

Jan Grimsrud Davidsen, Vidar Hellum, Kjell Gunnar Robbersmyr,
Mette Mo Jakobsen, Aslak Darre Sjursen, Eirik Frøiland og Erik
Drivdal

Automatiske sorteringssystemer for oppvandrende pukkellaks – evaluering av tre prototyper

NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2026-1



NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2026-1

Jan Grimsrud Davidsen, Vidar Hellum, Kjell G. Robbersmyr,
Mette Mo Jakobsen, Aslak Darre Sjursen, Eirik Frøiland og
Erik Drivdal

Automatiske sorteringssystemer for oppvandrende pukkellaks – evaluering av tre prototyper

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Rapport botanisk serie og Rapport zoologisk serie. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/web/museum/publikasjoner>

Referanse

Dauidsen, J.G., Hellum, V. Robbersmyr, K.G., Jakobsen, M.M., Sjursen, A.D., Frøiland, E. & Drivdal, E. 2026. Automatiske sorteringssystemer for oppvandrende pukkellaks – evaluering av tre prototyper – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2026-1: 1-18.

Trondheim, Mars 2026

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Institutt for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Ingrid Ertshus Mathiesen (instituttleder)

Kvalitetssikret av

Gaute Kjærstad

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Fellesystemet i Skallelva. Foto: Jan Grimsrud Davidsen

www.ntnu.no/museum

ISBN 978-82-8322-434-4
ISSN 1894-0056

Sammendrag

Daidsen, J.G., Hellum, V. Robbersmyr, K.G., Jakobsen, M.M., Sjørnsen, A.D., Frøiland, E. & Drivdal, E. 2026. Automatiske sorteringsystemer for oppvandrende pukkellaks – evaluering av tre prototyper – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2026-1: 1-18.

Den økende forekomsten av pukkellaks i norske elver har ført til etableringen av en nasjonal strategi for bekjempelse, koordinert av Miljødirektoratet og støttet av betydelige statlige midler. I 2025 ble det gjennomført utfiskingstiltak i over 60 elver, særlig i Finnmark og Troms, med bidrag fra både fagmiljøer og lokale aktører. Som del av den videre strategien vurderes automatiske sorteringsystemer som kan skille pukkellaks fra hjemmehørende arter og dermed redusere behovet for manuell håndtering.

Til støtte for denne vurderingen gjennomførte Statsforvalternes fellstjenester en før-kommersiell anskaffelse, som er en metode som brukes når det ikke finnes tilsvarende løsninger i markedet fra før, og hvor formålet er å utvikle forsknings- og utviklingstjenester i flere faser. Som en del av denne prosessen ble tre prototyper for automatisk fangst og sortering av pukkellaks testet ut i felt og evaluert.

Alle de tre systemene kombinerer bildebasert artsgjenkjenning ved hjelp av kunstig intelligens med en mekanisk løsning der fisk ledes gjennom en tunnel, identifiseres og sorteres via luker. Tilnærmingen bygger på to-steps bildegjenkjenning (two-shot detector), som gir høy presisjon, men krever betydelig prosesseringskapasitet. Prototypene benyttet ulike versjoner av YOLO-algoritmen og var på ulike modenhetsnivåer.

Resultatene fra Repparfjordelva, Skallelva og Vestre Jakobselv viser at automatisk sortering er mulig, men at systemene foreløpig har klare begrensninger. Kun én periode i Repparfjordelva leverte forventet funksjon. Her ble 95% av pukkellaksen sendt til fangstkammeret, mens 83% av atlantisk laks, 97% av sjørørret og all sjørøye ble sendt videre opp i elva uten manuell håndtering. I Skallelva fungerte ikke sorteringsystemet tilfredsstillende, og nesten all fisk måtte sorteres manuelt. I Vestre Jakobselv ble 20% av pukkellaksen sendt videre opp elva, mens 36% av atlantisk laks ble sendt til fangstkammeret. Det var her for få registreringer av sjørørret og sjørøye til å vurdere sorteringen av disse artene.

Resultatene viser at det er mulig å etablere et system som automatisk sorterer pukkellaks til fangstkammer, mens naturlig forekommende arter som atlantisk laks, sjørørret og sjørøye i stor grad kan sendes uberørt videre opp i elva. Samtidig fremstår det som at det er ulik modenhet i utviklingen av de tre prototypene. Utfordringene med å oppnå god sortering virker todelt: a) bildegjenkjenningen må være basert på algoritmer som er godt trent, og b) lukesystemet må kunne håndtere både enkeltfisk, stimer og blandede grupper. Resultatene understreker at god bildegjenkjenning forutsetter algoritmer trent på mange individer av alle relevante arter. Det er særlig utfordrende å skille mellom sjørøye og pukkellaks tidlig i sesongen, før pukkelen utvikles.

I alle tre elvene ble det periodevis observert at pukkellaks ble stående i tunnelen, noe som vanskeliggjorde automatisk sortering, spesielt når andre arter kom inn samtidig. Det anbefales derfor å teste løsninger som enten skremmer eller motiverer pukkellaksen til å bevege seg videre inn i fangstkammeret. Uttestingen viste også at korrekt sortering er krevende når pukkellaks kommer samtidig med atlantisk laks, sjørørret eller sjørøye. Dette ble håndtert ulikt mellom elvene – enten ved å sende all fisk videre opp i elva eller ved å sende all fisk til fangstkammeret for manuell sortering. Det anbefales at slike vurderinger gjøres fortløpende gjennom sesongen og i tett dialog med forvaltningsmyndighetene. Det bør også vurderes om implementering av flere luker, slik at man kan etablere en to-steps sortering i tunnelen, kan være hensiktsmessig. Gjennomgang av videoopptak viste at åpning og lukking av luker mot elva eller fangstkammeret tidvis var for treg til å lede fisken dit den skulle. Dette førte til at fisk som var korrekt identifisert likevel ble sendt feil vei. Det anbefales derfor å arbeide videre med forbedring av lukehastighet og styring.

Nøkkelord: fangstkammer – invasive arter – KI – maskinlæring – pukkellaks

Daidsen, J.G. & Sjørnsen, A.D., NTNU Vitenskapsmuseet, Institutt for naturhistorie, NO-7491 Trondheim
Hellum, V. Robbersmyr, K.G. & Jakobsen, M.M., Universitetet i Agder, NO-4630 Kristiansand
Frøiland, E., Statsforvalteren i Troms og Finnmark, NO-9800 Vadsø
Drivdal, E., Statsforvalterens fellestjenester, NO- 4804 Arendal

Summary

Davidson, J.G., Hellum, V. Robbersmyr, K.G., Jakobsen, M.M., Sjørnsen, A.D., Frøiland, E. & Drivdal, E. 2026. Evaluation of three prototype automated sorting systems for upstream-migrating pink salmon – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2026-1: 1-18.

The increasing occurrence of pink salmon in Norwegian rivers has led to the establishment of a national management strategy, coordinated by the Norwegian Environment Agency and supported by substantial government funding. In 2025, removal efforts were carried out in more than 60 rivers, particularly in the northernmost counties Finnmark and Troms, with contributions from both scientific institutions and local stakeholders. As part of the continued strategy, automatic sorting systems capable of separating pink salmon from native species are being considered to reduce the need for manual handling.

In support of this assessment, the County Governors' Joint Services conducted a pre-commercial procurement, a method applied when no equivalent solutions are available on the market and the objective is to develop research and development services through multiple phases. As part of the process, three prototypes for automated capture and sorting of pink salmon were field-tested and evaluated.

This report evaluates three prototypes for automatic capture and sorting of pink salmon. All systems combine image-based species recognition using artificial intelligence with a mechanical solution in which fish are guided through a tunnel, identified, and sorted via gates. The approach is based on two stage image recognition (a two-shot detector), which provides high precision but requires substantial processing capacity. The prototypes used different versions of the YOLO algorithm and varied in their level of technological maturity.

Results from the Repparfjordelva, Skallelva, and Vestre Jakobselv rivers show that automatic sorting is feasible, but that the systems currently have clear limitations. Only one period in Repparfjordelva performed as expected. In this period, 95% of pink salmon were directed to the holding chamber, while 83% of Atlantic salmon, 97% of sea trout, and all Arctic charr were passed upstream without manual handling. In Skallelva, the sorting system did not function satisfactorily, and nearly all fish had to be sorted manually. In Vestre Jakobselv, 20% of pink salmon were passed upstream, while 36% of Atlantic salmon were directed to the holding chamber. Too few observations of sea trout and Arctic charr were recorded to assess sorting performance for these species.

The results demonstrate that it is possible to establish a system that automatically directs pink salmon to a holding chamber while allowing native species such as Atlantic salmon, sea trout, and Arctic charr to continue upstream largely unaffected. At the same time, the three prototypes differed in technological maturity. The challenges in achieving reliable sorting appear to be twofold: a) image recognition must rely on well-trained algorithms, and b) the gate system must be capable of handling individual fish, schools of single species, and mixed groups.

The findings further emphasize that robust image recognition requires algorithms trained on many individuals of all relevant species. Distinguishing between Arctic charr and pink salmon early in the season, before the hump develops, is particularly challenging.

In all three rivers, pink salmon were at times observed lingering in the tunnel, which impeded automatic sorting, especially when other species entered simultaneously. It is therefore recommended to test solutions that either deter or motivate pink salmon to move from the tunnel into the holding chamber. The trials also showed that correct sorting is difficult when pink salmon enter the tunnel together with Atlantic salmon, sea trout, or Arctic charr. This was handled differently across rivers — either by sending all fish upstream or by directing all fish to the holding chamber for manual sorting. Such decisions should be made continuously throughout the season and in close dialogue with management authorities. It should also be considered whether implementing additional gates, enabling a twostage sorting process within the tunnel, may be beneficial. Review

of video recordings showed that the opening and closing of gates toward the river or the holding chamber were at times too slow to direct fish correctly. As a result, fish that had been correctly identified were nonetheless sent the wrong way. Further work to improve gate speed and control is therefore recommended.

Key words: AI – fish traps – invasive species – machine learning – pink salmon

Davidsen, J.G. & Sjursen, A.D., NTNU University Museum, Department of natural history, NO-7491 Trondheim

Hellum, V. Robbersmyr, K.G. & Jakobsen, M.M., University of Agder, NO-4630 Kristiansand

Frøiland, E., the County Governor of Troms and Finnmark, NO-9800 Vadsø

Drivdal, E., the Shared Services of the County Governor, NO- 4804 Arendal

Innhold

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sammendrag | 3 |
| Summary | 4 |
| Forord | 7 |
| 1 Innledning | 8 |
| 2 Presentasjon av de tre prototyper | 11 |
| 2.1 Mohn Technology..... | 11 |
| 2.2 FISHBIO og Simsonar..... | 11 |
| 2.3 Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab | 12 |
| 3 Test i felt av de tre prototypene..... | 13 |
| 4 Validering av treffsikkerhet for bildegjenkjenning..... | 18 |
| 4.1 Mohn Technology i Vestre Jakobselv | 18 |
| 4.2 FISHBIO og Simsonar i Repparfjordelva | 19 |
| 4.3 Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab i Skallelva | 20 |
| 5 Vurdering av de tre prototypene..... | 21 |
| 7 Referanser | 24 |
| Appendiks | 25 |

Forord

I 2023 igangsatte Statsforvalterens fellestjenester et prosjekt finansiert av Norges forskningsråd (NFR), med mål om en før-kommersiell anskaffelse av automatiserte sorteringssystemer for pukkellaks. Prosjektpartnere inkluderte Statsforvalteren i Troms og Finnmark, Miljødirektoratet, NTNU Vitenskapsmuseet og Universitetet i Agder.

Formålet med prosjektet var å støtte kommersielle aktører i utviklingen av sorteringssystemer som automatisk kan identifisere og fjerne pukkellaks under oppvandringen i elver.

I starten av prosjektet ble syv ulike idéforslag vurdert. Fem av disse gikk videre til fase 1 for videre utvikling av løsningsforslagene. Deretter ble tre av forslagene valgt ut til fase 2 for å utvikle prototyper, og disse ble også invitert til å teste prototypene sine i tre ulike elver i Øst-Finnmark sommeren 2025 (fase 3). Konsortiene mottok finansiering både i fase 1, fase 2 og fase 3. Den trinnvise finansieringen var avgjørende for å muliggjøre utvikling og uttesting av løsningene gjennom hele prosjektperioden.

De tre gjenværende konseptene bygger på samme grunnidé: identifikasjon av pukkellaks ved hjelp av automatisert bildeanalyse drevet av kunstig intelligens (KI), kombinert med et fangstsystem der et ledegjerde styrer fisken inn i en tunnel. I tunnelen filmes all oppvandrende fisk og artsbestemmes. Hjemmehørende arter slippes videre, mens et lukesystem leder pukkellaks inn i et fangstkammer.

I denne rapporten presenteres først de tre prototypene, etterfulgt av en vurdering av funksjonaliteten. De tre konsortiers selvevaluering er vedlagt i appendiks.

Vi ønsker å takke de tre konsortiene for godt samarbeid gjennom hele prosjektperioden.

Kristiansand, 15 mars 2026

Erik Drivdal
Prosjektleder,
Statsforvalterens fellestjenester

1 Innledning

Pukkellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*) er en stillehavslaks som har innvandret til Norge fra elver på Kolahalvøya og i Øst-Sibir, der den ble introdusert av russiske myndigheter på 1950-tallet (Sandlund mfl. 2019). Arten har de siste tiårene etablert seg som en fremmed og uønsket art i norske elver, særlig i Finnmark og Troms. Pukkellaksen har en karakteristisk toårig livssyklus, med gyting i oddetallsår i norske vassdrag, og kan danne store bestander på kort tid. Den er kjent for sin evne til å vandre langt opp i elvene, gyte i stor tetthet, og dø kort tid etter gyting, noe som kan føre til betydelige biologiske og økologiske konsekvenser (Sandlund mfl. 2019).

Utfordringen med pukkellaks i norske elver er sammensatt. For det første konkurrerer den med stedegen atlantisk laks (*Salmo salar*), sjøørret (*Salmo trutta*) og røye (*Salvelinus alpinus*) om gyteplasser og næringsressurser. For det andre kan store mengder døde pukkellaks etter gyting, grunnet forråtnelse av fisken, føre til oksygenmangel og forringelse av vannkvaliteten, med negative effekter på det akvatiske økosystemet. I tillegg er det bekymring for spredning av sykdommer og parasitter, samt genetisk påvirkning dersom pukkellaksen skulle krysse seg med andre laksefisk. Disse faktorene gjør pukkellaksen til en alvorlig trussel mot norsk lakseforvaltning og biologisk mangfold (VKM mfl. 2020).

Som respons på den økende invasjonen av pukkellaks, har norske myndigheter etablert en nasjonal strategi for bekjempelse (Mo mfl. 2021). Miljødirektoratet har fått ansvar for koordinering av innsatsen, og det er bevilget betydelige midler over statsbudsjettet til tiltak som skal hindre etablering og spredning. Statsforvalteren i Troms og Finnmark (SFTF) har fått i oppdrag å kjøpe inn fiskefeller og annet utstyr, og har inngått kontrakter med en rekke lokale foreninger om drift av fiskefeller og andre tiltak for uttak av pukkellaks. I 2025 ble det finansiert utfiskingstiltak i over 60 elver, med særlig fokus på elver i Finnmark og Troms. Hovedtiltaket i de fleste elvene er fiskefeller som fanger all oppvandrende fisk, med manuell utsortering av pukkellaks mens stedegne arter slippes skånsomt videre. Det er etablert en nasjonal kompetansegruppe som gir råd om metodikk og teknologi, og som evaluerer effektiviteten av ulike tiltak (Nasjonal kompetansegruppe for tiltak mot pukkellaks 2024).

De siste årene har bildegjenkjenning og kunstig intelligens (KI) i økende grad blitt brukt til telling av fisk gjennom videoovervåking i elver. Flere leverandører tilbyr slike tjenester. Når bekjempelsen av pukkellaks startet med feller i Øst-Finnmark var det to ulike firmaer som tidlig gikk i gang på eget initiativ med utvikling av sorteringsmekanismer basert på KI. SFTF ble gjort kjent med disse initiativene gjennom tilskuddssøknader, søknader om fisketillatelse, medieoppslag og innlegg på møter. SFTF vurderte den tilgjengelige kunnskapen om slike systemer i 2022 og kom frem til at dette kunne ha et potensiale til å bli nyttige verktøy i bekjempelsen. Særlig mulighetene til å unngå forsinkelse i vandringen og skader som følge av håndtering av de stedegne artene ble vurdert som en viktig nytteverdi dersom man klarte å utvikle slike systemer. Men vurderingen var at det ikke fantes noen systemer som var ferdigutviklet og hadde dokumentasjon på ytelse. Statsforvalterne har sentralisert spisskompetansen på anskaffelser hos Statsforvalternes fellestjenester (STAF). I dialog med STAF kom SFTF frem til at en såkalt før-kommersiell anskaffelse kunne være en vei frem mot målet om å få utviklet fiskefeller med automatisk sortering basert på bildegjenkjenning og KI. SFTF og STAF søkte og ble tildelt midler fra forskningsrådet til et slikt prosjekt.

Prosjektet ble gjennomført som en før-kommersiell anskaffelse, en metode som brukes når det ikke finnes tilsvarende løsninger i markedet fra før, og hvor formålet er å utvikle forsknings- og utviklingstjenester i flere faser. Utviklingsløpet var delt i tre hovedfaser, med tydelig definerte milepæler og evalueringskriterier mellom fasene. I fase 0 ble markedet invitert til å sende inn idéskisser som beskrev mulige konsepter for automatisk identifisering og sortering av pukkellaks. Det ble av prosjektgruppen utviklet en kravspesifikasjon med vektete krav og ønsker som ferdig løsning skulle tilfredsstille i best mulig grad. Idéene ble evaluert etter tildelingskriteriene i konkurransereglene, hvor idéens relevans og kvalitet utgjorde 60 %, gjennomføringsevne 30 %, og annen funksjonalitet 10 %. Basert på denne evalueringen ble fem idéforslag med videre til fase 1 – utvikling av løsningsforslag.

I fase 1 skulle leverandørene utvikle et løsningsforslag som svarte ut behovene og kravene knyttet til funksjon og ytelse. Dette inkluderte en teknisk beskrivelse av konseptet, vurdering av hvordan behovsmatrisen kunne oppfylles, samt en overordnet fremdriftsplan for videre utvikling. Løsningsforslagene ble evaluert etter kriteriene der kvaliteten på løsningsforslaget var vektet 60 %, mens plan for utvikling og prosjektorganisering var vektet 40 %. På bakgrunn av dette ble tre konsortier invitert til å delta i fase 2 – utvikling av prototype.

I fase 2 utarbeidet leverandørene prototyper som skulle demonstrere hvordan løsningene kunne oppfylle kravene. Prototypene ble evaluert etter kriterier hvor funksjonalitet, teknisk kvalitet og potensial for videreutvikling utgjorde 60 %, og plan for felttesting og ressursmessig gjennomføringsevne utgjorde 40 %. Selv om det opprinnelig var lagt opp til at kun to leverandører skulle tas videre, besluttet prosjektledelsen å ta med alle tre leverandørene som hadde ferdigstilt prototyper, slik at alle kunne delta i fase 3.

I fase 3 ble prototypene installert og testet i utvalgte elver, med hovedformål å dokumentere identifiseringsnøyaktighet, sorteringsprestasjon, robusthet, kapasitet og operasjonelle forhold under reelle forhold. Kravene til felttesting omfattet både tekniske dokumentasjonskrav, samarbeidsforpliktelser og fremdriftskrav. Resultatene fra felttestingen danner et kunnskapsgrunnlag for eventuelle fremtidige kjøp.

De tre gjenstående konsortier bestod av 1) Mohn Technology; 2) FISHBIO og Simsonar; 3) Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab.

Når det var besluttet at tre prototyper skulle testes måtte prosjektledelsen ta et valg om hvor testene skulle foregå. Siden testene skulle foregå i felt var det åpenbart at det ikke ville være mulig å teste prototypene under helt like forhold. En rekke faktorer vil kunne variere mellom elver, som vannføring, sikt, fiskemengde, artssammensetning, størrelse på fisken, osv. Nesten alle disse faktorene vil ha en uforutsigbar variasjon mellom år også i den enkelte elv. Formålet med testing av prototypene i felt var å avdekke styrker og svakheter ved de tre ulike sorteringsystemene. Ved valg av lokaliteter var det derfor viktig å redusere risiko for at resultatene ble vesentlig påvirket av forhold som ikke var knyttet til selve prototypen, slik som vanskelig logistikk, mangel på mannskap, svikt i ledegjerdene, episoder med nedsatt sikt i vatnet etc. Da det under pukkellaksoppvandringen i 2023 var diverse utfordringer ved en del av fellene med manuell sortering av fisk ønsket prosjektledelsen å finne tre elver der den manuelle felledriften hadde fungert godt dette året. Alle tre prototyper skulle integreres i eksisterende infrastruktur fra 2023 (ledegjerder og fangstkammer). En forutsetning for en vellykket testfase var at fisken var motivert for å vandre inn i sorteringsystemene, noe som ikke er en selvfølge, men avhenger av riktig utstyr og riktig plassering av utstyr for å oppnå en vannstrøm som leder fisken inn i fella. Personellets forståelse av disse mekanismene og fiskeadferden er viktig. Ved å velge elver der lokalforeningene hadde vist at de fikk de manuelle fellene til å fungere i 2023, var det mindre risiko for en mislykket test av prototypene i 2025 som følge av forhold som ikke var knyttet til prototypen i seg selv. Alle elver der dårlig sikt kunne by på problemer ble unngått. Dette oppstår i mange elver ved avrenning av jordpartikler og humus ved nedbør, og i enda større grad der det er leire i grunnen, der erosjon ved flom eller små ras kan føre til nesten null sikt. Det var videre ønsket at det skulle være liten avstand mellom vei og fellelokaliteten, og mulighet for tilkobling til strømmettet. Alle prototypene skal kunne fungere uten slik tilkobling, jf. kriteriene brukt til rangering og utvelgelse i tidligere faser i prosjektet. Testing av off-grid strømløsninger og transport av sorteringsystemene til veiløse lokaliteter ble ansett som mindre viktig enn testing av riktig artsidentifisering og sortering ved denne uttestingen.

Systemene må kunne håndtere en stor mengde pukkellaks for å ha en nytteverdi i fremtidig bekjempelse. Det var derfor viktig å velge tre elver som alle hadde en betydelig forekomst av pukkellaks. Dette kan være vanskelig å forutse, men valget falt på tre elver der det ble fanget mer enn 10 000 pukkellaks i 2023. Av ca. 30 elver med fiskefeller i 2023 var det fem elver som hadde så stor fangst. Det var noen flere som også hadde høy fangst, men da ved bruk av andre metoder i tillegg til fiskefelle (garn, not og sortering i laksetrapp). Av de fem med høy fangst i felle er det en elv, Vesterelva i Nesseby, som har regelmessige problemer med sikt på grunn av leire. Dette kunne gitt urimelig store utfordringer med dårlig sikt og lite utbytte av testen dersom en leverandør

ble sendt dit. Av de fire resterende skilte en elv seg ut med lang kjøreavstand for personellet som har ansvar for daglig drift, noe som begrenser muligheten for tilsyn og antall daglige røktinger. De tre elvene/fellene som fremsto som mest egnet var derfor Repparfjordelva, Vestre Jakobselv og Skallelva, men også mellom disse tre var det likevel en del forskjeller, særlig når det gjelder antall fisk som skal håndteres og ulik forekomst av sjørøye (se kapittel 3 for detaljer). Som det fremgår av denne rapporten, ble det i alle tre elver registrert færre pukkellaks i 2025 enn i 2023, og det var stor innbyrdes forskjell i antall oppvandrende pukkellaks som ble fanget (Se kapittel 4 for antall og artsfordeling). Resultatene og prestasjonene til den enkelte prototype bør derfor sees i lys av dette.

Det var på forhånd klart at noen av leverandørene hadde hatt kortvarig arbeid i noen av elvene tidligere. Det ble derfor vurdert om dette kunne bidra til at noen leverandører fikk en fordel. At leverandørene allerede var litt kjent i området gjør det antakelig litt enklere å planlegge logistikk og praktiske forberedelser, men ikke på et nivå som ikke kan utlignes eller som vil være avgjørende for resultatene. Litt forhåndskunnskap vil også redusere risikoen for uventede problemer. FISHBIO hadde tidligere jobbet ca. 1 uke i Repparfjordelva med montering av en felle i 2022 og Simsonar hadde tidligere drevet med videoovervåking av laks i samme elv. FISHBIO/Simsonar fikk derfor tildelt Repparfjordelva som testlokalitet. Mohn Technology hadde hatt to sesonger med oppdrag med videoovervåking av fiskevandring i laksetrappa i Vestre Jakobselv, og FISHBIO, som tidlig i prosjektet rådgav Mohn Technology, hadde montert flyteristfelle i samme elv 2022. Mohn Technology fikk derfor tildelt Vestre Jakobselv som testlokalitet. Når det gjaldt Huawei og deres samarbeidspartnere, så skilte de seg ut fra de to andre ved at de var de eneste som allerede hadde hatt felttesting av sin sorteringsløsning, i Storelva i 2022 og 2023 samt i Kongsfjordelva i 2023 (på eget initiativ og for egen regning). Ingen av de to elvene var blant de aktuelle elvene som ble valgt ut. Av de tre aktuelle elvene var Skallelva den eneste hvor ledegjerdene var av typen spilefelle, som er samme type som Huawei hadde erfaring med i Kongsfjordelva. Alle protoypene skal kunne integreres i både flyteristfeller og spilefeller, men det var ikke viktig å få testet akkurat den delen som kun handler om en fysisk tilkobling mellom gjerde og tunell. Ved å teste i Skallelv kunne man bruke kjent utstyr. At både Skallelva og folkene i lokalforeningen var ukjent for Huawei og deres samarbeidspartnere ble utlignet ved at det ble opprettet kontakt og avholdt befarings- og planleggingsmøter i god tid før sommeren 2025.

