

Fangst av krill og torsk (*Gadus morhua*) ved bruk av lys; effekt av lyskildens egenskaper.

Kamilla Flatsetøy Furseth



Masteroppgave i Fiskeribiologi og forvaltning

-

Institutt for Biovitenskap

UNIVERSITETET I BERGEN

-

2018

Forord

Jeg ønsker å takke de akademiske veilederne mine Anne Christine Utne Palm, Dag Aksnes, Odd-Børre Humborstad og Thor Klevjer for støtte og veiledning under feltarbeid og skriving av oppgaven. De har latt meg jobbe selvstendig og likevel gitt gode tilbakemeldinger og idéer, noe jeg er veldig takknemlig for. Jeg må også takke Fangstgruppen på havforskningsinstituttet for økonomisk støtte under feltarbeid ved reise og utstyr, hvor jeg også må takke Svein Løkkeborg for at jeg fikk delta på lærerikt feltarbeid i Nord-Norge. Kaptein Nils på FV Fangst må takkes for gjestfrihet om bord under feltarbeidet i Nord-Norge, og jeg må takke Bjørn Totland for hjelp med det tekniske under feltarbeidet i Matre. Jeg er også takknemlig for at Jan Olav Fosse ved Havforskningsinstituttets avdeling i Matre lot meg jobbe alene ute på anlegget, det var lærerikt å få holde på selvstendig med feltarbeidet der ute. Og uten Monica Martinussen på planktonlaben hadde det vært mye vanskeligere å identifisere fangsten. Knut Helge Jensen og Terje Jørgensen må takkes for utrolig god hjelp de statistiske analysene.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	5
1. Introduksjon	6
2. Materiale og metoder	10
2.1 Lysmålinger	11
2.2 Lokalteter.....	12
2.2.1 Smørdal	12
2.2.2 Ramfjord	13
2.3 Innsamling, opparbeiding i felt og bearbeiding på laboratoriet.....	14
2.3.1 Lysfeller	14
2.3.2 Innsamling i Matre	14
2.3.3 Innsamling av krill i Ramfjord.....	16
2.3.4 Innsamling torsk i Ramfjord	16
2.3.5 Opparbeiding i felt	17
2.3.5.1 Videokamera	17
2.3.6 Bearbeiding på laboratoriet.....	18
2.3.6.1 Spritprøver fra Matre	18
2.3.6.2 Frosne prøver fra Ramfjord	18
2.4 CTD og akustikk.....	18
2.4.1 CTD.....	18
2.4.2 Akustikk.....	18
2.5 Analyser.....	18
2.5.1 Datagrunnlag.....	18
2.5.2 Statistiske analyser.....	19
2.5.2.1 Krillfangst i Smørdal.....	19
2.5.2.2 Krillfangst i Ramfjord.....	19
2.5.2.3 Torskefangst i Ramfjord	20
3. Resultater.....	20
3.1 Artssammensetning	20
3.2 Krillfangst i Matre	21
3.2.2 Tid på døgnet	21
3.2.3 Intensitet og farge	22
3.3 Videoer	23
3.4 CTD	24

3.5 Krill Ramfjord.....	25
3.6 Torsk.....	25
4. Diskusjon.....	27
4.1 Begrensninger og eventuelle feilkilder	27
4.2 Lyskvaliteter	27
4.2.1 Bølgelengde	27
4.2.2 Intensitet.....	28
4.3 Tid på døgnet.....	28
4.4 Video	29
4.5 Atferdsobservasjoner av krill.....	30
4.6 Konklusjon.....	30
Referanser.....	31
Appendikser	37
Appendiks 1	37
Appendiks 2.....	37
Appendiks 3.....	38
Appendiks 4.....	39
Appendiks 5.....	41
Appendiks 6.....	42
Appendiks 7.....	42
Appendiks 8.....	43
Appendiks 9.....	43
Appendiks 10.....	45
Appendiks 11.....	46
Appendiks 12.....	46
Appendiks 13.....	47
Appendiks 14.....	47
Appendiks 15.....	47
Appendiks 16.....	48

Sammendrag

Krillens adferd rundt lys er lite studert i felt, men er viktig med tanke på utviklingen innen teinefiske etter fisk (Torsk, *Gadus morhua*), da det brukes lys for å tiltrekke levende bytte og motivere fisken til å gå i teina. Her blir krillens tiltrekning til ulike lyskvaliteter studert, og dens adferd rundt lyset observert med *in situ* videoopptak. Grønt, blått og hvitt lys ble sammenlignet i ulike intensiteter ved bruk av lysfeller, på to ulike lokasjoner; Smørdal i Masfjord og Ramfjord i Troms. Høy intensitet ga høyest fangstrate begge steder for alle bølgelengder, mens blått lys med høy intensitet ga høyest fangst av bølgelengdene. Krillen hadde en tendens til å komme først til lysfellene, men så deretter trekke seg unna. Annet makroplankton og fisk fortsetter å nærme seg lyset etter at krillen har trukket seg unna. Med tanke på å tiltrekke fisk til teinene ved bruk av levende bytte er resultatene i dette studiet viktig for videre utvikling av effektive lyskvaliteter.

1. Introduksjon

Det er i dag kjent at de fleste akvatiske, frittlevende organismer responderer på lys og lysintensitet på flere ulike måter; vertikal vandring, stimdannelse, vandring og fødesøk (Hays, 2003; McFarland, 1986; Ringelberg, 2010). Både fisk og krepsdyr reagerer på visuelle stimuli og bruker synet for å søke etter både mat og predatorer, og syn er uten tvil en viktig sans for de aller fleste akvatiske organismer (Guthrie and Muntz, 1993; Warrant and Nilsson, 2006). Slike egenskaper åpner for at en kan manipulere atferd hos marine organismer ved bruk av kunstig lys, noe som allerede er utbredt i for eksempel oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar*) (Saunders and Henderson 1970).

Fiske med lys har lange tradisjoner innen pelagisk fiskeri (Ben-Yami, 1976, 1988) og er blant annet tatt i bruk innen linefiske etter tunfisk og sverdfisk (Hazin et al., 2005). I tillegg har kunstig lys funnet sin plass i trålfiskeri hvor det brukes til å øke artsseleksjonen (Hannah et al., 2015). Men selv om kunstig lys i stor grad er tatt i bruk innen fiskeri og havbruk er effekten av lyset, hvordan og hvorfor organismer responderer, lite studert. En forståelse av dette kan bidra i utvikling av mer miljøvennlige og bærekraftige fiskemetoder. Forskjeller i respons på lysstimuli, tiltrekning og unnvikelse kan variere mellom ulike organismer og arter (Marchesan et al., 2005; Meyer-Rochow, 2001). Viktige faktorer innen fiskeri kan forbedres, som for eksempel fangsteffektiviteten, bifangst, drivstofforbruk og habitatpåvirkning. Drivstofforbruk og habitatpåvirkning kan reduseres ved å forbedre fangsteffektiviteten ved å bruke passive fangstredskap (Hubert et al., 2012). Dette er redskap som står i ro og som fisken selv oppsøker, de krever derfor mindre drivstoff og har mindre påvirkning på bunnhabitater enn for eksempel en trål (Suuronen et al., 2012).

Det er et mål å minske miljøpåvirkningen av fiskeriaktivitet ved å bruke og å utvikle mer miljøvennlige fangstmetoder, gjerne kalt LIFE redskap (low impact fuel-efficient gears) (Suuronen et al., 2012). Et eksempel på et slikt redskap er teiner, som er karakterisert som et redskap med mindre påvirkning på havbunnen enn de fleste andre fiskeredskap (Schau et al., 2009; Thomsen et al., 2010; Ziegler and Hansson, 2003). Utfordringen med teiner er at de ikke har vist seg å være effektive til fangst av fisk. Teinefiske er avhengig av fiskens egen adferd og bevegelse, og utnytter fiskens behov for å søke etter mat og beskyttelse. Det er gjort studier som viser at bare 11% av den fisken som tiltrekkes teina blir fanget (Anders et al., 2017; Ljungberg et al., 2016). Utfordringen er ikke å tiltrekke fisk, men å motivere fisken til å svømme inn i teina. I teinene brukes det ofte agn (for eksempel akkar *Illex spp.*), noe som ikke er nødvendig i alle teinefiskerier (Munro et al., 1971). Fisk bruker både syn og lukt når

de svømmer mot fiskeredskaper med agn, men da agnet ikke er nok til å motivere torsken til å svømme inn er det mulig at tilstedeværelse av et visuelt og levende bytte har større tiltrekningskraft (Jørgensen et al., 2017), som for eksempel en krillsverm. Det er mer enn agn som kan påvirke teinenes effektivitet, slik som fiskens atferd (Furevik, 1994), designet til teina (Furevik and Løkkeborg, 1994), maskevidde (Robichaud et al., 1999), hvor lenge teina er i vann – her kalt stå-tid (Bennett, 1974) og lokasjon (High and Beardsle, 1970).

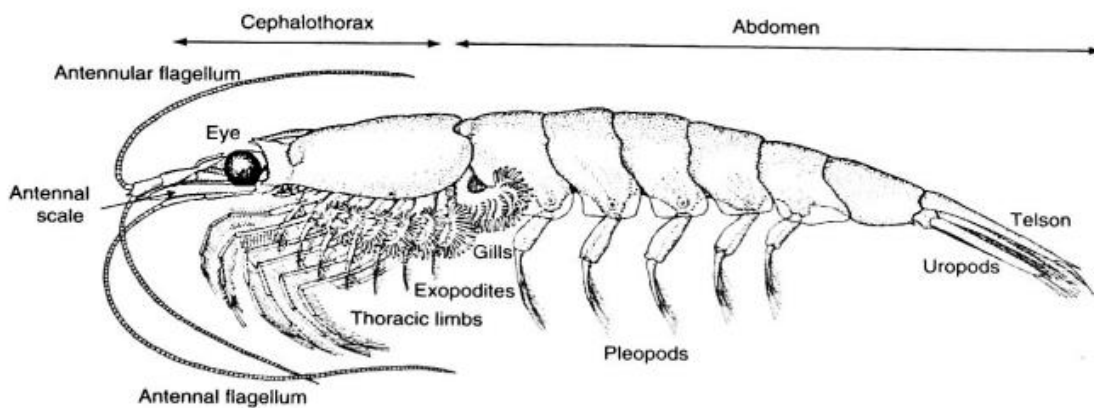
I Norge har vi fisket torsk i flere århundrer, og spesielt i Nord-Norge og rundt Lofoten (Jennings et al., 2001) hvor fisker skrei når den kommer inn for å gyte nær kysten. Videre har vi kysttorsken, som lever på grunt vann langs kysten (Moen and Svensen, 2014). Dette gjør at torsken, både kysttorsk og skrei, er gode kandidat til teinefiske da det kan fiskes nært land og inne i fjorder. Områder hvor en kan bruke mindre båter, noe som gjør teinefiske tilgjengelig for fiskere som ikke eier store trålere. Som tidligere nevnt er det bare få prosent av torsken som tiltrekkes teina som blir fanget, og vi vet også at torskens diett inkluderer krepsdyr (Crustacea), og krill er observert blant disse (Klemetsen, 1982; Salvanes and Nordeide, 1993), noe som gjør det interessant å se om krill kan trekke torsken inn i teina.

Det har de siste årene vært utført ulike studier hvor målet har vært å bruke kunstig lys for å øke fangsten av torsk (*Gadus morhua*) i teiner (Bryhn et al., 2014; Hedgårde et al., 2016). Torsken er dikromat (Valen et al., 2014), og er mest følsom for lys med bølgelengder fra 450 nm til 550 nm (Anthony and Hawkins, 1983; Bowmaker, 1990), et spekter som inkluderer grønt lys. Forsøk utført i Sverige viser at en får større fangst av torsk i teiner når det settes inn lys (grønt tunalys) i teinene (Bryhn et al., 2014). I disse undersøkelsene ble det ikke gjort videoopptak eller tatt mageprøver av torsken. Det er derfor uklart om torsken var motivert av krill (*Meganyctiphanes norvegica*) eller andre byttedyr til å gå inn i teina.

Høsten 2016 utførte HI (Havforskningsinstituttet) fiske med lys i torsketeiner, med både grønne tunalys, tilsvarende de som ble brukt i Sverige (Bryhn et al., 2014), og med hvite lys (dykkerlykter). Teinene med hvitt lys ga meget store fangster (opptil 200 kg per teine) i motsetning til teinene uten lys (opptil 5 kg per teine). Det grønne lyset ga ingen økning i fangst. Mageprøver viste at fisken fanget i teinene med lys, både hvitt og grønt, var fulle av krill, og videoopptak viser tette stimer med krill og andre typer makroplankton (for eksempel pilorm (*Chaetognatha*)) rundt lyskilden. Forsøkene viste at det hvite lyset var mest effektivt, men det kan skyldes at det hvite lyset var sterkere enn det grønne. Disse forsøkene tyder på at det finnes potensiale for å gjøre teinefisket mer effektivt og kommersielt lønnsomt ved bruk

av lystiltrekning av krill. Det er observert at krill responderer på kunstig lys, og at svømmeaktiviteten og tiltrekningen varierer med bølgelengde og intensitet, samtidig som at torsken ikke viser tydelige tegn til unnvikelse (Utne-Palm et al., 2018).

Krill og andre makroplankton foretar døgnvandring (DVM, fra engelsk: diel vertical migration) (Hays, 2003). Ved normal DVM vil krill og andre makroplankton holde seg på dypt vann om dagen og trekke mot overflaten om natten, som et trade-off mellom å optimere næringsopptaket og minimere risikoen for å bli utsatt for predasjon (Aksnes and Giske, 1990; Johnsen and Jakobsen, 1987; Loose and Dawidowicz, 1994). Det å stå på dypt vann over lang tid er ikke optimalt da deres hovednæring befinner seg nær overflaten (Hays, 2003). På dypet er krillen ikke like utsatt for visuelle predatorer på grunn av lysforholdene (Onsrud and Kaartvedt, 1998), men taktile predatorer vil fortsatt være en trussel.



Figur 1. Skisse over krillens anatomi. Illustrasjon fra Tarling et al. (2010).

Kunnskap om krillens lyspreferanser og atferd relatert til ulike lysstimuli er ikke godt studert. Det som er kjent om krillen er at den er monokromat (har bare ett synspigment) og at den har maks sensitivitet i området 488-490nm, med sensitivetsområde fra 390 nm – 650 nm (Frank and Widder, 1999, *Meganyctiphanes norvegica*; Cohen et al., 2015, *Thysanoessa inermis*). Alle artene i Euphasiidae-familien produserer lys på 468 nm (Kay, 1962, 1965), og både lyset krillen produserer og dens sensitivitet overlapper med torskens sensitivitet (450-550 nm). *M. norvegica* har 10 lysproduserende fotoforer; 1 på hver øyestilk, 2 par på ventral thorax og 4 stykker på abdomen (Figur 1) (Herring and Locket, 1978). Det er flere teorier rundt disse lysorganene, som for eksempel at de brukes til kommunikasjon mellom individer (Mauchline, 1960) eller som kamuflasje (motskygging) (Clarke, 1963; Krönström et al., 2007). Studier har vist at krill responderer på ulike lysstimuli ved å produsere lys selv (Kay, 1965), men hvilke lyskarakteristika krillen tiltrekkes av er lite studert. Ett nyere laboratoriestudie har vist at krill

(*M. norvegica*) har høyest aktivitet i grønt (530 nm) og hvitt lys (425-750 m) sammenlignet med en rekke andre bølgelengder (Utne-Palm et al., 2018). Hvilke lyskarakteristika krillen tiltrekkes av og hvordan den responderer på kunstig lys i sitt naturlige miljø, vet vi derimot lite om. Også hvordan kunstig lys påvirker torskens tiltrekning til teinene har ikke blitt beskrevet. Ved å bruke lykter med ulike bølgelengder og intensiteter i tillegg til observasjon med undervannskamera er målet med denne studien å undersøke hvordan krillen responderer på kunstig lys. Kameraet vil kunne gi en kvalitativ beskrivelse av krillens atferd i nærhet av lyset, og de ulike lyktene vil kunne gi en kvantitativ beskrivelse av hvilke kvaliteter ved lyset (bølgelengde og/ eller intensitet) som virker mest tiltrekkende på krill. En bedre forståelse av dette vil kunne hjelpe til med forståelsen av hvordan effektiviteten til torsketeiner kan økes. Det kan bidra til en forbedring av fangst effektiviteten til torsketeiner, og med dette forhåpentligvis gjøre teiner til en lønnsom fangstmetode for torsk.

Målene med studiet er:

1. Beskrive i hvilken grad krillen tiltrekkes av ulike bølgelengdesammensetning i lyset.

Basert på at sensitiviteten til krillen ligger mellom 390-650 nm og har sitt maksimum rundt 490 nm (blå-grønt lys) og tidligere forsøk utført av HI, vil jeg anta at krillen burde tiltrekkes både blått og grønt (Våre øyne oppfatter bølgelengdeområdet 420-495 nm som blått, og det i området 490-575 nm som grønt). Hvitt burde også kunne tiltrekke krill da hvitt lys inneholder både grønt og blått lys (Johnsen, 2012), men det hvite lyset inneholder også mye annet lys som faller utenfor krillens sensitivitets kurve (Figur 2).

