

Espen Vabø Grønsberg
Adrian Hansø
Maren Sofie Selven

Er undervannsfartøy egnet for observasjon av villfisk rundt oppdrettsanlegg?

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon
Veileder: Lars C. Gansel og Stig Tuene
Juni 2020

Espen Vabø Grønsberg
Adrian Hansø
Maren Sofie Selven

Er undervannsfartøy egnet for observasjon av villfisk rundt oppdrettsanlegg?

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon
Veileder: Lars C. Gansel og Stig Tuene
Juni 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for biologiske fag Ålesund

FORORD

Da vi skulle velge bacheloroppgave høsten 2019, brukte vi mye tid på å forhøre oss om aktuelle temaer. Og da ble vi introdusert for et samarbeidsprosjekt som NTNU har med EU. Prosjektet går ut på bruk av autonome undervannsfartøy og utvikling av maskingjenkjenning av fisk. Utgangspunktet vårt ble å se på hvordan fisken reagerte på undervannsdroner, for å avklare om dette verktøyet kunne brukes til kartlegging og gjenkjenne fisk. På grunn av koronapandemien ble det innført generelt besøksforbud ved oppdrettsanleggene. Planlagt datainnhenting ble dermed vanskelig å gjennomføre. Oppgaven er derfor vinklet mer mot utarbeidelse av metode og noe mindre mot feltarbeid

Vi vil rette en stor takk til Atlanterhavsparken og driftsleder Rune Veiseth som lot oss bruke lokalene deres for å få gjennomført forsøkene. Uten denne løsningen hadde vi ikke hatt muligheten til å ferdigstille oppgaven. Stor takk også til Runde miljøseniter for lån av ROV, denne var svært nyttig i oppgaveløsningen. Til sist vil vi takke våre veiledere Stig Tuene og Lars C. Gansel som har strukket seg langt for å hjelpe oss gjennom en til tider svært krevende periode. De har gitt støtte og hjelp, over all forventning. Vi setter stor pris på deres veiledning, og ikke minst at dere hjalp oss inn på en ny kurs da pandemien satte grenser.

SAMMENDRAG

Miljøinteraksjoner, kunnskap om disse og begrensning av deres effekt ansees som veldig viktig for å kunne drive og utvide bærekraftig oppdrett i sjøen (Tveterås et al., 2019). En biologisk utfordring med et tynt kunnskapsgrunnlag grunnet begrensninger med dagens metoder, er samspillet mellom oppdrettsfisk og villfisk. En relativt ny teknologi som har et stort potensial for både hyppig og nøyaktig kartlegging av villfisk rundt oppdrettsmerder er Unmanned Underwater Vehicles (UUV), også kjent som undervannsdroner. I denne oppgaven utarbeides det en metode for å dokumentere om UUVer skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera. Metoden er todelt og består av et praktisk oppsett for innsamling av data og tilhørende analyser for databehandling. Metoden ble testet på sei under kontrollerte forhold i Atlanterhavstanken med en Remotely Operated Vehicle (ROV), med og uten lys. Det ble også vurdert hvorvidt forskjellen i manuell telling mellom operatører og ulik kamerakvalitet ville ha en innvirkning på resultatet, da det vil legge føringer for hvordan metoden bør gjennomføres. Undervannsdronen som ble brukt i denne testen skapte reaksjoner hos fisken og fikk den til å trekke seg unna, men ikke før den hadde blitt identifisert og telt gjennom ROVens kamera. Det ble også observert en noe ulik reaksjon med og uten lys, men det hadde ingen utslag på kartleggingen. Det viste seg å være en statistisk signifikant forskjell i gjennomsnittlig antall telte fisk mellom operatørene i testen. Mellom de to kameraene som ble brukt i testen, var det en systematisk forskjell i antall synlige fisk, og en prosentvis forskjell på hele 46%. Ved evaluering har metoden vist seg å være fleksibel, brukervennlig og lite ressurskrevende. Resultatene fra tellingene og de to kameraene indikerer at databehandlingen bør utføres av samme operatør, og at kameraene ble brukt i oppsettet bør ha samme spesifikasjoner. Resultatet fra metoden er lovende med hensyn til UUVers potensiale for kartlegging av villfisk, og metodens veileder kan brukes til ytterligere undersøkelser. Metoden kan tilrettelegge for en hyppig overvåkning av villfiskens oppholdssted, vandringsmønster og adferd. Dette er kunnskap som vil være viktig for å begrense kontakt og smitte mellom villfisk og oppdrettsfisk.

ABSTRACT

Knowledge of environmental interactions and their effects play an important role in the operation and expansion of sustainable ocean farming (Tveterås et al., 2019). Yet there is little data documenting the interactions between wild fish and cage-farmed fish due to limitations in the current methods of data gathering. The use of Unmanned Underwater Vehicles (UUV), also known as underwater drones, has shown great potential to provide both frequent and accurate mappings of wild fish around farmed cages. In this thesis, we developed a method to identify and calculate interactions between wild- and farmed-fish, and document whether the movement of UUVs and use of artificial light causes fish to withdraw before identification and calculation can be completed through the UUV's camera. The method is two-fold, consisting of a practical set-up for data collection and associated data processing analysis. We tested this method on saithe under controlled conditions in Atlanterhavstanken with an Remotely Operated Vehicle (ROV), with and without the use of artificial light. Differences in manual counting technique between operators and impacts of camera quality were also documented, as the data provided guidance on how the method should best be used. It was concluded that the underwater drone used in this study did cause wild fish to react and withdraw, but not until they had been properly identified and counted through the ROV's camera. When observing behavior with and without the use of artificial light, we did record slightly dissimilar reactions, but concluded it had no significant effect on the survey. There was, however, a statistically significant difference in the average number of fish counted amid operators in the test. Between the two cameras and operators used in the test, the visible fish count varied as much as 46 percent. By evaluation, the method proved to be flexible, user-friendly and required minimal resources. The varied calculation results between the two cameras indicate that data processing should be performed by the same operator and the cameras used should be set to identical specifications. The results gathered from this study indicate promising potential with regard to the UUVs ability to map wild fish. Additionally, the user manual resulting from this study can be utilized in further investigations. This methodology provides a foundation for frequent monitoring of the whereabouts, migratory patterns and behaviors of wild fish. This knowledge can further be put to use for limiting contact and the spread of infection between wild fish and farmed fish.

INNHALDSFORTEGNELSE

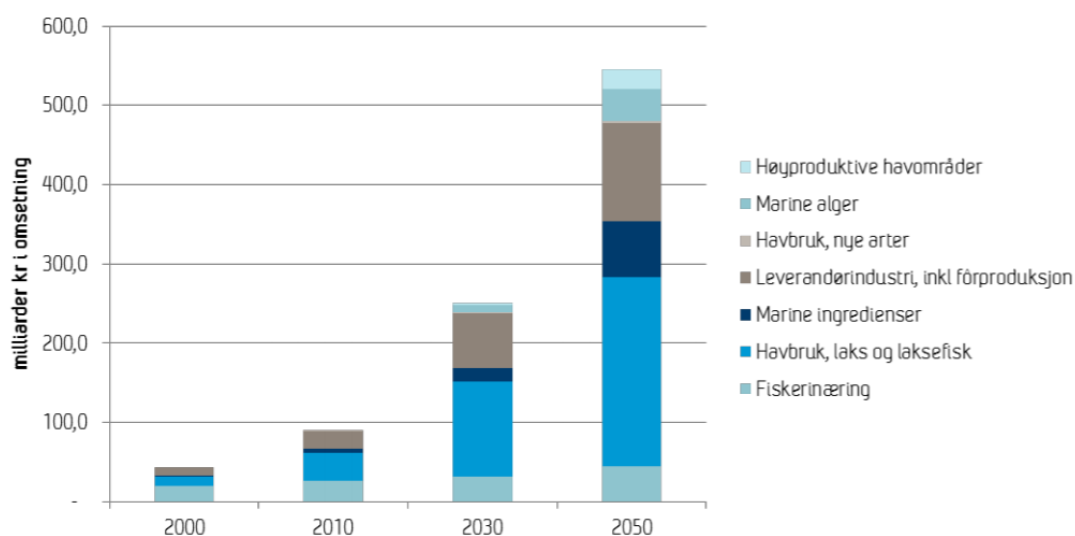
1. INNLEDNING	6
1.1 Akvakultur i Norge og interaksjonen med villfisk	6
1.2 Kartlegging av villfisk	8
1.3 Problemstilling og hypoteser	13
2. MATERIALE OG METODE.....	14
2.1 Bakgrunn for det praktiske oppsettet	14
2.1.1 Utforming av rigg til det eksterne kameraet	17
2.1.2 Valg av kjøreretning for passering av kamerarigg.....	18
2.2 Materiale	19
2.3 Praktisk oppsett for datainnsamling	20
2.3.1 Test av praktisk oppsett	21
2.3.2 Ekstern test av praktisk oppsett.....	22
2.4 Analyse av datamateriell	23
2.4.1 Bearbeiding av videomateriale fra test av praktisk oppsett	23
2.4.2 Sammenligning av telling mellom studenter	24
2.4.3 Fiskens reaksjon på ROV.....	24
2.4.4 Kamerakvalitet.....	25
2.4.5 Databehandling	25
3. RESULTATER	26
3.1 Test av praktisk oppsettet på oppdrettslokalitet og Atlanterhavsparken	26
3.2 Sammenligning av telling mellom studenter	27
3.3 Fiskens reaksjon på ROV.....	29
3.4 Kamerakvalitet.....	32
4. DISKUSJON	35
4.1 Materiale og metode	35
4.1.1 Bakgrunn for praktisk oppsett.....	35

4.1.2 Innhenting og analyse av data.....	36
4.2 Resultat	37
4.2.1 Test av praktisk oppsett på oppdrettslokalitet og Atlanterhavsparken	37
4.2.2 Sammenligning av telling mellom studenter	39
4.2.3 Fiskens reaksjon på ROV.....	39
4.2.4 Kamerakvalitet.....	41
4.3 Bekrefte eller avkrefte hypoteser	42
4.3.1 Hypotese 1	42
4.3.2 Hypotese 2	42
4.3.3 Hypotese 3	42
4.3.4 Hypotese 4	42
4.4 Veileder for å undersøke i hvilken grad bilder fra undervannsfartøy kan brukes til å kartlegge fisk.....	43
4.5 Implikasjoner til videre arbeid	43
5. KONKLUSJON.....	44
6. REFERANSELISTE.....	45
7. VEDLEGG	49
Vedlegg 1: Data for uforstyrret fisk/kontrollgruppe.....	49
Vedlegg 2: Data for fiskens reaksjon på ROV uten lys	51
Vedlegg 3: Data for fiskens reaksjon på ROV med lys	53
Vedlegg 4: Sammenligning av telling mellom studenter.....	54
Vedlegg 5: Kamerakvalitet	56
Vedlegg 6: Veileder for å undersøke i hvilken grad bilder fra undervannsfartøy kan brukes til å kartlegge fisk.....	58

1. INNLEDNING

1.1 Akvakultur i Norge og interaksjonen med villfisk

Havbruk er en av de viktigste, mest lønnsomme og vekstkraftige næringene i Norge. Mellom 2007 og 2018 var det en firedobling i eksportverdien fra havbruk i Norge (Tveterås et al., 2019). Oppdrett av atlantisk laks er den største, og i dag produserer Norge over halvparten av all atlantisk laks på verdensbasis (Misund, 2019). Norge hadde en førstehåndsverdi av laks på 64,5 milliarder kroner i 2018. Dette tilsvarte en årlig produksjon på 1,28 tonn fisk, noe som er en økning på 4,7 prosent sammenlignet med året før (SSB, 2019). Åpne merdsystemer i fjorder og kystområder med god vannutskiftning har vært en stor del av det teknologiske grunnlaget for veksten av norsk akvakulturnæring (Colquhoun et al., 2018). I tråd med den økte produksjonen vil akvakulturnæringens påvirkning til nærmiljøet stige. I 2012 la SINTEF som leder av prosjektet frem rapporten «Produktive hav». I rapporten belyses oppdrettsnæringens fremtidige potensial med en målsetting om en årlig omsetning på 238 milliarder for laks og laksefiskeoppdrett innen 2050 (Figur 1). De siste årene har det imidlertid vært liten økning i produksjonen og det er uklart om målene kan nås. Rapporten er ofte brukt politisk, men det kan kritiseres at rapporten er optimistisk fremstilt. Dette betyr at den i liten grad belyser de biologiske utfordringene, noe som har vært hovedgrunnen til begrensningene vi ser i produksjonen hos oppdrettsnæringen.



Figur 1: Scenario 2050: potensial for marin verdiskapning (Olafsen et al., 2012).

Den 1. januar 2006 trådte akvakulturloven i kraft. Loven stiller blant annet krav til at oppdrettere skal dokumentere miljøtilstanden rundt oppdrettsanlegget. Den sier at det skal gjøres undersøkelser som kartlegger påvirkningen anlegget forårsaker på miljøet. Dette gjør det mulig å overvåke og dokumentere at oppdrettsbransjen til enhver tid opptrer forsvarlig, miljøvennlig og bærekraftig. Dersom det er nødvendig ut fra hensyn til miljøet gir loven departementet muligheten til å trekke tilbake akvakulturtillatelsen §9 (Akvakulturloven, 2005). Regelverket har til hensikt å redusere oppdrettsnæringens miljøpåvirkning, i tråd med FNs bærekraftsmål. Bærekraftsmålene er en felles arbeidsplan for hele verden og denne har blant annet et mål om å redusere alle former for havforurensning, verne økosystemene i havet og å sikre bærekraftig forbruk og produksjon (FN, 2020). Til sammen danner dette en bred enighet på verdensbasis om å ta vare på miljøet og å sikre blant annet en bærekraftig produksjon.

Oppdrettsnæringens tilstedeværelse langs kysten påvirker miljøet. Flere studier viser at villfisk har en tendens til å samle seg rundt oppdrettsanlegg (Sudirman et al., 2009, Dempster et al., 2004, Goodbrand et al., 2013, Valle et al., 2007, Dempster et al., 2009, Uglem et al., 2009)). Merdene kan fungere som kunstige rev, gi næring i form av byttedyr, fôrrester eller andre organiske rester. I en undersøkelse gjort i 2009 ble det kartlagt i hvilken grad villfisk oppsøkte oppdrettsmerder og undersøkelsen viser at hele 63% av merket fisk, oppsøkte en av tre merder som var med i studien minst en gang i løpet av døgnet. Den kommer også frem til at villfisken som i lengre perioder oppholder seg ved oppdrettsmerdene kan forandre vandringsmønster, matvaner og fettsyresammensetning (Uglem et al., 2009). For å undersøke oppdrettsnæringens effekt på villfisk sier Norges Fiskerlag sin strategiplan for FoU blant annet dette: *«Spesielt må forskningsinnsatsen økes når det gjelder oppdrettsanlegg sin virkning på vandringsmønstret til villfisk, og når det gjelder faren for sykdomsspredning. Viktige gytefelt i fjordene og langs kysten må kunne skjermes for etablering av fiskeoppdrett til vi har mer kunnskap som viser at dette ikke påvirker for eksempel gyteprosessen hos kysttorsk negativt»* (Sæther et al., 2016).

Tall fra 2018 viser at det da fantes 1160 lokaliteter for laksefisk langs norskekysten (SSB, u.å.). Hver av disse lokalitetene kan ha flere enn 10 merder med opp til 200 000 laksefisk i hver merd. I dag overvåkes og vurderes smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk årlig av Veterinærinstituttet. I deres årlige risikoanalyser vurderes sannsynligheter og konsekvenser av en gitt risiko og eventuelt tallfester den (Colquhoun et al., 2018).

Oppdrettsfisker fungerer som verter for parasitter, virus og bakterier (Sandvik et al., 2017, Bergh et al., 2011). Viruset Salmonid Alphavirus (SAV) som forårsaker Pancreas Disease (PD) er et eksempel på en utbredt virussykdom, mens lakselus er et eksempel på en parasitt. Sammen fører disse årlig til et stort økonomisk tap for oppdrettere (Bolstad and Senstad, 2017, DN, 2019, Aunsmo et al., 2010). For å unngå smitteoverføringene er det de siste årene blitt innført strengere reguleringer. Lusegrensen på 0,2 voksen hunn lus om våren og 0,5 resten av året og trafikklyssystemet er et eksempel på en slik regulering (lakselusbekjempelse, 2013, Fiskeridirektoratet, 2020). Det er også krav til rutinemessig prøvetaking og testing av PD i deler av landet for å hindre spredning av viruset (Forskrift om tiltak for å forebygge, 2017). Disse reguleringene har som hensikt å beskytte den ville bestanden av laksefisk, og da spesielt med tanke på den sårbare smolten som i en periode på våren går ut fra elvene. Som et resultat av de strengere reglene er det de siste årene utgitt et begrenset antall nye konsesjoner (Misund, 2019). Dette har medført begrensninger i mengde fisk som kan produseres, og har bidratt til begrenset vekst i kjernevirksomheten til næringen.

