

Ole-Martin Kulild

# Sammenligning av embryoutvikling for rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) stamfisk og villfisk

Masteroppgave i Master i realfag

Veileder: Elin Kjørsvik

August 2020



Ole-Martin Kulild

# **Sammenligning av embryoutvikling for rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) stamfisk og villfisk**

Masteroppgave i Master i realfag  
Veileder: Elin Kjørsvik  
August 2020

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Fakultet for informasjonsteknologi og elektroteknikk  
Institutt for biologi



Kunnskap for en bedre verden





# Sammendrag

Med ambisjon om å femdoble norsk lakseproduksjon, står fiskenæringen og staten foran utfordringer knyttet til høyt smittepress av lakselus. Per i dag er utsetting av rensefisk i merder den mest brukte metoden for bekjempelse av lakselus i Norge. For å møte næringens etterspørsel av den populære rensefisken rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) på et bærekraftig vis er det nødvendig å øke produksjonen og begrense bruk av villfanget fisk. I kultivering av rognkjeks utgjør ustabil eggproduksjon en foreløpig flaskehals, og følgelig er det behov for økt kunnskap om rognkjeksens embryoutvikling.

I studien er rognkjeksens embryoutvikling undersøkt for påvirkningen av lipidandel i fôret hos embryoets morfisk. Som mål av embryoutvikling er det undersøkt parameterne befruktningsprosent, klekkesuksess, larvelengde, eggdiameter, hjerterate, morstørrelse, tørrvekt og respirasjon. Embryoutviklingen er sammenlignet for egg fra seks villfisker og 11 stamfisker fordelt på tre ulike dietter med variasjon i lipidandel. Det blir også gjort korrelasjonsanalyser mellom parameterne for utvikling av embryo.

I studien viser at embryoutviklingen er ulik for egg fra villfisk og stamfisk. Generelt er forskjellen større desto mindre lipid det er i morfiskens fôr. Studien antyder også at temperaturen morfiskene opplever under modning av egg, påvirker størrelse og energireserver hos eggene.

# Abstract

With ambition to fivefold Norwegian salmon production, fishing industry and the state face challenges related to high infection pressure from salmon lice. As of 2019, the release of cleaner fish in cages is the most used method for controlling salmon lice in Norway. In order to meet the industry's demand for the popular cleaner fish lumpsucker (*Cyclopterus lumpus*) in a sustainable way, it is necessary to increase the production of lumpsucker and limit the use of wild-caught fish. In the cultivation of lumpsucker, unstable egg production constitutes a preliminary bottleneck, consequently there is a need for increased knowledge about the lumpsucker's embryo development in order to improve production.

In the study, the embryo development of the lumpsucker was investigated for the influence of the lipid content in the feed of the embryo's mother fish. As a measure of embryo development, the parameters fertilization percentage, hatching success, larval length, egg diameter, heart rate, maternal size, dry weight and respiration have been investigated. Embryo development has been compared for eggs from six wild fish and 11 broodstock fish divided into three different diets with variation in lipid content. Correlation analyses have also been performed between the parameters for embryo development.

The study shows that embryo development is different for eggs from wild-caught fish and broodstock fish. In general, the difference is greater the less lipid there is in the mother's feed. The study also suggests that the temperature the mother experiences during maturation of eggs affects the size and energy reserves of the eggs.

# Forord

Masteroppgaven er skrevet med veiledning av Elin Kjørsvik ved institutt for biologi, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og biveileder Bjørn Henrik Hansen (SINTEF Ocean AS). Eksperimentet ble gjennomført ved NTNU Senter for fiskeri og havbruk (Sealab) – NTNU og SINTEF Oceans laboratorier fra oktober 2019 til mars 2020. Rognkjeksegg er levert av Skjerneset Fisk AS, Namdalen Rensefisk og Nofima på Sunndalsøra. Rognkjeksmelke er levert av Cryogenetics AS.

Jeg vil takke hovedveileder Elin Kjørsvik for å ordne, tilrettelegge og veilede gjennom hele masterprosessen. Så vil jeg takke biveileder Bjørn Henrik Hansen for både opplæring og gjennomføring av eksperiment, i tillegg til veiledning i skrivingen av masteren. Ekstra takknemlig er jeg for Elin og Bjørn Henrik sin innsats under Covid-19-pandemien. De har begge vært en uvurderlig støtte og vist velvilje til å tilrettelegge for oppgaven min når opprinnelige planer måtte endres. Jeg takker også Kjersti Rennan Dahl for opplæring på analyselab, Arne Malzahn for opplæring og hjelp til respirasjonsmålinger og veiing av tørrvekt, Ingrid Lein for opplæring og hjelp til stryking av fisk og medstudent Rebecca Rye for samarbeid om eksperiment og henting av rognkjeksegg. Til slutt vil jeg takke kompisgjengen Magnus, Vegard og Sven for en fantastisk studietid.

Trondheim, august 2020

Ole-Martin Kulild



## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b> .....	<b>1</b>
1.1	Rognkjeks som rensefisk i produksjon av laks.....	1
1.2	Eggproduksjon av rognkjeks.....	1
1.3	Kunnskapshull i embryoutvikling hos rognkjeks.....	2
1.4	Min studie, mål og hensikt.....	2
<b>2</b>	<b>Materialer og metoder</b> .....	<b>3</b>
2.1	Forsøksmaterialet.....	3
2.2	Eksperimentell innledning og oppsett.....	3
2.3	Statistisk analyse.....	13
	.....	14
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>15</b>
3.1	Befruktningsprosent og klekkesuksess.....	15
3.2	Eggdiameter og standard larvelengde.....	17
3.3	Respirasjonsmålinger og tørrvekt.....	21
3.4	Hjerterate.....	25
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>27</b>
4.1	Befruktningsprosent og klekkesuksess.....	27
4.2	Eggdiameter og standardlarvelengde.....	28
4.3	Respirasjon og tørrvekt.....	29
4.4	Hjerterate.....	30
4.5	Begrensninger og utfordringer med studien.....	31
4.6	Konklusjon.....	32
<b>5</b>	<b>Kilder</b> .....	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>35</b>
6.1	Fôrformel.....	35
6.2	R-formler brukt i statistisk analyse.....	36
6.3	Tidspunkt for prøvetakning.....	37
6.4	Resonoment for sammenheng, korrelasjon og årsak for eggdiameter og klekkesuksess.....	38
6.5	Gjennomsnittsverdier for samtlige parametere med hensyn på morfisk.....	38
6.6	Rådata respirasjon og tørrvekt.....	39
6.7	Rådata larvelengde og eggdiameter.....	43
6.8	Rådata befruktning og klekking.....	46
6.9	Rådata hjerterate.....	48

# 1 Introduksjon

## 1.1 Rognkjeks som renseskisk i produksjon av laks

Den norske lakseproduksjonen har opplevd stor vekst siden tidlig 70-tallet, fra under 1000 tonn til over 1,2 millioner tonn i 2012. I takt med veksten har det også oppstått bekymringer knyttet til produksjonens fotavtrykk på miljøet. Én av de mest presserende konsekvensene er spredning av lakselus. Dagens produksjon og vekst reguleres i stor grad basert på øvre grenser for tillatt mengde lakselus og MTB (Hersoug, 2015).

