

Mari Herkedal Hegvik  
Hanna Bruvik Nystad  
Jonatan Oleivsgard Stenslund

# **Videoobservasjoner av dyptlevende bentiske organismer - Effekten av rødt og hvitt kunstig lys**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke

Mai 2022



Mari Herkedal Hegvik  
Hanna Bruvik Nystad  
Jonatan Oleivsgard Stenslund

# **Videoobservasjoner av dyptlevende bentiske organismer - Effekten av rødt og hvitt kunstig lys**

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon  
Veileder: Snorre Bakke  
Mai 2022

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





## Forord

Denne bacheloroppgaven markerer slutten på 3 års utdanning ved NTNU i Ålesund. Med samlet interesse for havets ressurser, mangfold og utfordringer, var det naturlig å skrive en bacheloroppgave som kan bidra til økt forståelse av havet. Hvordan ser det ut 100 meter under havoverflaten og hvordan kan dette habitatet undersøkes? Det er flere utfordringer når en skal undersøke habitat som befinner seg under vanskelige forhold. Dette løste vi med egen kreativitet og bistand fra NTNU med utstyr som egner seg for høyt trykk og mørke. Det har vært lærerikt og utfordrende å undersøke havbunnen; og ikke minst spennende.

Vi vil takke Atlanterhavsparken for bistand av agn til forsøkene våre, samt takke Glamox AS for lån av lysmåler. Vi ønsker også å takke vår veileder Snorre Bakke som ofret sin tid til vår oppgave.

Ålesund 19.05.2022

*Mari Herkedal Hegvik*

Mari Herkedal Hegvik

*Hanna B. Nystad*

Hanna Bruvik Nystad

*Jonatan Oleivsgard Stenslund*

Jonatan Oleivsgard Stenslund

## **Innholdsfortegnelse**

<b>Sammendrag</b> .....	<b>1</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Material og metode</b> .....	<b>7</b>
2.1 BRUV.....	7
2.2 Utførelse.....	8
2.3 Videobehandling og dataanalyse .....	9
<b>3. Resultat</b> .....	<b>10</b>
<b>4. Diskusjon</b> .....	<b>12</b>
4.1 Leddyr ( <i>Arthropoda</i> ) .....	12
4.2 Ryggstrengdyr ( <i>Chordata</i> ) .....	14
4.3 Konklusjon.....	17
4.4 Feilkilder .....	17
4.5 Metodiske problem .....	18
<b>Vedlegg 1 – Fargespekter for hvitt, rødt og blått lys</b> .....	<b>20</b>
<b>Vedlegg 2 – Klassifisering</b> .....	<b>21</b>
<b>Vedlegg 3 – Bilde av datainnhenting ved rødt og hvitt kunstig lys</b> .....	<b>22</b>
<b>Vedlegg 4 – Illustrasjon av lyspenetrering i vann ved ulike bølgelengder</b> .....	<b>23</b>
<b>Vedlegg 5 – Rådata fra videoinnhenting ved bruk av BRUV</b> .....	<b>24</b>
<b>Referanseliste</b> .....	<b>25</b>

## Sammendrag

Effekten kunstig lys med ulike bølgelengder har på marine bentiske organismer ble undersøkt ved to lokaliteter nær et lakseoppdrettsanlegg på Gudmundset, Norge. Kunstig lys med ulik bølgelengde ( $\lambda$ ) kan fremprovosere ulike fototaksiske responser hos forskjellige bentiske organismer da de befinner seg  $\sim 100$  m ned i vannsøylen, hvor naturlig lys ikke slipper til. På bakgrunn av dette vil det være vesentlig å vite hvilket lys som egner seg best til undersøkelse under slike forhold. En BRUV er en stasjonær kamerastasjon som settes på havbunnen og som ved hjelp av agn kan tiltrekke organismer i området. Det finnes, per dags dato, ikke faglitteratur for hvilket kunstig lys som er best å benytte under slike forsøk i Norske boreale havklima. I denne studien ble rødt ( $\sim 625$  nm) og hvitt ( $\sim 450$  nm) lys brukt på en BRUV. Hvert lys ble testet seks ganger (totalt 12), hvor de var nede på havbunnen ( $> 100$  m) i 20 minutter. Totalt ble det observert ti ulike mobile bentiske arter; trollhummer, flyndre, brosme, lange, lyr, vassild, norsk storkrill, hyse, torsk og taskekrabbe. Disse artene har ulike tilpasninger, og derfor ulik atferd og respons ved eksponering av kunstig lys med ulik bølgelengde. Til denne studien ble det utarbeidet følgende hypotese; *Kunstig rødt lys påvirker bentiske organismer i mindre grad enn kunstig hvitt lys*. Det ble observert variasjoner i både artssammensetning, varighet i bildet og aktivitetsnivå ved bruk av rødt og hvitt lys. Det var en statistisk tendens til at fisk oppholdte seg lengre i bildet ved rødt lys, sammenlignet med hvitt. Aktivitetsnivået hos observerte arter var signifikant høyere ( $p = 0,02$ ) ved rødt lys sammenlignet med hvitt lys. Dette kan indikere at hvitt lys har en forstyrrende effekt med ytterpunktene positiv- og negativ fototaxis respons. Høyere aktivitetsnivå ved rødt lys kan tyde på at artene ikke kunne se det røde lyset, og ble derfor verken skremt eller tiltrukket av det. Resultatene fra denne studien er viktige å ta hensyn til ved gjennomføring av videoovervåking av bentiske organismer på dypt vann.

## Abstract

The effect of artificial light with different wavelengths was examined on marine benthic organisms at sites near a salmon farming facility at Gudmundset, Norway. Artificial light with different wavelengths ( $\lambda$ ) can cause different phototaxis responses in diverse benthic organisms, as they are  $\sim 100$  m down into the water column, where there is no source of natural light. Based on this, it is essential to know which light that is best suited for research under such conditions. BRUV is a stationary camera station that are placed on the seafloor and attracts organisms in the area with the use of bait. There are currently no scientific studies

on which artificial light that should be used during experiments in the Norwegian Boreal Sea Climate. In this study, red (~ 625 nm) and white (~ 450 nm) light were used on BRUVs. Each light was tested six times (a total of 12 deployments), where they were down on the seafloor (> 100 m) for 20 minutes. In total, ten different mobile benthic species were observed; species from the Galatheidae family, species from the Carangiformes family, tusk, ling, pollack, greater argentine, northern krill, haddock, cod, and edible crab. These different species have different adaptations to the benthic environment, and therefore different behaviors and responses when exposed to artificial light with different wavelengths. The following hypothesis was prepared for this study; *Artificial red light affects benthic organisms to a lesser extent than artificial white light*. Differences were observed in both species' composition, duration and activity level using red and white light. There was a statistical tendency of the average duration of organisms in the image at red light, compared to white. The activity level of observed species was significantly higher ( $p = 0,02$ ) at red light compared to white light. This may indicate that the white light has a disruptive effect with the extremes: positive and negative phototaxis response. Higher activity level at red light may indicate that the species could not see the red light and was therefore not frightened or attracted to it. The results of this study are important to consider when conducting video surveillance of benthic organisms in deep water.

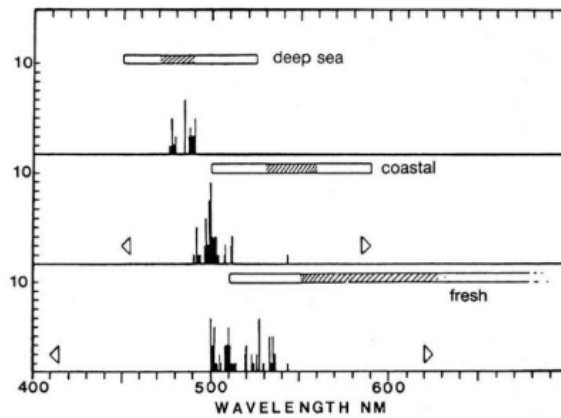
## **1. Innledning**

Til tross for havets viktighet, og vår avhengighet av det, forblir store deler uobservert og utforsket (Petsko, 2020). Vi vet mindre om vårt eget hav enn om verdensrommet og med økende klimatrusler og befolkningsvekst kan vi ikke lenger overse disse kunnskapshullene (Furberg, 2015). Hele vår eksistens er avhengig av havet; det gir oss mesteparten av oksygenet vi har på jorden, styrer klimaet vårt og er hjemmet til et utrolig mangfold av liv (WWF, 2022). De siste årene har fokuset på havet derfor økt, og det utvikles stadig ny teknologi og nye metoder for å øke kunnskapen om det marine økosystemet. Ett av disse nye redskapene er BRUVs – Baited Remote Underwater Video System. En BRUV er en stasjonær kamerastasjon som settes på havbunnen og som ved hjelp av agn kan tiltrekke organismer i området. En BRUV benyttes ofte for å observere habitater som er vanskelig å nå, som korallrev og langs kontinentalsokkeler, og har gitt mye informasjon om forskjellige marine samfunnsstrukturer (Australian Institute of Marine Science, 2022). BRUV egner seg best til å studere forekomst av fisk og større mobile organismer som krabbe og hummer.

(Marchesan et al., 2005). Frem til nå er BRUV benyttet hovedsakelig i grunnere vann, da det er flere faktorer som gjør det vanskeligere å bruke redskapet i større dyp (Australian Institute of Marine Science, 2022). En av disse utfordringene er mangelen på lys jo lengre ned i vannsøylen en kommer.

Kunstig belysning er nødvendig ved prøvetaking med BRUV i den nedre epipelagiske sonen (eufotisk sone). Ved 100 meter vil det være noe tilgang på naturlig sollys, men ikke nok til å kunne undersøke de bentiske organismene ved hjelp av video (Birt et al., 2019; Carlowicz, 2006). Arter påvirkes ulikt av kunstig lys og kan derfor ha forskjellig fototaksis respons. Hvordan en

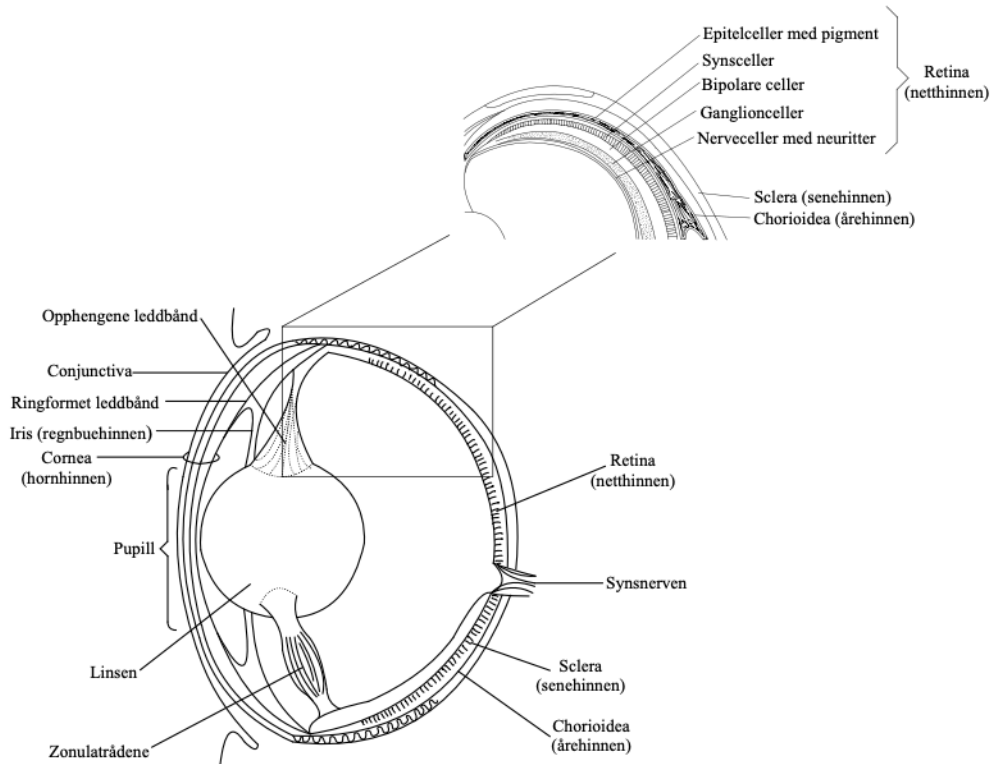
organisme påvirkes er forskjellig fra art til art, da både genetiske og økologiske faktorer kan variere. I tillegg vil det kunstige lyset sine egenskaper som farge, intensitet og bølgelengde virke inn (McConnell et al., 2010). Atferdsendringer kan oppstå hos arter når kunstig lys er til stede, og noen av de registrerte atferdsendringene er migrasjon, populasjonsdynamikk og fordeling i rom. Selv på bakgrunn av disse observasjonene er det ikke sikkert om kunstig lys tiltrekker, frastøter eller i det hele tatt påvirker bentiske organismer. I tillegg vil lyssensitiviteten hos ulike arter variere både på bakgrunn av fysiologi og habitat innenfor de ulike dyregruppene – se Figur 1.



