

Nicolas Sperre  
Adrian Sørmoen  
Ole-Henrik Stavik

## Lakselus i anlegg med og uten rensefisk

Mulige tilpasninger til ulike miljøforhold

Antall ark: 72

Bacheloroppgave i 298 BMI Biomarin innovasjon  
Veileder: Anne Stene, Helene Børretzen Fjørtoft  
Mai 2019



Nicolas Sperre  
Adrian Sørmoen  
Ole-Henrik Stavik

## Lakselus i anlegg med og uten rensefisk

Mulige tilpasninger til ulike miljøforhold

Antall ark: 72

Bacheloroppgave i 298 BMI Biomarin innovasjon  
Veileder: Anne Stene, Helene Børretzen Fjørtoft  
Mai 2019

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





# Forord

Bakgrunnen for temavalg i denne oppgaven ligger i vår interesse for lakselusproblematikken innenfor oppdrett av laksefisk. Etter snart tre fullførte år på linjen biomarin innovasjon ved NTNU i Ålesund, har vi opparbeidet kunnskap om marin økologi og akvakultur. Vi ble tidlig introdusert til lakselusen (*Lepeophtheirus salmonis*) og de problemene den skaper for oppdrettsnæringen. Høsten 2018 ble det publisert en artikkel på kyst.no der mattilsynsinspektør og seniorrådgiver, Mette Kristin Moen uttrykker sin bekymring om spredning og utvikling av blanke og gjennomsluktige lakselus. Hvis dette er tilfellet er det grunn til å tro at lakselus har mulighet til å utvikle muligheten til å kamuflere seg for beitende renseskisk.

På den første obligatoriske bachelorsamlingen i slutten av 2018, ble vi introdusert for ulike aktuelle bachelortemaer. Vi valgte problemstillingen, “undersøke fargen på lakselus i anlegg med og utan renseskisk”. I tillegg til fargen, valgte vi også å undersøke mulige tilpasninger hos lakselus i anlegg med fokus på farge og størrelse, noe som førte til den endelige problemstillingen; “Er det farge og størrelsesforskjell på lakselus i anlegg med og uten renseskisk”. Temaet var helt nytt, og det har ikke blitt gjort mye forskning rundt fargen på lakselus, noe som gjorde problemstillingen ekstra spennende. Derfor var det lite aktuell teori å finne, som førte til at bacheloroppgaven ble en forskningsbasert oppgave med vekt på metodeutvikling og feltarbeid.

Vi ønsker å gi en takk til SalMar-Furneset, Hofseth Aqua-Vindsneset og SalMar-Gudmundset for god mottakelse og hjelp til prosjektet. Driftsteknikerne har vært positivt innstilte og hjelpsomme, noe som gjorde feltarbeidet på anleggene effektivt. Takk til Stig Atle Tuene, Egidijus Dauksas, Jon Yngve Hardeberg ved NTNU for råd og utvikling av metode. Vi ønsker også å gi en spesiell takk til makrofotograf ved Atlanterhavsparken, Finn Refsnes for optimalisering av kamerainnstillinger.

Sist men ikke minst takk til våre veiledere, Anne Stene og Helene Børretzen Fjørtoft for god veiledning, rådgiving og støtte gjennom hele semesteret.

## Sammendrag

Denne oppgaven gjør rede for morfologiske forskjeller hos lakselus ved et oppdrettsanlegg med og et uten rensefisk. Vindsneset ligger i et fjordsystem der oppdrettsanlegg i nærheten ikke benytter rensefisk, mens Furneset ligger i et fjordsystem der de fleste oppdrettsanlegg benytter rensefisk. Hensikten er å se om det er en sammenheng mellom høyt beitepress fra rensefisken og farge og størrelse på lakselus. Det skal også undersøkes om lusens farge er permanent eller en egenskap lakselusen kan endre etter omgivelser, og om den foretrekker mørke eller lyse overflater. Til slutt ble det undersøkt om lakselusen i anlegget med rensefisk er mindre enn lakselusen i anlegget uten rensefisk ettersom mindre lus lettere blir oversett av rensefisken. Vi benyttet en fotoboks for makrofotografering av lakselusen. Oppgaven er tredelt. I den første delen ble bildene analysert og gitt en lyshetsverdi som forteller hvor lys eller mørk en lus er. I den andre delen av oppgaven ble lus fra anlegget med rensefisk fotografert som i første del, før de ble plassert i mørke og lyse omgivelser og fotografert igjen etter 5 dager for å avdekke endringer i lyshetsverdien. I den tredje delen ble bildene i første del brukt for å måle lengde og bredde på lakselusen. Resultatene tyder på at lakselus i anlegget med rensefisk er signifikant lysere enn lakselus i anlegget uten rensefisk. Endringer i fargen ble også avdekket i andre del av forsøket. En ser da at fargeendringen kan skyldes at melaninproduksjon øker eller minker i lusen. Det ble påvist en signifikant forskjell i størrelsen på lakselusen ved de to anleggene. Kjønnsmoden lus fra anlegget med rensefisk var 37,5 % lengre enn lus fra anlegget uten rensefisk.

## Innholdsfortegnelse

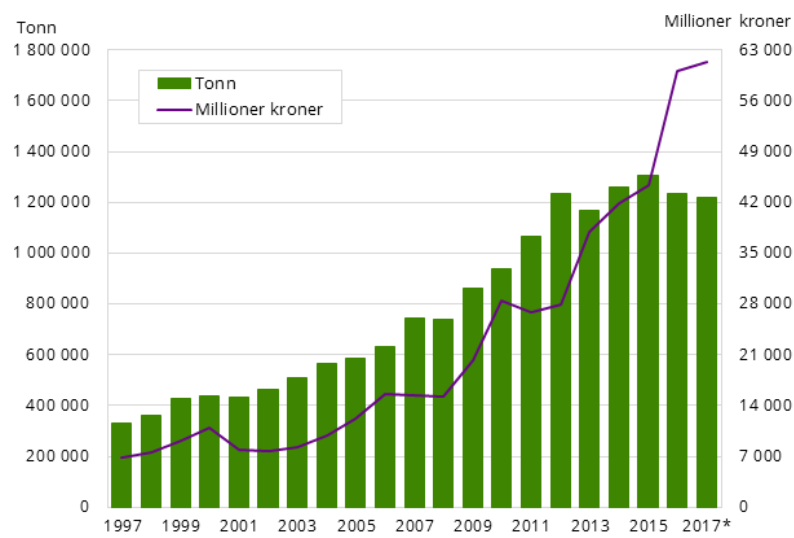
<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
1.1	Problemstilling	5
1.2	Hypotese	5
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>6</b>
2.2	Lakselusens livssyklus og morfologi	6
2.3	Avlusningmetoder (rensefisk)	8
2.4	Mulighet til fargeskifte hos marine krepsdyr	9
<b>3</b>	<b>Metode og materiale</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Forsøkslokaliteter</b>	<b>10</b>
3.1.1	Indre Storfjorden	10
3.1.2	Romsdalsfjorden	11
3.1.3	Smittespredning og salinitetsforhold	12
<b>3.2</b>	<b>Måling av forskjell farge og lyshet</b>	<b>14</b>
3.2.1	Utvikling av fotosystemet	14
3.2.2	Innhenting av data	16
3.2.3	Analysering av data	17
3.2.4	T-test	19
3.2.5	Reliabilitet av metode	19
3.2.6	Lusens farge i forhold til posisjon på laksen	19
3.2.7	Kjikkvadrattest	20
<b>3.3</b>	<b>Undersøke lusens evne til å skifte farge</b>	<b>20</b>
3.3.1	Utvikling av metode	20
3.3.2	Innhenting av data	20
3.3.3	Analyse av data	22
<b>3.4</b>	<b>Undersøke størrelsesforskjell på lus i anlegg med- og uten rensefisk</b>	<b>22</b>
3.4.1	Metoden	22
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Måling av farge og lyshet</b>	<b>24</b>
4.1.1	Fargeforskjell på lakselus mellom anleggene	24
4.1.2	Lakselusens posisjon på laksen	25
<b>4.2</b>	<b>Undersøke lusens evne til å skifte farge</b>	<b>26</b>
4.2.1	Lusen i svarte omgivelser	26
4.2.2	Lusen i hvite omgivelser	28
4.2.3	Lusens preferanse for bakgrunn	30
<b>4.3</b>	<b>Størrelsesforskjell mellom lus i anlegg med- og uten rensefisk</b>	<b>31</b>
4.3.1	Lengde på ryggskjold	31
4.3.2	Bredde på ryggskjold	31

4.3.3	<i>Kroppslengde</i> .....	32
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>34</b>
5.1	<b>Måling av farge og lyshet</b> .....	<b>34</b>
5.2	<b>Lusens evne til å skifte farge</b> .....	<b>37</b>
5.3	<b>Størrelsesforskjeller mellom lus i anlegg med- og uten rensefisk</b> .....	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Litteraturliste</b> .....	<b>41</b>
	<b>Vedlegg</b> .....	
	<i>Vedlegg 1</i> .....	
	<i>Vedlegg 2</i> .....	
	<i>Vedlegg 3</i> .....	
	<i>Vedlegg 4</i> .....	
	<i>Vedlegg 5</i> .....	
	<i>Vedlegg 6</i> .....	
	<i>Vedlegg 7</i> .....	
	<i>Vedlegg 8</i> .....	
	<i>Vedlegg 9</i> .....	
	<i>Vedlegg 10</i> .....	
	<i>Vedlegg 11</i> .....	
	<i>Vedlegg 12</i> .....	
	<i>Vedlegg 13</i> .....	
	<i>Vedlegg 14</i> .....	
	<i>Vedlegg 15</i> .....	
	<i>Vedlegg 16</i> .....	
	<i>Vedlegg 17</i> .....	
	<i>Vedlegg 18</i> .....	
	<i>Vedlegg 19</i> .....	
	<i>Vedlegg 20</i> .....	
	<i>Vedlegg 21</i> .....	
	<i>Vedlegg 22</i> .....	
	<i>Vedlegg 23</i> .....	
	<i>Vedlegg 24</i> .....	
	<i>Vedlegg 25</i> .....	
	<i>Vedlegg 26</i> .....	

# 1 Innledning

Norges unike kystlinje har gitt havbruksnæringen muligheter for vekst og utviklingen. Arten som har løftet fram oppdrettsnæringen til det den ligger på i dag er den Atlantiske laksen (*Salmo salar*)(1). Det utvikles stadig ny kunnskap og teknologi for oppdrett av laks, men også nye arter. Dette fører til at næringen har opprettholdt en signifikant vekst gjennom årene. I følge Statistisk sentralbyrå(SSB) ble det produsert hele 1,3 millioner tonn laks i 2017 til en førstehåndsverdi på cirka 61 milliarder kroner (1). Dermed er biomassen mer enn dobbelt så stor som i 2007 (figur 1). Med den enorme veksten utvikler nye problemer seg like raskt.

Solgt mengde og førstehåndsverdi av laks



\* Foreløpige tall

Kilde: Akvakultur, Statistisk sentralbyrå.

**Figur 1:** Solgt mengde og førstehåndsverdi av laks.

Lakselus har blitt en av de største utfordringene for videre bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen. En studie fra 2017 viser at lakselusen påvirker villaksen mer enn antatt. For det første skaper lusen skader på smolt av villaks som skal ut i havbeite for første gang. Smolten er så liten at noen få lakselus rundt gjellelokkene og på resten av kroppen kan gjøre stor skade. Om ikke blodtap tar knekken på fisken er det stor sannsynlighet for at infeksjoner i sårene fører til sykdom og død (2). For det andre er lakselusen en økonomisk påkjenning for havbruksnæringen. Lakselusen kostet næringen ca. fem milliarder kroner i 2017 (3). Majoriteten av denne summen kan knyttes til alle avlsuningstiltakene som settes igang for å få bukt med problemet (4). Oppdrettsanleggene bidrar til gode vekstforhold for

lakselusbestanden da lakselusen har ubegrensede mengder verter tilgjengelig i konsentrerte mengder. Dette, sammen med bekymringen for villaksen har ført til at myndigheten har sett seg nødt til å innføre grenser for hvor mye lus som kan være i et anlegg. 0,5 kjønnsmoden lus per fisk er grensen et anlegg til enhver tid skal ligge under. I perioden om våren når villaksen skal ut i havet for å beite er lusegrensen enda lavere (5).

I lang tid er det blitt brukt kjemiske avlusningsmidler for å holde lusebestanden nede. De siste årene har effekten av disse blitt redusert (6). En høy reproduksjon på 3-5 generasjoner lakselus i året og høy grad av utveksling av individer over store geografiske avstander resulterer i en stor genetisk diversitet (Vedlegg 1). Jo større diversiteten blir jo større sannsynlighet er det for at enkelte individer kan overleve de lusedrepende kjemikaliene. Disse individene får da reproducere seg videre. Dette gjør lakselusbestanden istand til å raskt utvikle resistens mot kjemikaliene brukt i bekjempelsen (Vedlegg 1).

Enten nedsatt følsomhet mot stoffet eller absolutt resistens. Faktisk er enkelte populasjoner blitt resistent mot to eller tre forskjellige kjemikalier (6). De siste årene har derfor bruken av rensefisk til å spise lus av laksen blitt implementert i de fleste anlegg. Dette er en preventiv måte hvor en bruker arter som rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) og leppefisk som berggylte (*Labrus bergylta*), grønngylt (*Symphodus melops*) og bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) til å holde lusebestanden nede ved beiting (4). I følge FHF er all rensefisk en visuell jeger som benytter synet til å lokalisere lakselusen på laksen (7).

Bruken av rensefisk har lenge vært ansett som en god metode for å kontrollere lakselus, men enkelte antyder at lakselusen i økende grad blir lysere med mindre pigmentering (8). Denne lusen antas å ha en fordel fremfor de mørkere lakselusene når rensefisken beiter. Den kan muligens lettere bli oversett av rensefisken og får økt overlevelse og dermed bedre mulighet til å formere seg videre. Dette kan føre til at effekten av rensefisk reduseres eller opphører. Skulle dette skje vil oppdrettsnæringen miste en viktig metode for kontroll av lakselus. Næringen har derfor behov for å tilegne seg mer kunnskap om mekanismene bak denne egenskapen til lusen (8).

Hvis denne nye egenskapen er arvbar og dermed etablerer seg i lakselusbestanden kan beitepresset fra rensefisken i merdene selektere for lysere, og også mindre, individer, hvis de

er mer usynlig for rensefisken. Hvis rensefisken bare beiter på den mørke lus, får den lysere lus bedre mulighet til å formere seg videre og stadig avle frem lysere generasjoner. Med andre ord er det ikke utenkelig at lakselusen kan bygge opp et forsvar mot rensefisk. Det er uvisst om det er rensefiskens beitemønster som leder til denne evolusjonen. Egenskapen kan også skyldes lusens direkte respons på miljøet den lever i og bakgrunnen den sitter på.

Med dette som utgangspunkt ønsket vi å undersøke fordelingen av lyse og mørke lakselus, samt kartlegge størrelsesforskjeller, i anlegg med og uten rensefisk. Vi ønsket å fokusere på om lusens lyshet var avhengig av beitepress fra rensefisk eller om lyshet kunne reguleres ut fra miljø og bakgrunn og derfor ikke hadde noe med rensefisken å gjøre. Utfra dette har vi valgt følgende problemstilling.

### **1.1 Problemstilling**

Oppgavens problemstilling er formulert slik;

*Er det farge og størrelsesforskjell på lakselus i anlegg med og uten rensefisk?*

### **1.2 Hypotese**

For å besvare oppgavens problemstillingen skal vi teste tre hypoteser.

1. Det er en større andel av lyse lakselus i anlegg med rensefisk grunnet beitepress.
2. Fargeforskjellen mellom ulike lakselus skyldes lusens evne til skifte farge og lyshet etter miljøet den oppholder seg i.
3. Lusene vil være mindre i anlegg med rensefisk grunnet at en større lus blir lettere oppdaget og foretrukket av rensefisken.

## 2 Teori

Lakselus er en parasitt som livnærer seg på skinn, slim og blod hos laksefisk og skaper store velferdsmessige og økonomiske problemer i oppdrettsnæringen (9). I tillegg til dette kan lakselusen skape problemer for de naturlige bestandene av laks og ørret. Det var først mot slutten av 90-tallet at det ble innført flere metoder for å forsøke å begrense og å holde bestanden i sjakk. Luseforskriften har som hensikt *“å redusere forekomsten av lakselus slik at skadevirkningene på fisk i akvakulturanlegg og viltlevende bestander av laksefisk minimaliseres, samt redusere og bekjempe resistensutvikling hos lakselus”*. Denne forskriften forklarer hvordan oppdrettsanleggene skal forholde seg til kontrollering av lakselus, ved blant annet lusetelling. Det er myndighetene som har det overordnede ansvaret for oppfølging av lovverket i luseforskriften (10).