I Norge ble det produsert nesten 1,3 millioner ton laks per 2018, med førstehåndsverdi på 64 milliarder kroner (SSB, 2019). Det gjør næringen til den tredje største i Norge, etter olje og naturgass. Næringen har også fra statlig hold vært et offisielt satsningsområde med ambisjoner om femdobling innen 2050 (Olafsen et al., 2012). I 2016 ble kostnaden av lakselus i norsk lakseproduksjon beregnet til rundt 5 milliarder (Iversen et al., 2017). Kostnadene forventes å øke med vekst, i tillegg til å utgjøre en av de viktigste begrensningene for vekst (Olafsen et al., 2012).

I kampen mot lakselus økte bruken av medikamentell behandling fra 2012 og frem til 2016, og da særlig bruken av hydrogenperoksid (Kvistad, 2015). Behandlingen viste seg å ha andre uønskede effekter, og legemiddelbruken ble gradvis erstattet med ikke-medikamentelle metoder (Sjømatnorge, 2017). Per 2019 er en kombinasjon av rognkjeks og leppefisk den mest brukte metoden for bekjempelse av lakselus (lusedata, 2019).

Rognkjeks og leppefisk inngår i kategorien renseskisk som benyttes som biologisk kontroll av ektoparasitter, og da særlig parasitten *Lepeophtheirus salmonis*. Historisk sett, og globalt, er de mest brukte leppefisker (Treasurer, 2018). I norsk produksjon har det vist seg at rognkjeks er en mer effektiv renseskisk ved lavere temperaturer. Rognkjeks er også lettere å kultivere. Dette er grunner for at den har fått økt popularitet i Norge. Per 2018 utgjorde rognkjeks over 60 % av det totale antallet utsatte renseskisk i Norge. Av rognkjeks var omtrentlig 95 % fra oppdrett og de resterende 5 % fra villfanget fisk (Fiskeridirektoratet, 2019).

## 1.2 Eggproduksjon av rognkjeks

Bruken av rognkjeks i stor skala begynte i Norge i 2012 og er dermed relativt ny. Fremdeles er klekkeriene avhengig av egg og melke fra villfanget fisk for produksjon av renseskisk (Jonassen et al., 2018). I naturen gyter hunfisken fra vår og utover sommeren, henholdsvis tidlig i sør og senere i nord. Det er vanlig at hver hunfisk gyter to til tre ganger i løpet av denne perioden. Da slippes rognen ut i frie vannmasser og fester seg til et substrat. I saltvann fester eggene seg til hverandre og hanfisken befrukter eggene før eggene etterhvert hardner (Powell et al., 2018a). Erfaring har vist at både egg og melke tåler transport i noen timer. En vanlig prosedyre er derfor å strippe hunfisken og ekstrahere hannens gonade fremfor å transportere levende fisk. Ved klekkeriet blandes så egg og melke direkte i standard installasjoner brukt for lakseegg med gjennomstrømsystem.

Til sammenligning for andre marine arter vil den tidlige embryoutviklingen hos rognkjeks være treg med tilhørende forventning om lav metabolsk rate. Inkubasjonstiden regnes å være mellom 280-300 døgngrader, som vil si ca. 30 dager ved temperatur på omtrentlig

10°C. Det er vanlig med klekkesuksess på 80 %, med rater opp mot 100 % ved optimale vannforhold. For akvakultur varierer klekkesuksessen, og det registreres også klekkerater ned til 30 %. Prematur stripping av rogn og plutselige endringer i temperatur påpekes som mulige årsaker for lavere klekkerate (Jonassen et al., 2018). For å unngå spredning av bakterier bør døde og ubefruktede egg fjernes. Årsaken er at bakterier raskt formerer seg i disse eggene og sprer seg til omliggende egg. Fjerning av døde egg vil stresse resterende egg. Klekking skjer vanligvis samme- eller påfølgende dag for hele gruppen, og det er derfor ikke nødvendig å fjerne eggeskall etter klekking (Jonassen et al., 2018).

### 1.3 Kunnskapshull i embryoutvikling hos rognkjeks

Produksjon av rognkjeks som rensefisk drives av økende etterspørsel som overgår bærekraftig beskatning av villfisk. Det er ettertraktet at oppdrettsnæringen er selvforsynt med rensefisk uten bidrag fra villfisk. For å oppnå dette må kunnskapsnivået løftes på en rekke områder da det finnes lite litteratur på rognkjeks i fangenskap. Et særlig avgjørende steg mot uavhengighet fra villfisk er å lukke produksjonssyklusen. Det etterlyses da særlig å få oversikt over stamfiskens genetiske struktur og starte avlsprogram. Det bør også skaffes kontroll på fiskens reproduksjon. For å få kontroll på hanfiskens reproduksjon foreslås det å opprette en langsiktig spermbank ved bruk av kryopreservering. For hunfisken bør modningsprosessen kontrolleres for forutsigbar gyting (Powell et al., 2018b).

En generell utfordring for fiskeproduksjon i akvakultur er å produsere optimalisert stamfiskdiett som gir god befruktningsprosent, klekkerate og embryoutvikling. En sentral utfordring er manglende studier og kunnskap om effekten av fôr, og da særlig for arter som relativt nylig er blitt kultivert (Bobe, 2015). En av årsakene til at stamfiskdiett blir lite undersøkt er at produksjonsvolumet er vesentlig lavere enn for fôrproduksjon til matfisk. Differansen i produksjonsvolumet gjør det mindre lukrativt for fôrprodusentene å forske på (Izquierdo et al., 2001). Lipidinnhold er den mest studerte makronæringen for stamfisknæring, og resultatene viser at riktig mengde lipid er avgjørende for god embryoutvikling (Migaud et al., 2013). For å bedre embryoutvikling hos rognkjeks bør det fremstilles gunstige fôrformler spesifikt egnet for arten, da de fleste rognkjeks foreløpig føres på standard marine dietter (Powell et al., 2018b).

### 1.4 Min studie, mål og hensikt

I studien undersøkes utviklingen av rognkjeksegg fra befruktning frem til og med nyklekt larve. Studien omfatter egg fra villfisk og stamfisk føret på forskjellige dietter. Eggene undersøkes for parameterne befruktningsprosent, klekkesuksess, larvelengde, eggdiameter, hjerterate, morstørrelse, tørrvekt og respirasjon. Med hensyn til nevnte parametere vil utviklingen hos embryoene fra villfisk sammenlignes med embryo fra stamfisk. Det blir også undersøkt hvordan de ulike stamfisk-gruppene utvikles i forhold til hverandre. Formålet er å kartlegge deler av rognkjeksembryos utvikling og hvordan morfisk-dietten kan påvirke den.

Hypotesene er som følgende:

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1: For rognkjeks vil utviklingen av embryo fra stamfisk avvike fra utviklingen av embryo fra villfisk.</li><li>2: Mengden lipid i morfiskens diett påvirker embryoutvikling hos rognkjeks, og utviklingen vil avvike i samsvar med hvor mye lipidsammensetningen avviker fra naturlig rognkjeksdiett.</li></ol> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2 Materialer og metoder

Datainnsamlingen foregikk fra oktober 2019 til mars 2020. Det ble hentet og inkubert rognkjeksegg i fire omganger. Forsøkene på de innsamlede eggene ble gjort på SINTEF SeaLabs laboratorier på Brattørkaia 17c, 7010, Trondheim, som en del av prosjektet STARTRENS – Optimalisert Startfôring av Rensefisk (prosjektnummer: 901561).