For at man i fremtiden skal kunne begrense spredningen av slike sykdommer og legge til rette for nye konsesjoner, er det avgjørende med effektive måter å undersøke villfiskens oppholdssted, vandringsmønster og annen atferd. Med slik kunnskap har man muligheten til å organisere lokaliteter, utsett av fisk og brakklegging av oppdrettsnæringen bedre. Dette vil gi muligheten til å begrense kontakt og smitte mellom villfisk og oppdrettsfisk i villfiskens naturlige vandringsmønster.

1.2 Kartlegging av villfisk

Dagens metoder for å observere villfisk rundt merdsystemer er ofte svært tidkrevende. De mest brukte metodene er videotagning gjort av dykkere, bruk av undervannskamera og ekkolodd. Dykker-baserte metoder blir hovedsakelig anvendt på grunnne tropiske havmerder i 20 til 40 meters dyp (Sudirman et al., 2009). Slike operasjoner anses å utgjøre en stor risiko for dykkeren, spesielt med tanke på vær og strømforhold langs norskekysten (Solem, 2017). Undervannskamera er mer brukt under norske forhold hvor det er kaldere vann og merder på større dyp (Dempster et al., 2009). For å få et helhetlig bilde av hvilke arter og mengden fisk som oppholder seg ved oppdrettsanlegg må et stort område overvåkes. Det vil i praksis være svært tidkrevende å bruke dykkere eller eksterne undervannskamera. Med ekkolokasjon kan en kartlegge store områder på kort tid, men uten mulighet for artsbestemmelse, og med en lav

grad av nøyaktighet. Dette gjør den bedre egnet til å undersøke den helhetlige effekten i et større område (Goodbrand et al., 2013).

En nøyaktig og kontinuerlig overvåkning kan gi svært store mengder data, oftest i form av bildeutklipp fra videomateriell. Disse bildene bearbeides ofte manuelt ved å telle antall fisk på de ulike bildene, noe som kan være svært tidkrevende. Ved menneskelig telling er også metoden for identifikasjon av fisk svært individuell. Med mye bruk av skjønn og lite faste retningslinjer kan det tenkes at det blir store variasjoner i tellingene, noe som gjør det vanskelig å sammenligne forskjellige undersøkelser.

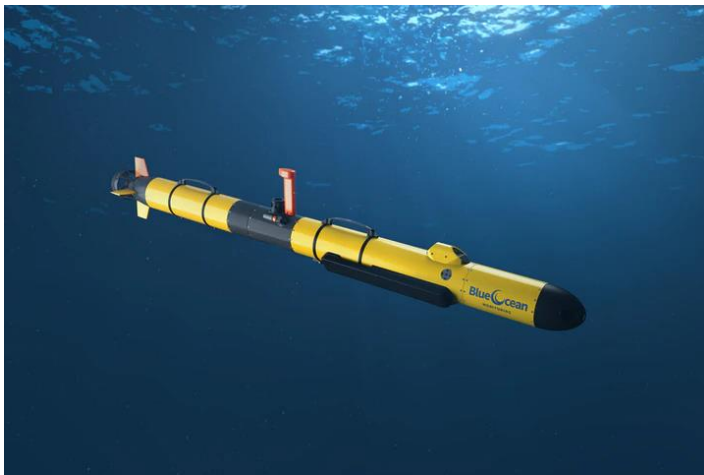
Den totale arbeidskapasiteten som kreves for å samle og bearbeide data kan gjøre det svært krevende å kartlegge villfisk over tid. Dagens undersøkelser er som regel større alenestående prosjekter som tar for seg villfisk rundt merdsystemer over en kort periode og på et begrenset område. Med mindre ressurskrevende metoder hadde det vært mulig med mer detaljert og kontinuerlig overvåkning. Dette er et viktig ledd i å forbedre risikovurderingen for overføringen av smittestoffer mellom oppdretts- og villfisk (Colquhoun et al., 2018).

En relativt ny teknologi som har et stort potensial til å redusere tidsbruken på kartlegging av villfisk rundt merdsystemer er Unmanned Underwater Vehicles (UUV), også kjent som undervannsdroner. UUVer vil kunne brukes til å skaffe data på villfisken raskere og i større mengder enn tidligere. Fartøyene har til felles at de klarer å manøvrere under vann uten en menneskelig operatør om bord. Man deler igjen UUV i to kategorier, Remotely Operated Vehicle (ROV) (Figur 2) og Autonomous Underwater Vehicle (AUV) (Figur 3).



Figur 2: Eksempelbilde av en ROV (Chasing-Innovation Co., 2019).

ROV er allerede etablert i en rekke ulike marine næringer for å erstatte dykkere. Disse manøvreres av en operatør med en overflatekabel og kan utstyres med nødvendig tilleggsutstyr for arbeidet som skal utføres. I oppdrettsnæringen brukes ROV per i dag hovedsakelig til vasking, inspeksjon og vedlikehold av merdene (AKVA group, 2020). Den teknologiske utviklingen på feltet skjer raskt, og man ser stadig på nye bruksområder for ROV med video (Skigelstrand and Svinøy, 2019, Karimanzira et al., 2014, Ierodionou et al., 2011, Rundtop and Frank, 2016, Elibol et al., 2010).



Figur 3: Eksempelbilde av en AUV (Blue Ocean Monitoring, 2019).

AUV skiller seg fra ROV ved at den opererer helt fritt uten kontakt med operatør. En utfordring med AUV er orienteringsevnen, da GPS-signal ikke fungerer under vann. For å kunne manøvrere under et dykk, må den programmeres i forkant av dykket eller navigere etter SONAR (Karimanzira et al., 2014, Paull et al., 2014, Stutters et al., 2008). Dette gjør at AUV er vanskeligere å detaljstyre enn en ROV, men til gjengjeld kan den dekke et større område. Selv om det ikke trenges mannskap for å operere en AUV krever både utsetting og returnering assistanse. Teknologiske fremskritt som fører til at AUVer kan være utplassert over lengre perioder kan ytterligere redusere driftskostnadene. Lengre batteritid og muligheten for å lade under vann er eksempel på slik teknologi (Li et al., 2017).

Et mer generelt problem for UUVer er dårlig sikt. Med stor sannsynlig vil dette ha stor innvirkning på bildekvaliteten og det er tidligere bevist at digitale bilder har begrensninger under vann (Nian et al., 2013). Egenskapene til lyset i vannet kan begrense kvaliteten på bildene som blir tatt. Som for eksempel begrenset rekkevidde, ujevn belysning, lav kontrast, reduserte farger osv. (Otremba and Piskozub, 2001). På grunn av kompleksiteten i det marine

miljøet kan et kamera som fungerer godt på overflaten ha betydelige begrensninger under vann.

Med nye verktøy som åpner opp for enklere innsamling av større mengder data på villfisk, vil det også stilles høyere krav til effektiv databehandling. Dagens metode med manuell telling av villfisk er som nevnt både unøyaktig og tidkrevende. Automatisasjon av bildebehandlingsprosessen vil være en forutsetning for å kartlegge villfisk i større skala. Det er kontinuerlige teknologiske fremskritt også på dette feltet, hvor kunstig intelligens og maskinlæring har en sentral rolle. Det er allerede gjennomført forsøk med analyse av undervannsbilder av villfisk i ulike forhold. Forsøket viser en høy korrelasjon mellom manuelle tellinger og automatisk gjenkjenning (Marini et al., 2018). Selv om utviklingen innen automatisk telling gjør store fremskritt, vil det fortsatt være behov for manuell telling. Både til telling av fisk som det foreløpig ikke finnes systemer for å telle, men også for å verifisere at systemene fungerer som de skal.

Med datainnsamling gjennomført av UUV, og data analysert av automatisk objektsgjenkjenning, vil det manuelle arbeidet være betraktelig mindre enn ved dagens metoder. Dette vil kunne åpne opp for observasjon av vannmassene rundt merdsystemer i mye større grad. Med regelmessig overvåkning kan det for eksempel være mulig å oppdage rømming av oppdrettslaks på et tidligere tidspunkt, og dermed begrense tap av verdier og skadene dette påfører det naturlige økosystemet. Dersom dette systemet blir smart nok til å automatisk gjenkjenne dyr, kan man også se på andre bruksområder, som for eksempel å oppdage slitasje på not og forankring, eller for gjenkjenning av andre organismer.

NTNU er som én av åtte samarbeidspartnere med i EU-prosjektet «Integrated Technologies longterm deployment of robotic underwater platforms». Prosjektet har som mål å utvikle og forbedre dagens undervannsteknologi og da spesielt med tanke på AUV. Et av områdene NTNU skal jobbe med er “Inspection of aquaculture underwater infrastructures, for evaluation of wild fish assemblages”. Ved slutten av det 36 måneder lange prosjektet ønsker NTNU å vise frem noe av teknologien som er blitt utviklet under prosjektet. Ett av områdene de da skal se på er kartlegging av villfiskansamlinger ved bruk av AUV.

Om UUV vil bli et egnet observasjonsverktøy for villfisk rundt merdsystemer gjenstår enda å se. Spørsmålet er komplisert og avhenger blant annet av funksjonalitet, teknologi og

økonomi. Dette er aspekter som er essensielle for at UUV skal fungere på lang sikt, men før den tid må interaksjonen mellom UUV og villfisk undersøkes nærmere. Hvis det viser seg at en UUV skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera, vil den ikke være mulig å benytte til dette formålet.

Tidligere undersøkelser tyder på at ulike karakteristikk hos UUVer kan ha ulike påvirkning på villfiskens reaksjon (Laiding et al., 2013). Det er også grunn til å anta at ulike arter reagerer ulikt på UUVen. For eksempel har man sett at fisken skremmes lettere av en liten ROV enn en stor ubåt, noe som kanskje er motsatt av det man ville forvente (Laiding et al., 2013). Ulike karakteristikk, som vist i Tabell 1, vil altså kunne ha en innvirkning på reaksjonen.

Tabell 1: Oversikt over ulike karakteristikk ved en UUV, som bør undersøkes for å se hvordan de påvirker interaksjonen med villfisk.

Karakteristikk	Hvorfor kan det være viktig å undersøke det
1. Med og uten lys	Bruk av lys vil i mange tilfeller være nødvendig for å kunne observere fisken. Eksempelvis ved dypere dykk eller nattetid.
2. Ulik hastighet	UUVens hastighet vil påvirke avstanden den kan bevege seg, og dermed mengden data den kan innhente. Dette gjør det interessant å undersøke hvordan ulike hastigheter påvirker fisken.
3. Ulik akselerasjon	UUV vil i mange tilfeller være avhengig av å stoppe for å ta prøver og undersøkelser. Dette vil innebære at den vil ha negativ og positiv akselerasjonsfaser.
4. UUVens størrelse	Størrelsen til UUV vil være påvirket av hva den skal brukes til og dens egenskaper.
5. UUVens farge	Det kan være interessant å undersøke om UUVens farge påvirker fiskens reaksjon.
6. UUVens støynivå	Ulike propeller og motorer samt antall motorer vil kunne ha stor påvirkning på UUVens støynivå.

1.3 Problemstilling og hypoteser

Det er mange kunnskapshull og mulige utfordringer ved bruk av UUV til kartlegging av villfisk. Et felt som må undersøkes er hvordan interaksjonen mellom villfisk og UUV utspiller seg. Målet med denne oppgaven å utvikle en enkel metode som kan brukes til å teste om UUVer skremmer bort villfisk, før UUVens opptaksenhet rekker å observere den. Dette vil være et viktig ledd i å vurdere UUVens potensiale for kartleggingen av villfisk. Vi har utviklet og testet ett oppsett for dette, sett på betydning av kamerakvalitet og sammenlignet telling av datamateriell mellom ulike operatører.

Problemstilling:

Utarbeide en metode for å dokumentere om UUVer skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.

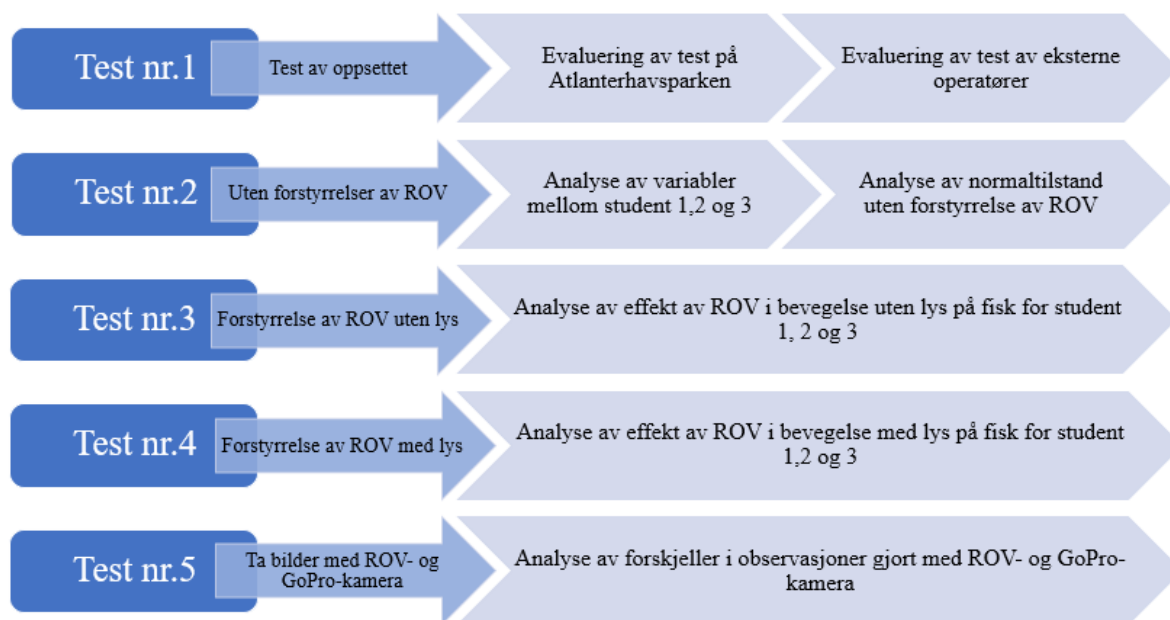
Hypoteser:

1. Undervannsdronen brukt i denne testen vil skape reaksjoner som får fisk til å trekke seg unna, men ikke før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.
2. Undervannsdronen brukt i denne testen vil med og uten bruk av lys forårsake ulike reaksjoner på fisken den kjører mot.
3. Det er en signifikant forskjell i gjennomsnitt antall manuelt telte fisk i bilder av en spesifikk fiskeart mellom forskjellige operatører.
4. Kamerakvalitet påvirker antall fisk som kan telles i et gitt bilde.

2. MATERIALE OG METODE

For å løse oppgavens problemstilling ble det utarbeidet en todelt metode. Første halvdel er et praktisk oppsett av prosessen og materialet som brukes for innsamling av data. Metodens andre halvdel er ulike analyser for databehandling av rådata samlet med den praktiske metoden.

Det ble utført fem tester med påfølgende evalueringer/analyser for å vurdere metodens funksjonalitet og svare på oppgavens hypoteser.



Figur 4: Oversikt over tester og påfølgende evalueringer og analyser.

2.1 Bakgrunn for det praktiske oppsettet

Første steg i å utvikle en metode for å undersøke UUVers påvirkning på fisk er å utarbeide kriterier metoden må oppfylle. Kriteriene er utarbeidet med den hensikt å kunne undersøke karakteristikkene gitt i Tabell 1. En oversikt over kriteriene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Kriterier for valg av metode til å undersøke undervannsdronens påvirkning på fisk.

Kriterier	Hvorfor er dette viktig
1. Metoden er ressurseffektivt.	For å holde seg innenfor realistiske rammer for bruk av ressurser som tid, personell og penger.
2. Metoden er repliserbar.	For å kunne skaffe større mengder sammenlignbart resultat.
3. Metoden er nøyaktig slik at den kan brukes til å undersøke ulike karakteristikk ved UUVen (eventuelt med mindre justeringer).	For å gi et resultat hvor man klarer å skille mellom ulike karakteristikkens påvirkning (Tabell 1).
4. Metoden gir et etterprøvbart resultat.	For å kvalitetssikre resultatet fra flere parter og gjennomførbare ulike analyser på samme data.
5. Metoden kan observere UUVens synsfelt før og etter interaksjon.	For å fange opp fiskens reaksjon, selv om den skjer utenfor UUVens synsfelt.