2. Beskrive hvilken lysintensitet som tiltrekker krillen, ved ulike bølgelengdesammensetning.

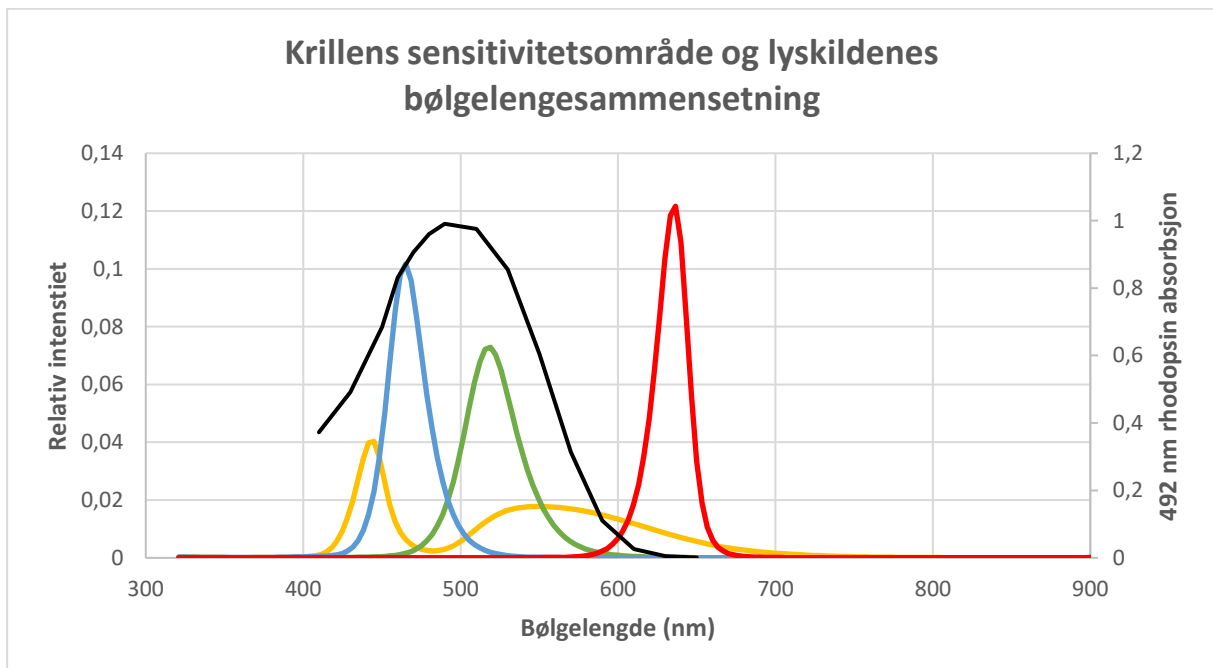
HI's forsøk høsten 2016 viste at sterkt hvitt lys tiltrakk mer fisk enn grønt lys ved lavere intensitet. Mageprøvene viste at fisken fanget i teiner utstyrt med sterkt hvitt lys hadde spist mye krill. Det er nærliggende å anta at krillen hadde blitt tiltrukket av det sterke lyset i teinen. Ut fra krillens sensitivetsområde er det naturlig å anta at grønt, blått og hvitt lys skulle tiltrekke krill, men det er interessant å se om grønt og blått tiltrekker mer krill enn det bredspektrede hvite lyset. Det er kostbart (krever mye energi) å bruke lykter med høy intensitet. Det er derfor viktig å finne ut om en kan oppnå like bra eller bedre tiltreknings av krill ved lavere intensitet, dersom en bruke lys med et bølgelengdespekter som ligger nær krillens sensitivitetskurve.

3. Undersøke om det er forskjell mellom natt og dag når det gjelder krillens tiltrekning mot lys.

Da krillen driver DVM (Hays, 2003; Onsrud and Kaartvedt, 1998) er det interessant å se om det er noe forskjell i hvilke lyskarakteristika krillen tiltrekkes ved ulike tider på døgnet. Krillen trekker opp mot overflaten om natten for å spise, og det er mulig at de er mer tiltrukket lys om natten da det vil være alger der det er lys (Lass et al., 2001).

2. Materiale og metoder

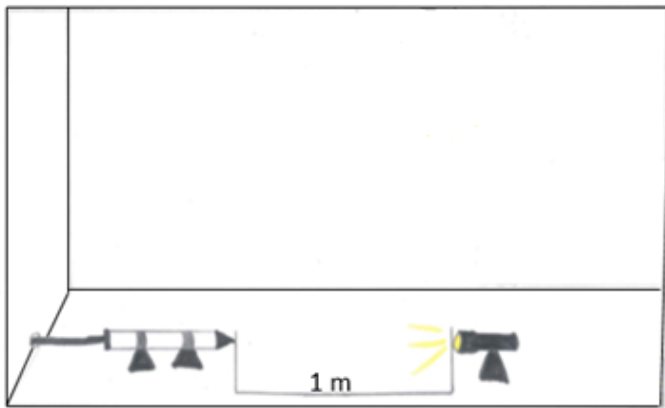
Data som ble samlet inn er fangstrate (per time) av krill per lyskvalitet (intensitet og bølglengde), som så sammenlignes for å finne den mest effektive lyskvaliteten (Se 2.3 under resultater) med tanke på å samle krill i teiner. Til de ulike lyskvalitetene brukes lykter av typen Brinyte DIV01(Appendiks 1) med ulike bølglengder (Figur 2) og intensiteter (Tabell 1).



Figur 2. Figuren viser de ulike bølglengdesammensetningene for de ulike fargene: gul=hvitt lys (317-950), blå=blått (461 nm) lys, grønn=grønt lys (518 nm) og rød=rødt lys (633 nm). Den svarte linja er krillens sensitivetsområde, målt som rhodopsin absorpsjon. X-aksen er bølglengder, y-aksen til venstre er relativ intensitet (Ulike intensiteter på de ulike bølglengdene) og y-aksen til høyre er rhodopsin absorpsjon hos krill. Data for krillens sensitivetsområde. Denne kurven er hentet fra Cohen et al. (2015) som målte sensitiviteten til *Thysanoessa inermis*

2.1 Lysmålinger

For å fastslå ulike bølgelengdeområder og lysintensiteter knyttet til lyktene ble det utført målinger. Dette ble gjort i et mørkerom på Havforskningsinstituttets avdeling i C. Sundts gate 64 med en TriOS Ramses spektroradiometer (Figur 3) og tilhørende programvare, MSDA_XE (Multi Sensor Data Acquisition System_Extended Edition). Spektroradiometeret ble satt fast og det ble målt 1 meter fram til det punktet lyktene ble festet (Figur 4). Ved horisontale målinger ble lyktene stilt slik at de lyste direkte mot sensoren.



Figur 4. Figuren viser en skisse over oppsettet for lysmålingene. Det ble hengt lystette gardiner foran og lyset i rommet utenfor slukket for hver måling, og alle flatene var malt svarte.



Figur 3. Viser ulike TriOS Ramses målere – Den i midten er lik den brukt i lysmålingene. En kan se sensoren som den hvite sirkelen fremme på måleren. Bilde: TriOS (u.å.)

Det ble brukt hvite, grønne, blåe og røde dykkerlykter. De ulike fargene kommer i ulike styrker og kommer med måleenheten lumen (lm) som standard, de står derfor oppført med lm (for eksempel H800 lm, hvit 800 lumen) i navn beskrivelsen i Tabell 1. For å øke sjansen for å finne en effekt av intensitet på fangst av krill, gikk vi opp en hel størrelsesorden for hvert av de tre nivåene svak, middels og sterk (Tabell 1). Da de ulike fargene kun var tilgjengelig i gitte styrker – var det i enkelte tilfeller nødvendig å benytte flere lykter i en felle for å oppnå ønsket intensitet. Den grønne lykten fantes bare i lav intensitet. Dette koblet med at en ikke fikk plass til mer enn 5 lykter i en lysfelle, forklarer hvorfor høyeste intensitet for grønt er lavere enn for hvitt og blått lys. Det ble i flere tilfeller brukt filter på lyktene for å få ønsket intensitet, markert med parentes i tabellene (Tabell 1 og 2). Disse filterne bestod av gummiplater på størrelse med lyktens lysåpning, hvor det er laget til hull 3 i ulike størrelser (Appendiks 2) som slipper gjennom lys. For å minimere eventuelle forskjeller som kan oppstå mellom ulike batterityper, ble det brukt samme typer batterier under felt forsøkene i Smørdalen og Ramfjorden, som under målingen av lyktene. Dette var av typen Duracell Ultra Power 1,5V, størrelse C.

Tabell 1. Viser de ulike intensitetene som ble målt ved 1 m avstand. H=Hvit, G=Grønn, B=Blå og R=Rød. Tallene i parentes er hvilket filter som er brukt (Appendiks 2). Rødt er kun testet som «Sterk» i under pilot forsøkene.. Bølgelengdene i første kolonne er tall fra lysmålingene for de ulike lyktene.

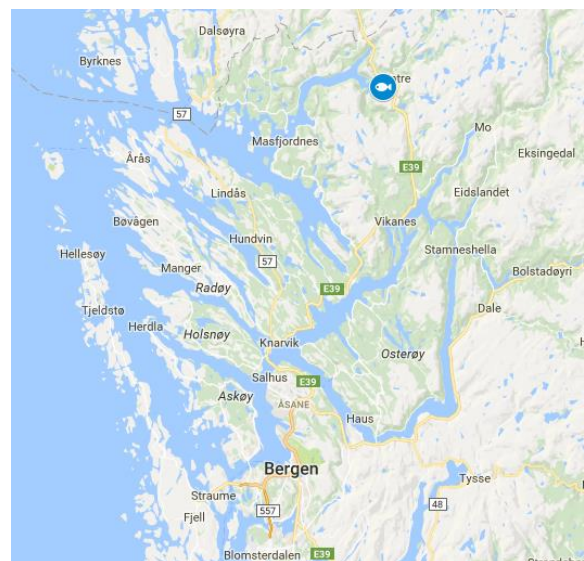
Bølgelengde (nm)	Sterk		Middels		Svak	
	Lykter	Intensitet (mW/m ²)	Lykt	Intensitet (mW/ m ²)	Lykt	Intensitet (mW/ m ²)
317-950	1*H800 lm	14800	1*H100 lm	1200	1*H100(2) lm	150
518	5*G170 lm	9500	1*B50(2) lm	1300	2*G170(3) lm	130
461	2*B50 lm + 1*B130 lm	14000	1*G50 lm	1160	2*B50 lm	150
633	1*R170 lm 1*R170(1) lm	14800				

2.2 Lokalteter

Innsamling av data har foregått ved to lokaliteter; ved Smørdalen i Matresfjorden (60° 52'N 5° 33'E), Masfjord kommune i Hordaland fylke, og i Ramfjorden i Troms fylke (69° 32'N 19° 3'Ø). I Smørdalen var det fokus på lystiltrekning hos krill (*Euphausiacea sp.*), mens det i Ramfjorden ble utført fangst av torsk (*Gadus morhua*) i teine med lys parallelt med lysfelleforsøk etter krill.

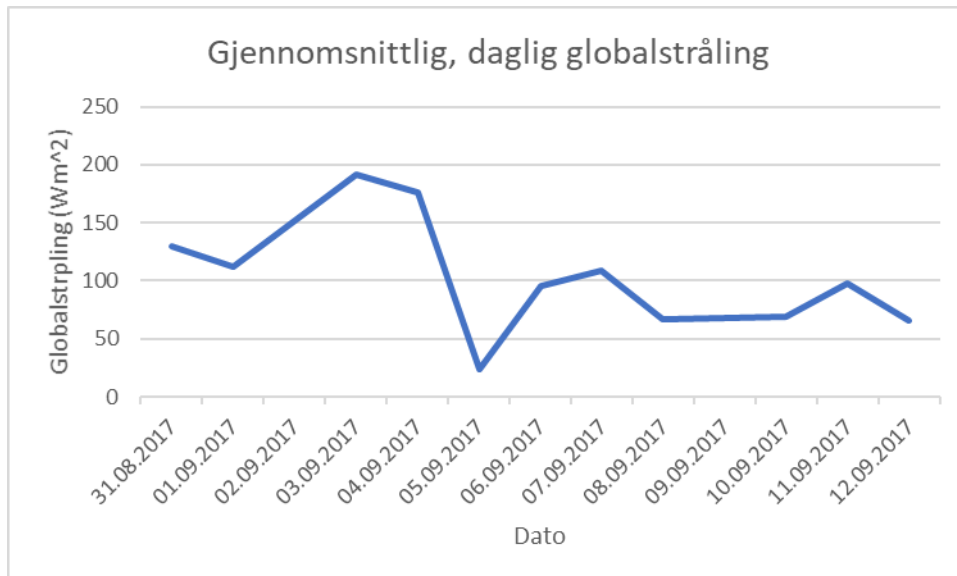
2.2.1 Smørdal

Smørdal er navnet på et oppdrettsanlegg i Smørdalen (60° 52'N 5° 33'E) i Matresfjorden (Figur 5). Dette anlegget er tilknyttet Havforskningsinstituttets avdeling i Matre som har fokus på akvakultur og fiskeforsøk (Havforskningsinstituttet, 2013). Matresfjorden er ei 7 km lang fjordarm med utspring fra Masfjorden og strekker seg inn mot Matre i Masfjord kommune (Matresfjorden, 2016; Thorsnæs, 2017). Oppdrettsanlegget er tilknyttet land og strekker seg 250m ut i fjorden, og under de ytterste delene av anlegget er det dybder ned mot 150m (Kystverket, 2017). Under innsamlinga var det mye nedbør, gjennomsnittlig nedbør for perioden var på



Figur 5. Kart over Smørdal, blå markør, i forhold til Bergen. Kart: Google Maps (a) (2018)

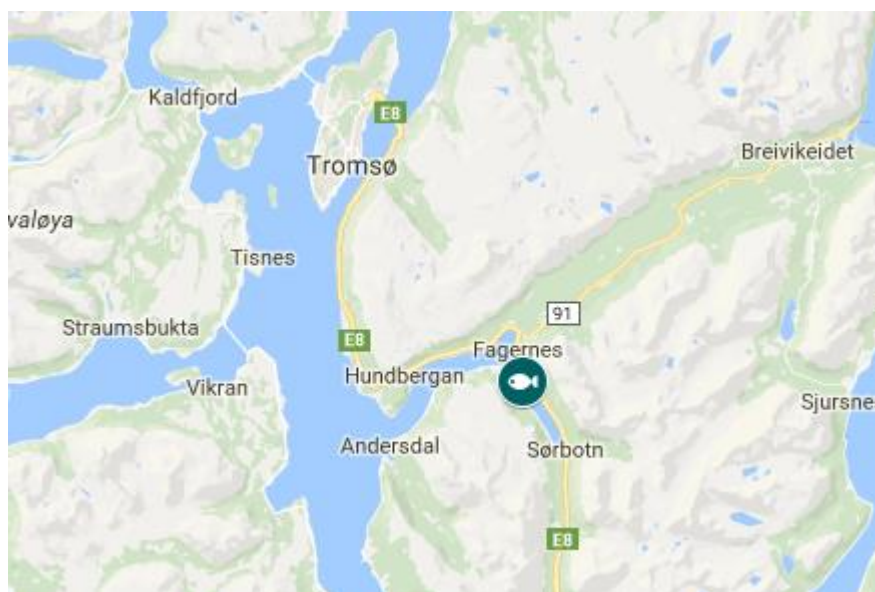
8,8mm daglig og med temperaturer mellom 10-20°C og varierende skydekke (NRK og Meteorologisk institutt, n.d.). Globalstråling, et mål på dagslys, måles i Bergen hver dag (Geofysisk institutt, n.d.), men det er nærliggende å anta at været disse to stedene er ganske likt og at målingene fra dagslys kan brukes begge steder. En kan se at strålingen går nedover over tid (Figur 6), noe som gjenspeiles i at det var noe dårligere være utover forsøksperioden.



Figur 6. Viser daglig, gjennomsnittlig globalstråling for forsøksperioden. Målingene er utført ved geofysisk institutt ved Universitetet i Bergen.

2.2.2 Ramfjord

Ramfjord ligger i Troms fylke (69° 32'N 19° 3'Ø) sør for Tromsø. Fjorden er ei 15km lang østlig sidearm i Balsfjorden (Figur 7). Den er en terskelfjord med mye ferskvannstilførsel fra Saltdalelva og Sørbotnelva, noe som gjør at den er islagt om vinteren (Ramfjorden, 2017).