### 2.1 Forsøksmaterialet

Forsøksmaterialet består av rogn og melke. Melke stammer fra én hannkall levert av Cryogenetics AS. Det er kryopreservert og levert som Squarepack®. Frem til befruktning er melke oppbevart i flytende nitrogen.

Rognen stammer fra 17 individuelle rognkjeks hvor henholdsvis seks er villfanget og 11 er stamfisk. Av de villfangede fiskene er tre fra Skjerneset Fisk i Møre og Romsdal og tre er fra Namdalen Rensefisk i Trøndelag. Alle 11 stamfiskene er fra NOFIMAs fasiliteter på Sunndalsøra i Møre og Romsdal. Stamfiskene er fôret ulikt med hensyn på andel lipid. Lipidandelen framkommer av tabell 1. Morfiskenes opphav er beskrevet i tabell 1. Detaljert fôrbeskrivelse vises av figur A1 i vedlegg.

**Tabell 1: Egg-gruppenes opphav, fôrkarakteristikk og tidspunkt for stryking.**

<b>Fiske-gruppe</b>	<b>Opphav</b>	<b>Fôrkarakteristikk</b>	<b>Strøket</b>
<b>Mye lipid-1</b> <b>Mye lipid-2</b> <b>Mye lipid-3</b>	Stamfisk fra Nofima på Sunndalsøra, kar 1.	Lipid: 18,7 % Karbohydrater: 7,59 %	04.02.2020
<b>Middels lipid-1</b> <b>Middels lipid-2</b> <b>Middels lipid-3</b> <b>Middels lipid-4</b>	Stamfisk fra Nofima på Sunndalsøra, kar 2.	Lipid: 13,9 % Karbohydrater: 13,50 %	04.02.2020 (2-5 strøket 20.02.2020)
<b>Lite lipid-1</b> <b>Lite lipid-2</b> <b>Lite lipid-3</b> <b>Lite lipid-4</b>	Stamfisk fra Nofima på Sunndalsøra, kar 3.	Lipid: 7,3 % Karbohydrater: 17,98 %	04.02.2020 (3-4 strøket 20.02.2020)
<b>Namdalen-1</b> <b>Namdalen-2</b> <b>Namdalen-3</b>	Villfisk fra Namdalen Rensefisk	Naturlig føde	17.10.2019
<b>Skjerneset-1</b> <b>Skjerneset-2</b> <b>Skjerneset-3</b>	Villfisk fra Skjerneset Fisk	Naturlig føde	06.11.2019

### 2.2 Eksperimentell innledning og oppsett.

#### 2.2.1 Stryking av rogn

Hver fôrvariant ble gitt til i overkant av 40 hunnfisker. De 3-4 feteste fiskene ble håvet opp og bedøvet ved badning i løsning av saltvann iblandet FINQUEL vet. (20mg/L) frem til fisken var helt rolig, omtrentlig 10 minutter. For å unngå at rognen klumper seg i kontakt

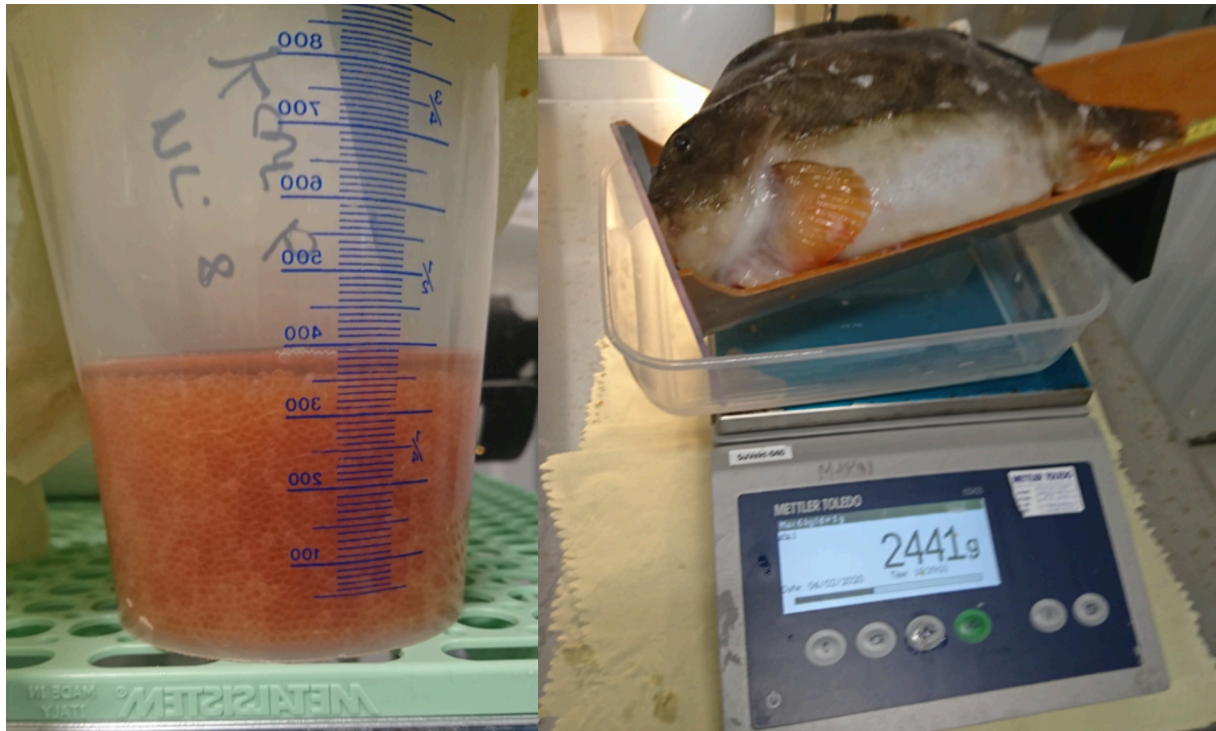


med vann under strykingen ble fisken først tørket rundt gonadeåpningen med papir. For noen fisk kunne gytingen startes ved å presse langs fiskens sider mot gonadeåpningen. For andre måtte gonadehinnen sprekkes assistert ved å presse en finger inn i åpningen. Strykingen foregikk ved å presse langs fiskens sider mot gonadeåpningen (figur 1). Rognen ble samlet i et beger. Urin kan få rognen til å klumpe seg så det ble bevisst unngått å få urin i begeret.



**Figur 1:** Stryking av rognkjeks på NOFIMAs fasiliteter på Sunndalsøra.

Etter følgende rekkefølge ble strøket fisk veid, målt for standardlengde og totallengde, total mengde rogn og ovarievæske som vist av figur 2. Det ble tatt med 200 ml rogn /m ovarievæske fra hver fisk.



