

# SLUTTRAPPORT: UNDERVANNSDRONE FOR AUTOMATISK INSPEKSJON AV OPPDRETTSNOT

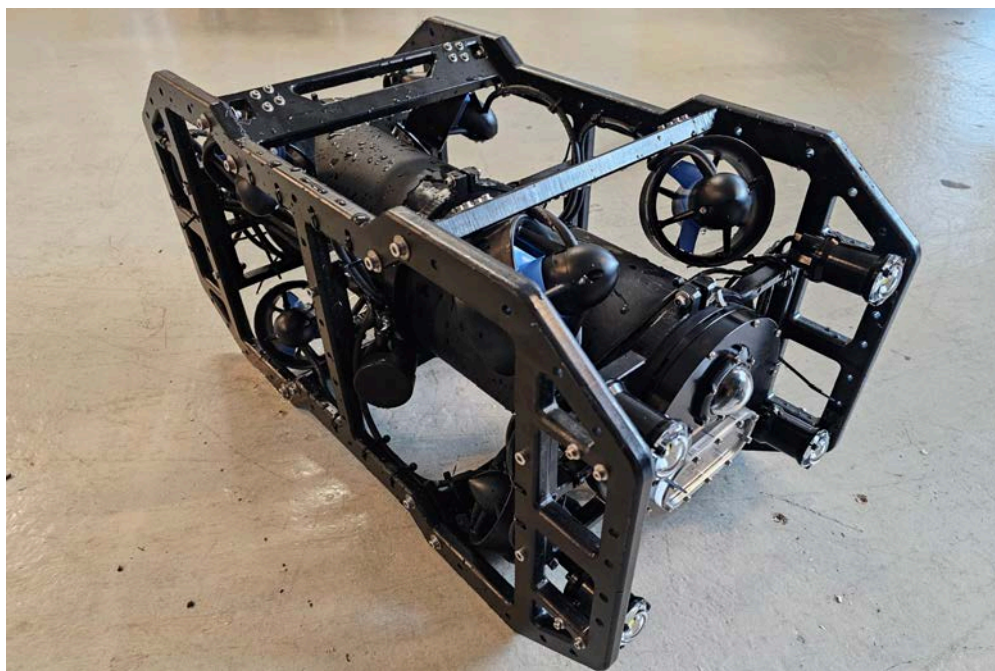
FHF-prosjektnummer 901677 - Eksportert 19.05.2025

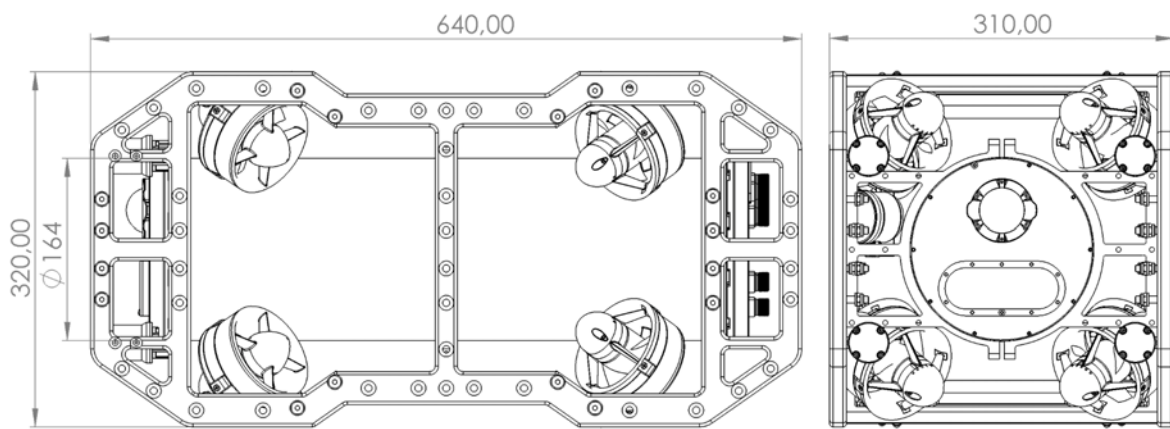
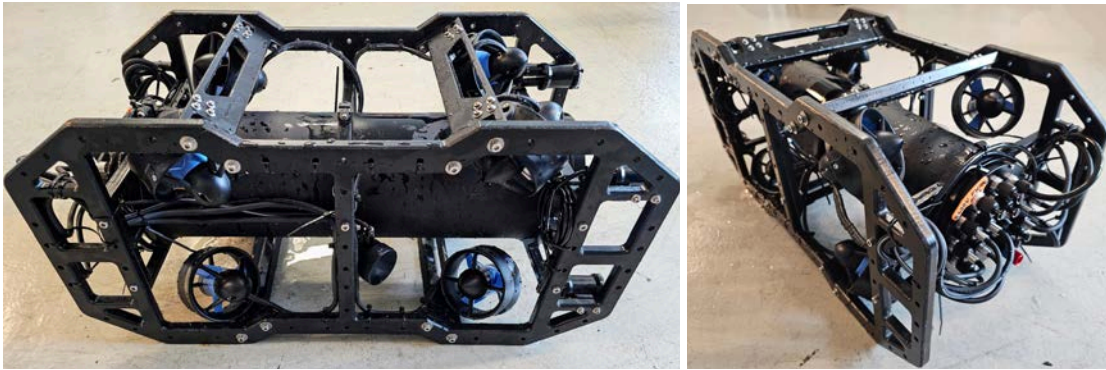
## Sammendrag

Rømning er et omfattende problem i oppdrettsnæringen. Metoder som benyttes er manuelle, noe som fører til utfordrende og store mengder arbeid for kvalifiserte operatører. Prosjektet har som mål å forbedre nåværende inspeksjonsmetoder ved bruk av ny teknologi. I dette prosjektet har Mohn Technology utviklet en fjernstyrt undervannsdrones med autonome kapabiliteter. Systemet kan fjernstyres fra hvor som helst i verden, og styringssystemet har en rekke autofunksjoner som nettracking, enkel ruteplanlegging mm. I tillegg har det blitt utviklet forskjellige hulldeteksjonsalgoritmer som både bruker konvensjonelt og KI-basert maskinsyn. Mohn Technology har også utviklet en simulerings- og treningsprogramvare, som tillater effektiv testing av både styringsprogrammer og operatører i realistiske og dynamiske undervannsmiljø. Siste generasjons prototype er satt sammen våren 2025 og vil bli ytterligere testet og utviklet i løpet av 2025.

Siste generasjons prototype har målene 640x310x320mm (LxBxH) og veier 18kg. Den er lett og kompakt, som gjør at det er lav terskel for å ha den med seg og bruke den. Enheten har følgende kameraer og sensorer: HD maskinsynkamera, stereokamera (3D), sonar, trykk(dybde), temperatur, IMU (gyro og akselerometer) samt kompass. I tillegg har ROven det som trengs av datakraft for å analysere noten med KI i sanntid, 1500W strømforsyning, 8 thrustere og 4 lys. Rammen er laget av robust og velprøvd PEHD plast.

Denne teknologien vil bli et uvurdelig hjelpemiddel for oppdrettsbransjen, og representerer et stort sprang i effektivitet, nøyaktighet og brukervennlighet.