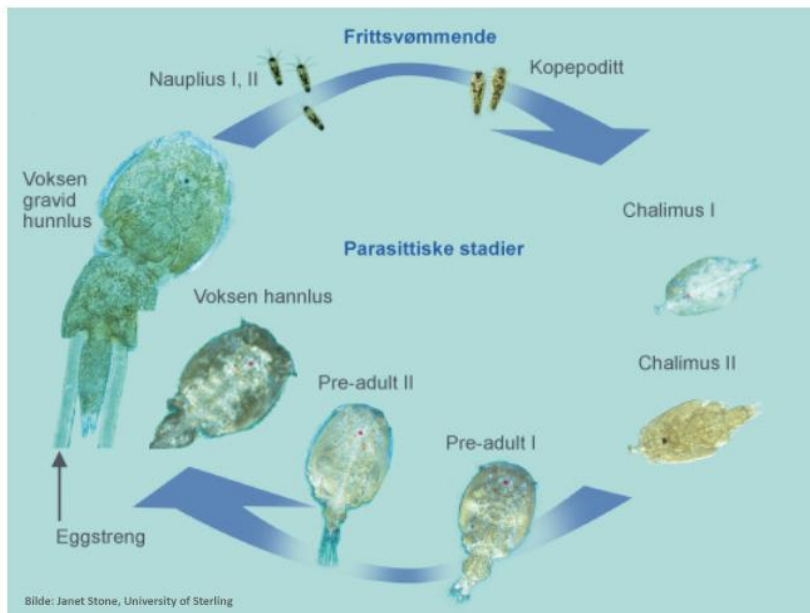
### 2.2 Lakselusens livssyklus og morfologi

Lakselusen er avhengig av en vert for å kunne reprodusere seg (11). Parasitten er spesielt tilpasset for å leve og formere seg på laksefisk. Generasjonstiden til lusen avhenger av temperatur i vannet. Normalt vil det ta mellom 3 uker og to måneder fra en naupliuslarve er ferdig utviklet og kjønnsmoden. Ved en temperatur på 15 grader vil livssyklusen ta en måned, mens det vil ta over 100 dager ved temperaturer under 7 grader. Livssyklusen til lakselusen består av 8 stadier med skallskifte. De to første stadiene er planktonstadier hvor naupliuslarvene beveger seg fritt med vannstrømmene. Deretter utvikles larven til en copepoditt etter 130 døgngrader. På dette stadiet er unglusen avhengig av å finne en vert. Det er derfor på dette stadiet lusen festes til laksen og blir fastsittende i løpet av de to neste stadene; chalimus 1 og 2. Før lusen blir kjønnsmoden og voksen, er den nødt til å gå igjennom to pre-adult faser. Alle de tre siste fasene er bevegelige stadier. Etter det syvende skallskifte er lusen voksen og hunnlusen begynner å produsere egg i sine eggstrenger (Figur 2). Kjønnsmoden hunnlus har 2 eggstrenger som kan bære flere hundre egg. Lusen har også mulighet til å produsere flere eggstrenger gjennom sitt liv (12).

Heuch et al. (2001) tok for seg sammenheng mellom lengde på kjønnsmoden lakselus og temperatur, samt lengde på eggstrenger og temperatur. Resultatene beviste at hunnlus



oppvokst i høyere temperaturer var mindre i størrelse enn lus vokst opp i lavere temperaturer (13).



**Figur 2:** Laxselusens livssyklus. Bilde: Janet Stone, University of Sterling (12).

Vaksine produsenten, Pharmaq (14) har konstruert en registrerings manual for lusetelling på oppdrettsanlegg. For å identifisere lusen som oppdages under telling brukes en bestemmelsesnøkkel. Her deler de laxselusen inn i 3 grupper. Påslag stadiet, fastsittende og bevegelige stadier. Innen hver kategori har de undergrupper etter hvilket biologisk stadiet lusen er (figur 3).

	Copepoditt	Chalimus I	Chalimus II	Preadult hann	Preadult hunn	Voksen hann	Voksen hunn uten eggstreng
<b>Påslag</b>	0,7 mm	0,7-1,3 mm	2,0-2,3 mm	2,9-4,3 mm	3,6-5,2 mm	5-6 mm	8-12 mm
<b>Fastsittende</b>		0,7-1,3 mm	2,0-2,3 mm				
<b>Bevegelige</b>	0,7 mm			2,9-4,3 mm	3,6-5,2 mm	5-6 mm	8-12 mm
Størrelser 1:1							

**Figur 3:** Bestemmelsesnøkkel laxselus.

Bildene i figur 3 er i målestokk 1:1. På den måten er det størrelse i millimeter og utseende som brukes for å identifisere lusens stadiet (15).

Bron et al. (2016) tar for seg en detaljert beskrivelse av morfologien til chalimus 2-stadiet hos lakselus (16). Tidligere studier av Bresciani (1986) og Boxshall (1992) indikerer at kutikula hos copepoder har likhetstrekk med andre skalldyr. Generelt består oppbyggingen til copepoders kutikula av 3 lag; epikutikula, prokutikula og epidermis (16).

Epikutikula-laget består av en hårete ytterdel etterfulgt av fire underlag (16). Disse lagene brer seg fra 80-120 nanometer. Under disse epikutikula-lagene, finner en det ytre prokutikula-laget etterfulgt av det indre prokutikula-laget. Det indre og ytre prokutikula-laget omfatter den største delen av kutikulen på 2,4 mikrometer. Epidermis er det innerste laget i kutikula, og består hovedsakelig av celler som er separert fra prokutikula-laget. Dette laget har overflod av mitokondrier og ER (endoplasmatisk retikulum) og en del frie ribosomer, og kan generelt betegnes som et område med høy aktivitet. I tillegg til disse organellene finner en også en del vesikler (16). Pigmentering hos mennesker forekommer som melaninproduksjon av melanocytter (pigmentceller) (17). Som presentert av Lars Are Hambre ved Frisk Fisk-konferansen 2019, forekommer melaninproduksjon på lik måte hos lakselus.

### **2.3 Avlusningmetoder (rensefisk)**

Det finnes en rekke forskjellige avlusningsmetoder som går under kategoriene; mekanisk avlusning, termisk avlusning, biologisk avlusning og medikamentell avlusning.

Resistensutvikling med medikamentelle metoder er et stort problem tilknyttet behandling av lakselus, noe som har åpnet veien for biologisk avlusning. Rensefisk blir regnet som effektiv avlusningsmetode som er skånsom for laksen. De mest benyttede rensefiskartene er rognkjeks og ulike arter av leppefisk, hovedsakelig berggyllt, rødnebb og bergnebb (4). Rognkjeks blir oppdrettet i egne anlegg, mens leppefisken som benyttes hovedsakelig er villfanget.

Rensefisk i oppdrettsanlegg ble først tatt i bruk mot slutten av 1980-tallet (4). Siden da har antall rensefisk økt betraktelig ettersom etterspørselen er stor. I 2017 ble det benyttet over 50 millioner rensefisk med en verdi på over en milliard kroner (Vedlegg 2). Oppdrettsmerder har vanligvis en innblandingsprosent av rensefisk på 5-15 % (4). Merdene inneholder spesialtilpassede skjul som rensefisken kan oppholde seg i nærheten av og suge seg fast til. Disse skjulene har også som hensikt å fungere som rensestasjoner der laksen svømmer inn slik at rensefisken kan spise lakselusen fra overflaten på laksen. Det er også viktig at rensefisken har nok tilgang til spesialtilpasset fôr slik at rensefisken trives.

Mange faktorer påvirker effektiviteten til rensefisk. De aller viktigste er sykdom, trivsel, vannstrøm og temperatur i sjøen (4). Berggylten er ofte kresen på maten, og sliter med skader som ytre slitasje og deformasjoner i skjelettet. Rognkjeks har en relativt enkel produksjonslinje, spiser det meste den kommer over, men er lett mottakelig for sykdom. Det har også blitt observert tilfeller hvor rognkjeks viser aggressivitet og at interessen for laks har avtatt etter tid (18). Leppesfisk har vist seg å være mindre effektiv ved lavere sjøtemperatur. Rognkjeks derimot er mer effektiv på lavere temperaturer, og lite effektiv på sommeren og ved høyere temperaturer (4).

#### **2.4 Mulighet til fargeskifte hos marine krepsdyr**

Det ble brukt mye tid på å finne relevante artikler som omhandlet pigmenteringsendring og kamuflasjeegenskaper hos skalldyr. Duarte et al (2018) har beskrevet evnen til kamuflasje og fargeforandring hos en polyform reke av arten *Hippolyte obliquimanus* (19). Reken kan kamuflere seg i forhold til omgivelsene for å minske sannsynligheten for å bli spist ved høyt predasjonspress. Fargeforandring hos arter gir mulighet for kamuflasje, og forskningen vil kunne knyttes opp mot våre hypoteser som skal undersøkes om fargeforskjellen hos lakselus er miljøstyrt egenskap. Langsommere morfologiske endringer, gjerne over dager, uker eller måneder er mulig.

Stevens et al (2013) har beskrevet fargeforandring og kamuflasje hos krabbearten *Ocypode ceratophthalmus* (20). Det har blitt forsket på arter som kun bruker få sekunder på å skifte farge. Tidligere rapporter viser at flere krepsdyr skifter farge over etter flere minutter, timer eller dager, som for eksempel rekearten *Hippolyte varians*. Denne reken har mulighet til å kamuflere seg til omgivelsene i løpet av en tidsperiode på noen dager til uker. Noen typer krabber har forskjellige farger på skallet fra dag og natt, og flere arter kamuflerer seg fra predatorer som fugler. I studien viste det seg at de fleste krabbeartene ble mørkere om dagen og lysere på natten, som et resultat av spredning og sammentrekning av svarte og hvite kromoforiske pigmenter.

### 3 Metode og materiale

For å kunne svare på problemstillingen krevdes det informasjonsinnhenting. De tre forskjellige hypotesene krevde ulik type tilnærming og dermed data som skulle samles inn for å belyse problemstillingen. Det blir derfor i denne oppgaven delt inn i tre ulike deler med metode og materiale. En del for hver hypotese med egne avsnitt om materiale og metode.

#### 3.1 Forsøkslokaliteter

Det ble samlet inn lakselus fra tre områder i forskjellige fjordsystemer.

##### 3.1.1 Indre Storfjorden

Seks oppdrettslokaliteter er registrert i dette området, alle eid av Hofseth Aqua. Tre av disse lokalitetene er per dags dato brakklagt (figur 4). Ingen av disse anleggene benytter seg av rensefisk. Det nærmeste anlegget som benytter seg av rensefisk er Salmar sitt stamfiskanlegg på Gudmundset. Dette anlegget har så langt i 2019 satt ut over 24 000 rognkjeks i sine merder (21).



**Figur 4:** Geografisk fremstilling av oppdrettslokasjoner i Storfjorden. Lokasjoner markert med et rødt kryss er per dags dato brakklagt. Lokasjoner markert med grønn ring benytter rensefisk, mens lokasjoner markert med rød ring benytter seg ikke av rensefisk (21).

Google Earth presentasjon av Hofseth Aqua sitt anlegg på Vindsneset. Anlegget har en total kapasitet på 3120 tonn og består av 10 merder i stålramme. På figur 5 er det markert to merder plassert sentralt i anlegget, med en landgang på tvers av alle merdene. Fra disse merdene ble det hentet totalt 50 lakselus.



**Figur 5:** Satelittbilde av oppdrettsanlegget Vindsneset (22).

### 3.1.2 Romsdalsfjorden

I Romsdalsfjorden rundt oppdrettslokaliteten Furneset er det mange nærliggende oppdrettsanlegg. Vi finner totalt 6 aktive oppdrettsanlegg. Furneset, Gjermundnes, Lybergsvika, Myrane, Setervika og Setervika N. I tillegg til disse finnes det 3 brakklagte anlegg; Skarbukta, Seterneset og Juvika. En geografisk fremstilling av anleggene i Romsdalsfjorden er vist i figur 6.



**Figur 6:** Geografisk fremstilling av oppdrettslokasjoner i Romsdalsfjorden. Lokasjoner markert med et rødt kryss er per dags dato brakklagt. Lokasjoner markert med grønn ring benytter rensefisk, mens lokasjoner markert med rød ring har ikke rensefisk (21).

Salmar sitt anlegg på Furneset har en total produksjon på 4680 tonn og består totalt av 12 merder, men per dags dato er ikke alle i drift (figur 7). NTNU har FOU-konsesjon på anlegget som vi benyttet. Det er markert 2 merder på bildet der lakselusen ble hentet. Merdene er plassert nord i anlegget.

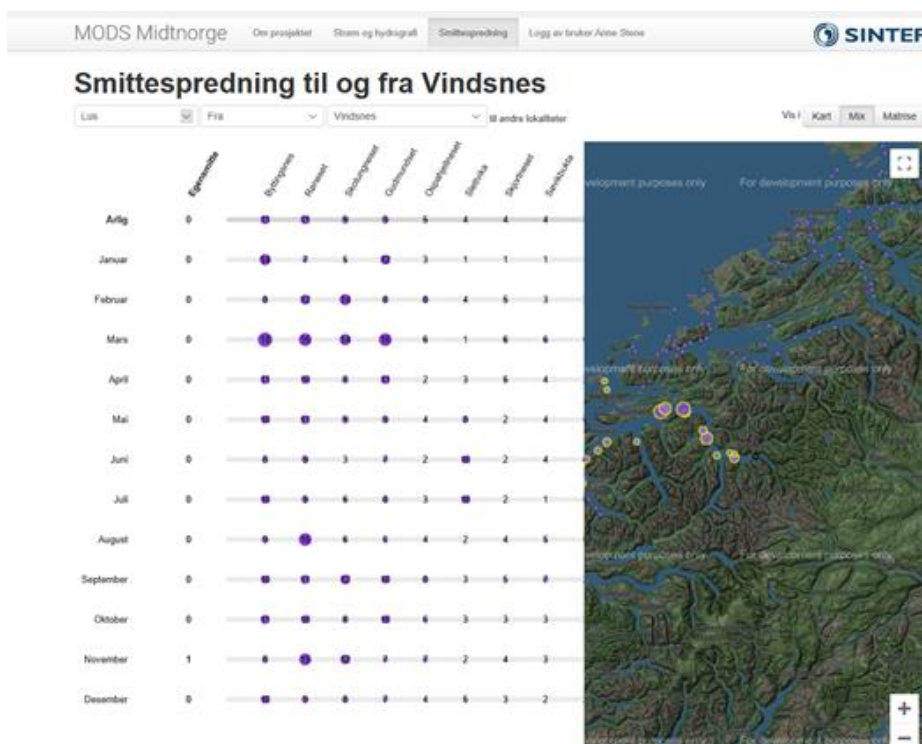


**Figur 7:** Satelittbilde av oppdrettsanlegget Furneset (22).

### 3.1.3 Smittespredning og salinitetsforhold

En interessant detalj kan være å se på strømforhold i de forskjellige fjordsystemene for å undersøke mulig smittespredning av lakselus mellom anleggene. Strømkartleggingsprosjektet til SINTEF: MODS Midt Norge (23) har kartlagt strøm, hydrografi og smittespredning i områdene vi undersøkte (2009). Prosjektet inneholder flere modelleringer som beskriver strømforholdene i fjordsystemer og smittespredningen mellom anleggene.

Indre Storfjorden er et relativt smalt fjordsystem, spesielt sammenlignet med Romsdalsfjorden, og Vindsneset befinner seg innerst i denne fjorden. Modellen som beskriver smittespredningen fra Vindsneset til de nærliggende anleggene viser høyest spredning til de nærmeste anleggene i indre Storfjord, men en kan også se smittespredning helt til Gudmundset (figur 8). Dette skyldes at vannstrømmen brer seg utover fjorden i de øverste vannlagene. Ettersom det er en del elveutløp innerst i Storfjorden kan brakkvannet kan skape ugunstige forhold for lakselus på Vindsneset. Det viser seg at strømforholdene på 10 meters dybde beveger seg innover i fjorden, noe som drar med seg saltvann og muligens nauplius-larver og øker salinitetsnivået i området rundt Vindsneset.

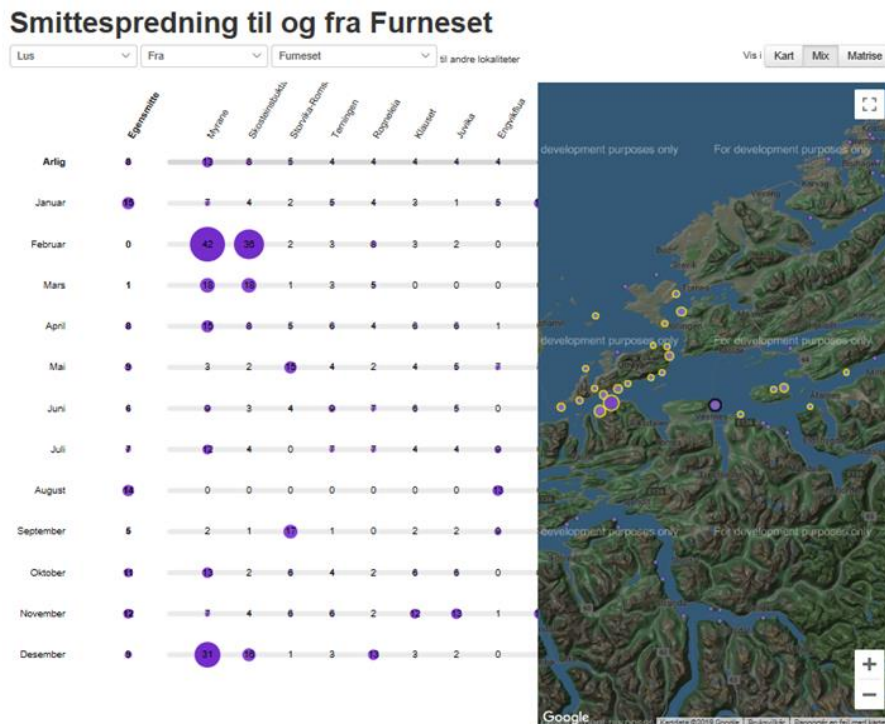


**Figur 8:** Modell fra MODS Midt Norge (23) som viser graden av smittespredning fra Vindsneset til nærliggende anlegg i perioden januar-desember 2009.

Lokaliteten Furneset blir betegnet som en nøkkellokalitet for smittespredning i følge Anne Stene som har deltatt i MODS-prosjektet. Lokaliteten ligger noenlunde for seg selv, men med flere elveutløp i nærheten og strømforhold som brer seg i ulike retninger i forhold til årstid. Dette kan en også se igjen i smittespredningsdiagrammet fra Furneset (figur 9). Det er blitt



modellert lakselus fra Furneset på flere oppdrettsanlegg i Romsdalsfjorden. Det har vært spesielt høy smittespredning til Myrane og Skosteinsbukta.



**Figur 9:** Modell fra MODS Midt Norge (23) som viser graden av smittespredning fra Furneset til nærliggende anlegg i perioden januar-desember 2009.