Det var ønskelig å utvikle en løsning hvor et observasjonsverktøy kunne overvåke et gitt vannvolum. Dette gir mulighet for å overvåke hvor mye fisk som naturlig oppholder seg i et gitt volum. Senere kan UUVen kjøres mot og inn i dette området for å se på hvordan fisken reagerer på den. Det er spesielt viktig at observasjonsverktøyet fanger det samme synsfeltet som UUVen (kriterium 5). Dette gjør det mulig å bestemme om UUVens kamera rekker å identifisere og tallfeste villfisk før den trekker unna.

Tidligere er det i hovedsak brukt fire ulike observasjonsverktøy til å observere villfisk. Disse er ekkolodd, dykker, eksternt kamera og UUV-kamera (Dempster et al., 2009, Sudirman et al., 2009, Goodbrand et al., 2013, Laiding et al., 2013). Vi har vurdert disse opp mot kriteriene gitt i Tabell 2 for å bestemme det best egnede observasjonsverktøyet (Tabell 3).

Tabell 3: Scoringsskjema for ulike observasjonsverktøy, hvor høy er god og lav er dårlig.

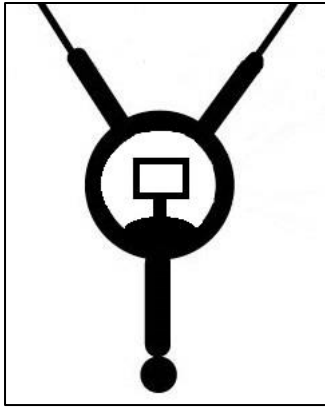
Kriterium nr.	1	2	3	4	5
Metode					
Ekkolodd	høy	middels	lav	middels	lav
<p>Fordelen ved bruk av ekkolodd er at det er ressurseffektivt. Metoden stiller lite krav til personell og kan gjennomføres på kort tid. Når det kommer til hvor repliserbar metoden er finnes det utfordringer. For eksempel har ekkoloddet begrensninger når det kommer til å skille mellom fisk som står tett og mellom ulike arter (Handegard, 2007). Det kan også oppstå problemer med å vite nøyaktig hvilken fisk som befinner seg i UUVens synsfelt.</p>					
Dykker	lav	lav	lav	lav	lav
<p>Dykker er det verktøyet som i minst grad klarer å oppfylle kriteriene. Problemet er at man i stor grad er avhengig av dykkerens bruk av skjønn (Kulbicki and Sarraména, 1999). Dette vil medføre en rekke usikkerhetsmomenter. Det mest kritiske er at det ikke er mulig å vite om dykkeren teller fisk i samme vannvolum som UUVen gjør. I beste fall kan man gjøre seg opp en formening om fiskens reaksjon. Dette gir ikke et tydelig svar på om UUVen kan identifisere og tallfeste villfisken før den reagerer.</p>					
Eksterne kamera	høy	høy	høy	høy	høy
<p>Bruk av eksterne kamera vil kunne gi repliserbare forsøk og etterprøvbart resultat. Den er også ressurseffektivt da det er billig og krever lite mannskap. Eksternt kamera er også mulig å plassere for å visualisere synsfeltet til UUVen før og etter den har passert ett område.</p>					
UUVens kamera	høy	høy	høy	høy	lav
<p>UUVens kamera vil også kunne gi repliserbare forsøk, være ressurseffektivt og gi etterprøvbart resultat. Ulempen er at man ikke får observert fisk som eventuelt trekker seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.</p>					

Ut-ifra vurderingene gitt i Tabell 3 var det **eksterne kamera** som kom best ut, og valget falt da på dette. Det som skiller dette observasjonsverktøyet fra de andre er evnen til å fange opp det samme vannvolumet som UUVen gjør.

2.1.1 Utforming av rigg til det eksterne kameraet

For å kunne bruke det eksterne kameraet til å observere påvirkningen av UUVen ble det designet en rigg. Denne var formet som en «Y» med ett sirkulært hull i senter av de tre armene. I senter av riggen ble GoPro-huset festen med tilhørende Wi-Fi-ledning. I bunn var det festen et lodd, og i de to «armene» i toppen av riggen var det festet to tau på 30 meter. Dimensjonen på riggen var: bredde 40 cm, høyde 60 cm og dybde 5 cm (Figur 5). Denne utformingen oppfylte kriterier som beskrevet i punkt 1-4 i det følgende.

1. **Stabilitet:** Opptak fra kamerariggen må til enhver tid observere samme vannvolum for å gi et sammenlignbart resultat (kriterium 2). Det tilsier at den ikke må forskyves av vannstrømninger i området. For å unngå dette økes riggens egenvekt av en vertikal arm med et to kilos lodd hengende i bunn. Samtidig er riggens overflate holdt så lavt som mulig for å minske trekkraften fra strømningene.
2. **Orienteringsevne:** For å kontrollere retningen kameraet filmer i ble riggen utstyrt med Wi-Fi-kabel. Kabelen gir operatøren direktebilder fra riggen. Dette gjør det mulig å lokalisere fisk og sikre at riggen holder seg stabil og tar gode bilder. Med god orienteringsevne oppfyller man kriterium 3 og 2 (sjekke at riggen holder seg i lik posisjon) og 4 (sikre at kameraet tar opptak) underveis.
3. **Justerbarhet:** Det må være mulig å justere riggens dybde og vinkling. Derfor er riggen utstyrt med to lange tau som er festet til riggens to “armer”. Dette gjør det mulig å justere dybde og vinkel på riggen og vi får tilpasset synsfeltet slik at UUVen og kamerariggen observerer samme vannvolum (kriterium 5).
4. **Ressurseffektiv:** Riggen må være enkel å bygge, uten behov for spesialisert verksted eller spesial verktøy. Materialer må være enkelt å få tak i, samt være billig for å dekke kriterium 1. Riggen er derfor utformet kun ved bruk av treplate, skruer, tau, lodd, stikksag og skrujern.



Figur 5: Illustrasjon av kamerarigg. Lodd illustrert som sirkel i bunn, GoPro-kamera i “vannhus” illustrert som firkant i midten og to tau i toppen.

2.1.2 Valg av kjøreretning for passering av kamerarigg

I hovedsak var det fem måter passeringen kunne gjennomføres på. Direkte mot riggen, fra siden i tre retninger (ovenfra, fra undersiden og fra siden) eller fra baksiden. Disse fem måtene ble testet i felt på et matfiskanlegg. Ved å kjøre mot riggen ble det problemer med å vurdere avstand, samt at lysene blendet. Blendingen gjorde det svært vanskelig å se fisk på bildene og gjorde det vanskelig å teste karakteristik nr. 1 (med og uten lys). Ved å passere fra siden ble synsvinkelen på ROV og kamerarigg ulik. Dette ville ha ført til observasjon av til dels ulike vannmasser mellom de to.

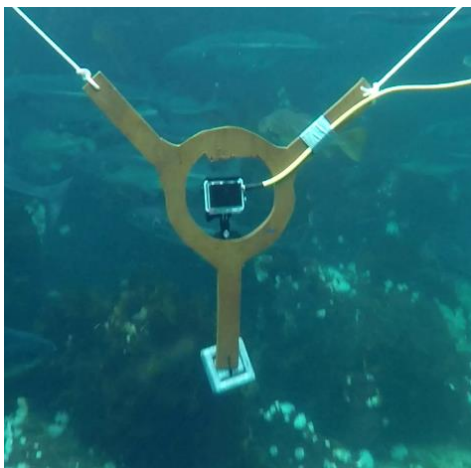
Etter å ha vurdert de fem måtene kom vi frem til at å passere riggen bakfra er best. Fordelen er at begge kameraene vil se fisk fra samme orientering, det blir altså ikke innført en ny usikkerhetsfaktor ved at kameraene observerer ulikt vannvolum fra ulike vinkler. Det ble også konkludert med at å passere over riggen er det beste. Ved å gjøre det på den måten unngikk vi loddet og de to tauene. Dette ga også et synsfelt som var mest likt mellom ROV og kamerarigg (kriterium 5).

2.2 Materiale



Figur 6: Deep Trekker DTG2 (Deep Trekker, 2020a)

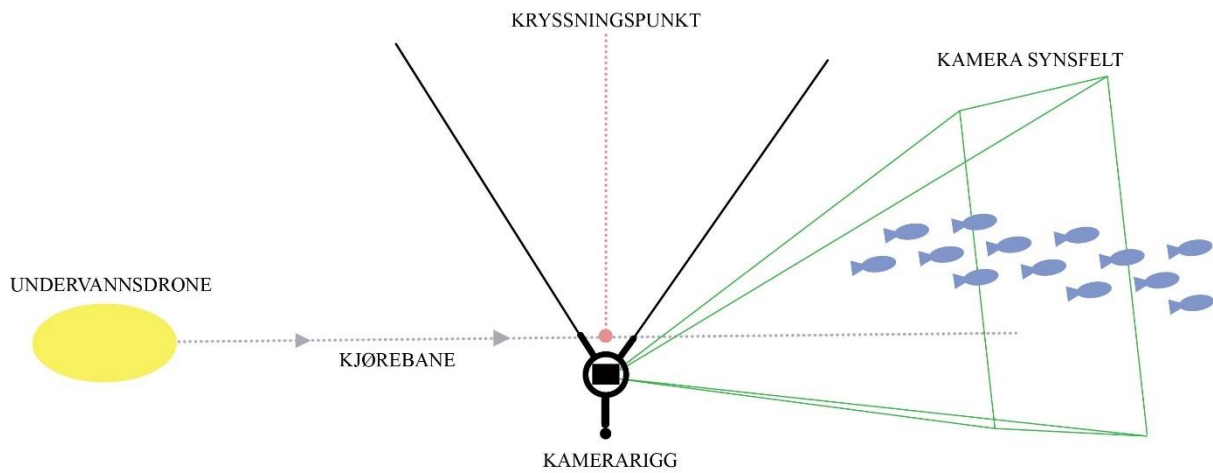
I det praktiske oppsettet ble det brukt Deep Trekker DTG2 (ROV) som UUV. Denne blir hyppig brukt i lakseoppdrett i Norge, og representerer derfor en relevant drone for observasjoner i tilknytning til havbruk. Denne er utstyrt med et fremoverrettet 700 HD-fargekamera med en bildehastighet på 30 bilder i sekundet. For bevegelse er ROV-en utstyrt med to propeller, en på hver side. Dette gjør det mulig for operatøren å bestemme farten og retning. ROV-en styres fra overflaten gjennom en kabel som er koblet til en fjernkontroll og den 150 meter lange kabelen gir operatøren direktebilder (Deep Trekker, 2020a).



Figur 7: Bilde av kamerariggen under vann

Kamerariggen består av selve riggen og kameraet GoPro Hero 4 som vist i Figur 7. Riggen ble utformet etter kriteriene i avsnitt 2.1.1 og har de samme spesifikasjonene som Figur 5. Kameraet kan gjøre opptak i 4K med en bildehastighet på 30 bilder i sekundet (GoPro, 2020). Kameraet bruker et vanntett “kamerahus” som er tilkoblet en 30meter Wi-Fi kabel. Ledningen sender Bluetooth signalene til overflaten og gjør det mulig å få direktebilder. Det ble brukt en GoPro-app for å vise bildene på mobilen.

2.3 Praktisk oppsett for datainnsamling



Figur 8: Illustrasjon av praktisk oppsett til datainnsamling, for å vurdere om UUV skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.

Steg 1, sjekk utstyr: Undersøk og kontroller at alt material er i orden før bruk.

Steg 2, lokaliser villfisken: Senk ned kamerariggen for å lokalisere villfisk. Det er en fordel å bruke en WiFi-kabel som kan overføre direktebilder fra kameraet på riggen, men det er også mulig å bruke bilder fra UUVen til å orientere seg. Når villfisken er lokalisert festes kamerariggen slik at synsfeltet er vinklet mot villfisken. Det er viktig å ha tilstrekkelig med plass bak riggen for å kunne manøvrere UUVen.

Steg 3, observer fisk i uforstyrret tilstand: Ta et uforstyrret opptak med kamerariggen for å måle normaltilstand. Mellom 2-5 minutter uten at UUVen er i vannet.

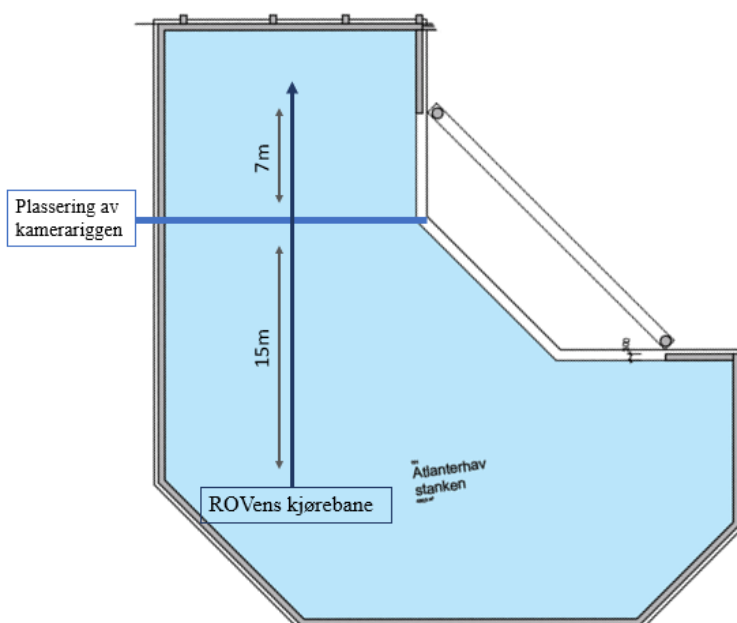
Steg 4, senk UUV i vannet: Senk UUVen ned i vannet et stykke bak kamerariggen for å hindre forstyrrelser. Posisjoner den slik at den har en rett kjørebane på 15-20 meter mot baksiden av kamerariggen.

Steg 5, kjør UUV forbi riggen: Kjør UUVen i en rett bane med jevn og kontrollert hastighet mot kamerariggen. Passer kamerariggen i overkant for så å kjøre den tilbake til startpunktet. Vent der i 2 minutter før nytt forsøk. Gjenta forsøket med like variabler (hastighet, lys etc.) for å danne et bredt datagrunnlag.

Steg 6, gjenta forsøket for ulike karakteristikk: For å teste ulike påvirkningsfaktorer kan man gjenta forsøket som illustrert i steg 5, men med andre karakteristikk (hastighet, lys etc.).

2.3.1 Test av praktisk oppsett

Det praktiske oppsettet ble testet ved flere runder under kontrollerte omgivelser på akvariet Atlanterhavsparken i Ålesund. Tanken hvor forsøket ble gjennomført (Atlanterhavstanken), er et åpent saltvannsakvarie på 4000m³ med rundt 600 individ fra ulike fiskearter som naturlig lever langs norskekysten. Fisken er villfanget ved hjelp av garn eller ruse, med varierende levetid i fangenskap. Fisken mates daglig av dykker i forbindelse med show for publikum.



Figur 9: Illustrasjon av oppsettet i Atlanterhavstanken

Testen av oppsettet ble gjennomført ved å følge de seks stegene i fremgangsmåten.

Steg 1, sjekk utstyr: På forhånd sjekket vi at alle kamerabatteriene var ladet og at minnebrikkene var tomme. Vi sjekket om kamerariggen hadde alt den trengte, med tau, signalkabel, “kamerahus” til GoPro og lodd i bunnen. Det ble også kontrollert at ROVen hadde nok strøm.

Steg 2, lokaliser villfisken: Fordelen med å bruke atlanterhavstanken var at vi kunne se villfisken gjennom akvarievinduet og finne riktig plassering til riggen ved å observere svømmemønstret til fisken. Vi plasserte så riggen som illustrert i Figur 9.

Steg 3, observer fisk i uforstyrret tilstand: Vi startet med å ta opptak fra kamerariggen for å observere fisken i uforstyrret tilstand. Vi brukte direkteoverføring med WiFi-kabel til mobilen for å kvalitetssikre at vi fikk det bildet vi ønsket.

Steg 4, senk UUV i vannet: ROVen ble så senket i vannet ved dens startpunkt, markert som «ROVens kjørebane» i Figur 9.

Steg 5, kjør UUV forbi riggen: ROVen ble manøvrert etter kjørebanen vist i Figur 9. Deretter ble den kjørt tilbake samme vei. Vi ventet så i 2 minutter før neste kjøring.

Steg 6, gjenta forsøket for ulike karakteristikk: Forsøket ble gjentatt 15 ganger, hvor 4 ble gjort med lys for å teste karakteristikk nr. 1 (med og uten lys)

Basert på forarbeid ble det brukt en hastighet på 0.76m/s gjennom forsøkene.