### Abstract (english)

Escapes are a significant issue in the aquaculture industry. The methods currently used are manual, resulting in challenging and labor-intensive work for qualified operators. The aim of the project is to improve current inspection methods through the use of new technology. In this project, Mohn Technology has developed a remotely operated underwater drone with autonomous capabilities. The system can be controlled from anywhere in the world, and the control system includes a range of automatic functions such as net tracking, simple route planning, and more.

In addition, various hole detection algorithms have been developed using both conventional and AI-based machine vision. Mohn Technology has also developed simulation and training software that enables efficient testing of both control programs and operators in realistic and dynamic underwater environments. The latest generation prototype was assembled in spring 2025 and will undergo further testing and development throughout 2025.

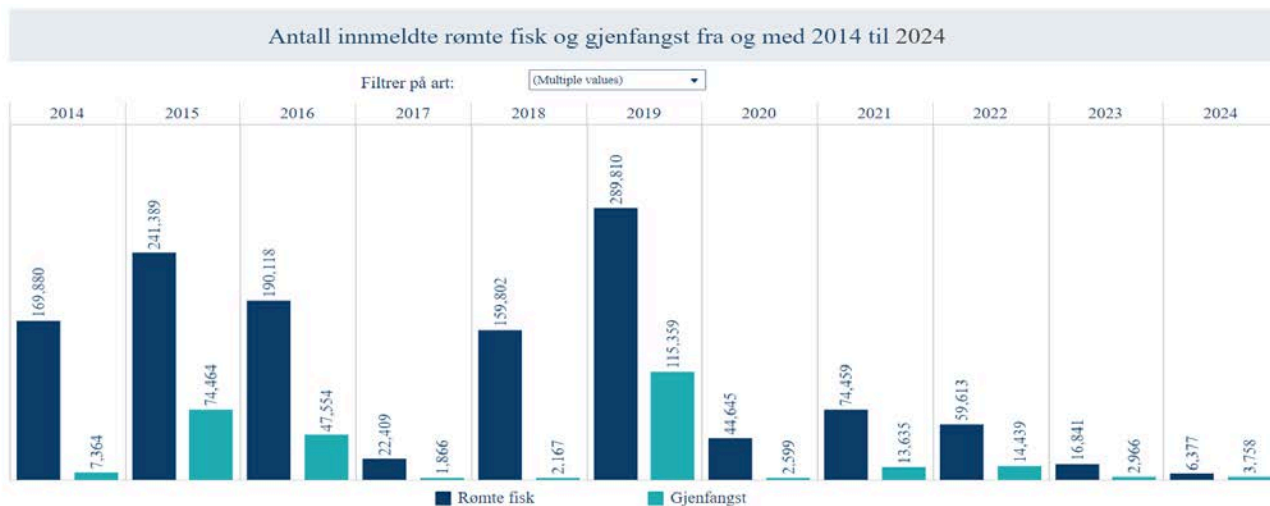
The latest generation prototype measures 640x310x320 mm (LxWxH) and weighs 18 kg. It is lightweight and compact, making it easy to transport and use. The unit is equipped with the following cameras and sensors: HD machine vision camera, stereo camera (3D), sonar, pressure (depth), temperature, IMU (gyroscope and accelerometer), and compass. Additionally, the ROV has sufficient computing power to analyze the net using AI in real time, a 1500W power supply, 8 thrusters, and 4 lights. The frame is made of durable and well-proven PEHD plastic.

This technology will become an invaluable tool for the aquaculture industry, representing a significant leap in efficiency, accuracy, and user-friendliness.

## 2. Innledning

### Faglig bakgrunn for at prosjektet ble igangsatt

Oppdrettsbransjen har i alle år slitt med rømminger, og selv om de siste årene har vært bedre enn tidligere ser vi at i 2020-2023 rømte det over 135000 oppdrettslaks- og ørret.



Rømmingstall for inneværende år oppdateres daglig klokken 19. Vi gjør oppmerksom på at rømmingstall kan bli meldt inn opp til flere måneder etter at hendelsen har skjedd.

Denne oversikten ble sist oppdatert 20.05.2024 18:50



Rapporterte rømt oppdrettslaks og regnbueørret de siste årene.

Fiskeridirektoratet har rapportert om avvik ved notinspeksjon ved bruk av ROV. (Fiskeridirektoratet, 2021) Rapporten peker på flere faktorer som har innvirkning på inspeksjonskvaliteten. Blant annet "operatører med nødvendige kvalifikasjoner for å inspisere nøter med ROV" og "tilstrekkelig antall operatører". Rapporten ytrer også en bekymring for tidspress rundt arbeidet. Ettersom inspeksjon over alle notseksjoner i et mørkt miljø med kort sikt og få kjennetegn er en svært vanskelig oppgave, mener vi at hjelpefunksjoner for å både kunne forenkle pilotstyring, assistere i hulldeteksjon samt gi en oversikt over inspisert område vil kunne bidra til en forbedring av kvalitet på inspeksjonene og senke inspeksjonstiden.

## Prosjektets omfang

Prosjektet har et økonomisk omfang som består av 5.5MNOK støtte fra FHF og 4.5MNOK egeninnsats fra Mohn Technology AS.

Resultatmål for prosjektet:

- Å utvikle et kamerasystem med tilhørende maskinsynprogramvare som kan automatisk inspisere oppdrettsnoten i et anlegg.
- Å utvikle en undervannsdroner med tilhørende styringsprogramvare som nøyaktig og pålitelig kan gjennomføre inspeksjon av noten.
- Å gi næringen kunnskap om denne nye teknologien via artikler, rapporter m.m.

Prosjektorganisering (roller/ansvar: prosjektgruppe, styringsgruppe, andre?)

- Magnus Myklebost - Prosjektleder og ansvar for mekanisk design
- Einar Mehl - Prosjektleder kybernetikk
- Saber Derouiche - Hovedansvar maskinsyn
- Håvard Ullaland - Kybernetikk
- Kevin Strandenes - Kybernetikk
- Thomas Vasquez - Tekniker

## Resultatmål (mål i løpet av prosjektperioden)

	Resultatmål	Redegjørelse måloppnåelse
1	Vellykket demonstrasjon i fullskala merd av prototype på undervannsdroner som automatisk navigerer i merd og tar bilder av notveggen. Dronen skal være så lett at den ikke krever kran, og kan brukes og plasseres ut av regulært driftspersonell.	Test i merd ble gjort tidlig i prosessen. Dronen tilfredsstilte kravene over ved å være håndterbar av en til to personer. Dronen ble en del påvirket av bølger, men klarte tidvis å kjøre inspeksjon langs med notveggen. Noen problemer med spisse overganger mellom seksjoner.  Dronen veier 18kg, noe som betyr at den enkelt kan håndteres av en person.  Det har blitt utviklet et brukervennlig og relativt intuitivt brukergrensesnitt som selv uerfarne operatører skal kunne bruke.
2	Algoritme for deteksjon av skader og hull på not basert på bildeanalyser er testet og verifisert i fullskala anlegg.	Algoritme for deteksjon og hull er utviklet og testet i mindre skala samt i simulator. Den viser stort potensial for fullskala anlegg, men mer treningsdata er nødvendig for en markedsklar løsning.