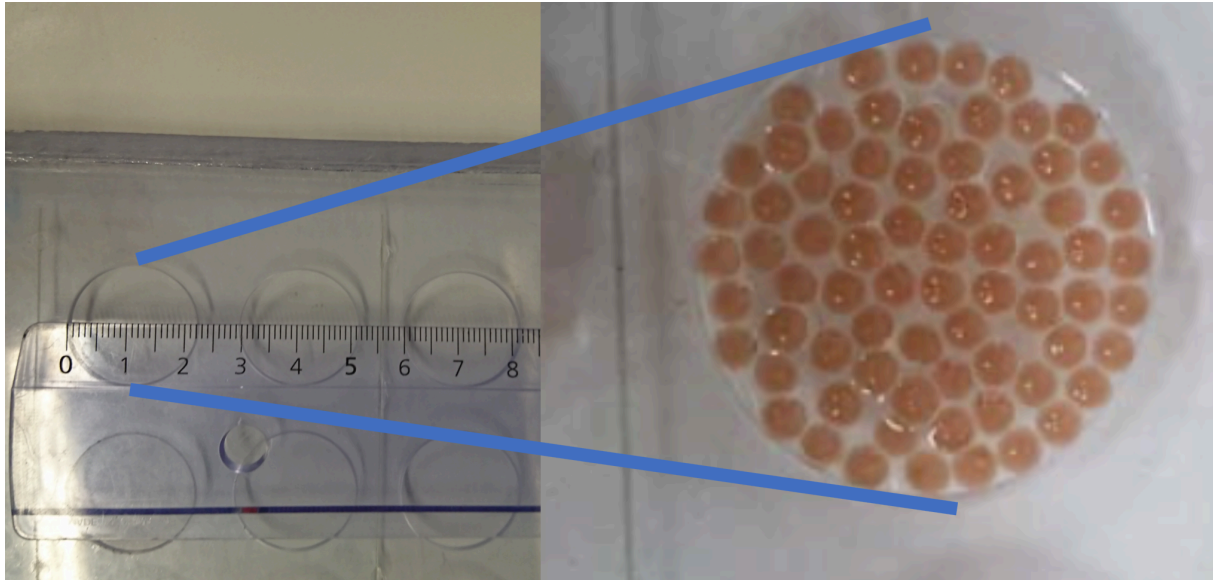
**Figur 2:** Registrering av rogn m/ ovarievæske, standardlengde og total lengde og vekt for rognkjeksen.

En isoporkasse ble fylt med is. Mellom is og rogn ble det lagt et isolerende og vannabsorberende pledd samt bobleplast. Transporten ble gjort med bil i ca. tre timer. Oppsettet vises av figur 3.



**Figur 3:** Rognen ble transportert i isoporkasse fylt med is. Mellom rognen og isen ble det lagt et isolerende og vannabsorberende pledd samt bobleplast for ekstra isolasjon. Rognen var pakket i doble plastposer.

Den kryopreserverte melken lå lagret på «SquarePacks®» (12 ml) i flytende nitrogen. For tining ble pakken nedsenket i vannbad med temperatur på 25°C i 30 sekunder. Melken ble så blandet med rognen (50 ml) og deretter saltvann (50 ml) og blandingen ble rørt i tre minutter. Rognen ble så strøket utover en plate med nedsenkede sirkulære former egnet for å presse ut sirkulære ett-lags «kaker» (figur 4). Hver «kake» gir plass til ca. 80 egg.



**Figur 4:** Plastplate med nedsenkede sirkulære former egnet for å presse ut sirkulære ett-lags «kaker» med plass til ca. 80 egg. Venstre side viser sirkelens diameter på omtrentlig 2 cm. Høyre side viser innzoomet fylt «kake».

Etter ca. 15 minutter var «kakene» stive og eggene begynt å hardne. Hver «kake» ble plassert enkeltvis i et kammer bestående av 50 ml sentrifugerør med avkappet bunn og skruelukk. Både bunn og lokk ble avsperrret med planktonduk (Figur 5, b) for å tillate gjennomstrømning av vann. Kamrene ble plassert i en multi-inkubator. Inkubatoren er et gjennomstrømningssystem med plass til 336 kammer (figur 5, a). Inkubatoren tilføres filtrert vann (filter med 25 mikron og deretter 1 mikron). Vannet hentes fra 70 meters dyp og reguleres til 9,5°C. Med unntak av under håndtering av prøvene tildekkes inkubatoren med hvit plastlokk som jevnfordeler lyset. Lyset på rommet ble slukket når det ikke foregikk håndtering av prøver.

Totalt ble det brukt tre slike multi-inkubatorer. Hver egg-gruppe (felles morfisk) ble bestående av 10-16 replika. Replikaene skulle til sammen dekke prøvetaking av lipidanalyser og beinutvikling (ikke brukt i denne studien), respirasjon og tørrvekt. Resterende grupper ble brukt til beregning av klekking. Fordeling av replika fremkommer av delkapittel «2.2.8 Replikaoversikt».



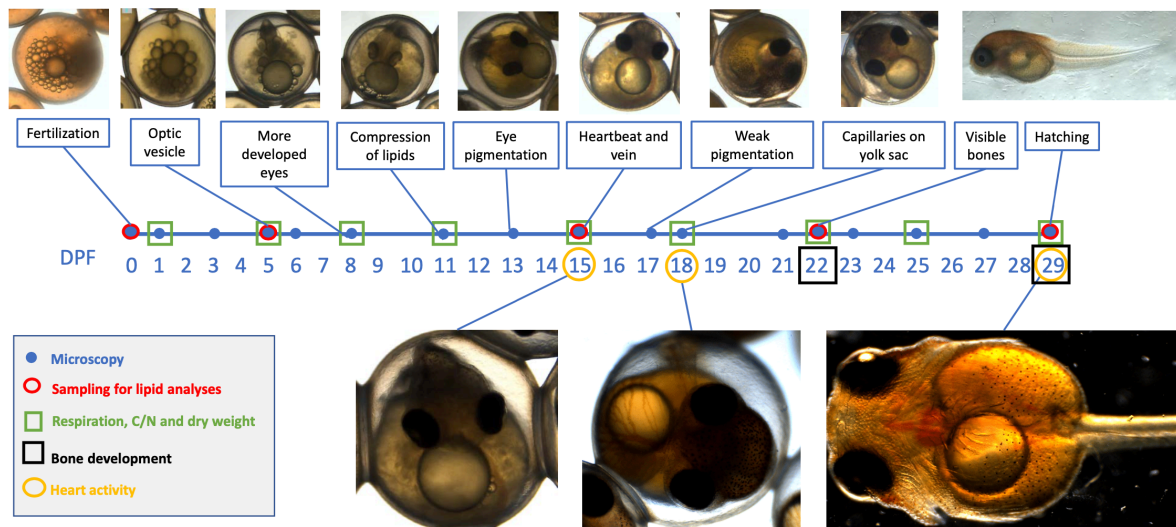


**Figur 5:** En av tre identiske multi-inkubatorer med vanngjennomstrømningssystem (a). Sirkulære ett-lags «kaker» ble plassert i individuelle kammer (b).

For uttak av egg og larver til prøvetaking ble hele det aktuelle kammeret tatt ut av multi-inkubatoren og plassert i plastbeholder med tilsvarende sjøvann som i inkubatoren. Det ble brukt skje og pinsett for å separere eggene fra hverandre etter behov.