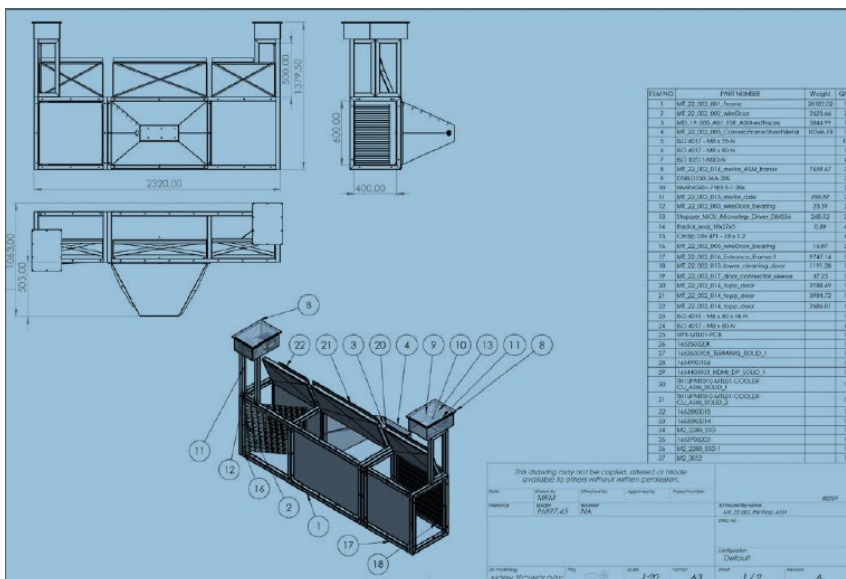
2 Presentasjon av de tre prototyper

De tre konseptene bygger på en felles metodisk tilnærming for automatisk fangst av pukkellaks. Systemene kombinerer bildebasert artsgjenkjenning ved hjelp av kunstig intelligens (KI) med en fysisk fangstmekanisme. Et ledegjerde styrer oppvandrende fisk inn i en tunnel der alle individer filmes og identifiseres ved hjelp av bildegjenkjenning til artsnivå. Hjemmehørende arter, som atlantisk laks, sjørørret og sjørøye, slippes uhindret videre, mens pukkellaks ledes via et lukesystem inn i et fangstbur. Selv om konseptene bygger på samme prinsipp, varierte de i teknisk utforming, og algoritmene for bildegjenkjenning hadde ulik grad av modenhet og presisjon.

Alle tre konsortier baserte seg på en to-stegsløsning (two-shot detector) for bildegjenkjenning. Two-shot detektorer benytter en todelt prosess. I første steg genereres forslag til områder i bildet der objekter sannsynligvis befinner seg, såkalte *region proposals*. I det andre steget analyseres hvert foreslått område mer detaljert for å klassifisere objektet og finjustere dets posisjon. Denne metodiske tilnærmingen gir høy presisjon og nøyaktig lokalisering. Ulempen er at slike modeller er mer beregningskrevende og har lengre behandlingstid. For alle tre sorteringsystemer var algoritmen for bildegjenkjenning basert på YOLO, men det ble brukt ulike versjoner.

2.1 Mohn Technology

Prototypen (figur 1) bestod av en 2,4 meter lang tunnel konstruert i sjøvannsbestandig aluminium. I hver ende var det montert motorstyrte dører som regulerer fiskens passasje. Dørene var basert på elektriske steppermotorer. Systemet opererte med et Mohn Technology FRS-kamera som både registrerte data og foretok automatiserte beslutninger. I tillegg var det installert tre eksterne livestreamkameraer som ga kontinuerlig visuell overvåking av tunnelen inkl. hele passasjen og fangstkammeret. Algoritmen for bildegjenkjenning var under felttesten basert YOLOv8n. FISHBIO var rådgiver for Mohn Technology i en tidlig fase av prosjektet, men deltok ikke i testfasen.

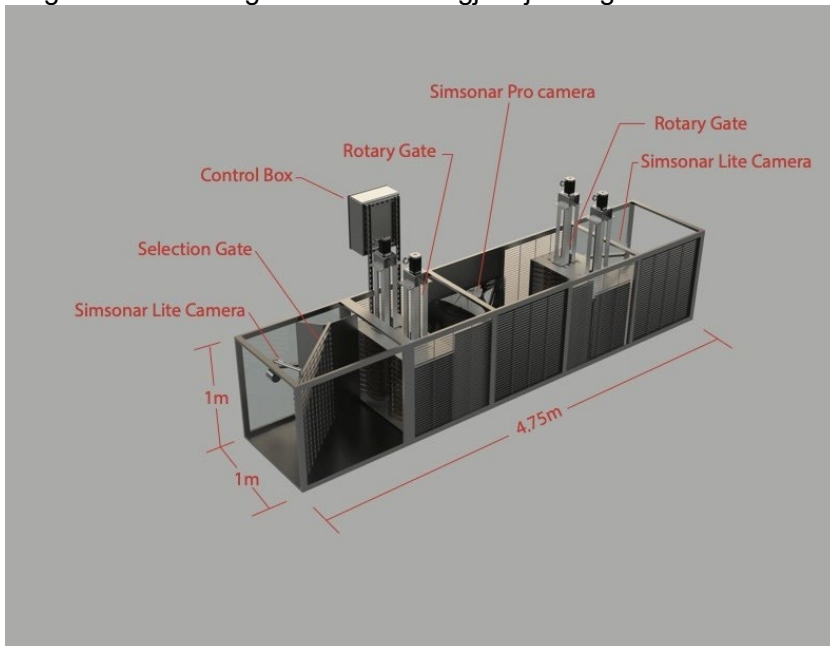


Figur 1: Skjematisk fremstilling av sorteringsplattformen, med angivelse av dimensjoner og komponenter. Layout: Mohn Technology.

2.2 FISHBIO og Simsonar

Prototypen (figur 2) bestod av en 4,75 meter lang tunnel konstruert i sjøvannsbestandig aluminium. I hver ende var det montert motorstyrte dører som regulerte fiskens passasje. Dørene var basert på elektriske steppermotorer. Systemet opererte med et Simsonar Pro kamera som både registrerte data og foretok automatiserte beslutninger. I tillegg var det installert eksterne Simsonar

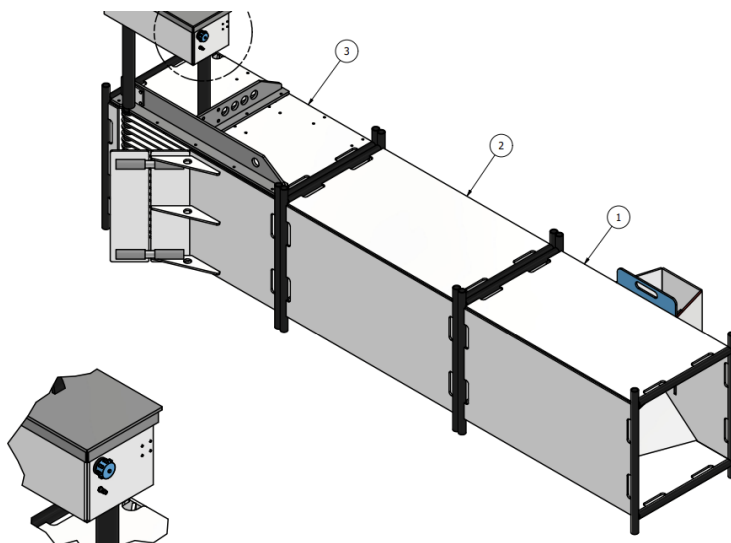
LC kameraer som ga kontinuerlig visuell overvåking av tunnelen inkl. hele passasjen og fangstkammeret. Algoritmen for bildegjenkjenning var under felttesten basert YOLO11s og Yolo11l.



Figur 2: Skjematisk fremstilling av sorteringsplattformen, med angivelse av dimensjoner og komponenter. Layout: Simsonar

2.3 Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab

Prototypen (figur 3) bestod av en 3,9 meter lang tunnel konstruert av et plastmateriale. I hver ende var det montert pressluft styrte dører som regulerer fiskens passasje. Systemet opererte med et Hikvision AI kamera som både registrerte data og foretok automatiserte beslutninger. I tillegg var det installert flere eksterne livestreamkameraer som ga kontinuerlig visuell overvåking av tunnelen inkl. hele passasjen og fangstkammeret. Algoritmen for bildegjenkjenning var under del 2 av felttesten basert på YOLO 8 (Ble underveis oppdatert fra en tidligere versjon).



Figur 3: Skjematisk fremstilling av sorteringsplattformen. 1: Inngangsparti med kamera og mellomseksjon; 2: Mellomseksjon; 3: Sorteringsmekanisme. Layout: Huawei.

3 Test i felt av de tre prototypene

Prototypene ble testet i perioden juli–september 2025 i henholdsvis Repparfjordelva, Skallelva, og Vestre Jakobselv (figur 5). Bakgrunnen for at disse elvene ble valgt er nærmere beskrevet i kapittel 1. De tre elvene har litt ulike karakteristikker som kan være av betydning for testen. Disse lar seg ikke utligne, men man må se resultatene i lys av disse forskjellene. Vanskelighetsgraden og kompleksiteten i oppgaven med å sortere fisken automatisk etter art kan for eksempel øke ved økende antall fisk og økende antall arter. Sjørøye og laks har vanligvis overlappende oppvandringsperiode med pukkellaksen, mens sjørørret typisk kommer litt senere på sesongen.

Repparfjordelva:

Lokal forening: Vest-Finnmark JFF

Type felle/ledegjerde brukt i testen: Flyteristfelle

Middelvannføring: 30,64 m³/s

Naturlig forekomst av anadrome fiskearter: Laks er dominerende. Noe sjørørret. Sjørøye forekommer i små antall (tabell 1).

Tabell 1: Fangst i pukkellaks-felle i Repparfjordelva 2023:

| Art | Antall |
|------------|--------|
| Pukkellaks | 25761 |
| Laks | 4523 |
| Sjørøye | 81 |
| Sjørørret | 185 |

Skallelva:

Lokal forening: Skallelv Fiskeforening

Type felle/ledegjerde brukt i testen: Spilefelle

Middelvannføring: 5,26 m³/s

Naturlig forekomst av anadrome fiskearter: Laks og sjørøye. Sjørøye har dominert i antall i fangstene. Noe sjørørret (tabell 2).

Tabell 2: Fangst i pukkellaks-felle i Skallelva 2023:

| Art | Antall |
|------------|--------|
| Pukkellaks | 12401 |
| Laks | 306 |
| Sjørøye | 638 |
| Sjørørret | 7 |

Vestre Jakobselv:

Lokal forening: Vestre Jakobselv JFF

Type felle/ledegjerde brukt i testen: Flyteristfelle

Middelvannføring: 12,78 m³/s

Naturlig forekomst av anadrome fiskearter: Laks er dominerende. Lite sjørøye og sjørøye (tabell 3).

Tabell 3: Fangst i pukcellaks-felle i vestre Jakobselv 2023:

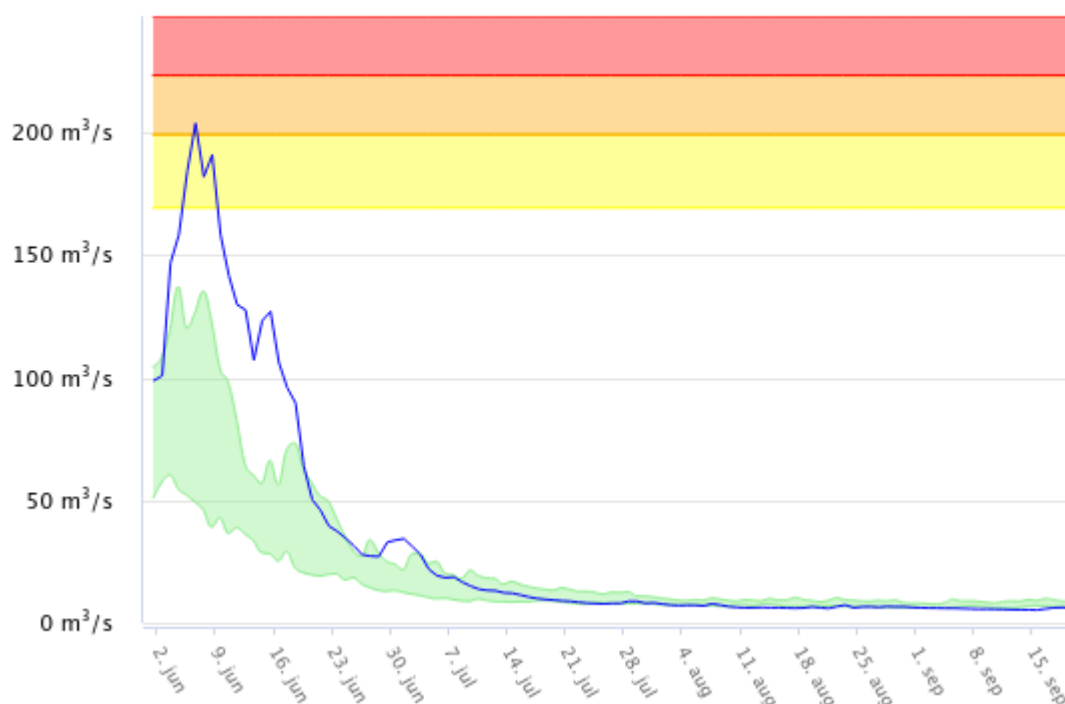
| Art | Antall |
|------------|--------|
| Pukkellaks | 11581 |
| Laks | 766 |
| Sjørøye | 10 |
| Sjørøret | 0 |

I alle tre elver var den lokale jeger- og fiskerforeningen som forpakter fiskeretten engasjert av Statsforvalteren i Troms og Finnmark til å montere ledegjerdene og fangstburet. Drift i form av å vedlikeholde ledegjerder og fangstbur, tømning av fangstbur, utsortering og gjenutsetting av stedeegne arter var også lokalforeningens ansvar. Dette ble gjennomført i henhold til kontrakt med SFTF.

De tre leverandørene hadde ansvar for montering og integrering av sin prototype mellom ledegjerdene og fangstburet. Alle tre fikk praktisk hjelp av de lokale fiskeforeningene. Når prototypene var satt i drift var det opp til leverandørene hvor stor fysisk tilstedeværelse de mente var nødvendig. De hadde anledning til å kontinuerlig justere og løse problemer underveis. Større endringer ble loggført og leverandørene har levert en tidslinje over ulike hendelser som kan påvirke resultatene til NTNU Vitenskapsmuseet som fikk i oppdrag å evaluere sorteringssystemenes effektivitet.

I alle tre elver var det utfordringer med høy vannføring tidlig på sommeren. Testene kom derfor senere i gang enn planlagt alle tre steder. Det er kun i Vestre Jakobselv at NVE har måling av vannføringen (figur 4), men grafen under er relativt beskrivende for situasjonen også i Skallelva. Repparfjordelva hadde på samme måte utfordringer med høy vannføring på starten av perioden, men der var det i tillegg noen mindre episoder med vannstandsøkning i hhv. slutten av juli og midten av august. Disse små økningene var ikke til hinder for driften. Perioder med lav vannstand kan også skape problemer for felledriften ved at fisken blir mindre vandringsevillig, og da kan nedbør og vannstandsøkning gi økt trafikk av fisk.

Ved vurdering av resultatene og den enkelte prototypes potensiale som verktøy til sortering av fisk, vil det være viktigst å se på hvor godt systemene fungerte når de var i drift. Perioder med nedetid på grunn av utenforliggende forhold er mindre viktige, men kan fortelle om sårbarhet og ustabilitet som også kan være faktorer som teller med i en helhetsvurdering av nytteverdien ved å investere i denne teknologien til bekjempelse av pukcellaks.



Figur 4: Målt vannføring i Vestre Jakobselv i perioden 01.06-30.09 2025. Grønn: Normalt nivå. Gul: Middelflom. Oransje: 5 års flom. Rød: 50 års flom. På starten av sommeren var det høy vannføring som vanskeliggjorde installasjon av fella og sorteringssystemet. Rundt 10. juli stabiliserte vannføringen seg. Deretter var det ikke noen flommer. Figur hentet fra sildre.nve.no.

Oversikt over perioder systemene var operative for felttest:

FISHBIO og Simsonar i Repparfjordelva

7/7 – 7/8: Operativ, kom pukkelaks i gruppe med andre arter ble hele gruppen sendt ut i elva

7/8 – 4/9: Operativ, kom pukkelaks i gruppe med andre arter ble hele gruppen sendt ut i fangstkammer

Videoopptak av fisk som ble sendt videre rett ut i elva ble gjennomført i perioden 16/7-2/9

Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab i Skallelva

10/7 – 6/8: Operativ, men AI system fungerte jfr. Huawei ikke som planlagt

7/8 – 28/8: Operativ, men jfr. Huawei fungerende AI system

Videoopptak av fisk som ble sendt videre rett ut i elva ble gjennomført i perioden 17/7-22/8

Mohn Technology i Vestre Jakobselv:

9/7 – 18/7: Operativ, fisken ble sortert, men fangstkammer stod åpent

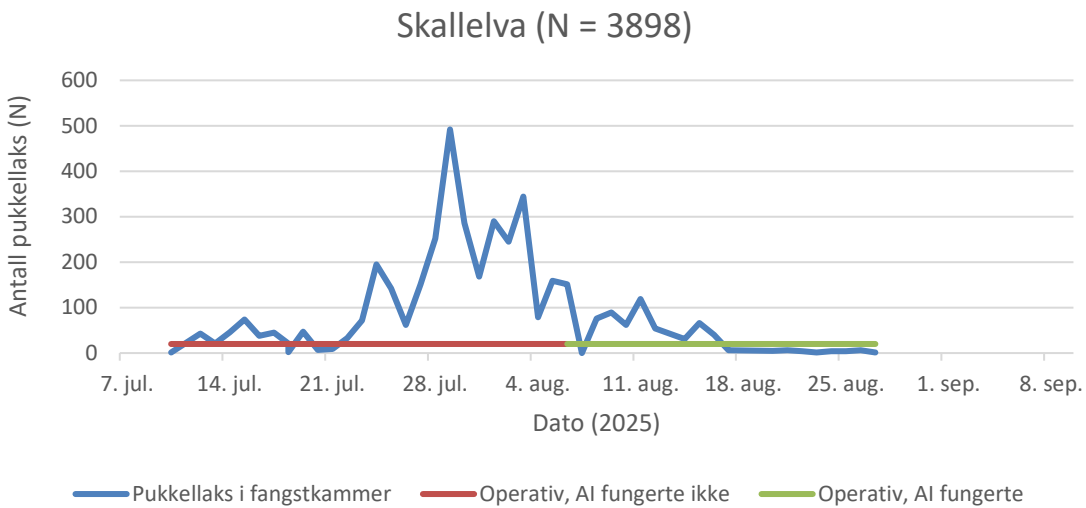
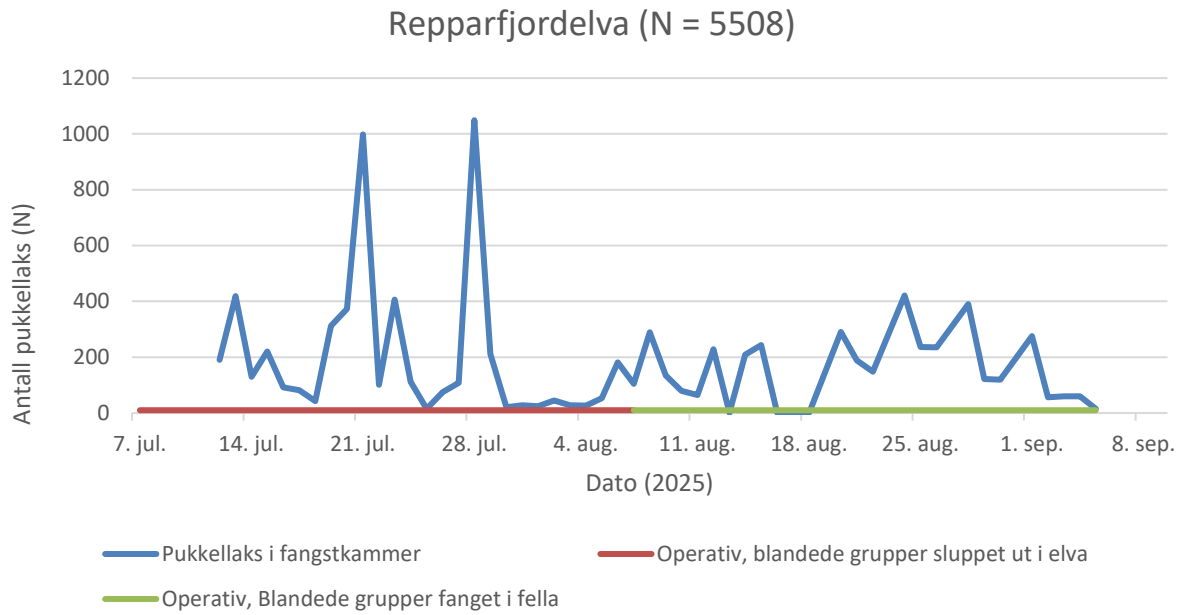
18/7 – 31/7: Operativ

31/7 – 6/8: Ikke operativ, det var laget en åpning i ledegjerdet midt i elva for å slippe opp en ansamling med laks som hadde akkumulert nedstrøms fella, men noen fisk gikk likevel i fangstkammer

6/8 – 15/8: Operativ

15/8 – 9/9: Operativ, fisken ble sortert, men fangstkammer stod åpent da oppgangen av pukkelaks var mer eller mindre over

Videoopptak av fisk som ble sendt videre rett ut i elva ble gjennomført i perioden 15/7-16/8



Figur 5: Oversikt over antall pukkellaks fanget i fangstkammer i de tre elvene. Vannrette fargede linjer angir detaljer som gjelder funksjonaliteten til de automatiske sorteringssystemene. Y-aksene har ulike skala.



Pukkellaks og atlantisk laks samtidig i videotunell (bilde fra Repparfjordelva)



Pukkellaks som sendes ut i elva (bilde fra Skallelva)



Pukkellaks og atlantisk laks som sendes ut i elva (bilde fra Vestre Jakobselv)



Stort antall pukkellaks i videotunell samtidig (bilde fra Repparfjordelva)

4 Validering av treffsikkerhet for bildegjenkjenning

Treffsikkerheten av den automatiske sorteringen ble evaluert ved at NTNU Vitenskapsmuseet monterte et videosystem som filmet all fisk som via utgangsluke for hjemmehørende fisk ble sluppet tilbake i elva. Videosystemet opererte uavhengig av prototypene og ble håndtert av eget personell.

På hver av de tre lokaliteter ble det benyttet et stereokamera av typen Fish Counter fra Simsonar, utstyr som NTNU Vitenskapsmuseet har brukt siden 2018. Da Simsonar var partner i et av de tre konsortier ble det sikret at dette firmaet ikke hadde tilgang til videoopptak fra noen av de tre lokalitetene. Alle bildeopptak ble analysert av en erfaren overingeniør.

Data på fisk som ble fanget i fangstkammer i Vestre Jakobselv og Skallelv, fordelt på art, dato og antall ble hentet fra Miljødirektoratet sin databaseløsning «PLASK» (Pukkellaksskjema) (<https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/datavisualisering/pukkellaks-uttak/>), hvor alle som gjennomfører uttak av pukkellaks daglig skal rapportere fangstene. Data fra Repparfjordelva ble basert på Excel-ark tilsendt fra elveeierlaget. Dette da registreringer i PLASK fra denne elva inkluderte både fisk som gikk i fangstkammer og de som ble sortert rett ut. I figur 5 er dette korrigerert for ved at fisk registrert som sendt rett i elva på NTNU sitt kamera ble trukket fra.

4.1 Mohn Technology i Vestre Jakobselv

I perioden 9/7 – 16/8 2025 ble det sendt 1166 pukkellaks i fangstkammer (figur 5), mens 290 pukkellaks ble sendt ut i elva. Det gir en feilprosent på 20% på kategorisering og korrekt sortering av pukkellaks (tabell 4).

I samme periode ble 36% av atlantisk laks, 17% av sjørøye og 33% av sjørørret sendt i fangstkammer i stedet for rett i elva (tabell 4).

Tabell 4. Oversikt over antall fisk automatisk sortert og sendt til fangstkammer eller videre ut i elva i perioden 9/7 – 9/9 2025. Sorteringssystemet var operativt i hele perioden. I deler av perioden (se kap. 3) var ledegjerde eller fangstkammer åpent, men dette påvirker ikke tallene i tabellen. «Feilsortering» tar utgangspunkt i at all atlantisk laks, sjørørret og sjørøye skulle rett ut i elva, mens pukkellaks skulle sendes til fangstkammer. Grunnet rask utvandring og små fisk er det usikkert om de fire sjørøyene registrert ut til elva var røye eller ørret. Tilsvarende er det usikkert om 10 individer registrert som atlantisk laks og 14 som pukkellaks har blitt identifisert rett når de ble sendt ut til elva.

| Art | Sendt til | | |
|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | fangstkammer | Sendt til elva | Feilsortering (%) |
| Pukkellaks | 1166 | 290 | 20 |
| Atlantisk laks | 237 | 418 | 36 |
| Sjørøye | 1 | 5 | 17 |
| Sjørørret | 1 | 2 | 33 |

Konsortiet har i sin egenvurdering ikke oppgitt hvor god treffsikkerhet KI systemet har hatt på enkeltarter, men det vises til en tabell hvor det framgår hvor godt systemet på daglig basis har klart å skille pukkellaks fra hjemmehørende arter. Jvf denne har kvaliteten variert fra 33 - 100%, med økende kvalitet mot slutten av sesongen. Det er ikke beskrevet hvordan konsortiets interne kvalitetssikring av artsidentifisering har blitt gjennomført (Appendiks 1)

4.2 FISHBIO og Simsonar i Repparfjordelva

I perioden 7/7 – 7/8 2025 var systemet i Repparfjordelva programmert slik at om pukkellaks kom i gruppe med atlantisk laks, sjørøret eller sjørøye ble hele gruppen sendt rett ut i elva. Årsaken var at den lokale fiskerforeningen vurderte redusert håndtering av atlantisk laks som viktigere enn en høyere fangstrate av pukkellaks. Dette da et betydelig antall pukkellaks allerede hadde vandret opp i elven før fella kunne etableres. I denne perioden ble det da sendt 4633 pukkellaks i fangstkammer (figur 5), mens 672 pukkellaks ble sendt ut i elva. Det gir en feilprosent på 13% på kategorisering og korrekt sortering av pukkellaks (tabell 5). I samme periode ble 58% av atlantisk laks, 40% av sjørøye og 50% av sjørøret sendt i fangstkammer i stedet for rett i elva (tabell 5).