Figur 7. Kart over Ramfjorden, grønn markør, i forhold til Tromsø. Kart: Google Maps (b) (2018)

2.3 Innsamling, opparbeiding i felt og bearbeiding på laboratoriet

2.3.1 Lysfeller

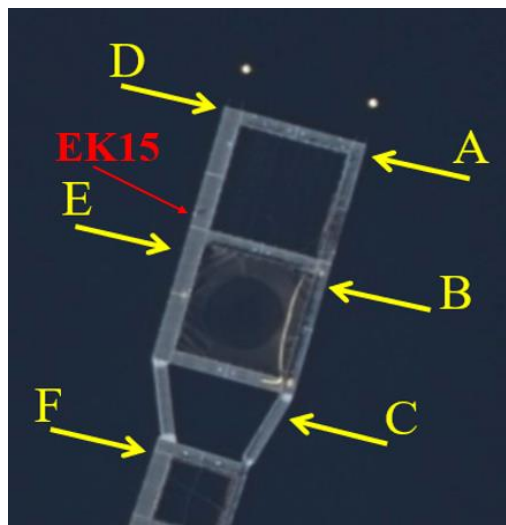
Lysfellene er lagd av et hvitt fat i HDPE-plast (High Density Polyethylene) med skrulokk fra CurTec (Figur 8). Den rommer 20 liter (Appendiks 3), og det er hvitt for å ikke forandre bølglengdesammensetning i lyset når det passerer gjennom bøtten. I sidene på beholderen er det lagd hull til å feste tre gjennomsiktige trakter – dette er for at krillen skal komme seg lett inn, men ikke ut. Traktene er gjennomsiktige slik at de slipper ut mye lys og dermed lede krillen til åpningene. Åpning på trakten har en diameter på 16 mm etter at traktløpet er sagt av. I lokket på bøtta henger lyktene og lyser ned mot bunnen. I bunnen er det en reflektor (metallplate) som hjelper å spre lyset i bøtten, i tillegg er det et hull med en planktonduk over (se Appendiks 3 for nærmere detaljer). Planktonduken gjør det lettere å dra bøttene ut av vannet, samtidig som en får sile ut vannet uten å miste krill.



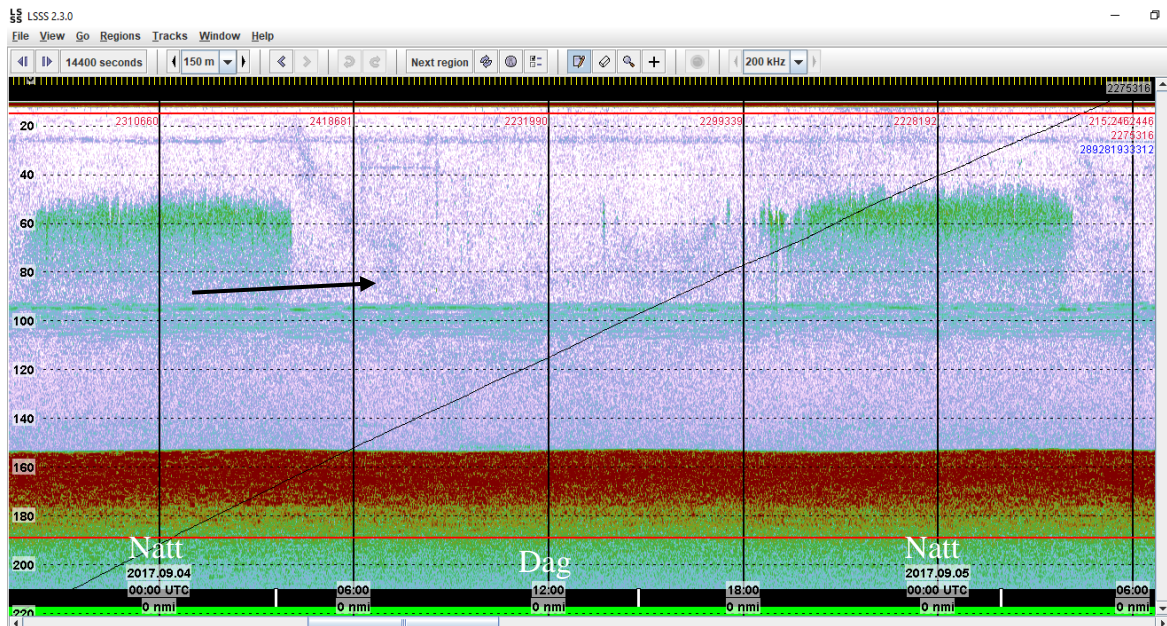
Figur 8. 1 av 6 lysfeller. En kan se lykta henge fra lokket gjennom den gjennomsiktige trakta.

2.3.2 Innsamling i Matre

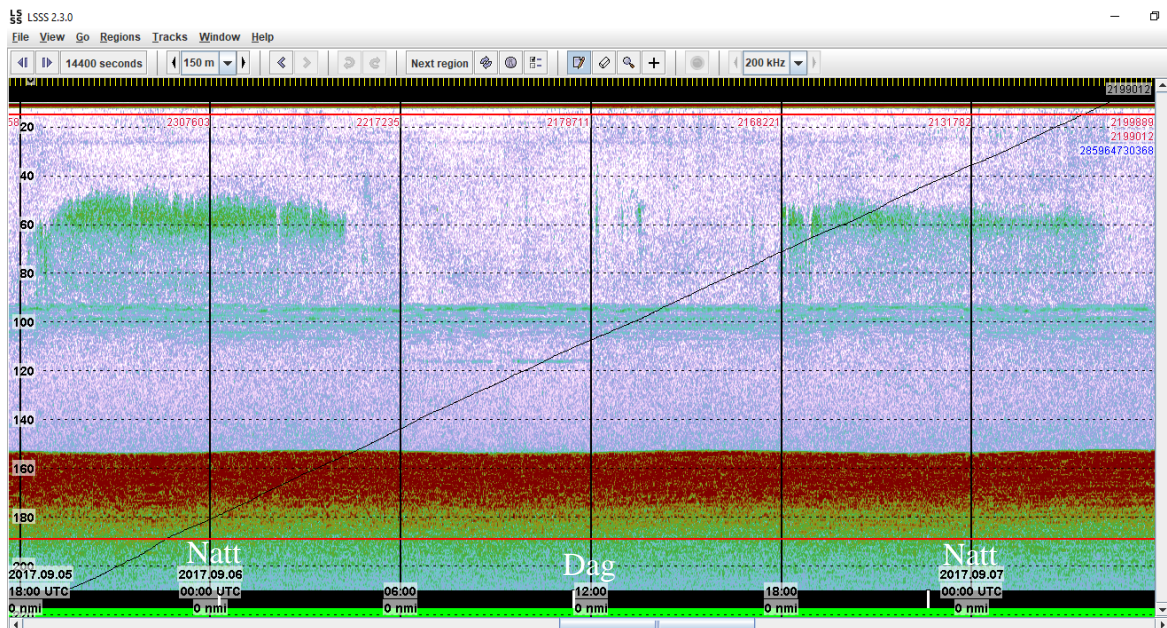
Innsamling av krill foregikk mellom 28. august og 13. september 2017, og ble utført ved 6 ulike stasjoner (A, B, C, D, E og F) plassert ytterst på oppdrettsanlegget i Smørdalen (Figur 9). Det er omtrent 25 m mellom de ulike posisjonene, noe mer mellom E og F på grunn av konstruksjonen til anlegget. Det ble brukt tre dager (28.-30. august) på en pilot hvor ulike dybder ble testet ut, og det ble også testet ut å sette lysfellene på de dybdene akustikken viste at det lå et lag med det som var antatt å være krill (Da det ble fanget store mengder krill i lysfellene under piloten var det naturlig å anta at det var krill synlig på akustikken). Dette viste seg å være ineffektivt da været i Matresfjorden endres raskt og akustikken da viste at det var mye vertikal bevegelse på det antatte krill-laget (Figur 10 og 11). I løpet av pilotstudier ble det også testet ut røde lys, men forsøkene (N=3) med rødt lys ga ingen krillfangst samtidig som blått, hvitt og grønt lys ga gode fangster på de samme tidspunktene i samme dyp. Derfor ble rødt kuttet ut av selve forsøket. Dette var ventet da det røde lys er utenfor krillens sensitivitetsfelt (Frank and Widder, 1999) (Figur 2).



Figur 9. Viser de ulike stasjonene ytterst på anlegget, samt plasseringen av ekkoloddet (EK15). Permanente installasjoner hindret at alle stasjonene kunne ligge parallelt på hver side av anlegget. Kart: Norgeskart (u.å)



Figur 10. Utskrift av akustisk måling tatt ved anlegget på Smørdalen. Det røde markerer bunnen. Blått markerer organismer i vannet, med høyere tetthet blir dette grønt. Eksempel på en dag med sol og lite skyer: døgnvandring med noe som antas å være et dypt krill-lag om dagen, markert med pila.



Figur 11. Utskrift av akustisk måling tatt ved anlegget på Smørdalen. Det røde markerer bunnen. Blått markerer organismer i vannet, med høyere tetthet blir dette grønt. Eksempel på en dag med mye skyer og nedbør. Ikke like tydelig døgnvandring her, og heller ikke fremtredende krill-lag på dagtid.

Fellene ble satt to ganger på dagtid (mellom 07.00 og 19.00) og en gang på natt (mellom 19.00 og 07.00). På dagtid stod lysfellene på 130m dyp i gjennomsnittlig $2,5 \pm 0,5$ timer. For å rekke to prøver på dagtid ble det ikke mulig å la lysfellene stå mye lengre enn 2,5-3 timer. På nattetid stod lysfellene på 15m dyp i gjennomsnittlig 11 ± 1 timer. Det var ikke mulig å ta flere prøver på nattetid da regelverket ikke tillot arbeide alene på anlegget nattetid. De ulike lyktene (Tabell 1) ble randomisert mellom de ulike posisjonene (Figur 9). Det ble samlet inn data for hver lykt på hver stasjon (lysfellene hang fast på hver stasjon, mens lyktene ble flyttet rundt), dyp og tid gjennom døgnet. Randomiseringen ble utført i Excel (Versjon 2016) med

kommandoen «Tilfeldigmellom()» (Appendiks 4). Forsøket måtte deles i to grunnet mangel på lykter og lysfeller. Først ble det testet høy og lav intensitet etterfulgt av middels og lav for alle de tre bølgelengdekvalitetene (hvitt, blått og grønt).

2.3.3 Innsamling av krill i Ramfjord

Innsamling av krill ble utført med F/V «Fangst» i perioden 18. til 28. september 2017. Til forskjell fra forsøket i Smørdalen ble det i Ramfjorden kun brukt 4 lysfeller, plassert ut i to ulike områder på ulike dager (Figur 12). Grunnen til et mindre antall lysfeller er at det kun ble utført repetisjoner av de bølgelengdene og lysstyrkene som ga mest fangst i Smørdalen (Se resultater 2.). Det ble brukt to replikater av hvite lykter, en replikat av blå og en replikat av grønn, alle tre fargene i høy intensitet. Fellene ble satt ut to ganger i døgnet. De ble tømt og satt igjen hver morgen og kveld (stå-tid 12 ± 4 timer), logistikk og arbeid med håndtering av torskeleinene begrenset antall settinger.

2.3.4 Innsamling torsk i Ramfjord

I likhet med innsamling av krilldata ble det i samme periode, 18. til 28. september 2017, utført fangst av torsk i teiner med F/V «Fangst» i Ramfjord. Det ble brukt sammenleggbare tokammerteiner fra Frøystad AS (Appendiks 5), med åpninger i hver kortside i nedre kammer og med en indre åpning opp til øvre kammer (Figur 12). Det ble satt 4 lenker med 8 teiner i hver, totalt 36 teiner, hvor annenhver teine i lenkene hadde lykt og annenhver teine var uten lykt. De ble satt på 110 m dyp. Hver



Figur 12. Bilde av tilsvarende tokammerteine brukt i forsøkene. Det er transparent filament brukt i åpningene. Bilde: Anders (2015)

lenke hadde en lykttipe (Tabell 2). Alle teiner var egnet med akkar (*Illex argentinus*). Dette ble valgt fordi det er det agnet som er mest brukt i line og teinefiske etter torsk. Lyktene hang i «taket» på teina (Øvre kammer) og lyste ned på agnposen som hang i åpningen mellom øvre og nedre kammer. Grunnen til at lykta og agnet ble plassert ved åpningen til øvre kammer er for å få fisken til å søke oppover til det øvre kammeret hvor det ikke finnes noen åpning ut av teina.

Tabell 2. Viser lykter brukt i teineforsøkene. Alle lyktene har blitt målt i lab for nøyaktig intensitet, men på et annet tidspunkt og med andre batterier enn de lyktene brukt i krillforsøkene og har da litt andre verdier. Tall i parentes er type filter brukt.

Farge	Bølgelengde (nm)	Intensitet (W/ m ²)	Type lykt
Hvit, 800lm	317-940	17700	Dykkerlykt
Hvit, 50 lm	420-780	580	Dykkerlykt
Grønn, 50 lm (2)	518	600	Dykkerlykt
Hvit, tunalys (Appendiks 6)	325-660	3	Tunalys

2.3.5 Opparbeiding i felt

I Smørdalen ble prøver silt gjennom en planktonduk med 180 μ m masker for å enklere kunne telles.

Fangster for store til at de kunne telles direkte ble splittet med en planktonsplitter (Figur 13), lik en modifisert Folsom



splitter (Motoda, 1959), og lagt på 80 ml flasker med sprit, merket med stasjonsnavn, dato, antall ganger splittet og prøvenummer for senere å bli talt og artsbestemt (bare de mest dominerende artene ble bestemt) på laboratoriet. Flaskene ble fylt med en del organismer og to deler sprit. Spriten ble skiftet ut etter 24 timer.

I Ramfjorden var det stor variasjon mellom fangster ute og inne i fjorden. Noen av krillprøvene var så små at de kunne telles direkte (antall individ), mens andre målt med litermål (fangst målt i dl). Det var også veldig stor forskjell i størrelsessammensetningen i fangstene, noe som vil gi store forskjeller i antall krill per liter. De store fangst variasjonene i Ramfjorden, samt mål av fangst i dl fremfor antall individer, gjør at en ikke kan sammenligne de med Matre fangstene.. Det ble tatt fryseprøver også her for å kunne sammenligne artssammensetningen med den vi fikk i Masfjorden.

Med torsketeinene var målet å telle fisken raskt for å øke overlevelsen til torsken som ble satt ut igjen i fjorden etter de var lengdemålt. Vi ville ikke ta livet av unødvendig mange fisk, men noen tilfeldig valgte fisk fra teiner med og teiner uten lys ble samlet for å se på mageinnhold. Dette for å se om fisken hadde spist krill, og mengden krill i magen var høyere i på fisk fanget i teiner med lys.

2.3.5.1 Videokamera

Både i Smørdalen og i Ramfjord ble det brukt et GoPro HERO4+[®] med undervannshus for å registrere tiltrekningen av krill og eventuelle andre organismer til lysfellen. Kameraet var festet 1 meter fra lysfelle ved hjelp av et plastrør festet til bunnen av fellen (Figur 14).

Begrenset batteritid på 2,5 timer gjorde det vanskelig å få brukbare opptak ved natt-utsett. Grunnen til dette var at det fortsatt var lyst ute da fellene ble satt.



Figur 14. Viser lysfellen med kameraet festet i plastrøret på undersiden, 1m fra lysfellen.

2.3.6 Bearbeiding på laboratoriet

På planktonlaben på Havforskningsinstituttet ble de frosne prøvene fra Ramfjord og spritprøvene fra Matre opparbeidet, den 04.12.2017 og 06.12.2017. Målet med å analysere disse prøvene var å artsbestemme krillen og å telle antall krill, det siste gjelder kun for Matre fangstene.

2.3.6.1 Spritprøver fra Matre

Disse prøvene ble analysert ved at spriten ble helt av og organismene plassert i petriskåler. Artsbestemmelsen ble utført ved hjelp av ei lupe og litteratur (Brattegard, T. (1978); Newell og Newell, (1977)). Antallet av de ulike artene i prøven ble talt og multiplisert med hvor mye prøven var forminsket, splittet, i felt.

2.3.6.2 Frosne prøver fra Ramfjord

De frosne prøvene måtte tines før organismene ble lagt i en petriskål under lupen. Disse prøvene ble i felt målt i dl, og det måtte også bestemmes hvor mange krill det er i 1 dl. Da det ikke var lik størrelse på samtlige krill er antall krill per dl ikke et nøyaktig tall, derfor kan ikke Ramfjorden fangstene sammenlignes direkte med fangstene i Matre.

2.4 CTD og akustikk

2.4.1 CTD

Det ble i Smørdalen tatt miljømålinger med en CTD (fra engelsk: Conductivity, Temperature, Density) av typen SD204 (Figur 16). Dette er et instrument som måler konduktivitet, temperatur og tetthet (Crescentini et al., 2012). Det ble tatt målinger annenhver dag, fra overflaten og ned til 130-135 m. Enheten var også utstyrt med en oksygensensor og to optiske sensorer: en optisk fluorescence sensor og en optisk turbiditetssensor. Tilhørende programvare, SD200W, ble brukt for å se på dataene.

2.4.2 Akustikk

Det ble i Smørdalen brukt et ekkolodd av typen EK15 som er et universelt vitenskapelig ekkolodd. Det har en enkeltstråle sender- og mottaker-enhet med en operativ frekvens på 200kHz (Kongsberg Maritime AS, 2017).

Akustikk ble tatt i bruk som et hjelpemiddel for å se på hvilke dybder krillen, og eventuelt annet plankton, oppholdt seg til ulike tider. Dette var nødvendig for å vite hvilke dybder vi skulle sette lysfellene på dag og natt. I tillegg til akustikken var en pilot med lysfellene før forsøksstart viktig for å kontrollere at det vi registrerte akustisk var krill.