Figur 1: Histogram av  $\lambda_{max}$  verdier av fotoreseptorer fra fisk som bor i tre forskjellige habitater (Lythgoe, 1980)

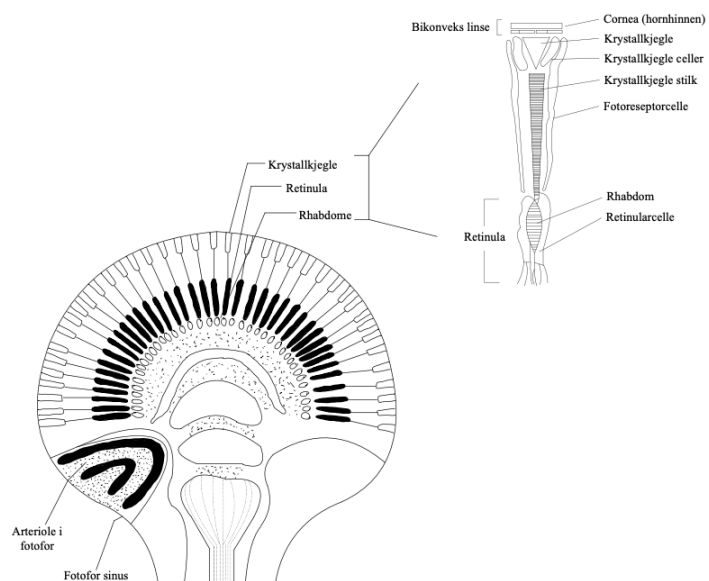
Tidligere forskning viser at fiskens øyne er den største faktoren til hvordan arten vil reagere på ulikt kunstig lys (Marchesan et al., 2005). Øynene til fisken har utviklet seg for å passe best mulig i omgivelsene den lever i; dette gjelder både form og hvordan fotoreseptorcellene deres er strukturert. Fotoreseptorceller er klassifisert i to hovedtyper; (1) stenger/staver, som er aktive i lave lysnivåer og; (2) tapper/kjegler, som er aktive i sterkt lys og gir fargesyn. Lyssensitiviteten til arten er derfor direkte relatert til øyestrukturen deres – se Figur 2 (Bowmaker, 1995; Warrant et al., 2003). Studier gjort på netthinnen til marin fisk viser ofte et indirekte utviklingsmønster; i larvestadiet har de fleste fiskene kun kjegledrevet syn mens staver dukker opp under metamorfosen (Valen et al., 2014). Disse studiene viser også til hvilke ytre faktorer som kan påvirke netthinnen sin følsomhet under utvikling. Dette er en kombinasjon av endring i habitat, byttetype og tilgjengeligheten av lys. Sammensetningen til

natt- og dagaktivfisk er markant ulike når det gjelder andelen fotoreseptorer i øyet. I dypvannsmiljøer hvor lystilgangen er minimal eller ikke-eksisterende, har bentiske fisker en tendens til å ha store pupiller og stav-opsin-netthinner, som vil si netthinner som registrer sort, grå-toner og hvitt lys (Levine & MacNichol, 1982; Von der Emde et al., 2004; Warrant et al., 2003).



Figur 2: Illustrasjon av øye til beinfisk. Kilde: Modifisert sammensetning av illustrasjoner Pough & Janis, 2019)

Leddyrene (artropodene) har, til forskjell fra ryggstrengdyr, en enklere oppbygning av øyet. Leddyr har et sammensatt øye som består av flere separate ommatidier, som hver har egen linse og hornhinne. Slike fasettøyne danner et mosaikkøye som raskt kan registrere bevegelse og skygge. Krepssdyr har 20 ommatidier i et øye, mens insekter kan ha opp til 20 000 (Aarnes,



Figur 3: Illustrasjon av sammensatt øye og ommatidie. Modifisert sammensetning av illustrasjoner (Mauchline, 1958; Meyer-Rochow, 2001)

2020). Hvert ommatidium består av en bikonveks linse, en krystallkjegle som fokuserer lys på en fotoreseptorcelle, og en retinularceller som har en lysfølsom membran med rhodopsin. Rhodopsin er fotopigmentet i øyet til både bløtdyr, leddyr og virveldyr. Ett sammensatt øye kan registrere opp til 250 bilder per sekund, noe som gjør det spesielt egnet til å oppdage bevegelse hos predatorer og byttedyr. Leddyrene kan også ha punktøyne (oceller), som er små synsorganer med lysabsorberende pigmenter (Aarnes, 2020). På grunn av differanser av strukturen i øyet hos forskjellige arter, har forsøk med ulike bølgelengder av lys vist variert respons blant marine arter.

En studie fra Australia har undersøkt marine organismers påvirkning ved å benytte rødt (620-630 nm), hvitt (550-560 nm) og blått lys (450-465 nm) på 15-25 meters dyp (Fitzpatrick et al., 2013). Dette forsøket viste variasjoner mellom artssammensetningen ved bruk av kunstig lys, hvor det største antallet individer ble observert ved bruk av rødt lys. Under forsøk med rødt lys ble 43% av alle undersøkte individer observert. Årsaken til dette er at det antas at rødt lys, i motsetning til hvitt og blått lys, er utenfor den visuelle følsomheten til artene som ble observert og kan dermed ikke forstyrre deres oppførsel. Grønt lys har også blitt anvendt i forskning på lyssensitivitet og påvirkning (Bryhn et al., 2014). Grønt lys ble montert på torsketreiner i Østersjøen, og dette resulterte i økninger i størrelse og antall fisker som ble fanget (Bryhn et al., 2014). En lignende studie fra Østersjøen viste også at grønt kunstig lys med bølgelengdespekter i det nedre sjiktet (464 og 519 nm), økte fangsten av snøkrabbe. En annen studie så nærmere på hvordan kunstig lys kan bidra til å minimere bifangst av dypvannsreker (*Pandalus borealis*) ved kommersielt fiske (Larssen & Bakke, 2019). Denne studien benyttet fem ulike bølgelengder: hvitt (425–750 nm), grønt (530 nm), rødt (680 nm), grønn-blå (480 nm) og oransje (605 nm) i tillegg til en kontroll (ingen lys). Resultatene fra denne studien viste at rødt-, oransje- og ingen lys (mørke), fremprovoserte ingen atferdsendringer eller fluktprespons. Farger i det lavere bølgelengdesjiktet, som hvitt og blå-grønn, hadde derimot en negativ fototaksis effekt på dypvannsrekene.

Ulikt kunstig lys har forskjellige bølgelengder og styrke, er det derfor viktig til å ha kjennskap til hvordan bølgelengdene kan påvirke resultatene ved videoundersøkelser. Tidligere forskning viser til at rødt kunstig lys kan være et logisk valg for å undersøke arter som er lysfølsomme, da det er observert at dette er mindre skremmende for bentiske organismer (Birt et al., 2019; Fitzpatrick et al., 2013; Raymond & Widder, 2007). Blått lys kan påvirke hvilke arter som observeres ved undersøkelse av bentiske organismer, da noen

studier har vist at blått lys kan være et bedre alternativ enn både rødt og hvitt kunstig lys. Samme studie viste også at blått lys kan være tiltrekkende for enkelte arter (Sakamoto et al., 2017) og dermed vil påvirke deres naturlige adferd. En annen studie har undersøkt effekten av blått og grønt kunstig lys og fått resultater som viser at begge var sterkt frastøtende for organismene de utførte forsøk på; *Dicentrarchus labrax*, *Mugil cephalus*, *Sparus auratus*, *Lithognathus mormyrus*) (Marchesan et al., 2005). Da kunstig lys ofte benyttes ved undersøkelse av marine arter bør derfor kunnskapen om effektene av ulikt kunstig lys økes.

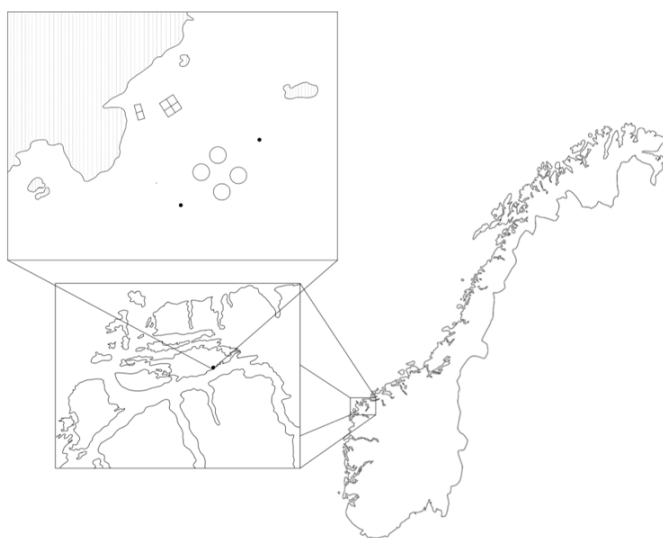
Institutt for biologiske fag (IBA) ved NTNU i Ålesund jobber aktivt med forskning på havbruk, akvakultur og marine miljøer. Et av fokusområdene til IBA er undersøkelser av forekomst av bunnfisk under oppdrettsanlegg. I Norge er det i dag 1550 akvakulturdriftstillatelser innen oppdrett av laks og regnbueørret (Fiskeridirektoratet, 2022a) og mange av disse er lokalisert på dyp >100 meter hvor det er lite lys (Birt et al., 2019; Carlowicz, 2006). På bakgrunn av dette vil det være viktig å ha god kunnskap om hvordan kunstig lys med ulike bølgelengder kan påvirke ulike arter, dersom en ønsker å undersøke disse ved hjelp av video. Ved å ha kunnskap om hvilket lys som egner seg best til observasjon og undersøkning av ulike arter, blir resultatene mer pålitelige.