I tidsrommet 8/8 – 4/9 2025 ble systemet, etter oppfordring fra prosjektets evalueringsteam, programmert med omvendt regel, slik at all fisk ble sendt i fangstkammer om det kom en blandet gruppe. I denne perioden ble det da sendt 875 pukkellaks i fangstkammer (figur 5), mens 48 pukkellaks ble sendt ut i elva. Dette gir en feilprosent på 5% på kategorisering og korrekt sortering av pukkellaks (tabell 6). I samme periode ble 17% av atlantisk laks, 0% av sjørøye og 3% av sjørøret sendt i fangstkammer i stedet for rett i elva (tabell 6).

Tabell 5. Oversikt over antall fisk automatisk sorter og sendt til fangstkammer eller videre ut i elva i perioden 7/7 – 7/8 2025. I denne perioden var sorteringssystemet operativt. Kom pukkellaks i gruppe med andre arter ble hele gruppen sendt ut i elva. «Feilsortering» tar utgangspunkt i at atlantisk laks, sjørøret og sjørøye skulle rett ut i elva, mens pukkellaks skulle sendes til fangstkammer.

| Art | Sendt til | | Feilsortering (%) |
|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | fangstkammer | Sendt til elva | |
| Pukkellaks | 4633 | 672 | 13 |
| Atlantisk laks | 1337 | 984 | 58 |
| Sjørøye | 8 | 12 | 40 |
| Sjørøret | 6 | 6 | 50 |

Tabell 6. Oversikt over antall fisk automatisk sorter og sendt til fangstkammer eller videre ut i elva i perioden 8/8 – 4/9 2025. I denne perioden var sorteringssystemet operativt. Kom pukkellaks i gruppe med andre arter ble hele gruppen sendt ut i fangstkammer. «Feilsortering» tar utgangspunkt i at atlantisk laks, sjørøret og sjørøye skulle rett ut i elva, mens pukkellaks skulle sendes til fangstkammer.

| Art | Sendt til | | Feilsortering (%) |
|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | fangstkammer | Sendt til elva | |
| Pukkellaks | 875 | 48 | 5 |
| Atlantisk laks | 57 | 286 | 17 |
| Sjørøye | 0 | 10 | 0 |
| Sjørøret | 1 | 39 | 3 |

Konsortiet sin egenvurdering var at «samlet sett er identifikasjonsnøyaktigheten godt over 95 prosent for voksen atlantisk laks, pukkellaks, sjørøret og røye..... Resultatene er basert på gjennomgang av identifikasjonsnøyaktighet i Repparfjordelva og andre elver, samt treningsmetriker.» Det er ikke beskrevet hvordan konsortiets interne kvalitetssikring av artsidentifisering har blitt gjennomført (Appendiks 2).

4.3 Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg JFF og Simula Research Lab i Skallelva

I perioden (10/7 – 6/8) hvor systemet var operativt, men AI, jf. rapport fra Huawei, ikke fungerte etter hensikten, ble 3% av pukkellaksen sendt ut i elva, mens 84% av atlantisk laks, 94% av sjørøye og 83% av sjørørret ble sent i fangstkammer (tabell 7).

Tabell 7. Oversikt over antall fisk automatisk sortert og sendt til fangstkammer eller videre ut i elva i perioden 10/7 – 6/8 2025. Feilsortering tar utgangspunkt i at all vill fisk skulle rett ut i elva, mens pukkellaks skulle sendes til fangstkammer. I denne perioden var det, grunnet uklare bilder og raskt forbi passering, usikkerhet knyttet til art til henholdsvis seks atlantisk laks, to pukkellaks og fem sjørøyer sendt til elva.

| Art | Sendt til | | |
|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | fangstkammer | Sendt til elva | Feilsortering (%) |
| Pukkellaks | 3324 | 112 | 3 |
| Atlantisk laks | 123 | 24 | 84 |
| Sjørøye | 395 | 23 | 94 |
| Sjørørret | 5 | 1 | 83 |

I perioden (07.08-28-08) hvor systemet for automatisk sortering av pukkellaks i henhold til informasjon fra Huawei var operativt med fungerende AI ble det sendt 574 pukkellaks i fangstkammer (figur 5), mens 6 pukkellaks ble sendt ut i elva. Det gir en feilprosent på 1% på kategorisering og korrekt sortering av pukkellaks (tabell 8)

I samme periode ble 98% av atlantisk laks, 95% av sjørøye og 100% av sjørørret sendt i fangstkammer i stedet for rett i elva (tabell 8).

Tabell 8. Oversikt over antall fisk automatisk sortert og sendt til fangstkammer eller videre ut i elva i perioden 07.08-28-08 2025. «Feilsortering» tar utgangspunkt i at atlantisk laks, sjørørret og sjørøye skulle rett ut i elva, mens pukkellaks skulle sendes til fangstkammer. Grunnet uklare bilder var det usikkerhet knyttet til art til henholdsvis en atlantisk laks og en sjørøye sendt til elva.

| Art | Sendt til | | |
|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| | fangstkammer | Sendt til elva | Feilsortering (%) |
| Pukkellaks | 574 | 6 | 1 |
| Atlantisk laks | 120 | 2 | 98 |
| Sjørøye | 21 | 1 | 95 |
| Sjørørret | 4 | 0 | 100 |

Konsortiet sin egen vurdering var at systemet «*identifiserer tilnærmet 100% korrekt mellom atlantisk laks og pukkellaks*» basert på «*erfaringene fra 6. august i tillegg til erfaringene fra 2021 og 2023 i andre elver*». Videre viser resultater angitt i egen vurderingen at 40% (2 av 5 individer) av sjørøye og 0% (0 av 1 individ) av sjørørret ble identifisert korrekt. Det er ikke beskrevet hvordan konsortiets interne kvalitetssikring av artsidentifisering har blitt gjennomført (Appendiks 3).

5 Vurdering av de tre prototypene

Samlet sett var det kun én periode i én av elvene hvor den automatiserte løsningen for sortering av pukkellaks til fangstkammer og atlantisk laks, sjørret og sjørøye videre opp i elva fungerte som forventet. Dette var den siste perioden (08.08–04.09) i Repparfjordelva, hvor systemet var programmert slik at blandede grupper bestående av både pukkellaks og atlantisk laks, sjørret og/eller sjørøye skulle sendes til fangstkammeret. I denne perioden ble 5% av pukkellaksen feilaktig sendt videre opp i elva. Siden blandede grupper skulle til fangstkammeret, ble også 17% av atlantisk laks og 3% av sjørreten sendt dit i stedet for direkte videre. All sjørøye (100%) ble korrekt sendt videre opp i elva.

I Skallelva var sesongen delt i to perioder: først en periode (10.07–06.08) hvor bildegjenkjenningssystemet ifølge leverandøren ikke fungerte, og deretter en periode (07.08–28.08) hvor feilen var rettet. I begge perioder ble nesten all pukkellaks sendt til fangstkammeret (97% og 99%), men det samme gjaldt også atlantisk laks (84% og 98%), sjørøye (94% og 95%) og sjørret (83% og 100%). I praksis ble derfor nesten all fisk manuelt sortert i begge perioder.

I Vestre Jakobselv ble kun 20% av pukkellaksen sendt videre opp i elva, mens en relativt høy andel atlantisk laks (36%) ble sendt til fangstkammeret. Det var få registreringer av sjørøye og sjørret i perioden systemet var aktivt, og det er derfor vanskelig å vurdere hvordan disse artene ble håndtert. Resultatene i Vestre Jakobselv var litt svakere for pukkellaks, men bedre for laks, sammenlignet med den første perioden i Repparfjordelva. Etter omprogrammeringen i Repparfjordelva var resultatene klart bedre der enn i Vestre Jakobselv.

Resultatene viser at det er mulig å etablere et system som automatisk sorterer pukkellaks til fangstkammer, mens naturlig forekommende arter som atlantisk laks, sjørret og sjørøye i stor grad kan sendes uberørt videre opp i elva. Samtidig fremstår det som det var ulik modenhet i utviklingen av de tre prototypene som ble testet. Utfordringene med å oppnå god sortering virker todelt: a) bildegjenkjenningen må være basert på algoritmer som er godt trent, og b) lukesystemet og styringen av dette må kunne håndtere både enkeltfisk, stimer av enkeltarter og blandede grupper.

Testene har foregått i tre ulike elver, og derfor må det antas at forholdene ikke har vært helt identiske med tanke på farge på vannet og sikt. Men de tre elvene var utvalgt blant annet med tanke på å unngå perioder med farget vann og dårlig sikt, og det vurderes at dette ikke har påvirket hvor godt bildegjenkjenningen har fungert. Alle tre prototyper brukte YOLO som objekt-deteksjonsmodell, men med ulike versjoner av algoritmen. Basert på innsendt materiale og intervjuer med konsortiene fremstår det som at Fish Bio/Simsonar hadde trent sine algoritmer på et større datagrunnlag for alle aktuelle arter enn de to andre. Dette kan ha bidratt til at systemet fungerte bedre i Repparfjordelva enn i Skallelva og Vestre Jakobselv. Resultatene fra de tre elvene understreker uansett at god bildegjenkjenning forutsetter algoritmer som er trent på mange individer av alle relevante arter. Det bemerkes spesielt, at det kan være utfordrende å skille mellom sjørøye og pukkellaks tidlig i sesongen hvor den enda ikke har utviklet pukkel.

I alle tre elvene, men spesielt i Skallelva, var det periodevis en utfordring at pukkellaks ble stående i tunnelen. Dette vanskeliggjorde automatisk sortering, særlig når andre arter kom inn samtidig. Det anbefales derfor å teste løsninger som enten skremmer eller motiverer pukkellaksen til å bevege seg fra tunnelen og inn i fangstkammeret. En av forskjellene på de tre fellesystemene var at systemet i Repparfjordelva hadde tre luker, systemet i Vestre Jakobselv to mens fangstfella i Skallelv kun hadde en luke. Det vurderes at denne forskjellen kan ha vært medvirkende årsak til forskjellen i måloppnåelse mellom de tre sorteringssystemene og det anbefales derfor også å teste ut ulike løsninger med flere luker slik en bedre kan kontrollerer tilgangen til sorteringssystemet.

Basert på uttestingen i de tre elvene fremstår det som krevende å sortere fisken korrekt når pukkellaks kommer inn i tunnelen samtidig med atlantisk laks, sjørret eller sjørøye. I de ulike elvene ble dette håndtert forskjellig – enten ved å sende all fisk videre opp i elva eller ved å sende all fisk til fangstkammeret for manuell sortering. Det anbefales at slike vurderinger gjøres

fortløpende gjennom sesongen og i tett dialog med forvaltningsmyndigheten. Som nevnt ovenfor er det videre mulig at flere luker som opereres uavhengig av hverandre vil kunne avhjelpe problemet.

Som tidligere beskrevet har det vært ulik vannføring og strømhastighet, og muligens nyanseforskjeller i sikt og farge på vannet i de tre elvene i testperioden (dette ble ikke målt). Men den faktoren som antas har gitt størst ulikhet mellom elvene, og som har påvirket vanskelighetsgraden i oppgaven med å sortere fisken korrekt etter art, er mengden fisk som passerte gjennom systemene. Dette gjelder både mengden pukkellaks og mengden stedegen fisk. Det ble gjort en vurdering av dette før testen, og tre elver som hadde høye antall pukkellaks i 2023 ble valgt ut. Når en ser på tallene for 2025, så var det en stor nedgang i alle tre elver fra 2023 til 2025 særlig når det gjelder antall pukkellaks. Tallene viser at den elva som hadde klart mest av både pukkellaks og atlantisk laks var Repparfjordelva. I hele testperioden hadde Repparfjordelva 6228 pukkellaks gjennom systemet, mens Skallelva og Vestre Jakobselv hadde hhv. 4016 og 1456 pukkellaks. Tallene for atlantisk laks viser relativt sett enda større forskjeller mellom elvene, der Repparfjordelva hadde 2664 individer, Skallelva hadde 269 individer, mens Vestre Jakobselv hadde 655 individer gjennom systemet. Prototypen som viste det beste resultatet målt i korrekt sortering ble altså testet der både antall pukkellaks (som skulle fjernes) og antall atlantisk laks (som skulle sluses videre opp i elva) var høyest. De beste resultatene kom i den siste perioden, etter 8. august, etter at det ble gjort en endring i programmeringen i Repparfjordelva der all fisk ble sendt til fangstkammeret når det var pukkellaks til stede i bildet fra sorteringskammeret. Dette var samme regel som de to andre elvene hadde gjennom hele sesongen. Også i denne perioden var antall pukkellaks høyere i Repparfjordelva kontra Skallelva (hhv. 923 og 580), og forskjellen i antall atlantisk laks var betydelig (342 vs. 122 individer). Tallene for Skallelva gjelder perioden 7. august til 28. August. I Vestre Jakobselv ble systemet tatt ned allerede 16. August, så her finns det ikke tall for en sammenlignbar tidsperiode.

Det vurderes at de gode resultatene i Repparfjordelva styrkes av at det også var her det kom mest fisk. Det er likevel en ulempe for vurdering av testresultatene at denne prototypen var programmert med omvendt regel sammenlignet med de to andre frem til 7. august - at all fisk skulle sluses videre dersom det var vanlig atlantisk laks i en blandet gruppe som også inneholdt pukkellaks. Regelen frem til 7. august førte til at en relativt lav andel pukkellaks ble sluppet opp i elva (13%), men samtidig ble 58 % av laksen likevel ledet til fangstkammeret. Gevinsten av automatisk sortering kontra manuell sortering var dermed begrenset også i Repparfjordelva frem til 8. august.

Sjørøye og sjørret var det veldig lite av i Vestre Jakobselv (N=9). Av disse ble syv sluset korrekt videre, mens to ble fanget. Det var litt mer i Repparfjordelva (N=82) hvorav mange kom i den siste perioden. Av de 50 som kom etter omprogrammeringen, ble 49 korrekt sluset videre (98%). Også i Skallelva var det lite sjørret (N=10) men en betydelig mengde sjørøye (N=440). Prototypen i Skallelva fikk derfor en utfordring med sjørøye som de to andre i mye mindre grad måtte håndtere. Både før og etter oppdatering av programvare var resultatene for automatisk sortering av sjørøye i Skallelva tilnærmet like som det ville vært med kun manuell sortering, da hhv. 94% og 95% av sjørøyene ble feilaktig ledet inn i fangstkammeret og ikke sluset videre opp i elva.

Under NTNU sin gjennomgang av videoovervåkingen av fisk som ble sendt videre oppover i elva ble det gjentatte ganger observert at åpning og lukking av luker ut mot elva eller mot fangstkammer var for treg til å lede fisken dit den skulle. Dette resulterte i at fisk som i utgangspunktet var korrekt identifisert likevel ble sendt feil vei. Samme problem ble også observert underveis i feltperioden av flere av konsortiene. Ifølge deres rapportering etter endt sesong, ble det gjort forsøk på å løse problemet ved å justere hastighet på åpning og lukking av lukene i løpet av sesongen. Det fremstår dog som at de ikke kom helt i mål med å finne de best mulige innstillingene, og det anbefales derfor å jobbe videre med denne problemstillingen.

Alle konsortiene har selv oppgitt relativt gode resultater når det gjelder bildegjenkjenning og korrekt tilordning til riktig art. Implisitt skyldes dermed feilsortering i hovedsak kombinasjoner av fiskeatferd og de fysiske/mekaniske delene av sorteringsystemene. Som et eksempel ble prosjektgruppen under befaring av den ene prototypen fortalt av driftspersonellet at store sjørøyer ofte stoppet opp

på et gitt sted inne i tunellen. De ble angivelig korrekt identifisert, men på grunn av denne nølende atferden rakk luka å både åpne og lukke seg før fisken vandret videre opp. Dermed havnet disse individene i fangstkammeret. Prosjektgruppen har ikke mulighet til å verifisere hvor gode systemene er når det gjelder riktig tilordning til art, og kan kun verifisere i hvilken grad fisken har blitt korrekt sortert – enten til fangstkammer eller sluset opp i elva. Samlet sett har prosjektgruppen kun sett det som kan betegnes som akseptable resultater i den siste perioden i Repparfjordelva.

Konklusjonen er likevel at testene har demonstrert et potensiale ved denne typen teknologi. Spesielt vil det bidra til å redusere behovet for manuell sortering og dermed de negative effektene som følger av forsinket oppvandring og håndtering av den fisken som hører hjemme i vassdragene. Dersom leverandørens tall for korrekt artsidentifisering stemmer så har denne teknologien også stor nytteverdi for bruk i telling av fisk der bestandsovervåking er formålet, uten sortering og fangst. Dette må verifiseres gjennom å gå gjennom hver eneste fiskepassering manuelt, og sjekke om algoritmene gir korrekt tilordning til art. Dette ble ikke gjort i evaluering av testfasen i dette prosjektet.

7 Referanser

- Mo, T.A., Berntsen, H.H., Frøiland, E., Thorstad, E.B., Hindar, K. & Sandlund, O.T. 2021. Forslag til handlingsplan mot pukkellaks. - Miljødirektoratet Rapport M-2003|2021:
- Nasjonal kompetansegruppe for tiltak mot pukkellaks 2024. Evaluering av tiltak mot pukkellaks i Norge i 2023.
- Sandlund, O.T., Berntsen, H.H., Fiske, P., Kuusela, J., Muladal, R., Niemelä, E., Uglem, I., Forseth, T., Mo, T.A., Thorstad, E.B., Veselov, A.E., Vollset, K.W. & Zubchenko, A.V. 2019. Pink salmon in Norway: the reluctant invader. - *Biological Invasions* 21: 1033–1054.
- VKM, Hindar, K., Hole, L.R., Kausrud, K., Malmstrøm, M., Rimstad, E., Robertson, L., Sandlund, O.T., Thorstad, E.B., Vollset, K.W., de Boer, H., Eldegard, K., Järnegren, J., Kirkendall, L., Måren, I., Nielsen, A., Nilsen, E.B., Rueness, E. & Velle, G. 2020. Assessment of the risk to Norwegian biodiversity and aquaculture from pink salmon (*Oncorhynchus gorboscha*). Scientific Opinion of the Panel on Alien Organisms and Trade in Endangered Species (CITES). - VKM report 157.

Appendiks

Appendiks 1

Rapport fra selvevaluering, Mohn Technology, Vestre Jakobselv

Sluttrapport uttestinging av pukcellaksfelle i Vestre Jakobselv

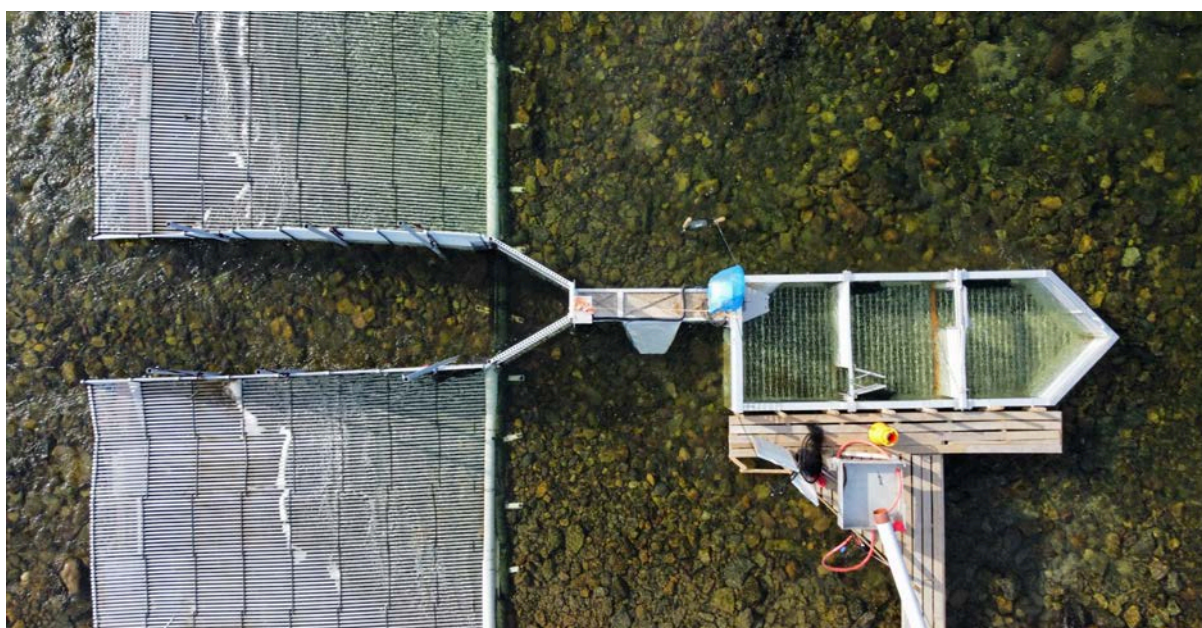
Innledning

Bakgrunnen for prosjektet er ønsket om å skånsomt og effektivt fange pukcellaks på vei opp i norske elver og på den måten hindre unaturlig påvirkning fra en invaderende fremmed art. I denne rapporten vil leseren få et innblikk i resultatet av Mohn Technology sin løsning på problemet, altså hvordan prototypen som har blitt utviklet i løpet av prosjektet har fungert i praksis.

Fellen har i svært stor grad sortert pukcellaks inn i fangstkammer. Spesielt den siste tiden av prosjektet har tilnærmet 100% av pukcellaksen blitt fanget av sorteringstunnelen. Det var ikke mulig å montere fellen på dypeste punkt i elven da vårflommen ikke tillot det av hensyn til sikkerheten til montørene. Det ble av Vestre Jakobselv Jeger- og Fiskerforening (VJJFF) besluttet å montere den på et grunnere område da det hastet å få stengt elven. I tillegg var det en del initielle utfordringer med fangstbur som gjorde at selv om sorteringstunnelen var operativ så ble "fanget" pukcellaks sluppet rett ut i elven gjennom et åpent fangstbur.

Sorteringsenhetens hovedutfordring har vært at den har fanget for stor andel naturlige arter, mest på grunn av strenge krav for å slippe løs fisk. Våre kontaktpersoner i ledelsen av Vestre Jakobselv Jeger og Fiskerforening sier likevel at de alt i alt er fornøyd med løsningen, da den har økt fiskevelferd og redusert belastning på mannskapet. De vil anbefale løsningen til andre elver. Alle mekaniske og elektriske systemer levert av Mohn Technology har fungert feilfritt i fellens operasjonsperiode.

Mohn Technology har sanket tilstrekkelige erfaringer og data til å kunne forbedre fellen til å fungere på kommersielt nivå, og venter i spenning på hvordan myndighetenes strategi og finansieringsløsninger i fremtiden.



Fellen sett ovenfra. Ledegjerde til venstre, sorteringsenhet i senter og fangstkammer til høyre.

Metode

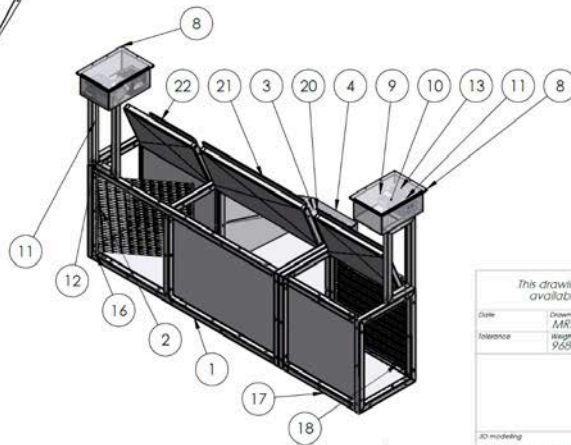
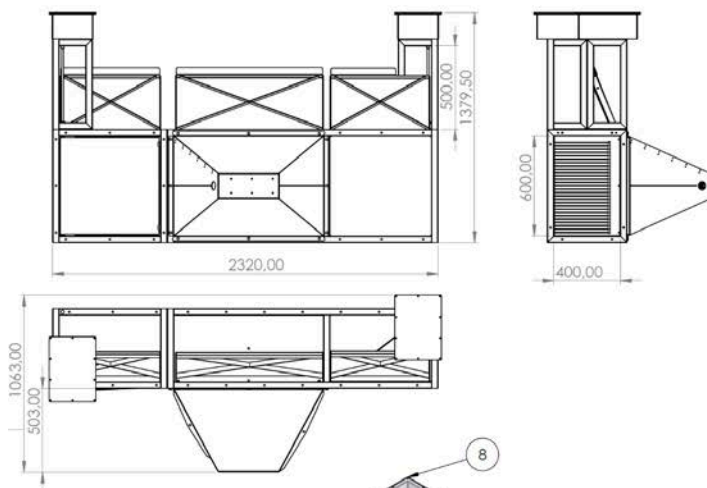
Utstyret

Systemet består av en 2.4m lang tunnel laget av sjøvannsbestandig aluminium. I hver ende av tunnelen finnes det en dør styrt av en motor. Systemet styres av et videreutviklet FRS kamera som både registrerer data og tar beslutninger. Videre finnes det 3 eksterne livestreamkameraer for å kunne følge med på fellens nedside, gjennom hele tunnelen og i fangstkammer. Alle disse komponentene har fungert ordentlig i fellens operasjonsperiode. Fellens komponenter kan i all hovedsak resirkuleres og er laget for lang levetid og enkel service.