2.5 Analyser

2.5.1 Datagrunnlag

Målet var å bruke fangstrate (antall krill eller torsk fanget per time) eller CPUE (catch per unit effort (t)) som måle enhet for å sammenligne fangstene av krill og torsk mellom de ulike lyskvalitetene.

Totalt ble det fellene satt 110 ganger i Smørdalen. Antall krill, stå-tid, bølgelengde, intensitet og tid på døgnet ble til å kvantifisere fangstrate for de ulike bølgelengdene og intensitetene.

Det ble behov for å gjerne tre fangstmålinger fra analysene. Disse fangstene var fra en periode hvor en brønnbåt lå inntil anlegget på nattestid (fellene er da på 15 m dyp). Disse fangstene hadde veldig avvikende verdier (mye høyere fangst) sammenlignet med fangsten den påfølgende dagen og i øvrige deler av forsøket. Fangstene ble trolig påvirket av de sterke lysene på båten.

Da spritprøver bare ble tatt av et tilfeldig utvalg prøver i Matre kan artssammensetningen beskrives, men ikke eksakt antall for de ulike artene.

I Ramfjord ble det tatt 25 prøver fordelt på to ulike lokasjoner. Antall krill, stå-tid, bølgelengde, intensitet og tid på døgnet ble til å kvantifisere fangstrate for de ulike bølgelengdene og intensitetene. Fra Ramfjorden er det en prøve mindre for blått lys da den ene lysfella ikke ble funnet igjen den siste dagen. Prøvene fra den ene lokasjonen (indre stasjon) kan ikke brukes da det var så mye fangst at de ulike lysfellene ikke kunne skilles fra hverandre (fellene gikk full).

For teinene i Ramfjord ble stå-tid, antall fisk i lyssatt teine, antall fisk i kontroll (teine uten lys) brukt til å kvantifisere fangstrate for lyssatt teine og fangstrate for kontroll.

2.5.2 Statistiske analyser

Fangstraten (antall krill per time), også kalt CPUE (Fra engelsk: Catch per unit effort, effort er timer) ble brukt som variabel for å sammenligne fangstene mellom de ulike lyskvalitetene.

For de statistiske analysene ble R (versjon 3.4.4) og RStudio (versjon 1.1.442.0) brukt. R er et statistisk analyseprogram hvor en med R-språket behandler data, også grafisk (Everitt and Hothorn, 2010). Analysene brukt var linear model (LM). Grunnen til det var at datasettene inneholder flere verdier = 0 slik at det var en fordel å bruke en modell hvor en kunne logtransformere. Med tanke på at det er små datasett er LM en robust, mer spesifikk modell enn for eksempel GLM (Generalised linear model), og den er mer robust mot type 1-feil enn en GLM (Warton et al., 2016).

2.5.2.1 Krillfangst i Smørdal

LM ble brukt i step-funksjonen i R. Step-funksjonen er en måte å gjøre modellseleksjon med AIC (Fra engelsk: Akaike's Information Criterion) (Crawley, 2007). Etter at AIC har kommet fram til den beste LM-modellen, den med den laveste AIC-verdien, testes denne videre i en ANOVA (Fra engelsk: Analysis of Variance) (Crawley, 2007). ANOVA-testen ville vise om det var noe signifikant forskjell mellom faktorene tid på døgnet, farger og intensiteter i forhold til responsvariabelen, her CPUE (Fra engelsk: Catch per unit effort). ANOVA ville også vise om det var noen interaksjoner mellom faktorene. Om ANOVA-testen viste signifikans ble det utført en post-hoc glht- test (Fra engelsk: General Linear Hypothesis), fra pakken «multcomp», som viste hvilke intensiteter og farger som skilte seg ut (Hothorn et al., 2008). Signifikansnivået er satt til P-verdi på 0,05. Post hoc-testen ble utført med «emm» fra pakken «emmeans» om post hoc-testen måtte gjøres på interaksjoner (Lenth, 2018), og med Tukey om det ikke var interaksjoner (Hothorn et al., 2008).

2.5.2.2 Krillfangst i Ramfjord

LM ble brukt i ANOVA for å se om det var noe signifikant forskjell mellom tid på døgnet og farge (Alle fargene hadde her lik intensitet) i forhold til responsvariabelen CPUE, og om det var noen interaksjon mellom faktorene. Om ANOVA-testen viste signifikante resultater ble

det utført en post hoc glht-test med enten «emm» eller Tukey, avhengig om det var signifikante interaksjoner eller ikke. Signifikansnivået er satt til P-verdi på 0,05.

2.5.2.3 Torskefangst i Ramfjord

LM ble brukt i ANOVA for å se om det var noe signifikant forskjell mellom torsk fanget i teiner med og uten lys. Om ANOVA-testen viste signifikante resultater ble det utført en post hoc glht-test med Tukey. Signifikansnivået er satt til P-verdi på 0,05.

3. Resultater

3.1 Artssammensetning

Det ble preservert prøver fra både Matre og Ramfjorden til identifisering da det er interessant å se om vi fikk de samme artene. Det er blitt identifisert mer enn bare krillararter (Tabell 3).

Tabell 3. Tabellen viser de artene som ble identifisert på lab, sortert etter hvor de er funnet og dominans: høy dominans øverst og lav dominans nederst innen samme lokalitet.

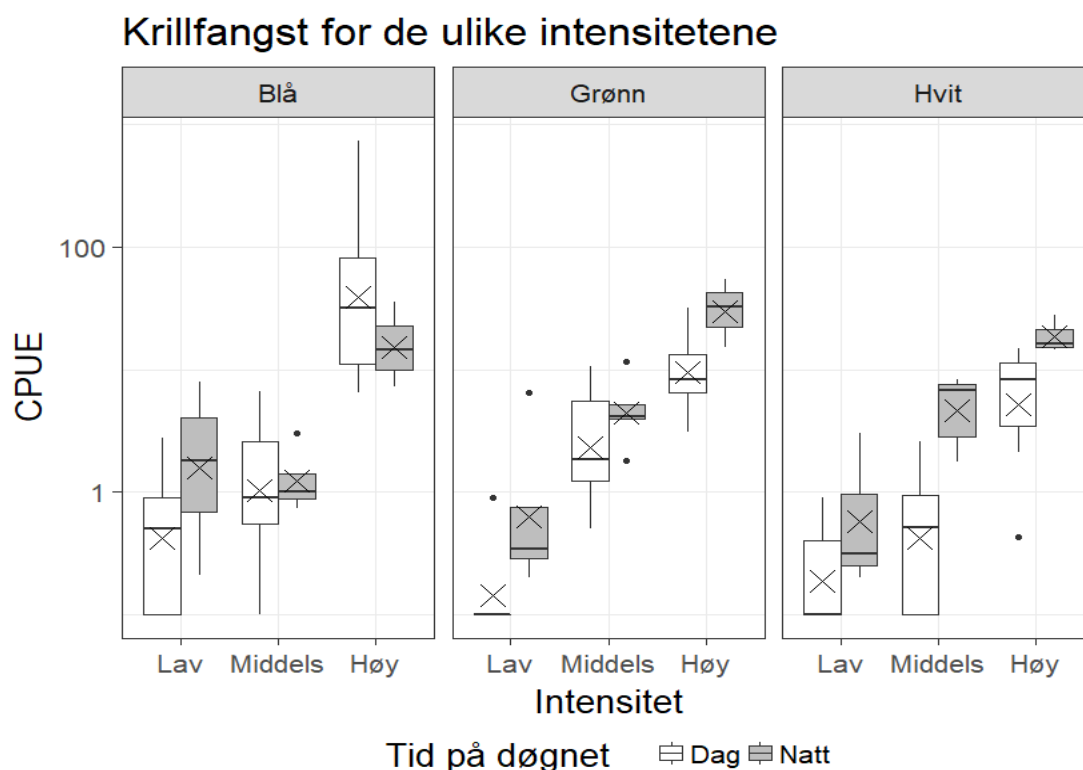
Lokalitet	Art	
Matre	<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	Krill
Matre	<i>Sagitta elegans</i>	Pilorm
Matre	<i>Tomopteris helgolandica</i>	Planktonisk polychaet
Matre	<i>Hyperiidae sp.</i>	Amfipode
Matre	<i>Gammaridae sp.</i>	Amfipode
Matre	<i>Calanus sp.</i>	Hoppekreps
Matre	<i>Thysanoessa longicaudata</i>	Krill
Matre	<i>Natantia sp.</i>	Reke
Ramfjord	<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	Krill
Ramfjord	<i>Sagitta elegans</i>	Pilorm
Ramfjord	<i>Gammaridae sp.</i>	Amfipode
Ramfjord	<i>Tomopteris helgolandica</i>	Planktonisk polychaet

Det ble fanget flere arter i Matre, deriblant to krillararter mot bare en i Ramfjorden (Tabell 3). *M. norvegica* var den klart mest dominerende arten begge steder. Det var stor forekomst av *S. elegans* begge steder, og ved sjeldne tilfeller større forekomst enn krill i lysfellene i Ramfjorden. *T. helgolandica* var det også veldig mye av i Matre, og i noe mindre mengder i Ramfjorden.

3.2 Krillfangst i Matre

For krilldataene fra Matre er det flere faktorer som påvirker fangst raten. Det er egenskapene til lyset (intensitet og bølgelengde), i tillegg til tid på døgnet (Dag og natt). I faktoren tid på døgnet ligger også dybde; 130 meter for dag og 15 meter for natt.

Lysfelleforsøkene viser relativt lik tendens i fangst dataene. For grønt og hvitt lys med laveste CPUE ved lav intensitet, og gradvis høyere verdier ved middels og høy intensitet. For blått lys er det noe annerledes, her er CPUE ved lav og middels intensitet ganske like, mens den ved høy intensitet ligger mye høyere (Figur 15). Det samme gjelder for dag og natt for de ulike fargene: natt ligger noe høyere enn dag for grønt og hvitt lys for de ulike intensitetene, men for blått ligger verdiene høyere for natt for lav intensitet, lik verdiene for dag for middels intensitet og lavere enn dag på høy intensitet.

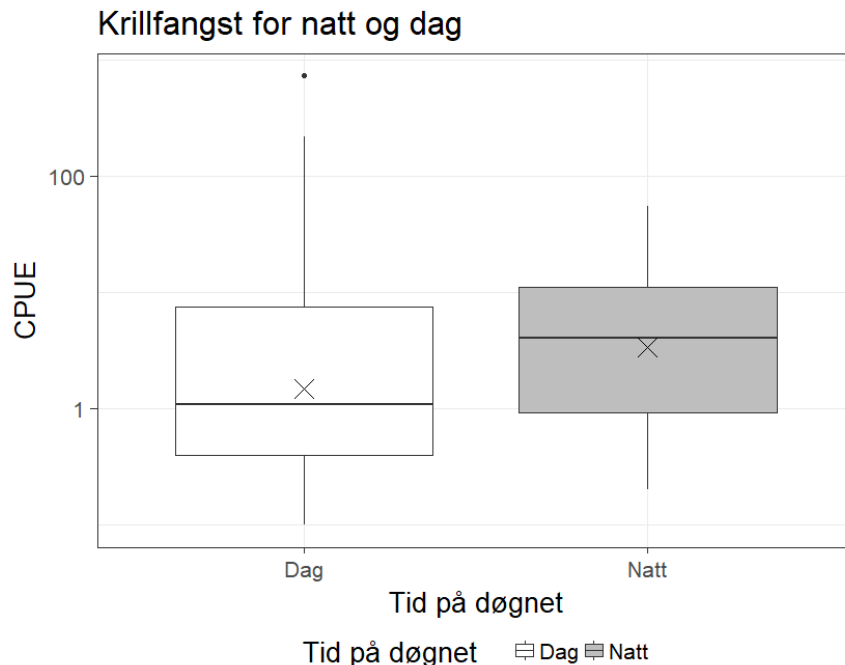


Figur 15. Viser hvordan fangsten er for de ulike lyskvalitetene. Intensitet på x-aksen er delt inn i lav, middels og høy intensitet, hvor de hvite boksene representerer fangst på dagtid og de grå boksene representerer fangst på nattetid. X-aksen er også delt inn i tre like deler for de ulike fargene blå, grønn og hvit. Dette er gjort for en lettere skal kunne skille bølgelengdene fra hverandre. Y-aksen viser CPUE, et mål på fangst, og er log-transformert. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linja i boksen er medianen. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker.

3.2.2 Tid på døgnet

Tid på døgnet har effekt på fangstraten (CPUE), med signifikant høyere fangstrate (CPUE) på natt (LM: $p < 0,001$. Appendiks 7) sammenlignet med dag (Figur 16). Det er ikke signifikant interaksjon mellom tid på døgnet og testede bølgelengder (ANOVA: $p = 0,0746$), heller ikke

mellom tid på døgnet og intensitet (ANOVA: $p=0.0614$). Det er en antydning til interaksjon mellom tid på døgnet og lyskvalitetene (bølgelengde og intensitet) siden p-verdiene er så tett på signifikansnivået.



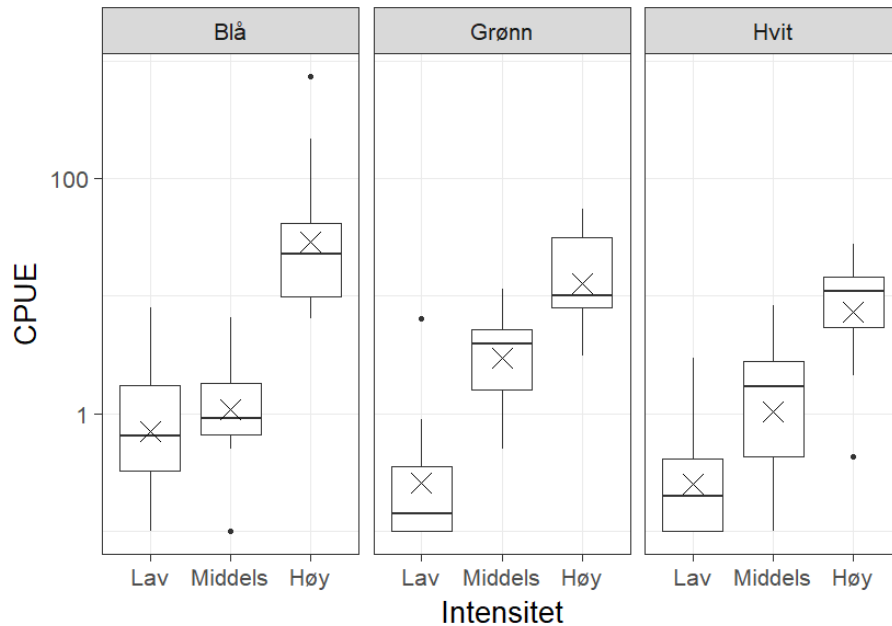
Figur 16. Viser total fangst for dag og natt. Hvit boks for dag og grå boks for natt. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linjen i boksen er medianen. X-aksen viser tid på døgnet, altså natt og dag, mens y-aksen er log-transformert og viser CPUE. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker. $N_{\text{Dag}}=70$. $N_{\text{Natt}}=37$.

3.2.3 Intensitet og farge

Intensitet har en signifikant effekt på fangstraten av krill (ANOVA: $p<0,001$. Appendiks 7). Det viser seg også at det er en interaksjon mellom intensitet og farge (ANOVA: $p=0,0434$. Appendiks 7), og det ble derfor utført en post hoc-test, glht (General linear hypotheses). Denne testen viste at blått lys ved høyeste intensitet fanger signifikant mer krill enn blått lys ved middels (Glht: $p<0,001$, Appendiks 8) og lav intensitet (Glht: $p<0,001$. Appendiks 8). Grønt lys ved lav intensitet fanger signifikant mindre enn grønt lys ved høy (Glht: $p<0,001$. Appendiks?) og middels intensitet (Glht: $p<0,001$, Appendiks 8). Hvitt lys ved høy intensitet fanger signifikant mer krill enn hvitt lys ved middels (Glht: $p=0,001$. Appendiks 8) og lav intensitet (Glht: $p<0,001$. Appendiks 8) (Figur 17). Ved lav intensitet er det signifikant høyere fangst for blått lys enn for grønt lys (Glht: $p=0.0431$. Appendiks 9). For middels og høy intensitet var det ingen signifikant forskjell i effekten på fangstraten mellom de ulike bølgelengdene (Appendiks 9)

Krillfangst for de ulike intensitetene

Sortert på fargene



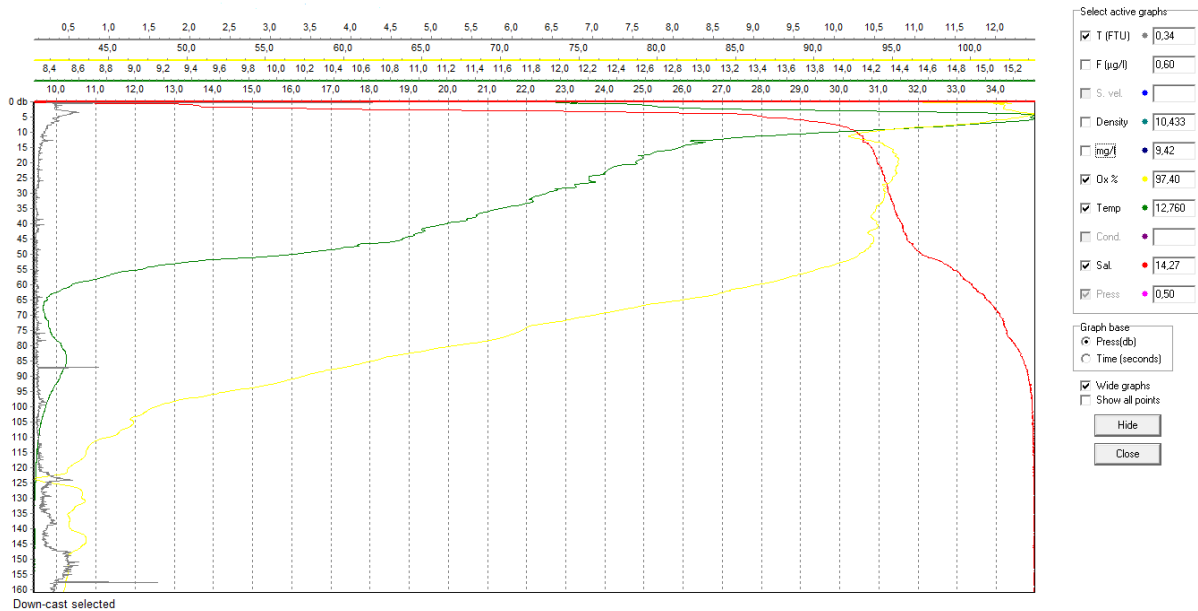
Figur 17. Viser hvordan fangsten er for de ulike lyskvalitetene. Intensitet på x-aksen er delt inn i lav, middels og høy intensitet. X-aksen er også delt inn i tre like deler for de ulike fargene blå, grønn og hvit. Dette er gjort for en lettere skal kunne skille bølgelengdene fra hverandre. Y-aksen viser CPUE, et mål på fangst, og er logtransformert. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linjen i boksen er medianen. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker. N=107.