3	Analysealgoritmene beregner og lagrer posisjonen til detekterte skader og hull slik at skaden effektivt kan repareres.	Det er gjort fremskritt innen lokal posisjonsestimering, men det gjenstår fortsatt en del mer arbeid for å kunne oppnå robust og pålitelig global posisjoneringsestimering.  Metoder som Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) har vist lovende resultater i simulator og kontrollerte miljøer, men krever videre utvikling og innsamling av mer reell og variert data for å fungere stabilt over tid.
4	Resultatene fra analysen presenteres i en form som sikrer rask varsling og gir beslutningsgrunnlag for hurtig utbedring.	Visualisering av skader for pilot er utviklet. En 3D modell genereres av merden på bakgrunn av blant annet størrelse og antall panel. Denne modellen er lagt til i brukergrensesnittet og vil gi en operatør oversikt over hvor hull er detektert samt hvilke områder som er inspisert. Det er også lagt inn visualisering av deteksjoner i grensesnittet, der mulige hull vil bli markert av en rød boks.
5	En ladestasjon som lader dronens batteri og automatisk laster opp bildemateriale som skal analyseres til en dedikert server er utviklet. Det er røkerne på anlegget som tar undervannsdronen opp av vannet og kobler den til ladestasjonen.	Siste versjon av dronen bruker strøm fra merdkant/båt. I tillegg er det kommunikasjon til en pc via den samme kabelen for strøm. I løpet av prosjektet har vi i dialog med bransjen funnet ut at det er viktig å kunne kjøre operasjoner over lang tid (12t++) og at det også vil være en betydelig verdi i å kunne kjøre manuelle inspeksjoner av feks forankringer, enkelthendelser, overvåke operasjoner osv. Dette lar seg kun gjøre om man benytter en umbilical for strømforsyning og sanntids dataoverføring.
6	Undersøking og dokumentasjon av behovet for å øke automatiseringsgraden slik at lading og synkronisering av data foregår uten at dronen tas opp av vannet, samt vurdert fordeler og ulemper ved dette.	Som i punktet over er lading og datasynkroniseringsbehovet forenklet. Det vil trolig uansett være tilfeller der anlegg ikke har tid til å forholde seg til dronen, og det er dermed veldig bra at den nå kan ligge trygt i merden knyttet til internett og operatører som følger med fra sentralen.
7	Skrive en offentlig rapport om autonom inspeksjon av oppdrettsnot som gir bransjen innsikt i teknologien og mulighet til å vurdere fordeler og ulemper med løsningen.	Sluttrapporten i prosjektet samt artikler på hjemmesiden.

## Effektmål (fremtidig effekt av prosjektet)

1. Inspeksjon av not og deteksjon av skader kan gjøres raskere, billigere og sikrere.
2. Man får mulighet til å dokumentere og etterprøve notinspeksjon.
3. Gi næringen økt kunnskap om bruk av automatiske inspeksjonssystemer for å hindre rømning.
4. Redusere behovet for dykkere til inspeksjon. Dette vil bedre HMS situasjonen for inspeksjonsjobben da dykking medfører en betydelig helserisiko.
5. Vise samfunnet at næringen tar rømningsproblematikken seriøst og tar nyeste teknologi i bruk for å hindre at oppdrettsfisk rømmer.
6. For Mohn Technology vil prosjektet bety at vi kan øke vår satsning på smarte løsninger for oppdrettsbransjen ved å tilby et nytt og revolusjonerende produkt.

## 4. Prosjektgjennomføring

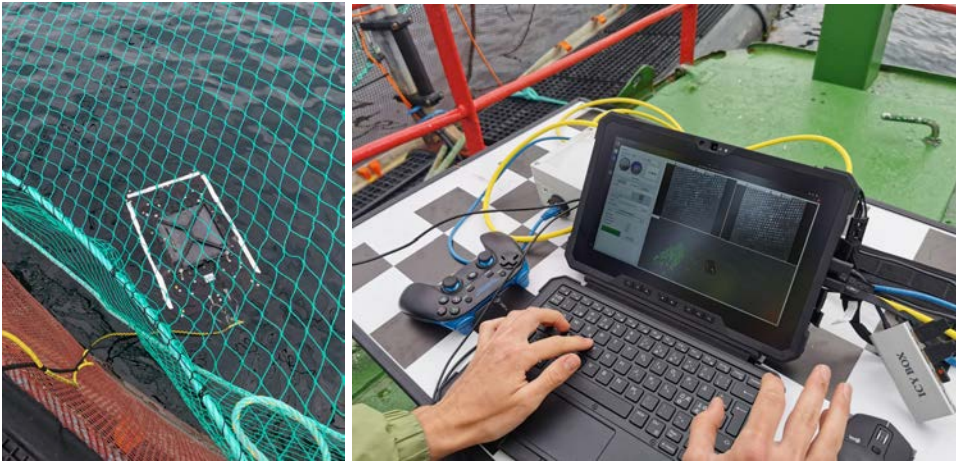
### Metodikk:

Prosjektet benytter en iterativ utviklingsmodell, hvor kontinuerlig testing og forbedring er sentrale prinsipper. Denne tilnærmingen sikrer at teknologien utvikles på en systematisk måte, med mulighet for å identifisere og rette opp eventuelle svakheter på et tidlig stadium. For å validere teknologien og sikre at den fungerer som ønsket, benyttes en kombinasjon av simuleringer, feltstudier og laboratorietester. Dette gir en grundig evaluering av systemets ytelse under ulike forhold, samtidig som det gir et realistisk bilde av hvordan teknologien vil operere i praksis.

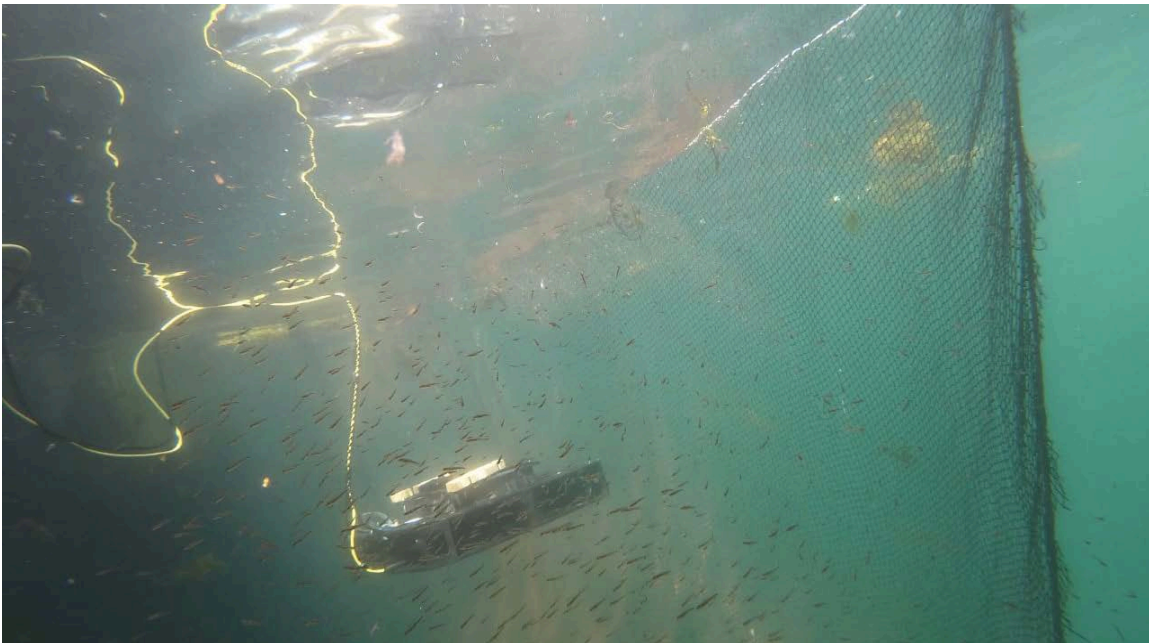
### Gjennomføring:

Prosjektet har fulgt en fremdriftsplan som omfatter flere faser av utvikling, testing og forbedring, spesielt innen hardware, maskinsyn, navigasjon, stabilisering og programvareutvikling. De viktigste aktivitetene har inkludert:

- Utvikling og testing av AI-basert hulldeteksjon.
- Implementering av et operasjonsspesifikt kontrollsystem basert på ROS2.
- Utvikling av et brukergrensesnitt
- Trinnsvis forbedring av dronens design for økt stabilitet og bedre funksjonalitet.
  - Første prototype baserte seg på eksisterende hardware vi hadde tilgjengelig fra andre prosjekter. Pga stort horisontalt areal ble denne kraftig påvirket av vertikale bevegelsesbevegelser. I tillegg hadde prototypen en blanding av vertikale thrustere samt vektoriserte horisontale thrustere. Denne enheten hadde batteridrift og en dybderating på 50m.
  - Andre prototype ble krympet så mye det lot seg gjøre i horisontalt areal (tverrsnitt) for å redusere vertikalt drag og dermed påvirkning av bølgebevegelsen. Elektronikkboksen med batteri ble gjenbrukt fra forrige prototype.
  - Tredje prototype ble ferdig april 2025 og inneholdt massive forbedringer. Dybderating ble 6-doblet til 300m, den har egenutviklet strømforsyning for 400V DC, samt en integrert PC med betraktelig økt kapasitet både i konvensjonell prosessorkraft og AI-bildebehandling. Hovedkamera og sensorikk er oppgradert. Det nye innvendige designet er også modulært og mer oversiktlig, noe som forenkler både feilsøking og utskifting av komponenter, en viktig forbedring for driftssikkerhet og vedlikehold i felt.
- Posisjonsestimering:  
For å holde produksjonskostnadene nede, er det valgt å ikke ta i bruk dyrere sensorer som Doppler Velocity Logs (DVL) og undervanns 3D-skannere. Dette gjør kontroll problemet mer utfordrende, men det har blitt gjort en del arbeid for å utvikle en posisjonsestimering algoritme ved bruk av IMU, 3D-kamera, single-beam echosounder og trykksensor. Denne algoritmen benytter et Ekstended Kalman Filter (EKF) og sensorfusjon for å redusere drift i posisjonsestimatene, og sikrer dermed mer nøyaktige målinger under operasjon.
- Videreutvikling av simuleringsmodell:  
En realistisk simuleringsmodell for hydrodynamiske styringstester og hulldeteksjon har blitt videreutviklet. Denne nye simulatoren tilbyr et mer virkelighetsnært miljø for testing, inkludert varierende synlighet under vann og realistisk interaksjon mellom partikler og lys. Denne videreutviklingen vil gi et bedre grunnlag for testing og optimalisering av stabilisering, maskinsyn og KI-modeller for hulldeteksjon, og dermed forbedre utviklingsprosessen for ROV-en.
- Testing i sjø og merd:  
Dronen har i løpet av prosjektet blitt testet både i basseng, sjø, skalamodell av merd og fullskala oppdrettsmerd i drift.



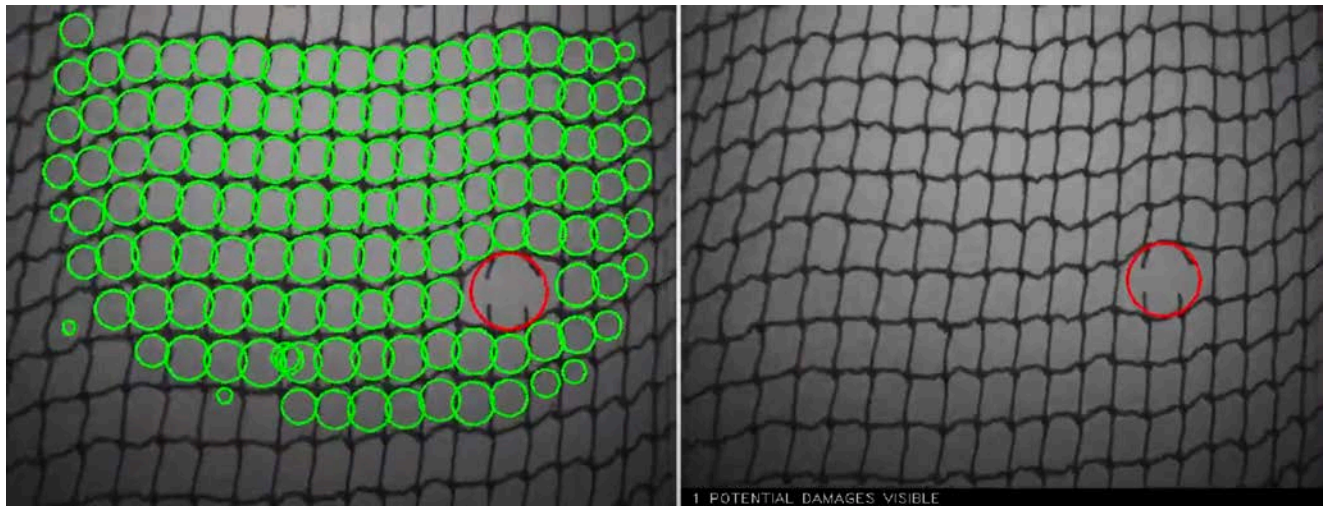
Testoppsett i sjø med en nettseksjon (første prototype).