2.3.2 Ekstern test av praktisk oppsett

Det er viktig at oppsettet er enkelt å bruke for andre. Vi har derfor fått to personer som ikke har vært med på utarbeidelsen av oppsettet til å teste det. Testen ble utført ved lokaliteten Gjermundnes (Figur 10). Begge operatørene har noe erfaring med bruk av ROV og filming av villfisk og er kjent med utstyret og lokaliteten. Vi har i etterkant intervjuet en av dem, som i resultatet vil bli omtalt som «testoperatøren». De to testoperatørene fikk en kort forklaring på oppsett av rigg og hvordan testen skulle gjennomføres (som beskrevet under punkt 2.3.1). Testoperatørene måtte selv erfare hvordan det var å sette ut riggen, finne fisk og gjennomføre testene. Hans erfaringer er sammenfattet i resultatdelen av oppgaven.



Figur 10: Plassering av testlokalitet Gjermundnes i Vestnes kommune (Barentswatch, 2020)

Ved lokaliteten Gjermundnes var det oppdrettslaks i en merd. Denne fisken var satt ut seks dager før testen. Lokaliteten har vært brakklagt i flere måneder før dette. Merdene ble satt ut i underkant av to uker før, og fôringa startet fem dager før testene ble gjennomført.

Strømhastigheten på lokaliteten anslås å være på opp mot 20 cm/s denne dagen. Dette kan ha noe å si for hvor mye villfisk som har oppsøkt lokaliteten

2.4 Analyse av datamateriell

2.4.1 Bearbeiding av videomateriale fra test av praktisk oppsett

Videoene ble klippet opp i individuelle passeringer på 23 sekunders lengde og så videre til bildeserier på 24 bilder (ett bilde pr sekund, bilde 1 på sekund 0). ROVen passerer riggen på sekund 15 på alle videoklipp (Figur 11). Dette betyr 16 bilder før og 8 bilder etter passering.



Figur 11: Tidslinje for videoklipp

I vårt tilfelle ble all telling utført på arten sei (*pollachius virens*), da sei er den arten det er mest av i atlantehavstanken, men metoden kan brukes på ulike arter fisk. Alle som

gjennomførte tellingene, hadde god kjennskap til morfologien til sei. For å vurdere om fisken på bildet var en sei (da det var andre arter i tanken), ble det i stor grad brukt skjønn. Seien ble så merket med en rød prikk når den var telt. Dette ga en mer nøyaktig telling, og gir oss muligheten til å gå tilbake å kontrollere dataen i etterkant.

2.4.2 Sammenligning av telling mellom studenter

Dataen som ble brukt til å sammenligne tellinger mellom studentene består av 96 datapunkter, ett for hver student (vedlegg 1). For å få et visuelt bilde på forskjellene mellom studentene ble dataen fremstilt som tre kurver, én for hver student i samme diagram (Figur 13). Kurvene fremstilles her med et glidende gjennomsnitt per femte sekund. Dette bidrar til å fjerne store forskjeller i enkelttellinger og fremhever trender.

2.4.3 Fiskens reaksjon på ROV

For å vise hvordan fisken reagerer på ROVen fremstilles dataen i tre linjediagrammer (Figur 14, 15 og 16). Disse viser data for uforstyrret fisk, kjøring uten lys og kjøring med lys. Hver av linjediagrammene består av tre kurver som representerer tellingene gjort av student 1, 2 og 3. Alle tre kurvene viser data fra fire individuelle klipp, altså et gjennomsnitt av de fire datasettene (Vedlegg 2 og 3). Dette ble gjort for å jevne ut den naturlige variasjonen av fisk. X-aksen viser varighet av testen i sekund, noe som er 24 sekunder, mens Y-aksen viser antall talte fisk med et datapunkt hvert sekund.

Endringene i antall fisk presenteres også som prosentendring fra sekund 0 (Tabell 6, 7 og 8). Her er antall datapunkter halvert ved å ta gjennomsnitt av sekund 0-1, 2-3 osv. Dette gir 12 datapunkt istedenfor 24, og bidrar til å fjerne mindre variasjoner og fremheve trender. Test nr. 2 (uforstyrret fisk), 3 (kjøring uten lys) og 4 (kjøring med lys) (Figur 4) er alle fremstilt på denne måten. Det blir også vist standardavvik i test nr. 2 (uforstyrret fisk) (Figur 4). Standardavviket blir brukt for å vurdere om endringene i antall fisk forårsaket av ROVen i test nr. 3 (kjøring uten lys) og 4 (kjøring med lys) (Figur 4) er større enn den naturlige variasjonen.

2.4.4 Kamerakvalitet

For sammenligning av kameraene ble det tatt 10 like bildeutklipp fra GoProkamera festet på ROVen og ROVens kamera. Bildene er det samme utsnittet tatt på samme tidspunktet. Disse ble så talt på samme måte som de andre bildene og sammenlignet statistisk, prosentvis, spesifikasjoner til kameraene og visuelt. Dette for å gi svar på om det er en statistisk forskjell, hvor stor den statistiske forskjellen eventuelt er, hva som er ulikt og hvordan det oppleves visuelt.

2.4.5 Databehandling

For bearbeidingen av rådata ble videomaterialet klippet opp i programvaren VLC media player. Markering og telling av fisk ble gjennomført digitalt før det ble lagt inn som tall i Excel.

One-way analysis of variance (One-way ANOVA) ble brukt for å måle om det er en statistisk signifikant forskjell mellom tellingene til de tre studentene (vedlegg 4), og om det er en statistisk signifikant forskjell mellom de to kameraene (vedlegg 5) (Figur 4: Test nr.1 og Test nr.5). One-way ANOVA brukes for å bestemme om det er statistisk signifikante forskjeller mellom datasettet til to eller flere uavhengige grupper (Lærd statistics, 2020). Analysen ble utført i IBM SPSS statistics 25. For å sikre at kravene om normalfordeling og homogeneity of variances i dataseriene var oppfylt, ble det gjennomført henholdsvis Shapiro-Wilk og Kolmogorov-Smirnoff tester og Levene's test of homogeneity of variances. Begge testene ble utført med signifikans nivå på 0,05. Tukey post hoc tester ble utført for å sammenligne alle gruppene som ble brukt i de enkelte one-way ANOVA analysene når kravene var tilfredsstilt. I testen er ble det brukt standard 95% konfidensintervall.

3. RESULTATER

3.1 Test av praktisk oppsettet på oppdrettslokalitet og Atlanterhavsparken

Test nummer 1 i Figur 4. Oppsettet ble testet på matfiskanlegget Gjermundnes som vist i Figur 10 og i Atlanterhavstanken. I de to evalueringene er det fokus på hva som kan gjøres annerledes eller hva som kan bli forbedret og vi har oppsummert evalueringene fra begge testene.

Selve oppsettet og riggen var enkelt å forstå for operatørene som testet det ute ved anlegg. Det var noe knotete å finne festepunkter til riggen, men det ble løst ved å feste de til merdkanten. For å lokalisere villfisken gikk det også greit å bruke monitoren som viste bilde fra kameraet på ROVen, fremfor å bruke Wifi-kabelen. Riggen kunne med fordel hatt en sterkere farge, for å være mer synlig. Ved gjennomføring av tester i mørket kan det også være en fordel med lys på riggen. Riggen kunne vært noe større, for å ha mulighet til å øke avstandene mellom de to tauene. På denne måten ville det blitt lettere å treffe mellom tauene ved sterk strøm og man kunne også brukt en større ROV. Figur 12 viser hvordan riggen ser ut fra ROVen under testen på Gjermundnes.



Figur 12: Riggen sett fra ROVen under testen ved matfiskanlegget Gjermundnes

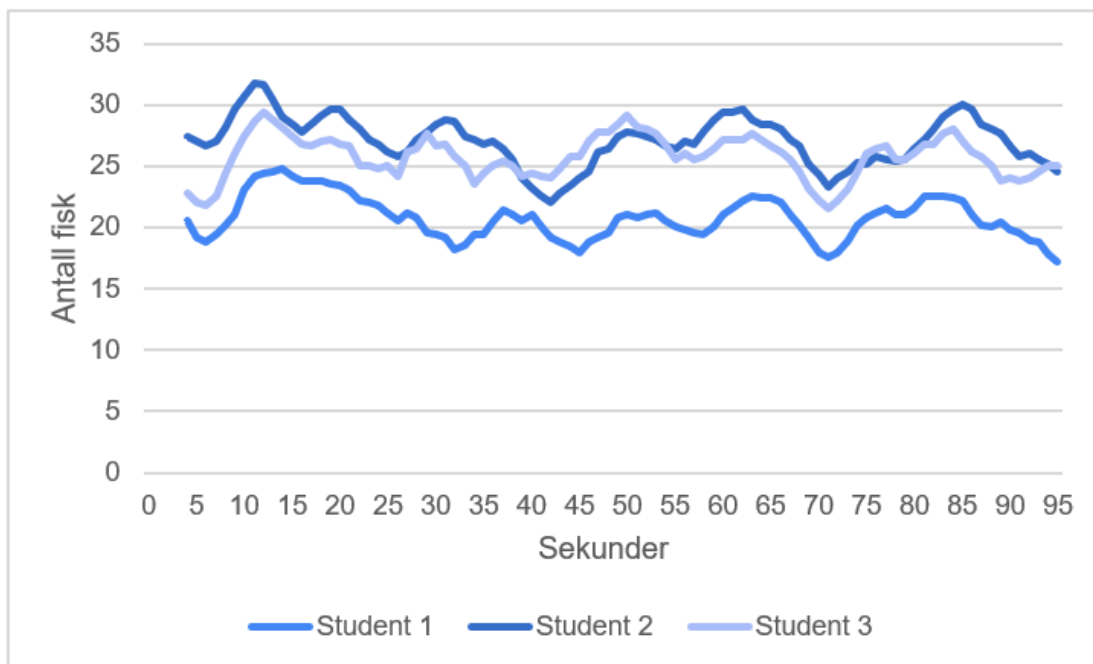
ROVen som ble brukt har noen begrensninger i hvordan den kan styres og det er vanskelig å styre den vertikalt i vannet. Den fungerte greit, men det hadde vært en fordel å ha en ROV

som kunne styres i flere retninger. ROVen har også en kabel man må ha kontroll på, for å unngå at den henger seg opp

For å gjennomføre dette forsøket er det en fordel å være to personer. Én operatør, og én person til å håndtere ledningen til ROVen.

3.2 Sammenligning av telling mellom studenter

Studentene viser lik trend i antall fisk i bildene i en kontrollperiode på 95 sekunder (Figur 13). Denne trenden er gjentakende gjennom alle forsøkene der student 1, 2 og 3 har utført samme tellinger (Figurene 14-15). Under avsnitt 3.2.2 kommer vi tilbake til hvordan trenden er mellom studentene, og at den prosentvise variasjonen fra ett sekund til ett annet er forholdsvis lik.



Figur 13: Antall fisk synlig i bildet i en uforstyrret tilstand (kontrollgruppe) per sekund for hver student.

Antall talte fisk er nesten likt mellom student 2 og 3, mens student 1 teller systematisk mindre fisk. Dette gjenspeiles også i gjennomsnittet av tidsseriene per student, som var nesten lik mellom student 2 ($27,05 \pm 2,63$) og 3 ($25,72 \pm 2,7$), men større til student 1 ($20,72$

± 2,44) som vist i Tabell 3. Standardavviket er relativt likt mellom alle, grunnet den like trenden.

Tabell 3: Gjennomsnitt og standardavvik på telling av fisk i uforstyrret tilstand (kontrollgruppe) for student 1-3

Student	Gjennomsnitt	Standardavvik
1	20,72	2,44
2	27,05	2,63
3	25,72	2,70

Det var en statistisk signifikant forskjell mellom studentene som vist i one-way ANOVA ($F(2,284) = 159,267, p = 0,000$) (Tabell 4).

Tabell 4: Resultat fra ANOVA-test på telling av fisk i uforstyrret tilstand (kontrollgruppe)

	df	F	Sig.
Between groups	2	159,257	,000
Within groups	284		
Total	286		

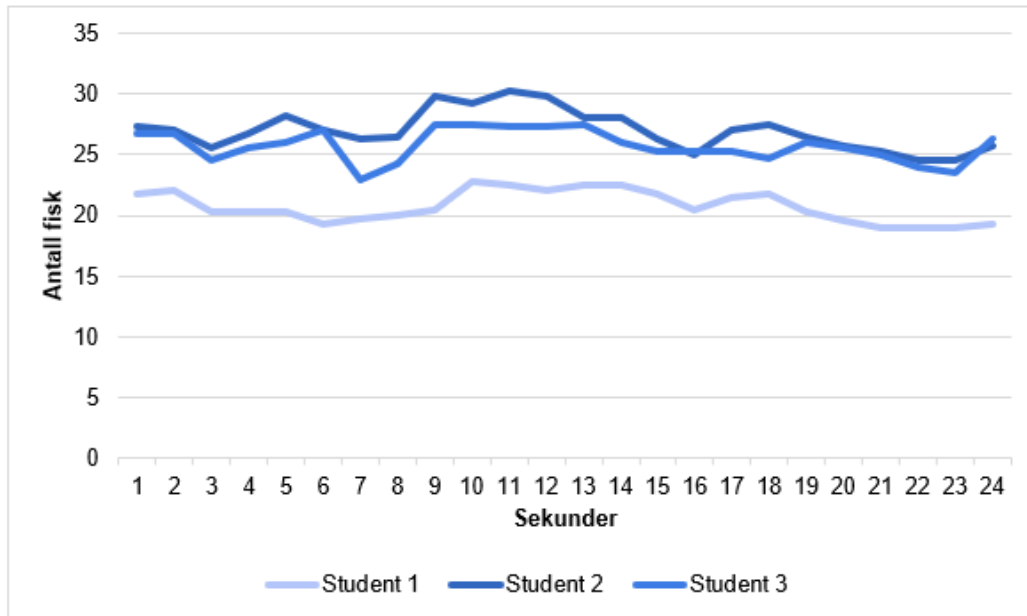
En tukey HSD test viser at det er en statistisk signifikant forskjell mellom alle tre studentene som vist i Tabell 5. (Student 1 og 2: $p=0,000$, student 1 og 3: $p=0,000$, student 2 og 3: $p=0,001$).

Tabell 5: Resultat fra tukey HSD-test på telling av fisk i uforstyrret tilstand (kontrollgruppe) for student 1-3

Studentnummer	Studentnummer	Sig.
1	2	,000
	3	,000
2	1	,000
	3	,001
3	1	,000
	2	,001

3.3 Fiskens reaksjon på ROV

Antall fisk som observeres i volumet er så å si konstant gjennom hele tidsserien i kontrollgruppen. Student 3 hadde en liten nedgang i antall talte fisk i sekund 6 og 7 (Figur 14).



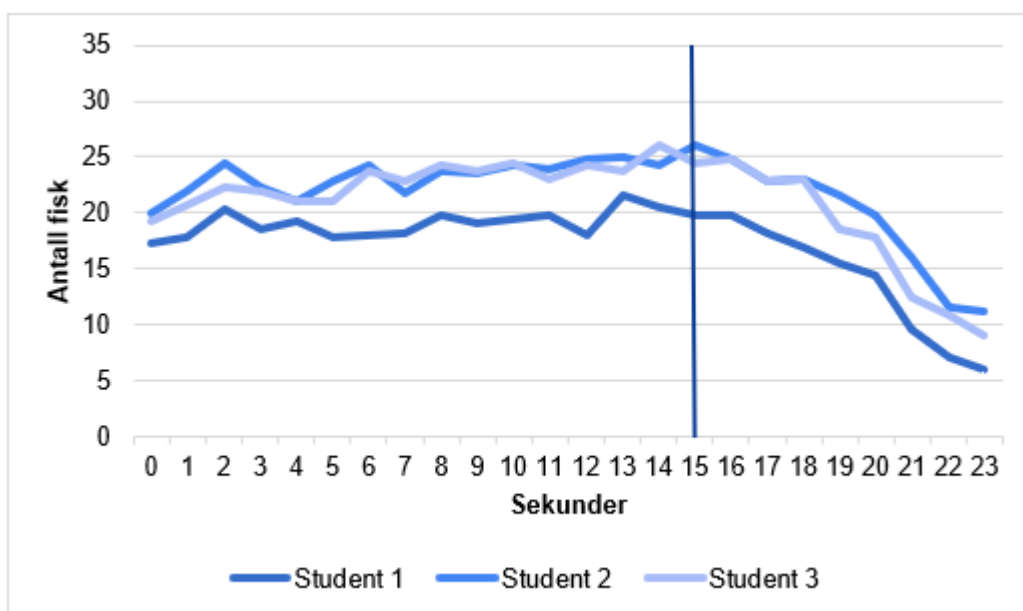
Figur 14: Antall fisk synlig i bildet i en uforstyrret tilstand (kontrollgruppe) per sekund for hver student.