3.3 Videoer

Videoene fra Matre og Ytre Ramfjord viser de samme adferdsmønstrene for krillen; krillen nærmer seg lysfellen snart (Gjennomsnittlig etter 30,9 sekunder) etter at den har blitt satt ut, og på flere av videoene er det en tydelig krillsverm kort etter (Gjennomsnittlig etter 71 s) de første krillene er synlige i bildet (Appendiks 10). Om det er krill tilstede kommer den alltid først, etter den kommer ofte fisk, pilormer, tompoteris (planktonisk polychaeta) eller amfipoder. Etter disse andre organismer har blitt synlige i bildet virker det som om krillen trekker seg unna. Det er ikke helt tydelig om den forsvinner når det er mye fisk tilstede eller om den blir spist, men når krillen først er vekke fra bildet kommer den ikke tilbake. Noen av videooptakene fra Ramfjorden viser at kun pilormer og amfipoder kommer til lyset - og ikke krill. Fra videoer i Ramfjord hvor det er pilormer og amfipoder tilstede allerede når lysfellen når bunnen oppstår det ikke noe krillsverm.

3.4 CTD

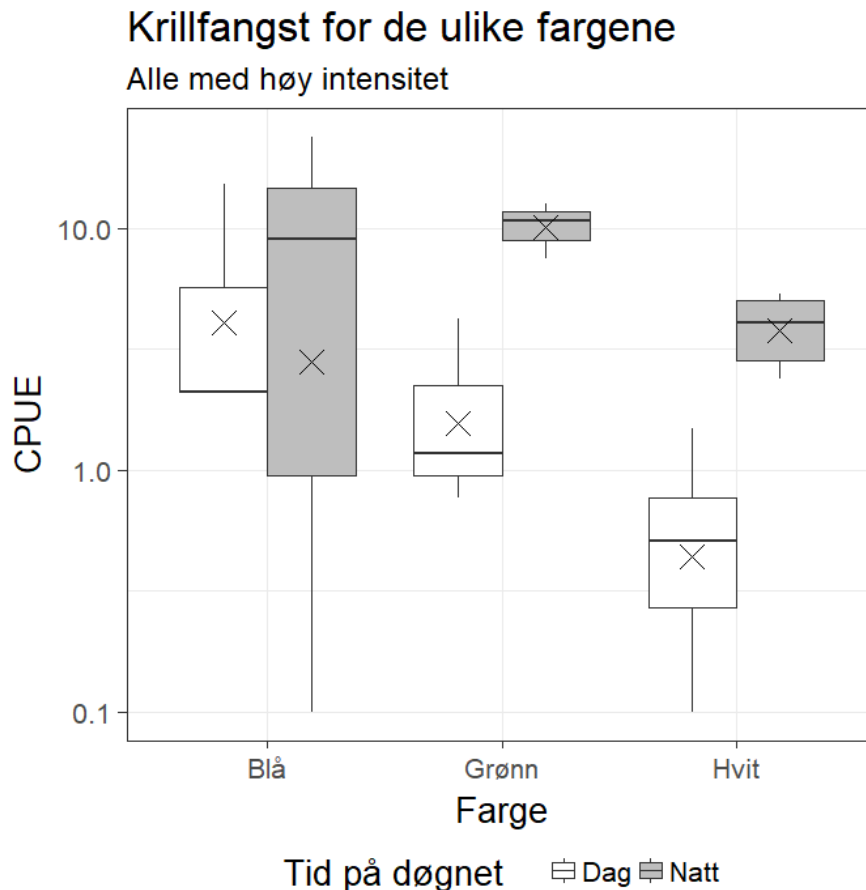
CTD-dataene fra Matre viser at det er oksygenivået er lavt, kun 80% nede på 70 meter, 50% på 100 m og nede på 40% rundt 120 meter (Figur 18). Saliniteten er lav i de øverste dybdemetrene, nede på 10‰ i overflaten på det laveste. De grunneste lysfellene stod på 15 m hvor saliniteten lå rundt 30,5‰. Temperaturen er jevnt over stabil, mellom 12-15°C i overflaten og de første dybdemetrene, og rundt 8°C fra 60 m og dypere. CTD-en målte også turbiditeten, noe som ikke varierte stort fra dag til dag (Appendiks 11).



Figur 18. Viser CTD-målingene fra 31.08.2017, forsøksdag 1. Y-aksen viser dybde i meter. Den gule viser oksygenivået, den røde linja er salinitet, den grønne er temperaturen og den grå linja er turbiditet.

3.5 Krill Ramfjord

Tid på døgnet og bølgelengde har signifikant effekt på fangstraten av krill (Tid på døgnet ANOVA: $p=0,026$; bølgelengde ANOVA: $p=0,044$, Appendiks 12) (Figur 19). En post hoc-test viser at det er signifikant mer fangst på nattestid enn på dagtid (Glht: $p=0,022$, Appendiks 13). Blått lys fanger signifikant mer krill enn hvitt lys (Glht: $p=0,035$, Appendiks 14), mens det ikke er en signifikant forskjell i fangst mellom blått og grønt (Glht: $p=0,6272$), eller mellom grønt og hvitt (Glht: $p=0,2575$).

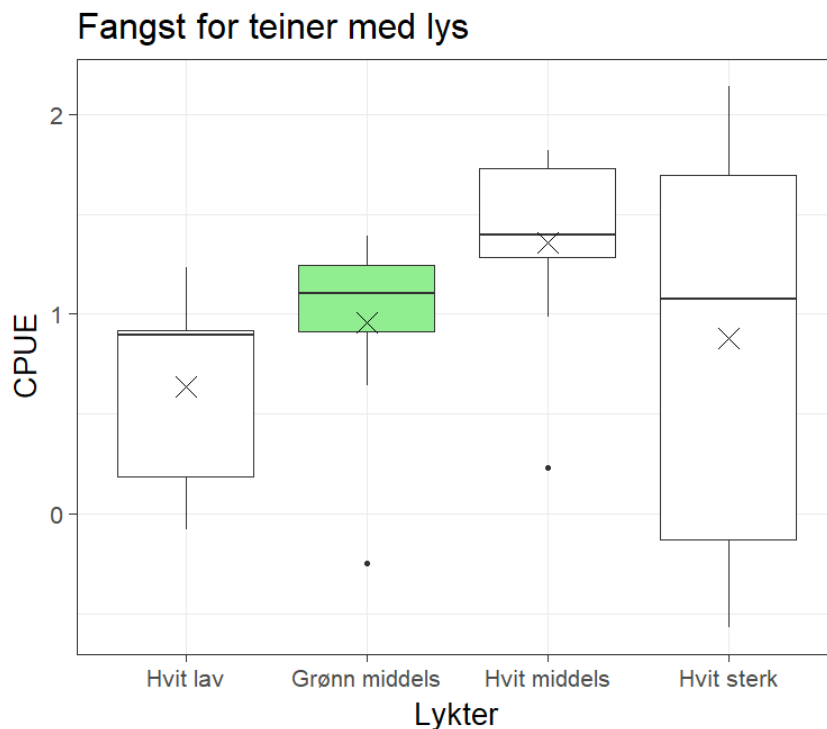


Figur 19. Figuren viser fangst av krill i Ytre Ramfjord. X-aksen viser fargene blå, grønn og hvit og y-aksen er logtransformert og viser CPUE. De hvite boksene er fangst på dagtid, mens de grå boksene er fangst på nattestid. Alle bølgelengdene har høy intensitet. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linjen i boksen er medianen. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker.

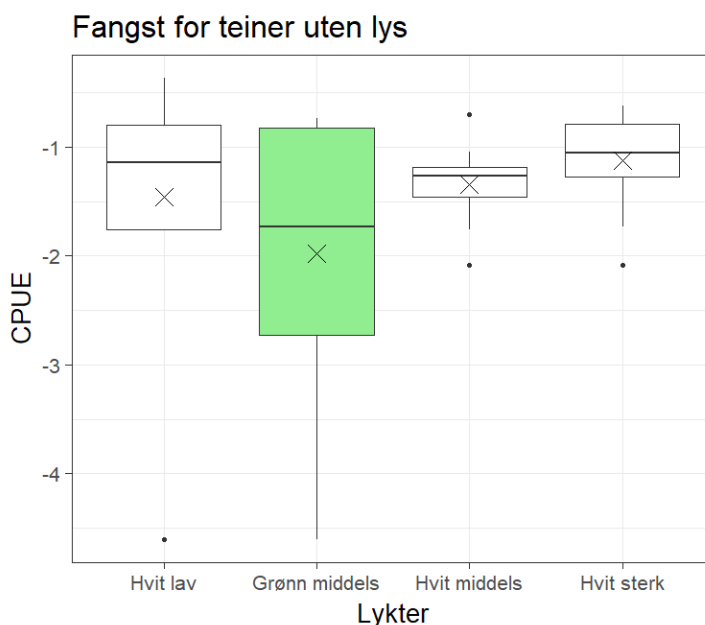
3.6 Torsk

I Ramfjord ble det fanget torsk i teiner med og uten lys. For teinene med lys kan en se at det er stor spredning i verdiene for fangstraten for hvitt lys med høy intensitet, mens for grønt lys med middels intensitet er boksen mye mindre, altså er fangstene mer like (Figur 20). En ANOVA-test viser at det ikke er noe signifikante forskjeller mellom fangstraten til de ulike bølgelengdene (ANOVA: $p=0.1199$, appendiks 15). For teinene uten lys er det teinene i lenken med det grønne lyset med middels intensitet det er størst spredning i verdiene for fangstraten, mens det for hvitt lys med middels intensitet er samlede verdier (Figur 21). En

ANOVA-test viser derimot ikke noen signifikante forskjeller mellom fangstraten for teinene uten lys (ANOVA: $p=0.1872$. Appendiks 16).



Figur 20. Viser fangst av torsk for teiner med lys i Ramfjord. X-aksen er de ulike lyktene i hver lenke, mens y-aksen er logtransformert og viser CPUE. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linjen i boksen er medianen. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker. $N=42$.



Figur 21. Viser fangst av torsk i teiner uten lys. Disse teinene står i samme lenke som de med lys, det er derfor de på x-aksen er kategorisert på lykter. Slik at lenkene har totalt 8 teiner, hvor annenhver teine er med og uten lys. Y-aksen er

logtransformert og viser CPUE. X i boksene er gjennomsnittsverdier, mens linjen i boksen er medianen. Boksen representerer hvor 50% av verdiene ligger, den øverste linja viser at 75% av verdiene er lavere enn denne verdien, mens den nederste linja viser at 25% av verdiene er lavere enn denne. Streken som strekker seg ut fra boksen på undersiden viser hvor de 25% laveste verdiene ligger, i tillegg til å vise hvor minsteverdien ligger. Streken på oversiden av boksen viser hvor de 25% høyeste verdiene ligger, og hvor maksverdien er. Disse strekene viser ikke hvor eventuelle utliggere ligger, de representeres av prikker. N=42.

4. Diskusjon

Teiner er en miljøvennlig fiskemetode, men for at de skal kunne brukes i kommersielt fiskeri er en avhengig av at de kan konkurrere med andre veletablerte fiskemetoder. Siden fangsteffektiviteten til passivt fiskeutstyr baseres på adferden til fisken for suksess er det viktig å ikke bare tiltrekke fisken, men motivere den til å ta agnet. For at teiner skal fungere som et fangstredskap er det viktig at fisken motiveres til å gå inn i teina. Tidligere studier har vist at agn bestående av akkar tiltrekker tilstrekkelig mengde torsk, men at bare 8-11% av disse går inn eller blir fanget i teinen (Anders, 2015; Ljungberg et al., 2016). Det har ved flere tilfeller vært suksess med å bruke lys i teinene for å tiltrekke levende bytte som krill (Bryhn et al., 2014; Hedgårde et al., 2016). Denne studien beskriver kvantitativt hvilke lyskvaliteter (Bølgelengde og intensitet) som tiltrekker krill, og hvilken effekt lyset har på krillen.

4.1 Begrensninger og eventuelle feilkilder

Det finnes noen eventuelle feilkilder i denne studien som trenger vurdering. Traktene på lysfellene hadde ikke noen form for lukkemekanisme, og vannet rant i enkelte tilfeller ut gjennom traktene når lysfellen ble dratt opp. Dette var bare i tilfeller der planktonduken i bunnen av lysfellen ble tett på grunn av store fangster. Det er derfor mulig at antall krill var enda høyere i de høysete fangstene fra Smørdal og Ramfjorden. I tillegg var diameteren på traktåpningen 16 mm, noe som muligens kunne ha vært begrensende på fangst av de aller største krillene (*M. norvegica* blir opptil 4 cm lang (Brinton, 1962)).

Det at det var begrenset antall lykter og lysfeller gjorde at det endte opp med et ubalansert forsøks design med ulikt antall prøver per bølgelengde, intensitet og tid på døgnet. Ønskelig skulle det ha vært like mange paralleller av alle bølgelengder og intensiteter. Dette førte også til at det måtte gjøres prøver i to ulike bolker; først sterk mot svak og deretter middels mot svak.

4.2 Lyskvaliteter

4.2.1 Bølgelengde

I Smørdalen hadde bølgelengde signifikant effekt på fangstraten, hvor blått lys hadde signifikant høyere effekt på fangstraten enn grønt lys. Dette kan henge sammen med at blått og hvitt lys har høyere intensitet enn grønt lys (Tabell 1). I Ramfjord har bølgelengde signifikant effekt på fangstraten. Det var signifikant forskjell mellom hvitt og blått lys, hvor hvitt lys har signifikant lavere effekt på fangstraten enn blått lys. Det var stort sett de samme artene som ble funnet begge stedene (Tabell 3).

Det at blått lys har signifikant høyere effekt på fangstraten begge stedene kan skyldes at blått lys er kortbølget. Kortbølget lys beveger seg lengre i vann enn de fleste andre fargene som en finner i det bredspektrede hvite lyset, men også det faktum at blått spres mer og ikke absorberes på samme måte (Williams, 1973). Dette passer fint med følsomhetskurven til krillen (Figur 2). Krill har monokromatisk syn (maks sensitivitet: 488 nm (Frank and Widder,

1999)), så det at grønne, blå og hvite lykter effektivt tiltrekker krill skyldes nok at disse bølgelengdene (Grønt:518, blått: 461 og hvitt: 317-950) i stor grad faller under følsomhetsområdet til krillen (Figur 2a Utne-Palm et al. 2018).

Ved lav intensitet ga blått lys signifikant bedre fangst enn grønt og hvitt lys. Ved middels intensitet ga grønt lys signifikant bedre fangst enn blått og hvitt lys, og ved høy intensitet var det ingen signifikante forskjeller i fangst for de ulike bølgelengdene. Det er gjort en studie hvor det ble målt lyskvalitet under midnattssol og ved mørketid ved Spitsbergen for å se hva krill responderte på. Her kom det fram at det ved skyfri himmel er den blå delen av det synlige lysspektret som dominerer (Cohen et al., 2015). Dette er viktig for marine organismer som er sensitive til blått og blå-grønt lys, slik som krill (Båtnes et al., 2015; Forward og Cohen., 2009; Valle et al., 2014).

4.2.2 Intensitet

Forsøkene i Smørdal viser at intensitet har signifikant effekt på fangstraten. Som antatt ga høy intensitet mest fangst, middels intensitet ga lavere fangst og lav intensitet ga lavest fangst. Dette kan forklares med at høy intensitet er mer synlig, og observasjonene på video viser at de laveste intensitetene for alle bølgelengdene så vidt slapp lys ut av lysfellen.