### 3.2 Måling av forskjell farge og lyshet

#### 3.2.1 Utvikling av fotosystemet

Dette forsøket la grunnlag for å avkrefte- eller bekrefte hypotese nummer 1 i del 1.2 av oppgaven. I og med at det var lite publisert forskning rundt vår problemstilling var det nødvendig å forhøre seg med eksperter innen bilde og fargeanalyse for å komme fram til en metode som vil gi det mest tilfredsstillende resultatet. For å utvikle et verktøy til å analysere lakselusens farge bisto universitetslektor ved NTNU Ålesund, Stig Atle Tuene. Han har lang erfaring med fotografering av lus og andre marine organismer (24). For å utvikle den beste analysemetodikken for lakselusens farge bisto professor ved NTNU Gjøvik, Jon Yngve Hardeberg med doktorgrad i signal- og bildebehandling i tillegg til å være tilknyttet Fargelaboratoriet i Norge (25). Etter en totalvurdering av samtaler med fagkyndige samt



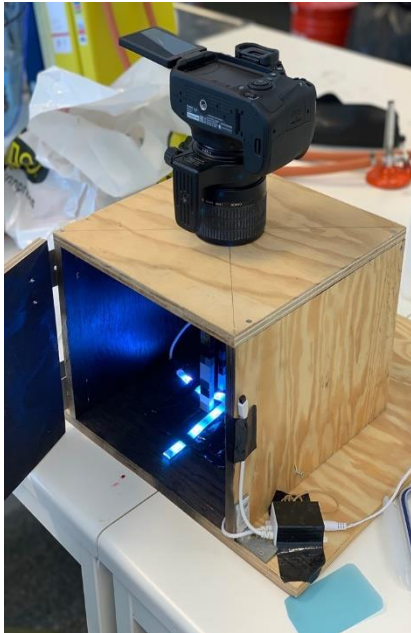
prøving og feiling med forskjellige metoder, ble det bestemt å lage en egenprodusert fotoboks. Hensikten til boksen var å få de samme lysforholdene hver gang vi tok bilder av lus. Om en kan sikre seg standardisert lysforhold for hvert bilde en tar til analysen, er risikoen for uforklarlige variasjoner og feiltolking lavere.

Fotoboksen ble laget av kryssfinerplater på 1,2 mm tykkelse (figur 10). De ble skrudd sammen til en kube med interne mål på 25 cm \* 25 cm \* 20 cm. Nøyaktige kutt av platene og bruken av skruer utelukket all lyslekkasje. På toppen av boksen ble det utskjært ett hull på 7 cm i diameter. Hullet ble utskjært til en slik dimensjon at kameraets linse kunne plasseres gjennom og uten at lys utenfra ble sluppet inn. Dette fordi justeringshjulet på kameraet dekket det som skulle være av glippe. Innvendig ble boksen spraylakkert med matt-svart lakk for å unngå gjenskinns fra lyskildene som ble monterte inni boksen. For valg av lyskilde var det viktig å finne et nøytralt lys. Dette for å gi så naturlige farger på det som skal fotograferes som mulig. Dette fører til at analysering av verdiene som fremkommer under måling blir mer realistiske. Det ble derfor valgt å bruke RGB(rød, grønn,blå)-lys strips (26). Lysene ble testet ut under fotografering for å undersøke om de gav relativt lik fargegjengiving av lusen som dagslys. Resultatet var tilfredsstillende. Kameraet som ble brukt gjennom oppgaven var et Canon EOS 80 D med mp-e 65mm f/2.8 1-5x macro linse. Kamerainnstillingene ble valgt for å få så realistisk fargegjengivning som mulig. Det var også viktig at så mye av lusens kropp som mulig var i fokus. Hobbyfotografen, Finn Refsnes, ved Atlanterhavsparken Ålesund bidro til å optimalisere kamerainnstillingene for fotograferingen (tabell 1). Refsnes var en nøkkelperson i denne delen av oppgaven da han har en lang erfaring med makrofotografering av marint dyreliv.

Kamerainnstillingene som ble brukt under fotograferingen var som følger;

**Tabell 1:** Kamerainnstillinger for makrofotografering av lakselus.

Kamerainnstillinger	
Lukkertid	0,5 Sekund
Blenderåpning	16
ISO	100
Brennvidde	65 mm



**Figur 10:** Fotoboksoppsett.

### 3.2.2 Innhenting av data

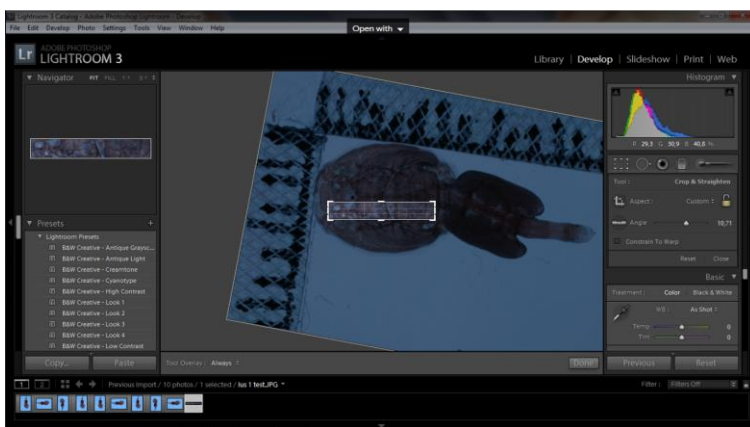
Den første lokaliteten som ble undersøkt var Vindsneset. Undersøkelsen fant sted 28.02.2019. Ved ankomst på Vindsneset ble fotoboksen og kameraet rigget opp i flåtens kjøkkenområde. Denne dagen foregikk det veiging og måling av lengde på fisken i de ulike merdene. Da fisken ble løftet opp på vekten ble den inspisert og rensket skånsomt for lus med plastskraper på størrelse med visittkort. Lusen ble plassert i en plastbeholder på 1400 ml med sjøvann. Lusen ble så fraktet til kameraboksen og fotografert fortløpende. Det ble fotografert 50 lus i både bevegelige- og kjønnsmodne stadier. Bildene ble så lagret på en ekstern harddisk for videre bildebehandling og analyse. Utstyret som ble benyttet ble grundig vasket og desinfisert med Antibac for å unngå smittefare mellom anleggene.

Den andre lokasjonen som ble undersøkt var Furneset. Undersøkelsen fant sted 11.03.2019. Ved ankomst på Furneset ble fotoboksen og kameraet rigget opp. Denne dagen var det lusetelling på anlegget. Fisken ble derfor fanget med en orkastnot og håvet for hånd over i lusetellingskar med bedøvelsesmiddel. Karene var plassert på arbeidsbåten. Røktete telte lusen før den deretter ble skrapet av med plastskraper som ble brukt på Vindsneset. Lusen ble så plassert i en plastbeholder på 1400 ml med sjøvann og fraktet til kameraboksen og fotografert fortløpende. Det ble fotografert 50 lus i både bevegelige- og kjønnsmodne stadier.

Bildene ble lagret på den samme eksterne harddisk som bildene fra Vindsneset. Utstyret som ble benyttet ble igjen grundig vasket og desinfisert med Antibac for å unngå smittefare mellom anleggene. En oversiktlig tabell over materialvalg til dette forsøket er vist i Vedlegg 3

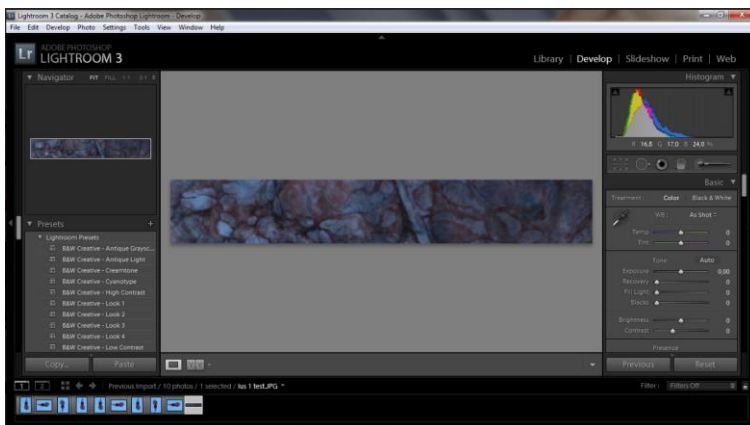
### 3.2.3 Analysering av data

For hvert bilde som ble tatt av lus på de to undersøkte anleggene, ble det definert et standardisert område av lusens ryggskjold (figur 11).



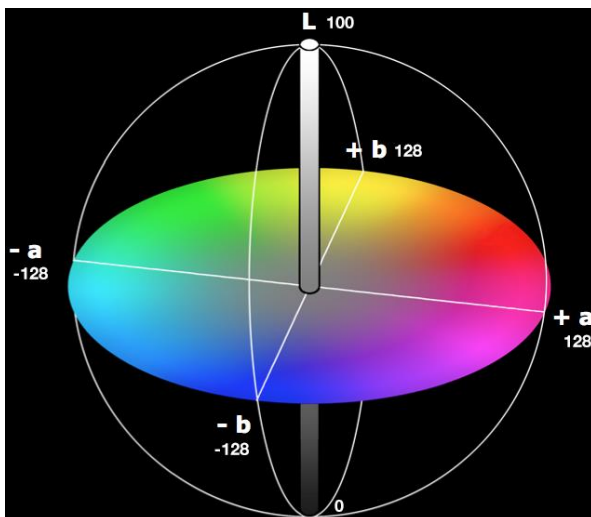
**Figur 11:** Utklipp av ryggskjold på lus (Lightroom).

Et rektangulært utsnitt ble klippet til på venstre side av lusens øye og tarm, fra skjoldets fremste punkt til bakerste punkt. Bredden på utsnittet ble så strukket så langt mot venstre som mulig uten å få med pixler av bakgrunnen (figur 12). Utsnittene ble fremstilt i redigeringsprogrammet, Lightroom.



**Figur 12:** Utklipp av ryggskjold på lus (Lightroom).

Deretter ble utklippene analysert i det nettbaserte programmet Colorcodepicker (27). Via nettsiden ble det oppgitt hvilke sRGB-verdier uklipset hadde i gjennomsnitt. Videre ble disse sRGB-verdiene overført til nettsiden; <http://www.easyrgb.com/en/convert.php> (28), som kalkulerte disse verdiene til CIE XYZ-fargespekter, for å så kalkulere disse verdiene til CIELAB spekter (Vedlegg 4). Årsaken til at dette ble gjort var at sRGB spekteret brukes til multimedia applikasjoner, mens CIELAB spekteret er bedre å bruke for å differensiere farge og lyshet i bilder ved gjentatte forsøk under samme lysforhold (29) (30). CIELAB består av 3 forskjellige dimensjoner der  $L^*$  måler oppfattet lyshet,  $A^*$  strekker seg fra rød til grønn og  $B^*$  strekker seg fra gul til blå. Hver av disse dimensjonene måles i en skala fra 0-100 (31). Sammen blir disse tre dimensjonene kombinert til et 3-dimensjonalt fargespekter som bedre samsvarer med menneskets oppfatning av både farge og lys (figur 13). I denne fargeanalysen ble  $L^*$  verdien av CIELAB benyttet som et mål for å tallfeste hvor lys eller mørk en lus er.



**Figur 13:** Visuell fremstilling av CIELAB-tredimensjonal fargespekter (32).

Alle de 50 eksemplarene sine RGB- og LAB verdier ble plottet inn i et excel dokument. Lakselusen ble så delt inn i to kategorier; kjønnsmoden- og bevegelig lus. Deretter ble det regnet ut en gjennomsnittlig L-verdien til både de adulte og den bevegelige lusen. Til slutt ble det regnet ut en gjennomsnittlig L-verdi for alle lusene som ble fotografert på Vindsneset, Furneset og Gudmundset.

#### 3.2.4 T-test

En t-test er en statistisk hypotesetest basert på Students t-fordeling. Den brukes for å teste om gjennomsnittsverdien i et normalfordelt datasett er signifikant forskjellig fra en nullhypotese, om det er signifikant forskjell mellom gjennomsnittsverdiene i to datasett, eller om stigningstallet til en regresjonslinje er signifikant (33). I denne oppgaven ble den brukt til å undersøke om det var signifikant forskjell mellom lusen fra Furneset og Vindsneset. Det ble derfor utført en t-test via Excel sin forhåndsregrede formel. I denne testen ble signifikansnivået satt til 5 %.

#### 3.2.5 Reliabilitet av metode

For å måle reliabilitet av valgt metode var det nødvendig å finne ut hvor stor variasjon det var mellom hvert av utsnittene. De ble derfor tatt 20 bilder av en lus. Videre ble de tatt et standardisert utsnitt av hvert bilde. Disse utsnittene ble analysert med samme metode som ble beskrevet i 3.1. Etter å ha analysert bildene ble L-verdiene for hvert av de 20 bildene plottet inn i et Excel dokument for så å regne ut standardavviket. Gjennom den forhåndsregrede formelen i Excel 2016 ble standardavviket på utsnittene beregnet til 0,39%. Dette tyder på at det er lite spredning mellom de 20 bildene som igjen viser at valgt metode er presis og fungerer optimalt til forsøkene.

#### 3.2.6 Lusens farge i forhold til posisjon på laksen

På både Vindsneset og Furneset ble det foretatt en visuell feltanalyse for å dokumentere hvor på laksen den mørke- og den lyse lakselusen satt. Det ble delt inn i tre fargekategorier lus. Mørk, lys-mørk og lys. Under lusetellingen ble det notert i et skjema om lusen var plassert på ryggpartiet, langs siden eller i buken av laksen. Skjemaet inneholdt også en fargepalett for hver av de tre fargekategoriene. Denne ble brukt for å bestemme lakselusens farge. Vedlegg 5 illustrerer skjemaet som ble brukt under feltanalysen. Illustrasjonen av laksen er presentert i Vedlegg 6 og illustrerer hvordan de ulike sonene på laksen er delt inn. Til slutt ble det gjennomført en kjikvadrattest for å undersøke om de tre fargekategoriene av lakselus fordelte seg jevnt på laksen eller prefererte ryggen, siden, eller buken.

### 3.2.7 Kjikkvadrattest

I en kjikkvadrattest sammenligner en observert verdi med forventet verdi. De er derfor nødvendig med en nullhypotese for å skape et antatt utfall som enten kan forkastes eller beholdes. Dersom kjikkvadratsummen overstiger alfa-kvantilet i kjikkvadratfordelingen med  $(k - 1)$  frihetsgrader forkastes nullhypotesen (33).

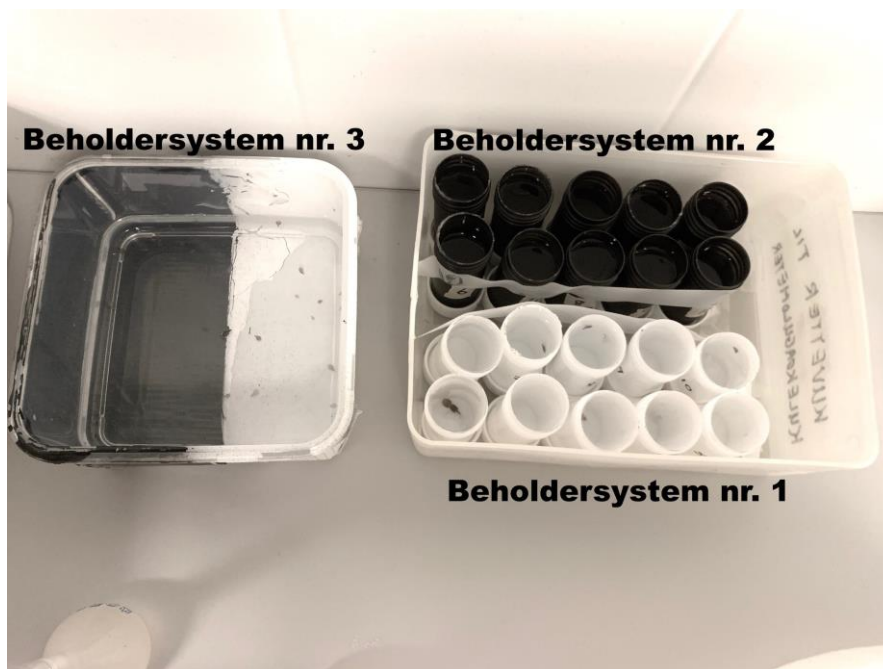
## 3.3 Undersøke lusens evne til å skifte farge

### 3.3.1 Utvikling av metode

Dette forsøket la grunnlag for å avkrefte- eller bekrefte hypotese nummer 2 om at lakselusen er i stand til å skifte farge avhengig av miljøet. Det ble utviklet et forsøksoppsett med utgangspunkt i den samme metoden for fotografering og analyse brukt i 3.1. Hensikten med denne undersøkelsen var å kartlegge om fargen til lakselusen ville endres over tid ved eksponering for bestemte omgivelser. Det var derfor viktig å kunne holde lakselusen i live under hele forsøket ved at den ble oppbevart i optimale omgivelser i NTNU Ålesund sitt kjølerom. Temperaturen på laboratoriet ligger konstant på 4 grader celsius og har konstante lysforhold.

### 3.3.2 Innhenting av data

50 eksemplarer med lakselus ble hentet fra Gudmundset stamfiskanlegg 08.04.2019. Individene ble plukket av under en lusetelling og plassert i en plastbeholder på 1400 ml med sjøvann. Beholderen ble så fraktet til NTNU Ålesund sitt laboratorium. Først ble 20 av de 50 individene fotografert som beskrevet del 3.2.2 av oppgaven. Her ble de klassifisert som kjønnsmoden eller bevegelig. De 50 lusene ble så fordelt enkeltvis utover 3 ulike beholdersystem ( figur 14).



**Figur 14:** Illustrasjon av de tre beholdersystemene brukt for å undersøke lusens fargeforandring og fargepreferanse.

I beholdersystem 1 ble 10 prøveglass på 30 ml fylt med saltvann hentet fra Atlanterhavsparken Ålesunds inntaksvann. Dette inntaksvannet er ufiltrert, hentet på 45 meters dyp og holder en temperatur ca. 6 grader. Yttersiden av glassene var farget helt hvit med hobbylakk. 10 av de 20 fotograferte lusene ble plassert enkeltvis i hver sin beholder. Etter fem dager ble lusene igjen fotografert for å undersøke om lusen hadde endret farge/lyshet etter omgivelsene.

I beholdersystem 2 ble 10 prøveglass på 30 ml fylt med saltvann hentet fra Atlanterhavsparken Ålesunds inntaksvann. Yttersiden av glassene ble farget helt svart med hobbylakk. 10 av de 20 fotograferte lusene ble plassert enkeltvis i hver sin beholder. Etter fem dager ble lusene igjen fotografert for å undersøke om lusen hadde endret farge/mørkhet etter omgivelsene. Forholdsvis lysere som en kamuflasje ettersom bakgrunnen er hvit.