Det finnes i dag ingen publiserte studier på BRUV om bruk av kunstig lys for undersøkelse av bentiske organismer og økosystem i norske hav. Dette vil si at det ikke finnes faglitteratur for hvilket kunstig lys som er best å benytte under forsøk i norske boreale havklima. Målet for denne studien var å bruke BRUV med hvitt eller rødt kunstig lys for å undersøke om ulike bølgelengder av lys påvirker hvilke bentiske arter som observeres >100 m ned i vannsøylen i kaldt temperert klima. I denne studien er hovedfokuset rettet mot større bentisk fisk og leddyr. Følgende hypotese har blitt utformet for studien; *Kunstig rødt lys påvirker bentiske organismer i mindre grad enn kunstig hvitt lys.*



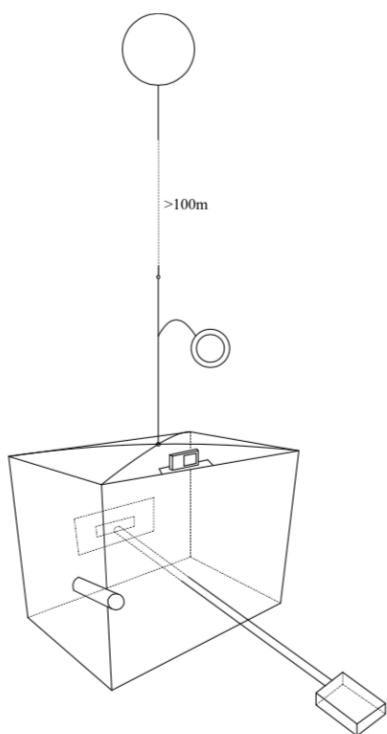
## 2. Material og metode

Denne studien observerte bentiske organismer gjennom induktiv metode for å avdekke om deres tilstedeværelse og atferd påvirkes av lys med forskjellig bølgelengde. Studien tok for seg hvitt, rødt og blått lys. Blått lys ble senere avskrevet på grunn av dårlig optisk kvalitet (se 4.5). Objektene som skulle studeres var organismer som oppholder seg nært eller på bunnen. Felles for forskningsobjektene er at de er tilpasset



Figur 4: Illustrasjon over forsøkslokaliteter. Sorte prikker viser lokasjon for hvor BRUV ble satt ut

små eller ingen mengder lys. All data som er benyttet i studien ble innhentet på to lokaliteter med posisjon  $62^{\circ}454194$  N,  $6^{\circ}605478$  Ø og  $62^{\circ}452916$  N,  $6^{\circ}601111$  Ø, Gudmundset i Skodje kommune (Lok.nr. 12265) (Fiskeridirektoratet, 2022b) – se Figur 4. For å finne egnede lokasjoner på minimum 100 m ble det brukt sjøkart. Ved bruk navigasjonsutstyr var det mulig å finne plasser med svak helling slik at BRUV-en kunne stå stabilt på sedimentet.



Figur 5: Illustrasjon av BRUV

### 2.1 BRUV

BRUV-en besto av komponentene: kamera, lys og agn – se Figur 5. Kameraet som ble benyttet var et GoPro 8 kamera i et undervannshus (T-Housing, 250m, CI Imagewear activeSport GmbH, Röttenbach, Tyskland). Lyskilden var en Nanight Video (Nanight, Göteborg, Sverige) som er en vanntett lykt (maks dyp: 500 m) med en lysytelse på 4000 emitter lumen og med fire innstillinger for lysstyrke. Lykten lyser kun med hvitt lys (fargetemperatur: 6000 kelvin) og det krevdes derfor et fastmontert fargefilter for å få andre bølgelengder. Både kamera og lykt ble montert på en konstruksjon i metall med målene 62cm x 44,5 cm x 51,5 cm. Ut fra konstruksjonen ble det festet en stang med et agnbur ytterst. For å få BRUV-en ned på > 100 m var den festet i et tau. I tauet ble det festet en garnring < 10 m fra konstruksjonen for å unngå at tauet kom foran

kameraet og forstyrret videoen. I andre enden av tauet ble det festet en bøye, noe som gjorde at BRUV-en kunne stå uforstyrret da den ikke var festet til en båt i bevegelse.

De fleste kamerasystemer er avhengige av eksterne lyskilder for å skille og identifisere marine dyr på dybden, inkludert GoPro 8 kameraet som ble benyttet i denne undersøkelsen. Det ble derfor benyttet den eksterne lyskilden Nanight Video og det ble gjennomført innledende målinger av den spektrale bestrålingen og bølgelengder både med og uten fargefilter. Dette ble målt ved AseneseTEK Lighting Passport i et opplyst rom. Målingene viser bølgelengder som ligger mellom 400 og 700 nanometer da dette er den delen av det elektromagnetiske spekteret som kalles synlig lys (Skaar, 2020). Resultatene fra spektralmålingene er vist i Vedlegg 1. Under forsøk med hvitt lys ble den svakeste innstillingen på lykten benyttet, og med fargefilter ble innstilling nummer to brukt. Årsaken til at det ble benyttet ulike innstillinger var for å oppnå tilnærmet lik lumen med og uten fargefilter. Bølgelengden på lysene benyttet i forsøket var; hvitt lys ~ 450 nm og rødt lys ~ 625 nm (Geoffroy et al., 2021). For å oppnå best mulig videokvalitet av forsøkene ble GoPro-kameraet innstilt med 1080p, 50fps, ISO min 3200 max 6400. Innledende uttesting viste at dette ga den beste videokvaliteten, noe som bidro til en sikrere artsbestemmelse ved senere analyse av data.

## 2.2 Utførelse

Før forsøket ble sild plassert i agnburet, og kamera og lys skrudd på (innstillinger variable etter valg av hvitt eller rødt lys, se 2.1). Sild ble brukt som agn ettersom bruk av fet fisk har god effekt som agn (Wraith et al., 2013). BRUV-en ble deretter senket sakte nedover i vannsøylen. Da BRUV-en nådde havbunnen (tauet sluttet å gi motstand), ble bøyen plassert i vannoverflaten. BRUV-en stod deretter på havbunnen i ~ 20 minutter. En videoperiode på 20 minutter ble valgt for å redusere muligheten for akkumulering av fisk som ikke finnes i det ønskede forsøksområdet (i nærheten av oppdrettsanlegget) (Coghlan et al., 2017). Da det var gått 20 minutter ble BRUV-en dratt opp til overflaten og opp i båten. Kameraet og lyset ble skrudd av og klargjort for neste prøvetaking, samt plassert nytt agn i agnburet hvert tredje forsøk. Forsøk med ulikt lys ble gjennomført annenhver gang på to ulike koordinater (se 2.0). Datainnhenting ble gjennomført flere ganger, over tre dager i felt i perioden mars-april. For å kunne gjennomføre en komparativ analyse ble forsøkene utført 6 ganger per lys – 12 ganger totalt. Da en av videoene fra datainnhenting ikke kunne brukes, ble ett av forsøkene med hvitt lys gjennomført av en stipendiat ved NTNU Ålesund (forsøk nr. 00X, Vedlegg 5).

### 2.3 Videobehandling og dataanalyse

Differansen mellom artsforekomst av fisk og andre bentiske organismer ble målt basert på forsøksresultatene innhentet ved bruk av BRUV. Ved manuell antall- og artsbestemmelse ble det gjennomført en komparativ analyse av rødt og hvitt lys. Faktorene som ble målt var:

- Hvilke arter ble observert
- Aktivitetsnivå på observerte arter
- $N_{\max}$ : maksimalt antall individer av en spesifikk art
- Registrert varighet i bildet (sekunder)
- Tid før første observasjon (sekunder)

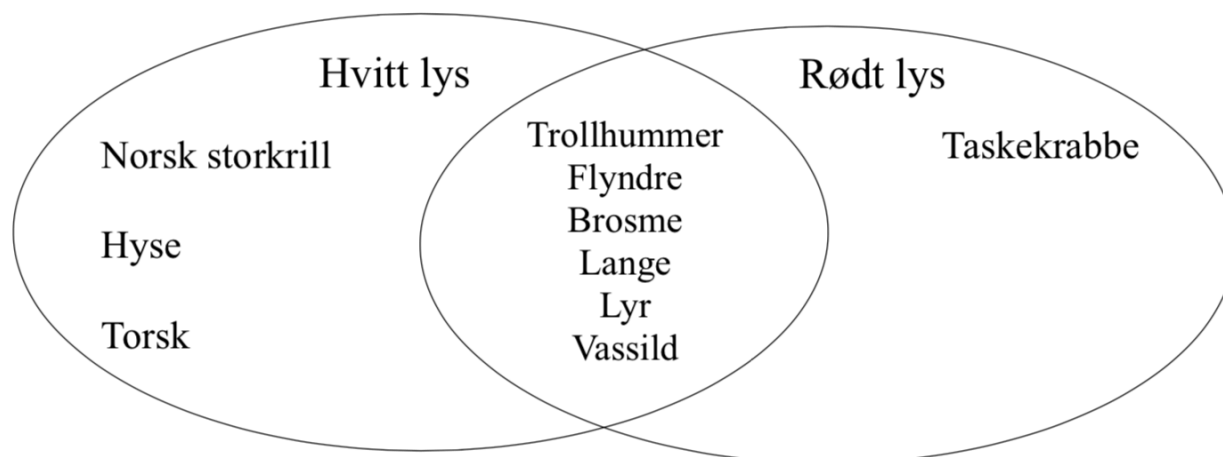
Aktivitetsnivå er gitt ved individuelt interessenivå rangert fra lavt (1), moderat (2), til høyt (3). Lavt nivå oppnås ved liten interesse for agnet, eksempelvis: passere bildet uten tilnærming. Moderat nivå oppnås der det er tydelig interesse for agnet, eksempelvis: tilnærme seg agnet eller være i bildet over lengre periode uten drastiske endringer i atferdsmønsteret. Høyt nivå oppnås ved tydelig høy aktivitet og interesse for agnet. Registrert varighet i bildet, var tiden fra en art kom inn, til den forsvant ut av bildet.

Data fra forsøkene ble først kvalitetssikret i felt for å sikre at gjennomførelsen av forsøket var god og dermed unngå dårlig materiale ved senere prøvetakning. Videre ble dataen grundig analysert på datamaskin i programmet "QuickTime Player". Analysen krevde konstant overvåking fra nedsenkningen av BRUV-en, til den var ombord i båt igjen. Dataen som ble brukt i resultatene var fra de første 20 minuttene etter BRUV-en traff havbunnen.

Observasjoner ble notert sekund for sekund, og beskrevet deretter. Denne rådataen ble sammenfattet fra observatørene og implementert i tabeller for å senere sammenligne, presentere og diskutere innhentet data. For å undersøke forskjeller i aktivitetsnivå hos fisk som ble observert under forsøk av hvitt og rødt lys, ble det i samarbeid med veileder gjennomført en Wilcoxon rank sum test. For å sammenligne den gjennomsnittlige *varigheten i bildet og tid før første observasjon* ble det gjennomført t-tester ved bruk av dataprogrammet Excel.

### 3. Resultat

Resultatene fra forsøkene viste en variasjon i antall arter som ble observert avhengig av hvilket kunstig lys som ble benyttet. Tabell 1 viser hvilke organismer som ble observert og det gjennomsnittlige aktivitetsnivået til organismen ved de forskjellige lyskildene. Det ble observert flere arter innenfor klassene strålefinnefisker og storkreps, og det ble observert totalt 11 forskjellige arter – se Vedlegg 2 for klassifisering. Ved bruk av rødt lys ble det observert totalt syv forskjellige arter, der taskekrabben kun ble observert ved denne bølgelengden. Ved hvitt lys ble det observert totalt ti forskjellige arter, der norsk storkrill, hyse og torsk kun ble observert ved denne bølgelengden – Figur 6. Det ble også observert vanlig korstroll innenfor rekken pigghuder, men da denne arten ikke var innenfor målgruppen vil denne ikke diskuteres. Se Vedlegg 3 for bilde fra datainnhenting ved rødt og hvitt kunstig lys.



Figur 6: Venn-diagram av arter som ble observert gjennom forsøk med hvitt og rødt kunstig lys

Artene som ble observert ved begge lyskildene hadde generelt høyere gjennomsnittlig aktivitetsnivå ved rødt lys, med unntak av vassild (Tabell 1/ Tabell 2). I tillegg var den gjennomsnittlige varigheten i bildet ~ 46 % lengre ved rødt lys enn ved hvitt lys (~ 123% ekskludert artene som var der fra før).