Figur 6 viser planen for prøvetaking. For «Namdalen» og «Skjerneset» er planen fulgt. For stamfisk-gruppene avvek noen av tidspunktene. Oversikt over presist gjennomføringstidspunkt vises i vedlegg figur A2.

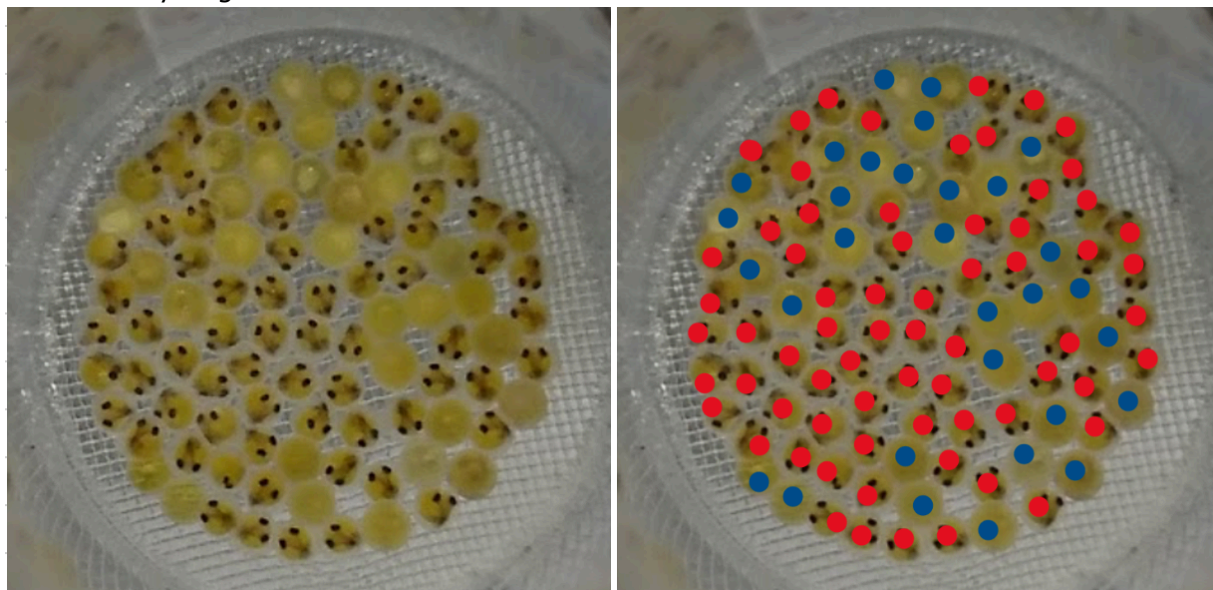
## Timeline – embryonic development



**Figur 6:** Tidslinje for målinger av «Namdalen» og «Skjerneset», samt planlagte tidspunkt for stamfisk-gruppene, avvik vises i vedlegg (figur A2). Figuren er hentet fra PowerPoint i sammenheng med introduksjon av «STARTRENS-lumpsucker» for masterstudenter.

### 2.2.2 Befruktning og klekking

Basert på mobilbilder tatt mellom 14 og 15 dpf ble det talt totalt antall egg og andel befruktede egg i hver sirkel med rogn. Eggene ble vurdert som befruktet dersom det ble observert øyerogn.



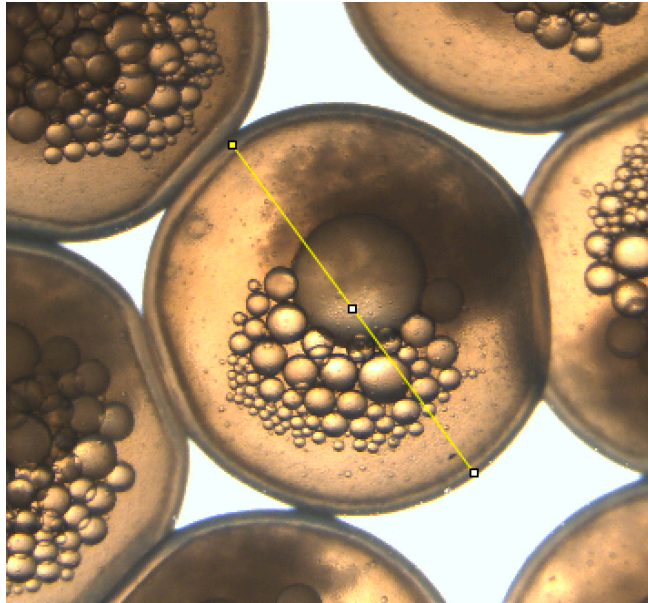
**Figur 7:** Eksempel for registrering av øyerogn. Rognkjeksegg ved 14 dpf (venstre). For registrering av befruktede og ubefruktede egg ble øyerogn markert med rød prikk og egg uten øyerogn markert med blå prikk (høyre). Antallet blå prikker utgjør så befruktningsprosenten. Klekkesuksessen var andelen av de befruktede eggene som klekket. For dette ble det tilslutt talt og registrert hvor mange larver som klekket fra hver kake.

### 2.2.3 Fotografering

For bilde- og videodokumentasjon ble det brukt kamera Leica MC170 HD, zoom Leica Z6 APO og for lyskilde ble det brukt Leica CLS 150 XD. Dette gjelder dokumentasjon og registrering av parameterne standardlengde, eggdiameter, hjerterate og befruktning som beskrives i kommende delkapitler.

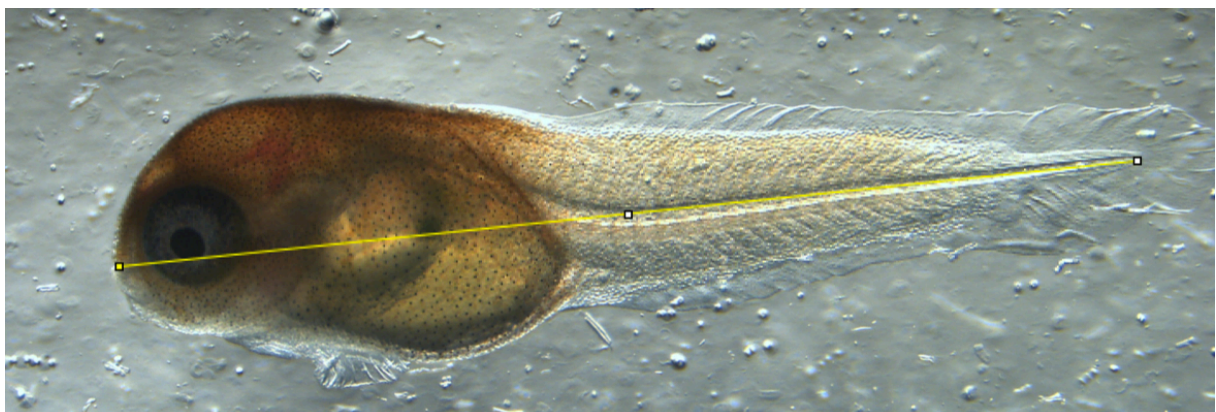
### 2.2.4 Eggdiameter og standard larvelengde

Egg ble fotografert samme dag som befruktning. Basert på fotografiene ble eggdiameteren målt for egg fra hver egg-gruppe (tilhørende felles morfisk) ved bruk av programvaren ImageJ (Schindelin, 2012) som oversetter piksler til mm (figur 8).