I beholdersystem 3 ble en plastbeholder på 1400 ml fylt med saltvann fra Atlanterhavsparkens. Yttersiden av beholderen ble farget halvparten hvit og halvparten svart med hobbylakk. Vi lakkerte ikke innsiden av beholderen, da vi fryktet dette kunne påvirke lusene negativt. 30 av de 50 lusene ble plassert her. Over de fem dagene ble det én gang for dag telt, observert og tatt bilde av hvor stor andel av lakselusen som befant seg på den mørke

og hvite overflaten. Dag 4 ble lusen skubbet over til den siden hvor færrest lus befant seg etter bildetakingen. Dette for å undersøke om lusen ville forflytte seg til den siden av beholderen de egentlig satt. Deretter ble bildetakingen på dag 5 gjennomført slik som de andre dagene. Hensikten med denne delen av eksperimentet var å undersøke hvor høy andel av lakselusen som foretrakk en lyse- eller mørke omgivelser og kartlegge preferanse mønster. For å undersøke om eventuelle skjevfordelinger i lusens preferanse av bakgrunn var signifikant ble det gjennomført en kjikvadrattest. En oversiktlig tabell over materialvalg til dette forsøket er vist i vedlegg 7.

### *3.3.3 Analyse av data*

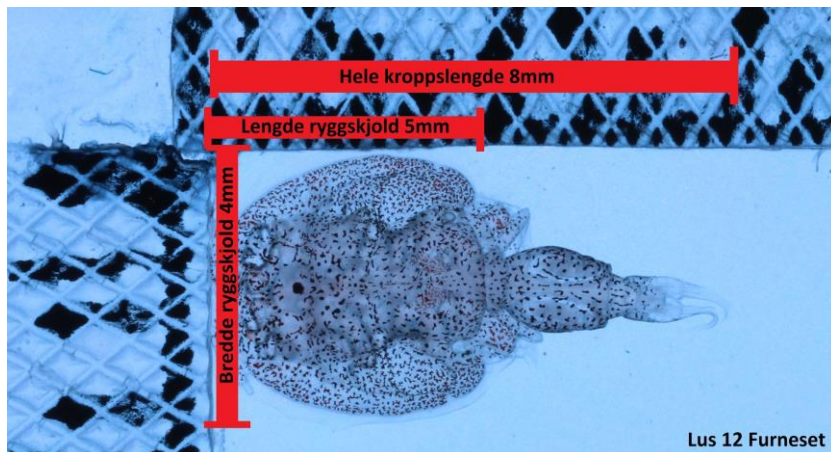
Bildene som ble tatt av de 20 individene i beholdersystem 1 og 2 ble på samme måte behandlet og analysert med de to ulike verktøyene, som i del 3.1 av oppgaven. De ble så sortert inn i før- og etter bilder. Før-bildene var de som ble tatt 08.04.19. Etter-bildene ble tatt 12.04.19. Bildene ble så analysert for å avdekke eventuelle forskjeller i L-verdiene på lusen før- og etter de ble plassert i de mørke- eller lyse omgivelsene.

## **3.4 Undersøke størrelsesforskjell på lus i anlegg med- og uten rensefisk**

### *3.4.1 Metoden*

Dette forsøket la grunnlag for å avkrefte- eller bekrefte hypotese nummer 3. For å kartlegge en eventuell størrelsesforskjell ble lusen inndelt i to ulike kategorier; kjønnsmoden- og bevegelig lus. På objektglasset der lusene ble fotografert ble det limt fast linjalbiter med millimetermål (Figur 15). På den måten kunne bildene fra Vindsneset og Furneset brukes for å avdekke eventuelle størrelsesforskjeller mellom lakselus i et anlegg med- og uten rensefisk. Målene som ble tatt var i ryggskjoldets lengde, ryggskjoldets bredde og den totale kroppslengden til lusen. Deretter ble det regnet ut gjennomsnittslengde på lengde ryggskjold, bredde ryggskjold og hel lengde lus på bevegelig og kjønnsmoden lus. Gjennomsnittslengden ble beregnet på Vindsneset og Furneset. En tabell over materialvalg til dette forsøket er vist i Vedlegg 8





**Figur 15:** Lengde- og breddemål av lakselus.

Til slutt ble det utført seks T-test analyser for å undersøke om det fantes signifikante størrelsesforskjeller mellom lakselusen på de to forsøkslokasjonene.

## 4 Resultat

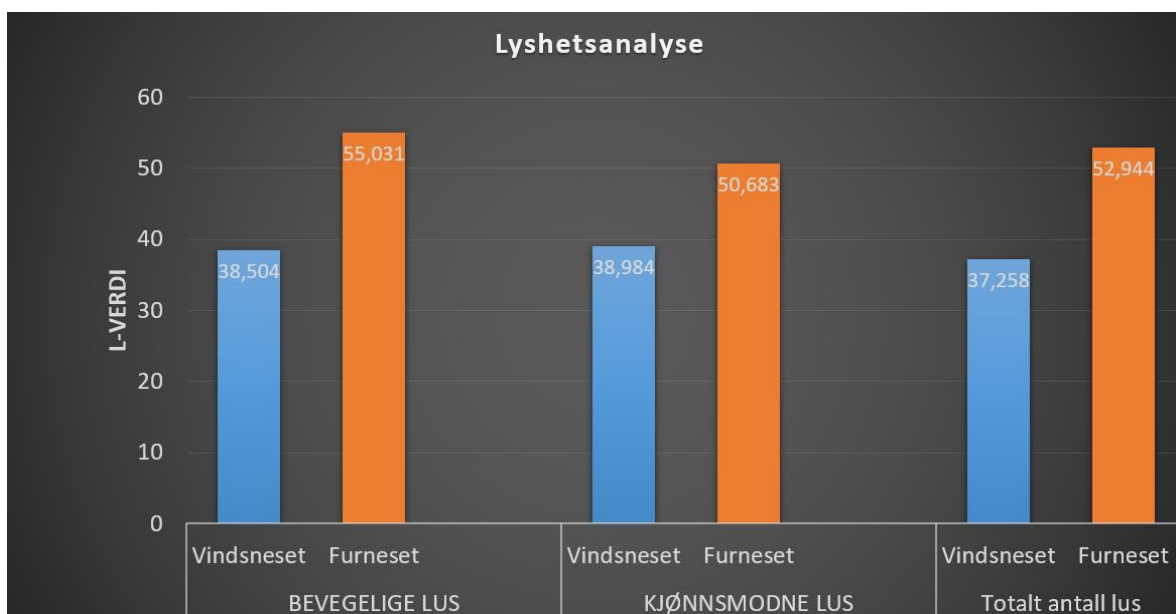
### 4.1 Måling av farge og lyshet

#### 4.1.1 Fargeforskjell på lakselus mellom anleggene

Figur 16 viser de gjennomsnittlige L-verdiene for bevegelige- og kjønnsmodne lus og de gjennomsnittlige L-verdiene for totalt antall lus fra Vindsneset og Furneset.

Resultatet viser en markant forskjell mellom Vindsneset og Furneset. Bevegelige lus fra Furneset har en L-verdi som er 30 % høyere enn lus fra Vindsneset. T-testen i vedlegg 9 viser en P-verdi  $<0,001$ . Antall lus (N) som var med i testen er lik 35. Kjønnsmoden lus fra Furneset har en L-verdi som er 24 % høyere enn lus fra Vindsneset. T-testen i vedlegg 10 viser en P-verdi  $<0,001$ . Antall lus (N) som var med i testen er lik 65. Totalt har lus fra Furneset ein L-verdi som er 30 % større enn lus fra Vindsneset. T-testen i vedlegg 11 viser en P-verdi  $<0,001$ . Antall lus (N) som var med i testen er lik 100. Alle testene viser en signifikant forskjell mellom L-verdien til lusene fra Furneset og Vindsneset.

På bakgrunn av dette resultatet kan Hypotese nummer 1 bekreftes. En fullstendig tabell over de analyserte dataene i dette forsøket er vist i Vedlegg 12 og Vedlegg 13.



**Figur 16:** L-verdi lakselus på Furneset og Vindsneset.

#### 4.1.2 Lakselusens posisjon på laksen

Tabell 2 viser fordelingen av mørk-, lys-mørk-, og lys lakselus på laksen under plukking av lakselus på Vindsneset til forsøket. Tilhørende kjikvadrattest (vedlegg 14) resulterte i at 0-hypotesen til kategori mørk og lys ikke kan forkastes. Den mørke og den lyse lusen er derfor fordelt jevnt utover laksen. 0-hypotesen til kategori lys-mørk kan derimot forkastes. Den lys-mørke lusen har en signifikant skjevfordeling på laksen.

**Tabell 2:** Lakselusens posisjon på laks fra Vindsneset.

Anlegg: Vindsneset			
Fargekategori	Antall lus	Plassering	Antall lus
Mørk	14	Ryggpartiet	8
		Siden	2
		Buken	4
Lys-mørk	24	Ryggpartiet	14
		Siden	4
		Buken	6
Lys	12	Ryggpartiet	3
		Siden	4
		Buken	5

Tabell 3 viser fordelingen av mørk-, lys-mørk-, og lys lakselus på laksen under plukking av lakselus på Furneset til forsøket. Tilhørende kjikvadrattest (vedlegg 15) resulterte i at 0-hypotesen til kategori mørk, lys-mørk og lys ikke kan forkastes. Den mørke, lyse og lys-mørke lusen er derfor fordelt jevnt utover laksen.

**Tabell 3:** Lakselusens posisjon på laks fra Furneset.

Anlegg: Furneset			
Fargekategori	Antall lus	Plassering	Antall lus
Mørk	0	Ryggpartiet	-
		Siden	-
		Buken	-
Lys-mørk	10	Ryggpartiet	6
		Siden	2
		Buken	2
Lys	40	Ryggpartiet	9
		Siden	17
		Buken	14

## 4.2 Undersøke lusens evne til å skifte farge

Lusens preferanse for bakgrunn og evne til fargeendring over tid ble undersøkt.

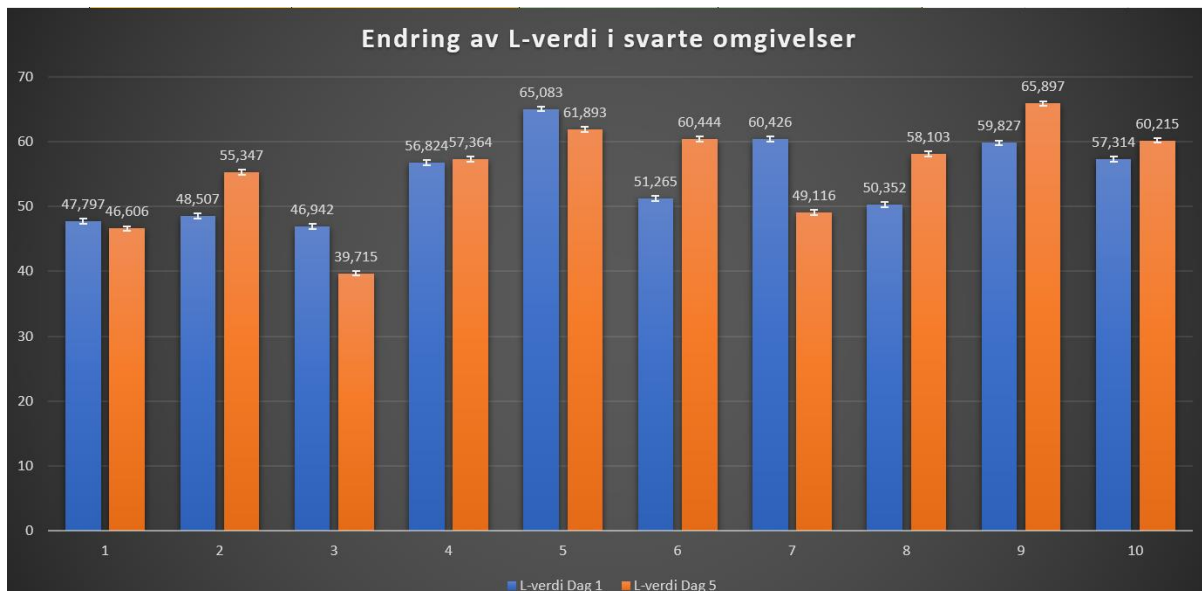
### 4.2.1 Lusene i svarte omgivelser

Tabell 4 viser de kalkulerte L-verdiene på de 10 lusene som var plassert enkeltvis i svarte beholdere, samt differansen mellom verdiene fra dag 1 til dag 5. Er differansen positiv har L-verdien steget og lusene blitt lysere. Er differansen negativ har den sunket og lusene har blitt mørkere.

**Tabell 4:** Lusenes endring i L-verdi over 5 dager i svarte omgivelser. Tabellen fremhever 4 lus som har blitt mørkere.

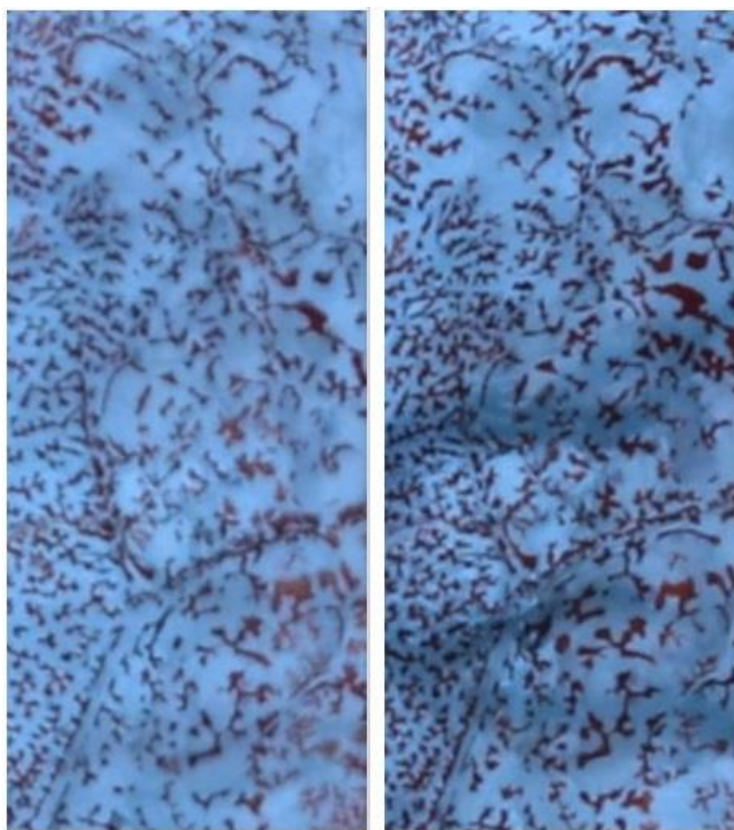
L-verdi Dag 1	L-verdi Dag 5	Differanse	Prosentvis differanse
47,797	46,606	-1,191	2,49
48,507	55,347	6,84	12,35
46,942	39,715	-7,227	15,39
56,824	57,364	0,54	0,94
65,083	61,893	-3,19	4,9
51,265	60,444	9,179	15,18
60,426	49,116	-11,31	18,17
50,352	58,103	7,751	13,34
59,827	65,897	6,07	9,21
57,314	60,215	2,901	4,81

Figur 17 viser L-verdiene på de 10 lusene som var plassert enkeltvis i svarte beholdere med differansen mellom verdiene fra dag 1 til dag 5 presentert i et stolpediagram. Standardavviket er representert i hver stolpe i hvite linjer. De blå stolpene representerer l-verdi på dag 1. De oransje stolpene representerer l-verdi på dag 5.



**Figur 17:** Endring av L-verdi i svarte omgivelser med standardavvik.

Figur 18 viser lus nummer 7 (vedlegg 16) i den svarte beholdere hvor pigmentcellene har utvidet seg. Dette resulterte i at lus nummer 7 fikk en lavere L-verdi og dermed en mørkere farge.



**Dag 1**  
**Lus 7**  
**Svart beholder**

**Dag 5**  
**Lus 7**  
**Svart beholder**

**Figur 18:** Fargeendring i pigmentceller til Lus 7 i svart beholder.

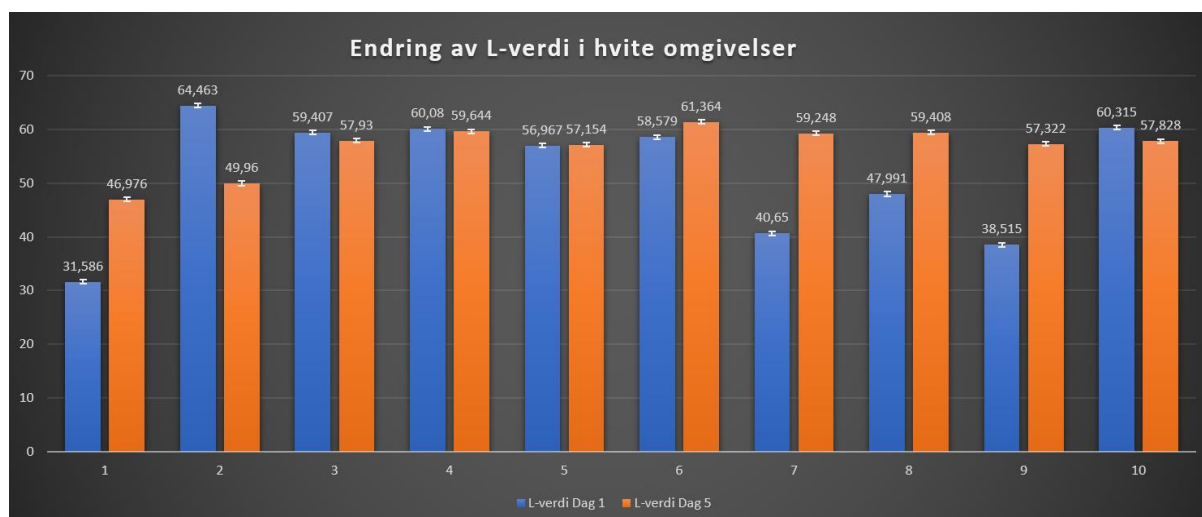
#### 4.2.2 Lusen i hvite omgivelser

Tabell 5 viser de kalkulerte L-verdiene på de 10 lusene samt differansen mellom verdiene fra dag 1 til dag 5. Er differansen positiv har L-verdien steget og lusen blitt lysere. Har den sunket er lusen blitt mørkere. En fullstendig tabell over de analyserte dataene i dette forsøket er vist i Vedlegg 16 og Vedlegg 17.