Den statistiske testen (Wilcoxon rank sum test) viste et signifikant lavere gjennomsnittlig aktivitetsnivå hos fisk i hvitt lys, sammenlignet med rødt lys (p-verdi = 0,02).

En sammenligning av ulikhetene mellom varighet i bildet på de ulike lysene ble gjennomført (t-test i Excel) og kunne indikere statistiske tendenser (p-verdi = 0,052). En t-test ble også gjennomført for å undersøke forskjellen i antall sekunder før første observasjon på de to lyskildene. Resultatet var en p-verdi på 0,43, som vil si at det ikke var en signifikant forskjell

mellom hvitt og rødt lys. Disse resultatene fremstilles i Tabell 2 – Nøkkeltall.  $H \cup R$  er den samlede mengden (unionen) av hvitt og rødt kunstig lys.  $H \cap R$  er den overlappende mengden mellom hvitt og rødt kunstig lys – Se Figur 6.

Tabell 1: Aktivitetsnivå

Organismer	Hvitt lys		Rødt lys	
	Forsøk med 20.0 min varighet		Forsøk med 20.0 min varighet	
	Totalt antall observasjoner	Gjennomsnittlig aktivitetsnivå	Totalt antall observasjoner	Gjennomsnittlig aktivitetsnivå
Krill	2	1,00 ± 0,00	-	-
Taskekrabbe	-	-	7	2,71 ± 0,53
Trollhummer	2	1,00 ± 0,00	2	1,50 ± 0,71
Flyndre	1	1,00 ± 0,00	1	2,00 ± 0,00
Brosme	25	1,92 ± 0,81	23	2,35 ± 0,61
Hyse	6	1,33 ± 0,52	-	-
Lange	15	1,87 ± 0,63	5	2,20 ± 0,45
Lyr	1	1,00 ± 0,00	1	1,00 ± 0,00
Torsk	1	3,00 ± 0,00	-	-
Vassild	1	2,00 ± 0,00	1	1,00 ± 0,00

Tabell 2: Nøkkeltall

Nøkkeltall	Hvitt lys	Rødt lys
Totalt antall arter observert	10	7
Gj. snitt aktivitetsnivå $H \cap R$ *	1,84 ± 0,71	2,18 ± 0,63
Gj. snitt aktivitetsnivå $H \cup R$ *	1,80 ± 0,72	2,29 ± 0,71
Gj. snitt varighet i bildet (sek) (u. organismer som var der fra før) $H \cap R$	44,76 ± 57,41	94,97 ± 184,26
Gj. snitt varighet i bildet (sek) (u. organismer som var der fra før) $H \cup R$	54,10 ± 90,70	112,97 ± 206,82
Gj. snitt tid før første observasjon (sek) (u. organismer som var der fra før)	200 ± 168,52	382,4 ± 439,34

\* = signifikant forskjell

#### 4. Diskusjon

I denne studien ble det benyttet BRUV for å undersøke effekten forskjellig kunstig lys har på bentiske organismer ved en oppdrettslokalitet (Lok.nr. 12265) i Storfjorden (Ålesund, Norge). Gjennom gjentatte forsøk ved to lokaliteter ved Gudmundset i Storfjorden ble det observert både leddyr og beinfisker med forskjellige tilpasninger til det bentiske miljøet – se Figur 6 og Vedlegg 2. Det ble observert forskjeller i artssammensetning og aktivitetsnivå ved bruk av hvitt og rødt kunstig lys, både hos beinfisk men også leddyr. Resultatene fra forsøkene viste statistiske tendenser ( $p$ -verdi = 0,052) ved registrert varighet i bildet, der gjennomsnittet var høyere ved rødt lys. I en tidligere studie var den registrerte varigheten i bildet signifikant lengre i prøver gjennomført med rødt lys, sammenlignet med både blått og hvitt lys (Fitzpatrick et al., 2013). Til tross for at forsøkene ved Gudmundset ikke viste signifikant forskjell ved rødt lys, kan en på bakgrunn av denne studien anta at ved flere prøvetakninger ville sannsynligheten for signifikans øke. Det var heller ikke signifikans i tid før første observasjon mellom rødt og hvitt lys. En tidligere studie undersøkte effekten kaldtvannskoraller har på fisk sin diversitet og tetthet i ulike økosystem, samt den gjennomsnittlige tiden før første observasjon i forskjellige habitat (Linley et al., 2017). Observasjonene som ble gjennomført i Nord-Norge viste en gjennomsnittlig tid før første observasjon på >10 minutter. Dette er lengre enn gjennomsnittet fra Gudmundset der gjennomsnittet ved hvitt lys var ~ 3 min og ved rødt lys ~ 6 min. Dette kan være på grunn av lokalitetene som var i nærheten av aktive oppdrettsmerder – se 4.4 Feilkilder.

##### 4.1 Leddyr (Arthropoda)

De tre artene leddyr som ble observert i forsøkene var norsk storkrill, taskekrabbe og trollhummer. Arter innenfor storkreps har velutviklede sanseorganer og nervesystem med blant annet statocyste, komplekse øyne og lukt- og smaksorganer (Aarnes, 2020).

Trollhummeren *Munididae* (Ahyong et al., 2010) ble observert ved både rødt og hvitt lys, og befant seg i bildets avgrensning ved starten av alle forsøk. Arten viste ingen fluktrespons, eller attraksjon mot agnet eller forsøksområdet. Trollhummeren hadde generelt lavt aktivitetsnivå med et gjennomsnitt på 1,5 ved rødt lys, 1 på hvitt lys og 1,25 på alle forsøkene den ble observert. Det er derfor lite som tyder på at trollhummeren påvirkes i større eller mindre grad av hverken rødt eller hvitt kunstig lys. Trollhummeren lever på 200-1300 meters dyp (Moen, 2020), og har derfor som andre dyphavsleddyr øyner som er tilpasset lite lys (Archer et al., 2013).

Norsk storkrill *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars, 1857) hadde også lavt gjennomsnitt i aktivitetsnivå på 1, men denne arten ble kun observert ved bruk av hvitt lys. Norsk storkrill er et dyreplankton som er en svært viktig matkilde for flere av artene i Norskehavet. Krillen gjennomfører daglig vertikale migrasjoner i vannsøylen og disse døgnvandringene gjør at den kan unngå predatorer på dypet om dagen, for så å vandre opp til overflaten for å beite om natten (Dalpadado, 2021). Krill er en monokromat, som vil si at den kun har ett synspigment, i tillegg til å ha lysorganer (fotofor) med bioluminescens langs undersiden av kroppen (Frank & Widder, 1999). En studie som undersøkte bruk av kunstig lys for å tiltrekke seg levende agn, testet hvilke lysegenskaper som var mest attraktiv for den norske storkrillen (*Meganyctiphanes norvegica*) (Humborstad et al., 2018). Resultatet var at hvitt lys med høy intensitet var mest effektivt for å tiltrekke krill, og dette stemmer med en annen studie gjort på den arktiske krillen (*Euphuasia superba*) (Krafft & Krag, 2021). Begge studiene viser at krill har en positiv fototaksisk respons på kunstig hvitt lys og dette kan være en årsak til at krill kun ble observert ved hvitt lys i denne studien. En tredje studie undersøkte atferdsreaksjoner til krill og torsk på kunstig lys i laboratorieeksperimenter. Resultater fra denne studien viste at krill har en tydelig tiltrekning til hvitt og blått lys (Utne-Palm et al., 2018).

Taskekrabben *Cancer pagurus* (Linnaeus, 1758) hadde til forskjell fra de to andre leddyrene høyt gjennomsnittlig aktivitetsnivå på 2,71, og resultatene fra gjentatte forsøk med hvitt og rødt lys viste at taskekrabben kun ble observert ved rødt lys. Det kan være flere faktorer som har ført til dette resultatet og en av disse kan være de fysiologiske egenskapene i øyet til taskekrabben. Det sammensatte øyet til leddyrene består av flere ommatidier, som hver inneholder den visuelle enheten rabdom (Land, 2018). Et rabdom inneholder fotoreseptorceller og pigmentceller av ulike slag som skiller ett ommatidium fra det neste. De fleste leddyr har bare en eller to fotoreseptorer; en for blått og grønt lys (480 – 540 nm) og hos noen et sekundær sett av UV/blå fotoreseptorer (400 nm). Den blågrønne delen av det elektromagnetiske spekteret er de bølgelengdene som er mest komprimert og som trenger dypest ned i havet – se Vedlegg 4 (University of Hawai'i, 2022). For taskekrabbene i Storfjorden vil ikke dette lyset trenge ned til deres habitat, og spesielt ikke ved forsøkslokalitetene da disse lå i nærheten av aktive oppdrettsmerder som kan føre til masse partikler i vannet. Dyphavskrepsdyr, inkludert taskekrabben, har altså øyne tilpasset de lyskildene som kan oppstå på dyp >100 m (Archer et al., 2013). Tidligere forskning viser at flere marine dyr har relativ lav lyssensitivitet for lys over 600 nm i bølgelengde på det elektromagnetiske spekteret, det vil si de røde bølgelengdene (Weiss et al., 2006). En studie

gjort på synet til dyphavs krepsdyr fant at de mørketilpassede øynene hadde størst spektralfølsomhet i det blå område på det elektromagnetiske spekteret, fra 470 til 497 nm (Frank et al., 2012). Dette kan tyde på at taskekrabben ikke kunne se det røde lyset, og derfor resulterte i høyt aktivitetsnivå ved rødt lys. Det at taskekrabben ikke var aktiv ved forsøk gjennomført med hvitt lys, sammenfaller også godt med at den er nattaktiv. Det har tidligere vært utført flere merkeundersøkelser på taskekrabben som har påvist både sesongvandring og døgnvandring. Da taskekrabben er nattaktiv er det registrert lav aktivitet på dagtid gjennom tidligere forsøk (Woll & van der Meeren, 1997). Dette kan tyde på at taskekrabbene som ble observert gjennom forsøkene befant seg i nærheten av BRUV-en og dermed luktet agnet; men ikke ble skremt vekk av rødt lys.

#### 4.2 Ryggstrengdyr (Chordata)

Det ble observert flere arter innenfor klassen strålefinnefisker (Actinopterygii) gjennom forsøkene; både bentisk eller benthopelagisk. Artene som ble observert ved både rødt og hvitt lys var; flyndrer, vassild, lange og lyr. Ved bruk av hvitt lys ble artene hyse og torsk observert. Torsken ble observert kun en gang med et aktivitetsnivå på 3, mens hysen ble observert på to forskjellige forsøk med gjennomsnitt aktivitetsnivå på 1,33.

Torsken *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758) er en benthopelagisk art som er vidt utbredt i Nord-Atlanteren og langs hele norskekysten. Den kan befinne seg fra fjæra og ned til rundt 600 meter, noe som gjør at den er tilpasset andre forhold enn de bunnlevende artene som også ble observert. Torsken er dikromat som vil si at den har to av tre kjegler/tapper i netthinnen. Disse er fotoreseptorene for grønne og blå bølgelengder (Valen et al., 2014; Aarnes, 2020). En studie basert på spektral følsomheten til torsk fant ut at torsken er mest følsom for lys med bølgelengder fra 450 nm til 550 nm. Dette antyder at det er en kompleks interaksjon mellom staver og tapper i netthinnen til torsken, og at begge lysreseptorene er aktive over et bredt spekter av lysintensitet (Anthony & Hawkins, 1983). Øyet til torsken er altså bedre tilpasset hvitt lys enn andre bentiske arter, og hvitt lys kan derfor ha vært mindre skremmende for torsken.