Antall fisk som observeres i volumet i kontrollgruppen er så å si konstant, men varierer noe som vist i Figur 14. Den maksimale endringen i prosent utover hele tidsserien var på 16% for student 1, 19% for student 2 og 15% for student 3. Dette tilsvarer henholdsvis en variasjon på tre fisk for student 1, fem for student 2 og fire fisk for student 3 (Tabell 6). Den prosentvise endringen fra sekund 0-23 øker og minker omtrent samme sted for alle tre studentene, som gjenspeiler den jevne trenden i Figur 14.

Tabell 6: Prosentvis endring av antall fisk synlig i bildet i kontrollgruppen for student 1-3.

Sekund	Student 1		Student 2		Student 3	
	Antall	% Endring	Antall	% Endring	Antall	% Endring
0-1	22		27		27	
2-3	20	93 %	26	96 %	25	93 %
4-5	20	90 %	28	102 %	27	99 %
6-7	20	91 %	26	97 %	24	88 %
8-9	22	99 %	30	109 %	28	103 %
10-11	22	102 %	30	111 %	27	102 %
12-13	23	103 %	28	103 %	27	100 %
14-15	21	97 %	26	94 %	25	94 %
16-17	22	99 %	27	100 %	25	93 %
18-19	20	91 %	26	96 %	26	96 %
20-21	19	87 %	25	92 %	25	92 %
22-23	19	87 %	25	93 %	25	93 %

Antall fisk som observeres er jevn frem til rundt to sekunder etter passeringspunktet. Her synker antall fisk i observert vannvolum betydelig. Det er altså ingen merkbar reaksjon før i sekund 16, og den markante reaksjonen kommer ikke før i sekund 17-18 (Figur 15).



Figur 15: Antall fisk synlig i bildet i en forstyrret tilstand uten lys. Vertikal strek markerer tidspunktet der ROVen passerer riggen (krysningspunktet).

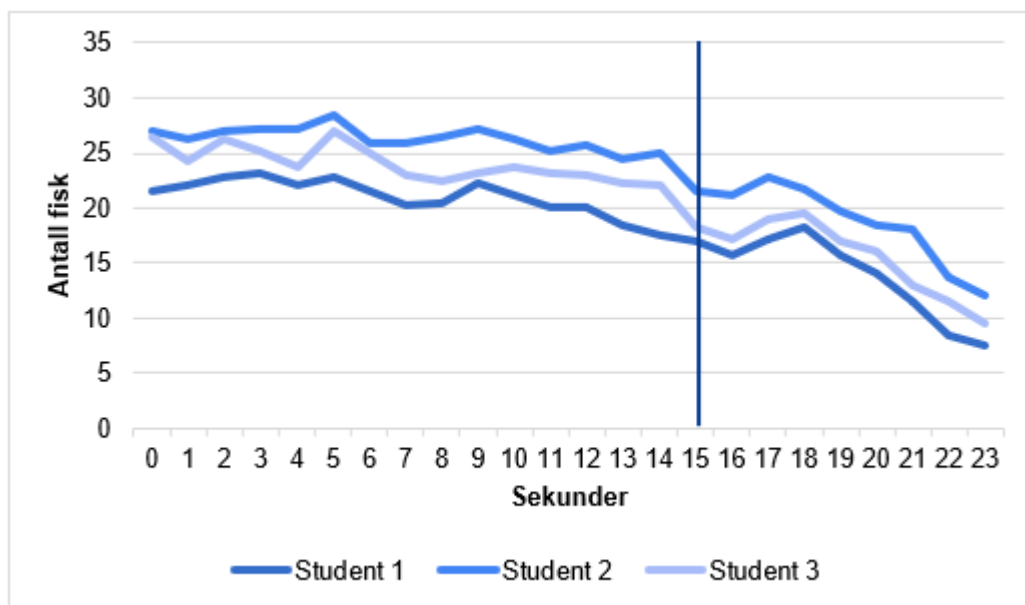
Antall fisk som observeres i volumet er så å si konstant frem til ROVen når krysningspunktet. I Tabell 7 ser vi en reduksjon på 6% for student 1, 7% for student 2 og 7% for student 3 i sekundet etter krysningspunktet (sekund 16-17). Dette tilsvarer én fisk for alle studentene, noe som ikke er mer enn normal variasjon. Den markante reaksjonen ser man først 7-8 sekunder etter ROVen har passert, da er antallet fisk så godt som halvert for alle studentene.

Det er rundt tre ganger høyere enn den maksimale variasjonen over 24 sekunder i kontrolltesten (Figur 15).

Tabell 7: Prosentvis endring av antall fisk synlig i bildet i en forstyrret tilstand uten lys for student 1-3

Sekund	Student 1		Student 2		Student 3	
	Antall	% Endring	Antall	% Endring	Antall	% Endring
0-1	18		21		20	
2-3	19	111 %	23	111 %	22	111 %
4-5	19	106 %	22	104 %	21	105 %
6-7	18	104 %	23	110 %	23	116 %
8-9	19	111 %	24	113 %	24	120 %
10-11	20	112 %	24	115 %	24	119 %
12-13	20	113 %	25	118 %	24	120 %
14-15	20	115 %	25	120 %	25	126 %
16-17	19	109 %	24	113 %	24	119 %
18-19	16	93 %	22	106 %	21	104 %
20-21	12	69 %	18	85 %	15	76 %
22-23	7	37 %	11	54 %	10	49 %

Trenden er lik mellom studentene, med et relativt jevnt antall fisk i observert vannvolum over de første 14 sekundene. Deretter blir det observert mindre fisk over tid for alle studentene, med en rask nedgang av antall fisk for student 2 og 3, mens en mer jevn nedgang for student 1. Så øker antall fisk i 1-2 sekunder etter krysningstidspunktet før det igjen blir en rask nedgang i antall fisk mot slutten av tidsserien (Figur 16).



Figur 16: Antall fisk synlig i bildet i en forstyrret tilstand med lys. Vertikal strek markerer tidspunktet der ROVen passerer riggen (krysningstidspunktet).

Antall fisk som observeres i volumet er konstant frem til sekundet før krysningspunktet. I den prosentvise endringen som vist i Tabell 8 reduseres prosenten med 21% for student 1, 13% for student 2 og 21% for student 3 i sekundet før krysningspunktet (sekund 14-15). Dette tilsvarer 5 fisk for student 1, 4 fisk for student 2 og 5 fisk for student 3, som kan tilsvare en normal variasjon. Den markante reaksjonen ser man først 6-7 sekunder etter ROVen har passert, da er antallet fisk som observeres minnet med 30-40% for alle tre studentene, noe som er under den normale variasjonen. Økningen vist i sekund 16-18 i Figur 16 ser ikke ut til å avvike fra normalen i antall fisk og prosentvis endring i Tabell 8.

Tabell 8: Prosentvis endring av antall fisk synlig i bildet i en forstyrret tilstand med lys for student 1-3

Sekund	Student 1		Student 2		Student 3	
	Antall	% Endring	Antall	% Endring	Antall	% Endring
0-1	22		27		25	
2-3	23	106 %	27	102 %	26	101 %
4-5	22	103 %	28	105 %	25	100 %
6-7	21	96 %	26	98 %	24	95 %
8-9	21	98 %	27	101 %	23	90 %
10-11	21	95 %	26	97 %	24	93 %
12-13	19	89 %	25	94 %	23	89 %
14-15	17	79 %	23	87 %	20	79 %
16-17	17	76 %	22	83 %	18	71 %
18-19	17	78 %	21	78 %	18	72 %
20-21	13	59 %	18	69 %	15	57 %
22-23	8	37 %	13	48 %	11	41 %

3.4 Kamerakvalitet

Det var stor forskjell i gjennomsnitt og standardavvik mellom bilder fra kamerariggen og bildene fra ROVens kamera (Tabell 9). GoPro (1) ($14,2 \pm 4,54$) og ROV (2) ($6,6 \pm 3,2$). I bildene fra GoPro ble det telt mer enn dobbelt så mange fisk, og standardavviket er på rundt $\frac{1}{3}$ av gjennomsnittet. Det er enda høyere for ROVen med standardavvik på rundt $\frac{1}{2}$ av gjennomsnittet.

Tabell 9: Gjennomsnitt og standardavvik for antall fisk synlig i de to ulike kameraene

Kamera	Gjennomsnitt	Standardavvik
GoPro (1)	14,2	4,54
ROV (2)	6,6	3,2

Det var en statistisk signifikant forskjell mellom antall fisk som var synlig i bildene fra de forskjellige kameraene ($F(1,18) = 18,70, p = 0,000$) (Tabell 10).

Tabell 10: Resultat fra ANOVA-test på antall fisk synlig i de to ulike kameraene

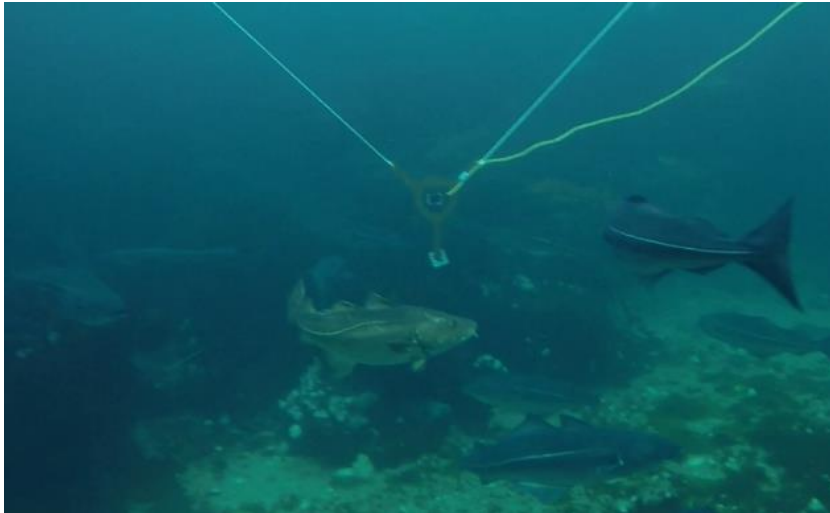
	df	F	Sig.
Mellom grupper	1	18,699	,000
Innenfor grupper	18		
Total	19		

Tabell 11 viser en systematisk forskjell i antall synlige fisk og den prosentvise forskjellen er hele 46%.

Tabell 11: Antall fisk synlig i de to ulike kameraene.

Bilde	ROV	GoPro
1	8	20
2	5	9
3	9	18
4	6	12
5	7	12
6	4	16
7	6	12
8	4	9
9	3	12
10	14	22
GJ.Snitt	6,6	14,2
Forskjell i prosent		46 %

Figur 17 og 18 viser forskjellene på kvaliteten mellom de to kameraene, og det er tydelig forskjell på hvor godt man ser detaljene når man sammenligner dem. Bildene er tatt på samme tidspunkt med en avstand på 5,3 meter fra riggen, basert på en gjennomsnittsfart på 0,76 m/s. Forskjellen mellom kameraenes spesifikasjoner er oppløsningen (Tabell 12). ROV har en dårligere oppløsning enn GoPro, noe som gir mindre detaljerte bilder og vi ser også i Figur 18 at ROVen har dårligere kontrast og dårligere fargebalanse. Dette har betydning for hvor lang sikt kameraene har, og gjør GoPro i stand tid å se fisk på lengere avstand enn ROVen. For at resultatet fra metoden skal bli riktig må kamerariggen og UUVen ha tilnærmet like spesifikasjoner.



Figur 17: Bildeutklipp fra GoPro



Figur 18: Bildeutklipp fra ROV

Tabell 12: Sammenligning av to sentrale spesifikasjoner

Kamera	Oppløsning	Frames per second (FRP)
ROV	700HD	30
GoPro	4K	30

4. DISKUSJON

4.1 Materiale og metode

4.1.1 Bakgrunn for praktisk oppsett

For å finne frem til alternative observasjonsverktøy for innsamling av data, så vi på tidligere brukte materialer og metoder. Disse ble vurdert opp mot våre kriterier, kunnskap fra litteratur og andres erfaringer med dem (for eksempel (Dempster et al., 2004, Valle et al., 2007, Dempster et al., 2009, Uglem et al., 2009, Sudirman et al., 2009, Goodbrand et al., 2013, Nian et al., 2013, Marini et al., 2018))

Ideelt sett burde alle observasjonsverktøyene vært testet før vi tok beslutning om å bruke eksternt kamera. Grunnen til at dette ikke ble gjort er at dette hadde krevd mye tid og ressurser, noe som ikke var tilgjengelig i denne oppgaven. I tillegg oppstod det utfordringer forbundet med Corona pandemien. Begrensningene på matfiskanlegg gjorde det vanskelig å gjennomføre testene. På grunnlag av våre erfaringer mener vi at valget med å bruke eksternt kamera var riktig. Det eksterne kameraet var enkelt å bruke, ga god data og var lite ressurskrevende. Den største svakheten til dette observasjonsverktøyet er at det er stasjonært. Dette betyr at det trolig ikke vil fungerer særlig godt til observasjon av bunnlevende fisk. Denne fisken er generelt sett mer stasjonær enn pelagisk fisk, noe som betyr at man i større grad må oppsøke den.

For å velge retningen ROven skulle passere kamerariggen på ble det utført tester på matfiskanlegg. Valget om å starte bak riggen ble tatt på grunnlag av egne erfaringer fra denne testen. Den største svakheten med kjørebanelen er at det er vanskelig å beregne avstand fra riggen til fisken. I denne studien hadde vi ingen verktøy montert på riggen som kunne gi informasjon om avstand, noe som hadde vært ønskelig. Dette gjør at testen forteller noe om endring i totalt antall fisk i bildet, men lite om hvor i bildet reaksjonen skjer. Det er mulig å beregne avstand til fisken om man har informasjon om fiskens størrelse, og ved hjelp et forholdstall regne ut avstanden. Avstanden mellom de to laserene på ROven kan også brukes til å beregne dette. Problemet er at det er vanskelig å treffe fisken med laseren og det er ressurskrevende å analysere og beregne størrelsen på fisken. Ved å kjøre fra siden vil man lettere kunne se avstand mellom fisk som reagerer og ROven, men som nevnt i "valg av

retning på kjørebane” vil man da få problemer med å observere samme vannvolum. Det er mulig at en annen type ROV har utstyr (annen vinkling på kamera, annen måte å styres etc.) som ville gjort det mulig å velge andre kjørebaner. Hvordan vi valgte å passere riggen var basert på utformingen til riggen. Det var ønskelig å passere riggen der ROVen var nærmest mulig kameraet i senter av den. I vårt tilfelle var dette over riggen, men i tilfeller hvor riggen har en annen utforming vil dette muligens være annerledes.

Vi fant at metoden var godt egnet til å dokumentere om ROVen skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før fisken kan identifiseres og telles gjennom ROVens kamera. Metoden ga også god informasjon om når fisken reagerte, og hvor kraftig reaksjonen var. Den største svakheten med metoden er som nevnt å vurdere avstand fra riggen til fisken. Dette ville vært svært nyttig å ha informasjon om, dersom det hadde vært en betydelig reaksjon hos fisken før ROVen passerte riggen. Ved å ha informasjon om avstand til fisk som reagerte kunne man lettere avgjort om denne blir observert av ROVen før den forsvinner.

4.1.2 Innhenting og analyse av data

Prosessen med å klippe video, telle fisk og legge in tall i Excel var ikke komplisert, men tidkrevende. Det ble talt fisk på om lag 280 bilder, noe som tok cirka åtte timer per student. På alle bilder fra de ulike passeringen ble sei identifisert, prikket ut og talt og fisken ble i stor grad identifisert på bakgrunn av skjønn. Vi kunne valgt å definere faste kjennetegn, som seiens hvite sidestripe, og bruke dette som et kriterium for å telle sei, men vi konkluderte med at det ville gi for store mørketall. Seien svømte ofte i klynger, noe som kan antas å være tilfelle i mange situasjoner der en skal observere stimfisk. Dette er i alle fall tilfelle ved oppdrettsanlegg for laksefisk i mange deler av Norge (Sæther et al., 2012). Når fisken sto tett eller befant seg langt bak i bildet blir det nødvendig å bruke skjønn. I noen tilfeller kan usikkerheten oppklares ved å se på video fra det aktuelle klippet, men dette vil være svært tidkrevende. Ulempen med så få kriterier for tellingen er at det kan oppstå større variasjon fra person til person, enn ved flere faste kriterier.