*Tabell 5: Lusenes endring i L-verdi over 5 dager i hvite omgivelser. Tabellen fremhever seks lus som har blitt lysere.*

L-verdi Dag 1	L-verdi Dag 5	Differanse	Prosentvis differanse
31,586	46,976	15,39	32,76
64,463	49,96	-14,503	22,49
59,407	57,93	-1,477	2,448
60,08	59,644	-0,436	0,72
56,967	57,154	0,187	0,32
58,579	61,364	2,785	4,53
40,65	59,248	18,598	31,39
47,991	59,408	11,417	19,21
38,515	57,322	18,807	32,8
60,315	57,828	-2,487	4,12

Figur 19 viser L-verdiene på de 10 lusene som var plassert enkeltvis i hvite beholdere med differansen mellom verdiene fra dag 1 til dag 5 presentert i et stolpediagram. Standardavviket er representert i hver stolpe i hvite linjer. De blå stolpene representerer l-verdi på dag 1. De oransje stolpene representerer l-verdi på dag 5.

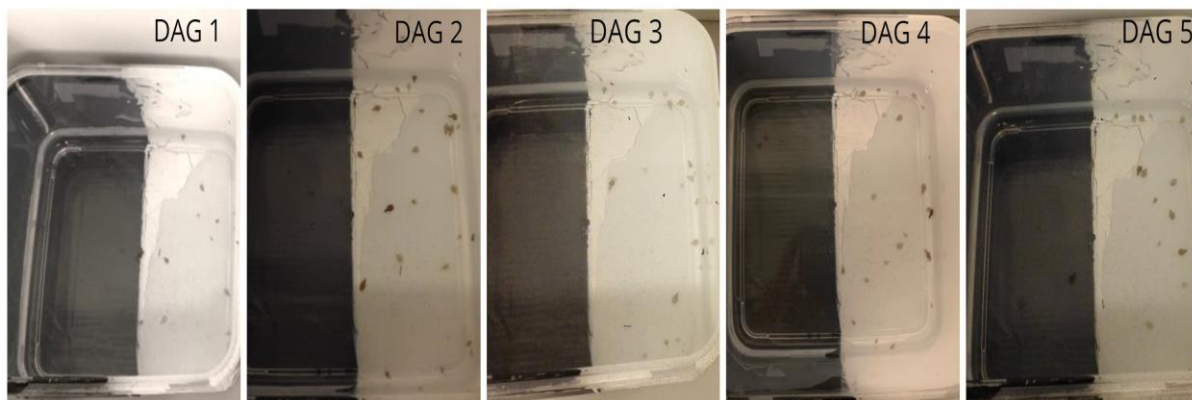


*Figur 19: Endring av L-verdi i hvite omgivelser med standardavvik.*

På bakgrunn av dette resultatet kan Hypotese nummer 2 bekreftes.

#### 4.2.3 Lusens preferanse for bakgrunn

Figur 20 viser fordelingen av 30 lakselus på den svarte og den hvite siden i beholdersystem 3 i løpet av de fem forsøksdagene. Det ble tatt ett bilde hver forsøksdag. Etter bildetaking dag 4 ble all lus på hvit bakgrunn flyttet over på svart bakgrunn. Det var flest lus på hvit side alle de fem dagene.



**Figur 20:** Lusens preferanse av bakgrunn over fem dager med høyest antall lus på hvit side.

Tabell 6 viser antall lus på svart og hvit side i løpet av de fem forsøksdagene. Kjikkvadrattesten ( Vedlegg 18) viser at dag 1 ikke har er signifikant skjevfordeling i lusens preferanse for bakgrunn. Den samme kjikkvadrattesten viser at de neste fire dagene har en signifikant skjevfordelinger i lusens preferanse for bakgrunn.

**Tabell 6:** Lusens posisjon på svart/hvit bakgrunn.

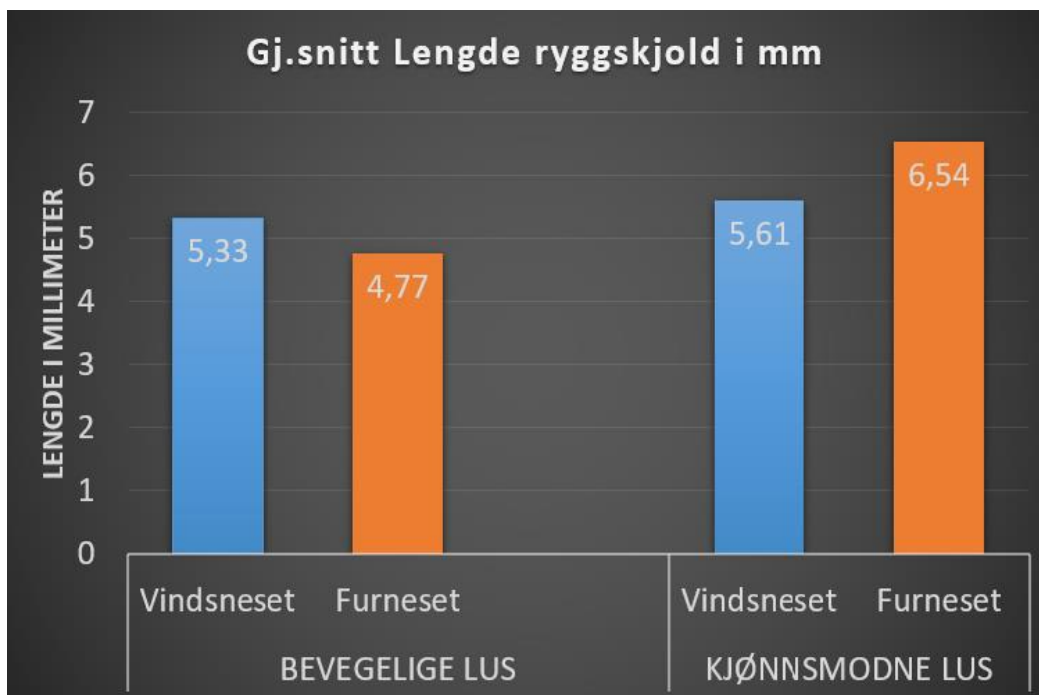
	Lus på hvit område	Lus på svart område
Dag 1	18	12
Dag 2	26	4
Dag 3	23	7
Dag 4	24	6
Dag 5	21	9



### 4.3 Størrelsesforskjell mellom lus i anlegg med- og uten rensefisk

#### 4.3.1 Lengde på ryggskjold

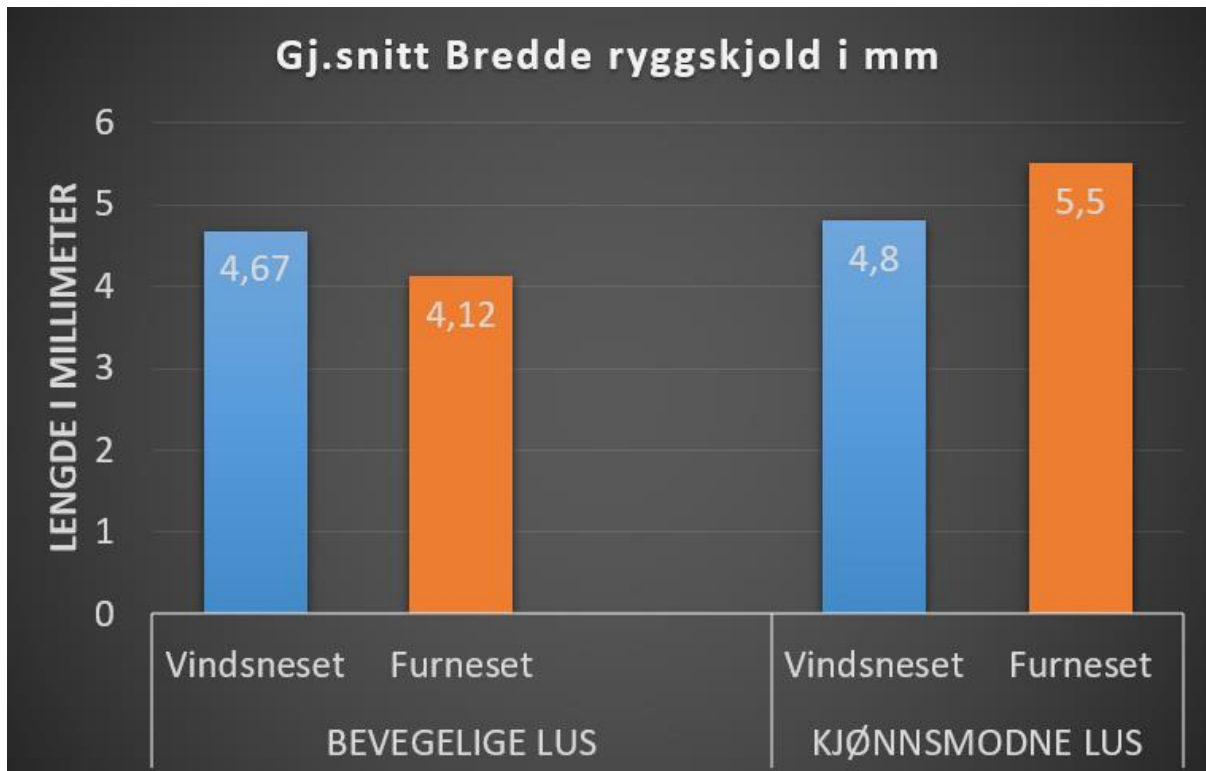
Figur 21 viser gjennomsnittlig lengde på ryggskjold på bevegelige og kjønnsmodne lus fra Vindsneset og Furneset. De bevegelige stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 11,74 % lengre ryggskjold på Vindsneset enn Furneset, men forskjellen er ikke signifikant (p-verdi = 0,09) (Vedlegg 19). De kjønnsmodne stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 16,58 % lengre ryggskjold på Furneset enn Vindsneset, og her er forskjellen signifikant (p-verdi < 0,001) (Vedlegg 20).



**Figur 21:** Lengde ryggskjold på Furneset og Vindsneset.

#### 4.3.2 Bredde på ryggskjold

Figur 22 viser gjennomsnittlig bredde på ryggskjold av bevegelige og kjønnsmodne lus fra Vindsneset og Furneset. De beveglike stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 13,35 % bredere ryggskjold på Vindsneset enn Furneset, men forskjellen er ikke signifikant (p-verdi = 0,07)(Vedlegg 21). De kjønnsmodne stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 14,6 % bredere ryggskjold på Furneset enn Vindsneset, og her er forskjellen er signifikant (p-verdi < 0,001) (vedlegg 22).

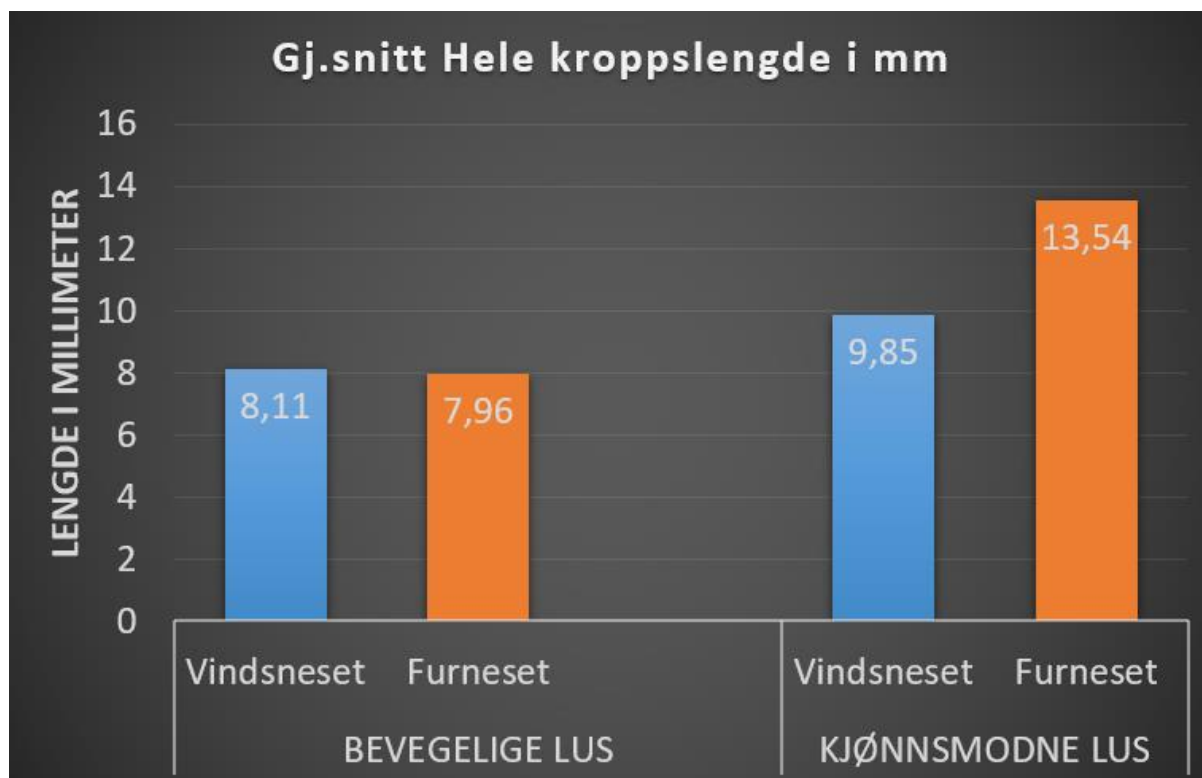


**Figur 22:** Bredde ryggskjold Furneset og Vindsneset.

#### 4.3.3 Kroppslengde

Figur 23 viser gjennomsnittlig hele kroppslengde av bevegelige og kjønnsmodne lus fra Vindsneset og Furneset. De bevegelige stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 1,88 % lengre total kroppslengde på Vindsneset enn Furneset, men forskjellen er ikke signifikant ( $p$ -verdi = 0,42)(Vedlegg 23). De kjønnsmodne stadiene av lakselus har i gjennomsnitt 37,46 % lengre total kroppslengde på Furneset enn Vindsneset, og her er forskjellen signifikant ( $p$ -verdi < 0,001)(Vedlegg 24). En fullstendig tabell over de analyserte dataene i dette forsøket er vist i Vedlegg 25 og Vedlegg 26.

På bakgrunn av dette resultatet kan Hypotese nummer 3 avkreftes.



*Figur 23: Kroppslengde på Furneset og Vindsneset.*

## 5 Diskusjon

### 5.1 Måling av farge og lyshet

Det var vanskeligere enn antatt å utvikle en metode for å måle lakselusens farge. Gruppen brukte lang tid på å sette seg inn i betydning og beskrivelse av lys og farge, samt undersøke om lignende forsøk hadde blitt gjort tidligere. I samarbeid med universitetslektor, Stig Atle Tuene og professor og fotoekspert ved NTNU Gjøvik, Jon Yngve Hardeberg, ble fotoboksen utviklet. Dette gjorde det mulig å kunne ta skarpe bilder i høy oppløsning i de samme omgivelsene hver gang. Standardavviket til metoden ble beregnet til 0,39%. Dette indikerer at metoden er presis. Gruppen valgte derfor å gå videre med denne metoden. Resultat av målingen med farge- og lyshetsforskjell i fokus var som forventet. Målingene viste en tydelig fargeforskjell både på den begevegelige lusen og den kjønnsmodne lusen. Lusen som ble fotografert på Furneset hadde en gjennomsnittlig 42,1 % høyere L-verdi enn lusen fotografert på Vindsneset. I følge hypotesen vår kan denne forskjellen skyldes beitepress fra rensefisk som via seleksjon har fremskyndet genetiske endringen hos lakselus. Det er derimot vanskelig å vite om forskjellen skyldes tilfeldigheter som for eksempel ulike lysforhold på de forskjellige lokalitetene, eller om forskjellen er en sterk indikator på en forskjell i lusepopulasjonene. Da vi regnet p-verdiene for L-verdidifferansen mellom Vindsneset og Furneset ble de så små at gruppen kan utelukke forskjellen som tilfeldighet. Dette gjaldt alle de tre t-testene for lusestadiene, og det totale antallet lus fra de to anleggene.

Det ble også gjennomført en visuell undersøkelse for å kartlegge hvor den mørke, lys-mørke og den lyse lusen satt på laksen under plukking for å avdekke eventuelle signifikante skjevfordelinger av lusene på laksen. Kjikvadrattesten som ble brukt hadde følgende 0-hypotese: Lusen fordeler seg tilfeldig med 1/3 på hver del. På Vindsneset ser en at den mørke lusen i større grad ble funnet på den mørke ryggsiden. Det var derimot ikke en stor nok andel mørk lus på ryggsiden til å kunne overskride 0-hypotesens kritiske verdi i kjikvadrattesten. 0-hypotesen kan derfor ikke forkastes i denne kategorien. Det var heller ikke stor nok variasjon på fordelingen av den lyse lusen til å forkaste 0-hypotesen. Den lys-mørke lusen hadde en stor nok andel av lusene plassert på ryggsiden til at 0-hypotesen kunne forkastes. Dette kan tyde på at den lys-mørke lusen prefererer å sitte på ryggpartiet av laksen. Denne kategorien skiller seg

dermed ut og gjør at resultatet ikke er samstemt over de tre kategoriene. Det bør derfor gjøres nye undersøkelser på denne tendensen med et større antall lus.

På Furneset fant vi ingen lus som kunne klassifiseres “mørk” under lusetellingene.