I tillegg kan det ha vært andre faktorer enn agnet som har fremprovosert observasjonen av torsken. Studien som undersøkte krill som levende agn fant også en korrelasjon mellom lysstyrke, mengde krill og fangst av torskefisk. Fangsteffektiviteten til agnet torsketeiner med hvitt høyintensitet lys ga 17 ganger høyere fangstrate av torsk enn kontrollteiner som kun



hadde agn (Humborstad et al., 2018). Norsk storkrill var en av artene som ble observert gjennom forsøkene med hvitt lys, og det kan derfor være en sammenheng mellom krill og hvilke arter strålefinnefisker som ble observert. Da det tidligere er funnet en korrelasjon mellom hvitt lys, krill og torsk, kan observasjonene i denne studien også være påvirket av denne korrelasjonen. Det er derfor usikkert om det var hvitt lys eller krill som tiltrakk torsk ved forsøkene i Storfjorden.

Hysen *Melanogrammus aeglefinus* (Linnaeus, 1758) lever på dyp fra 50-300 meter og lever av bunnlevende dyr og småfisk (Pethon & Vøllestad, 2021). En studie gjort på hysen sin byttedyrsammensetning viste at den i hovedsak livnærer seg på relativt immobil infauna. Hysen er godt tilpasset slikt bytte med en subterminal munn og knusende tenner, men den har også dårlig syn som gjør den lite egnet for visuell og aktiv føring (Schückel et al., 2010). Hysen ble kun observert ved hvitt lys og hadde et lavt gjennomsnittlig aktivitetsnivå på 1,33, og det er flere faktorer som kan ha gitt dette resultatet. En faktor for at hysen kun ble observert ved hvitt lys kan være at hvitt lys gir en positiv fototaksisk respons hos hysen. En studie som skulle bestemme svømmeutholdenheten til hysen benyttet et bevegelig lysmønster med hvitt lys for å stimulere fisken til å svømme, noe som bekrefter en positiv fototaksisk respons (Breen et al., 2004). Dette kan også være en årsak til at hysen ikke ble observert ved rødt lys, da den ikke kunne se lyset og derfor ikke ble tiltrukket av det. Da hysen sin byttedyrsammensetning i hovedsak av virvelløse dyr, gir dette også grunn til å anta at lyset kan ha bidratt ytterligere til observasjonen av hysen ved hvitt lys.

Brosme *Brosme brosme* (Ascanius, 1772) er en bunnlevende art som lever på kontinentalsokkelen og -skråningen fra 100 til 1000 meter (Helle, 2019). Brosmen ble frem til det siste forsøket kun observert ved rødt lys. Det var totalt 23 observasjoner av brosmen, fordelt på tre forsøk gjennomført med rødt lys. På det siste forsøket med hvitt lys ble brosmen observert hele 25 ganger ( $N_{\max}; 3$ ), men med et gjennomsnittlig lavere aktivitetsnivå enn ved rødt lys. Tidligere forskning har vist at atferden til brosmen er upåvirket av hvitt lys (Rountree & Juanes, 2010), men observasjonene i denne studien kan tyde på at brosmen ikke avskrekkes i like stor grad av rødt lys som av hvitt lys. I to av forsøkene med rødt lys ble brosmen observert samtidig som taskekrabber og trollhummer - arter som begge er en del av føden til brosmen (Helle, 2019). Dette kan også ha vært en faktor til et høyere aktivitetsnivå hos brosmen på disse observasjonene.

Lyr *Pollachius pollachius* (Linnaeus, 1758) er en pelagisk fiskeart i torskefamilien som oftest befinner seg på dyp fra 40-100 meter (Vøllestad, 2021). Lyr ble observert ved både hvitt og rødt lys. Ved hvitt lys hadde lyren et moderat aktivitetsnivå på 2, og det ble registrert 145 sekunders varighet i bildet - som er 48 sekunder lengre enn den gjennomsnittlige varigheten i bildet for hvitt lys. Aktivitetsnivået er registrert som moderat ettersom individet nærmet seg agnet, men valgte å svømme vekk. Tyve sekunder etter at lyren forsvant ble det observert en stor lange, og dette kan være årsaken til at lyren svømte bort. I tillegg befant lyren seg på lokasjonen fra før, og da varigheten i bildet var over gjennomsnittet, kan det tyde på en positiv fototaksis ved hvitt lys. Ved observasjon på rødt lys hadde lyren aktivitetsnivå 1 da den kun beveget seg i bakgrunnen i 15 sekunder. En tidligere studie undersøkte spektralfølsomheten til lyr ved hjelp av mikrospektrofotometri (MSP), og fant ut at lyren hadde en maksimal spektral absorpsjon ( $\lambda_{\max}$ ) fra ~ 420-460 nm (Shand et al., 1988). Dette kan bekrefte resultatene på rødt lys, da det lave aktivitetsnivået og varigheten i bildet tyder på at lyren ikke kunne se det røde lyset.

Vassild *Argentina silus* (Ascanius, 1775) er en pelagisk art, som går inn under ordenen Vassildfisker (*Argentiniformes*) (Moen, 2020). Denne arten er en dypvannsfisk og ble observert under forsøk med både rødt og hvitt lys. Atferden var derimot tydelig ulik mellom hvitt og rødt; atferdsnivå moderat (2) på hvitt, og lavt (1) på rødt. Under forsøk med hvitt lys var *A. silus* desorientert og svømte direkte inn i lyskilden. Denne dypvannsfisken har tilpasset de visuelle sansene for å øke lysfølsomheten (Sandström, 1999) og den altererte og desorienterte atferden kan indikere at det hvite lyset var svært forstyrrende for vassilden. Under forsøk med rødt lys var vassilden i motsetning rolig og uttrykte en upåvirket atferd.

Det ble også observert arter innenfor flyndrefamilien Pleuronectidae ved både rødt og hvitt lys. Ved hvitt lys hadde flyndrefisken lavt aktivitetsnivå på 1 og fisken var ved lokaliteten fra start. Ved rødt lys hadde flyndren moderat aktivitetsnivå på 2, og ble ikke observert før etter ca. 4 minutter. I tillegg hadde flyndren som ble observert ved rødt lys ca. 5 minutter lengre varighet i bildet enn ved hvitt lys. Det har blitt gjennomført tidligere forsøk på spektralfølsomheten til stillehavskveite *Hippoglossus stenolepis*, som er i flyndrefamilien. Denne undersøkelsen viste ingen nevneverdige funn for at lys med rød bølgelengde ( $\lambda > 620$  nm), var forstyrrende for arten. *H. stenolepis* var derimot tydelig påvirket ved eksponering for hvitt kunstig lys (Brill et al., 2008). Tendenser til de samme fototaksiske responsene forekom under forsøket som ble gjennomført på Gudmundset.

### 4.3 Konklusjon

Resultatene fra denne studien viser tydelige forskjeller i artssammensetningen observert ved ulike bølgelengder av kunstig lys. Totalt ble det observert flere arter gjennom forsøkene med hvitt lys, blant annet torsk *Gadus morhua* og hyse *Melanogrammus aeglefinus*. Basert på dataanalysen tyder adferden og aktivitetsnivået til artene på en positiv fototaksisk respons til hvitt lys. Dette kan forklare hvorfor det er observert flere arter ved bruk av hvitt lys. Artene som ble observert ved begge bølgelengdene hadde gjennomsnittlig høyere aktivitetsnivå på rødt lys, med unntak av vassild. På bakgrunn av dette kan det antas at disse artene hadde en negativ fototaksisk respons til hvitt lys, men ikke ble påvirket av det røde lyset. Høyere aktivitetsnivå ved rødt lys kan i tillegg tyde på at artene ikke kunne se det røde lyset, og ble derfor verken skremt eller tiltrukket av det. Dette stemmer med tidligere forskning – se Figur 1. I tillegg ble taskekrabben *Cancer pagurus* kun observert ved rødt lys, noe som kan tyde på en negativ fototaksisk respons ved hvitt lys. Basert på resultatene fra denne studien er det flere observasjoner som tyder på at hypotesen satt for studien kan bekreftes: *Kunstig rødt lys påvirker bentiske organismer i mindre grad enn kunstig hvitt lys*. Dette bør derfor tas hensyn til under fremtidige videoundersøkelser der det skal benyttes kunstig lys ved bruk av BRUV eller andre videosystemer i sjø.

### 4.4 Feilkilder

For å øke sannsynligheten av artsforekomst i forsøket har det blitt benyttet agn. Agnet har bestått av sild og har blitt plassert i et agnbur som står sentralt i fokus av videotakingen. Havstrømmene og tidevann kan ha hatt en innvirkning på forekomst av artene i resultater. Forsøkslokalitetene var ~ 270 meter fra hverandre i luftlinje (62°454194 N, 6°605478 Ø og 62°452916 N, 6°601111 Ø), og forsøkene ble gjennomført annenhver gang på hver lokalitet. På grunn av havstrømmer og tidevann kan lukten av agnet ha tiltrukket seg de samme artene rundt lokalitetene. Dette kan ha medført en skjevfordeling av artsforekomst, og dermed usikkerhet rundt artene sin fototaksiske respons. I tillegg kan dette ha ført til en generell økning av antall arter observert utover dagen da agnet kan ha ført til en konsentrering av organismer i området. Ut fra resultatene fra forsøkene ved Gudmundset er den ingen tydelig korrelasjon mellom tid på døgnet, rekkefølgen på forsøkene og antall arter – se Vedlegg 5. Det bør også nevnes at det kan ha vært arter i området som ble avskrekket av både rødt og hvitt lys, og som derfor ikke er observert i denne studien.

Forsøkene ble gjort i nærheten av aktive lakseoppdrettsmerder. I en sluttrapport fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) fant at mengde villfisk rundt oppdrettsanlegg er avhengig av produksjonssyklusen i anlegget; med mer villfisk ved aktive merder (Humborstad et al., 2021). Årsaken til at villfisk samles rundt merder kan være flere, blant annet; økt tilgang på mat (fôrspill), beskyttelse (FAD - fish aggregating device), lyd og lys og ansamling av byttedyr (Humborstad et al., 2021). Da datainnsamlingen i denne studien ble gjennomført i nærheten av flere aktive oppdrettsmerder kan dette ha en innvirkning på artssammensetningen i området og antall individer som ble observert. Både støy- og lysforurensning fra anlegget kan også føre til andre atferdsendringer hos organismene i nærheten, blant annet at fisken forbinder lys med mat. I tillegg kan fôrspill og utslipp fra merdene også føre til flere partikler i vannet, noe som forstyrrer videoene og gjør det vanskeligere å artsbestemme individene som beveger seg lenger vekk fra BRUV-en.

En annen faktor som påvirke aktivitetsnivået og atferden til individene kan være etologi. Etologi ser på årsakssammenhenger bak dyrenes atferdsmønstre i deres naturlige miljø (Ratikainen, 2020). Gjennom forsøkene ble det ved flere tilfeller observert flere individer i bildet samtidig ( $N_{\max}$  på 3), blant annet ved forsøk nr.002 (rødt lys). Her ble det observert tre taskekrabber og en brosme samtidig, og taskekrabbene fikk aktivitetsnivå 3. Årsaken til høyt aktivitetsnivå hos taskekrabbene kan derfor ha vært interaksjonen med andre individer, agnet og/eller lyset. Det er derfor viktig å påpeke at atferden til artene som ble observert kan være mer sammensatt og være påvirket av flere ytre faktorer enn lys.