Teineforsøkene viser ingen signifikant effekt av intensitet, men likevel er det signifikant lavere fangst for teinene med lav intensitet i forhold til de øvrige intensitetene. Grunnen til dette kan være at det ikke ble tiltrukket tilstrekkelig med krill til å lokke torsken inn i teina.

Det er mye krill i Ramfjord, spesielt i indre del. På videoer fra lysfellene er det store svermer rund lysfellen etter få minutter (Appendiks 10). Dette gjelder nok også for teinene, gjerne de med høy intensitet da disse likner på høy intensitet brukt i lysfellene. Det er for lite videomateriale til å kunne si noe sikkert om teinene.

4.3 Tid på døgnet

Det er i Smørdal signifikant høyere krill fangster på nattetid enn på dagtid for total fangst, men ingen interaksjon mellom tid på døgnet og intensitet og bølgelengde. I Ramfjord er det også signifikant høyere fangst på nattetid enn på dagtid. Både i Smørdalen og Ramfjorden ble lysfellene satt i det dypet hvor en på natt eller på dag så det sterkeste akustiske signalet av det vi antok var krill (Figur 10 og 11). Det faktum at det både i Smørdal og i Ramfjord er mer effektiv fangst på nattetid enn på dagtid kan bety at krill er mer mottagelig for lysstimulus på natt. Det er om natten krillen søker etter føde og trekker mot overflaten, og det er gjort studier som sier at lysintensitet er viktig for DVM (Banse, 1964; Cushing, 1951; Russell, 1927). Men det er også observert at *M. norvegica* kan søke etter mat i deres dag-habitat (Kaartvedt et al., 2002; Onsrud and Kaartvedt, 1998; Sameoto, 1980).

Det har også vært observert at hvor stort skydekket er på dagtid påvirker den vertikale distribusjonen til krill, og den vil være grunnere i vannsøyla når det er mer heldekkende skydekke og nedbør (Mauchline and Fisher, 1969), samtidig som måneskinn påvirker til dypere distribusjon på nattetid. I Smørdal var det fullmåne natt til 7/9, uten at det ble observert noen synlig endring i fangstmengde denne natten. En kan se av globalstrålingen (Figur 6) at gjennomsnittsverdien dette døgnet ikke var veldig høy (100 Wm^2) sammenlignet med de tidligere dagene, noe som kan bety at det var noe overskyet denne natten. Det sistnevnte kan ha gjort at fullmånen ikke fikk den forventete effekten på krill fangsten.

I Smørdal ble det observert god fangst av krill på 130 m hvor det var lave oksygenverdier (40-45%), men det var også lav temperatur (<8,5 °C) (Figur 18). Det er gjort studier på krill som oppholder seg i anoksiske miljø på dagtid under DVM. Her er det observert at det er lav mortalitet for krill ved lave oksygenverdier og lave temperaturer (7°C), men at de er sensitive til lave oksygenverdier (PO₂=8,0 kPa) og høye temperaturer (15°C) (Strömberg and Spicer, 2000). På 15 m var det betydelig høyere temperaturer (14-15 °C) og høyere oksygenverdier (90-95%) (Figur 18). Turbiditetsmålingene tyder på at det er relativt like forhold på 15 m (0,1 FTU) og 130 m (0,3-0,5 FTU) (Appendiks 11), og med så liten forskjell burde ikke det være noen signifikant dårligere spredning på 130 m i forhold til 15 m.

4.4 Video

Samtlige videoer viser den samme adferden hos krill; krillen kommer raskt fram til lysfellen (Gjennomsnittlig etter 30,9 sekunder), det oppstår i flere tilfeller en sverm som etterhvert oppløses (Fra 5 min til >1 t). Det er vanskelig å tyde ut i fra videoene hva som er årsaken til at krillen forsvinner. Det at det er fisk tilstede gjør at noen krill blir spist (Observert på video), men det strømmer fortsatt til krill selv om det er fisk tilstede, hvilket tyder på at krillen ikke lar seg skremme av fisken.

Nilsson and Lindström (1983) fant at lysintensitet fra 117-1250 lx skader krepsdyrs øyne. Lyktene i krillforsøkene hadde laveste intensitet på 50lm = 50lx/m². Siden krillen forsvinner etterhvert utover i videoene, men blant annet pilormene ser uanfektet ut er det sannsynlig at deres ulike øyne ikke reagerer som krillens øyne på sterk lysintensitet. Pilormen har ikke fasettøyne slik som krillen, men den (*Sagitta sp.*) har sammensatte, inverteerte øyne (Goto and Yoshida, 1984). Ut i fra adferden observert på videoene har trolig ikke pilormen et like lysømfintlig øye som krillen da det virker som at krillen blir blendet eller desorientert av det sterke lyset og trekker seg unna, mens pilormen, som sagt, virker uanfektet. Det er gjort forsøk med en pilorm, *Sagitta hispada*, disse viser at den er mest sensitiv til lys mellom 400-580 nm, med maks sensitivitet på 500 nm (Sweatt and Forward, 1985). Dette samsvarer med at den har en pigmentcelle, og det samsvarer godt med krillens følsomhetskurve. Dette kan forklare at det var mye fangst av pilormer i lysfellene.

Da lysene skal brukes i teiner er det også viktig at lysene som skal tiltrekke makroplankton samtidig ikke frastøter fisken. Ut ifra videoene å dømme virker det ikke torsken er redd for lyset. Det er gjort flere observasjoner i Ramfjord hvor torsken ligger ganske rolig foran lysfellen og spiser krill. Utne-Palm et. al. (2018) registrerte ikke noe tydelig tendens til at torsken trakk seg unna, men det ble her brukt lys mye svakere (2 µEm²s⁻¹) enn de brukt i dette forsøket. Det kan se ut som at hvitt lys med sterk intensitet har hatt en negativ effekt på torsken (Figur 20) da det ved hvitt lys med høy intensitet har vært flere fangster med lavere tall enn for de øvrige bølgelengdene og intensitetene.

4.5 Atferdsobservasjoner av krill

Det har blitt observert i laboratorieforsøk med krill at de nærmer seg lyskilden i en sirkelformet bevegelse (A.C. Utne-Palm, *pers. comm*), og dette ble også observert på videoer fra Smørdal og Ramfjord. Dette ligner den atferden som er beskrevet for insekter når de nærmer seg kunstig lys (Justice, 2016). Nattaktive insekter gjør dette da de navigerer etter månen, og ved å holde lyset fra månen på en fast vinkel klarer de å fly rett. Lykter står i ro, og de sender gjerne ut lys i flere retninger (Kommer an på utformingen på lampe/lyspære), og insektene klarer ikke å holde lyset på en fast vinkel og ender opp med å fly i sirkel inn mot lyskilden (Justice, 2016). Det er nærliggende å tro at krill på samme måte som insektene navigerer etter månen, da de også har månen som lyskilde, og de har lignende øyne (Goldsmith and Philpott, 1957; Hardy, 1962; Meyer-Rochow, 2015). Det at krillen tror at lyskilden er månen er sannsynligvis det som gjør at den går i lysfellen på dagtid da det i utgangspunktet er unaturlig å gå mot månen og søke etter mat på dagtid da den skal gjemme seg fra predatorer.

4.6 Konklusjon

Dette studiet viser at for å tiltrekke seg mest mulig krill er høy intensitet viktigere enn lysets bølgelengdesammensetning, dersom en sammenligner blått, grønt eller hvitt lys. Resultatene bekrefter også tidligere funn hvor krillen tiltrekkes av blått, grønt og hvitt lys (Utne-Palm et al., 2018). Studiet viser også at en får høyere krill fangster på natt en på dag. I studiet satte vi fellene der det akustiske krill-laget viste seg sterkest på dag og på natt. Ved å bruke *in situ* videoopptak hadde jeg mulighet til å beskrive krillens adferd rundt lysfellene, og det er her observert en annen adferd ved lystiltrekningen til krillen enn det som er observert i lab (Utne-Palm et al., 2018). Disse observasjonene har en praktisk verdi da lystiltrekning hos krill skal brukes i teiner ute i havet, hvor tilstandene ikke likner de inne på lab. Det trengs mer forskning på krillens adferd i teinene ute i havet hvor krillen påvirkes av andre makroplankton og predatorer samtidig som lystiltrekningen. I tillegg burde det blitt videre studert hva som er optimal intensitet, både med tanke på tiltrekning av krill og eventuell frastøtning av fisk.

Referanser

- Aksnes, D.L., Giske, J., 1990. Habitat profitability in pelagic environments. *Marine Ecology Progress Series* [Internett], 64, 209–215. Tilgjengelig fra: <<http://www.jstor.org/stable/24844571>> [Lest: 10.05.2018]
- Anders, N., Fernö, A., Humborstad, O.-B., Løkkeborg, S., Utne-Palm, A.C., 2017. Species specific behaviour and catchability of gadoid fish to floated and bottom set pots. *ICES Journal of Marine Science* [Internett], 74(3), 769–779. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw200>>
- Anders, N. (2015) *The effect of pot design on behaviour and catch efficiency of gadoids* [Masteroppgave]. Bergen: Universitetet i Bergen.
- Anthony, P.D., Hawkins, A.D., 1983. Spectral sensitivity of the cod, *Gadus morhua* L. *Marine Behaviour and Physiology* [Internett], 10(2), 145–166. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1080/10236248309378614>>
- Banse, K., 1964. On the vertical distribution of Zooplankton in the sea. *Progress in Oceanography* [Internett], 2, 53–125. Tilgjengelig fra: <[https://doi.org/10.1016/0079-6611\(64\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0079-6611(64)90003-5)>
- Båtnes, A.S., Miljeteig, C., Berge, J., Greenacre, M., Johnsen, G., 2015. Quantifying the light sensitivity of *Calanus spp.* during the polar night: potential for orchestrated migrations conducted by ambient light from the sun, moon, or aurora borealis? *Polar Biology* [Internett], 38(1), 51–65. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1007/s00300-013-1415-4>>
- Bennett, D.B., 1974. The effects of pot immersion time on catches of crabs, *Cancer pagurus* L. and lobsters, *Homarus gammarus* (L.). *ICES Journal of Marine Science* [Internett], 35(3), 332–336. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1093/icesjms/35.3.332>>
- Ben-Yami, M., (1988) *Attracting Fish with Light*. Food & Agriculture Organization of the United Nations.
- Ben-Yami, M., (1976) *Fishing with Light – FAO fishing manuals, Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Michigan: Wiley.
- . Visual pigments of fishes, I: Douglas, R., Djamgoz, M, redaktører. *The Visual System of Fish*. Dordrecht: Springer, 81–107. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0411-8_4>
- Brattegard, T. (1978), *Euphausiacea - Bestemmelsestabell for arter i norske farvann*.
- Brinton, E., 1962. The distribution of Pacific euphausiids. *The Bulletin of the Scripps of Oceanography* [Internett], 8(2), 21-270. Tilgjengelig fra: <<https://escholarship.org/uc/item/6db5n157>> [Lest: 16.04.2018]
- 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* [Internett], 157, 187–192. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.04.012>>
- Clarke, W.D., 1963. Function of Bioluminescence in Mesopelagic Organisms. *Nature* [Internett], 198, 1244–1246. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1038/1981244a0>>
- Cohen, J.H., Berge, J., Moline, M.A., Sørensen, A.J., Last, K., Falk-Petersen, S., Renaud, P.E., Leu, E.S., Grenvald, J., Cottier, F., Cronin, H., Menze, S., Norgren, P., Varpe, Ø., Daase, M., Darnis, G., Johnsen, G., 2015. Is Ambient Light during the High Arctic Polar Night Sufficient to Act as a Visual Cue for Zooplankton? *PLoS One* [Internett], 10(6), e0126247. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126247>>
- Crawley, M.J., 2007. *The R Book*, 1. utgave. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Crescentini, M., Bennati, M., Tartagni, M., 2012. Design of integrated and autonomous conductivity–temperature–depth (CTD) sensors. *AEU – International Journal of*

- Electronics and Communications* [Internett], 66(8), 630–635. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.aeue.2012.03.013>>
- Cushing, D.H., 1951. The Vertical Migration of Planktonic Crustacea. *Biological Reviews* [Internett], 26, 158–192. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1951.tb00645.x>>
- Everitt, B.S., Hothorn, T., 2010. *A Handbook of Statistical Analyses Using R*, 2. utgave, Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC.
- Forward, R. B., Cohen, J. H., 2009. Zooplankton diel vertical migration - A review of proximate control. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*. I: Gibson, R.N., Atkinson, R.J.A., Gordon, J.D.M., redaktører. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC, 77–110.
- Frank, T.M., Widder, E.A., 1999. Comparative study of the spectral sensitivities of mesopelagic crustaceans. *Journal of Comparative Physiology A* [Internett], 185(3), 255–265. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1007/s003590050385>>
- Furevik, D.M., 1994. Behaviour of fish in relation to pots, I: Fernö, A., Olsen, S., redaktører. *Marine Fish Behaviour in Capture and Abundance Estimation*. Oxford: Fishing News Books, 28–44.
- Furevik, D.M., Løkkeborg, S., 1994. Fishing trials in Norway for torsk (Brosme brosmes) and cod (*Gadus morhua*) using baited commercial pots. *Fisheries Research* [Internett], 19, 219–229. Tilgjengelig fra: <[https://doi.org/10.1016/0165-7836\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)90040-X)>
- Furevik, D.M., Skeide, R., 2002. *Fiske etter torsk (Gadus morhua), lange (Molva molva) og brosmes (Brosme brosmes) med tokammerteiner langs norksekysten* [Forskningsrapport]. Bergen: Havforskningsinstituttet [Internett]. Tilgjengelig fra: <<http://hdl.handle.net/11250/113273>>
- Geofysisk institutt, n.d. *Globalstråling (Historiske data)*. Florida, Bergen: Universitetet i Bergen. Tilgjengelig fra: <https://veret.gfi.uib.no/?action=day_query> [Lest: 05.02.2018]
- Google Maps (a), 2018. *Smørdal oppdrettsanlegg, 60.86608N;5.54962Ø* [Internett]. Målestokk 1:640 000. Tilgjengelig fra: <<https://www.google.com/maps/>> [Lest:22.05.2018]
- Google Maps (b), 2018. *Ramfjord, 69.54608N;19.18661Ø* [Internett]. Målestokk 1:160 000. Tilgjengelig fra: <<https://www.google.com/maps/>> [Lest:22.05.2018]
- Goldsmith, T.H., Philpott, D.E., 1957. The Microstructure of the Compound Eyes of Insects. *Journal of Cell Biology* [internett], 3(39), 429–440. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1083/jcb.3.3.429>>
- Goto, T., Yoshida, M., 1984. Photoreception in Chaetognatha, I: Ali M. A., redaktør. *Photoreception and Vision in invertebrates*. Boston: Springer, 727–742. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2743-1_21>
- Guthrie, D., Muntz, W., 1993. Role of vision in fish behaviour, I: Pitcher, T., redaktør. *Behaviour of Teleost Fishes*. London: Springer Netherlands, pp. 89–128.
- Hannah, R.W., Lomeli, M.J.M., Jones, S.A., 2015. Tests of artificial light for bycatch reduction in an ocean shrimp (*Pandalus jordani*) trawl: Strong but opposite effects at the footrope and near the bycatch reduction device. *Fisheries Research* [Internett], 170, 60–67. Tilgjengelig fra: <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.010>
- Hardy, M.G., 1962. Photophore and Eye Movement in the Euphausiid *Meganycitiphanes norvegica* (G. O. Sars). *Nature* [Internett], 196, 790–791. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1038/196790b0>>
- Havforskningsinstituttet, 2013. *Forskningsstasjonen Matre*. Havforskningsinstituttet. [Internett]. Tilgjengelig fra:

- <http://www.imr.no/om_havforskningsinstituttet/fasiliteter/forskningsstasjon_matre/nb-no> [Lest 7.11.2017].
- Hays, G.C., 2003. A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. *Hydrobiologia* [Internett], 503(1-3), 163–170. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008476.23617.b0>>
- Hazin, H.G., Hazin, F.H.V., Travassos, P., Erzini, K., 2005. Effect of light-sticks and electrolume attractors on surface-longline catches of swordfish (*Xiphias gladius*, Linnaeus, 1959) in the southwest equatorial Atlantic. *Fisheries Research* [Internett], 72(2-3), 271–277. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.10.003>>
- Hedgårde, M., Willestofte Berg, C., Kindt-Larsen, L., Lunneryd, S.-G., Königson, S., 2016. Explaining the catch efficiency of different cod pots using underwater video to observe cod entry and exit behaviour. *Journal of Ocean Technology*, 11(4), 67–90.
- Herring, P.J., Locket, N.A., 1978. The luminescence and photophores of euphausiid crustaceans. *Journal of Zoology* [Internett], 186(4), 431–462. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1978.tb03932.x>>
- High, W.L., Beardsle, A., 1970. Fish behaviour studies from an undersea habitat, in: *Commercial Fisheries Review*, 32(10), 31.
- Hothorn, T., Bretz, F., Westfall, P., 2008. Simultaneous Inference in Genreal Parametric Models. *Biometrical Journal* [Internett], 50(3), 346–363. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>>
- Hubert, W., Pope, K., Dettmers, J., 2012. Passive Capture Techniques, 223-265. I: A. V. Zale, D. L. Parrish og T. M. Sutton, redaktører. *Fisheries Techniques*, 3. utgave. Maryland: American Fisheries Society.
- Jennings, S., Kaiser, M.J., Reynolds, J.D., (2001) *Marine fisheries ecology*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Johnsen, G.H., Jakobsen, P.J., 1987. The effect of food limitation on vertical migration in *Daphnia longispinal*. *Limnology and Oceanography* [Internett], 32(4), 873–880. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.4319/lo.1987.32.4.0873>>
- Johnsen, S., (2012) *The Optics of Life*. Princeton: Princeton University Press.
- Jørgensen, T., Løkkeborg, S., Furevik, D., Humborstad, O.-B., De Carlo, F., 2017. Floated cod pots with one entrance reduce probability of escape and increase catch rates compared with pots with two entrances. *Fisheries Research* [Internett], 187, 41–46. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.10.016>>
- Justice, M., 2016. Light Pollution and Insects: Insect Attraction to Various Types of Residential Lights. *Presented at the 2016 AAAS Annual Meeting (February 11-15, 2016)* [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://www.aaas.org/abstract/light-pollution-and-insects-insect-attraction-various-types-residential-lights>> [Lest: 09.05.2018]
- Kaartvedt, S., Larsen, T., Hjelmseth, K., Onsrud, M.S.R., 2002. Is the omnivorous krill *Meganyctiphanes norvegica* primarily a selectively feeding carnivore? *Marine Ecology Progress Series* [Internett], 228, 193–204. Tilgjengelig fra: <<http://www.jstor.org/stable/24865038>> [Lest: 03.05.2018]
- Kay, R., 1963. Bioluminescence of euphausiid crustacean *Meganyctiphanes norvegica*-influence of 5-hydroxytryptamine. *Journal of Physiology-London*, Cambridge University Press, 165(2), 63–64.
- Kay, R.H., 1965. Light-stimulated and light-inhibited bioluminescence of the euphausiid *Meganyctiphanes norvegica* (G. O. Sars). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* [Internett], 162 (988), 365–386. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1098/rspb.1965.0044>>

- Klemetsen, A., 1982. Food and feeding habits of cod from the Balsfjord, northern Norway during a one-year period. *ICES Journal of Marine Science* [Internett], 40(2), 101–111. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1093/icesjms/40.2.101>>
- Kongsberg Maritime AS, 2017. *EK15 Product description*. Simrad [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://www.simrad.com/www/01/NOKBG0240.nsf/AllWeb/100539FE01E29586C12579B1007685A2?OpenDocument>> [Lest: 08.11.2017].
- Krönström, J., Dupont, S., Mallefet, J., Thorndyke, M., Holmgren, S., 2007. Serotonin and nitric oxide interaction in the control of bioluminescence in northern krill, *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars). *Journal of Experimental Biology*. 210, 3179–3187. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1242/jeb.002394>>
- Kystverket, 2017. *Smørdal oppdrettsanlegg 60.86608N;5.54962Ø*. Sjøkart, målestokk 1:625. Tilgjengelig fra: <<https://kart.kystverket.no/>> [Lest: 19.11.2017].
- Lass, S., Tarling, G.A., Virtue, P., Matthews, J.B.L., Mayzaud, P., Buchholz, F., 2001. On the food of northern krill *Meganyctiphanes norvegica* in relation to its vertical distribution. *Marine Ecology Progress Series* [Internett], 214, 177–200. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.3354/meps214177>>
- Lenth, R., 2018. *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Square Means*. R package version 1.2 [Internett]. Tilgjengelig fra: <<https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>> [Lest: 27.04.2018]
- Ljungberg, P., Lunneryd, S.-G., Lövgren, J., Königson, S., 2016. Including COD (*Gadus morhua*) behavioural analysis to evaluate entrance type dependent pot catch in the Baltic sea. *Journal of Ocean Technology*, 11(4), 48–63.
- Loose, C.J., Dawidowicz, P., 1994. Trade-Offs in Diel Vertical Migration by Zooplankton: The Costs of Predator Avoidance. *Ecological Society of America* [Internett], 75(8), 2255–2263. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.2307/1940881>>
- Marchesan, M., Spoto, M., Verginella, L., Ferrero, E.A., 2005. Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research* [Internett], 73(1-2), 171–185. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.12.009>>
- Matresfjorden, 2016. *Matresfjorden*. Wikipedia. Tilgjengelig fra: <<https://no.wikipedia.org/wiki/Matresfjorden>> [Lest: 05.11.2017]
- Mauchline, J., 1960. the biology of the euphausiid crustacean, *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars). *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences* [Internett], 67(2), 141–179. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1017/S0080455X00000734>>
- Mauchline, J., Fisher, L.R., 1969. The Biology of Euphausiids, I: Russell, F.S., Yonge, M., *Advances in Marine Biology* [Internett]. Academic Press. Tilgjengelig fra: <[https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60468-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60468-X)>
- McFarland, W.N., 1986. Light in the Sea-Correlations with Behaviors of Fishes and Invertebrates. *Integrative and Comparative Biology* [Internett], 26(2), 389–401. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1093/icb/26.2.389>>
- Meyer-Rochow, V.B., 2015. Compound eyes of insects and crustaceans: Some examples that show there is still a lot of work left to be done. *Insect Science* [Internett], 22(3), 461–481. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1111/1744-7917.12117>>
- Meyer-Rochow, V.B., 2001. The Crustacean Eye: Dark/ Light Adaptation, Polarization Sensitivity, Flicker Fusion Frequency, and Photoreceptor Damage. *Zoological Science* [Internett], 18(9), 1175–1197. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.2108/zsj.18.1175>>
- Moen, F.E., Svensen, E. (2014) *Dyreliv i havet*, 6. utgave, Kom Forlag.
- Motoda, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido university* [Internett], 7(1-2), 73-94. Tilgjengelig fra: <<http://hdl.handle.net/2115/21829>> [Lest: 18.03.2018]

- Munro, J.L., Reeson, P.H., Gaut, V.C. (1971) Dynamic factors affecting the performance of the Antillean fish trap. *University of the West Indies*.
- Newell, R.C., Newell, G.E. (1977) *Marine plankton, a practical guide*, 5. utgave. London: Hutchinson Educational Ltd.
- Nilsson, H.L., Lindström, M., 1983. Retinal Damage and Sensitivity Loss of a Light-Sensitive Crustacean Compound Eye (*Cirolana Borealis*): Electron Microscopy and Electrophysiology. *Journal of Experimental Biology* [Internett], 107(1), 277–292. Tilgjengelig fra: <<http://jeb.biologists.org/content/107/1/277>> [Lest 05.04.2018]
- Norgeskart (u.å), *Smørdal oppdrettsanlegg, 60.8691802N;5.552034Ø* [Internett]. Målestokk 3 cm: 20 m. Tilgjengelig fra: <norgeskart.no>
- NRK og Meteorologisk institutt, n.d. *Været som var* [Internett]. yr.no. Tilgjengelig fra: <<https://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Masfjorden/Matre>> [Lest 08.11.17].
- Onsrud, M.S.R., Kaartvedt, S., 1998. Diel vertical migration of the krill *Meganyctiphanes norvegica* in relation to physical environment, food and predators. *Marine Ecology Progress Series* [Internett], 171, 209–219. Tilgjengelig fra: <<http://www.jstor.org/stable/24831737>>
- Ramfjorden (2017) *Ramfjorden* [Internett]. Wikipedia. Tilgjengelig fra: <<https://no.wikipedia.org/w/index.php?title=Ramfjorden&oldid=17203285>> [Lest: 19.11.17].
- Ringelberg, J., (2010) *Diel Vertical Migration of Zooplankton in Lakes and Oceans*. Nederland: Springer.
- Robichaud, D., Hunte, W., Oxenford, H.A., 1999. Effects of increased mesh size on catch and fishing power of coral reef fish traps. *Fisheries Research* [Internett], 39(3), 275–294. Tilgjengelig fra: <[https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(98\)00198-2](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(98)00198-2)>
- Russell, F.S., 1927. The Vertical Distribution of Plankton in the Sea. *Biological Reviews* [Internett], 2(3), 213–262. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1927.tb00878.x>>
- Salvanes, A.G.V., Nordeide, J.T., 1993. Dominating sublittoral fish species in a west Norwegian fjord and their trophic links to cod (*Gadus morhua* L.). *Sarsia* [Internett], 78(3-4), 221–234. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1080/00364827.1993.10413536>>
- Sameoto, D.D., 1980. Relationships between stomach contents and vertical migration in *Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoëssa raschii* and *T. inermis* (Crustacea Euphausiacea). *Journal of Plankton Research* [Internett], 2(2), 129–143. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1093/plankt/2.2.129>>
- Saunders R. L., Henderson E. B., 1970. Influence of Photoperiod on Smolt Development and Growth of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* [Internett], 1970, 27(7), 1295-1311. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1139/f70-151>>
- Schau, E.M., Ellingsen, H., Endal, A., Aanonsen, S.A., 2009. Energy consumption in the Norwegian fisheries. *Journal of Cleaner Production* [Internett], 17(3), 325–334. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.08.015>>
- Strömberg, J.-O., Spicer, J.I., 2000. Cold comfort for krill? Respiratory consequences of diel vertical migration by *Meganyctiphanes norvegica* into deep hypoxic waters. *Ophelia* [Internett], 53(3), 213–217. <https://doi.org/10.1080/00785326.2000.10409451>
- Suuronen, P., Chopin, F., Glass, C., Løkkeborg, S., Matsushita, Y., Queirolo, D., Rihan, D., 2012. Low impact and fuel efficient fishing—Looking beyond the horizon. *Fisheries Research* [Internett], 119–120, 135–146. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.12.009>>

- Sweatt, A.J., Forward, R.B., 1985. Spectral sensitivity of the chaetognath *sagitta hispida* conant, *The Biology Bulletin* [Internett], 168(1), 32–38. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.2307/1541171>>
- Tarling, G.A., Fuiman, L.A., Young, C.M. (Eds.), 2010. *The Biology og Northern Krill*, 1. utgave, London: Elsevier Ltd.
- Thomsen, B., Humborstad Odd-Børre, Furevik Dag M., (2010) Fish Pots: Fish Behavior, Capture Processes, and Conservation Issues. I: He, P., *Behavior of Marine Fishes*. Wiley Online Books. pp. 143–158.
- Thorsnæs, G. (2017). *Masfjorden* [Internett]. Store Norske Leksikon. Tilgjengelig fra: <<http://snl.no/Masfjorden>> [Lest 19.11.17].
- TriOS (u.å). *Ramses* [Internett]. Tilgjengelig fra: <<http://www.trios.de/en/products/sensors/ramses.html>> [Lest 08.11.17].
- 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* [Internett], 13(1), e0190918. Tilgjengelig fra: <<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* [Internett], 9(12), e115436. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115436>>
- Valle, K.C., Nymark, M., Aamot, I., Hancke, K., Winge, P., Andresen, K., Johnsen, G., Brembu, T., Bones, A.M., 2014. System responses to equal doses of photosynthetically usable radiation of blue, green, and red light in the marine diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *PloS One* [Internett], 9(12), e114211. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114211>>
- Warrant, E., Nilsson, D.-E., (2006) *Invertebrate Vision*. Cambridge university.
- Warton, D.I., Lyons, M., Stoklosa, J., Ives, A.R., 2016. Three points to consider when choosing a LM or GLM test for count data. *Methods in Ecology and Evolution* [Internett], 7(8), 882–890. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1111/2041-210X.12552>>
- Williams, J., 1973. Optical properties of the ocean. *Reports on Progress in Physics* [Internett], 36(12), 1567. Tilgjengelig fra: <<https://doi.org/10.1088/0034-4885/36/12/002>>
- Ziegler, F., Hansson, P.-A., 2003. Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. *Journal of Cleaner Production* [Internett], 11(3), 303–314. Tilgjengelig fra: <[https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00050-1)>

Appendikser

Appendiks 1

Brinyte DIV0



Figur 1. Bilde av dykkerlyktene brukt i forsøket.

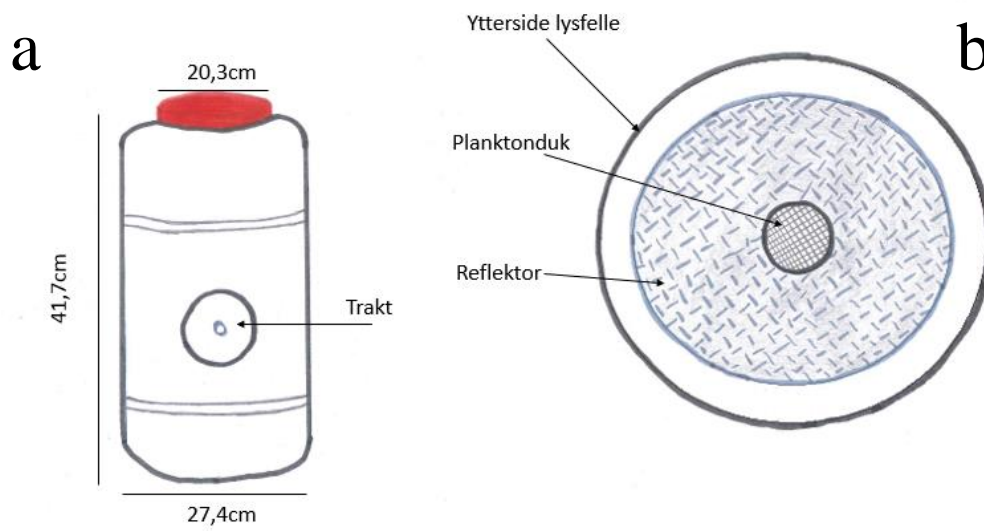
Appendiks 2

Tabell 1. Viser størrelsen på de ulike filtrene brukt i forsøket.

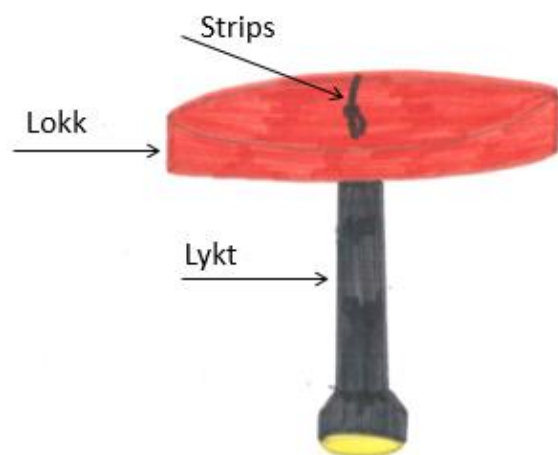
Filter	Diameter (mm)
1	3
2	8
3	13

Appendiks 3

Figurene viser hvordan lysfellen ser ut, og hvordan lyktene er festet inne i lyktene.



Figur 1. a viser detaljene til lysfellen. b viser reflektorplaten i bunnen av lysfellen.



Figur 2. Viser hvordan lyktene hang i lokkene til lysfellene.

Appendiks 4

Randomiseringstabellene for posisjonene og lysstimuliene i Smørdal, Matre.

Tabell 1: Randomiseringstabell for dagtid for sterke (1) og svake (3) lysstimuli. Etter noen utsett kan en se at 5 G 170LM (4) går over til TOM (6), dette er fordi det ikke var noe fangst for denne lyskvaliteten og det ble tatt en avgjørelse om å kutte den for å spare batteri.

Posisjon	Utsett 1	Utsett 2	Utsett 3	Utsett 4	Utsett 5	Utsett 6	Utsett 7	Utsett 8	Utsett 9	Utsett 10	Kode	Lykt	Målt til (mW/ m ²)
A	3	5	2	1	6	2	3	1	5	3	1	1 H 800LM	14800
B	5	1	4	6	3	1	5	6	6	6	2	1 H 100 LM (2)	150
C	2	6	5	6	2	4	2	6	1	2	3	5 G 170LM	9500
D	1	3	3	3	1	5	6	2	2	1	4	2 G 170LM (3)	130
E	6	2	6	2	5	6	1	3	3	5	5	2 B 50LM + 1 B 130LM	14000
F	4	4	1	5	4	3	6	5	6	6	6	TOM	

Tabell 2: Randomiseringstabell for natt for sterke og svake lysstimuli.

Posisjon	Utsett 1	Utsett 2	Utsett 3	Utsett 4	Kode	Lykt	Målt til (mW/ m ²)
A	6	1	2	6	1	1 H 800LM	14800
B	2	3	3	1	2	1 H 100 LM (2)	150
C	1	2	1	6	3	5 G 170LM	9500
D	3	5	5	2	4	2 G 170LM (3)	130
E	5	4	4	5	5	2 B 50LM + 1 B 130LM	14000
F	4	6	6	3	6	TOM	

Tabell 3: Randomiseringstabell for middels og svake lysstimuli på dagtid.