## 5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

### Konvensjonelt maskinsyn som detekterer hull under oppdrag

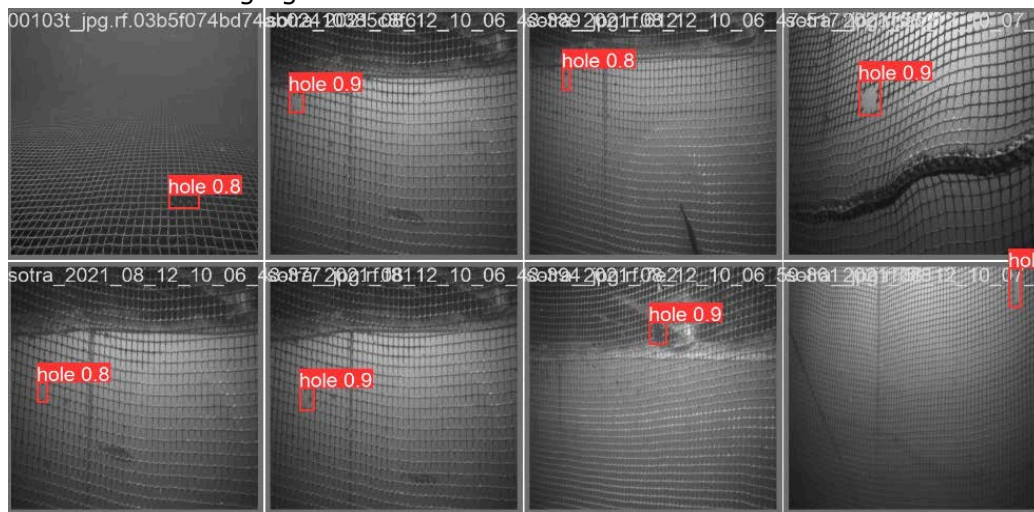
Konvensjonelt maskinsyndeteksjon finner lett maskehull som avviker fra standarden, men det oppstår raskt problemer med falske positive når man treffer uregelmessigheter som knutepunkter, tau osv. Bildet til venstre under viser godkjente masker, mens den røde er hull i noten. Bildet til høyre er det en operatør vil se, hvor kun feil vises. I tillegg står det hvor mange "hull" som er detektert i oppsummeringen under. Dette verktøyet vil kanskje hjelpe en operatør i en stresset situasjon å oppdage små feil ved manuell inspeksjon, men er ikke godt nok for autonom inspeksjon da andelen falske positive er for stor.



Venstre: Hvordan maskinsynet beregner hullstørrelse. Høyre: Viser hva operatøren vil se.

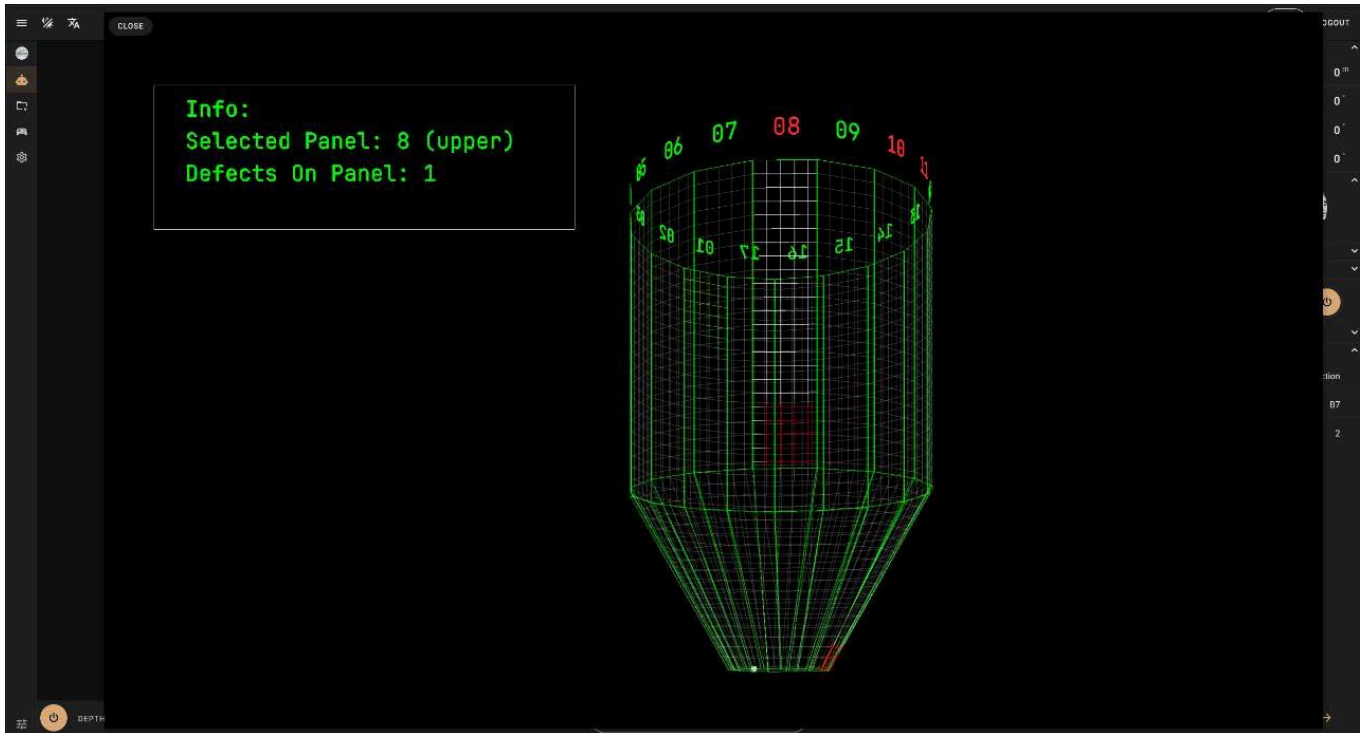
### AI-basert maskinsyn viser gode resultater for en forbedret hulldeteksjon

Modellen er testet på video tatt på verksted av en kunstig notvegg som er laget i forbindelse med testing av ROV-systemet. Noten er en kassert oppdrettsnot hvor vi har klippet hull. Algoritmen viser stort potensiale, og det er utviklet trackingfunksjoner som holder rede på hvilke hull som er allerede talt og hvilke som er nyoppdaget. Algoritmene vil kunne forbedres med videre testing og flere bilder av skader.



## Interaktivt 3D kart

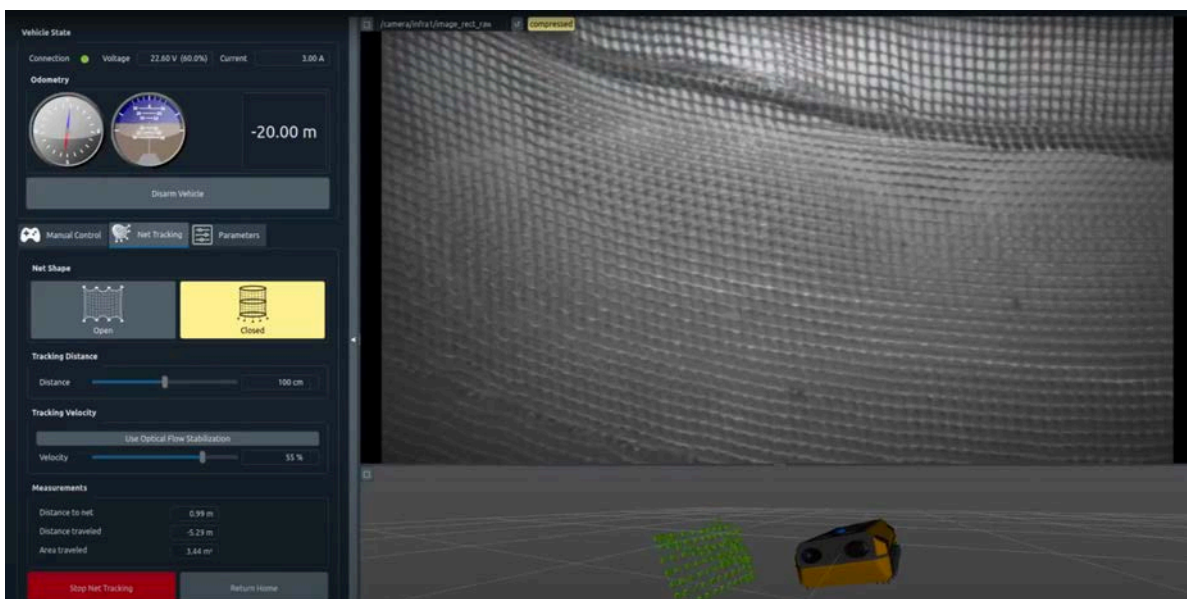
Integrering av et brukervennlig GUI for fjernstyring av dronen og oversikt over merd med deteksjon og inspiserede områder. Brukergrensesnittet under viser hvilke områder som er inspisert, hva som gjenstår og hvor det er funnet skader. Disse skadene kan så manuelt verifiseres og vurderes.