#### 4.5 Metodiske problem

Den spektrale bestrålingen ble målt ved hjelp av AsenseTEK Lighting Passport for å oppnå en tilnærmet lik lumen på lyskilden både med og uten fargefilter. Denne målingen ble gjennomført i luft og det er derfor viktig å nevne at disse verdiene ikke vil være identisk i vann. Dette er fordi lyshastigheten endrer seg fra luft til vann. Lyshastigheten i vann er omtrent  $\frac{3}{4}$  av hastigheten i luft på 300 000 km/s, som vil si at lyset blir svakere >100m ned i havet (Johansen & Bøhle, 2020). En studie gjort utenfor Svalbard undersøkte hvordan kunstig lys fra vitenskapelige instrumenter (som ROV og BRUV) påvirket pelagiske organismer. Den undersøkelsen analyserte absorpsjons- og tilbakespredningsspektra fra både hvitt, rødt og blått lys. Resultatet antydte at oppløst organisk materiale i større grad dempet de blågrønne bølgelengdene, mens vannabsorpsjon var årsaken til demping i det røde lyset. I tillegg ble den horisontale spektrale penetrasjonsavstanden målt, der rødt lys hadde kortest avstand med  $\sim 6$

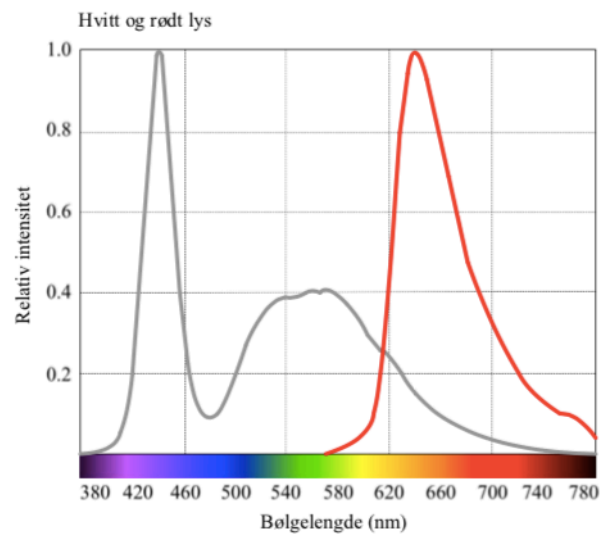
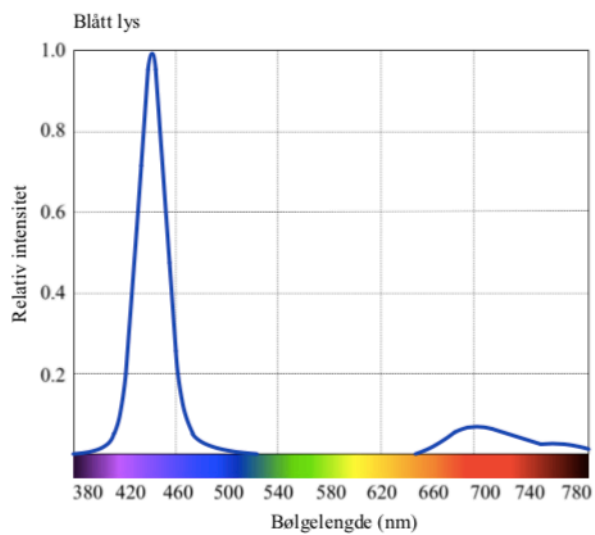
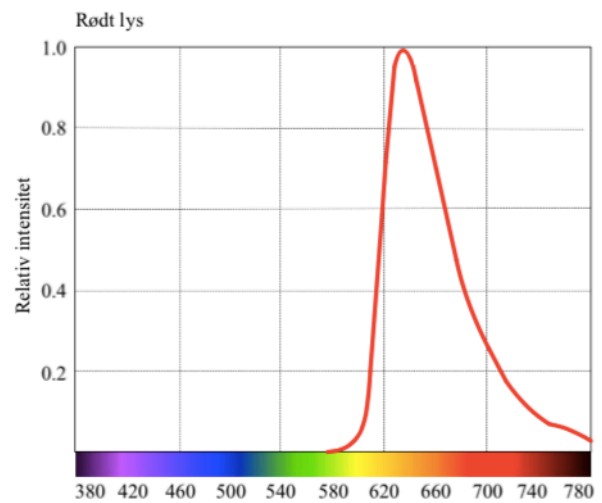
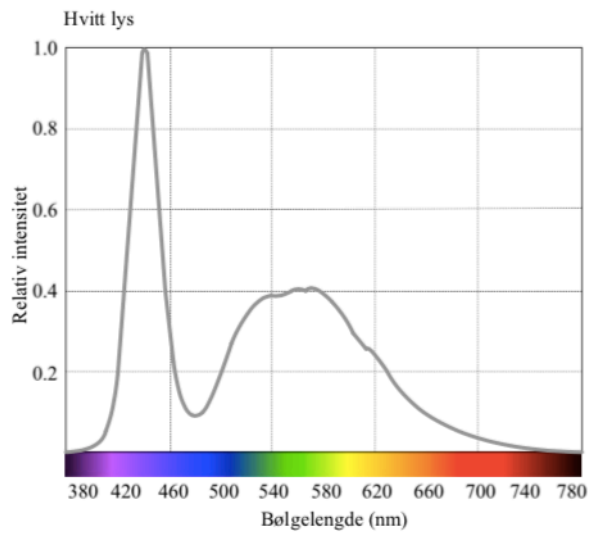
meter. Dette er fordi den optiske penetrasjonsdybden avtar raskere i det nære infrarøde området hvor vannabsorpsjonen øker mer enn ved andre farger på det elektromagnetiske spekteret (Geoffroy et al., 2021).

I denne studien ble det benyttet rødt, blått og hvitt lys, men resultatene etter forsøk gjennomført med blått fargefilter lot seg ikke analysere. Årsaken til at grønt lys ikke ble implementert i vår studie er at både grønt og blått lys befinner seg i det nedre bølgelengdespekteret (464 og 519 nm), og det ble bestemt å kun benytte en av disse da de kan ha lignende egenskaper (Nguyen et al., 2017; UiB, 2020). Det ble gjennomført flere forsøk med blått fargefilter, men videokvaliteten ble for dårlig grunnet mangel på lys. Ifølge en studie fra Svalbard har blått lys lengre horisontal spektral penetrasjonsavstand enn rødt lys, og basert på det burde blått lys i teorien være en bedre lyskilde enn rødt lys. Studien fra Svalbard fant også ut at oppløst organisk materiale i større grad dempet blått lys. Forsøkene gjort i denne studien ble gjennomført på Gudmundset i nærheten av fire aktive lakseoppdrettsmerder. Fisk i åpne merder påvirker miljøet rundt på flere måter, blant annet ved utslipp av fôrrester, ekskrementer fra fisk, samt andre kjemikalier og fremmedstoffer (Miljødirektoratet, 2021). På bakgrunn av dette kan en anta at oppløst organisk materiale var en faktor som påvirket videokvaliteten ved blått lys, og som førte til at videomateriale ved blått filter ikke kunne brukes.

Formålet med denne studien var å undersøke effekten forskjellig kunstig lys har på bentiske organismer. Da det ikke finnes faglitteratur på bruk av kunstig lys for undersøkelse av bentiske organismer i Norske boreale havklima per dags dato, er det viktig å sette dette kunnskapshullet. Det er flere faktorer som kan ha påvirket resultatene i denne studien, blant annet; forsøkslokalitetene, tid på året, dyp, sedimenttype, lysstyrke og bølgelengde osv. Å benytte samme forsøksdesign under ulike forhold, som faktorene årstid, sedimenttype og andre lysforhold kan bidra til å gi økt innsikt av effektene kunstig lys har på bentiske organismer. Dette kan gjøre det lettere å velge lyskilde ved senere studier, avhengig av hva en skal undersøke. Derfor er det viktig å gjøre flere undersøkelser slik at effekten av kunstig lys er godt kartlagt for alle økosystemer, habitater og organismer.

## Vedlegg 1 – Fargespekter for hvitt, rødt og blått lys

Spektral bestråling  $E(\lambda)$  i området 400–700 nm, med og uten forskjellige fargede filtre, for lyskilden montert på BRUV-en.