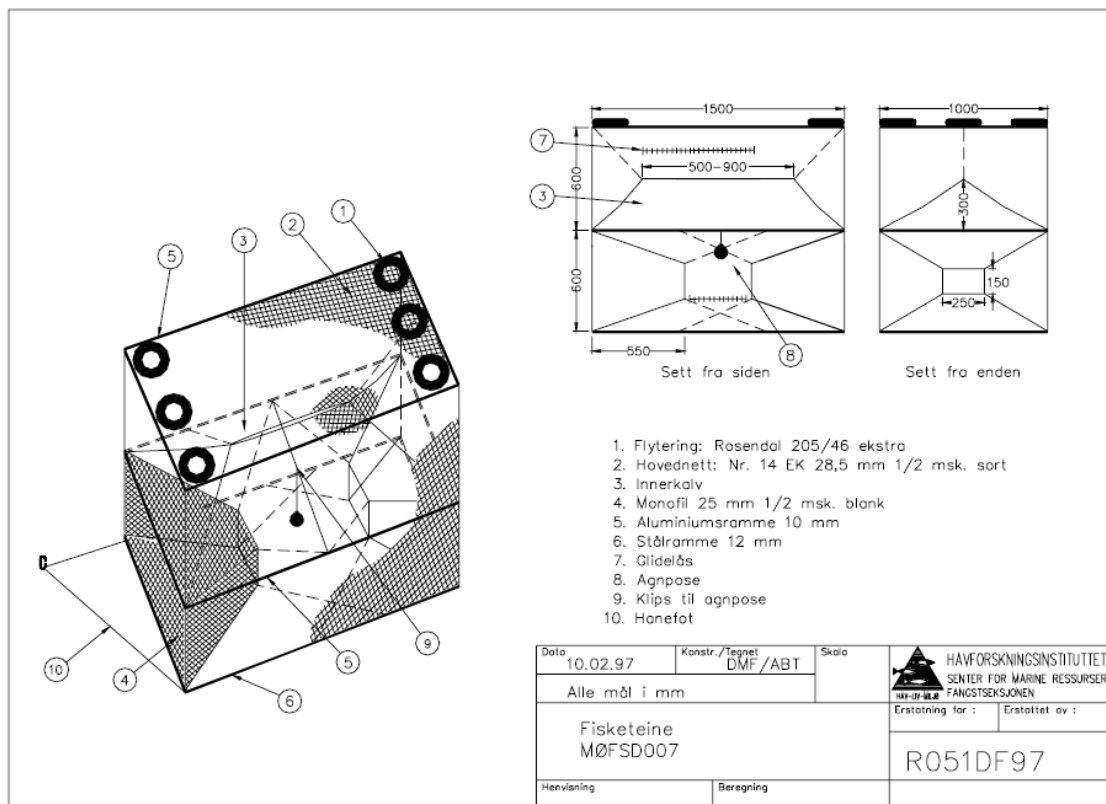
Posisjon	Utsett 1	Utsett 2	Utsett 3	Utsett 4	Utsett 5	Utsett 6	Utsett 7	Utsett 8	Kode	Lykt	Målt til (mW/ m ²)
A	3	5	6	4	6	2	3	1	1	G 50 LM	1160
B	5	1	4	1	3	1	5	4	2	2 G 170LM (3)	130
C	6	6	5	3	2	4	2	6	3	B 50LM (3) B 130LM (3)	110
D	1	3	3	6	1	5	6	2	4	B 50LM (2)	1300
E	6	6	6	6	5	6	1	3	5	H 100LM	1200
F	4	4	1	5	4	3	4	5	6	TOM	

Tabell 4: Randomiseringstabell for natt for middels og svake lysstimuli.

Posisjon	Utsett 1	Utsett 2	Utsett 3	Utsett 4	Utsett 5	Kode	Lykt	Målt til (mW/m ²)
A	6	1	6	4	1	1	G 50 LM	1160
B	6	4	3	1	3	2	2 G 170LM (3)	130
C	1	6	1	6	5	3	B 50LM (3) B 130LM (3)	110
D	3	5	5	2	6	4	B 50LM (2)	1300
E	5	3	4	5	4	5	H 100LM	1200
F	4	6	6	3	2	6	TOM	

Appendiks 5

Detaljer til sammenleggbare tokammerteine:



Figur 1. Viser detaljene til teinene brukt i forsøket (Furevik and Skeide, 2002).



Figur 2. Viser tilsvarende teine brukt i forsøket, med glidelåser i øverste kammer og agnposen (Blå) hengende.

Appendiks 6

Tunalys brukt i teineforsøkene.



Figur 1. Bilde av tunalys brukt i teineforsøket.

Appendiks 7

Sammenligning mellom intensitet, bølgelengde og tid på døgnet for krillfangst i Matre.

AIC=115.66

$\text{lm}(\log(\text{Krillpert} + 0.01) \sim \text{Intensitet} + \text{NattDag} + \text{Lysfarge} + \text{Intensitet:Lysfarge} + \text{Intensitet:NattDag} + \text{NattDag:Lysfarge})$

anova()

	Sum sq	Mean sq	F-verdi	p-verdi
Intensitet	360.47	180.234	69.0447	<2.2e-16
NattDag	59.64	59.638	22.8462	6.547e-06
Lysfarge	22.60	11.301	4.3293	0.01593
Intensitet:Lysfarge	26.77	6.693	2.5640	0.04336
Intensitet:NattDag	15.02	7.508	2.8761	0.06138
NattDag:Lysfarge	13.94	6.968	2.6692	0.07462

AIC=115.66

summary()

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Intercept	-1.56333	0.49902	-3.133	0.00232
IntensitetMiddels	1.15562	0.70895	1.630	0.10647
IntensitetHøy	5.06674	0.69572	7.283	1.04e-10
NattDagNatt	1.62484	0.68462	2.373	0.01969
LysfargeGrønn	-2.11388	0.73356	-2.882	0.00491
LysfargeHvit	-1.95038	0.69719	-2.797	0.00626

IntensitetMiddels:LysfargeGrønn	2.96085	0.93476	3.167	0.00208
IntensitetHøy:LysfargeGrønn	1.01624	0.93476	3.167	0.00208
IntensitetMiddels:LysfargeHvit	0.88294	0.92595	0.954	0.34278
IntensitetHøy:LysfargeHvit	0.02274	0.93448	0.024	0.98064
IntensitetMiddels:NattDagNatt	-1.06016	0.79349	-1.336	0.18479
IntensitetHøy:NattDagNatt	-2.08857	0.83201	-2.510	0.01379
NattDagNatt:LysfargeGrønn	0.98290	0.80251	1.225	0.22375
NattDagNatt:LysfargeHvit	1.86674	0.81003	2.305	0.02342

AIC=115.66; Residual standardavvik = 1.616 på 93 df; F-statistikk = 14.69 på 13 og 93 df.

Appendiks 8

General linear hypotheses for bølgelengdene for krillfangst i Matre

glht(lm1.lm, emm(pairwise~Intensitet|Lysfarge), type="response")

Lysfarge = Blå

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Lav - Middels	-0.6255	0.6488	-0.964	0.601
Lav - Høy	-4.0225	0.6373	-6.312	<1e-04
Middels - Høy	-3.3969	0.6861	-4.951	<1e-04

Lysfarge = Grønn

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Lav - Middels	-3.5864	0.6849	-5.236	<1e-04
Lav - Høy	-5.0387	0.7242	-6.958	<1e-04
Middels - Høy	-1.4523	0.6817	-2.130	0.0891

Lysfarge = Hvit

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Lav - Middels	-1.5085	0.6805	-2.217	0.073556
Lav - Høy	-4.0452	0.7144	-5.662	<1e-04
Middels - Høy	-2.5367	0.6818	-3.721	0.000952

Appendiks 9

General linear hypotheses for intensitetene for krillfangst i Matre.

glht(lm1.lm, emm(pairwise~Lysfarge | Intensitet), type="response")

Intensitet = Lav

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Blå -Grønn	1.6224	0.6645	2.442	0.0431

Blå – Hvit	1.0170	0.6615	1.538	0.2777
Grønn - Hvit	-0.6054	0.7239	-0.836	0.6810

Intensitet = Middels

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Blå -Grønn	-1.3384	0.6697	-1.998	0.1182
Blå – Hvit	0.1341	0.6699	0.200	0.9782
Grønn - Hvit	1.4825	0.6409	2.297	0.0611

Intensitet = Høy

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Blå -Grønn	0.6062	0.6943	0.873	0.659
Blå – Hvit	0.9943	0.6947	1.431	0.329
Grønn - Hvit	0.3881	0.7144	0.543	0.850

Appendiks 10

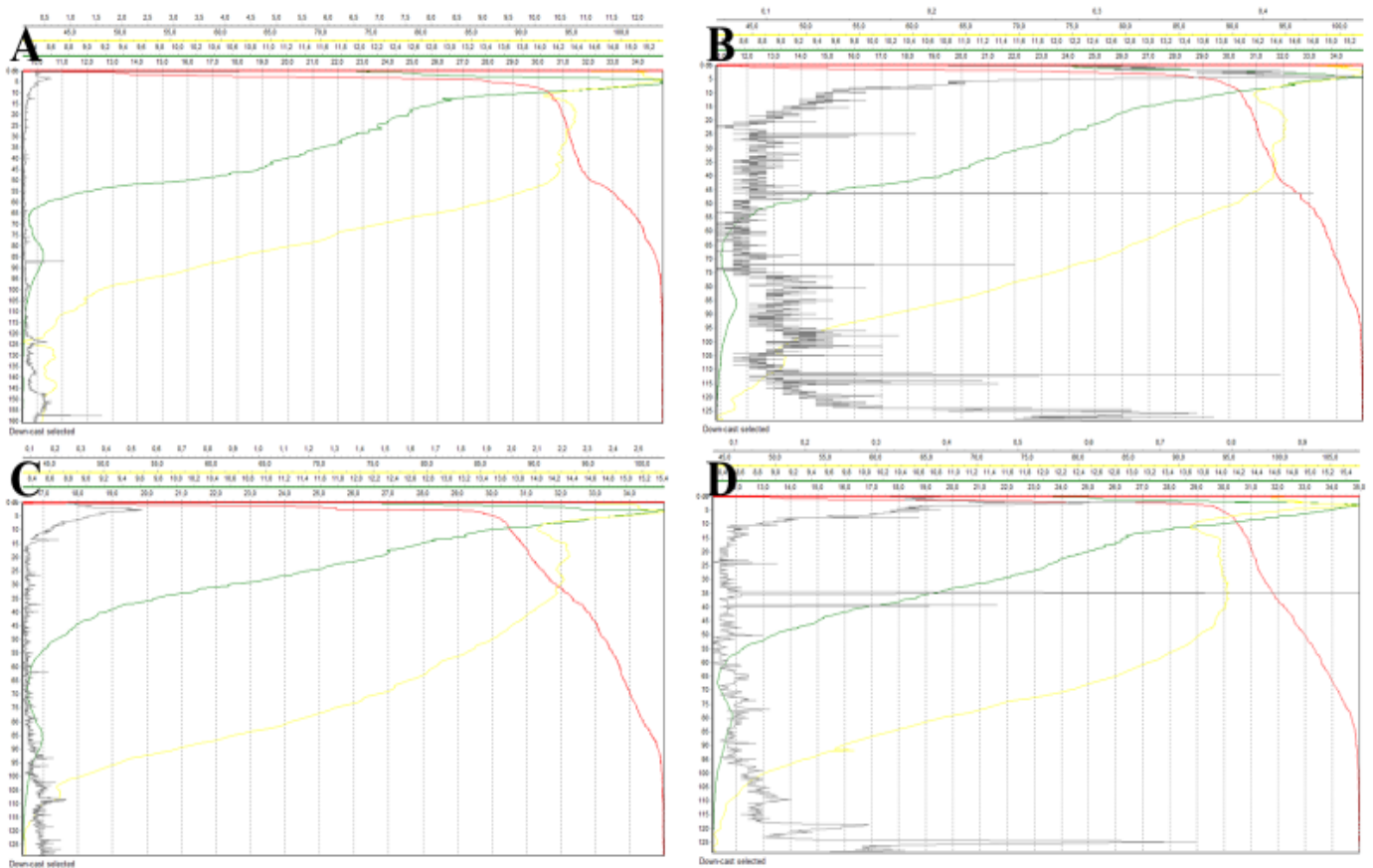
Tabell over detaljer fra videoene. De filmene hvor det ikke var mulig å se på grunn av for svakt lys eller for mye dagslys er ikke tatt med i tabellen..

Tabell 1. Viser detaljer om videoene tatt i Smørdal og i Ramfjord. Celler med – var det ikke mulig å kategorisere krillsvermer, observere fisk, eller ha mulighet til å se når siste krill forsvinner fra lysfellen på grunn av partikler i vannet.

Sted	Dato	Lykt	Tid	Total videotid	Tid nede	Differanse i sekunder	Tid første krill	Tid krillsverm	Tid krillsverm vekke	Tid siste synlige krill	Tid første fisk	Antall fisk i bildet
Matre	01.09.2017	Grønn sterk	Dag	136	05:43	24	06:07	07:00	13:25	55:23	07:23	4
Matre	05.09.2017	Hvit sterk	Dag	97,53	05:10	29	05:39	-	-	93:29	06:17	4
Matre	06.09.2017	Grønn sterk	Dag	134,2	04:30	48	05:18	-	-	94:48	05:23	5
Matre	11.09.2017	Hvit Middels	Dag	81,56	05:05	57	05:52	-	-	46:09	08:23	2
Ramfjord	23.09.2017	Grønn sterk	Dag	198	03:20	9	03:29	04:24	27:04	-	19:59	2
Ramfjord	23.09.2017	Blå sterk	Natt	136	06:59	21	07:20	09:16	17:43	-	09:42	3
Ramfjord	24.09.2017	Hvit sterk	Dag	193,44	03:40	2	03:42	-	-	73:16	22:07	3
Ramfjord	24.09.2017	Hvit sterk	Natt	194,9	03:50	7	03:57	04:59	01:12:03	-	06:18	2
Ramfjord	25.09.2017	Hvit sterk	Dag	179,36	02:50	93	04:33	-	-	19:09	-	-
Ramfjord	26.09.2017	Hvit sterk	Dag	196,16	05:02	19	05:21	-	-	-	-	-

Appendiks 11

CTD-målinger viser at var stor variasjon i turbiditet over forsøksperioden.



Figur 1. A: 31.08.2017. B: 01.09.2017. C: 04.09.2017. D: 08.09.2017. Gul linje representerer oksygenivået, Grønn linje er temperaturen, rød linje er saliniteten og grå linje er turbiditet.

Appendiks 12

Sammenligning mellom bølgelengde og tid på døgnet for krillfangst i Ramfjord.

$\text{lm}(\text{Krillpert} \sim \text{NattDag} + \text{Lysfarge} + \text{NattDag:Lysfarge})$

anova()

	Sum sq	Mean sq	F-verdi	p-verdi
NattDag	141.91	141.912	5.8549	0.02634
Lysfarge	181.06	90.528	3.7350	0.04398
NattDag:Lysfarge	24.17	12.087	0.4987	0.61547

summary()

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Intercept	6.400	2.842	2.252	0.0371

NattDagNatt	4.514	4.020	1.123	0.2762
LysfargeGrønn	-4.438	4.020	-1.104	0.2841
LysfargeHvit	-5.888	3.481	-1.691	0.1080
NattDag:LysfargeGrønn	3.727	5.685	0.656	0.5203
NattDag:LysfargeHvit	-1.164	4.923	-0.237	0.8157

Residual standardavvik = 4.923 på 18 df; F-statistikk = 2.864 på 5 og 18 df; Justert R-squared = 0.2882

Appendiks 13

glht(lm2.lm, linfct = mcp(NattDag = "Tukey"))

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Natt - Dag	4.863	1.959	2.483	0.022

Appendiks 14

General linear hypotheses post hoc-test for krillfangst i Ramfjord for bølgelengde.

glht(lm3.lm, linfct = mcp(Lysfarge = "Tukey"))

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Grønn - Blå	-2.574	2.770	-0.929	0.6272
Hvit - Blå	-6.470	2.399	-2.697	0.0352
Hvit - Grønn	-3.896	2.399	-1.624	0.2575

Appendiks 15

Sammenligne bølgelengdene for torskeiteiner med lys.

lm(log(CpueEksp + 0.01) ~ Forsøk)

anova()

	Sum sq	Mean sq	F-verdi	p-verdi
Forsøk	2.701	0.90034	2.0738	0.1199

summary()

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Intercept	0.6370	0.2084	3.057	0.00408
ForsøkGrønn middels	0.3191	0.3027	1.054	0.29855
ForsøkHvit middels	0.7203	0.2947	2.444	0.01926

ForsøkHvit sterk	0.2438	0.2771	0.880	0.38461
------------------	--------	--------	-------	---------

Residual standardavvik = 0.6589 på 38 df; justert R-squared = 0.07285; F-statistikk = 2.074 på 3 og 38 df.

Appendiks 16

Sammenligne bølgelengdene for torsketeiner uten lys.

`lm(log(CpueKontr + 0.01)~Forsøk, data=torsk.df)`

`anova()`

	Sum sq	Mean sq	F-verdi	p-verdi
Forsøk	3.9571	1.31905	1.6815	0.1872

`summary()`

	Estimat	Standardavvik	t-verdi	p-verdi
Intercept	-1.4598	0.2801	-5.212	6.83e-06
ForsøkGrønn middels	-0.5155	0.4070	-1.267	0.213
ForsøkHvit middels	0.1169	0.3961	0.295	0.770
ForsøkHvit sterk	0.3336	0.3725	0.895	0.376

Residual standardavvik = 0.8857 på 38df; justert R-squared = 0.04749; F-statistikk = 1.681 på 3 og 38 df.