Bilder av systemet



Fellen som ble presentert som avslutning på fase 2 og i søknaden er ikke fysisk endret ifbm testprosjektet. Alle funksjoner beskrevet ifbm fase to er dermed tilstede. Mohn Technology har pdd ikke mottatt fellen i retur fra Finnmark, men alt tyder på at alt det mekaniske i fellen har fungert feilfritt uten å ta skader. Det samme gjelder motorer, girkasser, posisjonssensorer, kameraer og strømforsyning. Siden dørene var basert på steppermotorer har vi kunnet justere posisjoner, hastigheter og akselerasjon remote fra vårt kontor i Bergen, noe vi ser på som en stor fordel.

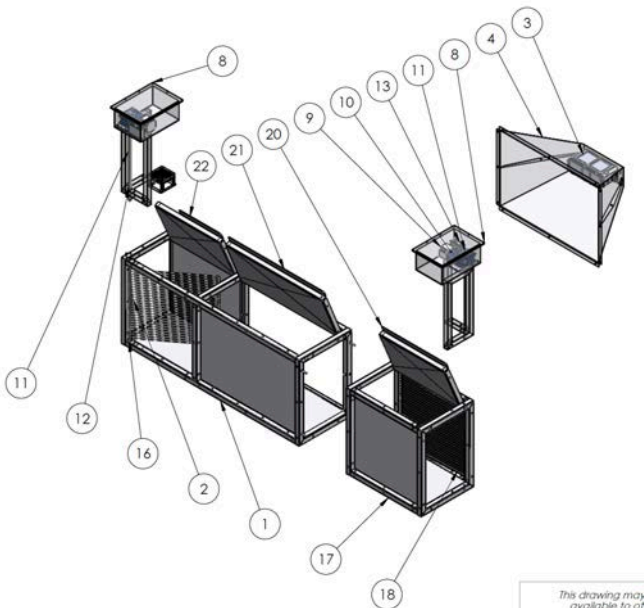


| ITEM NO. | PART NUMBER | Weight | QTY. |
|----------|----------------------------------------|----------|------|
| 1 | MT_22_002_001_Frame | 28182.02 | 1 |
| 2 | MT_22_002_002_wireDoor | 2623.66 | 2 |
| 3 | MD_19_005_A01_FSR_ASM-extFaces | 5844.99 | 1 |
| 4 | MT_22_002_005_CameraFrameSheetMetal | 10346.19 | 1 |
| 5 | ISO 4017 - M8 x 55-N | | 12 |
| 6 | ISO 4017 - M8 x 80-N | | 1 |
| 7 | ISO 10511-M10-N | | 4 |
| 8 | MT_22_002_014_motor_ASM_frame | 7659.67 | 2 |
| 9 | DS8L150-36A-205 | | 2 |
| 10 | NMRV040+7185-S-1-20x | | 2 |
| 11 | MT_22_002_015_motor_axle | 796.87 | 2 |
| 12 | MT_22_002_003_wireDoor_bearing | 23.59 | 2 |
| 13 | Stepper_MCU_Microstep_Driver_DM556 | 268.12 | 2 |
| 14 | Radial_seal_18x27x5 | 0.89 | 4 |
| 15 | Circlip DIN 471 - 18 x 1.2 | | 4 |
| 16 | MT_22_002_003_wireDoor_bearing | 16.07 | 2 |
| 17 | MT_22_002_016_Entrance_Frame-1 | 9747.14 | 1 |
| 18 | MT_22_002_013_lower_cleaning_door | 1191.28 | 1 |
| 19 | MT_22_002_017_door_connector_sleeve | 37.23 | 1 |
| 20 | MT_22_002_014_topp_door | 2788.49 | 1 |
| 21 | MT_22_002_014_topp_door | 3984.72 | 1 |
| 22 | MT_22_002_014_topp_door | 2886.01 | 1 |
| 23 | ISO 4015 - M8 x 40 x 18-N | | 4 |
| 24 | ISO 4017 - M8 x 80-N | | 4 |
| 25 | URX-MTL01-PCB | | 1 |
| 26 | 165250300K | | 1 |
| 27 | 1652602105_TERMINAL_SOLID_1 | | 1 |
| 28 | 16549X0106 | | 1 |
| 29 | 1654403931_HDMI_DP_SOLID_1 | | 1 |
| 30 | TH1UPM1010-MTL01-COOLER-CU_ASM_SOLID_1 | | 1 |
| 31 | TH1UPM1010-MTL01-COOLER-CU_ASM_SOLID_2 | | 1 |
| 32 | 16528X0015 | | 1 |
| 33 | 16530X0014 | | 1 |
| 34 | M2_2280_SSD | | 1 |
| 35 | 1652708203 | | 1 |
| 36 | M2_2280_SSD-1 | | 1 |
| 37 | M2_3052 | | 1 |

This drawing may not be copied, altered or made available to others without written permission.

| | | | | | |
|-----------------|----------|------------|-------------|----------------|-----------------------|
| Date | Drawn by | Checked by | Approved by | Project number | 3D model file name |
| | ARM | | | | MT_22_002_RainTop_ASM |
| Tolerance | Weight | Material | | | Draw no. |
| | 96897.45 | NA | | | |
| Configuration | | | | | Default |
| 3D modeling | Proj | Scale | Format | Sheet | Revision |
| MOHN TECHNOLOGY | | 1:20 | A3 | 1 / 2 | A |

Bildet over viser fellens mål og komponenter. Bildet under viser hvordan fellen kan separeres i forskjellige undersammenstillinger for å forenkle transport. Det siste er i hovedsak viktig der fellen skal transporteres til utilgjengelige steder eller deler av fellen har blitt skadet i f.eks flom. Man kan dermed sammenstille delkomponenter og sende til stedet utstyret trengs for å bytte det ut i felt.



This drawing may not be copied, altered or made available to others without written permission.

Installasjonen:

Fellen ble satt sammen av Mohn Technology på elvebredden. Den ble videre montert sammen med samletrakt og fangstbur av VJJFF og heist på plass med gravemaskin. Monteringen av fellen gikk uproblematisk for seg. I mindre krevende elver / uten flom kunne man båret den på plass og boltet den sammen i elven, da selve tunnelen med motorer, kameraer osv veier rundt 120kg.



Teknisk beskrivelse KI-algoritme

Algoritmen vi bruker er YOLOv8n. Modellen ble først trent på Rivercam data (FRS) fra forskjellige elver i 2024. Når oppvandringen hadde kommet godt i gang og vi begynte å få litt billedata fra fellen, ble en ny modell trent opp. Tabellen under viser hva slags data vi har benyttet og hvor mange bounding bokser hver kategori har. For "trap data" er det tatt med flere bilder per fisk, fordi vi hadde behov for å få et større datagrunnlag og det ble derfor valgt en del bilder fra forskjellige vinkler, bevegelser og så videre per fisk. For "Rivercam Data" finnes det færre annoteringer av hver fisk, da vi hadde mye data tilgjengelig. Vi har ikke konkrete tall på hvor mange individuelle fisk trap data består av, men annoteringen er gjort med en strategi for å skape et variert og robust dataset, og så lenge det er et betydelig antall fisk kan det være vel så viktig å få med forskjellig belysning, posisjon, kroppsholding, vinkel osv . Datasettet er delt opp i trenings "train" og validation "Val", der valideringsdataen brukes til å se hvor godt KI-algoritmen løser oppgaven.

Det er ikke blitt oppdatert (fine tuned) algoritme for 4 kategorier, da dette ikke var kritisk for fellens funksjon, men mer en forbedring av postprosesseringen.

| Object Detection | | | | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Trained on Rivercam Data | 2 Categories | | Not Humpback | Humpback | Total | | |
| | | Train | 3407 | 1093 | 4500 | | |
| | | Val | 900 | 272 | 1172 | | |
| | | Total | 4307 | 1365 | 5672 | | |
| | 4 Categories | | Arctic-Char | Atlantic | Humpback | Trout | Total |
| | | Train | 632 | 1548 | 1093 | 1227 | 4500 |
| | | Val | 163 | 425 | 272 | 312 | 1172 |
| Total | | 795 | 1973 | 1365 | 1539 | 5672 | |
| Fine Tuned on Trap Data | 2 Categories | | Not Humpback | Humpback | Total | | |
| | | Train | 472 | 1627 | 2099 | | |
| | | Val | 225 | 639 | 864 | | |
| | | Total | 697 | 2266 | 2963 | | |
| Classification | | | | | | | |
| Trained on Rivercam Data | | Arctic-Char | Atlantic | Humpback | Trout | Total | |
| | Train | 532 | 1515 | 1011 | 1209 | 4267 | |
| | Val | 218 | 189 | 362 | 410 | 1179 | |
| | Total | 750 | 1704 | 1373 | 1619 | 5446 | |

Gjennomføring

Tidslinje for testperioden:

- Driftsstart: (dato og klokkeslett): 9/7-2025 kl. 1948 (første observasjon)
- Slutt på drift: (dato og klokkeslett): 9/9-2025 kl. 1454 (siste observasjon)
- Perioder med nedetid:
 - Perioder der fella sto åpen slik at all fisk kunne passere uten sortering.
 - Fellens fangstkammer stod åpen fra oppstart 9/7 til 18/7 pga produksjonsfeil av fangstkammer. Fisk som fellen automatisk fanget ble derfor uansett sluppet rett ut.
 - Fellen ble åpnet 31. juli og lukket igjen 6. August pga lav vannføring.
 - Perioder der fella var lukket, men kun med manuell sortering av fisk
 - Ingen
- Vesentlige endringer i maskinvare eller programvare: (dato og klokkeslett)
 - **Følgende justeringer er gjort i styringslogikken og KI programvare:**
 - 18/7:
 - 18:00
 - Fangstkammer ble lukket og felle startet ordentlig opp for første gang.
 - 24/7:
 - 10:00
 - Utgang satt til 50% åpen for å teste sorteringshastigheten når døren er i midtposisjon.
 - 29/7:
 - 09:00
 - Justert inngang til 55 grader åpning for å redusere mengden fisk i kammer (foran kamera).
 - Hastighet for utgang oppjustert fra 40% til 50%
 - 12:00
 - Oppdatert med ny AI som inneholder data fra selve fellen.
 - 18:30
 - Justert inngang til 40 grader åpning.
 - 30/7:
 - 09:00
 - Akselerasjonen på utgangen ble oppjustert fra 23% til 40%. Hastigheten fra 50% til 70%.
 - 14:30
 - Justert inngang til 55 grader åpning.

29.07.2025

- Perioder der personell fra Mohn Technology var til stede fysisk
 - Oppstart, gjennomgang av systemet og introduksjon til Vestre Jakobselv Jeger og Fiskerforening. 25 juni - 2 juli. På grunn av vårflommen fikk vi ikke vært med da de heiste fellen på plass, men fulgte med fortløpende via tlf, melding og epost, samt via systemets egne overvåkingsfunksjoner og livestream.
 - Sluttgjennomgang 4-6 august. Befaring og fysisk observasjon av fisk i tilknytning til fellen, samt fiskens respons på forskjellige manuelle skremselsstrategier. Debrief med Miljødirektoratet, Statsforvalteren og Vestre Jakobselv Jeger og Fiskerforening.

Resultater

Presisjon og nøyaktighet: Hvor ofte sorterer fellen rett?

Fellen har etter dialog med Vestre Jakobselv Jeger og Fiskeforening og Statsforvalteren / Miljødirektoratet sortert etter følgende kriterier i 2025 sesongen:

- Fisk deles i to kategorier av en object detector, "humpback" eller "other", der other inkluderer atlantisk laks, sjørøye og ørret.
 - Basert på utvikling i prosjektet viste det seg at om man holdt seg til to klasser på object detector ble den mer robust.
 - Når opptaket er ferdig klippes pixlene innenfor bounding bokser ut og det kjøres en ekstra omgang med KI-algoritme på det beskårede bildet der fisken artsbestemmes ihht klassene pukkellaks, atlantisk laks, sjørøye og ørret. Siden bildet nå beskjæres kraftig, blir fisken en større del av vurderingen og nøyaktigheten forbedres.
 - Vi vil jobbe med at denne tostegsløsningen gjøres i sanntid til neste sesong, men vi har møtt på utfordringer knyttet til dette per dags dato.
- Døren holdes stengt som standard.
 - Dette ble gjort da vi var usikker på hvor pålitelig system og strømforsyning var. Vi ønsket ikke at f.eks strømmen skulle gå og, og døra være låst i åpen posisjon.
 - Siden girkassen er selvlåsende er det ikke rett frem å justere døren manuelt. Selvlåsende girkasse har mange fordeler mtp strømforbruk og pålitlighet ellers.
- Så lenge KI maskinsynet detekterer pukkellaks vil den holde døren igjen.
 - Om en fisk trigges som atlantisk laks på 100 bilder, og så blir den feilaktig oppfattet som pukkellaks på ett bilde vil døren lukkes igjen. Når KI igjen trigger kun på atlantisk, vil døren åpnes igjen.

Utover dette har vi justert på hvor raskt dørene beveger seg opp / igjen, og hvor lenge de står oppe. I tillegg har vi forsøkt forskjellige tilnærminger til lukking, delvis lukket og helt åpen inngangsdør. Fisken beveget seg typisk gjennom fellen på mellom 2-10 sekunder selv om noen fisk oppholdt seg lengre inni tunnelen.

Valg av data:

Kamerasystemet har tatt opp svært mye video (over 17000 klipp) og det ville krevd uforholdsmessig mye ressurser å gå gjennom hver eneste video for å vurdere fiskeoppførsel.

Vi har derfor valgt å se manuelt gjennom fiskeoppførsel og sorteringsresultat basert på følgende prinsipper i statistikken i kapittelet som følger.

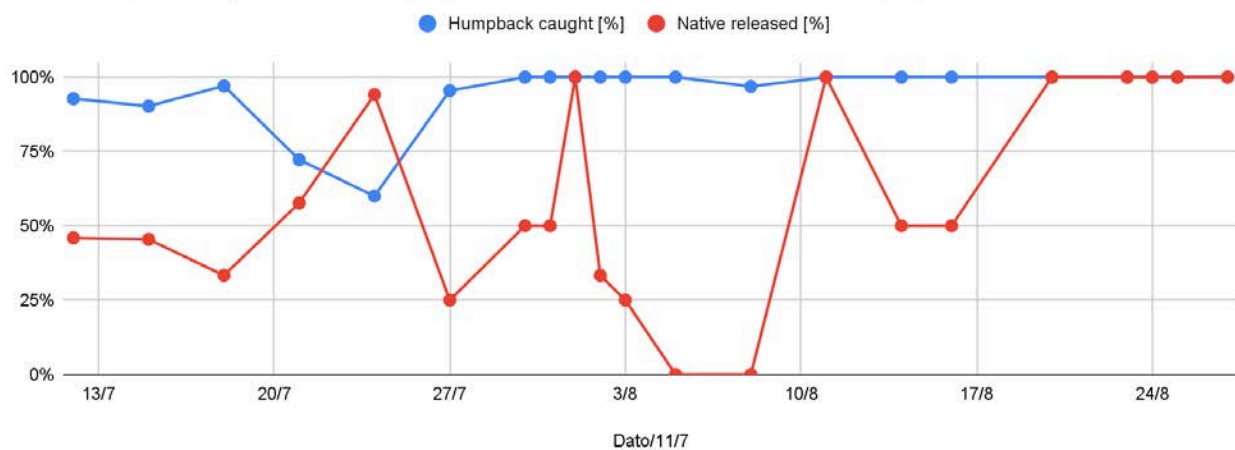
- Data gjennomgås for hver tredje dag i hele perioden fra 11/7 til 27/8.
- Dager med mye video går man gjennom 50 videoer.
 - Tidspunkt blir spredt utover døgnet, så man etterstreber å ta de to første videoene hver hele time.
- Dager med veldig få videoer har vi også tatt med nabodagen.
- Hvis valgte video viser video som kun står stasjonær i fellen velger man førstkomende video som viser at fisken blir behandlet av fellen, ved at den enten går tilbake nedover elven, slippes fri eller fanges.

Fangst av pukkellaks vs frislipp av naturlige arter

Den statistikken som best beskriver fellens effektivitet er hvor mange prosent pukkellaks den fanger og hvor mange prosent naturlige arter den slipper fri. Her har man altså resultatet av at alle ledd i kjeden skal fungere sammen:

- Kamerateknisk: Gode bilder og belysning
- Maskinsynalgoritmer: Korrekt klassifisering av arten i sanntid
- Mekanisk: Dørene beveger seg korrekt
- Fiskeoppførsel: Fisken beveger seg på forventet måte gjennom systemet.
- Innstillinger: Man har valgt rette innstillinger ifht oppdrag og virkemåte.

Percentage/Humpback caught [%] and Percentage/Native released [%]



Sorteringens nøyaktighet kategorisert over tid

Merk at selv om maskinsynet og virkemåten blir bedre utover sesongen er det veldig få naturlige arter som går gjennom fellen på grunn av lav vannstand og åpent gjerde. Duppene i august der det er lav andel naturlige arter som slippes løs er det snakk om bare 1-3 fisk. Det er også potensielt en bestemt type fisk som går i fellen når den beste vandringsveien har fri ferdsel. Fellens funksjon er dermed en mindre del av bildet når det gjelder oppgang av pukkellaks, da de fleste pukkellaks som vandret forbi gjorde det før systemet ble operasjonelt pga flom eller feil på fangstbur, eller vandret opp gjennom åpningen i gjerdet.

Statistikken under sammenfatter effektiviteten og presisjonen til fellen over tid. Her er det dessverre lite naturlige arter den siste tiden (august), noe som gjør statistikken unøyaktig og få feil skaper stor påvirkning av prosentandelen.

Man har flere effekter som påvirker treffsikkerheten til systemet:

- Forbedrede maskinsynalgoritmer gjennom sesongen.
- Forbedret styringsalgoritmer / innstillinger på dører
- Pukkellaksen blir mer ulik naturlige arter i løpet av sesongen

| Dato | Correct obj. Det. [%] | Correct classifier [%] | Correct result [%] | Humpback caught [%] | Native released [%] |
|------|-----------------------|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 12/7 | 88% | 64% | 84% | 93% | 46% |
| 15/7 | 80% | 74% | 62% | 90% | 45% |
| 18/7 | 88% | 86% | 70% | 97% | 33% |
| 21/7 | 82% | 88% | 42% | 72% | 58% |
| 24/7 | 98% | 92% | 64% | 60% | 94% |
| 27/7 | 88% | 86% | 64% | 95% | 25% |
| 30/7 | 100% | 100% | 89% | 100% | 50% |
| 31/7 | 73% | 55% | 55% | 100% | 50% |
| 1/8 | 100% | 100% | 33% | 100% | |
| 2/8 | 95% | 100% | 95% | 100% | 33% |
| 3/8 | 100% | 88% | 75% | 100% | 25% |
| 5/8 | 100% | 98% | 90% | 100% | 0% |
| 8/8 | 97% | 100% | 89% | 97% | 0% |
| 11/8 | 98% | 98% | 98% | 100% | 100% |
| 14/8 | 98% | 98% | 98% | 100% | 50% |
| 16/8 | 100% | 100% | 96% | 100% | 50% |
| 20/8 | 100% | 100% | 100% | 100% | |
| 23/8 | 100% | 100% | 94% | 100% | |
| 24/8 | 100% | 88% | 100% | 100% | |
| 25/8 | 100% | 100% | 100% | 100% | |
| 27/8 | 100% | 100% | 100% | 100% | |

Tabellvisning av treffsikkerhet. Datoer uten naturlige arter har tomme celler.

Kolonnen som viser "correct result" omfatter alle former for at fisken ikke ender på rett sted, dvs at om en fisk beveger seg tilbake i fellen i stedet for å bli korrekt sluppet fri eller fanget regnes det som feil resultat. Dette er strengt og konservativt, men vi ønsker her også å belyse evt. Feil håndtering av fiskens bevegelsemønstre.

Vi vet at det har blitt fanget og avlivet 1156 pukkellaks og sluppet løs 237 laks og 1 sjørøye av røkterne av fellen.

Forbedring av KI-algoritme

Mohn Technology sitt originale datasett består av bilder tatt av våre FRS kamerasystemer av frittsvømmende fisk fra elver i Finnmark. Bakgrunnen, belysning og vannkvalitet er dermed svært varierende og vi forventet dermed at våre KI algoritmer ville kreve oppdatering etter hvert som vi fikk data fra fellen.

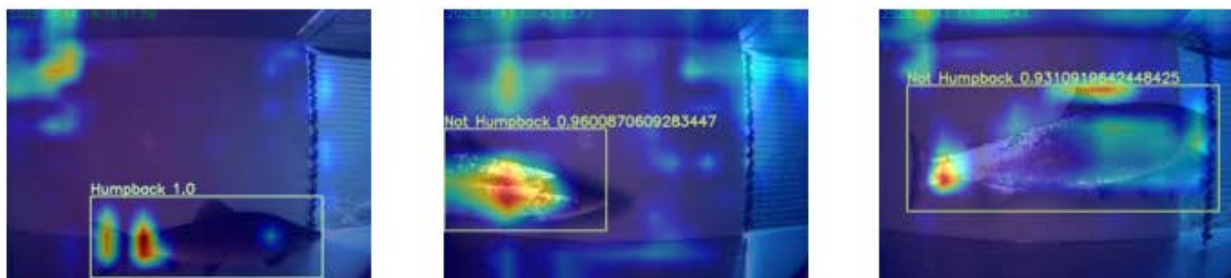
Med en gang fellen kom i drift begynte den å sende data til vår server i Bergen og vi begynte arbeidet med å annotere data tatt av det faktiske systemet. Dataen ble brukt til å trene nye algoritmer som forbedret presisjon og nøyaktighet.



Bilde av en atlantisk som beveger seg fra venstre mot høyre, sørger for at døren åpnes og forsvinner ut i det fri.

KI illustrasjoner / heat maps

GradCam



HiResCAM



LayerCAM



Illustrasjonene over estimerer hvilke deler av bildet Klen bruker til å fatte en beslutning. Merk at denne form for illustrasjon ikke er noen nøyaktig indikator på hva Klen bruker, og illustrasjonsprogramvaren kan til tider gi svært merkelige resultater.

Diskusjon

Følgende kapittel har vi valgt å svare direkte på spørsmålene for å forenkle lesingen. Originale spørsmål er merket med grønn font, mens våre svar er i sort.

- Tror dere AI-modellen vil være like god i andre elver med andre forhold (for eksempel elver med annen sammensetning av arter, eller elver med oppgang av mange titusen fisk)?
 - Om det er veldig annerledes artsmangfold bør man vurdere å gjøre forberedelser ved å inkludere bilder av disse artene i den kategorien som ikke skal fanges.
 - Om det er store mengder av helt ny fisk vil man raskt kunne trene opp nye algoritmer fordi det raskt vil genereres data. Om det sjeldent kommer arter av denne typen i fellen er det trolig heller ikke veldig utfordrende å sortere ut manuelt.
 - Det beste vil være å sanke data i en tunnel i partallsåret før den aktuelle pukkellakssesongen.
- Hva var årsakene til at pukkellaks slapp forbi fella?
 - En liten andel pukkellaks klarte å komme seg ut utgangen. Dette skjedde fordi det var en atlantisk laks i kammeret som åpnet døren, så fløy pukkellaksen forbi i høy fart før døren rakk å lukke. Pga strenge styringsalgoritmer var det svært få som ble sortert feil pga feil kategorisering av AI.
- Hvis det ble gjort justeringer underveis som påvirket hvor mye pukkellaks som ble sluppet opp i elva over fella, hva gikk disse justeringene ut på, og hvilken effekt hadde endringene på antall og andel pukkellaks som ble sluppet opp i elva over fella?
 - I slutten av juli ble det oppdatert en ny KI med data fra fellen, noe som forbedret treffsikkerheten.
- Hva er var årsakene til at laks, sjøørret og sjørøye ble fanget i fangstburet? Hvis det ble gjort justeringer underveis som påvirket hvor mye laks, sjøørret og sjørøye som ble fanget i fangstburet, hva gikk disse justeringene ut på, og hvilken effekt hadde endringene på antall og andel laks, sjøørret og sjørøye som ble fanget i fangstburet?
 - Her var det to hovedkategorier for feilkilder. Den vanligste var at det kom et glimt av falsk positiv deteksjon av pukkellaks som førte til lukking av dør. Her må vi i fremtiden ha en form for gjennomsnitt over siste X frames, så feks om 95% av de siste 10 frames sier atlantisk så åpnes luken selv om det kommer en tag med pukkellaks innimellom. Siden kamera tar opp 30 fps betyr det at den ved eksempelet med 10 frames vil bruke $\frac{1}{3}$ sekund på å ta en beslutning. I de fleste tilfeller vil dette være tilstrekkelig, men så lenge systemet er justerbart har man mulighet til å finne beste kompromiss mellom nøyaktighet og hurtighet.
 - Den andre årsaken var at fisken var for rask slik at døren ikke rakk å åpne seg før fisken svømte forbi i høy hastighet.
 - Her gjorde vi et kompromiss mellom å ikke skremme fisken og å rekke å slippe ut ønskede arter. Vi justerte hastigheten i flere omganger i samråd med VJJFF.
 - Problemet kan fikses ved å ha en ekstra dør eller hindring som fjernes når KI har tatt beslutning og justert sorteringsdøren.
- Er det mulig å justere programmeringen for å endre på feilrate?
 - Ja, det er store muligheter for at brukerne av fellen selv justerer systemet. Vi opplevde likevel at de som jobbet tett på fellen ikke ønsket å forholde seg til styringen og foretrakk å ta kontakt med oss. Det betyr at vi må forenkle brukergrensesnittet for noen av brukerne slik at de ikke blir redd for å gjøre feil etc. Det finnes en rekke forskjellige moduser dørene kan kjøres i, og alt av bevegelse er programmerbar remote.