**Figur 8:** Eggdiameter (gul linje) målt for rognkjeksegg ved 1 dpf med programvaren ImageJ.

Larver ble fotografert 1-2 dager etter klekking. Basert på fotografiene ble standardlengden (fra snute til enden av halefinne) målt for larver fra hver egg-gruppe (tilhørende felles morfisk) ved bruk av programvaren ImageJ (Schindelin, 2012) som oversetter piksler til mm (figur 9).

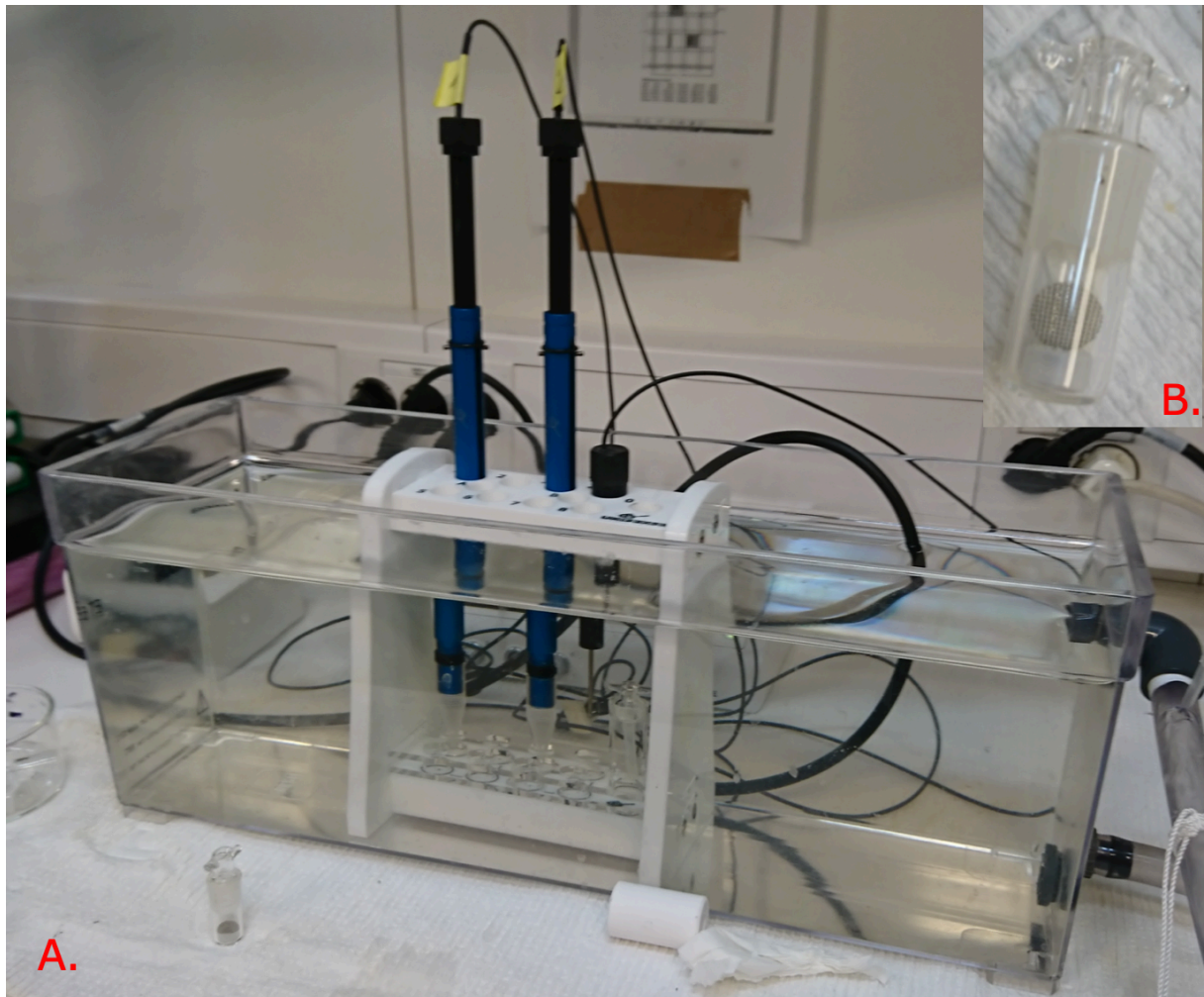


**Figur 9:** Standardlengde (snute til enden av halefinne, gul linje) målt for rognkjekslarve 1-2 dager etter klekking med programvaren ImageJ.



### 2.2.5 Respirasjonsmålinger

Det ble gjort respirasjonsmålinger på egg fra 1-2 dager etter befruktning og én gang for larver 1-2 dager etter klekking. Målingene ble gjort tre ganger i uken i 29 dager. Det ble benyttet et mikrorespirasjonssystem fra Unisense (Unisense A/S, DK) vist av figur 10. Oppsettet inkluderer O<sub>2</sub>-mikrosensor (MR-sensor), forsterker (fx-6 UniAmp), magnetrører (MR2-Stirrer) og vannsirkulator (CORIO CD-200F, JULABO GmbH Tyskland). For målinger på egg ble det målt fem egg fra felles morfisk i hvert kammer. For larver ble det målt ett og ett individ. Egg/larve ble plassert i glasskammer (MicroRespiration Chambers, 1ml) (figur 10, b). I kamrene ble brukt tilsvarende sjøvann som i multi-inkubatoren. Vannsirkulatoren kjølte det omliggende vannet i systemet til 10°C. Magnettrøeren sørget for å homogenisere vannet i glasskammeret. Etter at kammer med egg/larve ble plassert i systemet, fikk det stå i ro i en periode for å sikre at vannet holdt 10°C og at eggene eller larvene fikk venne seg til det nye miljøet. Mikrosensoren (blå søyle i figur 10) detekterer spenning som av programvaren «SensorTrace Rate» oversettes til forbrukt oksygen over tid og loggføres.