En alternativ måte å behandle datasettene på er å måle fiskens reaksjoner. Dette ser vi har blitt gjort i en annen undersøkelse hvor interaksjonen mellom undervannsfartøy og villfisk ble observert (Laiding et al., 2013). Dette kunne gitt en bedre og dypere forståelse av detaljene i hvordan ROVen påvirker fisken. I denne undersøkelsen observerte vi ikke

stillestående bunnfisk, men pelagisk stimfisk. Disse er i konstant bevegelse, noe som gjør det vanskeligere å definere en reaksjon. Å se på detaljerte reaksjoner var heller ikke målet med oppgaven, men heller å dokumentere om ROVen skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera. Den bunnlevende fisken er generelt sett i mindre bevegelse og færre i antall, dette gjør det betydelig lettere å definere reaksjoner. Vi mener at telling egner seg best til observasjon av aktiv pelagisk fisk, mens observasjon av reaksjoner passer bedre til passiv bunnfisk.

Vi valgte å klippe ut et bilde per sekund i 23-sekunders intervall fra 15 sekunder før ROVen passerte riggen til 8 sekunder etter passering. Dette ga om lag 11 meter avstand fra ROVens startpunkt, frem til riggen. Ut fra vår erfaring, er dette tilstrekkelig lengde for å fange opp reaksjonen til fisken. Ønsker en å finne ut når fisken trekker tilbake til området etter passering, bør en la filmen gå noe lengere i etterkant, enn hva vi gjorde. Ett sekund per bilde mener vi er en grei intervall å bruke, da fisken ikke gjorde veldig kjappe bevegelser.

4.2 Resultat

4.2.1 Test av praktisk oppsett på oppdrettslokalitet og Atlanterhavsparken

I denne studien ble det benyttet en Deep Trekker DTG2. Ifølge oppdrettere er denne typen drone som benyttes av fiskehelsebiologer når de besøker anleggene. I denne oppgaven brukte vi ROV som proxy for alle typer UUVer, men i fremtiden kan det tenkes at AUVer i større grad vil ta over for ROVer som betyr at testene må kunne overføres til AUV. Det er foreløpig mye utvikling som gjenstår før AUVer kan ta over for ROVer, blant annet må det på plass teknologi som gir AUVene lengre operasjonstid. Eksempelvis kan ladestasjon være et slik fremmskritt (Li et al., 2017). Dette vil bidra til å redusere mengden arbeidskraft som kreves for å drifte den, og dermed gjøre AUVen billigere i drift.

Hverken studentene eller operatørene hadde særlig erfaring med bruk av ROV, men til tross for dette tok det ikke lang tid å sette seg inn i bruken. Etter å ha kjørt ROVen ved matfiskanlegg og Atlanterhavsparken ser vi at ROVen har enkelte svakheter og begrensninger. Det kom tydelig frem ved matfiskanlegget at det var vanskelig å orientere seg. utfordringen var å finne holdepunkter å orientere seg etter og kort sikt i kombinasjon med

svært dårlig bildekvalitet, noe som er normalt for optiske kameraer under vann (Nian et al., 2013), gjorde orienteringen utfordrende. En kombinasjon av bedre kamera og horisontale propeller kunne løst disse problemene. Horisontale propeller ville gjort det mulig å ha kameraet orientert mot notveggen, og brukt denne som et referansepunkt når ROVen dykket. Ofte er slike ROVer betydelig større og tyngre en ROVen brukt i denne studien, men det finnes også mindre ROVer som er utstyrt med horisontale propeller.

Når man bruker en ROV vil man være avhengig av en ledning som sender signaler fra ROVen til monitoren. I vårt tilfelle hadde ledningen en tendens til å vikle seg inn i forankringstauene og dette er noe man må ta hensyn til når man velger kjørebane og plassering av rigg. Dette vil ikke være et problem ved bruk av AUV, da de er helt automatiserte. I stedet for en manuell operatør, orienterer AUV seg etter SONAR (Stutters et al., 2008, Paull et al., 2014, Karimanzira et al., 2014). Dette vil sannsynlig gjøre dem mer egnet til bruk rundt undervannsinstallasjoner, men det er også mulig å utstyre kamerariggen med optisk eller akustisk markør, som gjør det mulig for AUVen å navigere rundt riggen.

Det er mange måter å utforme en kamerarigg på som vil oppfylle kriteriene satt i Tabell 2. Utformingen som er brukt i denne studien er et eksempel på hvordan det kan gjøres. Det kan tenkes at mer avansert kamerautstyr eller bruk av større ROV ville ført til forandringer på riggen. Mest sannsynlig ville det vært nødvendig med større rigg, tyngre lodd og en form for vanntett boks for kamerautstyret. Riggen kunne med fordel vært utformet med tanke på dette, men det ville stilt andre krav til materiale, og gjort håndtering av riggen vanskeligere. Med oppsettet som ble brukt, var det enkelt å klargjøre riggen med to personer, og med små justeringer ville det trolig vært mulig å gjøre det med en person. Justeringer som kunne vært gjort er forbedring eller fjerning av Wi-Fi kabelen. Selv om denne er viktig for å få direkte bilder fra riggen kreves det en person til å håndtere denne. Vi ser også at riggen kunne ha hatt en sterkere farge slik at den blir mer synlig. Montering av lys er ett godt innspill fra testoperatøren. Dette ville gjort riggen mer synlig og kunne vært til stor hjelp som et referansepunkt for å orientere ROVen. Det bør påpekes at man på forhånd bør undersøke om dette kan virke skremmende på fisken.

4.2.2 Sammenligning av telling mellom studenter

Student 2 og 3 har veldig likt gjennomsnitt og standardavvik, mens resultat for antall fisk i hvert bilde er tydelig lavere for student 1 (Figur 14-17). Likevel er det en statistisk signifikant forskjell i tellingen mellom alle studentene (Tabell 4). En årsak til avviket kan være en ulik oppfatning av hva som med sikkerhet kan sies å være en sei. I denne testen hadde alle studenter et likt erfaringsgrunnlag i å observere villfisk, men det trenger ikke alltid å være tilfellet. Når man baserer telling på skjønn er erfaring en viktig faktor, og man ser tydelige forskjeller når en sammenligner to personer med ulik erfaring (Ierodionou et al., 2011). For en mer nøyaktig telling kunne man hatt flere kriterier til hvilken fisk som skulle telles. Går vi tilbake og sammenligner tellinger av samme bildet, ser vi at det er avvik mellom studentenes tall. For eksempel kan ett kriterium være at den hvite streken til seien må vises, for at man skal telle den med. Til tross for faste kriterier kan man ikke utelukke at forskjellige personer vurderer ulikt.

Alle studentene har utført tellingen på sine private PCer. Ulik skjermkvalitet kan ha en innvirkning på resultatet på samme måte som ulik kamerakvalitet under observasjon. For et likere sammenligningsgrunnlag kunne tellingen vært utført med samme type skjerm. Dette blir enda en faktor som gir individuelle variasjoner. Dette kan bety at dersom en annen person tar over tellingen halvveis i et datasett vil resultatet bli feil. En økning/nedgang i antall fisk vil kunne skyldes ulik tellemåte, og ikke en reaksjon hos fisken. Dette vil ikke være et problem så lenge en person teller hele datasettet. I Figur 14, 15 og 16 ser man ulikhet i antall fisk talt av student 1, 2 og 3, altså ulikt antall fisk, men lik trend. Metoden kan også brukes til å se på variasjoner mellom personer. Om mange personer teller samme datasett kan man si noe om variasjonen mellom dem. Disse tallene kan så brukes til å vurdere om to ulike studier fant ulike resultater, eller om dette kan være et resultat av ulikheter i tellinger

4.2.3 Fiskens reaksjon på ROV

I gruppen med uforstyrret fisk ser vi at det er en naturlig variasjon på 3-5 fisk (og et standardavvik på mellom 2,4-2,7 fisk, Tabell 3) over en tid på 95 sekunder. Dette tilsvarer henholdsvis 16% og 3 fisk for student 1, 19% og 4 fisk for student 2, 15% og 5 fisk for student 3 (Tabell 6).

Når vi sammenligner kontrollgruppen med forsøket uten lys, er det ingen avvik fra normalen før 5-6 sekunder etter at ROVen har passert krysningpunktet for student 1 og 3. På det punktet er det 31% mindre fisk for student 1 og 24% mindre fisk for student 3. For student 2 er det ingen avvik fra normalen før 7-8 sekunder etter krysningpunktet, men her observeres det hele 45% mindre fisk, som kan fortelle at fisken forsvinner raskt når den først reagerer (Tabell 6)

I forsøket med lys er det en reduksjon i antall fisk som tangerer normalen ved krysningpunktet. I sekund 14-15 er det 21% mindre fisk for student 1, 13% for student 2 og 21% for student 3 (Tabell 7). Dette utgjør 5 fisk for student 1, 4 for student 2 og 5 for student 3. Sammenlignet med kontrollgruppen og standardavvik er det ikke avvik fra normalen. I akvariet som vist i Figur 10 er det begrenset med fluktveier for fisken, og det kan tenkes at noe fisk trenges mot akvarieveggen før den snur og kommer tilbake i volumet som observeres før den svømmer andre veien. Sikten på kamerariggen rekker ikke helt frem til akvarieveggen, så fisken i dette området blir ikke observert. En slik adferd kan forklare det lille oppsvinget i fisk som kommer like etter krysningpunktet som vist i Figur 17. Det kan altså se ut som at kjøringene med lysene skremmer fisken noe mer enn kjøringene uten lys. Det trengs et bredere datagrunnlag for å si dette med sikkerhet, men det noe som bør undersøkes videre.

Skulle det oppstå en reaksjon som er større enn hva man ser i normaltilstanden, før ROVen passerer kamerariggen (krysningpunktet), bør man gjøre ytterligere undersøkelser. Dette kan bety at fisken forsvinner ut av ROVens synsfelt før den blir observert. For å bekrefte eller avkrefte dette kan man sammenligne bildene fra ROVen med bildene fra kamerariggen. Man ønsker da å finne tidspunktet reaksjon oppstår på, og sammenligner bildene på dette tidspunktet. Først ser man på kamerariggen og identifiserer fisken som reagerer på ROVen. Videre ser man på bildene fra ROVen for å bekrefte eller avkrefte om denne fisken blir fanget opp. Blir fisken fanget opp av ROVen og man ønsker å bruke ROVen til observasjon av fisk, er det enkelte ting man bør tenke på. For eksempel hvis man ser en reaksjon tre meter foran ROVen vil ikke det som skjer mellom ROVen og ut til dette punktet være representativ for normaltilstanden. Dette er noe man må ta høyde for om man for eksempel ser på antall fisk i et gitt volum.

Fisken i Atlanterhavstanken er fanget vill, men er vant til å bli matet av dykkere hver dag. Dette kan ha gjort fisken mer vant til forstyrrelser noe som kan være en grunn til at den ikke skremmes så lett. Dykkeren bruker derimot ikke lys, så de sterke lysene er helt ukjent for fisken. Dette kan være noe av årsakene til at fisken muligens får en større reaksjon på ROV med lys en ROV uten lys. Det er viktig huske at målet med oppgaven var å utvikle en metode til å observere fiskens reaksjon på ROVen, og til dette formålet fungerte testene på Atlanterhavstanken svært bra.

4.2.4 Kamerakvalitet

Det var store variasjoner i kamerakvaliteten mellom de to ulike kameraene i denne studien. Alle bildene er tatt på samme dag i akvariet. Det kan være forskjell på sikten og egenskapene til lyset i vannet som gjør at kameraet fungerer dårligere eller bedre denne dagen sammenlignet med andre dager (Nian et al., 2013, Otremba and Piskozub, 2001). Ideelt skulle det vært gjort tester i ulike årstider da det er forskjell i for eksempel lys og algeoppblomstring. Det kan også være nødvendig å sjekke at kameraet man bruker egner seg til bruk i tiltenkt vann, i en gitt årstid. Hensikten med sammenligningen var å få en indikasjon på om det kan forventes signifikante forskjeller i vanlige kameratyper, og eventuelt hvor store forskjellene vil være basert på de to kameraene benyttet i denne studien. Vi ser at ROVen sitt kamera viser nesten 50% mindre fisk som vist i Tabell 10. Det er viktig at man har lik kvalitet og sikt på kameraet på riggen og UUVen for å ha likt utgangspunkt når man skal sammenligne ROVens synsfelt med kamerariggen. Ulik kamerakvalitet kan altså føre til at man ikke fanger opp fisken på ROVen før reaksjonen skjer. Den nyeste utgaven av Deep Trekker, DTG3 er utstyrt med ett 4K kamera, som har lik oppløsning som GoPro (Deep trekker, 2020b).

4.3 Bekrefte eller avkrefte hypoteser

4.3.1 Hypotese 1

Undervannsdronen brukt i denne testen vil skape reaksjoner som får fisk til å trekke seg unna, men ikke før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.

Svar: Hypotesen bekreftes i denne studien. Undervannsdronen brukt i denne studien skapte reaksjoner som fikk fisken til å trekke seg unna, men ikke før den ble observert i UUVens synsfelt.

4.3.2 Hypotese 2

Undervannsdronen brukt i denne testen vil med og uten bruk av lys forårsake ulike reaksjoner på fisken den kjører mot.

Svar: Hypotesen avkreftes delvis i denne studien. Undervannsdronen brukt i denne studien forårsaket en noe ulik reaksjon med og uten lys, men ikke så store reaksjoner at det avviker fra kontrollgruppen.

4.3.3 Hypotese 3

Det er en signifikant forskjell i gjennomsnitt antall telte fisk i bilder av en spesifikk art mellom forskjellige operatører ved manuell telling.

Svar: Hypotesen bekreftes i denne studien. Det er en vesentlig forskjell i gjennomsnitt telte fisk i bilder av en spesifikk art mellom forskjellige operatører ved manuell telling i denne studien.

4.3.4 Hypotese 4

Kamerakvalitet påvirker antall fisk som kan telles i et gitt bilde.

Svar: Hypotesen bekreftes i denne studien. Kamerakvaliteten på kameraene brukt i denne studien påvirker antall fisk som kan telles i et gitt bilde i forskjellig avstand fra kameraet.

4.4 Veileder for å undersøke i hvilken grad bilder fra undervannsfartøy kan brukes til å kartlegge fisk

Som et resultat av denne studien, og erfaringer gjort, er det utarbeidet en veileder (vedlegg 6). Denne forklarer hvordan man kan utføre det praktiske oppsettet og analysere dataen. Den forklarer også hva man skal gjøre dersom UUVen skaper reaksjon hos fisken før krysningpunktet. Det ble ikke aktuelt i denne studien, men det kan være tilfellet i andre situasjoner eller ved bruk av andre UUVer. Tanken er at andre kan bruke denne veiledningen til å undersøke sin UUV på en enkel og resurseffektiv måte. Ut ifra våre resultater og erfaringer mener vi at denne veilederen er et svært godt verktøy for å dokumentere om UUVer skaper reaksjoner som får villfisk til å trekke seg unna før de kan identifiseres og telles gjennom UUVens kamera.

4.5 Implikasjoner til videre arbeid

På grunn av begrensninger og tidsperspektiv har denne studien noen begrensninger i omfang. Skulle en gått videre med dette arbeidet, ville det neste steget vært å gjøre det samme forsøket som i Atlanterhavsparken på villfisk. Etter hvert kunne man utvidet til å teste med ulike UUVer for å sammenligne resultater. Å se mer på reaksjonen med lys ville også vært interessant, for å se hvor stor forskjellen er med og uten lys. En sammenligning med manuell telling og maskintelling kunne også gitt et bilde på i hvor stor grad kunstig intelligens kan utføre samme oppgave. Dette er viktig for å i fremtiden kunne kartlegge villfisk i en større skala. Det kunne også vært ønskelig å sjekke kamerakvaliteten på ulike årstider for å se hvor stor forskjell vannkvaliteten utgjør på sikten i det digitale bildet.

5. KONKLUSJON

Denne oppgaven har utviklet en metode som vil kunne være med å samle datagrunnlaget som trengs for å vurdere hvor egnet UUV er som observasjonsverktøy for å kartlegge villfisk. Den er fleksibel, enkel å gjennomføre og lite ressurskrevende. Resultatet fra telling mellom operatører og ulik kamerakvalitet indikerer at databehandlingen bør utføres av samme operatør og at kameraene brukt i oppsettet bør ha samme spesifikasjoner. Resultatene fra selve gjennomføringen av metoden gir lovende resultater. Reaksjonene som forårsakes av forøkets UUV skjer ikke før etter at fisken er blitt identifisert og telt. Vi ser derimot en noe ulik reaksjon på fisken med og uten bruk av lys, men det har ingen utslag på kartleggingen. Forskjellen legitimerer fortsatt for behovet av flere undersøkelser. Metodens veileder vil være relevant for alle som vurderer å bruke UUV som et observasjonsverktøy for villfisk, som for eksempel ved overvåkning av smoltutvandring, gyteområder og vandringsmønstre.