Majoriteten av lusen som ble plukket av var lys og satt enten på siden eller buken på laksen. Dette resultatet står i samsvar med resultatet i del 4.1 der teamet bekreftet hypotese 1 om at det er større andel av lyse lakselus i anlegg med rensefisk grunnet beitepress. Lusen på Vindsneset har derimot ikke en skjevfordeling som overskrider 0-hypotesens kritiske verdi. En kan derfor ikke forkaste noen av 0-hypotesene for lusen på Vindsneset. Det er også verdt å nevne at driftsteknikere på Furneset har gjort observasjoner på at både mørke og lyse kjønnsmoden hunnlus med eggstrenger foretrekker å feste seg på undersiden av sporden på laksen. Dette kan indikere at lakselusen setter seg i omgivelser den best er tilpasset til å sitte med tanke på kamuflasje og spredning av egg. Sporden på laksen er mye i bevegelse, noe som kan gjøre det vanskelig for rensefisken å beite lakselus. Det kan også tyde på at at lusene på Furneset responderer på beitingen fra rensefisk mens lusene på Vindsneset ikke trenger i samme grad å kamuflere seg mot underlaget. Denne effekten blir diskutert nærmere i 5.2. Dette var en visuell test og resultatet kan derfor variere etter øynene som bedømmer lusen. Dette kan ses på som en feilkilde. Skulle en videreutviklet denne preferansetesten, burde en benytte seg av fotoboksen og analyse systemet brukt for å avdekke fargeforskjellen på lakselusen. En kan da sette intervaller for L-verdien til lusen for å nøyaktig kategorisere hva som er en mørk eller lys lus. En burde også benytte seg av et større utvalg lus fra flere anlegg med og uten rensefisk.

Fotoboksens utforming og materialene som ble brukt kan også ha påvirket resultatet. Lyskilden som ble brukt var RGB-diodestrips. En ville oppnådd den mest nøyaktige fargegjengivningen av lakselusen om lyset var helt hvitt. Det vil si at RGB-verdien til lyset hadde vært på R:250, G:250, B:250. Selv med hvit innstilling på diodene fikk lyset en høyere blå/B verdi enn rød/R og grønn/G verdien. Dette gjør at alle bildene av lakselusen fikk et blålig skjær i seg. Dette kunne ses igjen under analysen av bildene da B-verdien alltid endte opp mye høyere enn de to andre verdiene. Dette gjør at fargegjengivningen i bildet ikke blir naturlig og LAB-verdien blir da påvirket av dette. Likevel vil denne feilmarginen være like på alle bildene da lyset er standardisert. En får ut riktige forhold mellom fargen på to ulike lus så lenge lyset er det samme på hvert bilde. Det blir derimot vanskelig å konstruere tilsvarende

omgivelser gruppen tok bildene i. Skulle en videreutviklet fotoboksen skulle lysdiodene vært byttet ut med helt hvitt lys. Boksens vegger var farget helt svart, noe som gjør det lettere for andre å generere like omgivelser som brukt i dette forsøket.

Romsdalsfjorden og Storfjorden er to forskjellige fjordsystemer. Romsdalsfjorden er et mer åpent fjordsystem, med flere elveutløp og vannstrømmer som går i flere retninger gjennom året basert på tidevann og avrenning. Furneset befinner seg i senteret av fjorden. Storfjorden er et mer lukket fjordsystem der Vindsneset befinner seg nesten innerst. Konstruksjonene av de to anleggene er også forskjellige. Furneset har ringmerder av plastikk, mens Vindsneset er et stålanlegg. Et stålanlegg har grunnere nøter enn ringmerder. Vindsneset ligger rett bak en fjellvegg, og er dermed i større grad skjermet for noe av dagslyset året rundt. Lokaliteten, Furneset ligger i et åpent havområde og er dermed mer eksponert for dagslys året rundt. Her benyttes dypere ringmerder. Under Frisk Fisk 2019 hadde Lars Are Hambre et foredrag der han la fram sine funn om at lusens eksponering for dagslys er en av flere faktorer som styrer pigmenteringsgrad. Dersom lysintensiteten har mulighet til å påvirke fargen og pigmentering til lakselus, er det naturlig å tenke seg at lakselusen på Furneset er lysere enn på Vindsneset som blir skjermet for noe av dagslyset grunnet fjellvegger. Selv om tilstedeværelse og fravær av rensefisk skiller de to lokalitetene, kan dermed forskjellen i lyshet mellom Vindsneset og Furneset muligens også forklares med topografien rundt lokalitetene og naturlige bestandforskjeller. Dette må undersøkes nærmere i senere studier.

Som nevnt av Lars Are Hambre, har lakselus pigmentceller (melanocytter) som produserer melanin. Våre funn kan tyde på at det er graden av melanin som fyller pigmentcellene som avgjør hvor lys eller mørk en lakselus oppfattes (figur 18). På Vindsneset ble det generelt funnet mørkere lus enn på Furneset, noe som tilsier at melaninet fyller pigmentcellene i større grad på denne lokaliteten sammenlignet med Furneset. Lakselus har en lav generasjonstid. Ved en sjøtemperatur på 15 grader celcius blir en naupliuslarve ferdig utviklet og kjønnsmoden etter 1 måned. En så lav generasjonstid hos lakselus gir den muligheter til å hyppig videreføre arvestoffet til de neste generasjonene. På denne måten kan lakselus bli bedre tilpasset livet i merder og på oppdrettslaks. Ved mutasjoner og videreførte egenskaper kan en tenke seg at lakselus har mulighet til å tilpasse seg predasjon og beitepress fra rensefisk ved å bli lysere. Vindsneset benytter seg ikke av rensefisk som avlusningsmetode, mens Furneset benytter seg av både rognkjeks og leppefisk. I og med at lakslusen synes å

kunne endre farge i løpet av noen dager kan vi ikke vite om forskjeller i lyshet/mørkhet kan skyldes genetisk seleksjon eller individuelle tilpasninger til miljøet de befinner seg i.

## 5.2 Lusens evne til å skifte farge

Vi sammenliknet fargen før og etter det gitte tidsintervallet i svarte eller hvite beholdere. Resultatene viser at alle 10 lusene skiftet farge. Noen ble mørkere og andre lysere. Variasjonen på fargeendring var stor hos enkelte lus. Noen lus hadde så lite som 0,3 % endring mens noen hadde opp mot 30 % endring. Likevel viser figur 17 og 19 at åtte av ti lus i både beholdersystem 1 og beholdersystem 2 hadde et standardavvik som ikke overlappet hverandre fra Vindsneset og Furneset. Dette kan tyde på at fargeendringene er signifikant. Som nevnt i del 5.1 av oppgaven hadde Lars Are Hamre presentert sine funn om at lusens eksponering for dagslys er en av flere faktorer som styrer pigmenteringsgrad. Dette passer godt opp mot våre resultater da lusene som var i hvite omgivelser hadde størst endring. Årsaken som førte til størst fargeendringen så ut til å være i hvor stor utstrekning melaninet fylte melanocytene. Pigmentcellene beholder samme form, men har mulighet til å skifte farge ved å øke eller minke mengden av melanin som fyller cellene. Figur 18 viser en lus som tyder på økt melaninproduksjon i løpet av fire døgn på svart bakgrunn, og dermed har fått en lavere L-verdi. Fototekniske faktorer som forstørrelsesgrad og beskjæring av det originale bildet kan ha påvirket resultatet. Dette er noe som må undersøkes nærmere over en lengre tidsperiode for å kunne få tydeligere resultater.

Lusene ble som beskrevet oppbevart i saltvann uten tilsetning av føde eller oksygen. Det ble heller ikke skiftet vann i beholderne i løpet av de 5 døgn. Dette kan ha påvirket resultatet. Vi er av den oppfatning at om lusen hadde lakseblod tilgjengelig gjennom forsøket ville muligens lusen holdt på en kraftigere farge i skallet da den hadde fått tilstrekkelig næring til produksjonen av melanin i skallet. Én lus døde under forsøket. Den ene lusen døde trolig grunnet påførte skader ved håndtering. Disse skadene ble oppdaget under første fotografering. De resterende lusene var i live og i bevegelse etter fem dager i forsøksglassene. En annen faktor som kan ha påvirket resultatet var lyset som var i kjølerommet under forsøket. Lysintensiteten ble ikke målt i forkant så det kan tenkes at variasjoner i lysforhold kan ha forårsaket endringer i pigmentering om en skal ta Hamres funn i betraktning. I fremtidige forsøk ville vi tatt standardiserte lysmålinger hvert døgn ved anlegget en ønsker å måle

fargeendringer på lakselus. Først for å dokumentere lysforholdene i forhold til lusens farge på lokaliteten. Deretter kopiere disse lysforholdene i sitt eget forsøksoppsett. En burde da ta hensyn til både lysintensitet og lysspekter. Ekstra oksygen og utskifting av vann kan også være fordelaktig for optimale vilkår til lusen.

Forsøket som skulle kartlegge lusens preferanse mellom svarte og hvite omgivelser ga noen spennende resultater. I løpet av de fem dagene var mesteparten av lusen i de hvite omgivelsene. Den første dagen viste ikke kjikvadrattesten en signifikant skjevfordeling. Dette virker fornuftig ettersom lusene hadde tilbrakt kort tid i beholdersystem 3. De neste fire dagene var derimot skjevfordelingen i beholdersystem 3 signifikant. På dag 4 flyttet vi all lusen over på den svarte siden for å se om de ble værende der. En burde da forvente en overvekt på denne siden. Likevel hadde 21 av 30 lus forflyttet seg over til den hvite siden igjen. Dette er et resultat som kan tyde på at lakselusen har en preferanse for lysere omgivelser eller instinktivt blir tiltrukket av lys. Dette kan også kanskje bety at lusen kan plassere seg i et område på laksen der den er mindre synlig for renseskisk.

### **5.3 Størrelsesforskjeller mellom lus i anlegg med- og uten renseskisk**

Lakselusens skall og bakparti er skjørt og skades lett under håndtering. Det ville derfor være gunstig å håndtere lusen så lite som mulig for å holde kroppen intakt. Det ble konkludert med at en god måte å måle lusen på ville bli å montere linjaler til objektskiven under fotografering. På den måten kunne bildene brukes til analysering av farge men også å måle størrelsen på lusen. I følge hypotesen vil lakselusen være mindre på anlegget med renseskisk da en mindre lus er vanskeligere å se. Resultatet antydte at den bevegelige lusen på Vindsneset (uten renseskisk) var bredere og lengre enn den bevegelige lusen på Furneset (med renseskisk), men dette var ikke signifikant. Den kjønnsmodne lusen på Furneset var derimot signifikant bredere og lengre enn den kjønnsmodne lusen på Vindsneset. Forskjellen mellom den bevegelige lusen på begge anleggene var marginal, og ifølge de tre gjennomførte t-testene, ikke signifikant. Det er derfor ikke en tilstrekkelig differanse til å bekrefte en forskjell hos den bevegelige lusen på et anlegg med eller uten renseskisk. Differansen mellom den kjønnsmodne lusen på begge anleggene var derimot større. De tre gjennomførte t-testene viste alle en signifikant større kjønnsmoden lus på Furneset sammenliknet med Vindsneset. Dette resultatet er stikk motsatt av hva vi forventet.



Ettersom det er bevist at lavere temperaturer kan resultere i større vekst hos voksen hunnlus (13), er det interessant å undersøke temperaturforskjeller på Vindsneset og Furneset. Det viste seg at gjennomsnittstemperaturen var 1 grad lavere på Furneset enn på Vindsneset fra august 2018 til mars 2019 (21). Allikevel er dette mest sannsynlig for liten temperaturforskjell til å forklare den store forskjellen i størrelse, men det kan være en medvirkende faktor. Derfor er dette noe som må undersøkes nærmere med et større utvalg. Gjerne lus fra flere anlegg i samme fjordsystem der en også tar smittespredning til en større betraktning.

For at resultatet skal være riktig, må eksemplarene av lus brukt i undersøkelsen være kategorisert etter riktig stadie og kjønn. Feil identifisering kan derfor regnes som en feilkilde. Nesten all lusen som ble plukket fra begge anleggene var over 5 mm lang. 5 mm er i følge bestemmelsesnøkkelen skille mellom bevegelige- og adulte lakselus. Ettersom deltagere i gruppen jobber innen oppdrett og har lang erfaring med å kategorisere lus kan en med sikkerhet si at at store deler av de 100 telte lusene ikke var adulte. En slik bestemmelsesnøkkel må med andre ord tas med en klype salt.

Metoden som ble brukt for måling kan være en feilkilde. Som en kan se på fotografiene har ikke linjene helt lik avstand mellom hver millimeter. Dette kan definitivt ha ført til unøyaktige målinger. Avstandene er derimot ikke ujevne nok til at resultatet blir helt ubetydelig.

Forskjellen på den kjønnsmodne lusen fra de to anleggene er for stor for at ujevnheten i linjalene utgjør forskjellen. Den marginale forskjellen mellom den bevegelige lusen kan derimot ha skyldtes en unøyaktig form for måling. Skulle en konstruert måleutstyret på nytt igjen ville gruppen valgt å bruke kalibrerte linjaler å limt de på objektplaten.

## 6 Konklusjon

Så er spørsmålet om oppdrettsnæringen står i fare for å miste effekten av biologisk avlusning hvis lusen kan tilpasse seg beitepress fra rensefisk. Funnene som er gjort i denne oppgaven kan tyde på at beitepresset har hatt en innvirkning på lakselusen, men at andre årsaker også kan ha betydning. Fargeforskjellen mellom anlegget med og uten rensefisk var signifikant. Dette støtter derfor opp under at beitepresset har katalysert utviklingen av en lakselus som er bedre kamuflert for rensefisken. Undersøkelsene bekreftet derimot ikke en signifikant størrelsesforskjell mellom lakselusen fra de to anleggene. At lakselusen var i stand til å endre nyansen på fargen i skallet var overraskende. Etter å ha studert makrofotografiene, konkluderte gruppen med at melaninproduksjon kan økes eller reduseres og dermed påvirke den visuelle fargen på lusen. Lusen så tilsynelatende ut til å foretrekke lyse omgivelser over mørke. Vi håper at forsøkene våre kan bidra til å øke kompetanse og videre forskning på lakselusen, og være det første steget på å takle denne nye problemstillingen for oppdrettsnæringen.

## 7 Litteraturliste

1. **Statistisk sentralbyrå** [Internett]. Oslo: Rekordomsetning av oppdrettslaks; 31 05 2018 [hentet 2019-01-25] Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/rekordomsetning-av-oppdrettslaks>.
2. **Abolofia J, Asche F, Wilen JE**. The Cost of Lice: Quantifying the Impacts of Parasitic Sea Lice on Farmed Salmon. *Mar. Resour. Econ.* [elektronisk artikkel] 2017 April [hentet 2019-03-10]; 32(3):1-21. Tilgjengelig fra: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/691981>.
3. **Nofima** [Internett]. Tromsø: Dyr lus og dyrere fôr; 04 01 2018 [hentet 2019-03-01] Tilgjengelig fra: <https://nofima.no/nyhet/2017/12/dyr-lus-og-dyrere-for/>.
4. **Store norske leksikon** [Internett]. Stavanger: rensefisk; 16 11 2018 [hentet 2019-03-03] Tilgjengelig fra: <https://snl.no/resefisk>.
5. **Barentswatch** [Internett]. Tromsø: Fiskehelse – forklaring og bruksanvisning; 21 03 2019 [hentet 2019-03-21] Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/tjenester/fiskehelse/>.
6. **Dalvin S, Skern RM, Espedal PG**. Resistens og lakselus. [elektronisk artikkel]. 2010 april. Tilgjengelig fra: [https://www.hi.no/filarkiv/2010/04/resistens\\_og\\_lakselus\\_akvakultur\\_.pdf/nb-no](https://www.hi.no/filarkiv/2010/04/resistens_og_lakselus_akvakultur_.pdf/nb-no).
7. **Fiskeri-og havbruksnæringens forskingsfinansiering**. Program rensefisk: Kunstig lys og rensefisk [elektronisk artikkel]. 2017 april [hentet 2019-02-02]; s. 107. Tilgjengelig fra: <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901146>.
8. **Kyst.no** [Internett]. Bergen: Potensielt framatisk, nytt lakselus-funn; 23 10 2018 [hentet 2019-03-05] Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/article/potensielt-dramatisk-nytt-lakselus-funn/>.
9. **Berg T**. Lakselus, fiskevelferd og bekjempelsesmetoder; En økonomisk betraktning rundt bruk av luseskjørt kontra tradisjonelle kjemiske metoder. Bacheloroppgave i Havbruksdrift og Ledelse [elektronisk artikkel]. 2014 juni [hentet 2019-03-03]; s. 7. Tilgjengelig fra: <https://nordopen.nord.no/nord-xmlui/bitstream/handle/11250/226234/Berg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
10. **Forskrift om lakselusbekjempelse**. 2018. Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg 07.12.2012 nr. 674.
11. **Norske lakseelver** [Internett]. Oslo: En dødelig parasitt; 02 10 2015 [hentet 2019-03-10] Tilgjengelig fra: <https://lakseelver.no/nb/news-2015/en-dodelig-parasitt>.

12. **MSD Animal Health** [Internett]. Om lakselus; [hentet 2019-03-12] Tilgjengelig fra: <https://www.msd-animal-health.no/akvakultur/Lakselus/Om-lakselus.aspx>.
13. **Heuch PA, Nordhagen JR, Schram TA.** Egg production in the salmon louse [Lepeophtheirus salmonis (Krøyer)] in relation to origin and water temperature. *Aquac. Res* [elektronisk artikkel]. 2001 Desember [hentet 2019-05-15];31(11):805-814. Tilgjengelig fra: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2109.2000.00512.x>.
14. **PHARMAQ part of zoetis** [Internett]. Overhalla: PHARMAQ AS; [hentet 2019-03-10]. Tilgjengelig fra: <https://www.pharmaq.no/>.
15. **Skjema for Registrering av Lakselus og Gjellescore** [Internett]. PHARMAQ AS; [hentet 2019-03-20]. Tilgjengelig fra: [https://www.pharmaq.no/sfiles/1/50/2/file/luseskjema\\_2016\\_digital\\_versjon.pdf](https://www.pharmaq.no/sfiles/1/50/2/file/luseskjema_2016_digital_versjon.pdf).
16. **Brin JE, Shinn AP, Sommerville C.** Ultrastructure of the cuticle of chalimus larva of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer, 1837) (Copepoda, Caligidae). *Contributions Zool* [elektronisk artikkel]. 2016 Mars [hentet 2019-05-22];69(1/2):39-49. Tilgjengelig fra: [https://www.researchgate.net/publication/233923331\\_Ultrastructure\\_of\\_the\\_cuticle\\_of\\_chalimus\\_larva\\_of\\_the\\_salmon\\_louse\\_Lepeophtheirus\\_salmonis\\_Kroyer\\_1837\\_Copepoda\\_Caligidae](https://www.researchgate.net/publication/233923331_Ultrastructure_of_the_cuticle_of_chalimus_larva_of_the_salmon_louse_Lepeophtheirus_salmonis_Kroyer_1837_Copepoda_Caligidae).
17. **Store medisinske leksikon** [Internett]. Trondheim: Melanin; 13 06 2018 [hentet 2019-04-13] Tilgjengelig fra: <https://sml.snl.no/melanin>.
18. **Kyst.no** [Internett]. Bergen: - Det er viktig å tenke på hvordan rensefisken introduseres i merden; 01 02 2019 [hentet 2019-02-20]. Tilgjengelig fra: <https://www.kyst.no/article/det-er-viktig-aa-tenke-paa-hvordan-rensefisken-introduseres-i-merden/>.
19. **Duarte RC, Stevens M, Flores AAV.** The adaptive value of camouflage and colour change in a polymorphic prawn. *Sci. Rep* [elektronisk artikkel]. 2018 Oktober [hentet 2019-03-20];8(1):1-9. Tilgjengelig fra: [https://www.researchgate.net/publication/328612801\\_The\\_adaptive\\_value\\_of\\_camouflage\\_and\\_colour\\_change\\_in\\_a\\_polymorphic\\_prawn](https://www.researchgate.net/publication/328612801_The_adaptive_value_of_camouflage_and_colour_change_in_a_polymorphic_prawn).
20. **Stevens M, Rong CP, Todd PA.** Colour change and camouflage in the horned ghost crab *Ocypode ceratophthalmus*. *Biol. J. Linn. Soc* [elektronisk artikkel]. 2013 Mai [hentet 2019-03-29];109(2):257-270. Tilgjengelig fra: <https://academic.oup.com/biolinnean/article/109/2/257/2415741>.