- Vi kommer til å legge til en del funksjoner basert på feilsortering vi opplevde i 2025 samt ny mekanisk utforming på neste generasjon.
- Ut fra hvor lang tid individer av fisk brukte gjennom hele fangstinnretningen, det vil si hvor lang tid gikk det fra hver fisk kom inn i nederste del av fangstinnretningen til de enten var ute i elva eller fanget i fangstburet dette, var dere fornøyd med effektiviteten av systemet, og vil systemet kunne fungere i elver med titusenvis av fisk i løpet av sesongen, og potensielt flere tusen fisk i løpet av en dag?
 - Fisken brukte typisk mellom et par og 10 sekunder gjennom fellen. En del fisk brukte betydelig lengre tid.
 - Hovedproblemet var at noen få pukkellaks brukte veldig lang tid, noe som blokkerte for andre fisk. Vi forsøkte under felttesting å skremme disse fiskene med håv og pinner i nedre retning av tunnelen uten at de beveget seg. Neste generasjon felle må ha en form for mekanisme som kan fjerne disse fiskene som ødelegger for videre sortering. Dette var i hovedsak et problem mot slutten av sesongen der fisken var ekstra slapp. Vi hadde flere alternative skremmemetoder, med dunking av dører og en kraftig vibrasjon av dører som ga en høy lyd i vannet. Ingen av disse teknikkene ga noe resultat.
- Var det noen negative effekter av sorteringssystemet på dyrevelferd? Var det noen deler av sorteringssystemet som potensielt skadet fisken ved at de passerte skarpe kanter, ble klemt i luker, ble stresset atferdsmessig etc.? Hvis negative effekter, hvordan tenker dere disse kan forbedres?
 - I tunnelen vi leverte var det ingen skarpe kanter og dørene beveget seg i en retning og hastighet som minimerte at fisken ble skadet. Helt i starten av testingen var det en fisk som ble skadet av noe av systemet, men det er uvisst akkurat hva som skjedde. Dette var på et tidspunkt der fangstbur hadde feil og hadde delvis kollapset osv. Vi har også sett noen nestenulykker der pukkellaks har svømt gjennom døren som var i ferd med å lukkes og nesten blitt klemt. Trolig ville dette ikke medført noen alvorlige skader.
- Hva ser dere som de største mulighetene for forbedring?
 - KI har rom for forbedring, men tar i stor grad rett. Årsaken til feilkilder er i hovedsak at vi må justere ned kravet for å fange fisk, slik at færre naturlige arter blir fanget. Feks må vi hindre det at små glimt av triggings på pukkellaks fanger atlantisk laks vha et filter.
 - Vi må forbedre måten fellen håndterer fisk som ikke ønsker å bevege seg gjennom tunnelen. Her kan man feks lage en lengre tunnel slik at det ikke blir så tett på fangstkammer, eller lage noe som fysisk tømmer fellen for stasjonær fisk.
- Hva ville dere ha gjort annerledes i forbindelse med uttestingen av prototypen?
 - Vi ville presset mer på å få bekreftet vanddyp og bunnforhold, og sørge for at alle deler av fellen var dimensjonert rett. Denne gangen dimensjonerte vi vår tunnel slik at den taklet 20cm høyere vannstand enn fangstburet fra Nordic Steel, som igjen ble dimensjonert basert på tilbakemeldinger fra lokale. Om begge deler hadde feks fungert med 50-100cm høyere vannstand så ville man kunne satt den ut på den dypeste delen av elven med en gang.
 - Vi burde også hatt tettere dialog med de som røktet fellen slik at vi kunne justere innstillingene fortløpende, men vi fikk ikke nok tilbakemelding på hva operatørene faktisk fisket opp av fellen. I tillegg var høysesongen midt i fellesferien og når store deler av våre ansatte har små barn, var det redusert bemanning i dette tidsrommet. Vi har likevel fulgt med daglig på status på systemet, men ikke hatt mulighet til å gjøre større endringer i programvaren.
- Hvilken forretningsmodell ser dere for dere (salg, leasing etc.)?
 - Vi ser for oss en form for leasing, men en viss form for oppstartskostnad. Forhåpentligvis kan flere aktører være interessert i å bruke fellen gjennom en toårssyklus, feks at oppdrettere betaler for beredskap, forskere kan ta målrettet uttak, noen elver kan man kanskje enkelt bruke den til bestandsovervåking uten å kjøre dørene osv.

Konklusjon

Testen av prototypen viser at prototypen ikke hadde et nivå som vi er fornøyd med å tilby som et konvensjonelt tilgjengelig produkt. Mohn Technology setter høye krav til hva vil leverer, og det vil kreve ytterligere utvikling før vi vil tilby dette produktet kommersielt. Fellens hovedutfordring er at den har hatt en for streng sortering, dvs svært få pukkellaks har sluppet ut gjennom feil utgang i sorteringsenheten, men en del naturlige arter har dermed blitt fanget for manuell sortering og slipp. Arbeidet til røkterne har dermed blitt betydelig lettere enn uten sortering, selv om det er rom for forbedring. Vi har imidlertid sanket tilstrekkelig erfaring og data i løpet av denne sesongen til å kunne gjøre denne utviklingen frem mot 2027. Vi har i løpet av sesongen tatt opp rundt 17500 videoklipp, med en snittlengde på rundt 10 sekunder. Siden fellen tar opp med 30 bilder i sekundet betyr dette rundt 5 millioner stillbilder. Naturlig nok er ikke alle disse egnet for videre foredling, men poenget er at datamengden er svært stor og godt egnet for videre arbeid, både når det gjelder å trene og raffinere KI-algoritmer, vurdere fiskeadferd osv.. Vi har også merket oss noen punkter for forbedringer på det mekaniske designet av fellen som vi kan forbedre før neste trinn, spesielt mtp det å tvinge ut stillestående fisk som ikke reagerer på skremming. Vi ser for oss at det vil være nyttig å teste forbedringer i 2026 om vi skal levere mange enheter i 2027, men det vil trolig fungere godt å gå rett på et kommersielt pilotprosjekt der vi leverer et begrenset antall reviderte utgaver.

Tilbakemelding fra Vestre Jakobselv Jeger- og Fiskerforening tilsier at fellen har bidratt til betydelig mindre jobb for dem, og i tillegg økt fiskevelferden for de ønskede artene.

Mohn Technology mener at denne teknologien og produktet har livets rett, og vil være et svært nyttig verktøy for Norge i årene som kommer, da det både kan bidra til økt fiskevelferd, redusert belastning på personell og økt verdiutnyttelse av den ressursen pukkellaksen faktisk er. Man kan få andre fordeler ved at man kan bruke enheten til å vite mer om fiskebestandene i elvene og sortere ut rømt oppdrettslaks når det ikke er pukkellakssesong. Det finnes også alternative bruksområder, feks i sjø der fellene har mindre påvirkning og pukkellaksen har høyere verdi som mat. Forretningsmodellen er imidlertid usikker da det er mange ukjente faktorer i markedet, og per nå får man ikke betalt for ressursen. Hvis man tidlig i sesongen hadde klart å få rundt 30kr / kilo i snitt ville dette bety en brutto inntjening på ca 60 000kr per sesong per 1000 fisk. I elver med store pukkellaksforekomster kommer det mange tusen pukkellaks og inntektene kunne bistå til å finansiere fangsten. Både filet og rogn er en fin ressurs så lenge den behandles og fiskes rett.

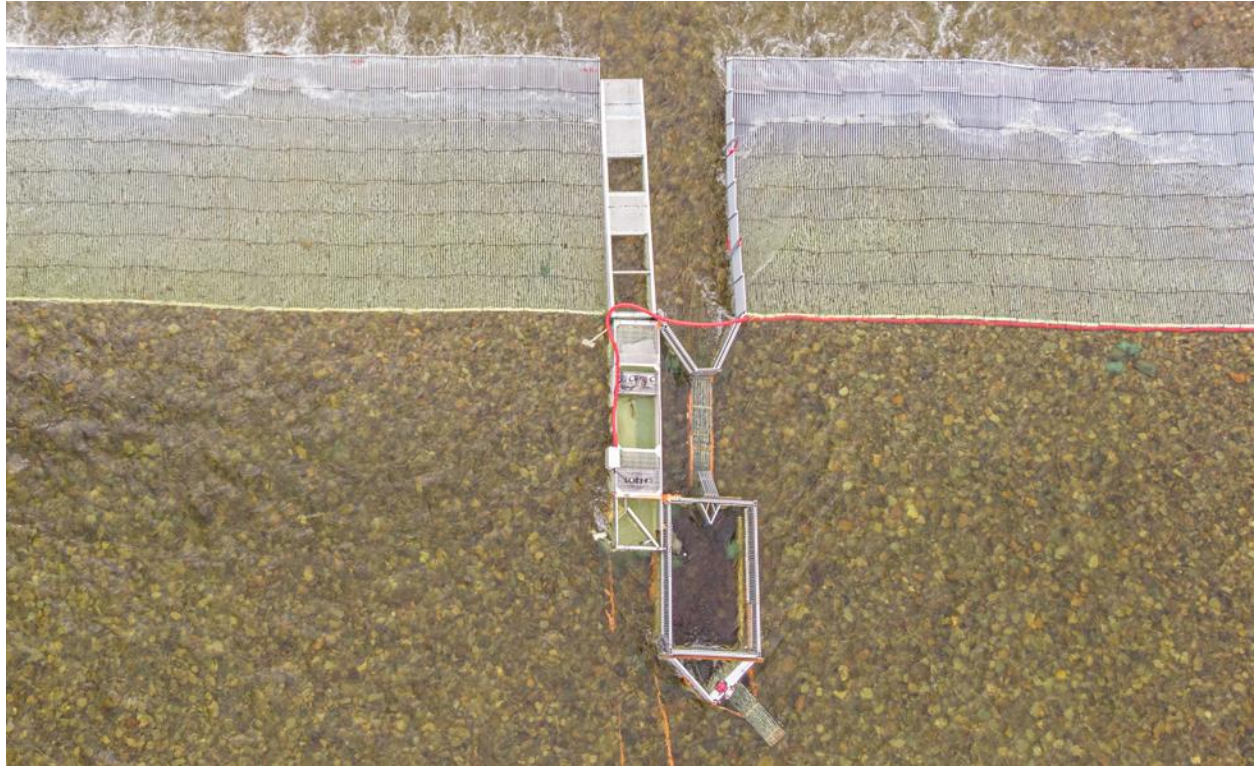
For å skape forutsigbarhet for teknologinæringen håper vi at myndighetene vil utlyse evt prosjekt / anbud i god tid før sesongen slik at man har mulighet til å se hvilke rammebetingelser man skal forholde seg til. På den måten kan man ta et strategisk valg om dette er noe man skal satse på. Som et lite, privat selskap er Mohn Technology nødt til å ta en vurdering på om det er klok bruk av ressurser å satse videre på pukkellakssortering, selv om vi synes prosjektet er svært interessant fra et teknologisk perspektiv.

Appendiks 2

Rapport fra selvevaluering, FISHBIO og Simsonar, Repparfjordelva

Summary Report; Automated Pink Salmon Trapping

Field Testing Summer 2025



Submitted To:
Statsforvalterens fellestjenester
County Governor Shared Services

Prepared By:
Michael Hellmair & Garth Jaehnig



1617 S. Yosemite Ave.
Oakdale, CA 95361, USA
www.fishbio.com

Heikki Oukka & Arto Seppänen



Kiilakiventie 1
90250 Oulu, Finland
www.simsonar.com

November 2025

Table of Contents

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| Introduction | 3 |
| Methods | 4 |
| Technical Description of the Prototype | 4 |
| Change from Top-Bottom Sorting to Side-to-Side Sorting | 4 |
| Entry Gate Gap Reduction | 5 |
| Raising of Stepper Motors | 5 |
| Fish Identification Algorithm | 7 |
| Implementation | 7 |
| Results | 9 |
| Identification Accuracy and In-Season Updates | 9 |
| Sorting Efficiency | 10 |
| Transit Time | 10 |
| System and Weir Maintenance | 12 |
| Discussion | 13 |
| Applicability to Other Rivers | 13 |
| Sources of Error, System Efficiency & Animal Welfare | 13 |
| Opportunities for improvement | 14 |
| Conclusion | 15 |
| Acknowledgements | 15 |
| Appendix 1. Solution Requirements and Prototype Performance | 16 |

Introduction

The pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, is an anadromous salmonid with a strict two-year life cycle native to the North Pacific Ocean. Following their introduction in north-western Russia in the 1950s, populations are now considered self-sustaining and expanding, prompting serious concern about their potential interactions with native fishes, especially Atlantic salmon. Efforts to exclude and/or remove pink salmon from Norwegian Rivers have been financially supported by the national budget, generally consisting of blocking off lower river reaches with weirs or nets, trapping migrating fish, and then sorting the trapped catch, releasing native species back into the river while removing pink salmon. Manual sorting, however, requires considerable effort and subjects to stress or even injury resulting from being trapped and sorted, thus potentially impacting their health, fitness and survival.

FISHBIO and Simsonar have collaboratively designed an automated sorting system that is capable of distinguishing non-native pink salmon from native salmonid species and routing native species upriver while trapping pink salmon for removal. The intention behind the development of this system was to simultaneously limit handling of sensitive native species by providing unimpeded upstream passage (without trapping), while selectively routing non-native pink salmon into a trap box for subsequent removal. Sorting migrating salmonids by species and only - or at least predominantly - trapping the target species also leads to reduced labor and processing time of captured pink salmon.

Following fabrication of a prototype, shipping of the prototype from FISHBIO's facility in California to Finland for in-depth dry testing and minor modifications, the sorting platform was transported to the Repparfjord River in Finnmark in June of 2025 for in-river testing. Several hardware changes to the prototype design were implemented prior to testing the system in the river, in response to concerns shared by members of the local fishing association familiar with the river system and experienced with sorting and removing pink salmon from the river in 2023. The primary concern was related to the stacked plates on the entry gate to the sorting platform. Local collaborators worried that during the peak of the pink salmon migration, fish would frequently attempt to find passage through the closed gates, lodging themselves in the structure, obstructing moving parts and rendering the sorting platform dysfunctional.

Due to high water levels in early summer 2025, installation of the resistance board weir was delayed until after the beginning of the pink salmon migration. FISHBIO and Simsonar staff used the installation delay to proactively make some minor changes to the gate configuration, covering the entry gate (where fish are more likely to gather due to being delayed) with metal screen to eliminate the possibility of pink salmon wedging themselves between the plates and subsequently obstructing the rotation. The objectives of testing the sorting system in the Repparfjordlelva during the summer of 2025 included evaluating the accuracy of the identification algorithm, fish behavior into and through the sorting structure (including passage time), testing of the mechanical function of moving parts of the structure (entry and exit gates, selection door), and overall performance of the system in reducing capture and handling of native species while guiding pink salmon to the trap box.

Methods

Technical Description of the Prototype

A summary of changes to the prototype implemented between devising prototype plans and prototype fabrication was provided at an earlier time and will not be repeated here for brevity. However, multiple additional modifications to the prototype were made to the structure prior to deployment in the river, described below.

Change from Top-Bottom Sorting to Side-to-Side Sorting

The original prototype was devised and built to be pontoon-mounted and to sort passing fish vertically, with pink salmon being routed up an incline and into a trap box, whereas native species were being routed along the river bottom to continue their migration unimpeded.

The intention of this configuration was to enable continuous operation across a range of water levels, and to prevent sensitive electrical components from becoming wet/submerged in the event of high flows. However, a vertical sorting approach requires a minimum water depth to function as intended, so that the trapping route remains sufficiently submerged for pink salmon to pass. A water depth greater than 70 cm is needed for efficient operation of the described configuration.

Once it was confirmed that the FISHBIO/Simsonar team would have to opportunity to test the prototype in the Repparfjord River, the team shared a video describing the prototype structure and its function with members of the local fishing association, who subsequently voiced concerns regarding operability at the weir location due to low water levels.

In response to those concerns, we decided to reconfigure the selection door section of the sorting platform to sort side-by-side (Figure 1), requiring minor adjustments to the program and exit camera placement, as detailed below. In this new configuration, the system was installed in the river without the ponton structure, instead resting on the river bottom, coupled to the trap box (laterally adjacent on river-right) and weir structure.

The side-by-side selection gate was fabricated of chain-link fencing material to optimize current flow through the structure. A consequence of this change, however, was that the exit camera (Simsonar LC) could no longer reliably detect fishes that had been routed to the trap box, based on the species identification (as the fish were obscured behind the fencing material). This resulted in some challenges with subsequent data analysis, as fish routed to the trap box could not be tallied automatically.

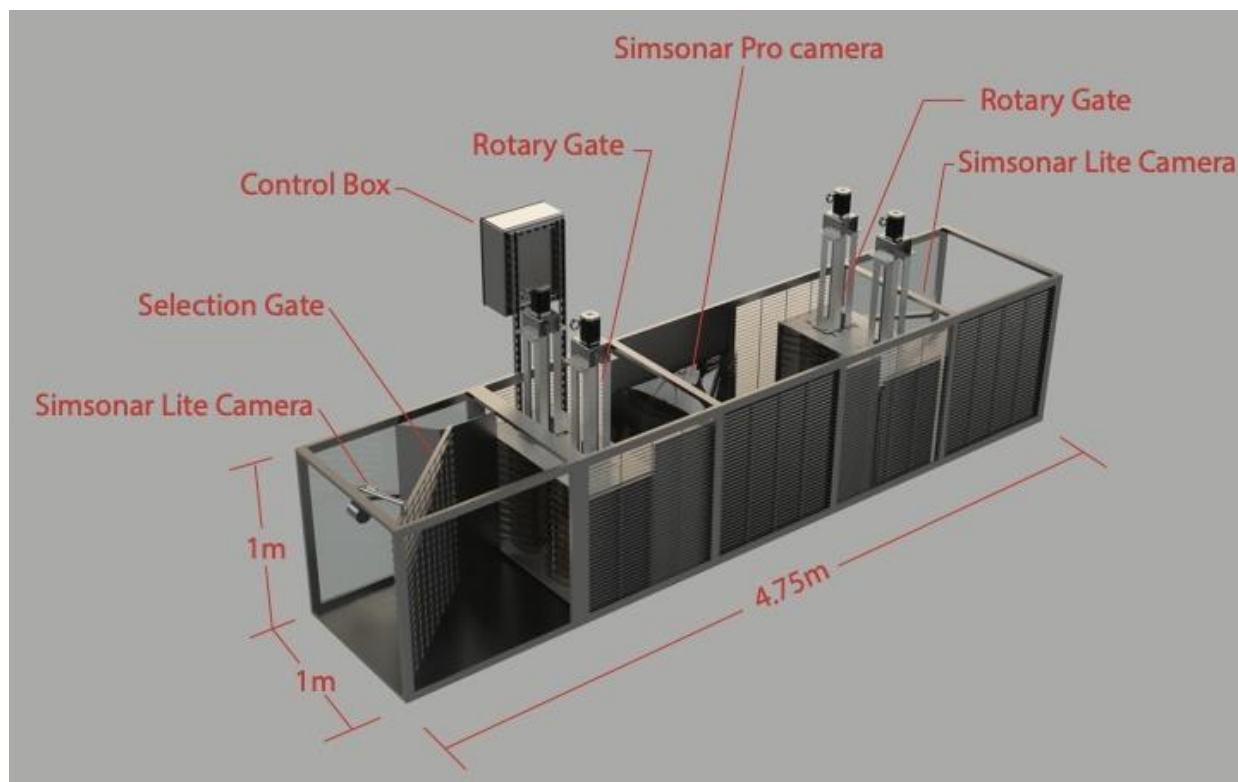


Figure 1. Schematic of sorting platform following change from top-to-bottom sorting to side-to-side sorting, indicating dimensions and components.

Entry Gate Gap Reduction

Upon arrival of the sorting platform at the testing location, members of the local fishing associates who had been heavily involved with sorting and removing pink salmon in 2023 voiced concerns that pink salmon would attempt to find passage through the closed gates of the sorting platform, wedging themselves between the gaps of the entry gates and disabling the mechanical function of the system as a consequence (Figure 2). FISHBIO's installation crew, with the assistance of local partners who made available the necessary tools and equipment, used the delay in deployment (due to high water in the river that prevented the weir from being installed) to modify the entry gates to address these concerns. In short, multiple stacked plates were removed from the gates and each side of the gate was covered with metal mesh, welded in place (Figure 3). As a consequence of this modification, we had to also block gaps between the rotating gates and the side walls of the structure; we accomplished this by cutting pieces of lumber to the appropriate size and shape.

Raising of Stepper Motors

Once on-site, local collaborators voiced concern about the possibility of the river rising above the top of the platform and damaging the stepper motors. To avoid this, FISHBIO staff proactively fabricated and installed risers and shaft extensions (Figure 1) on site. As a result, the motos were raised by about 50 cm and remained above the water level even during the testing period's highest discharge.



Figure 2. Original entry gates to the sorting platform, consisting of stacked, rotating plates.



Figure 3. Modified entry gates to the sorting platform, with some plates removed and gates covered by wire mesh.

Fish Identification Algorithm

The fish identification algorithm developed and continuously refined by Simsonar uses a two-step approach; the first, smaller one (Yolo11s) detects the presence of a fish (in general), whereas the second, larger model (Yolo11l) identifies the fish to species. The Yolo11s model was trained with roughly 30,000 images to detect any fish, whereas the Yolo11l model was trained with over 3,000 images per species (gathered from dozens of Simsonar cameras in Norway, Sweden and Finland) and is capable of identifying 12 Nordic fish species, including Atlantic salmon, brown/sea trout, Arctic char, pink salmon, rainbow trout, grayling, northern pike, whitefish, perch, bream, roach and ide).

Due to the relative scarcity of images of silvery pink salmon (shortly after entering freshwater), both models were re-trained soon after installation of the sorter, using images collected in the initial days of operation in the Repparfjordelva (detailed in the next section). The re-training was required to account for the latest hardware changes (Entry Gate gap reduction, Yolo11s), and intended to improve correct identification of char, trout and pink salmon (shortly after entering freshwater; Yolo11l).

When an identification model works well, as has been the case with the Simsonar model, heat maps do not provide much additional information. Yolo11 does not support grad-cam (Gradient-weighted Class Activation Mapping) type heat maps directly. Simsonar has developed internal tools to produce similar heatmaps, but those turned out to be useful only in certain special cases.

The model is already using virtually all relevant features (profile, tail, fins, mouth, spots, etc.); heat maps are sometimes used to evaluate distinct issues, but this was not considered necessary or relevant in our case. Corrections made to the training data are implemented based on differences between ground truthing and interaction, criteria to stop training are training vs. validation losses and mAP50.

Implementation

The sorting platform prototype was tested in the Repparfjord River during the summer of 2025, across a range of discharge conditions (Figure 4), from July 7th (18:00), following the installation of the resistance board weir, until removal on September 4th (10:04) by the local fishing association.

FISHBIO and/or Simsonar personnel were on site for the majority of the operating period, with exception of July 13 - 31, and after August 14, 2025, when the system was left in the care of the local fishing association. When on site, we performed various updates and repairs (as detailed in Figure 4), routine maintenance (e.g. camera lens and weir cleaning, snorkeling downstream of the weir to evaluate delays/stacking of fish), monitoring of system function and power consumption, documentation of fish behavior, and assisting the fishing association with emptying of the trap box.

As an unknown number of pink salmon had already entered the river before the weir could be installed, the local fishing association requested that, in the event of multiple fish belonging to different species (mixed groups) passing simultaneously, all should be released to the river to minimize handling of native fishes. Later, on August 7, this was changed at the request of the customer, to route mixed groups to the trap if at least one pink salmon was in the group (intended to simplify comparisons among different prototypes being tested).

Several notable incidents resulted in short periods of non-operation, including just before midnight on July 20, when the sorting was stopped due to too many fish in the tunnel, and all were allowed to pass for a period of 7 hours, when the system reverted back to normal operation. The potential for this issue to reoccur was remedied by a software update to add additional computing power by deploying the Nvidia CUDA GPU. In addition, the power had to be shut off due to a gate repair, the system lost power when heavy rains resulted in a power outage (the connection of the power cable became wet between the nearby power source at the rest stop and the riverside trailer), and during that time the gates were open and fish were able to pass into the trap box without being identified and pre-sorted (sorting occurred manually when the trap box was emptied). Lastly, the power was shut off intentionally for about 25 hours due to high water near the end of the testing period (to protect electronics in the event of submersion; Figure 4).

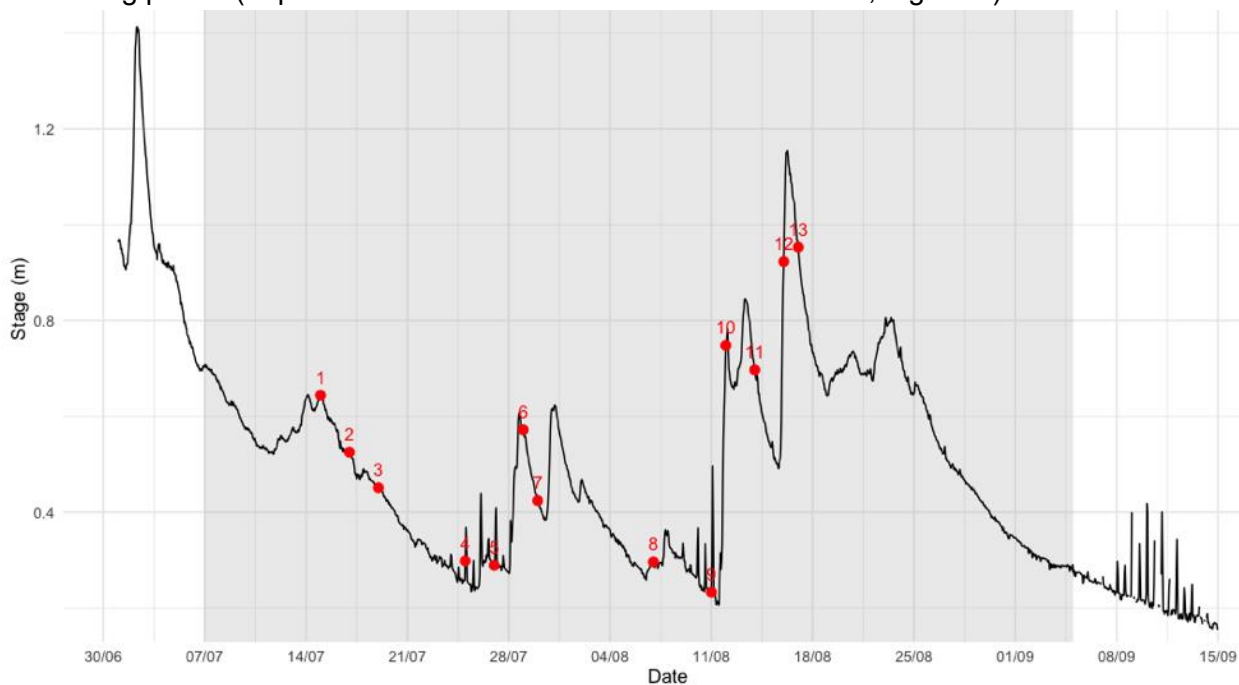


Figure 4. Water level in the Repparfjord River during summer of 2025. The testing period is indicated in grey, and notable events are indicated by red, numbered circles. (1) - (4) Software updates; (5) July 27, begin gate repair; (6) July 29, finish gate repair; (7) July 30, software update; (8) August 7, default sorting changed to trap mixed groups; (9) August 11, power outage (brief) due to heavy rain; (10) August 12, program change (entry gate to remain open until a fish enters); (11) August 14, Exit Gate B was changed to a static position due to motor malfunction; (12) August 16, power disconnected (intentionally) due to high water; (13) power back on.