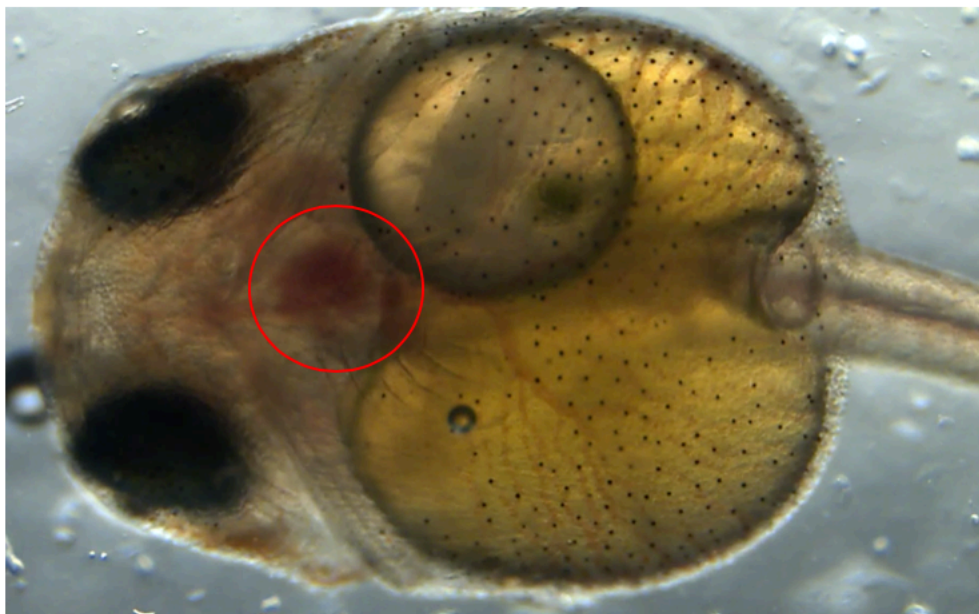
**Figur 10:** Bilde A. viser mikrorespirasjonssystem fra Unisense. Vann fra inntaket på høyre side kommer fra en kjølede vannsirkulator innstilt på 10°C. Bilde B. viser et 1 ml glasskammer hvor egg eller larver plasseres. I bunnen ligger det en magnet kontrollert av tilhørende magnetrører i oppsettet. Et lite metallgitter separerer magnet og egg/larver. Glasskammeret plasseres i stativet med de blå sylindrerne. Elektroder fra sylindrerne stikkes ned i glasskammeret og måler spenning. Tilhørende programvare oversetter spenning til forbrukt oksygen.

### 2.2.6 Tørrvekt

Etter respirasjonsmålingene ble samme fem egg skylt med ferskvann og plassert i felles forhåndsveide aluminiumskapsler. For larver som var målt individuelt ble alle fem fra felles morfisk plassert i samme aluminiumskapsel. Kapslene med fem egg eller larver ble plassert i brønnbrett og tørket i varmeskap ved 60°C i minimum to døgn før tørrvekten ble målt med analysevekt fra Mettler Toledo. Forhåndsveid vekt ble så subtrahert fra den nye registrerte vekten.

### 2.2.7 Hjerterate

Det ble tatt 30 sekunder med video i mikroskop av larver ved 1-2 dager etter klekking. Utsnitt av video i figur 11. Videoene ble brukt for å måle hjerterate. Det ble brukt stoppeklokke for å måle tiden det tok for 10 hjerteslag. Tiden ble startet og stoppet ved visuell observasjon av maksimal utbredelse av hjertet.



**Figur 11:** Utsnitt av video for undersøkelse av hjerterate hos klekket rognkjeks ved 1-2 dager etter klekking. Hjertet er det røde området innenfor rød sirkel.



## 2.2.8 Replikaoversikt

Tabell 2 gir oversikt over fordelingen av replika til respektiv prøvetaking.

**Tabell 2:** Oversikt over #sirkulære ett-lags «kaker» som fordeles til respektiv prøvetaking. Røde tall indikerer prøver som forbrukes under prøvetaking. Blå tall indikerer prøver som ble lagt tilbake i inkubator, gikk direkte til en annen prøve eller hvor det bare ble fjerner noen få egg fra «kaken».

Gruppe	Totalt #replika	Befruktning og klekking	Larvelengde, hjerterate, eggdiameter, respirasjon, tørrvekt, lipidprøver og beinfarging
«Mye-lipid»-1	10	6	4
«Mye-lipid»-2	10	6	4
«Mye-lipid»-3	10	5	5
«Middels-lipid»-1	10	7	3
«Middels-lipid»-2	10	7	3
«Middels-lipid»-3	10	7	3
«Middels-lipid»-4	16	11	5
«Lite-lipid»-1	10	5	5
«Lite-lipid»-2	10	7	3
«Lite-lipid»-3	10	7	3
«Lite-lipid»-4	16	11	5
Namdalen-1	16	12	4
Namdalen-2	16	13	3
Namdalen-3	16	12	4
Skjærneset-1	16	8	8
Skjærneset-2	16	9	7
Skjærneset-3	16	8	6

## 2.3 Statistisk analyse

Statistiske analysene ble gjort med programvaren «R 4.0.2» i «RStudio 1.3.959» for Mac (oversikt over brukte funksjoner vises i vedlegg figur A1). Tabeller og grafer ble produsert i samme program, med unntak av søylediagram (figur 13 og 14) for befruktning og klekking som ble laget i «Excel 16.35». Fremgangsmåten visualiseres av flytskjema (figur 12).

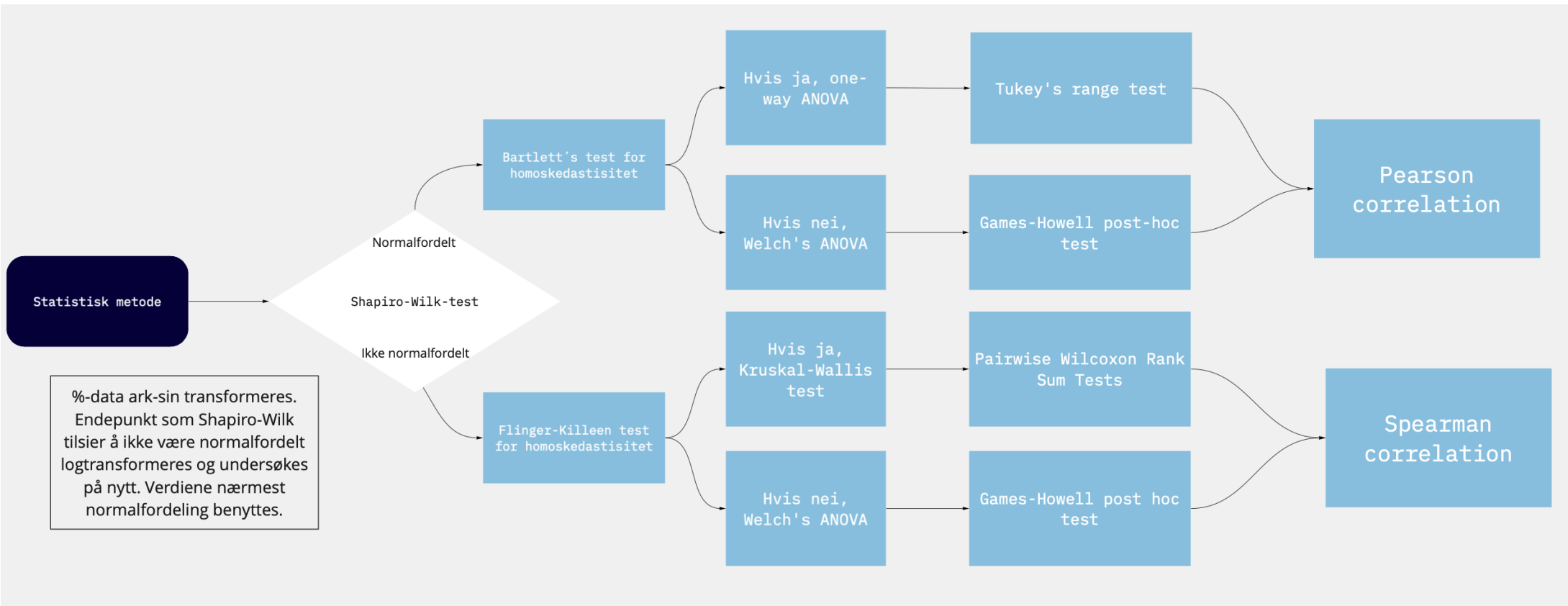
Først ble parameterne datasett testet med Shapiro-Wilk-test for normalfordeling. Testresultat med p-verdi  $> 0,05$  ble vurdert som ikke signifikant ulikt normalfordelt, resterende resultater ble vurdert som ikke-normalfordelt. Datasett med få replika ble også undersøkt visuelt med tetthetskurve og quantile-quantileplott.