I brukergrensesnittet over så vil man skrive inn hvor mange paneler merden består av og hvor stor den er. Man får så en 3D modell som viser områder som ikke er inspisert som hvite, grønne er uten skader og røde har automatisk detekterte skader. Man kan så trykke på det aktuelle området og få opp info, i eksempelet over er det valgt panel nr 8, og man har detektert 1 defekt som kan videre undersøkes. Siden man vet skadens plassering innenfor en meters radius blir det enkelt å utføre reparasjoner i ettertid. Dette vil medføre en svært viktig forbedring, da dykkere som fikser noten ofte må bruke lang tid på å lete etter skaden(e).

## Brukergrensesnitt for styring

Første generasjons brukergrensesnitt fungerte greit, men manglet en del funksjoner og fleksibilitet.



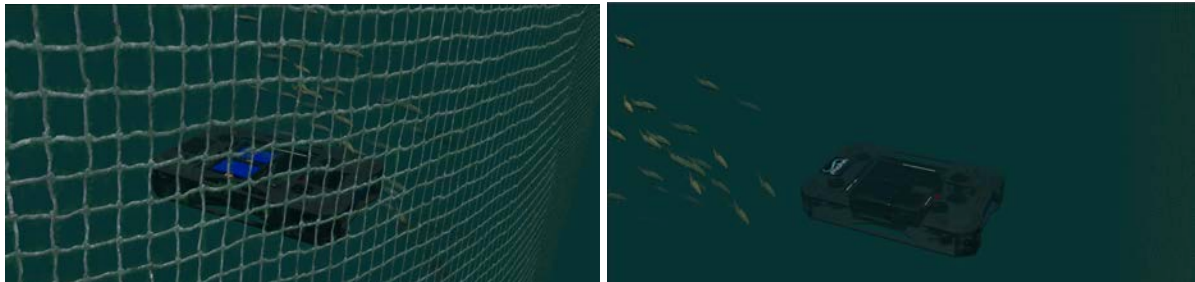
## Nytt brukergrensesnitt

- Brukergrensesnitt som kjøres i nettleser fra både PC og nettbrett (iPad etc)
- Kan kjøres/styres fra hvor som helst i verden ved bruk av VPN.
- Mulighet for opptak og lagring av data samt avspilling
- Fleksibelt oppsett, fokus på de essensielle, men også muligheter for mer detaljer.



## Utvikling av en ny simuleringsmodell for mer realistisk testing.

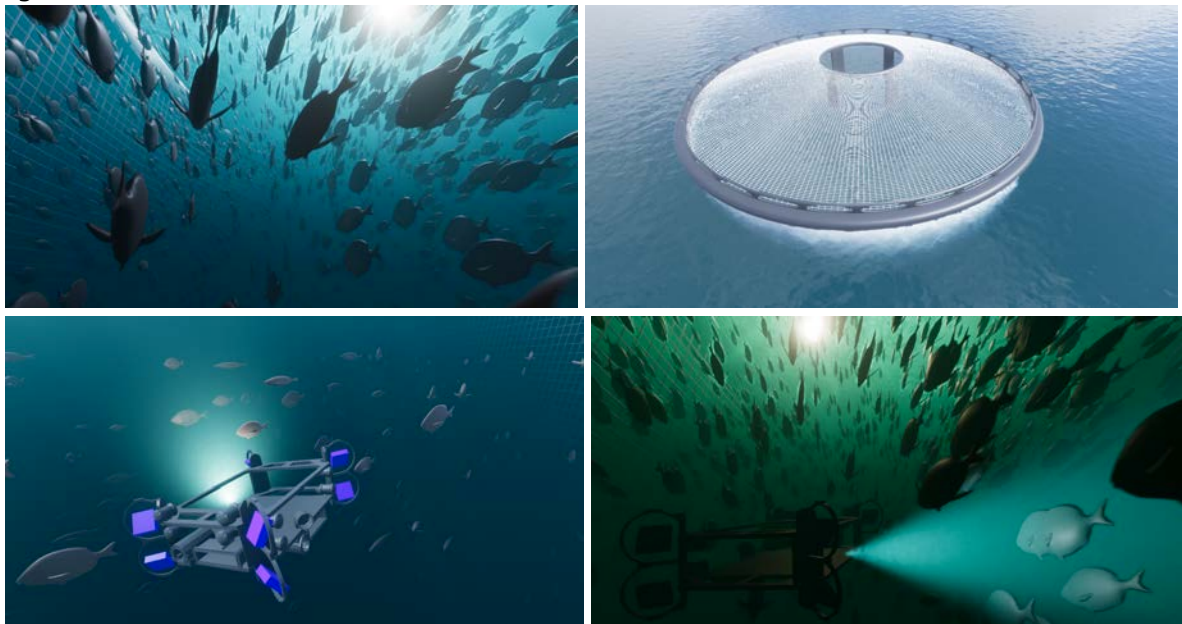
### Første simulator:



Første simulatoren gjorde en god jobb i å simulere effekt av thrusterpådrag, strømforbruk etc, men det manglet en del detaljer. I tillegg ønsket vi større fleksibilitet i hva slags miljø vi jobbet i. Om feks simuleringsprogrammet skulle kunne brukes til trening og utdanning av piloter, blir det lite realistisk uten å kunne legge til dårlige vannforhold, kraftig strøm eller bølgebevegelse.

### Nyeste simulator:

Bildene under er hentet fra den nye simulatoren. Her demonstreres det den forberedte realismen, som vil gjøre trening av piloter bedre rustet til å takle virkeligheten. Det er utviklet funksjonalitet for å kunne legge til dynamiske påvirkninger som blant annet bølger og strøm.



Selve dronemodellen i bildene over er svært forenklet, men mesteparten av funksjonaliteten er på plass. Programvaren vil videreutvikles i løpet av sommeren til et nivå der den kan benyttes for trening av piloter uten særlig teknisk innsikt. Programvaren er også et kraftfullt utviklingsverktøy som gir brukeren oversikt over for eksempel turtall, strømtrekk osv for hver thruster i forhold til de gjeldende forhold. Dette gjør at vi kan simulere mer sjeldne forhold og undersøke hvordan systemet vil takle det, samt optimalisere.