Results

Identification Accuracy and In-Season Updates

As expected, the accuracy for species identification varied slightly depending on species, environmental condition, fish behavior, and updates to the identification algorithm. Overall, however, the identification accuracy is well over 95% for adult Atlantic salmon, pink salmon, sea trout and arctic char (the model is *not* trained with smolt and parr images). In training, the mAP(50) exceeds 98%. In field applications, turbid water and multiple fish obscuring each other may reduce identification accuracy. These results are based on review of identification accuracy in the Repparfjordelva and other rivers, as well as training performance metrics.

Three significant modifications to n software-driven operations were made over the course of the testing season. Initially, the fish detection model was confused by the newly added metal mesh covering the entry gate plates (to reduce spacing and prevent wedging); the mesh had not been in place during dry testing. This problem was solved by re-training the software with imagery collected from the sorter (by July 15).

The second noteworthy modification was the integration of additional computing power by deploying the Nvidia CUDA GPU (July 30). This was done to address overloading the computer when running the larger species identification model at times when several fish were simultaneously in the identification chamber and moving back and forth (Figure 5).

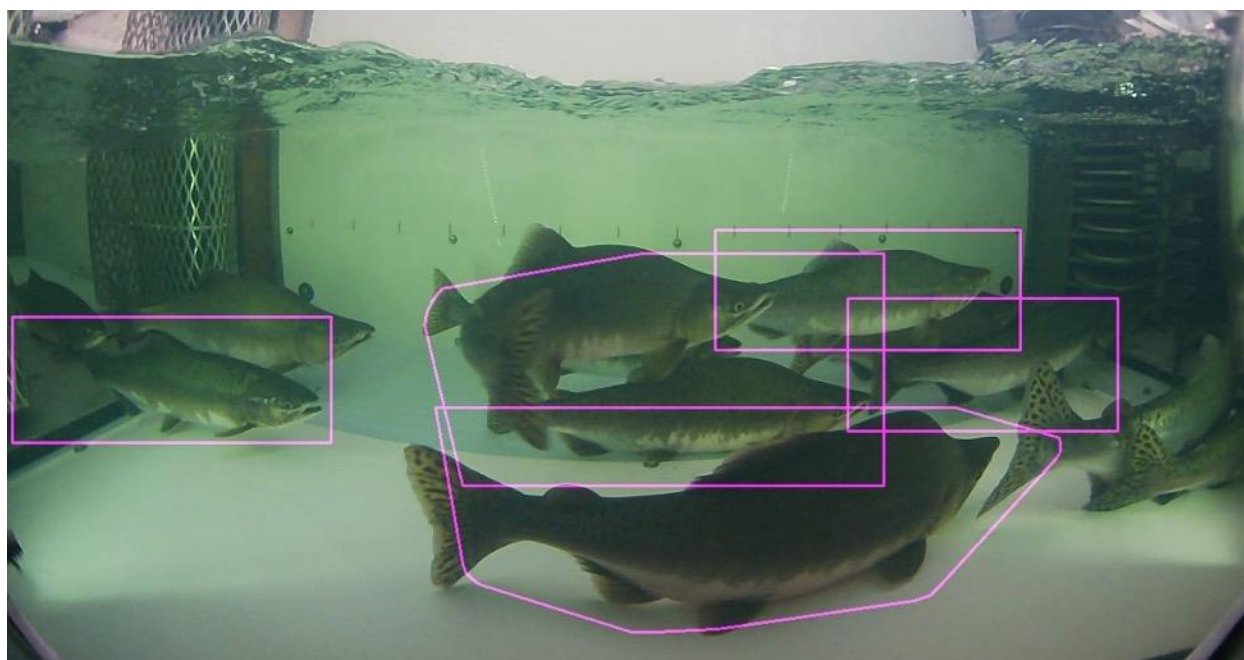


Figure 5. Example of multiple pink salmon in the identification chamber simultaneously, which required upgrading processing power mid-season.

The third major in-season software modification was related to the handling of multi-species groups. During the initial weeks of testing, the software was programmed to route multi-species groups to the river if at least one native species was detected in the group. This was later (August 7) changed to route the group to the trap box if at least one pink salmon was detected among the fish.

Hardware related changes/adjustments made during the testing phase included minor modifications to the fyke leading from the sorting structure to the trap box, placement of current deflectors to optimize flow through the structure, and adjustments to the platform entry gaps (to more effectively singulate fish).

Sorting Efficiency

Overall sorting efficiency was difficult to quantify due to several changes (described above) during the testing period, for a number of reasons. Due to the connection tunnel between the larger trap box and the smaller one (intended to further simplify removal of trapped fish; see cover image), not all fish were removed during any given maintenance visit (as some fish remained in the connector). Also, due to the change to side-by-side sorting, fish routed to the trap could not be detected and counted by our software. Lingering fish and variability in reporting periods (time periods between trap emptying differed between days) further complicated overall quantification of efficiency.

To provide an indication of sorting efficiency of the platform, we have summarized performance over the several days following the software change to trap all fish if a mixed species group included pink salmon. Over a consecutive three-day period following this change, of the 515 passages of pink salmon, 502 were trapped, and 13 erroneously released. Over the same time period, only 35 Atlantic salmon passed through the platform, 33 of which were released into the river, and two were trapped (due to mixed groups). This corresponds to a ***trapping efficiency of greater than 97% for invasive pink salmon, while reducing handling of native species by 94%***. We acknowledge that this example was rather late in the season, when daily passage of Atlantic salmon was relatively low compared to earlier in the summer. However, we believe this provides an accurate representation of the system's effectiveness, following performance-improving modifications implemented during the testing period, but before operational irregularities (Figure 4; power outage, high water, limited access to the trap box by workers and infrequent emptying).

Transit Time

In general, it is difficult to provide an unbiased estimate of passage time, as the system functions as a pipeline sequence, with three distinct steps: entry, identification, and exit. As a consequence, the final throughput is dictated by the slowest fish/slowest section, which may vary considerably from individual to individual.

During testing and simulations, we have established that fish that are behaving optimally (no lingering) could pass through the platform in as little as six seconds, which should be considered a theoretical optimum for individual fish.

To quantify transit time of fish through the sorting platform based on actual field testing, we have randomly selected 120 passages between August 11 and August 23 (63 pink salmon, 54 Atlantic salmon, and 3 sea trout). Transit time was then estimated based on the number of frames the fish was detected in while in the identification chamber.

We have excluded the time a fish was detected at the entry gate from this calculation, as this metric would provide misleading results (fish were frequently kept there by closed entry gates, as the program was waiting for fish to exit the identification chamber before letting additional fish enter). As the variation in passage timing greatly depended upon individual fish behavior, we report a median passage time, rather than a mean (e.g. some fish moved through in as little as 7 seconds; on the other end of the spectrum, on August 20 a male pink salmon stayed in the tunnel for about 6 hours while dozens of other fish passed through).

The median time in the identification chamber, for all species combined, was 14 seconds, and ranged from 7 seconds to 587 seconds (Figure 6). For pink salmon, the median was 11 seconds, for Atlantic salmon and sea trout it was 18 seconds. The difference in passage time is attributable to multiple reasons, including the often already correctly positioned selection door (when sequential pink salmon were passing upstream, there was no additional delay for changing the routing), pink salmon more frequently moving through multiple individuals at a time, and perhaps due to the generally more aggressive migratory behavior of the species.

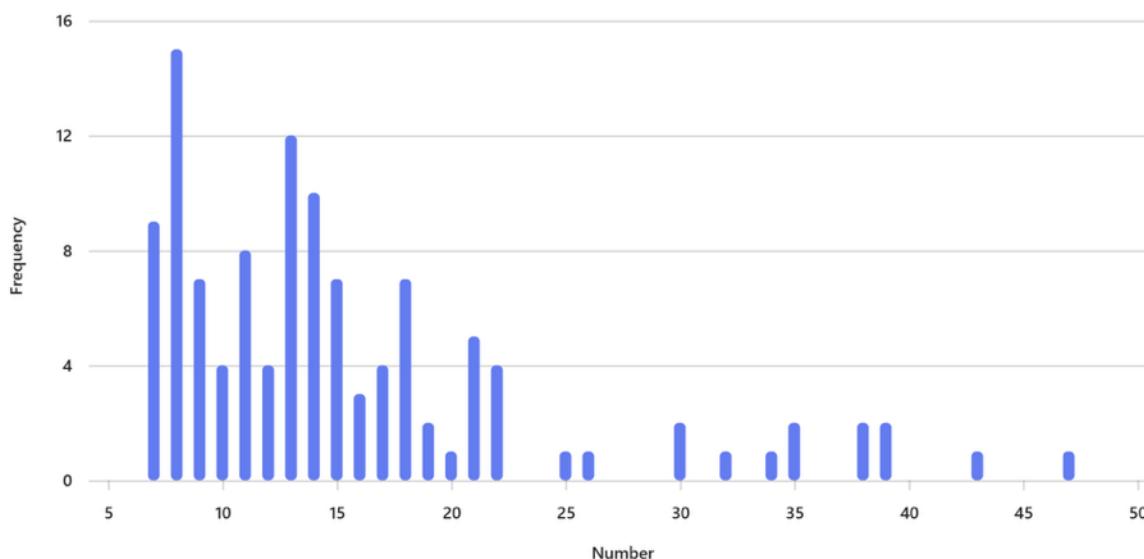


Figure 6. Distribution of transit time (in seconds) of all species through the identification chamber (showing 117 of 120 passages).

For reference, the median duration for fish visible by the exit camera was three seconds. It should be noted, however, that we could not quantify the time it took for fish to enter the trap box, as the

fish were obscured by the selection door if routed to the trap, thus not automatically detected/recognized as a fish by the exit camera. Also, it is irrelevant for the control logic if there are fish in the selection sector, as the selection door is moved to the correct position and the fish from the identification chamber can move forward without waiting for the selection section to be empty.

System and Weir Maintenance

Routine maintenance of the structure was necessary to maintain functionality. We manually cleaned camera lenses and frequently removed small debris and a large number of dead or dying pink salmon from the weir. These fish had passed upstream of the project site prior to weir installation, and got wedged in weir panels as they drifted downstream with the current later in the season, facing upstream, their caudal fin eventually getting trapped between weir pickets, reducing swimming ability of the fish and ultimately resulting in the fish stuck between pickets and perishing (Figure 7).



Figure 7. Removal of impinged pink salmon from the weir was frequently necessary later in the migration season.

Discussion

Applicability to Other Rivers

We believe that the sorting platform will perform comparably well in other river systems, under varying conditions, as the software is already capable of distinguishing between species beyond those that occur in the Repparfjordelva, and the AI models are periodically retrained to accommodate varying conditions.

However, we recognize that detailed consideration must be given to the placement of the platform in the river to optimize performance. Water flow characteristics at the location and through the structure is crucial for favorable fish behavior through the structure, and minor modifications may be required to ensure functionality.

The platform can easily be integrated in resistance board weirs (spanning the width of a single weir panel and connected to adjunct panels with a custom coupler), but can be used with other structures that confine and direct upstream passage of migrating fishes.

Sources of Error, System Efficiency & Animal Welfare

We believe that it is impossible to achieve 100% efficiency in pink salmon removal and eliminating trapping of native fishes. Mixed species groups, challenging environmental conditions, hardware malfunction, unanticipated fish behavior, and false identification cannot be completely eliminated in natural river systems.

We believe our achieved efficiency (~95% reduction in pink salmon passage and native species handling) during optimized operation (following the latest software update) was satisfactory. Direct evaluation of periods between adjustments during the season (as described above) is not possible or meaningful, as each period was subject to different conditions.

Future updates to the programming are desirable and expected to further improve efficiency, both during continuous off-season development and during future operation, as warranted. For example, in the event of large numbers of pinks migrating within a short period of time, the system can be set to forego active sorting, and instead route all fishes to the trap, with thresholds to be defined in coordination with the user/fisheries manager. For instance, if 100 pink salmon were sorted consecutively, the gates would open and remain open, until native species are detected again. Such a function would further optimize the stream of migrating pink salmon into the trap box during peak migration periods.

Predicting the number of fish the platform can process is difficult, as individual fish behavior is highly variable. In brief, we maintain our initial assumptions about system capacity. We had expected that based on a typical swimming speed of about 2 body lengths per second during migration and a fish size of 40-50 cm, it would take a migrating pink salmon approximately 10

seconds to navigate through the structure without delays. Conservatively assuming delays for entry gate opening and fish entry (5 seconds), fish identification and routing (5 seconds), exit gate opening and fish exit (5 seconds), and buffering for additional behavior delays (approximately 10 seconds), the system could record, identify and sort approximately 100 fish per hour (i.e. 35 seconds per fish).

Our sample of passages indicates that, with an observed median passage time of 14 seconds through the identification chamber, plus a conservative 20 second buffer (i.e. 34 seconds per fish), a capacity of over 2000 fish per day is a very conservative expectation that will likely be exceeded, perhaps doubled, especially once the optional feature of guiding dense groups of pinks directly to the trap without individual sorting is implemented.

We observed two system-related mortalities (pink salmon) during the testing period. Experimentation with faster opening and closing speed of the entry gate caused two fish to become pinched. A reversal to slower rotation eliminated this issue. We did not observe any additional injuries or mortalities thereafter.

Opportunities for improvement

We believe the prototype testing opportunity was very valuable. Clearly, an earlier installation would have been desirable to capture a larger proportion of the pink salmon run, but the installation date is often dictated by environmental conditions beyond human influence. Regardless, testing provided valuable insights and experience regarding installation, operation, and performance under realistic conditions. This has allowed us to identify additional opportunities for improvement, and fabrication of future sorting platforms is expected to include several further changes to optimize performance.

We believe we have a functioning solution that can be readily deployed. However, we have pinpointed several aspects of platform operation that could be improved further, pertaining specifically to the positioning of the trap box to optimize attraction flow towards the trap to further minimize lingering.

The platform will maintain the overall design of the structure, but it will be fabricated in modular pieces that can be joined together on site, simplifying transport, particularly to riverside locations. It will also include the ability to directly monitor fish exiting the platform, for either route (instead of only released fish).

Occasionally, pink salmon lingering in the selection area when the door was in the “trap” position were able to slip around the door (rather than being forced into the trap box) as it was changing position to “release”, because a native fish had been recognized in the identification chamber. A slight reconfiguration of the selection door will minimize the gap between exit gate and moving selection door, thus eliminating this source of error.

Also, the opportunity to operate the platform with the entry gates as initially designed would permit valuable insights. During the testing phase, we never observed pink salmon attempting to forcibly exit the identification chamber, even though the exit gates had not been modified and retained their original spacing. We expect that current characteristics through the structure may be improved by using entry gates as originally designed.

Finally, we intend to develop capabilities to identify Atlantic salmon of aquaculture-origin, thus enabling exclusion of escaped farmed fish from natural spawning grounds.

Conclusion

In our assessment, our sorting platform is effective in excluding and removing pink salmon from Norwegian Rivers, while minimizing effort and reducing handling of native species. We believe we have a functioning solution that can be readily deployed, acknowledging that some error (some native bycatch, or some escapement of pink salmon into the river) is probably unavoidable.

However, we don't claim to have a "final" product, and we have identified several aspects of the platform's operation that could be improved further, pertaining specifically to the positioning of the trap box to optimize attraction flow towards the trap to minimize lingering. Field testing has provided us with insights on how to further improve operation, as well as on including features that may be of additional interest (e.g. detection of injuries and deformation). As a consequence, we expect to continuously refine the product through ongoing development and optimization.

Lastly, it should be mentioned that deployment of a sorting structure as developed and tested for this competition provides the added bonus of collecting information on many additional population characteristics, including migration timing, size composition, species composition, and abundance.

We have not yet identified an exclusive business model for the deployment of this system, but can envision purchase and leasing agreements, depending on the circumstance.

Acknowledgements

We wish to express our profound gratitude to members of the local fishing association, particularly Viggo Aslaksen and Yngve Nilsen, who assisted tirelessly with help and equipment in the field, hosted us graciously, and were in no small part responsible for a successful testing period.

Appendix 1. Solution Requirements and Prototype Performance

Requirements identified for the proposed solution per the competition, and how our prototype addresses each requirement, are summarized below.

B1. The solution must identify pink salmon among the fish species that are native to the river.

The system was able to correctly identify native salmonid species and invasive pink salmon, with an accuracy exceeding 95%, and expected to further increase to nearly 100% following ongoing refinement of the identification algorithm.

B2. The solution must sort and escort the identified pink salmon away from the other fish and release the fish species that are native to the river as undisturbed as possible further up the river. The sorting function must take animal welfare into consideration and minimize the risk of unnecessary suffering for all species.

The system routed pink salmon and native salmonids along different pathways according to their identification. Native fishes were able to exit the sorting structure unimpeded, generally within seconds of entering, and could continue their upstream migration. Pink salmon were routed into an in-river holding compartment. The risk of harm to all passing fish was minimized by adjusting the speed of gate rotation/closure to eliminate pinching; this was observed only twice, with pink salmon, during the testing season.

B3. The solution should facilitate simple removal, euthanizing and transport of sorted pink salmon. Same requirements for animal welfare as B2.

Primarily, removal of pink salmon was facilitated by nearly eliminating the need to manually sort trapped fish (under most circumstances).

B4. The solution should be simple to use. Day-to-day supervision during the operational phase should not require specialist expertise. The equipment must be able to be used following basic training.

The system was left for length periods in the care of the local fishing association, despite only being a testing prototype. Performance and function was monitored remotely.

B5. The solutions must be temporary installations that can be dismantled when they are not required, for example, in winter or in even-numbered years when there are few pink salmon.

Field testing showed that the sorting structure can be readily integrated with existing weirs, and deployed during initial weir installation. Use of a tractor (or similar machinery) is highly desirable during installation and removal, but these tasks can be readily accomplished by untrained

personnel (e.g. members of the local fishing association removed and stored the sorting platform without assistance from FISHBIO or Simsonar).

B6. It should be possible to transport the solution to riverside locations that are not connected by road.

While the entire sorting platform could be assembled in the field (riverside), during field testing the structure was transported and placed in the river (not connected by road, but relatively accessible) by a tractor.

B7. The solution must be able to handle an unpredictable and increasing number of salmon passages and a wide range of individual sized fish.

We believe the capacity of the system exceeds 2000 fish per day, likely more. Multiple systems could be operated in parallel.

Although this happened during high water when the system was set to trap all fish, we know from processing and sorting trapped fish that Atlantic salmon estimated to weigh 25 kg was trapped, meaning it was able to navigate through the platform.

B8. The solution will be located in an outdoor environment fully or partially immersed in water and must be able to function under these conditions.

The system operated successfully in variable weather conditions. The first notable exception was when heavy rainfall resulted in water entering the connection between two extension cables bringing power to the site, which tripped a fuse and resulted in temporary loss of power to the system. The platform itself did not experience a malfunction. Power to the system was also cut, deliberately, when rising water levels approached the electrical control box. Power was restored as the water level began to recede, and the system resumed normal function.

We did not anticipate the need for submersible components, as the platform was expected to be pontoon-mounted (raising the electrical components with the water level). Future fabrication of sorting platforms will incorporate the ability to further raise the electrical control box, and replace the stepper motors with waterproof, submersible models, rather than adding shaft extensions.

B9. The solution should be protected against vandalism and theft.

Access limitations to the sorting platform are expected to minimize the likelihood of theft and vandalism. Components that may visually appear expensive are positioned underwater, thus hidden from view of casual observers. The system contains no parts or components that can be easily removed without the use of tools. Also, the site was equipped with a security camera.

B10. The solution should be sustainable in terms of its use of materials/reuse and greenhouse gas emissions.

The system does not require any consumable parts in its design (other than expected and regular wear and tear and some cable ties). All components of the system are expected to be reusable each year/season, or can be re-deployed to different rivers/watersheds as appropriate. If the system is no longer used, most of the raw materials (largely aluminum) are recyclable.

B11. The solution should be self-sufficient in electricity and be able to transmit data traffic wirelessly.

The system's average power consumption ranges from about 75-100W (not including the laptops and router) and thus suitable for operation with a modest power supply.

The system uses a 4G mobile network connection for remote access and data transfer for reporting and monitoring. Other options for remote connectivity are also possible, including Starlink.

B12. The solution should be able to provide continuous feedback on its functionality, any errors and data relating to fish that have been caught or passed by.

As demonstrated during field testing, our team (and the user) has the ability to monitor system functionality and performance remotely and in real-time. Programming adjustments and system updates can be made remotely as well if necessary. Limitations related to poor cellular network coverage are possible in remote locations.

Appendiks 3

Rapport fra selvevaluering, Huawei, Otte, Troll systems, Berlevåg
JFF og Simula Research Lab, Skallelva

Konsortiet har valgt å sladde deler av selvevalueringen. Disse deler er angitt med svart farge.

Veiledning til leverandører for utarbeidelse av sluttrapport

Formålet med sluttrapporten

Rapporten skal gi oss og andre interessenter oppdragsgivere, som for eksempel Miljødirektoratet. Et grunnlag for hvor langt leverandørene har kommet i utviklingen av automatiske sorteringsløsninger for pukkellaks.

På bakgrunn av rapportene så vil oppdragsgiver kunne gjøre en vurdering om det er grunnlag for å gjennomføre en konkurranse om kjøp av en ferdig løsning.

Rapportene vil gjøres offentlig tilgjengelig. Løsninger som var utviklet før leverandørene gikk inn i denne konkurransen må eventuelt markeres tydelig og vil bli sladdet ved offentliggjøring.

STAF og Statsforvalteren i Troms og Finnmark skal ha disposisjonsrett til informasjon om det som er utviklet (ikke fysiske enheter) under den før-kommersielle anskaffelsen.

Dokumentasjon av felttesting av prototype

Vi viser til hva sluttrapporten skal inneholde jfr avropsavtale for fase 3 – felttesting.

Sluttrapporten skal svare ut:

| Kriterier | Dokumentasjonskrav |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Leverandørens prototype <ul style="list-style-type: none">Hvor bra svarer prototypen på behov og krav i bilag 1 med eventuelle presiseringer inntatt i avropsavtalen for fase 2.Gir løsningen grunnlag for videre innovasjon/utvikling.I hvor stor utstrekning er løsningen kommersielt gjennomførbar. | <ul style="list-style-type: none">Leverandørens utviklede prototype med tegninger (CAD), annen visuell fremstilling og teknisk beskrivelse av prototypen, besvarelse av kravspesifikasjon og redegjørelse for hva som skal til for at prototypen kan utvikles til en fungerende teknologi. |

Vi ønsker å gi en utdypende veiledning for besvarelse av disse punktene slik at rapportene i størst mulig grad blir sammenlignbare. Vi foreslår at rapportene bygges opp etter IMRaD-modellen (Introduction – Method – Results – and – Discussion). Vi etterspør konkret informasjon under hver av disse overskriftene, men leverandørene kan tilføye relevant informasjon etter egen vurdering.

| | |
|---------------------------------------------|----------|
| Innledning | 2 |
| De ulike selskapenes rolle | 2 |
| Forventninger til 2025-sesongen | 2 |
| Installasjon | 3 |
| Prosessen med Skallelv | 3 |
| Metode | 3 |
| Utstyret | 3 |
| Teknisk beskrivelse. | 7 |
| Gjennomføring | 7 |
| Resultater | 8 |
| Hvorfor ble ikke feilen oppdaget tidligere? | 9 |

| | |
|----------------------------------------------|-----------|
| Kø i tunnelen | 9 |
| Stor atlantisk laks | 9 |
| Erfaringer fra siste oppdatering av systemet | 10 |
| Resultater | 10 |
| Tallgrunnlag for rapporten | 10 |
| Resultater | 13 |
| Diskusjon | 14 |
| Konklusjon | 16 |

Innledning

Huawei sammen med Simula Research Lab, Troll Systemes, Berlevåg JFF og Otte har siden 2020 jobbet med automatiske feller for å sortere ut pukkellaks fra norske lakseelver. Vi har jobbet med to elver tidligere - Storelva i Berlevåg (fra 2021) og Kongsfjordelva (fra 2023) i Kongsfjord. Disse elvene har siden da hatt automatiske feller som bruker KI for å skille mellom pukkellaks, røye og atlantisk laks. I 2021 og 2023 hadde vi til sammen en treffrate på å korrekt identifisere pukkellaks og atlantisk laks på hhv 99,99% på pukkellaks og 100% på atlantisk laks. Av ca 10 000 pukkellaks var det en pukkellaks som ble feilidentifisert som atlantisk laks.

I 2023 i Kongsfjordelva klarte vi, basert på KI-systemet, å sende 94% av all atlantisk laks direkte videre opp i elven uten berøring. Vi så heller ingen tegn til at fisken ble stresset av sorteringen og ifølge Berlevåg JFF var laksen "fiskbar" med en gang som også klart indikerer at den ikke lot seg nevneverdig påvirke av tunnelen eller sorteringen.



