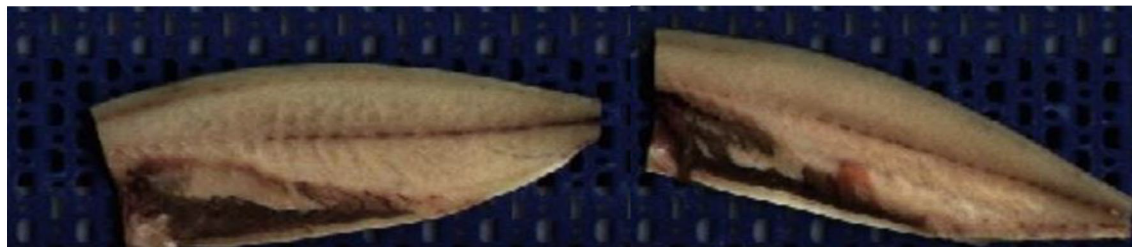


Fig. 7 Input

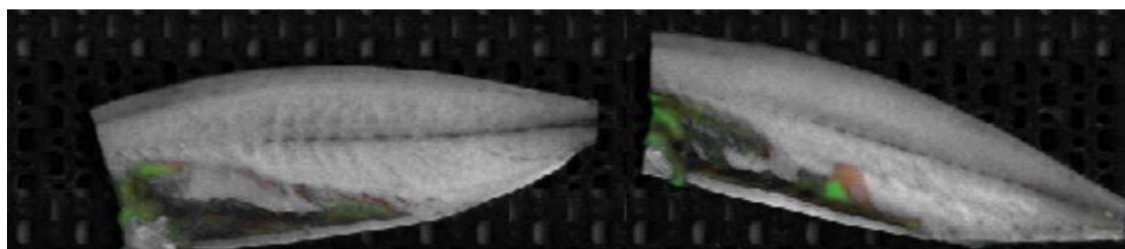


Fig. 8 Output

Konklusjon og videre arbeid

Hovedmålet er løst, men det gjenstår å se på ytelsen til systemet, både i forhold til presisjon og kapasitet utover de testene som er gjort.

Optimar vil jobbe videre med løsningen som en produktmodul som kan leveres på transportband levert av Optimar eller andre, og arbeide mot en kommersialisering av denne løsningen.

Hovedfunn

- Et kamerasystem kan differensiere mellom makrellfilet med for mye lyter og akseptabel mengde lyter etter den er filetert, og matche kapasiteten til en Toyo-filetmaskin
- Det er mulig å lage et pusher-system som kan skille ut makrellfileter med for mye lyter med en kapasitet som matcher Toyo-filetmaskin

Leveranser

- ✓ Referat fra oppstartsmøte i SG
- ✓ Referat fra møte 2 i SG
- ✓ Referat fra møte 3 i SG
- ✓ Faglige delrapport fra fase 1
- ✓ Referat fra møte 4 i SG (avsluttende møte)
- ✓ Sluttrapport
- ✓ Faktaark
- ✓ Populærvitenskapelig artikkel

Prosjektgruppe

Daniel Kvam
Vidar Pettersen
Fredrik Bolstad
Kim Andre Krogsæter
Anders Hellebostad
Lars A. Langøyli Giske

Av prosjektdeltakere har det vært mange flere – takk for alle små og store bidrag.