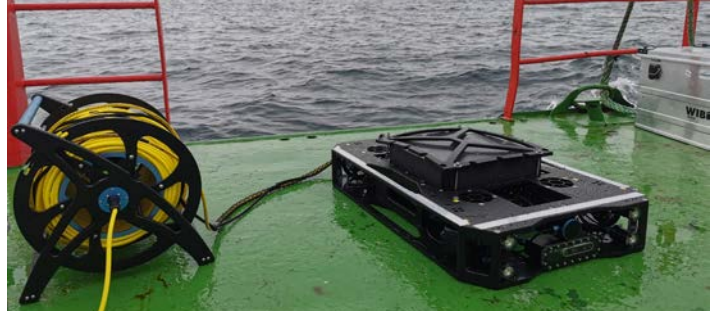
Simulatoren vil også fungere som en trygg og fleksibel plattform for testing og utvikling av ny logikk og algoritmer, som for eksempel baneplanlegging, uten risiko for skader på den fysiske ROV-en. Dette gjør det mulig å eksperimentere og feilsøke fritt, og åpner for at flere kan arbeide parallelt med utvikling og testing. Den vil være spesielt nyttig for studenter som skriver master- eller prosjektoppgaver om ROV-en, ettersom den gir dem mulighet til å utvikle og teste løsninger remote, uavhengig av tilgang til det fysiske systemet.

## Prototyper i prosjektet

Prototype 1 og 2 klassifiseres begge to som gen 1 prototyper, da de i stor grad bruker samme hardware. Endringene er i hovedsak strukturelt og geometrisk, samt økt antall sensorer (av samme type).

### Prototype 1:

- Vektorisert i horisontalplanet
- 1 stereokamera
- Sonar
- Flat form
- 50m dybderating
- Batteridrift
- Vekt ca 30kg
- Størrelse: 80x52x27cm



### Prototype 2:

- Vektorisert vertikalt og horisontalt
- Mer kompakt horisontal profil
- 2 stereokamera
- 2 maskinsynkamera
- Sonar
- 50m dybderating
- Batteridrift
- Vekt ca 26kg
- Størrelse: 65x52x27cm



Etter diskusjon med næringen har vi kommet frem til at batteridrevet ROV ikke er gunstig for profesjonelt brukt. Det er krav til at systemet skal kunne delta i svært lange operasjoner (24t) og at lokalt personell ikke trenger å følge opp til annet enn launch and recovery. Batteriløsning er ofte brukt i mindre ROVer pga pris og kompleksitet. Det er mye rimeligere å enklere å lage en batteriløsning enn en subsea strømforsyning som kan sende 1000W++ over flere hundre meter tynn kabel og konvertere til lavspenning.

### Siste generasjon prototype:

Den siste prototypen representerer et stort sprang i ytelse og prestasjoner. Vi kaller denne for en generasjon 2 prototype, da alt vi har lært i prosjektet av hardwarebehov er dekket. Det meste av hardware er oppgradert i denne enheten, og med betydelig økt prosesseringskraft, dybderating og integrert 400V strømforsyning er systemet klart for et krevende marked.

- Vektorisert i vertikal og horisontalplan. Avrundet PEHD ramme dekker alle komponenter.
- Integrert egenutviklet 400V strømforsyning på 1500W.
- Ny umbilical med strømforsyning som tåler å løfte ROVen.
- Oppdatert PC med 10x økt KI prosessering og betraktelig økt konvensjonell prosessering
- Ny IMU
- Nytt maskinsynkamera (2MP), med motorisert linse
- 4 lys
- Stereokamera
- Skråmontert sonar
- Oversiktlig og modulært design
- Alle komponenter har hurtig-connectorer så de raskt kan byttes ut. Ledige plugger for ekstrautstyr.
- 150M dybderating (begrenset av flyteelement). ROV ellers: 300m
- ROVen opptrer som en server som man logger seg på via internett eller lokalt.
- Størrelse 60 x 31 x 32 cm, vekt 19kg

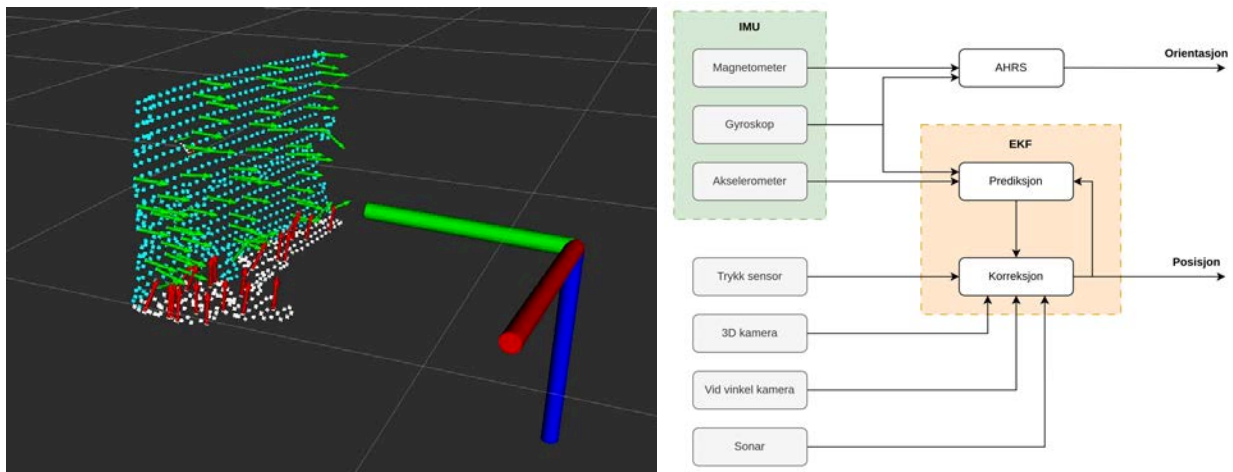


Siste prototype er bygget våren 2025 og representerer signifikante fremskritt og lærdommer gjort i prosjektperioden.

## Stabiliseringsalgoritmer

For at en stabiliseringsalgoritme skal fungere effektivt, er det avgjørende at estimatene for posisjon, hastighet og orientering, er både nøyaktige og stabile over tid. Vår nåværende løsning benytter lokal posisjonering relativt til en notvegg inne i et fiskeoppdrettsanlegg. Denne tilnærmingen gjør det mulig å redusere behovet for kostbart navigasjonsutstyr, som DVL, undervanns 3D-skannere eller uGPS, og bidrar dermed til å holde systemkostnadene nede.

Tilstandsestimeringen er basert på et ekstended Kalman-filter (EKF) som integrerer målinger fra flere sensorer: en IMU med magnetometer for orientering og bevegelsesprediksjon, en trykksensor for dybdemåling, et RGB-D kamera (3D-kamera) for å estimere avstand og vinkel til notveggen, samt en single-beam ekkolodd (sonar) som gir distanseinformasjon fra en annen vinkel. EKF-en kombinerer disse målingene med korrekt tidssynkronisering for å gi et robust og kontinuerlig estimat av AUV-ens tilstand i sanntid. Et blokkdiagram som illustrerer denne sensorfusjonen og EKF-arkitekturen er vist i figuren under til høyre.