Bilde 1. Kongsfjordelva 2023, Bilde tatt av Yi Cheng

De ulike selskapenes rolle

Huawei og Otte har tatt initiativ til å utvikle løsningen. Huawei har hatt prosjektlederansvaret. Berlevåg JFF har bidratt med uvurdelig kompetanse og kunnskap om elver og forvaltning av fisk. Troll Systems har laget selve fella / den fysiske konstruksjonen. Simula Research Lab har utviklet KI-systemet.

Forventninger til 2025-sesongen

Ambisjonene og forventningene våre for 2025 lå naturlig nok på det samme nivået som leveransen vi har oppnådd i tidligere år. Altså i praksis 100% korrekt gjenkjenning av pukkellaks og atlantisk laks samt at over 90% av all atlantisk laks skulle svømme fritt og urørt opp i elven.

Inn mot 2025-sesongen valgte vi, på anbefaling fra Simula Research Lab, å oppgradere til et nytt KI-rammeverk (Yolo 8). Primært skulle det forbedre statistikken på front end som vi var klar over at var et svakt punkt på vår eksisterende løsning. Altså systemet som forvalterne av elvene bruker for å vite hvor mye laks/røye/ørret er i elven til enhver tid. Målet var å få et system som også vil fungere som et helhetlig forvaltningssystem. Systemet skulle også trenes bedre på å skille gress, greiner osv fra fisk.

Installasjon

En utfordring vi har sett i tidligere år med Kongsfjord og Storelva er at begge elvene ønsker å sette ut løsningen samme helg. Det gjør det utfordrende for oss som leverandør ettersom vi ikke kan være alle steder samtidig. Det vi har gjort for å løse denne problemstillingen er å lage gode rutiner på hva som må kartlegges, avtales, produseres osv slik at selve installasjonen går så raskt som mulig. I tillegg skal løsningen kunne settes ut i elven av den lokale forvalteren uten vår hjelp når den først er satt sammen. Det betyr at vi kan bruke den tiden som er nødvendig på å få løsningen til å fungere på land, og så kan den lokale forvalteren sette den ut i elven uten at vi må være on-site.

I et scenario der vi skal installere mange elver samtidig mener vi dette er løsningen på å få multi-site-deployment til å fungere.

Prosessen med Skallelv

Skallelv ligger flott plassert utenfor Vadsø og har vært aktivt forvaltet i flere år. Elven har blant annet en stor bestand av røye. Røye vet vi har vært et svakt punkt i vår løsning ettersom vi ikke har hatt så mye røye i elvene vi har jobbet med. Ei heller stor røye som Skallelv har mye av. Samtidig er det en flott måte å få bilder av røye slik at vi kan trenes systemet på dem fremover.

Som nevnt over er vår erfaring at en tett dialog og god planlegging er viktig for å få til en god utrulling. Det kan være elementer som:

- Hvor henter vi strøm?
- Hvor skal utstyret stå?
- Hvem kjøper inn hva
- Lengde på kabler, gjerder, trekkerør, osv

Vi har hatt en rekke møter med Skallelv og primært Lars-Martin Randin og Bror Bonde i forkant av årets sesong. Den 5.-6. desember var vi på befarings i Skallelv og hentet viktig informasjon for design og utrulling av fella. Vi hadde også flere samarbeidsmøter underveis for å planlegge detaljene.

Vi hadde en test og demonstrasjon av utstyret i Bodø den 14.-15. januar der også Kompetansdegrupper for pukkellaks var til stede.

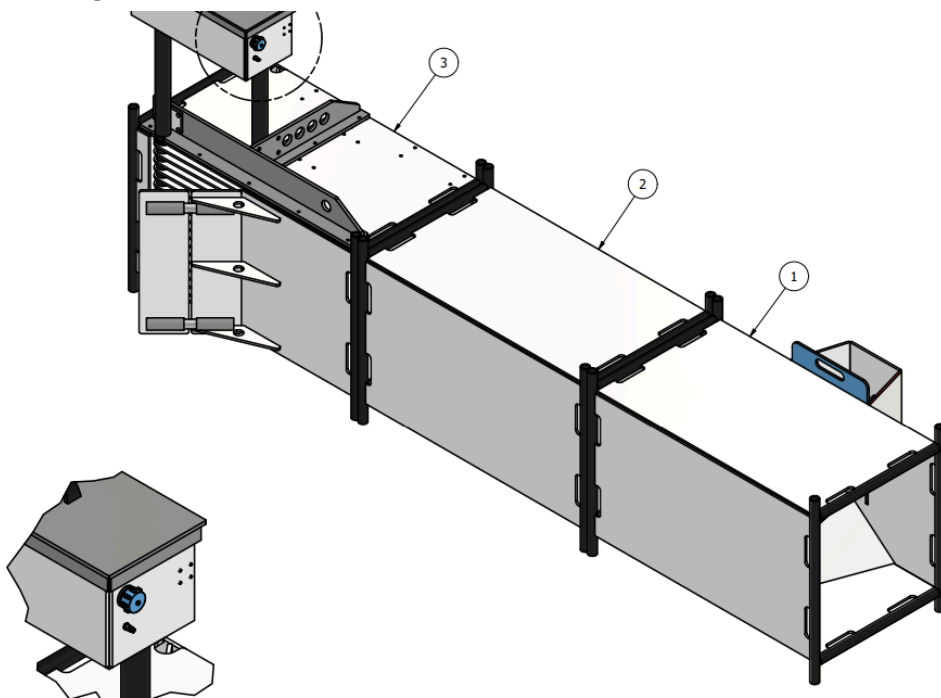
Metode

Utstyret

Vår løsning har to hovedelementer: En fysisk konstruksjon (felle og gjerder) og en logisk del (IT-systemet med KI).

Den fysiske konstruksjonen - altså selve fellen - er modulbasert. Modulene er (se bilde 2 under for illustrasjon):

1. Inngangsparti med kamera og mellomseksjon
2. Mellomseksjon
3. Sorteringsmekanisme



Bilde 2: Skisse på løsningen. Vannretning fra venstre mot høyre. Gjerder kan variere fra elv til elv

Ettersom elver er ulike må den fysiske delen ofte tilpasses noe selv om grunnstrukturen vil basere seg på modulene over. Det avgjøres på befaring før systemet settes i bestilling.

Den andre delen av løsningen vår er IT-systemet som kjører KI-logikken som gjenkjenner fisk og styrer sorteringsmekanismen (modul B). Denne delen er lik for alle installasjoner. Den kjører på en standard PC-arkitektur (AMD64/x86-64). Sett bort fra den egenutviklede KI-løsningen er alle komponenter i IT-systemet hyllevare og som er rimelige i innkjøp og som enkelt kan erstattes.

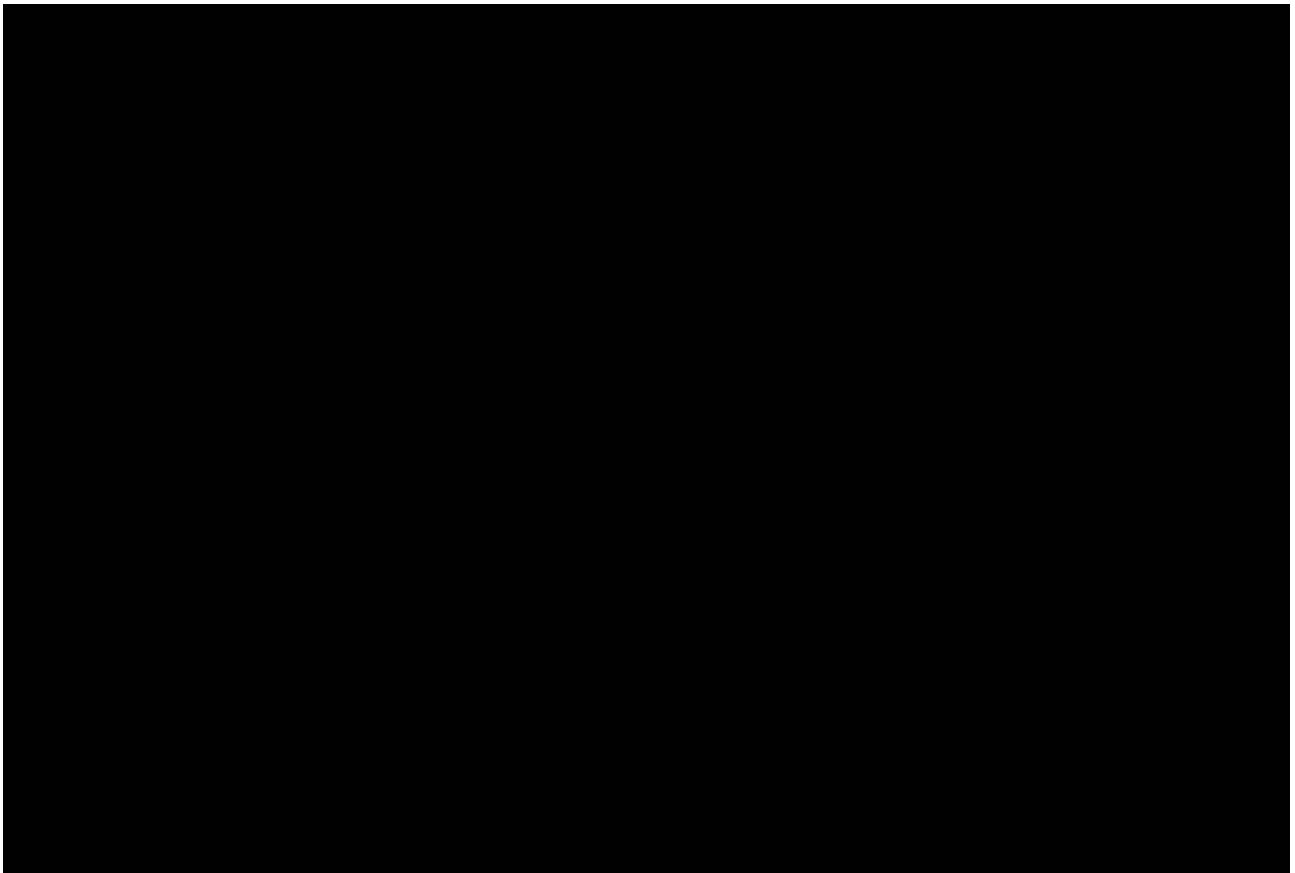
For å få fisken til å gå gjennom systemet bruker vi ledegjerder som sperrer av elven på tvers. Hva slags gjerder man bruker er litt avhengig av elven og må tilpasses. Høyde på inngangsmodule A tilpasses også til antatt vannstand i de ulike elvene.

I inngangen av tunnelen (modul A) står det et undervannskamera. Kameraet filmer all fisk og sender videoen i sanntid til IT-systemet på land. KI-systemet identifiserer fisken på ca 8 millisekund og bestemmer om det er en ønsket art eller ikke. Kameraet kan også heves og senkes avhengig av vannstanden i elven.

KI-systemet baserer seg på en database. Alle nye installasjoner av løsningen vil basere seg på den til enhver tid siste versjon av databasen. Derfor vil det ikke kreves opplæring av et nytt system i en ny elv. Det vil bare virke som "plug & play". Databaseversjoner kan distribueres via skyen eller lastes opp manuelt via USB eller ekstern harddisk.

Den neste delen av løsningen er sorteringsmekanismen (Modul B i mørk grå over). Dersom det er en ønsket art som går inn, vil en port åpnes innover i tunnelen. Åpningen leder videre rett opp i elven og fisken kan da svømme fritt opp i elven uten videre hindringer. Mens porten er åpen sperrer den veien inn til fangstkammeret (modul C) slik at fisken må svømme ut og opp i elven. Etter at fisken har passert lukkes døren.

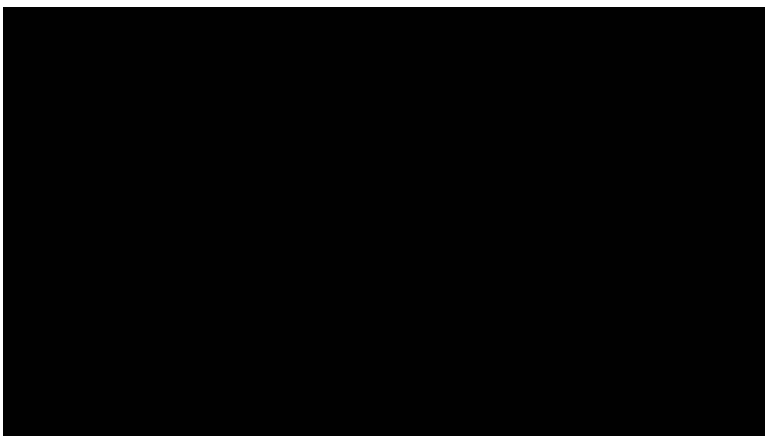
Dersom det kommer en ønsket art og så like etterpå kommer det en uønsket art, vil porten stenges igjen. Dersom det er en uønsket art i tunnelen og det kommer en ønsket art vil porten ut i elven forbli lukket til den uønskede fisken har gått i fangstkammeret.



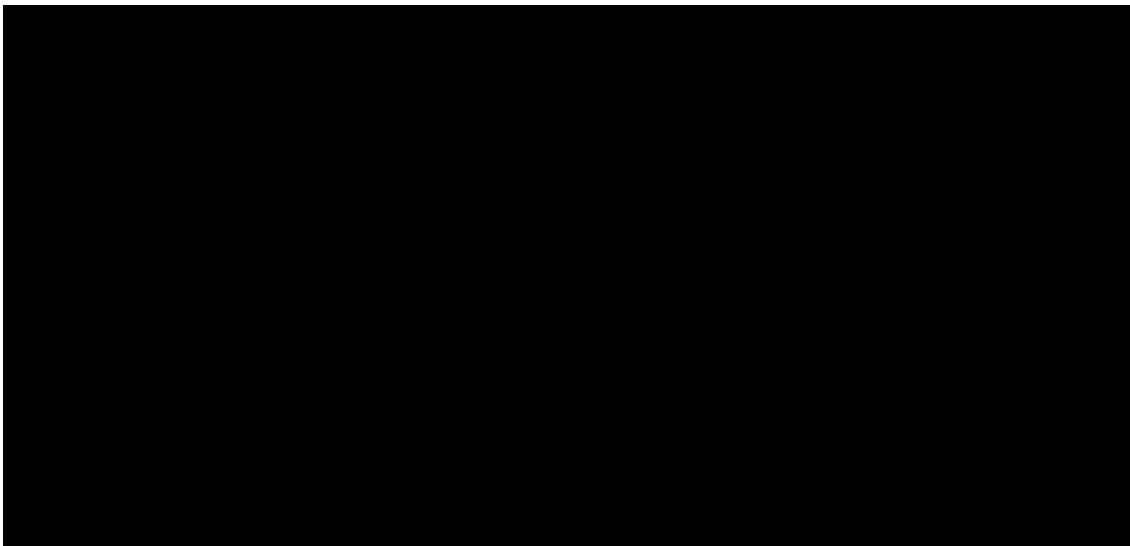
Bilde 3. Ulike perspektiver på løsningen



Bilde 4. Sorteringsmekanismen. Legg merke til at vi på venste side har mulighet til å mintere på flaps for å presse mer vann inn i løsningen. Det gjør vi for å øke vannhastigheten i løsningen.



Bilde 5. Samme bilde som over, men fra en annen vinkel. Fisken kommer inn fra høyre side og går mot venstre. Vi ser at den fritt kan svømme videre opp i elven.



Bilde 6. Sett fra nedstrøms i elven. Her synes også kameraet som er koblet til KI-systemet. Merk at bunnen ved kameraet er forhøyet under og over kameraet. Det er for å unngå at fisken kan svømme i dødvinkler for kameraet.



Bilde 7. Det benyttes hurtigkoblinger som er vanntette for å unngå feilkoblinger og gjøre installasjonen så enkel som mulig.



Bilde 8. Løsningen satt opp på land i Skallelv. Foto: Per Øivind Skard

Teknisk beskrivelse.

- Hvilken algoritme og hvilken versjon (eks. YOLO versjon 11) bruker dere for objektdeteksjon?

Vi bruker Yolo 8.

- På hvor mange bilder er algoritmen trent og hvor mange ulike individer av hver art (laks, pukkellaks, sjørøret og sjørøye) og fra hvor mange vassdrag kommer bildene algoritmen er trent på? (vi er interessert i materialet dere rent faktisk har brukt i treningen av algoritmen, ikke materialet som er tilgjengelig)

Bildene systemet er trent på er hentet fra Storelva i Berlevåg samt Kongsfjordelva i Kongsfjord. Vi har i tillegg masse bilder fra Skallelv som systemet kan trenes på.

Tallene er ca.

Atlantisk laks ca 12 500

Oter 220

Pukkellaks 4 000

Små fisk 2 500

Røye 250

No fish 1 000 (gress, grener, stolper osv)

Vi har ikke oversikt over antall individuelle fisk. Systemet er trent på flere bilder av hver fisk.

- Har algoritmen blitt trent på nytt materiale i løpet av 2025, og i så fall, hvilke arter og elver?

Nei.

Gjennomføring

- Oppgi en tidslinje for hele testperioden:
- Driftsstart: (dato og klokkeslett): 10. juli kl 09:22
- Slutt på drift: (dato og klokkeslett) 28. august
- Perioder med nedetid: (stopp og start på nytt, dato og klokkeslett)
 - o Perioder der fella sto åpen slik at all fisk kunne passere uten sortering
 - o Ingen
 - o Perioder der fella var lukket, men kun med manuell sortering av fisk
 - Kompressorbytte (stengt dør): 31. juli kl 11:30 - 15:30
 - Strømbrudd (stengt dør): 25 aug 12:27- 13:25
- Vesentlige endringer i maskinvare eller programvare: (dato og klokkeslett)
 - o System oppdateringer: 30 juli og 6 august.
- Perioder der personell fra leverandøren var til stede fysisk
 - o 5-6. desember 2024
 - o 21-24. juni
 - o 28-29. juni
 - o 4-6. august
 - o 25. august

Resultater

- Hva er treffprosenten for riktig identifisering av hver art (laks, pukkellaks, sjøørret og sjørøye) ut fra bildene? Og hva er disse tallene basert på?

Til tross for tidligere års erfaringer og testing av systemet i forkant har årets sesong ikke levert i henhold til forventningene våre. Vi har møtt flere utfordringer og feil på den nyutviklede programvaren og på maskinvaren.

Det ble tidlig klart at det var noe i løsningen for 2025 som ikke virket slik den skulle. Statistikken på front-end manglet masse bilder. Pukkellaks ble rapportert som atlantisk laks og sluppet opp i elven. Vi

opplevde at vi manglet en rekke "records" (bilder av fisk på front end), samt flere andre feil. På dette tidspunktet var vi veldig usikre på hvor feilen(e) lå. Erfaringene fra tidligere år var tross alt at alt fungerte som det skulle.

Vi hadde også to hardwarefeil som ytterligere kompliserte leveransen. Luftkompressoren som drev døren feilet og måtte byttes. Det var også en feil på KI-kamera som var vanskelig å oppdage. Produsenten av kameraene fant ikke feil til tross for flere runder med feilsøking. Den 5. august ble konklusjonen deres at det var en mindre hardwarefeil på kameraet og at det måtte byttes.

Feilene fra både software og hardware førte til at løsningen i deler av perioden ble kjørt i manuell modus og delvis i automatisk modus. Dessverre viste det seg å være utfordrende å identifisere hvor feilen lå og det tok tid å få rettet. Det ble gjennomført flere feilrettinger av systemet. Siste feilretting ble rullet ut i Skallelv den 6. august.

Feilidentifiseringer hang sammen med manglende registrering av records (bilder av fisk) i front end. Grunnen er litt teknisk. Vi analyserer en rekke bilder av hver fisk. Systemet virker på den måten at dersom vi får en gjenkjenning som sier at det med høy sannsynlighet er en pukkellaks stenger vi døren og holder den låst i en valgfri tidsperiode. Og motsatt. Dersom vi identifiserer som atlantisk laks åpnes døren. Stengt dør overstyrer åpen dør. Det er her en interessant feil har oppstått.

De første bildene av en fisk blir ofte, uavhengig av om det er atlantisk laks eller pukkellaks, identifisert som atlantisk laks. Det er bilder som bare viser snuten / hodet til fisken eller deler av hodet i det den er på vei forbi kameraet (før kroppen er synlig). Det er først når vi ser mer av fisken at KI-systemet identifiserer pukkellaks som pukkellaks. Det som skjedde var at systemet restartet seg svært ofte. Dessverre førte til at bilder / records av hele fisken ikke nådde systemet før systemet startet opp igjen.

Ved ett par tilfeller kunne effekten av denne feilen være at systemet aldri så resten av fisken og derav aldri så bildene som ville avslørt at det var en pukkellaks og derav kom aldri "lukk døren" kommandoen når det var pukkellaks som gikk forbi (og systemet samtidig restartet seg). Grunnen til det var implementeringen på tidsintervallet mellom bilder. KI-kameraet vi brukte i Skallelv var en oppgradert versjon av det vi har brukt i Kongsfjord og Storelva. Til tross for at vi hadde samme antall bilder per sekund er det potensielt et lite avvik på noen millisekunder mellom hvert bilde sammenlignet med den tidligere versjonen av kameraet. Løsningen var dessverre hardkodet til at den skulle hente og identifisere et nytt bilde hvert 0,166 sekunder (6 FPS). Det er her det var et avvik på det nye kameraet som trolig (ikke verifisert) leverer 5,99 bilder per sekund. Når systemet da skulle hente et nytt bilde var det ikke et bilde der med forventet time-stamp, og systemet tolket dette som at det var et brudd i forbindelsen, og restartet seg automatisk. I den tiden restarten skjer, mottar KI systemet ingen bilder fra elven, og ingen identifisering vil bli gjort. En restart tar ca 2 minutter, Å identifisere denne feilen tok dessverre lang tid.

Feilen ble rettet i månedsskiftet juli / august og ytterligere forbedret 6. august. Etter det gjenkjente vi fisk korrekt (99,99%). På statistikkdelen under vil vi vise at treffraten etter siste patch ble implementert. Treffraten før siste patch er langt lavere, men da grunnet feilen nevnt over som medførte at systemet ikke fikk informasjonen den trengte for å identifisere fiskene.

Grunnen til feilidentifiseringene var altså ikke relatert til faktisk feilidentifisering, men at systemet restartet seg og ikke fikk se resten av fisken. Derav så den bare hodet på fisken og antok det var en ønsket fisk.

Hvorfor ble ikke feilen oppdaget tidligere?

Selv om systemet er testet på data som systemet ikke er trent på, ble ikke feilen med front end oppdaget. I praksis er det svært utfordrende å få til en reell test av slike systemer da det vil kreve en faktisk installasjon i en elv der levende fisk svømmer gjennom løsningen. Vi tester altså med statiske bilder. Her har ikke systemet noe problem med å korrekt identifisere 100% av all pukkellaks og 100% av all atlantisk laks. Når vi også jobber med å utvikle løsninger som i praksis ikke eksisteres, blir det felttesting vi jobber med.

Kø i tunnelen

En annen interessant observasjon er at fella i Skallelv står nokså langt ned mot brakkvannssonen. Det har medført at en stor andel av pukkellaksene har vandret inn og ut av tunnelen og fangstburet. Det i kombinasjon med feilen over har medført en rekke feilåpninger av døren og derav pukkellaks som har kunnet gå opp i elven. Fra 6. august ble dette rettet og vi har funnet en enslig pukkellaks som ble feilidentifisert og slapp ut porten. Det skjedde 09.08 kl 11:18:25.

En annen effekt av den høye tettheten på pukkellaks opp og ned i tunnelen er at porten ut og opp i elven store deler av tiden har vært stengt ettersom den låses en valgfri tidsperiode etter siste passering / identifisering av pukkellaks. Atlantisk laks som passerer i perioden hvor døren holdes stengt havner da i fangstburet.

I løpet av perioden 06.08.2025-13.08.2025 kom det kun 26 atlantiske laks, røye og sjøørret. Det var sent i sesongen og mesteparten hadde gått opp allerede. Dessverre kom så å si samtlige Atlantiske laks samtidig som det stod eller kom pukkellaks i tunnelen. Derfor gikk ikke døren opp for dem.

Stor atlantisk laks

Et positivt element er at ingen større atlantisk laks har endt i fangstburet ifølge Bror Bonde i Skallelv JFF. Det gjelder gjennom hele sesongen. Det kan tenkes at større Atlantiske laks går inn i tunnelen når den er tom og ikke når det står pukkellaks der. De har alle blitt korrekt identifisert og sluppet uhindret ut og opp i elven slik de skulle.

Erfaringer fra siste oppdatering av systemet

Som nevnt har vi jobbet mye med feilretting underveis i sesongen. Sesongen er nokså kort slik at hver dag som gikk reduserte antall dager vi kunne jobbe med feilretting og få erfaringer fra når systemet faktisk fungerte.

Etter siste oppgraderingen ser vi vesentlige forbedringer på systemet. Vi må nevne effekten av pukkellaks som går opp og ned i tunnelen igjen. Derav blir tallet på pukkellaks å anse som identifiseringer og ikke som et anslag på faktiske pukkellaks. På den andre siden vil det vise at systemet nå er i stand til å identifisere pukkellaks og atlantisk laks med høy treffsikkerhet.

Tallgrunnlag for rapporten

Ettersom det har vært flere feilrettinger gjennom sesongen vil det være vanskelig å gi korrekte og meningsfulle tall for sesongen samlet sett. Vi har derfor tatt utgangspunkt i data fra 06.08-13.08. 2025 for tallene under.

I denne perioden har vi 53 475 identifiseringer av gjenstander i tunnelen. Det inkluderer alt som identifiseres og bevares av systemet. Det er et for stort materiale å gå gjennom manuelt. Mye av grunnen til det enorme datagrunnlaget er at det har vært en så å si konstant strøm av pukkellaks som har gått opp og ned i tunnelen i Skallelv. Disse blir logget hver gang de passerer kameraet opp- eller nedstrøms. Som nevnt har det komplisert og gjort det svært vanskelig for systemet å effektivt sortere slik at atlantisk laks og røye fritt har kunnet svømme opp i elven.