## Vedlegg 2 – Klassifisering

**Rike:** Dyreriket Animalia

**Rekke:** Leddyr Arthropoda

**Underrekke:** Krepser Crustacea

**Klasse:** Storkrepser Malacostraca

**Orden:** Krill Euphausiacea

**Orden:** Tifotkrepser Decapoda

**Familie:** Cancridae

**Slekt:** Cancer

**Art:** Taskekrabbe *Cancer pagurus*

**Familie:** Trollhummer Galatheidae

**Rekke:** Pigghuder Echinodermata

**Underrekke:** Asterozoa

**Klasse:** Sjøstjerner Asteroidea

**Orden:** Forcipulatida

**Familie:** Asteridae

**Slekt:** Asterias

**Art:** Vanlig korstroll *Asterias rubens*

**Rekke:** Ryggstrengdyr Chordata

**Underrekke:** Virveldyr Vertebrata

**Klasse:** Strålefinnefisker Actinopterygii

**Orden:** Torskefisker Gadiformes

**Familie:** Torskefamilien Gadidae

**Slekt:** Brosme

**Art:** Brosme *Brosme brosme*

**Slekt:** Melanogrammus

**Art:** Hyse *Melanogrammus aeglefinus*

**Slekt:** Molva

**Art:** Lange *Molva molva*

**Slekt:** Pollachius

**Art:** Lyr *Pollachius pollachius*

**Slekt:** Gadus

**Art:** Torsk *Gadus morhua*

**Orden:** Krøklefisker Osmeriformes

**Familie:** Vassildfamilien Argentinidae

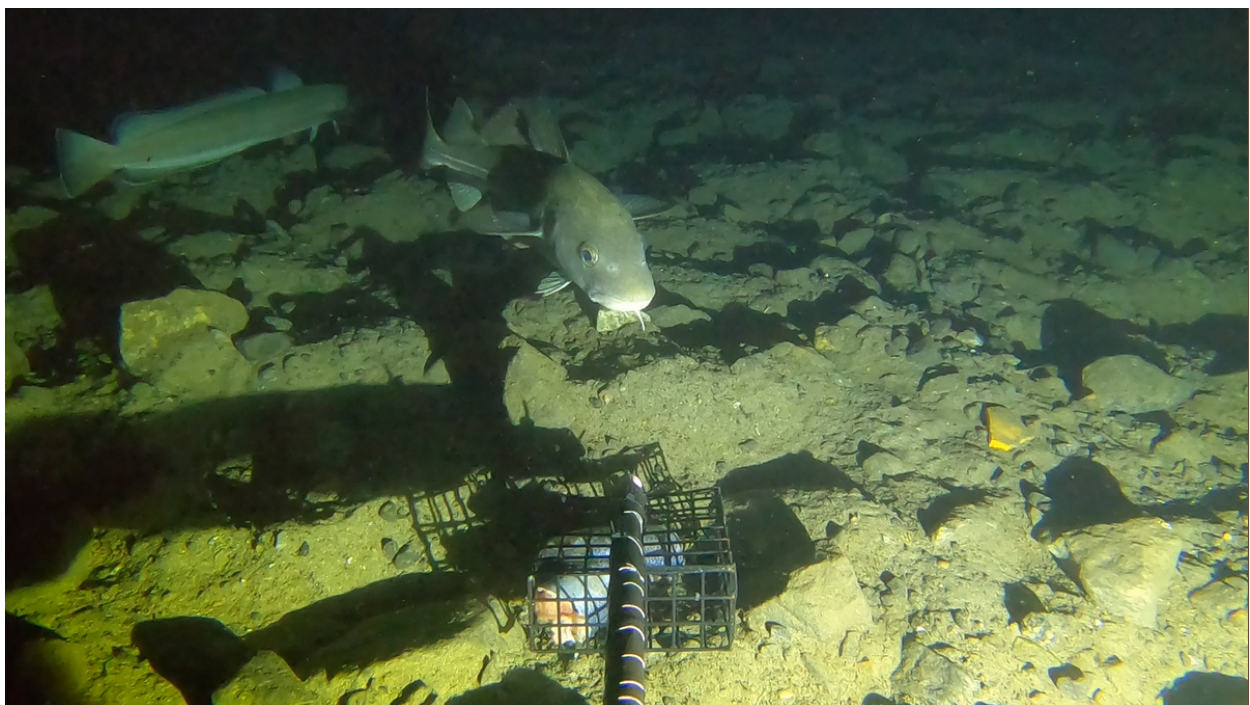
**Slekt:** Argentina

**Art:** Vassild *Argentina silus*

**Orden:** Flyndrefisker Carangiformes

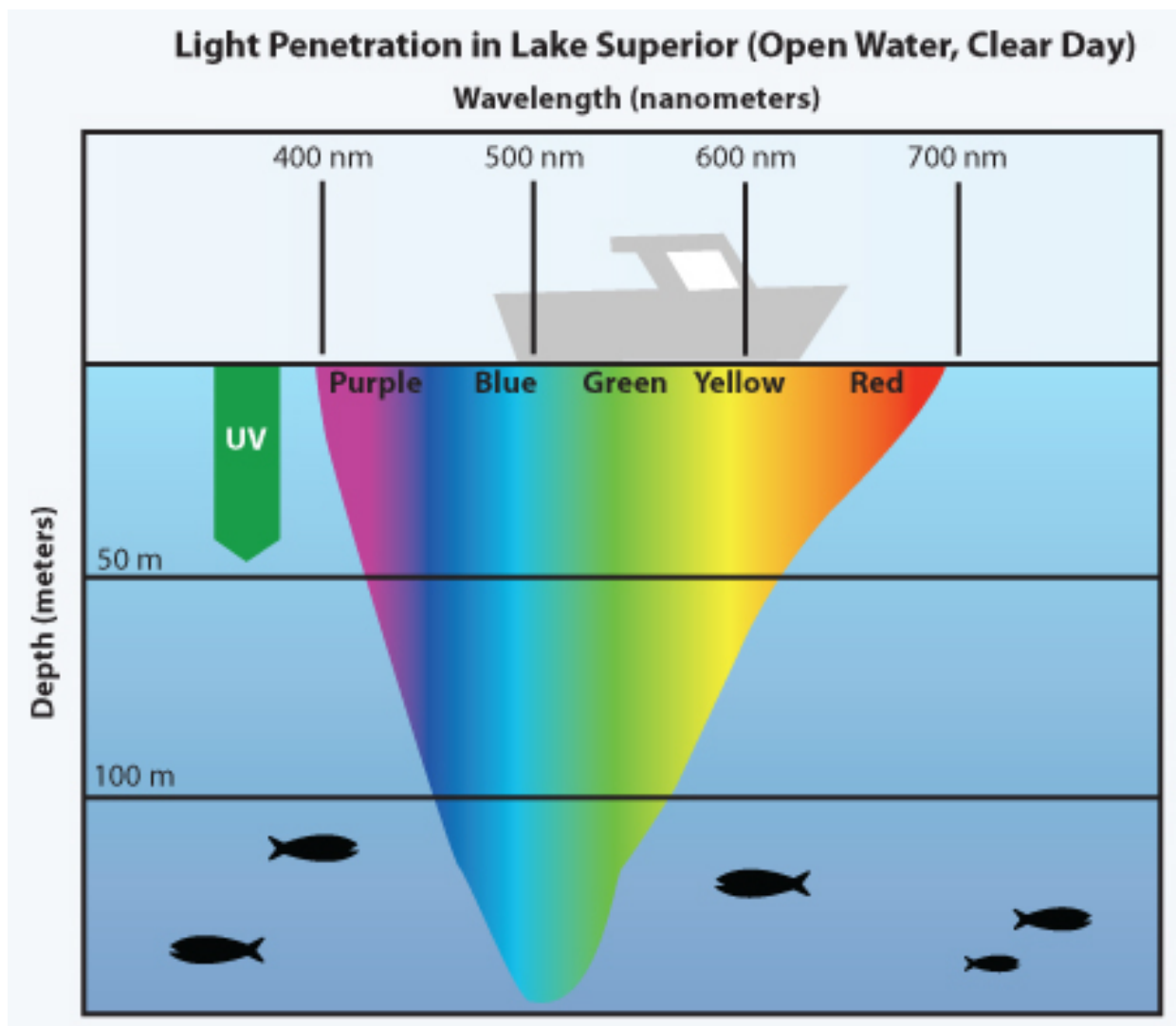
**Familie:** Flyndrefamilien Pleuronectidae

Vedlegg 3 – Bilde av datainnhenting ved rødt og hvitt kunstig lys





Vedlegg 4 – Illustrasjon av lyspenetrering i vann ved ulike bølgelengder



## Vedlegg 5 – Rådata fra videoinnhenting ved bruk av BRUV

Utsett	Dato	Tid	Lys	Art	Aktivitetsnivå	Sekunder før første observasjon	Var arten der fra før?	Sekunder før observasjon	Registrert varighet i (i bildet) sekunder
NR001	13.03.2022		Hvitt	Hyse	1	0	Ja	0	16
NR001	13.03.2022		Hvitt	Flyndre	1	0	Ja	0	689
NR001	13.03.2022		Hvitt	Hyse	1		Nei	30	28
NR001	13.03.2022		Hvitt	Vassild	2		Nei	43	5
NR001	13.03.2022		Hvitt	Ukjent	1		Nei	286	10
NR001	13.03.2022		Hvitt	Ukjent	1		Nei	286	60
NR001	13.03.2022		Hvitt	Norsk storkrill	1		Nei	579	2
NR001	13.03.2022		Hvitt	Hyse	1		Nei	587	12
NR001	13.03.2022		Hvitt	Hyse	1		Nei	1079	12
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3	15	Nei	15	42
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	62	294
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	370	113
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	537	5
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	547	18
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	580	20
NR002	21.03.2022		Rødt	Taskekrabbe	3		Nei	671	290
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	675	34
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	728	89
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	864	32
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	912	80
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	1017	133
NR002	21.03.2022		Rødt	Taskekrabbe	3		Nei	1142	30
NR002	21.03.2022		Rødt	Taskekrabbe nr 2	3		Nei	1149	51
NR002	21.03.2022		Rødt	Taskekrabbe nr 3	3		Nei	1157	43
NR002	21.03.2022		Rødt	Brosme	3		Nei	1165	35
NR003	21.03.2022		Rødt	Trollhummer	1	0	Ja	0	1200
NR003	21.03.2022		Rødt	Flyndre	2		Nei	215	985
NR003	21.03.2022		Rødt	Ukjent	1		Nei	588	33
NR003	21.03.2022		Rødt	Ukjent	1		Nei	775	425
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	3	433	Nei	433	27
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	1		Nei	615	9
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	741	8
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	765	7
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	784	3
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	893	11
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	1032	4
NR004	21.04.2022		Hvitt	Torsk	3		Nei	1065	64
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	1092	3
NR004	21.04.2022		Hvitt	Torsk	3		Nei	1142	58
NR004	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	1163	37
NR005	21.04.2022		Hvitt	Lyr	2	0	Ja	0	145
NR005	21.04.2022		Hvitt	Lange	2	0	Nei	165	73
NR006	21.04.2022		Rødt	Trollhummer	2	132	Ja	132	384
NR006	21.04.2022		Rødt	Lyr	1		Nei	449	15
NR006	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	933	22
NR006	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	978	101
NR006	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	1119	81
NR006	21.04.2022		Rødt	Ukjent	1		Nei	1149	18
NR007	21.04.2022		Hvitt	Sjøstjerne	1	0	Ja	0	1200
NR007	21.04.2022		Hvitt	Krill	1		Nei	15	577
NR007	21.04.2022		Hvitt	Trollhummer	1		Ja	90	602
NR007	21.04.2022		Hvitt	Trollhummer	1		Ja	109	292
NR007	21.04.2022		Hvitt	Lange	1		Nei	172	20
NR007	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	577	27
NR007	21.04.2022		Hvitt	Lange	1		Nei	647	8
NR007	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	721	216
NR007	21.04.2022		Hvitt	Lange	2		Nei	986	28
NR008	21.04.2022		Hvitt	X	X	X	X	X	X
NR009	21.04.2022		Rødt	Taskekrabbe	3	400	Nei	400	800
NR010	21.04.2022		Rødt	Vassild	1	1114	Nei	1114	5
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2	119	Nei	119	41
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	179	37
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	1		Nei	351	12
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	427	18
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	479	299
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	693	6
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	751	112
NR011	21.04.2022		Rødt	Taskekrabbe x 2	2		Nei	781	22
NR011	21.04.2022		Rødt	Lange	2		Nei	867	16
NR011	21.04.2022		Rødt	Lange	2		Nei	894	6
NR011	21.04.2022		Rødt	Brosme	2		Nei	901	4
NR011	21.04.2022		Rødt	Lange	2		Nei	904	30
NR011	21.04.2022		Rødt	Lange	3		Nei	942	258
NR011	21.04.2022		Rødt	Lange	2		Nei	951	1
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Hyse	2	165	Nei	165	87
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	171	18
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Hyse	2		Nei	211	30
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	2		Nei	215	35
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	261	20
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	3		Nei	327	147
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	1		Nei	398	6
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	3		Nei	492	174
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	3		Nei	500	166
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	1		Nei	523	6
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	2		Nei	614	21
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	3		Nei	677	159
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	2		Nei	691	48
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	3		Nei	709	92
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	2		Nei	752	13
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	2		Nei	789	12
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	3		Nei	808	28
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 3	2		Nei	814	22
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	850	14
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	866	10
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	876	14
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	2		Nei	882	27
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	2		Nei	914	25
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	990	6
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	1		Nei	1000	19
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme	3		Nei	1059	141
NR00X	29.04.2022		Hvitt	Brosme 2	2		Nei	1074	126

## Referanseliste

Ahyong, S., Baba, K., Macpherson, E., & Poore, G. (2010). A new classification of the

*Galatheoidea* (Crustacea: Decapoda: Anomura). *Zootaxa*, 2676, 57–68.

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.2676.1.4>

Anthony, P. D., & Hawkins, A. D. (1983). Spectral sensitivity of the cod, *Gadus morhua* L.

*Marine Behaviour and Physiology*, 10(2), 145–166.

<https://doi.org/10.1080/10236248309378614>

Archer, S., Djamgoz, M. B., Loew, E., Partridge, J. C., & Vallerga, S. (2013). *Adaptive*

*Mechanisms in the Ecology of Vision*. Springer Science & Business Media.

Australian Institute of Marine Science. (2022). *Video Monitoring*. aims.gov.au.

<https://www.aims.gov.au/docs/research/monitoring/seabed/video-monitoring.html>

Birt, M. J., Stowar, M., Currey-Randall, L. M., McLean, D. L., & Miller, K. J. (2019).

Comparing the effects of different coloured artificial illumination on diurnal fish assemblages in the lower mesophotic zone. *Marine Biology*, 166(12), 154.

<https://doi.org/10.1007/s00227-019-3595-0>

Bowmaker, J. K. (1995). The visual pigments of fish. *Progress in Retinal and Eye Research*,

15(1), 1–31. [https://doi.org/10.1016/1350-9462\(95\)00001-1](https://doi.org/10.1016/1350-9462(95)00001-1)

Breen, M., Dyson, J., O'Neill, F. G., Jones, E., & Haigh, M. (2004). Swimming endurance of

haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.) at prolonged and sustained swimming

speeds, and its role in their capture by towed fishing gears. *ICES Journal of Marine*

*Science*, 61(7), 1071–1079. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.06.014>

Brill, R., Magel, C., Davis, M., Hannah, R., & Rankin, P. (2008). Effects of rapid

decompression and exposure to bright light on visual function in black rockfish

(*Sebastes melanops*) and Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*).