I figuren over til venstre vises et eksempel på hvordan notveggen estimeres fra punktskydata generert av 3D-kameraet. De blå punktene med grønne vektorer representerer målinger som er klassifisert som en del av notveggen, mens de hvite punktene med røde vektorer er forkastet som støy eller irrelevante strukturer. Basert på denne estimeringen kan AUV-en opprettholde en konstant avstand og ønsket vinkel til notveggen. Dette gir operatøren en forenklet kontrollsituasjon, hvor man kun trenger å navigere i planet parallelt med vegg (et todimensjonalt plan), mens stabiliseringen i dybde og normalretning håndteres automatisk. Algoritmen er funksjonell i simulering og kontrollerte tester, men krever videre optimalisering for å være robust nok til praktisk bruk i varierende havmiljø.

## Videre arbeid

Siste generasjon prototype er nettopp satt sammen og testet. Det vil foregå grundigere testing i både sjø og basseng fremover for å videreutvikle stabilisering og styringsalgoritmer.

- Testing av nyeste prototype under varierte forhold hos Firda
- Fokus på forbedring av stabilitet
- Sanking av data til å trene AI.
- Testing av semi-autonom operasjon
- Testing av autonom operasjon
- Ny motorstyring på vei fra Australia vil kunne forbedre respons og stabilitet.
- Ferdigstille topline koffert
- Videreutvikling av ruteplanlegging
- Forbedring av simuleringspakke slik at den kan installeres av den jevne operatør
- Ønske om økt satsing i prosjektet 2025

### • Vurdering/Diskusjon:

Prosjektet har gjort betydelig fremgang på flere sentrale områder, særlig innen maskinsyn og stabilisering av undervannsfarkosten.

Implementeringen av kunstig intelligens for bildeanalyse har vist seg å være et effektivt verktøy for å identifisere hull, men modellene krever fortsatt mer treningsdata for optimal ytelse. Det har vist seg vanskelig å få tak i faktiske bilder av funn, noe som er merkelig da dette er ting som oppdages hele tiden. Det ville vært til stor fordel for næringen om det hadde vært mulig å dele disse dataene og så vi kunne utvikle mer robuste maskinsynalgoritmer.

Mekaniske forbedringer i den hydrodynamiske utformingen og bedre software har ført til økt stabilitet under manøvrering, men det er fortsatt utfordringer knyttet til autonom navigasjon i komplekse miljøer.

Utviklingen av en realistisk simuleringsmodell har spilt en avgjørende rolle i test- og utviklingsfasen, ved å gjøre det mulig å evaluere ulike scenarier og kontrollstrategier uten behov for fysisk testing i vann. Brukergrensesnittet for kontroll og overvåking av AUV-en er også forbedret, og fremstår nå som relativt intuitiv og brukervennlig, selv for operatører uten inngående teknisk bakgrunn. Samlet sett peker resultatene mot en stadig mer kapabel og selvstendig undervannsfarkost, selv om videre arbeid er nødvendig for å sikre pålitelig og stabil drift under reelle forhold.

### Anvendelse i næringen:

Resultatene har potensial til å revolusjonere inspeksjon av oppdrettsnøter ved å gi en raskere, mer pålitelig og kostnadseffektiv metode for overvåking. En drone med autonome funksjoner vil redusere behovet for manuell inspeksjon og bidra til økt sikkerhet og fiskevelferd.

Vår visjon er at man kan slippe ut en drone i hver merd om morgenen, og at det er tilstrekkelig med en operatør til å overse hele prosessen for alle 8 merdene.

FHF finansiering har vært kritisk for å utvikle denne teknologien da den inneholder mye upløyd mark og dermed risiko. Mohn Technology vil fortsette å utvikle denne teknologien til markedsklar modenhet, men det vil kreve videre finansiering for å kunne satse videre.

### Bærekraft:

Teknologien bidrar til bærekraft ved å redusere risikoen for rømming av oppdrettsfisk, forbedre overvåkning av notens tilstand og redusere bruken av menneskelige ressurser og fossildrevne fartøyer i inspeksjonsarbeid. I mange tilfeller brukes store og tunge ROVer for inspeksjon fordi de er stabile i sin natur. Dette fører til økte kostnader, CO2 utslipp og risiko (større risiko for skader på anlegget når det benyttes store maskiner).

### Formidling og akademisk samarbeid

Vi har hatt en rekke akademiske samarbeid gjennom prosjektperioden. Dette mener vi både er viktig for prosjektet, men også for næringen. Gjennom disse prosjektene setter vi fokus på interessante og moderne problemstillinger i fiskeri og havbruksnæringen, og får studenter og kommende ingeniører til å fokusere og rette seg mot denne spennende sektoren.

- Masteroppgave NTNU ferdig vår 2022
- Masteroppgave NTNU ferdig vår 2023
- Masteroppgave NTNU ferdig vår 2024
- Masteroppgave UiB ferdig vår 2025.
- Masteroppgave NTNU og HVL ferdig vår 2026.
- Student Internships (praksis) fra TU Dresden hvert år i prosjektperioden.

## 6. Hovedfunn

1. Det er utviklet en konvensjonell maskinsynalgoritme og en KI-algoritme som automatisk oppdager hull under inspeksjoner.
2. En drone med selvstyrte funksjoner er utviklet og produsert.
3. Et realistisk trenings- og utviklingsmiljø er bygget opp i en simulator, som gjør det mulig å teste løsninger og trene operatører trygt og effektivt.
4. Et brukervennlig system som samler og viser både inspeksjonsdata og funn på en oversiktlig måte, gjør det enklere å gjennomføre og forstå inspeksjonene.

## 7. Referanser

- Fiskeridirektoratet. (2021, 30. November) Notinspeksjon med ROV: Fleire tilfelle der skadane på nota ikkje vart oppdaga  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/erfaringsbase-romming/erfaringshendelser/notinspeksjon-med-rov-fleire-tilfelle-der-skadane-pa-nota-ikkje-vart-oppdaga>

## 8. Leveranser

Detaljert oversikt over leveranser i prosjekt

Artikkel på hjemmeside med info om prosjektet og FHF:

<https://www.mohntechnology.no/automatic-net-inspection-project-grant-from-fhf/>

Artikkel på hjemmeside om AI basert notinspeksjon 2021:

<https://www.mohntechnology.no/ai-based-net-inspection-tool/>

Artikkel på hjemmeside om feltforsøk, også delt i sosiale medier 2021:

<https://www.mohntechnology.no/field-trail-of-our-autonomous-aquaculture-drone/>

Fagtidskrift Kyst.no 2022:

<https://www.kyst.no/drone-fhf-forskning/et-nytt-vapen-for-a-detektere-skadet-not/281682>

Artikkel på hjemmeside 2024, også delt i sosiale medier:

<https://www.mohntechnology.no/ai-based-net-inspection-algorithm-used-on-real-images-from-the-aquaculture-industry/>

Artikkel på hjemmeside Q2 2025, også delt i sosiale medier:

<https://www.mohntechnology.no/next-generation-underwater-inspection-drone-from-fhf-funded-project/>

Kvartalsmessig rapport fra hvert kvartal er sendt inn, samt hvert referansegruppemøte. Siste referansegruppemøte er gjennomført 14.05.2025

Versjon: 1	Sist revidert: 28.10.2021	Neste revisjon:
------------	---------------------------	-----------------