21. **Barentswatch** [Internett]. Tromsø: Fiskehelse; [hentet 2019-04-10] Tilgjengelig fra: <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/>.
22. **Google** [Internett]. Google Earth; [hentet 2019-05-05] Tilgjengelig fra: <https://earth.google.com/web/>.
23. **SINTEF Fiskeri og havbruk** [Internett]. Trondheim: MODS Strømmodellering og smittespredning; 2009 [hentet 2019-02-27]. Tilgjengelig fra: <http://mods.sinmod.no/>.
24. **NTNU** [Internett]. Stig Atle Tuene; [hentet 2019-04-16]. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/ansatte/stig.tuene>.
25. **NTNU** [Internett]. Jon Yngve Hardeberg; [hentet 2019-04-16]. Tilgjengelig fra: <https://www.ntnu.no/ansatte/jon.hardeberg>.
26. **Biltema** [Internett]. LED-list, 3 stk. RGB; [hentet 2019-02-10]. Tilgjengelig fra: <https://www.biltema.no/bygg/belysning/innendørsbelysning/led-lister/led-list-3-stk-rgb-2000035290=>.
27. **Colorcodepicker** [Internett]. Image Color Picker; [hentet 2019-03-29]. Tilgjengelig fra: <https://www.colorcodepicker.com/>.
28. **EasyRGB** [Internett]. Convert color data into different standards and color spaces; [hentet 2019-03-29]. Tilgjengelig fra: <http://www.easyrgb.com/en/convert.php>.
29. **Alessi PJ, Carter EC, Fairchild MD, Hunt RWG, McCamy CS, Krànicz B, et al.** Technical Report: Colorimetry. 3. Ed. Vienna: International commission on illumination; 2004. 68 s.
30. **Süsstrunk S, Buckley R, Swen S.** Standard RGB Color Spaces. J Imaging Sci Technol [elektronisk artikkel]. 1999 [hentet 2019-02-14];1:127-134. Tilgjengelig fra: <https://infoscience.epfl.ch/record/34089/files/SusstrunkBS99.pdf>.
31. **Fairchild MD.** Color appearance models. 2 ed. Rochester Institute of technology: John Wiley and Sons; 2013. 472 s. Tilgjengelig fra: [http://last.hit.bme.hu/download/firtha/video/Colorimetry/Fairchild\\_M.\\_Color\\_appearance\\_models\\_\\_2005.pdf](http://last.hit.bme.hu/download/firtha/video/Colorimetry/Fairchild_M._Color_appearance_models__2005.pdf)
32. **Esko** [Internett]. Quantifying Colors - The Lab Color Space; [hentet 2019-02-02]. Tilgjengelig fra: [https://docs.esko.com/docs/en-us/colorpilot/16.1/userguide/home.html?q=en-us/common/cop/concept/co\\_cop\\_QuantifyingColors.html](https://docs.esko.com/docs/en-us/colorpilot/16.1/userguide/home.html?q=en-us/common/cop/concept/co_cop_QuantifyingColors.html).
33. **Løvås, GG.** Statistikk for universiteter og høyskoler. 2 ed. Oslo: Universitetsforlaget; 2004. s. 344. 489 s.

34. **EasyRGB.** [Internett]. Color math and programming code; [hentet 2019-03-29].  
Tilgjengelig fra: <http://www.easyrgb.com/en/math.php>.
35. **Kunnskapssenter for Laks og Vannmiljø (KLV)** [Internett]. Namsos: Trusselbildet  
– rømt oppdrettslaks på villaksens gyteområder; [hentet 2019-03-15]. Tilgjengelig fra:  
[http://www.klv.no/trusselbilde\\_romt.php](http://www.klv.no/trusselbilde_romt.php).

# Vedlegg

## Vedlegg 1: Resistent lakselus



Kunnskap for ei betre verd

### Resistent lakselus

Helene Børretzen Fjørtoft  
PhD-stipendiat  
Institutt for biologiske fag Ålesund

Trondheim – Gjøvik – Ålesund



### Kvifor er lakselusa eit problem?

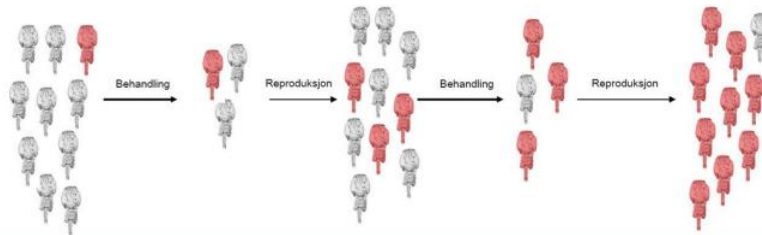
1. Kort generasjonstid: Reknar 3-5 generasjonar lakselus i året: inntil 10 generasjonar på eit utsett med laks.
2. Høg reproduksjon: Gjer at det er stor genetisk diversitet å spele på.
3. Spesiell populasjonsgenetikk: Ein transatlantisk populasjon med stor grad av genutveksling.
  - Spreiing av planktonisk stadier med havstraumane.
  - Spreiing av individ ved hjelp av vandrane villaks.

Tilpasningsdyktig biolog!



## Resistens

- Ein mutasjon gjer at eit individ vert immun eller kan motverke gifta.
- Dersom denne eigenskapen er arveleg og ikkje har for høg kostnad for individet kan den verte vidareført til nye generasjonar.
- Ved einsidig og feil bruk av kjemikaliar kan resistens spreie seg raskt.





## Vedlegg 2: Rensfisk produksjon og valg

### Rensfisk

Oppdatert pr. 25.10.2018

Kilde: Fiskeridirektoratet

Source: Directorate of Fisheries

Utsett (kjøp/interne mottak) av oppdrettet og villfanget rensfisk til lakselusbekjempelse fordelt på fylke. Antall i 1000 stk. Verdi i 1000 kroner  
Use of farmed and wild cleaner fish in the production of Atlantic salmon and Rainbow trout by county. Number in 1000 individuals. Value in 1000 NOK

Fylke County	2017		2016		2015		2014		2013		2012		2011		Antall Number
	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	Antall Number	Verdi Value NOK	
Finmark og Troms	1 766	43 690	1 200	23 585	612	106 10	123	1493	0	0	42	495	0	0	0
Nordland	4 443	92 277	3 030	54 846	2 270	35 881	1 767	25 916	1 097	17 240	1 477	22 162	861	11 052	431
Nord-Trøndelag	3 050	81 687	1 816	34 721	1 763	30 467	2 050	24 526	1 183	13 962	1 386	18 187	819	8 880	1 294
Sør-Trøndelag	10 990	229 968	6 129	119 805	4 722	76 080	3 853	63 215	3 952	43 522	1 731	21 578	1 894	24 619	1 699
Møre og Romsdal	6 542	136 641	6 959	131 831	2 637	44 446	3 729	48 027	1 658	21 443	2 368	27 233	1 548	16 411	2 735
Sogn og Fjordane	3 898	68 450	3 240	61 623	1 970	31 462	4 262	10 169	921	10 382	668	6 179	847	6 816	782
Hordaland	19 230	311 693	11 736	177 836	9 629	110 572	6 236	70 637	5 167	35 560	4 696	40 542	3 209	26 884	2 462
Rogaland	4 111	74 004	2 953	43 480	2 554	27 784	2 230	27 593	2 016	17 362	1 341	11 989	1 230	12 791	1 362
Øvrige fylker	544	10 122	296	5 124	252	3 401	217	2 709	212	2 342	193	2 233	230	2 875	212
<b>Total/Total</b>	<b>54 575</b>	<b>1 048 532</b>	<b>37 359</b>	<b>652 351</b>	<b>26 409</b>	<b>370 704</b>	<b>24 467</b>	<b>274 285</b>	<b>16 206</b>	<b>161 812</b>	<b>13 903</b>	<b>150 598</b>	<b>10 639</b>	<b>110 327</b>	<b>10 976</b>

### Vedlegg 3: Materialliste

Utstyr	Antall
Furneset, Salmar	1
Vindsneset, Hofseth Aqua	1
Microsoft Excel	1
Kamera	1
Lakselus	50x2
Kryssfinerplater	5
Lyskilde: RGB-strips	1
Hengsler fra biltema	2
Skruer	16
Spraylakk	2
Scotchtape	1
Gummistrikk	2
Objektplate/akryl fra biltema	1
Lego	-
Linjal	1
Luseskraper i plast	2
Biltema plastbeholder 1400 ml	1
1 Terabyte ekstern harddisk	1
Antibac-flaske	1
Pinsett	1

### Vedlegg 4: Formler sRGB til CIE-L\*ab

#### Standard-RGB → XYZ

```
//sR, sG and sB (Standard RGB) input range = 0 + 255
//X, Y and Z output refer to a D65/2° standard illuminant.

var_R = ( sR / 255 )
var_G = ( sG / 255 )
var_B = ( sB / 255 )

if ( var_R > 0.04045 ) var_R = ( ( var_R + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_R = var_R / 12.92
if ( var_G > 0.04045 ) var_G = ( ( var_G + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_G = var_G / 12.92
if ( var_B > 0.04045 ) var_B = ( ( var_B + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else var_B = var_B / 12.92

var_R = var_R * 100
var_G = var_G * 100
var_B = var_B * 100

X = var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B * 0.1805
Y = var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B * 0.0722
Z = var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B * 0.9505
```

## XYZ → CIE-L\*a\*b

```
//Reference-X, Y and Z refer to specific illuminants and observers.
//Common reference values are available below in this same page.

var_X = X / Reference-X
var_Y = Y / Reference-Y
var_Z = Z / Reference-Z

if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )
else                    var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )
else                    var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )
else                    var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )

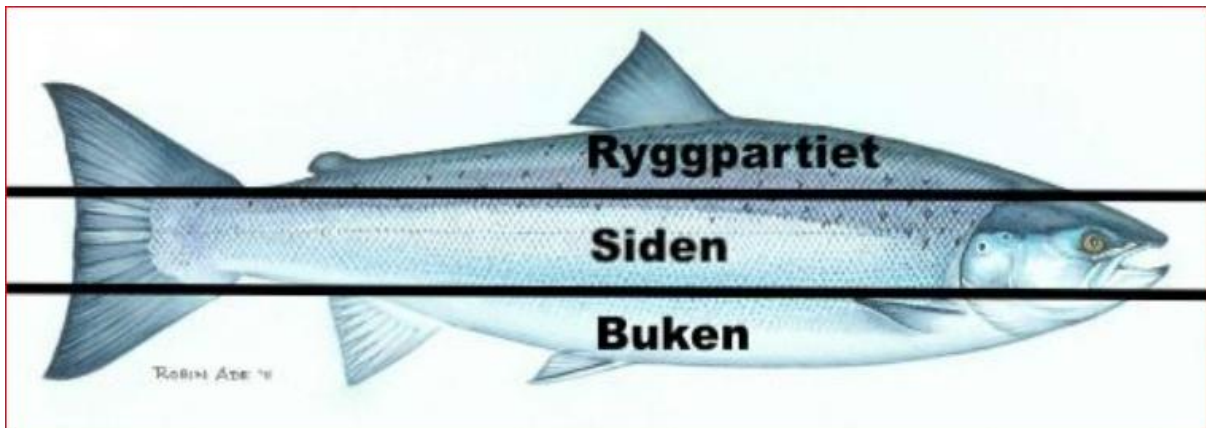
CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )
```

Nettside; <https://www.easyrgb.com/en/math.php> (34)

### Vedlegg 5: Skjema for plassering av lus på laks

Fargekategori	Antall lus	Plassering	Antall lus
Mørk		Ryggpartiet	
		Siden	
		Buken	
Lys mørk		Ryggpartiet	
		Siden	
		Buken	
Lys		Ryggpartiet	
		Siden	
		Buken	

## Vedlegg 6: 3 posisjonskategorier på laks



Illustrasjonen av laksen er laget av Robin Ade (35), og tilpasset av gruppen i henhold til feltarbeidet.

## Vedlegg 7: Materialliste

Utstyr	Antall
Gudmundset Stamfiskanlegg, Salmar	1
Microsoft Excel	1
Kamera	1
Lakselus	50
Kryssfinerplater	5
Lyskilde: RGB-strip	1
Hengsler fra biltema	2
Skruer	16
Spraylakk	2
Scotchtape	1
Gummistrikk	2
Objektplate/akryl fra biltema	1
Lego	-
Linjal	1
Luseskraper i plast	2
Biltema plastbeholder 1400 ml	2
1 Terabyte ekstern harddisk	1
Antibac-flaske	1
Prøveglass på 30 ml	20
Pinsett	1

## Vedlegg 8: Materialliste

Utstyr	Antall
Furneset, Salmar	1
Vindsneset, Hofseth Aqua	1
Microsoft Excel	1
Kamera	1
Lakselus	50x2
Kryssfinerplater	5
Lyskilde: RGB-strips	1
Hengsler fra biltema	2
Skruer	16
Spraylakk	2
Scotchtape	1
Gummistrikk	2
Objektplate/akryl fra biltema	1
Lego	-
Linjal	1
Luseskraper i plast	2
Biltema plastbeholder 1400 ml	1
1 Terabyte ekstern harddisk	1
Antibac-flaske	1
Pinsett	1

## Vedlegg 9: T-Test bevegelig lus Furneset og Vindsneset

<b>t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Gjennomsnitt	55,03073077	38,50388889
Varians	34,0246562	53,11727886
Observasjoner	26	9
Antatt avvik mellom gjennomsr fg	0 12	
t-Stat	6,154678327	
P(T<=t) ensidig	2,4557E-05	
T-kritisk, ensidig	1,782287556	
P(T<=t) tosidig	4,9114E-05	
T-kritisk, tosidig	2,17881283	

Vedlegg 10: T-Test kjønnsmoden lus Furneset og Vindsneset

<b>t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Gjennomsnitt	50,68254167	36,984
Varians	21,36591122	77,40924525
Observasjoner	24	41
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	62	
t-Stat	8,218387013	
P(T<=t) ensidig	8,27524E-12	
T-kritisk, ensidig	1,669804163	
P(T<=t) tosidig	1,65505E-11	
T-kritisk, tosidig	1,998971517	

Vedlegg 11: Lus Furneset og Vindsneset

<b>t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Gjennomsnitt	52,9436	37,25758
Varians	32,2038487	72,21135306
Observasjoner	50	50
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	85	
t-Stat	10,8546519	
P(T<=t) ensidig	4,9787E-18	
T-kritisk, ensidig	1,6629785	
P(T<=t) tosidig	9,9574E-18	
T-kritisk, tosidig	1,98826791	

Vedlegg 12: LAB-analyse Vindsneset

Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	56	55	72	23,806	4,719	-10,288
2		x	58	54	70	23,605	5,625	-9,241
3		x	62	66	87	28,403	3,801	-13,072
4	x		56	66	89	28,002	2,334	-15,024
5		x	72	103	141	42,764	-0,19	-24,417
6	x		66	72	97	31,01	4,133	-15,466
7		x	76	110	149	45,438	-0,668	-22,973
8	x		65	95	134	39,629	0,694	-25,104
9		x	51	51	68	21,904	4,416	-10,552
10		x	60	60	81	26,117	5,359	-12,677
11		x	66	95	131	39,548	-0,019	-23,405
12		x	50	43	58	18,849	6,795	-8,394
13	x		60	73	103	31,125	3,353	-19,141
14		x	66	76	105	32,584	3,899	-18,112
15		x	73	106	147	43,988	0,139	-26,094
16		x	69	87	122	36,904	2,977	-21,991
17		x	74	106	148	44,091	0,71	-26,526
18		x	75	116	163	47,79	-0,293	-29,611
19		x	76	115	161	47,456	-0,101	-28,956
20		x	70	107	150	44,259	-0,244	-27,47
21	x		73	108	150	44,72	-0,121	-26,739
22		x	73	112	157	46,288	-0,292	-28,53
23		x	82	124	173	50,949	-0,238	-30,478
24	x		79	82	109	35,598	5,504	-15,891
25		x	62	75	97	35,598	5,504	-15,891
26		x	58	56	67	24,107	3,502	-6,477
27		x	61	64	84	27,57	3,911	-12,407
28		x	60	76	99	31,875	0,18	-15,446
29		x	62	74	96	31,268	1,21	-14,46
30		x	68	100	134	41,317	-1,616	-22,468
31		x	59	84	112	34,883	-1,137	-18,983
32		x	57	64	81	27,104	1,625	-11,193
33		x	64	93	126	38,594	-0,912	-21,848
34		x	64	92	123	38,152	-1,249	-20,696
35		x	76	113	150	46,375	-2,38	-24,157
36		x	76	94	127	39,704	2,167	-20,678
37		x	68	105	141	43,144	-2,426	-23,845
38		x	54	76	103	31,625	-0,37	-18,358
39		x	62	94	128	38,877	-1,408	-22,639
40		x	76	110	150	45,482	-0,578	-25,542