6. REFERANSELISTE

- AKVA GROUP. 2020. *Den moderne løsningen for inspeksjon og vedlikehold* [Online]. Available: <https://www.akvagroup.com/merdbasert-oppdrett/rov> [Accessed 04.02 2020].
- AKVAKULTURLOVEN. 2005. *Lov om akvakultur* [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79> [Accessed 15.03 2020].
- AUNSMO, A., VALLE, P. S., SANDBERG, M., MIDTLYNG, P. J. & BRUHEIM, T. 2010. Stochastic modelling of direct costs of pancreas disease (PD) in Norwegian farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Preventive Veterinary Medicine*, 93, 233-241.
- BARENTSWATCH. 2020. *Fiskehelse* [Online]. Available: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/locality/13852/2020/18> [Accessed 03.05 2020].
- BERGH, Ø., BJØRN, P. A., JANSEN, P., JENSEN, I., JOHANSEN, L.-H. & MIKKELSEN, H. 2011. *Smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk - hva vet vi?* [Online]. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Available: https://imr.brage.unit.no/imr-xmloi/bitstream/handle/11250/106963/Smitte_kunnskapsstatus_FHF-rapport_2011.pdf?sequence=1 [Accessed 12.05 2020].
- BLUE OCEAN MONITORING. 2019. *L3Harris Technologies Iver3* [Online]. Available: <https://www.offshore-mag.com/subsea/article/14068322/blue-ocean-monitoring-expands-auv-fleet> [Accessed 15.04 2020].
- BOLSTAD, B. T. & SENSTAD, K. 2017. *Omfanget av indirekte kostnader ved lakselusbehandling*. [Online]. Vitenskapet. Available: <https://docplayer.me/69984014-Omfanget-av-indirekte-kostnader-ved-lakselusbehandling.html> [Accessed 12.05 2020].
- CHASING-INNOVATION CO., L. 2019. *Gladius Mini Underwater Drone* [Online]. Available: <https://www.chasing.com/gladius-mini.html> [Accessed 20.04 2020].
- COLQUHOUN, D., GARSETH, Å.-H., GUDDING, R., HELGESEN, K. O., HOLST-JENSEN, A., LILLEHAUG, A., LØKKA, G., MO, T. A., QVILLER, L. & SKAAR, I. 2018. *Smitte mellom oppdrettsfisk og villfisk: Kunnskapsstatus og risikovurdering* [Online]. Norge: Veterinærinstituttet. Available: <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2018/smitte-mellom-oppdrettsfisk-og-villfisk-kunnskapsstatus-og-risikovurdering> [Accessed 04.02 2020].
- DEEP TREKKER. 2020a. *DeepTrekker DTG2 Worker, ROV* [Online]. Available: <https://ocean-innovations.net/companies/deep-trekker/products/dtg2-worker/> [Accessed 09.05 2020].
- DEEP TREKKER. 2020b. *DTG3 ROV* [Online]. Deep Trekker. Available: <https://www.deeptrekker.com/products/underwater-rov/dtg3> [Accessed 21.05 2020].
- DEMPSTER, T., SANCHEZ-JEREZ, P., BAYLE-SEMPERE, J. & KINGSFORD, M. 2004. Extensive Aggregations of Wild Fish at Coastal Sea-Cage Fish Farms. *Hydrobiologia*, 525, 245-248.
- DEMPSTER, T., UGLEM, I., SANCHEZ-JEREZ, P., FERNANDEZ-JOVER, D., BAYLE-SEMPERE, J., NILSEN, R. & BJØRN, P. A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series*, 385, 1-14.

- DN. 2019. *Gir oppdrettsbransjen en lusing for 5,2 milliarder* [Online]. Dagens næringsliv. Available: <https://www.dn.no/havbruk/gir-oppdrettsbransjen-en-lusing-for-52-milliarder/2-1-658103> [Accessed 13.03 2020].
- ELIBOL, A., GRACIAS, N. & GARCIA, R. 2010. Augmented state–extended Kalman filter combined framework for topology estimation in large - area underwater mapping. *Journal of Field Robotics*, 27, 656-674.
- FISKERIDIREKTORATET. 2020. *Kapasitetsjustering / trafikklyssystemet 2020* [Online]. Fiskeridirektoratet. Available: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kapasitetsjustering-trafikklyssystemet> [Accessed 12.05 2020].
- FN. 2020. *FNs bærekraftsmål* [Online]. Available: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal> [Accessed 01.05 2020].
- FORSKRIFT OM TILTAK FOR Å FOREBYGGE, B. O. B. P. H. A. 2017. *Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr* [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-08-29-1318?q=PD> [Accessed 12.05 2020].
- GOODBRAND, L., ABRAHAMS, M. V. & ROSE, G. A. 2013. Sea cage aquaculture affects distribution of wild fish at large spatial scales. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70, 1289-1295.
- GOPRO. 2020. *Product Manuals* [Online]. Available: <https://gopro.com/help/productmanuals> [Accessed 09.05 2020].
- HANDEGARD, N. O. 2007. Observing individual fish behavior in fish aggregations: tracking in dense fish aggregations using a split-beam echosounder. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 122, 177-187.
- IERODIACONOU, D., MONK, J., RATTRAY, A., LAURENSEN, L. & VERSACE, V. L. 2011. Comparison of automated classification techniques for predicting benthic biological communities using hydroacoustics and video observations. *Continental Shelf Research*, 31, S28-S38.
- KARIMANZIRA, D., JACOBI, M., PFÜTZENREUTER, T., RAUSCHENBACH, T., EICHHORN, M., TAUBERT, R. & AMENT, C. 2014. First testing of an AUV mission planning and guidance system for water quality monitoring and fish behavior observation in net cage fish farming. *Information Processing in Agriculture*, 1, 131-140.
- KULBICKI, M. & SARRAMÉGNA, S. 1999. Comparison of density estimates derived from strip transect and distance sampling for underwater visual censuses: a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. *Aquatic Living Resources*, 12, 315-325.
- LAIDING, T. E., KRIGS, A., LISA M. & YOKLAVICH, M. M. 2013. Reactions of fishes to two underwater survey tools, a manned submersible and a remotely operated vehicle. *Fishery Bulletin*, 111, 54-67.
- LAKSELUSBEKJEMPELSE, F. O. 2013. *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140?q=lakselus> [Accessed 30.04 2020].

- LI, X., NISHIDA, Y., MYINT, M., YONEMORI, K., MUKADA, N., LWIN, K. N., TAKAYUKI, M. & MINAMI, M. Dual-eyes vision-based docking experiment of AUV for sea bottom battery recharging. *OCEANS 2017 - Aberdeen*, 19-22 .06.2017 2017 IEEE. 1-5.
- LÆRD STATISTICS. 2020. *One-way ANOVA in SPSS Statistics* [Online]. Available: <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/one-way-anova-using-spss-statistics.php?fbclid=IwAR1Dk4u90xCYkka3VnfhreAC53QjLCycS4KpwFDZ2sDYWvRTiLCC4JFtVws> [Accessed 07.05 2020].
- MARINI, S., FANELLI, E., SBRAGAGLIA, V., AZZURRO, E., FERNANDEZ, J. D. R. & AGUZZI, J. 2018. Tracking Fish Abundance by Underwater Image Recognition. *Scientific Reports*, 8, 1-12.
- MISUND, B. 2019. *Fiskeoppdrett* [Online]. Store norske leksikon. Available: <https://snl.no/fiskeoppdrett> [Accessed 28.01 2020].
- NIAN, R., HE, B., YU, J., BAO, Z. & WANG, Y. 2013. ROV-based underwater vision system for intelligent fish ethology research. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 10, 326.
- OLAFSEN, T. W., OLSEN, U. & SKJERMØ, Y. 2012. *Verdiskaping basert på produktive hav 2050* [Online]. ISBN 978-82-7719-074-3. Available: https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf [Accessed 12.02 2020].
- OTREMBÅ, Z. & PISKOZUB, J. 2001. Modelling of the optical contrast of an oil film on a sea surface. *Optics Express*, 9, 411-416.
- PAULL, L., SAEEDI, S., SETO, M. & LI, H. 2014. AUV Navigation and Localization: A Review. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 39, 131-149.
- RUNDTOP, P. & FRANK, K. 2016. Experimental evaluation of hydroacoustic instruments for ROV navigation along aquaculture net pens. *Aquacultural Engineering*, 74, 143-156.
- SANDVIK, A. D., ASPLIN, L., BJØRN, P. A., JOHNSEN, I. A., SKARDHAMAR, J., MYKSVOLL, M. S., ÅDLANDSVIK, B. & SKOGEN, M. D. 2017. Smittepress fra lakselus på vill laksefisk – estimert fra luselarvefelt med stor variabilitet. *Rapport fra havforskningen*. Havforskningsinstituttet.
- SKIGELSTRAND, H. & SVINØY, M. 2019. *ROV som verktøy ved overvåking av bunnforhold i norsk oppdrett*. Bachelor, NTNU.
- SOLEM, A. J. L. 2017. *Analysis of current ROV Operations in the Norwegian Aquaculture-Reducing Risk in exposed Aquaculture Operations*. Master, NTNU.
- SSB. 2019. *Akvakultur* [Online]. Available: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar> [Accessed 28.01 2020].
- SSB. u.å. *Akvakultur. Antall tillatelser i drift (F) 1994 - 2018* [Online]. Statistisk sentralbyrå. Available: <https://www.ssb.no/statbank/table/08967/> [Accessed 12.05 2020].
- STUTTERS, L., LIU, H., TILTMAN, C. & BROWN, D. J. 2008. Navigation Technologies for Autonomous Underwater Vehicles. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 38, 581-589.

- SUDIRMAN, HALIDE, H., JOMPA, J., ZULFIKAR, ISWAHYUDIN & MCKINNON, A. D. 2009. Wild fish associated with tropical sea cage aquaculture in South Sulawesi, Indonesia. *Aquaculture*, 286, 233-239.
- SÆTHER, B.-S., LØKKEBORG, S., HUMBORSTAD, O. B., TOBIASSEN, T., HERMANSEN, Ø. & MIDLING, K. Ø. 2012. Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg. *Nofima rapportserie*. Tromsø: Nofima.
- SÆTHER, B.-S., UGLEM, I., KARLSEN, Ø., GJELLAND, K. Ø., MEIER, S., MIDLING, K. Ø., SANCHES-JEREZ, P., TOLEDO-GUEDES, K., ARECHAVALA-LOPEZ, P. & EGEA, M. 2016. Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring. *Nofima rapportserie*. Tromsø: Nofima AS.
- TVETERÅS, R., REVE, T., HAUS-REVE, S., MISUND, B. & BLOMGREN, A. 2019. *En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring* [Online]. Oslo/Stavanger: Handelshøyskolen BI. Available: https://siomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/08/BI_2019_En-konkurransedyktig-og-kunnskapsbasert-havbruksn%C3%A6ring.pdf [Accessed 15.03 2020].
- UGLEM, I., DEMPSTER, T., BJØRN, P. A., SANCHEZ-JEREZ, P. & ØKLAND, F. 2009. High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 251-260.
- VALLE, C., BAYLE-SEMPERE, J. T., DEMPSTER, T., SANCHEZ-JEREZ, P. & GIMÉNEZ-CASALDUERO, F. 2007. Temporal variability of wild fish assemblages associated with a sea-cage fish farm in the south-western Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72, 299-307.

7. VEDLEGG

Vedlegg 1: Data for uforstyrret fisk/kontrollgruppe

Student 1

Fisk uforstyrret

Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk
25	22	20	20
22	21	22	23
19	19	21	22
18	22	21	20
19	20	21	21
18	16	21	22
20	20	19	20
22	18	18	22
22	17	20	23
23	22	20	26
28	20	20	22
26	20	22	20
23	23	23	21
23	22	23	22
24	20	23	20
25	18	22	17
24	22	21	19
23	18	23	23
23	18	21	19
23	18	18	19
24	16	18	18
22	20	16	18
19	22	17	18
22	20	19	16

Student 2

Fisk uforstyrret

Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk
28	26	27	28
29	25	28	26
27	24	27	24
27	29	26	25
26	32	29	26
26	29	26	27
27	28	25	25
29	26	26	25
33	28	29	29
33	26	28	30
31	28	31	31
33	26	30	30
28	27	29	28
27	25	29	31
26	22	29	28
28	20	27	25
30	22	28	28
31	24	29	26
31	22	27	26
28	26	25	24
28	23	24	26
26	25	21	26
27	27	20	24
27	30	23	23

Student 3

Fisk uforstyrret

Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk	Antall fisk
27	26	27	27
25	25	29	28
21	22	29	26
20	30	26	26
21	29	29	25
23	32	25	28
24	20	25	23
25	23	23	26
29	25	28	28
29	25	27	29
30	25	26	28
30	24	28	27
29	26	27	28
26	27	28	23
26	23	27	25
26	21	28	26
27	25	26	23
28	25	24	22
28	26	26	24
27	27	24	24
24	26	23	27
26	25	19	26
20	31	19	24
28	30	23	24

Vedlegg 2: Data for fiskens reaksjon på ROV uten lys

Student 1

Uten lys

Bilde/Frame	Runde 1	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Gjennomsnitt	Gj.snitt 2 sek
0	13	14	25	17	17,25	
1	12	14	24	21	17,75	17,50
2	12	13	29	27	20,25	
3	13	13	22	26	18,50	19,38
4	13	13	23	28	19,25	
5	11	13	18	29	17,75	18,50
6	14	14	19	25	18,00	
7	15	15	17	26	18,25	18,13
8	18	16	17	28	19,75	
9	17	15	18	26	19,00	19,38
10	19	15	17	27	19,50	
11	22	16	17	24	19,75	19,63
12	18	18	11	25	18,00	
13	19	18	21	28	21,50	19,75
14	16	18	19	29	20,50	
15	14	18	20	27	19,75	20,13
16	14	19	19	27	19,75	
17	15	16	15	27	18,25	19,00
18	13	16	14	25	17,00	
19	13	12	14	23	15,50	16,25
20	10	12	15	21	14,50	
21	7	6	14	11	9,50	12,00
22	6	1	10	11	7,00	
23	7	3	6	8	6,00	6,50

Student 2

Uten lys

Bilde/Frame	Runde 1	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Gjennomsnitt	Gj.snitt 2 sek
0	15	14	31	20	20,00	
1	14	17	32	25	22,00	21,00
2	15	19	33	31	24,50	
3	16	17	25	31	22,25	23,38
4	14	16	27	27	21,00	
5	17	16	26	32	22,75	21,88
6	21	17	21	38	24,25	
7	19	15	20	33	21,75	23,00
8	21	18	21	35	23,75	
9	20	21	25	28	23,50	23,63
10	21	22	25	29	24,25	
11	23	23	22	28	24,00	24,13
12	18	23	24	34	24,75	
13	18	24	25	33	25,00	24,88
14	18	23	22	34	24,25	
15	16	26	27	35	26,00	25,13
16	16	25	24	34	24,75	
17	16	20	20	35	22,75	23,75
18	17	23	19	33	23,00	
19	16	21	18	31	21,50	22,25
20	13	19	17	30	19,75	
21	9	13	20	22	16,00	17,88
22	9	7	12	18	11,50	
23	9	9	14	13	11,25	11,38

Student 3

Uten lys

Bilde/Frame	Runde 1	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Gjennomsnitt	Gj.snitt 2 sek
0	14	14	29	20	19,25	
1	14	14	31	24	20,75	20,00
2	16	13	32	28	22,25	
3	16	15	28	29	22,00	22,13
4	15	15	26	28	21,00	
5	16	15	23	30	21,00	21,00
6	21	15	23	36	23,75	
7	21	16	21	33	22,75	23,25
8	21	19	22	35	24,25	
9	20	22	24	29	23,75	24,00
10	22	22	26	28	24,50	
11	20	21	23	28	23,00	23,75
12	21	21	22	33	24,25	
13	20	21	23	31	23,75	24,00
14	18	25	25	36	26,00	
15	20	25	23	30	24,50	25,25
16	18	22	23	36	24,75	
17	18	20	20	33	22,75	23,75
18	19	21	23	29	23,00	
19	15	18	16	25	18,50	20,75
20	13	17	16	25	17,75	
21	10	9	14	17	12,50	15,13
22	8	7	15	13	10,75	
23	9	6	9	12	9,00	9,88

Vedlegg 3: Data for fiskens reaksjon på ROV med lys

Student 2

Med lys

Bilde/Frame	Runde 9	Runde 10	Runde 11	Runde 12	Gjennomsnitt	Gj.snitt 2 sek
0	33	20	24	31	27,00	
1	31	19	25	30	26,25	26,63
2	31	20	23	34	27,00	
3	35	23	25	26	27,25	27,13
4	33	20	27	29	27,25	
5	33	25	25	31	28,50	27,88
6	29	23	23	29	26,00	
7	30	22	25	27	26,00	26,00
8	29	21	27	29	26,50	
9	28	20	26	35	27,25	26,88
10	29	20	27	29	26,25	
11	31	19	24	27	25,25	25,75
12	29	21	25	28	25,75	
13	28	23	21	26	24,50	25,13
14	32	23	23	22	25,00	
15	26	18	22	20	21,50	23,25
16	24	17	22	22	21,25	
17	24	20	20	27	22,75	22,00
18	29	19	17	22	21,75	
19	25	14	18	22	19,75	20,75
20	23	18	17	16	18,50	
21	24	18	16	14	18,00	18,25
22	20	15	10	10	13,75	
23	21	12	11	4	12,00	12,88