<Http://Aquaticcommons.Org/Id/Eprint/8824>. <https://aquadocs.org/handle/1834/25473>

- Bryhn, A. C., Königson, S. J., Lunneryd, S.-G., & Bergenius, M. A. J. (2014). Green lamps as visual stimuli affect the catch efficiency of floating cod (*Gadus morhua*) pots in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 157, 187-192.  
<https://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2014.04.012>
- Carlowicz, M. (2006, april). Pioneering expeditions investigate how eddies make life bloom in oceanic deserts. *Oceanus*, 45(1), 18–21.
- Coghlan, A. R., McLean, D. L., Harvey, E. S., & Langlois, T. J. (2017). Does fish behaviour bias abundance and length information collected by baited underwater video? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 497, 143–151.  
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.09.005>
- Dalpadado, P. (2021, april 9). *Krill – Arktisk krill*. Havforskningsinstituttet.  
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/arktisk-krill>
- Fiskeridirektoratet. (2022a). *Akvakulturstatistikk: Matfiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret*. Fiskeridirektoratet. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon>
- Fiskeridirektoratet. (2022b). *Akvakulturregisteret*.  
<https://sikker.fiskeridir.no/akvakulturregisteret/web/sites?searchText=Gudmundset&searchType=name&fbclid=IwAR0Eckp6sTC0Ip-oPuJ5u-88UAWGIRxJmBStOjqZGoij-6K1sj0WnjdMJ3U>
- Fitzpatrick, C., McLean, D., & Harvey, E. S. (2013). Using artificial illumination to survey nocturnal reef fish. *Fisheries Research*, 146, 41–50.  
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.03.016>

- Frank, T. M., Johnsen, S., & Cronin, T. W. (2012). Light and vision in the deep-sea benthos: II. Vision in deep-sea crustaceans. *Journal of Experimental Biology*, *215*(19), 3344–3353. <https://doi.org/10.1242/jeb.072033>
- Frank, T. M., & Widder, E. A. (1999). Comparative study of the spectral sensitivities of mesopelagic crustaceans. *Journal of Comparative Physiology A*, *185*(3), 255–265. <https://doi.org/10.1007/s003590050385>
- Furberg, K. (2015, mai 5). *Vi vet mindre om havet enn om verdensrommet*. <https://www.universitetsavisa.no/forskning/vi-vet-mindre-om-havet-enn-om-verdensrommet/167734>
- Geoffroy, M., Langbehn, T., Priou, P., Varpe, Ø., Johnsen, G., Le Bris, A., Fisher, J. A. D., Daase, M., McKee, D., Cohen, J., & Berge, J. (2021). Pelagic organisms avoid white, blue, and red artificial light from scientific instruments. *Scientific Reports*, *11*(1), 14941. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94355-6>
- Helle, K. (2019, mars 28). *Brosme*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/brosme>
- Humborstad, O.-B., Løkkeborg, S., Utne-Palm, A. C., Saltskår, J., Siikavuopio, S., Hustad, A., Bjørkevoll, I., & Helgesen, P. J. (2021, desember 23). *Utvikling av fiske ved oppdrettsanlegg*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2021-58>
- Humborstad, O.-B., Utne-Palm, A. C., Breen, M., & Løkkeborg, S. (2018). Artificial light in baited pots substantially increases the catch of cod (*Gadus morhua*) by attracting active bait, krill (*Thysanoessa inermis*). *ICES Journal of Marine Science*, *75*(6), 2257–2264. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy099>
- Johansen, A., & Bøhle, K. (2020, mars 17). *Lysbryting*. ndla.no. <https://ndla.no/nm/subject:1:f18b0daa-6507-4025-8998->

b8a11c8ccc70/topic:5:dbc23651-7216-4610-bc38-dde58f013724/topic:3:2fc22d3b-beb8-45cf-9c14-a409d36190ff/resource:bdadbd27-7c5b-40cd-9d1a-893caa0229d0

Krafft, B. A., & Krag, L. A. (2021). Antarctic krill (*Euphausia superba*) exhibit positive phototaxis to white LED light. *Polar Biology*, *44*(3), 483–489.

<https://doi.org/10.1007/s00300-021-02814-7>

Land, M. (2018, november 23). *Rhabdom*. Encyclopedia Britannica.

<https://www.britannica.com/science/rhabdom>

Larssen, W. E., & Bakke, S. (2019). Behavioural responses of northern shrimp (*Pandalus borealis*) to artificial light in laboratory experiments. In L. K. Akslen-Hoel & B. Egilsson (Eds.), *International Perspectives on Regional Research and Practice* (pp. 141-153): Orkana Forlag.

Levine, J. S., & MacNichol, E. F. (1982). Color Vision in Fishes. *Scientific American*, *246*(2), 140–149.

Linley, T. D., Lavaleye, M., Maiorano, P., Bergman, M., Capezzuto, F., Cousins, N. J., D’Onghia, G., Duineveld, G., Shields, M. A., Sion, L., Tursi, A., & Priede, I. G. (2017). Effects of cold-water corals on fish diversity and density (European continental margin: Arctic, NE Atlantic and Mediterranean Sea): Data from three baited lander systems. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *145*, 8–21. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.12.003>

Lythgoe, J. N. (1980). *The Ecology of Vision*. Oxford University Press.

Marchesan, M., Spoto, M., Verginella, L., & Ferrero, E. A. (2005). Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research*, *73*(1), 171–185. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.12.009>

Mauchline, J. (1958). *The Vascular System of Crustacean Compound Eyes, especially those of the Euphausiid, Meganyctiphanes norvegica*.

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.619.1170&rep=rep1&type=pdf>

- McConnell, A., Routledge, R., & Connors, B. (2010). Effect of artificial light on marine invertebrate and fish abundance in an area of salmon farming. *Marine Ecology Progress Series*, 419, 147–156. <https://doi.org/10.3354/meps08822>
- Meyer-Rochow, V. B. (2001). The crustacean eye: Dark/light adaptation, polarization sensitivity, flicker fusion frequency, and photoreceptor damage. *Zoological Science*, 18(9), 1175–1197. <https://doi.org/10.2108/zsj.18.1175>
- Miljødirektoratet. (2021, juli 21). *Akvakultur—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/Akvakultur-fiskeoppdrett/>
- Moen, F. E. (2020). *Dyreliv i havet—Norsk marin fauna* (7. utgave). Kolofon.
- Nguyen, K. Q., Winger, P. D., Morris, C., & Grant, S. M. (2017). Artificial lights improve the catchability of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps. *Aquaculture and Fisheries*, 2(3), 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.05.001>
- Pethon, P., & Vøllestad, A. (2021). Hyse. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/hyse>
- Petsko, E. (2020, juni 8). *Why does so much of the ocean remain unexplored and unprotected?* Oceana. <https://oceana.org/blog/why-does-so-much-ocean-remain-unexplored-and-unprotected/>
- Pough, H., & Janis, C. (2019). *Vertebrate Life* (10. utgave). Oxford University Press.
- Ratikainen, I. I. (2020). Etologi. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/etologi>
- Raymond, E., & Widder, E. (2007). Behavioral responses of two deep-sea fish species to red, far-red, and white light. *Marine Ecology-progress Series - MAR ECOL-PROGR SER*, 350, 291–298. <https://doi.org/10.3354/meps07196>

- Rountree, R. A., & Juanes, F. (2010). First attempt to use a remotely operated vehicle to observe soniferous fish behavior in the Gulf of Maine, Western Atlantic Ocean. *Current Zoology*, 56(1), 90–99. <https://doi.org/10.1093/czoolo/56.1.90>
- Sakamoto, M., Fujimori, Y., Matsubara, N., Yasuma, H., Shimizu, S., & Katakura, S. (2017). Fish attracting effects of LED light of different colours. *Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems*, 10, 235–240.
- Sandström, A. (1999). Visual ecology of fish - a review with special reference to percids. *Fiskeriverket Rapport 1999*, (2).
- Schückel, S., Ehrich, S., Kröncke, I., & Reiss, H. (2010). Linking prey composition of haddock *Melanogrammus aeglefinus* to benthic prey availability in three different areas of the northern North Sea. *Journal of Fish Biology*, 77(1), 98–118. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02657.x>
- Shand, J., Partridge, J. C., Archer, S. N., Potts, G. W., & Lythgoe, J. N. (1988). Spectral absorbance changes in the violet/blue sensitive cones of the juvenile pollack, *Pollachius pollachius*. *Journal of Comparative Physiology A*, 163(5), 699–703. <https://doi.org/10.1007/BF00603854>
- Skaar, J. (2020). Lys. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/lys>
- UiB. (2020, september 7). *Det elektromagnetiske spekteret*. Universitetet i Bergen. <https://www.uib.no/hms-portalen/74856/det-elektromagnetiske-spekteret>
- University of Hawai‘i. (2022). *Light in the Ocean*. <http://manoa.hawaii.edu/exploringourfluidearth/physical/ocean-depths/light-ocean>
- Utne-Palm, A. C., Breen, M., Løkkeborg, S., & Humborstad, O.-B. (2018). Behavioural responses of krill and cod to artificial light in laboratory experiments. *PLOS ONE*, 13(1), e0190918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190918>



- Valen, R., Edvardsen, R. B., Søviknes, A. M., Drivenes, Ø., & Helvik, J. V. (2014). Molecular Evidence that Only Two Opsin Subfamilies, the Blue Light- (SWS2) and Green Light-Sensitive (RH2), Drive Color Vision in Atlantic Cod (*Gadus morhua*). *PLOS ONE*, 9(12), e115436. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115436>
- Von der Emde, G., Mogdans, J., & Kapoor, B. G. (2004). *The Senses of Fish: Adaptations for the Reception of Natural Stimuli*. Springer Science & Business Media.
- Vøllestad, A. (2021). Lyr. I *Store norske leksikon*. <http://snl.no/lyr>
- Warrant, E. J., Collin, S. P., & Locket, N. A. (2003). Eye Design and Vision in Deep-Sea Fishes. I S. P. Collin & N. J. Marshall (Red.), *Sensory Processing in Aquatic Environments* (s. 303–322). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-22628-6\\_16](https://doi.org/10.1007/978-0-387-22628-6_16)
- Weiss, H., Lozano-Álvarez, E., Briones-Fourzan, P., & Negrete-Soto, F. (2006). Using Red Light with Fixed-site Video Cameras to Study the Behavior of the Spiny Lobster, *Panulirus argus*, and Associated Animals at Night and Inside Their Shelters. *Marine Technology Society Journal*, 40, 86–95. <https://doi.org/10.4031/002533206787353213>
- Woll, A., & Van der Meeren, G. I. (1997, august 11). *Taskekrabben (Cancer pagurus)*. <https://docplayer.me/27621855-Taskekrabben-cancer-pagurus.html>
- Wraith, J., Lynch, T., Minchinton, T. E., Broad, A., & Davis, A. R. (2013). Bait type affects fish assemblages and feeding guilds observed at baited remote underwater video stations. *Marine Ecology Progress Series*, 477, 189–199. <https://doi.org/10.3354/meps10137>
- WWF. (2022). *Our Oceans*. WWF. <https://www.wwf.org.uk/where-we-work/oceans>
- Aarnes, H. (2020, mai 6). *Sansereseptorer—Institutt for biovitenskap*. mn.uio.no. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/s/sansereseptorer.html>