41		x	64	92	123	38,152	-1,249	-20,696
42		x	48	56	74	23,509	1,698	-12,139
43	x		75	117	161	47,995	-1,536	-28,121
44	x		77	107	145	44,428	-0,059	-24,202
45	x		76	106	144	44,028	-0,027	-24,232
46		x	77	114	156	46,99	-0,847	-26,74
47		x	68	107	147	44,017	-1,699	-26,071
48		x	66	73	97	31,315	3,485	-14,997
49		x	76	112	155	46,299	-0,207	-27,229
50		x	71	111	153	45,644	-1,456	-27,087

Livsstadie	Antall lus	Gjennomsnitt L-verdi
Kjønnsmoden	41	36,984
Bevegelig	9	38,50388889
Totalt antall lus	Gjennomsnitt L-verdi	
50	37,25758	

### Vedlegg 13: LAB-analyse Furneset

Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	95	130	174	53,442	-0,249	-27,127
2		x	86	125	168	51,234	-1,418	-27,122
3		x	83	111	149	46,146	0,363	-23,888
4		x	81	105	140	43,865	0,739	-22,068
5		x	85	121	163	49,797	-0,836	-26,448
6		x	102	145	192	58,863	-1,83	-28,966
7		x	96	139	185	56,539	-1,947	-28,622
8		x	88	122	161	50,175	-1,252	-24,682
9	x		104	149	199	60,391	-1,588	-30,533
10		x	95	135	183	55,255	-0,477	-29,476
11	x		103	134	183	55,432	2,151	-29,165
12	x		89	120	165	49,825	1,4	-27,533
13		x	96	131	176	53,87	0,028	-27,609
14	x		88	115	157	47,968	1,72	-25,758
15	x		91	130	177	53,344	-0,364	-29,023
16	x		79	113	153	46,673	-0,68	-25,454
17		x	80	117	156	48,042	-1,886	-25,094
18		x	80	113	148	46,516	-1,95	-22,739
19	x		110	157	212	63,492	-0,821	-32,961
20	x		103	147	201	59,858	-0,06	-32,488



21	x		94	123	163	50,907	0,365	-24,687
22	x		103	144	197	58,844	0,472	-31,813
23	x		104	143	194	58,491	0,408	-30,663
24	x		106	147	203	60,106	1,261	-33,213
25	x		79	107	148	44,681	1,401	-25,585
26		x	82	115	155	47,522	-0,484	-25,303
27	x		110	149	202	60,845	0,807	-31,486
28	x		114	158	212	63,984	-0,417	-32,179
29	x		98	137	186	56,119	0,006	-29,833
30	x		102	146	199	59,438	-0,325	-32,02
31	x		112	150	204	61,321	1,319	-31,86
32		x	90	125	166	51,374	-1	-25,728
33		x	99	133	178	54,7	0,222	-27,457
34	x		96	120	164	50,215	2,989	-26,331
35	x		88	119	164	49,432	1,433	-27,583
36	x		85	117	161	48,544	0,935	-27,255
37	x		108	150	201	60,972	-0,555	-30,738
38	x		86	116	157	48,137	0,582	-25,506
39		x	92	129	172	52,898	-1,035	-26,83
40		x	80	103	138	43,123	1,076	-22,022

41		x	82	115	154	47,479	-0,79	-24,781
42		x	86	121	162	49,811	-0,884	-25,839
43		x	96	135	181	55,226	-0,827	-28,374
44		x	94	132	176	54,043	-1,08	-27,35
45		x	87	114	152	47,401	0,558	-23,7
46		x	85	99	131	41,989	2,977	-19,528
47		x	99	140	187	57,071	-1,183	-28,922
48	x		104	138	187	56,788	1,248	-29,337
49	x		85	117	161	48,544	0,935	-27,225
50	x		103	137	187	56,448	1,571	-29,87

Livsstadie	Antall lus	Gjennomsnitt L-verdi
Kjønnsmoden	24	50,68254167
Bevegelig	26	55,03073077
Totalt antall lus	Gjennomsnitt L-verdi	
50	52,9436	

### Vedlegg 14: Kjikvadrattest posisjon lus på laks Vindsneset

0-Hypotese: Lusa fordeler seg tilfeldig med 1/3 på hver del					
Vindsneset					
Observert (X):					
	N	Rygg	Side	Buk	
Mørk	14	8	2	4	
Lys mørk	24	14	4	6	
Lys	12	3	4	5	
Forventet (E) (33% av hver av kategoriene lus på hver av kategoriene laks)					
	N	Rygg	side	buk	
Mørk	14	4,62	4,62	4,62	
Lys mørk	24	7,92	7,92	7,92	
Lys	12	3,96	3,96	3,96	
Avvik $((X-E)^2/E)$ :					
		Rygg	Side	Buk	Q (sum av avvikene)
Mørk		2,4728	1,4858	0,0832	4,0418
Lys mørk		4,6675	1,9402	0,4655	7,0731
Lys		0,2327	0,0004	0,2731	0,5063
Df=3-1=2					
Slå opp i tabell for kjikvadrattest for Df=2 og alfa=0,05. Kritisk verdi=5,99.					
Dersom Q>5,99 kan en forkaste 0-hypotesen					

### Vedlegg 15: Kjikvadrattest posisjon lus på laks Furneset

0-hypotese: Lusa fordeler seg tilfeldig med 1/3 på hver del					
Furneset					
Observert (X):					
	N	Rygg	Side	Buk	
Mørk	0	0	0	0	
Lys mørk	10	6	2	2	
Lys	40	9	17	14	
Forventet (E): 33% av hver av kategoriene lus på hver av kategoriene laks					
	N	Rygg	Side	Buk	
Mørk	0	0	0	0	
Lys mørk	10	3,3	3,3	3,3	
Lys	40	13,2	13,2	13,2	
Avvik $((X-E)^2/E)$ :					
		Rygg	Side	Buk	Q (sum av avvikene)
Mørk		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lys mørk		2,2091	0,5121	0,5121	3,2333
Lys		1,3364	1,0939	0,0485	2,4788
Df=3-1=2					
Slå opp i tabell for kjikvadrattest for Df=2 og alfa=0,05. Kritisk verdi=5,99.					
Dersom Q>5,99 kan en forkaste 0-hypotesen					

## Vedlegg 16: LAB-analyse i svarte omgivelser

Svart beholder Dag 1 - 08.04.19								
Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	88	115	153	47,797	0,532	-23,671
2		x	88	117	156	48,507	0,225	-24,337
3		x	85	113	151	46,942	0,308	-23,829
4	x		106	138	185	56,824	1,194	-28,135
5	x		109	162	218	65,083	-2,103	-33,82
6	x		99	123	164	51,265	2,046	-24,69
7	x		109	148	200	60,426	0,547	-31,018
8	x		100	120	161	50,352	3,261	-24,349
9	x		104	147	199	59,827	-0,414	-31,407
10	x		98	140	194	57,314	0,673	-32,518

Svart beholder Dag 5 - 12.04.19								
Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	85	112	150	46,606	0,61	-23,758
2		x	101	135	117	55,347	-0,702	-25,875
3		x	78	94	124	39,715	1,889	-18,821
4	x		102	140	190	57,364	0,458	-30,157
5	x		104	153	208	61,893	-1,157	-33,241
6	x		101	149	204	60,444	-0,778	-33,268
7	x		89	118	162	49,116	1,69	-26,903
8	x		96	143	195	58,103	-1,232	-31,864
9	x		110	164	223	65,897	-1,511	-35,31
10	x		99	149	201	60,215	-2,15	-31,95

L-verdi Dag 1	L-verdi Dag 5	Differanse	Prosentvis differanse
47,797	46,606	-1,191	2,49
48,507	55,347	6,84	12,35
46,942	39,715	-7,227	15,39
56,824	57,364	0,54	0,94
65,083	61,893	-3,19	4,9
51,265	60,444	9,179	15,18
60,426	49,116	-11,31	18,17
50,352	58,103	7,751	13,34
59,827	65,897	6,07	9,21
57,314	60,215	2,901	4,81

## Vedlegg 17: LAB-analyse i svarte omgivelser

Hvit beholder Dag 1 - 08.04.19								
Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	75	72	92	31,586	5,963	-11,326
2		x	111	160	214	64,463	-1,689	-32,56
3		x	106	146	193	59,407	-1,102	-28,67
4		x	110	147	197	60,08	0,506	-29,864
5	x		107	138	187	56,967	2,035	-29,045
6	x		107	143	192	58,579	0,586	-29,383
7	x		96	93	119	40,65	7,12	-14,21
8	x		96	114	152	47,991	3,138	-22,739
9	x		79	90	122	38,515	4,113	-19,441
10	x		107	148	200	60,315	0,047	-31,2

Hvit beholder Dag 5 - 12.04.19								
Lus nummer	Bevegelig	Kjønnsmoden	Red	Green	Blue	L	A	B
1		x	92	112	148	46,976	2,025	-21,967
2		x	94	120	161	49,96	1,56	-24,986
3		x	102	142	190	57,93	-0,697	-29,28
4		x	108	146	196	59,644	0,278	-29,986
5	x		104	139	189	57,154	1,252	-29,906
6	x		107	151	205	61,364	-0,197	-32,374
7	x		100	146	197	59,248	-1,404	-31,198
8	x		103	146	197	59,408	-0,678	-30,938
9	x		102	140	189	57,322	0,163	-29,655
10	x		97	142	194	57,828	-0,723	-31,722

L-verdi Dag 1	L-verdi Dag 5	Differanse	Prosentvis differanse
31,586	46,976	15,39	32,76
64,463	49,96	-14,503	22,49
59,407	57,93	-1,477	2,448
60,08	59,644	-0,436	0,72
56,967	57,154	0,187	0,32
58,579	61,364	2,785	4,53
40,65	59,248	18,598	31,39
47,991	59,408	11,417	19,21
38,515	57,322	18,807	32,8
60,315	57,828	-2,487	4,12

Vedlegg 18: Kjikvadrattest posisjon lus på laks Vindsneset

<b>O-hypotese: Lusen vil fordele seg 15-15 på hver av bakgrunnene</b>				
<b>Observerert (X):</b>				
	<b>N</b>	<b>Hvit område</b>	<b>Svart område</b>	
Dag 1	30	18	12	
Dag 2	30	26	4	
Dag 3	30	23	7	
Dag 4	30	24	6	
Dag 5	30	21	9	
<b>Forventet (E): 50 % av lusen på hver av bakgrunnene</b>				
	<b>N</b>	<b>Hvit område</b>	<b>Svart område</b>	
Dag 1	30	15	15	
Dag 2	30	15	15	
Dag 3	30	15	15	
Dag 4	30	15	15	
Dag 5	30	15	15	
<b>Avvik <math>((X-E)^2/E)</math>:</b>				
		<b>Hvit område</b>	<b>Svart område</b>	<b>Q(sum av avvikene)</b>
Dag 1		0,6000	0,6000	1,2000
Dag 2		8,0667	8,0667	16,1333
Dag 3		4,2667	4,2667	8,5333
Dag 4		5,4000	5,4000	10,8000
Dag 5		2,4000	2,4000	4,8000
<b>Q(sum av avvikene)</b>				
<b>Df=2-1=1</b>				
<b>Slå opp i tabell for Df=1 og alfa=0,05. Kritisk verdi=3,48</b>				
<b>Dersom <math>Q &gt; 3,48</math> kan en forkaste 0-hypotesen</b>				

### Vedlegg 19: T-Test bevegelig lus lengde ryggskjold, Furneset og Vindsneset

t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser		
	Variabel 1	Variabel 2
Gjennomsnitt	4,769230769	5,333333333
Varians	0,424615385	1,25
Observasjoner	26	9
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	10	
t-Stat	-1,431805033	
P(T<=t) ensidig	0,091352261	
T-kritisk, ensidig	1,812461123	
P(T<=t) tosidig	0,182704523	
T-kritisk, tosidig	2,228138852	

### Vedlegg 20: T-Test kjønnsmoden lus lengde ryggskjold, Furneset og Vindsneset

t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser		
	Variabel 1	Variabel 2
Gjennomsnitt	6,541666667	5,609756098
Varians	0,259057971	0,893902439
Observasjoner	24	41
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	63	
t-Stat	5,161645982	
P(T<=t) ensidig	1,32864E-06	
T-kritisk, ensidig	1,669402222	
P(T<=t) tosidig	2,65727E-06	
T-kritisk, tosidig	1,998340543	

### Vedlegg 21: T-Test bevegelig lus bredde ryggskjold, Furneset og Vindsneset

t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser		
	Variabel 1	Variabel 2
Gjennomsnitt	4,115384615	4,666666667
Varians	0,346153846	1
Observasjoner	26	9
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	10	
t-Stat	-1,562861583	
P(T<=t) ensidig	0,074574847	
T-kritisk, ensidig	1,812461123	
P(T<=t) tosidig	0,149149694	
T-kritisk, tosidig	2,228138852	

**Vedlegg 22:** T-Test kjønnsmoden lus bredde ryggskjold, Furneset og Vindsneset

<b>t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Gjennomsnitt	5,5	4,682926829
Varians	0,260869565	0,62195122
Observasjoner	24	41
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	62	
t-Stat	5,063466091	
P(T<=t) ensidig	1,97382E-06	
T-kritisk, ensidig	1,669804163	
P(T<=t) tosidig	3,94763E-06	
T-kritisk, tosidig	1,998971517	

**Vedlegg 23:** T-Test bevegelig lus total kroppslengde, Furneset og Vindsneset

<b>t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser</b>		
	<i>Variabel 1</i>	<i>Variabel 2</i>
Gjennomsnitt	7,961538462	8,111111111
Varians	1,238461538	4,361111111
Observasjoner	26	9
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	10	
t-Stat	-0,205028544	
P(T<=t) ensidig	0,420831502	
T-kritisk, ensidig	1,812461123	
P(T<=t) tosidig	0,841663004	
T-kritisk, tosidig	2,228138852	

## Vedlegg 24: T-Test kjønnsmoden lus total kroppslengde, Furneset og Vindsneset

t-Test: To utvalg med antatt ulike varianser		
	Variabel 1	Variabel 2
Gjennomsnitt	13,54166667	9,853658537
Varians	1,737318841	6,67804878
Observasjoner	24	41
Antatt avvik mellom gjennomsnittene	0	
fg	62	
t-Stat	7,603453236	
P(T<=t) ensidig	9,65551E-11	
T-kritisk, ensidig	1,669804163	
P(T<=t) tosidig	1,9311E-10	
T-kritisk, tosidig	1,998971517	

## Vedlegg 25: Lengdeanalyse på Vindsneset

Lus	Lengde ryggskjold i mm	Bredde ryggskjold i mm	Hele kroppslengde i mm	Bevegelig	Kjønnsmoden
1	6	5	13		x
2	6	5	13		x
3	7	5	14		x
4	7	6	11	x	
5	8	5	14		x
6	7	5	10	x	
7	8	5	14		x
8	6	6	11	x	
9	6	5	12		x
10	7	5	10		x
11	6	5	9		x
12	5	4	7		x
13	4	5	7	x	
14	6	5	9		x
15	5	4	8		x
16	5	4	9		x
17	5	4	8		x
18	5	4	6		x
19	5	4	7		x
20	5	4	8		x



21	5	4	7	x	
22	5	4	8		x
23	4	3	6		x
24	4	3	5	x	
25	6	5	11		x
26	5	5	11		x
27	6	5	10		x
28	6	5	13		x
29	6	6	12		x
30	6	6	11		x
31	6	5	12		x
32	6	6	9		x
33	6	6	9		x
34	6	5	13		x
35	6	6	14		x
36	5	4	7		x
37	6	6	13		x
38	5	4	7		x
39	6	5	10		x
40	5	4	8		x

41	6	5	13		x
42	6	5	10		x
43	5	5	8	x	
44	5	4	7	x	
45	5	4	7	x	
46	4	4	7		x
47	5	4	7		x
48	3	3	6		x
49	5	4	8		x
50	5	4	8		x

Livsstadie	Antall lus	Gj.Snitt Lengde ryggskjold i mm	Gj.Snitt Bredde ryggskjold i mm	Gj.Snitt Hele kroppslengde i mm
Kjønnsmoden	41	5,61	4,80	9,85
Bevegelig	9	5,33	4,67	8,11

Vedlegg 26: Lengdeanalyse på Furneset

Lus	Lengde ryggskjold i mm	Bredde ryggskjold i mm	Hele kroppslengde i mm	Bevegelig	Kjønnsmoden
1	6	5	13		x
2	7	5	13		x
3	6	5	14		x
4	7	6	15		x
5	7	5	14		x
6	7	6	15		x
7	7	5	14		x
8	6	6	14		x
9	6	5	10	x	
10	6	6	13		x
11	4	4	7	x	
12	5	4	8	x	
13	7	6	14		x
14	4	4	8	x	
15	5	4	9	x	
16	6	5	10	x	
17	6	5	14		x
18	6	5	14		x
19	5	4	8	x	
20	5	4	6	x	
21	6	6	10	x	
22	4	4	7	x	
23	5	4	8	x	
24	4	3	5	x	
25	4	5	8	x	
26	6	6	14		x
27	4	4	8	x	
28	5	4	8	x	
29	4	4	8	x	
30	5	4	7	x	
31	5	4	8	x	
32	7	6	14		x
33	6	5	13		x
34	4	3	7	x	
35	5	4	8	x	
36	5	4	8	x	
37	5	4	8	x	
38	5	4	8	x	
39	6	6	11		x
40	7	6	15		x

41	7	5	15		x
42	7	6	15		x
43	7	5	13		x
44	7	6	14		x
45	6	5	13		x
46	7	6	11		x
47	6	5	10		x
48	5	4	9	x	
49	4	4	8	x	
50	5	4	8	x	
<b>Livsstadie</b>	<b>Antall lus</b>	<b>Gj.Snitt Lengde ryggskjold i mm</b>	<b>Gj.Snitt Bredde ryggskjold i mm</b>	<b>Gj.Snitt Hele kroppslengde i mm</b>	
Kjønnsmoden	24	6,54	5,50	13,54	
Bevegelig	26	4,77	4,12	7,96	