Student 3

Med lys

Bilde/Frame	Runde 9	Runde 10	Runde 11	Runde 12	Gjennomsnitt	Gj. snitt 2 sek
0	34	20	23	29	26,50	
1	32	17	23	25	24,25	25,38
2	39	18	22	26	26,25	
3	31	23	23	24	25,25	25,75
4	30	21	19	25	23,75	
5	32	24	22	30	27,00	25,38
6	28	22	20	30	25,00	
7	29	19	19	25	23,00	24,00
8	28	19	20	23	22,50	
9	23	20	20	30	23,25	22,88
10	29	19	20	27	23,75	
11	28	20	18	27	23,25	23,50
12	28	21	17	26	23,00	
13	26	23	17	23	22,25	22,63
14	27	21	21	19	22,00	
15	21	16	19	17	18,25	20,13
16	20	14	15	20	17,25	
17	21	13	19	23	19,00	18,13
18	26	14	17	21	19,50	
19	25	10	17	16	17,00	18,25
20	20	14	15	15	16,00	
21	21	11	9	11	13,00	14,50
22	20	10	8	8	11,50	
23	20	5	9	4	9,50	10,50

Vedlegg 4: Sammenligning av telling mellom studenter

4.1 Test of normality

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Student1	,128	96	,001	,974	96	,050
Student2	,109	96	,007	,979	96	,118
Student3	,113	96	,004	,975	96	,061

a. Lilliefors Significance Correction

4.2 Test of homogeneity of variances

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Data	Based on Mean	,199	2	284	,820
	Based on Median	,121	2	284	,886
	Based on Median and with adjusted df	,121	2	278,229	,886
	Based on trimmed mean	,167	2	284	,846

4.3 Descriptives

Descriptives

Data								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1,00	96	20,7188	2,43528	,24855	20,2253	21,2122	15,00	28,00
2,00	95	27,0526	2,62706	,26953	26,5175	27,5878	20,00	33,00
3,00	96	25,7292	2,70080	,27565	25,1819	26,2764	19,00	32,00
Total	287	24,4913	3,75924	,22190	24,0545	24,9281	15,00	33,00

4.4 Anova

ANOVA

Data					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2136,627	2	1068,313	159,257	,000
Within Groups	1905,101	284	6,708		
Total	4041,728	286			

4.5 Tukey HSD

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Data

Tukey HSD

(I) Studentnr	(J) Studentnr	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1,00	2,00	-6,33388*	,37482	,000	-7,2170	-5,4508
	3,00	-5,01042*	,37383	,000	-5,8912	-4,1296
2,00	1,00	6,33388*	,37482	,000	5,4508	7,2170
	3,00	1,32346*	,37482	,001	,4404	2,2066
3,00	1,00	5,01042*	,37383	,000	4,1296	5,8912
	2,00	-1,32346*	,37482	,001	-2,2066	-,4404

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Vedlegg 5: Kamerakvalitet

5.1 Test of normality

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ROV	,174	10	,200*	,888	10	,161
GoPro	,286	10	,020	,890	10	,171

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

5.2 Test of homogeneity of variances

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Data	Based on Mean	2,710	1	18	,117
	Based on Median	,781	1	18	,389
	Based on Median and with adjusted df	,781	1	15,230	,391
	Based on trimmed mean	2,595	1	18	,125

5.3 Descriptives

Descriptives

Data

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1,00	10	14,2000	4,54117	1,43604	10,9514	17,4486	9,00	22,00
2,00	10	6,6000	3,20416	1,01325	4,3079	8,8921	3,00	14,00
Total	20	10,4000	5,46183	1,22130	7,8438	12,9562	3,00	22,00

5.4 Anova

ANOVA

Data

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	288,800	1	288,800	18,699	,000
Within Groups	278,000	18	15,444		
Total	566,800	19			

5.5 Group Statistics

Group Statistics

	Kamera	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Data	1	10	14,2000	4,54117	1,43604
	2	10	6,6000	3,20416	1,01325

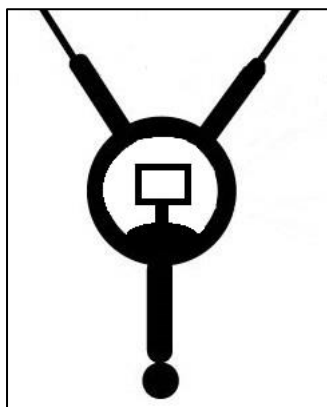
Vedlegg 6: Veileder for å undersøke i hvilken grad bilder fra undervannsfartøy kan brukes til å kartlegge fisk

Denne undersøkelsen foregår i følgende trinn:

1. Bygge rigg til eksternt kamera
2. Oppsett og gjennomføring av metode
3. Bearbeiding og analyse av innsamlet data

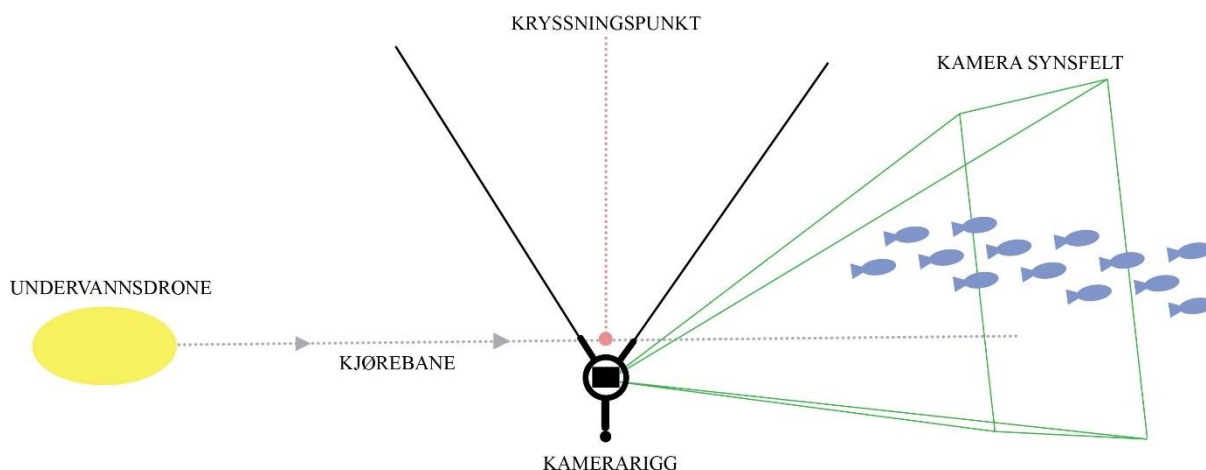
1. Bygge rigg til eksternt kamera

Riggen skal kunne brukes til å plassere et kamera på ønsket posisjon under vann. Når den bygges er det fire faktorer man bør ta hensyn til, stabilitet i vannet, mulig å orientere i ønsket retning, mulig å justere dybden og resurseffektiv å lage. På figuren under illustreres ett forslag til hvordan riggen kan se ut. Denne er laget av en treplate og er lett å håndtere. I bunnen av riggen er det plassert ett lodd som vil hjelpe riggen å holde seg stabil. I senter av riggen plasseres det eksterne kameraet av valgt merke og modell. En avgjørende faktor er å bruke et eksternt kamera som har tilnærmet lik kvalitet som UUVen for å kunne visualisere UUVen synsfelt med lik sikt fra kamerariggen.



Når man velger størrelse på riggen må den tilpasses undervannsdronen (UUV) som skal benyttes. Ideelt skal man få plass til å kjøre UUVen mellom de to tauene på toppen.

2. Oppsett og gjennomføring av metode



Illustrasjonen over viser hvordan UUVen skal passere kamerariggen på oversiden for å få tilnærmet likt synsfelt.

Steg 1, sjekk utstyr: Undersøk og kontroller at alt material er i orden før bruk.

Steg 2, lokaliser villfisken: Senk ned kamerariggen for å lokalisere villfisk. Her kan man bruke en signalkabler som kan overføre live bilder fra kameraet på riggen, men det er også mulig å bruke bilder fra undervannsdronen. Når villfisken er lokalisert festes kamerariggen slik at synsfeltet er vinklet mot villfisken. Det er viktig å ha tilstrekkelig med plass bak riggen til å kunne manøvrere undervannsdronen.

Steg 3, observer fisk i uforstyrret tilstand: Ta et uforstyrret opptak med kamerariggen for å måle normalt tilstand. Mellom 2-5 minutter uten at undervannsdronen er i vannet.

Steg 4, senk undervannsdronen i vannet: Senk undervannsdronen ned i vannet et stykke bak kamerariggen for å hindre forstyrrelser. Posisjoner den slik at den har en rett kjørebane på 15-20 meter mot baksiden av riggen.

Steg 5, kjør undervannsdronen forbi riggen: Kjør undervannsdronen i en rett bane med jevn og kontrollert hastighet mot riggen. Passer riggen i overkant for så å kjøre den tilbake til startpunktet. Vent der i 2 minutter før nytt forsøk. Gjenta forsøket med like variabler (hastighet, lys etc) for å danne et bredt datagrunnlag.

Steg 6, gjenta forsøket for ulike karakteristikk: For å teste ulike påvirkningsfaktorer kan man gjenta forsøket som illustrert i Steg 5, men med andre variabler (hastighet, lys etc).

3. Bearbeiding og analyse av innsamlet data

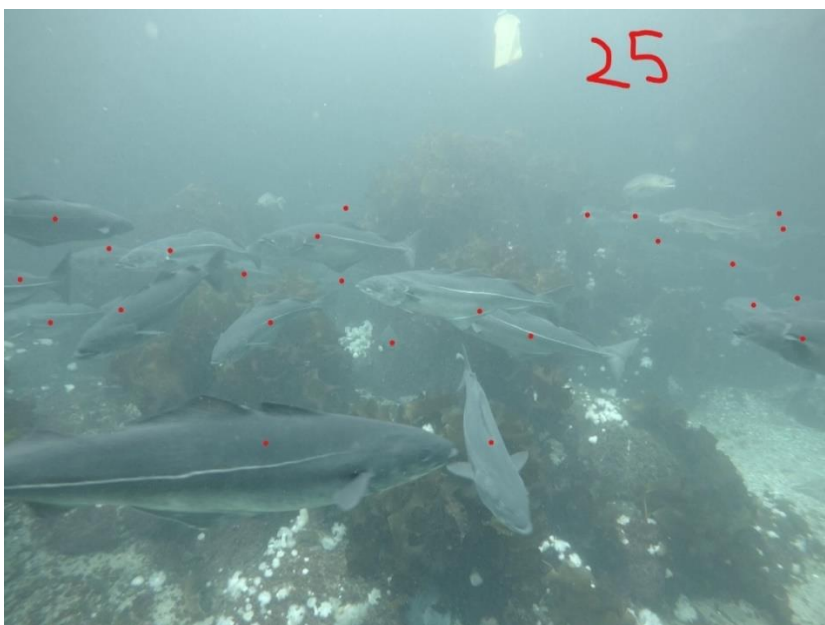
For bearbeiding av videomaterialet kan man benytte VLC media player, eller lignende programvarer som lar deg klippe ut bilder på relevante tidspunkt. Det kan det være lurt å se på videoene før man starter å klippe dem for å gjøre seg opp en mening på når fisken starter å reagere. Det er viktig å huske at det kan være vanskelig å se når dette skjer, så ta med nok videomateriale. Det er også viktig at krysningspunktet havner på samme sekund i hver video for å kunne sammenligne tallene.

Ett eksempel:



Det er mest sannsynlig tilstrekkelig med ett utklippet bilde pr sekund, litt avhengig av fart på UUV og fiskeart. Man kan eventuelt klippe ut bilder med mindre mellomrom om dette skulle være nødvendig.

Fisken prikkes og telles som vist i eksempelet under og legges inn som tall i Excel.



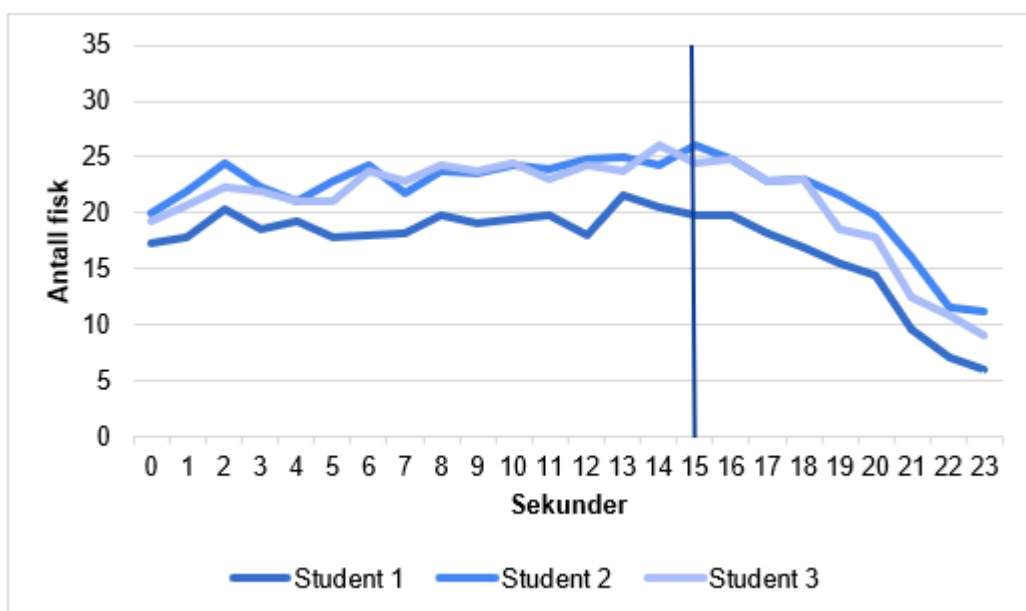
Eksempelet under viser hvordan man kan legge dataen inn i Excel, ta gjennomsnittet fra alle kjøringen og fjerne en del av den normale variasjonen. Krysningpunktet er på sekund 15 i alle rundene. Filmene fra uforstyrret fisk kan gjøres på samme måte for å sammenligne.

Student 1

Uten lys

Bilde/Frame	Runde 1	Runde 3	Runde 4	Runde 5	Gjennomsnitt	Gj.snitt 2 sek
0	13	14	25	17	17,25	
1	12	14	24	21	17,75	17,50
2	12	13	29	27	20,25	
3	13	13	22	26	18,50	19,38
4	13	13	23	28	19,25	
5	11	13	18	29	17,75	18,50
6	14	14	19	25	18,00	
7	15	15	17	26	18,25	18,13
8	18	16	17	28	19,75	
9	17	15	18	26	19,00	19,38
10	19	15	17	27	19,50	
11	22	16	17	24	19,75	19,63
12	18	18	11	25	18,00	
13	19	18	21	28	21,50	19,75
14	16	18	19	29	20,50	
15	14	18	20	27	19,75	20,13
16	14	19	19	27	19,75	
17	15	16	15	27	18,25	19,00
18	13	16	14	25	17,00	
19	13	12	14	23	15,50	16,25
20	10	12	15	21	14,50	
21	7	6	14	11	9,50	12,00
22	6	1	10	11	7,00	
23	7	3	6	8	6,00	6,50

Når dataen er behandlet kan man lagge det inn i et linjediagram. På eksempelet under ser vi en tydelig nedgang ett stund etter krysningpunkt. Det vil si at UUVen observerer fisken før den får en reaksjon og stikker av.



Dersom reaksjonen skjer før krysningspunktet, må man undersøke i hvor stor grad fisken forsvinner før den observeres:

Dette er noe mer omfattende og krever at man sammenligner bilder fra UUVen med kamerarigg. Fremgangsmåten kan være slik:

1. Peke ut når reaksjonen skjer på grafen
2. Se på video fra UUVen og spol tilbake til før reaksjonen
3. Sammenligne bilder fra UUVen med kamerariggen for å bekrefte eller avkrefte om fisken som reagerer blir fanget opp av ROVens kamera.

Klarer ROVen å fange opp fisken som reagerer, og man ønsker å bruke UUVen til observasjon av villfisk, må man ta dette med i betraktning når dataen skal analyseres. For eksempel hvis man ser en reaksjon tre meter foran ROVen vil ikke det som skjer mellom ROVen og ut til dette punktet være representativ for normaltstanden.