Måten vi har gått frem på for å finne tall er at vi har sett på periodene der porten åpnes for å slippe laks/røye opp i elven. Deretter har vi sett hva som har skjedd i selve tunnelen. Her bruker vi to ulike kameraer. Altså vi har hentet opp video fra alle ganger porten har åpnet seg og sett hva som faktisk skjedde. Totalt dreier det seg om 194 passeringer/åpninger av porten opp i elven. Ved to av anledningene var kamerafeeden fra kameraet som viser innsiden av tunnelen nede. De øvrige gangene fungerte det. Slik sett mener vi at tallene vi har er nokså representative for hvordan systemet fungerer etter siste feilretting, gitt at sorteringen er vanskelig grunnet den voldsomme mengden pukkellaks som gikk opp og ned i tunnelen.


Vi har også tatt et tilfeldig utvalg av identifiseringer av atlantisk laks der porten ikke åpnet seg og sett hvorfor systemet ikke åpnet porten når det var laks der for å verifisere at identifiseringen var korrekt.

For å illustrere problemstillingen tar vi med noen skjermbilder fra statistikkmodulen.

| | | | | | | |
|--------------------------|-----------------|-------|-------|---------------------|--|--|
| <input type="checkbox"/> | Atlantic Salmon | close | 0.715 | 14:17:27 06-08-2025 | | |
| <input type="checkbox"/> | Pink Salmon | close | 0.904 | 14:17:27 06-08-2025 | | |
| <input type="checkbox"/> | Atlantic Salmon | - | 0.859 | 14:17:28 06-08-2025 | | |
| <input type="checkbox"/> | Atlantic Salmon | - | 0.501 | 14:17:28 06-08-2025 | | |
| <input type="checkbox"/> | Atlantic Salmon | - | 0.898 | 14:17:29 06-08-2025 | | |
| <input type="checkbox"/> | Atlantic Salmon | - | 0.737 | 14:17:49 06-08-2025 | | |

Her ser vi flere identifiseringer av atlantisk laks, men så kommer det en pukkellaks rett før og porten holdes stengt grunnet faren for at pukkellaksen står i tunnelen og derav kan slippe opp i elven. Som vi ser på tidspunktet for passering kom pukkellaksen kl 14:17:27 den 8. august.

| Label description | Cage event | Score | Datetime |
|-------------------|------------|-------|---------------------|
| No Fish | - | 0.621 | 14:17:35 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.632 | 14:17:33 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.282 | 14:17:31 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.342 | 14:17:29 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.407 | 14:17:29 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.448 | 14:17:28 06-08-2025 |
| No Fish | - | 0.362 | 14:17:28 06-08-2025 |
| Pink Salmon | close | 0.904 | 14:17:27 06-08-2025 |



(tidspunktet på bildet over avviker grunnet en klokkesynkfeil mellom to systemer)

Kl 14:17:29 - to sekunder senere kommer det en atlantisk laks. Den blir korrekt identifisert, men grunnet pukkellaksen holdes porten stengt.

Albatross fish count report

||| COLUMNS
≡ FILTERS
↓ EXPORT

| Label description | Cage event | Score | Datetime ↓ |
|-------------------|------------|-------|---------------------|
| Atlantic Salmon | - | 0.837 | 14:17:29 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.762 | 14:17:29 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.898 | 14:17:29 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.799 | 14:17:28 06-08-2025 |
| Pink Salmon | - | 0.340 | 14:17:28 06-08-2025 |
| Pink Salmon | close | 0.540 | 14:17:25 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.534 | 14:17:25 06-08-2025 |

En annen problemstilling, men relatert til problemet over, er at flere av de atlantiske laksene har gått inn i tunnelen sammen med pukkellaks.

Albatross fish count report

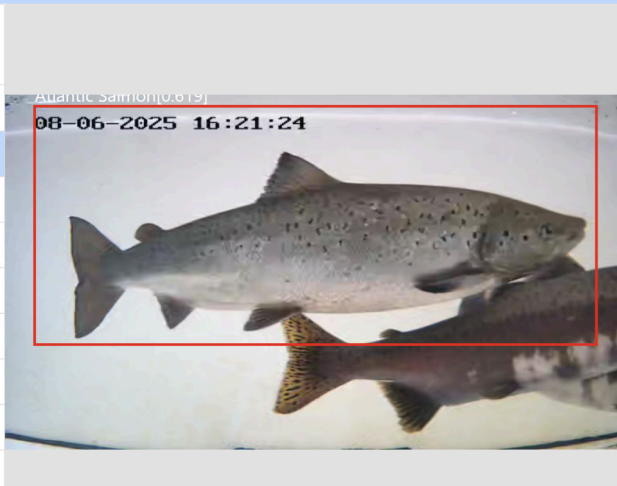
||| COLUMNS
≡ FILTERS
↓ EXPORT

| Label description | Cage event | Score | Datetime ↓ |
|-------------------|------------|-------|---------------------|
| Pink Salmon | close | 0.760 | 16:23:15 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | close | 0.619 | 16:23:15 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | close | 0.890 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.942 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.932 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.920 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.917 | 16:23:13 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.839 | 16:23:13 06-08-2025 |

Albatross fish count report

COLUMNS FILTERS EXPORT

| Label description | Cage event | Score | Datetime ↓ |
|-------------------|------------|-------|---------------------|
| Pink Salmon | close | 0.760 | 16:23:15 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | close | 0.619 | 16:23:15 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | close | 0.890 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.942 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.932 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.920 | 16:23:14 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.917 | 16:23:13 06-08-2025 |
| Atlantic Salmon | - | 0.839 | 16:23:13 06-08-2025 |



Her ser vi at systemet korrekt identifiserer pukkellaks på det første bildet og så en atlantisk laks på bilde 2.

Nesten gjennomgående har det stått pukkellaks i tunnelen. Ofte rett på nedsiden av kalven inn i fangstburet. Det kan virke som om buret har vært for lite eller at pukkellaksen har vært uvillig til å gå inn med andre pukkellaks. Flere pukkellaks og atlantiske laks har også funnet veien ut av fangstburet igjen og gått ut av tunnelen, for så å gå opp igjen senere. Denne "konstante" strømmen av fisk opp og ned har ført til at vi har mange titalls tusen bilder av fisk som har passert kameraet.

Resultater

I perioden 6.8.2025-13.08.2025 har vi hatt følgende oppgang av fisk¹ markert som "Faktisk" i tabellen.

| Fiskeslag | Faktisk | KI-system | Identifisering % |
|----------------|---------|-----------|------------------|
| Atlantisk laks | 20 | 20* | 100% |
| Røye | 5 | 2** | 40% |
| Sjøørret | 1 | 0*** | 0% |
| Pukkellaks | 552 | 551 | 99,8% |

* De 20 Atlantiske laksene gikk frem og tilbake flere ganger. De fleste gangene kom de rett etter eller sammen med pukkellaks. Ved noen anledninger av de 194 gangene Atlantisk laks gikk forbi ble de også klassifisert som pukkellaks. Vi tror det har en sammenheng med hardwarefeilen på kameraet som ga uskarpe bilder.

**Vi har registrert 2 røyer som ble klassifisert som røyer. Vi antar at de siste tre ble klassifisert som Atlantisk laks, men at vi ikke fant dem grunnet den store mengden data.

*** Sjøørreten ble klassifisert som Atlantisk laks.

¹ Målt ved antall fisk som er tatt ut av fangstburet av Skallelv JFF der tallene hentet fra Miljødirektorates hjemmesider samt de som har gått ut porten.

Antall feilidentifiseringer på pukkellaks: 1

Pukkellaks som har kommet opp i elven via porten: 1

Pukkellaks som har havnet i fangstburet: 552

Totale identifiseringer av pukkellaks: 40 526 (svømmer opp og ned hele tiden)

Atlantisk laks som har havnet i fangstburet: 19

Atlantisk laks som har opp i elven via porten: 1

De to fiskene vi har registrert gikk ut porten i perioden 6-13. August var den 9. august:

Atlantisk laks kl 08:17:35

Pukkellaks kl 11:18:25

Den høye andelen med atlantisk laks som har havnet i fangstburet henger sammen med tettheten av pukkellaks som svømmer frem og tilbake i tunnelen. Da holdes porten stengt og åpnes ikke for atlantisk laks. Tidligere i sesongen var det et mindre problem. Erfaringene fra Kongsfjord i 2023 var at 94% av all atlantisk laks gikk fritt opp i elven. 6% havnet i fangsburet og måtte manuelt sorteres ut. Her har det vært motsatt i denne perioden.

Til tross for at den "kun" var i underkant av 600 fisk i perioden 6.-13. august som ble fanget i buret eller gikk opp elven endte vi med over 54 000 bilder av fisk i front end. Grunnen til det var, som nevnt, den konstante strømmen av pukkellaks frem og tilbake i tunnelen.

En annen interessant observasjon er at fella i Skallelv står nokså langt ned mot brakkvannssonen. Det har medført at en stor andel av pukkellaksene har vandret inn og ut av tunnelen og til og med funnet veien ut av fangstburet. Dette kan ha en sammenheng med tidevannet. En annen effekt av den høye tettheten på pukkellaks opp og ned i tunnelen er at porten ut og opp i elven store deler av tiden har vært stengt ettersom den låses en valgfri tidsperiode etter siste passering / identifisering av pukkellaks. Atlantisk laks som passerer i perioden hvor døren holdes stengt havner da i fangstburet.

I et scenario der pukkellaksen tømmes fra fangstburet oftere eller man ikke har den samme vandringen frem og tilbake, vil systemet slippe langt flere atlantiske laks og røyer fritt opp i elven.

- Hva er disse tallene basert på?

Tallene er basert på manuell verifikasjon av data i perioden 6-13. August. Vi har kun sett på data der systemet har trigget "Gate open".

- Er det gjort endringer underveis?

6. august er den sentrale datoen der vi fikk rettet den kritiske feilen nevnt over.

- Har dere undersøkt hva i bildene AI-modellen bruker til å identifisere artene (f.eks. heat maps), og i så fall, hva er resultatet?

Kun delvis. Vi ser fra serier av bilder fra samme fiske at hodet ikke er avgjørende. Pukkelen på moden hannfisk er en vesentlig indikator, samt buk med hvite flekker og hale med prikker.

- Hvor mange pukkellaks ble sluppet opp i elva over fella gjennom hele sesongen i perioden AI ble brukt til å sortere ut pukkellaks?

Vi har ikke data fra hele sesongen. Fra 6. - 13. august har vi kun sett at 1 pukkellaks har sluppet ut porten.

- Hvor mange pukkellaks ble i samme periode fanget i fangstburet?

551

- Hvor mange laks, sjøørret og sjørøye ble fanget i fangstburet i stedet for å bli sluppet direkte ut i elva over fella gjennom hele sesongen i perioden AI ble brukt til å sortere ut pukkellaks?

25 - se tabell over.

- Hvor mange laks, sjøørret og sjørøye ble i samme periode sluppet direkte ut i elva?

1

- Hvor lang tid brukte individer av fisk gjennom hele fangstinnretningen, det vil si hvor lang tid gikk det fra hver fisk kom inn i nederste del av fangstinnretningen til de enten var ute i elva eller fanget i fangstburet?

Dette varierer veldig. Enkelte fisk kan stå 15 minutter i tunnelen, mens andre kan svømme rett gjennom på noen få sekunder. Generelt sett kan vi si at pukkellaks går raskere gjennom enn atlantisk laks og at røyene er de mest forsiktige.

Leveranser på behovsmatrise

Ved inngangen til 2025 ble det beskrevet en behovsmatrise med krav B1-B12. Her vil vi beskrive hvordan vi opplever å ha svart på opp de ulike kravene B1-12. Vi bruker data fra 6. august til å svare ut kravene der det er relevant. Vi viser også til det vi skrev under bilag til avtale for å bli med i prosjektet. Der er løsningene utdypet.

B1: Funksjon - identifisere

Vår løsning identifiserer i dag 99% riktig. Det er rom for forbedring, men treffsikkerheten er høy. Merk at tallet er for perioden etter 6. august.

B2: Funksjon - sortere

Vår løsning kan sortere, men grunnet forhold i Skallelv med en ekstrem tetthet av pukkellaks i tunnelen var det, i praksis, ikke mulig å få til sortering - til tross for korrekt gjenkjenning av det meste av fisk.

B3: Funksjon - håndtere

Her er vår løsning som de andre leverandørenes løsningene. Altså vi har benyttet et standard fangstbur. Fangstburet var en del forkortet fra slik det var tidligere.

B4: Brukervennlighet

Systemet er meget brukervennlig og krever kun elementær opplæring - gitt at alle komponenter fungerer. Fra 6. august har vi ikke hatt feil eller flere problemer med systemet.

B5: Montering og demontering

Ettersom alle komponentene er laget i lettvekstmaterialer og modulbaserte, er de enkle å sette ut eller ta opp av elven. Den tyngste komponenten veier kun 37 kg (sorteringsmekanisme).

B6: Transport

Viser til punkt 5 om vekt. Hvert element er lett og kan bæres inn eller enkelt fraktes med ATV/Scooter osv. Hele løsningen er under 100 kg eksklusivt gjerder, kabler og IT-utstyr.

B7: Kapasitet

Vi identifiserer korrekt selv med større oppgang av både pukkellaks og atlantisk laks. Vi har tatt med ett eksempel over hvor det kommer både pukkellaks og atlantisk laks samtidig og man ser at systemet skiller mellom ulike fisk i samme bildet.

B8: Holdbarhet

Plastmaterialet vi benytter er fleksibelt og robust. Det verken råtnet, korroderer eller rustet og bør holde i 10-20 sesonger. Det er også enkelt å reparere dersom det skjer skader.

B9: Hærværk og tyveri

IT-løsningen stod i et låsbart skap. Løsningen i elven er boltet fast med masse jern. Det er ikke enkelt å begå tyveri, men man kan selvsagt kutte kabler osv. Det skal legges til at det som regel er bemanning i elvene vi har løsninger slik at vi antar det vil bli oppdaget raskt.

B10: Bærekraft

Vi bruker resirkulert PE-plast som har et CO2-utslipp på ca 5% av en konstruksjon i aluminium. Vi vil derfor hevde at vi har en løsning som på en god måte ivaretar miljøet. I tillegg er løsningen laget for å kunne gjenbrukes en rekke ganger som ytterligere reduserer utslippet.

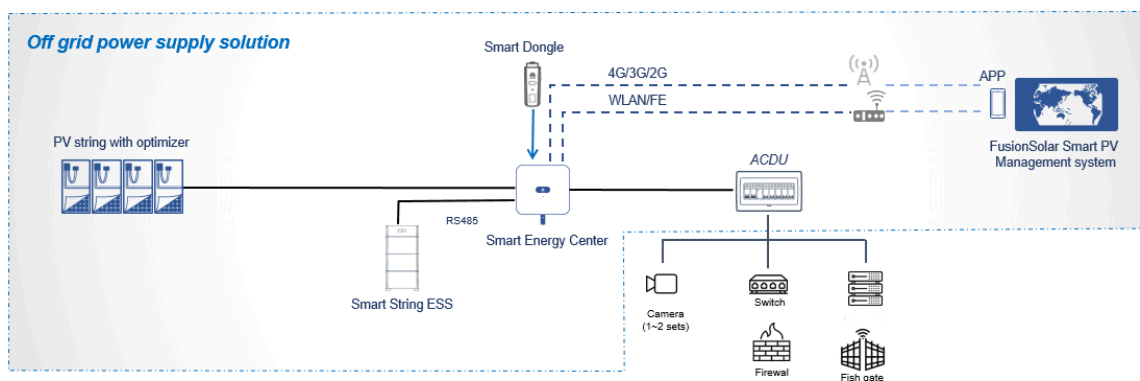
B11: Autonomi

Løsningen er laget for å fungere 100% autonomt ("off grid") via solcellepanel og batteribank. Batteriene lades via solcellepaneler og er koblet til en inverter som omformer 12V DC til 230V AC. Derfra blir det som om installasjonen var på et vanlig 230V strømmnett.

Som en ekstra sikkerhet og nødløsning anbefaler vi alltid å ha et lite strømaggregat som backup dersom noe uventet skjer. Da snakker vi om et lite håndholdt aggregat på type 1000-2000 watt. Her anbefaler vi BIO-drivstoff. I realiteten skal det ikke være et behov for å bruke aggregatet, men vi anbefaler å ha det som en nødløsning. Det samme kan egentlig sies som en vanlig installasjon som går på landstrøm. Dersom strømmettet faller ut, er det lurt å ha en backup.

Bildet over viser komponentene i en off-grid løsning med solceller som lader batteriene igjen driver datasystemet, kompressor, kameraet, fella osv.

Power Supply System Architecture



Systemet benytter mobilnettet eller fiber for kommunikasjon med omverden. Dersom det ikke er tilgjengelig mobilnett eller fiber på lokasjonen fungerer løsningen fortsatt helt fint. Den vil sortere fisk og gi sanntidsstatistikk som logges lokalt. I et slikt tilfelle vil det legges opp til en ekstra manuell vedlikeholdssjekk for å sikre at løsningen fungerer som planlagt. Merk at en SIM-basert ruter med ekstern antenne for 4G/5G vil ha dekning mange steder der vanlige mobiltelefoner ikke får dekning.

Vi kan sette opp indikatorlys som viser grønt for at alt er ok eller rødt for at det er feil som må ses på manuelt. Uansett er det slik at man da kun går glipp av ekstern overvåking og eventuelle oppdateringer må foretas manuelt via USB. Alt av prosessering for identifisering og sortering foregår lokalt på KI-systemet med eller uten internettilkobling.

Som nevnt tidligere ble løsningen vår installert i Kongsfjordelva i 2023. Der det verken er vei eller strøm. Måten vi løste det på var at vi satte opp en batteribank på 20 kWt og et solcelleanlegg som kan levere 5 kW i lading. Det var koblet på en inverter til 230V som driver løsningen.

I tillegg til å drive løsningen ble 230V-anlegget brukt av mannskapet som røktet fella til lading av mobiler med mer. Selv etter to uker med overskyet vær var batteriene aldri under 90% kapasitet. Aggregatet ble aldri brukt og er kun å anse som en siste backup / nødløsning.

Bildene er fra Kongsfjordelva i 2023. På det første bildet ser vi solcellepanelet som ble satt opp. Så er det et bilde av arkitekturen for løsningen og så laderegulator/inverter og batterier på det siste bildet.



B12: Drift- og datautveksling

Her har vi ikke nådd målene vi satt oss for i år. Det gjenstår en del arbeid her med å få statistikkdelen på plass.

Diskusjon

- Tror dere AI-modellen vil være like god i andre elver med andre forhold (for eksempel elver med annen sammensetning av arter, eller elver med oppgang av mange titusen fisk)?

Alle nye arter må trenes opp dersom de skal slippe gjennom porten. Det er primært et spørsmål om opplæring av systemet.

Antall fisk som passerer anser vi ikke som en betydelig problemstilling. Det kan også løses ved å ha flere feller / sorteringer dersom det er flere løp i elven fisken går opp. En felle kan, i teorien, håndtere tusenvis av fisk per dag.

Det som er viktig er at fangstburet er stort nok til at vi unngår å få vandring av fisk opp og ned i tunnelen.

- Hva var årsakene til at pukkellaks slapp forbi fella?

Som nevnt og beskrevet over hadde vi en feil på bildemodulen som medførte at systemet krasjet. Vi har oppdagat to feilidentifiseringer av pukkellaks etter det. Årsaken til det er ukjent, men kan ha med uklare bilder å gjøre. Det nye kameraet vi benyttet i Skallelv har en annen måte å håndtere lavt lys på. Den øker lukkertiden fremfor å åpne blenden. Det medfører lengre eksponeringstid som gjør bildene mindre klare. Dette er noe vi ble kjent med etter at sesongen var over, så vi fikk ikke testet med justeringer her.

- Hvis det ble gjort justeringer underveis som påvirket hvor mye pukkellaks som ble sluppet opp i elva over fella, hva gikk disse justeringene ut på, og hvilken effekt hadde endringene på antall og andel pukkellaks som ble sluppet opp i elva over fella?

Det er viktig å påpeke at justeringene vi gjorde underveis ikke gikk på selve gjenkjenningen. Endringene gikk på å få systemet til å unngå å krasje. Slik sett mener vi at dersom feilen hadde vært oppdaget før vi satt løsningen ut i elven så ville tallene fra 6. august vært representative for sesongen.

- Hva er var årsakene til at laks, sjøørret og sjørøye ble fanget i fangstburet? Hvis det ble gjort justeringer underveis som påvirket hvor mye laks, sjøørret og sjørøye som ble fanget i fangstburet, hva gikk disse justeringene ut på, og hvilken effekt hadde endringene på antall og andel laks, sjøørret og sjørøye som ble fanget i fangstburet?

I Skallelv står løsningen nokså langt ned mot brakkvannsonen som nevnt over. Det medførte også at en gruppe på estimert 5-700 pukkellaks holdt til i området nedenfor løsningen. Mange av disse gikk inn og ut av tunnelen. Det medførte at porten ut i elven var stengt i betydelige perioder.

Ønskede arter går i fangstburet av to årsaker:

- De kommer sammen med pukkellaks eller rett etter før timeren er resatt (tidsintervall kan justeres)
- De bruker for lang tid før de går ut av porten og porten lukker seg (tidsintervall kan justeres)
- Er det mulig å justere programmeringen for å endre på feilrate?

Vi kan gjøre en rekke justeringer på programvare på hvor lang tid porten er lukket etter siste passering av pukkellaks eller å få implementert "State of tunnel" - altså å få systemet til å overvåke tunnelen slik at når den er tom resettes dørtimeren.

Når det er sagt så er hovedårsaken til den lave sorteringsraten at det har vært en konstant vandring av pukkellaks i tunnelen.

- Ut fra hvor lang tid individer av fisk brukte gjennom hele fangstinnretningen, det vil si hvor lang tid gikk det fra hver fisk kom inn i nederste del av fangstinnretningen til de enten var ute i elva eller fanget i fangstburet dette, var dere fornøyd med effektiviteten av systemet, og vil systemet kunne fungere i elver med titusenvis av fisk i løpet av sesongen, og potensielt flere tusen fisk i løpet av en dag?

Her baserer vi svaret vårt på erfaringene fra 6. august i tillegg til erfaringene fra 2021 og 2023 i andre elver. Systemet er svært effektivt. Det identifiserer tilnærmet 100% korrekt mellom atlantisk laks og pukkellaks.

Store mengder fisk vil ikke påvirke identifiseringen. Systemet identifiserer hver enkelt fisk uavhengig av antall. Selvsagt kan en fisk gjemme seg bak en annen fisk og ikke være synlig for kameraet, men ser vi bort fra den typen problemstillinger anser vi ikke identifiseringen og klassifiseringen som et problem.

Sorteringen blir derimot mer utfordrende når det er store bestander av pukkellaks som kommer samtidig med røye, ørret eller atlantisk laks. Vi har et testprosjekt i Kongsfjord som tar sikte på å løse problemstillingen med store mengder pukkellaks slik at de ikke påvirker sorteringen vesentlig.

- Var det noen negative effekter av sorteringssystemet på dyrevelferd? Var det noen deler av sorteringssystemet som potensielt skadet fisken ved at de passerte skarpe kanter, ble klemt i luker, ble stresset atferdsmessig etc.? Hvis negative effekter, hvordan tenker dere disse kan forbedres?

Vi har i løpet av årene vi har jobbet med fiskefeller for automatisk sortering ikke oppdaget noen tilfeller av skader på fisk eller stress på fisk som ble automatisk sortert ut. Elveforvalterne i Berlevåg og Kongsfjord forteller oss at fisken ikke blir stresset av løsningen og kan fiskes rett etter passering.

- Hva ser dere som de største mulighetene for forbedring?

Vi ønsker å få trent opp systemet bedre på røye, oppdrettsfisk og få bedre statistikk. I tillegg til det er det selvsagt fortsatt rom for å forbedre robustheten og rutiner for å få testet løsningen bedre og å robustifisere den ytterligere.

- Hva ville dere ha gjort annerledes i forbindelse med uttestingen av prototypen?

Vi skulle gjerne avdekket feilen med frames per sekund tidligere slik at vi hadde løst dette før vi satte det ut i elven.

- Hvilken forretningsmodell ser dere for dere (salg, leasing etc.)?

Vi er åpen for både salg og leasing.

Konklusjon

Etter deres vurdering;

Viser testen av prototypen at dere har et ferdig utviklet produkt?

eller

Viser testen at det er behov for flere utviklingstrinn før dere kan tilby et ferdig produkt?

Produktet vårt vil fortsatt kreve utvikling som nevnt over. Det vil lette arbeidet med forvaltning vesentlig og sortere det aller meste av ønskede arter fra uønskede arter. Avhengig av elven og sammensetning av fisk så antar vi 90%+ av ønskede arter som fritt kan svømme opp i elven. Spesielt gjelder det på statistikkdelen som fortsatt ikke er ferdigutviklet.

Viser testen at den potensielle nytteverdien av deres løsning er mindre enn antatt, og at manuell sortering fungerer bedre i bekjempelsen av pukkellaks?

Manuell sortering vil aldri kunne være like bra som ved bruk av KI i vårt hode. Uansett elv vil en KI-basert felle gjøre mye av arbeidet som i eller må gjøres manuelt. Det manuelle arbeidet stresser også fisken vesentlig mer.

Alt av storlaks slapp opp i elven uten å gå via buret.

Ifølge Skallelv JFF gikk ingen store Atlantiske laks i buret. Alle ble sluppet ut gjennom porten gjennom hele sesongen. Vi tror det har en sammenheng med at de er mer forsiktige med å gå sammen med pukkellaks og at systemet derav hadde mulighet til å sortere dem ut og slippe dem opp i elven.

Vi ønsker også å takke for at vi fikk anledning til å delta i dette FoU arbeidet.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Institutt for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Instituttet påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-434-4
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/museum