### 2.3.1.1 Normalfordelt

For normalfordelte datasett ble det benyttet Bertlett's test for å undersøke homoskedastisitet. Datasett med homoskedastisk fordeling ble undersøkt for signifikante forskjeller ved one-way ANOVA etterfulgt av Tukey's range test for å identifisere hvilke spesifikke grupper som var signifikant ulike. Datasett med hetroskedastisk fordeling ble undersøkt med Welch's ANOVA etterfulgt av Games-Howell post-hoc test for å identifisere hvilke spesifikke grupper som var signifikant ulike. Alle normalfordelte endepunkt ble testet med Pearson korrelasjonskoeffisient-test. For samtlige tester ble grensen for statistisk signifikant satt til p-verdi  $> 0,05$ .

### 2.3.1.2 Ikke-normalfordelt

For ikke-normalfordelte datasett ble det benyttet ikke-parametriske tester. Det ble brukt Flinger-Killeen test for å undersøkt homoskedastisitet. Datasett med homoskedastisk fordeling ble undersøkt for signifikante forskjeller ved Kruskal-Wallis test etterfulgt av Pairwise Wilcoxon Rank Sum Test for å identifisere hvilke spesifikke grupper som var signifikant ulike. Datasett med hetroskedastisk fordeling ble undersøkt med Welch's ANOVA etterfulgt av Games-Howell post-hoc test for å identifisere hvilke spesifikke grupper som var signifikant ulike. Alle ikke-normalfordelte endepunkt ble testet med Spearman korrelasjonskoeffisient-test. For samtlige tester ble grensen for statistisk signifikant satt til p-verdi  $> 0,05$ .

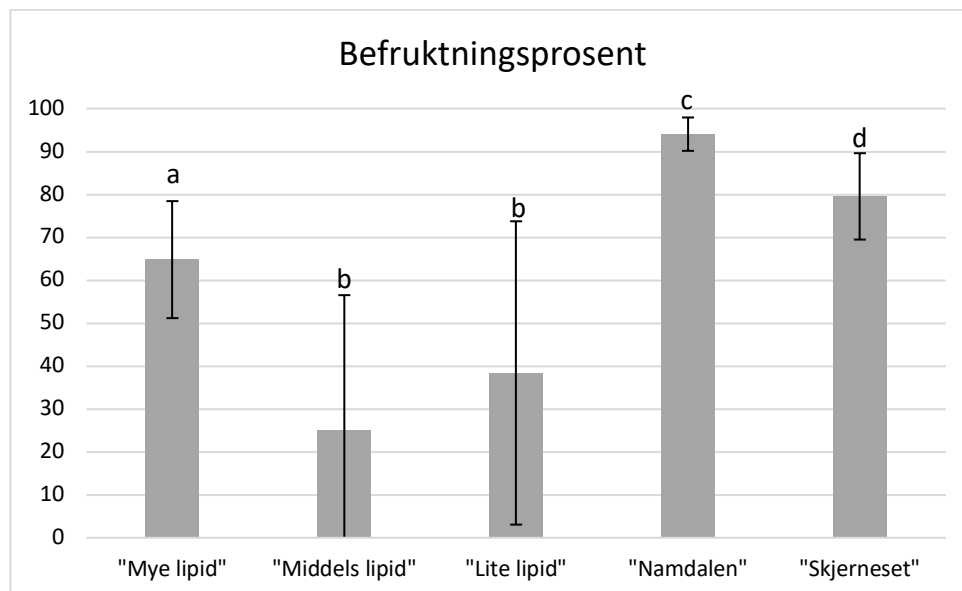


**Figur 12:** Flytskjema for visualisering av brukte statistiske analytiske metode. For samtlige tester ble grensen for statistisk signifikant satt til p-verdi > 0,05.

## 3 Resultater

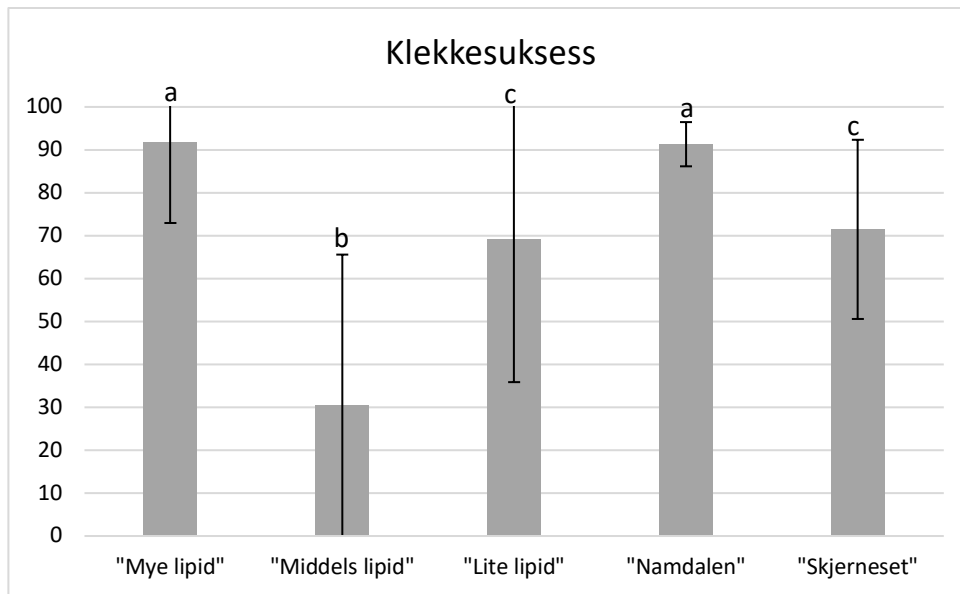
### 3.1 Befruktingsprosent og klekkesuksess

For hele datasettet var den gjennomsnittlige befruktningsprosenten på 59,6 %. Det ble observert høyere befruktningsrate for villfisk-gruppene enn for stamfisk-gruppene (figur 13). Egg-gruppen «Mye lipid», med mest lipid i fôret, lå nærmere klekkesuksessene til villfisk-gruppene enn den gjorde resterende stamfisk. «Middels lipid» og «lite lipid» skilte seg ut ved både lav befruktningsprosent og høyt standardavvik. Det ble funnet statistisk signifikans mellom samtlige grupper, med unntak av mellom «Middels lipid» og «Lite lipid».



**Figur 13:** Gjennomsnittlig befruktningsprosent for rognkjeksegg. Fra venstre til høyre er utvalgsstørrelse,  $n = 17, 35, 31, 37$  og  $25$ . Statistisk signifikant forskjell undersøkt med Welch's ANOVA ( $p < 0,05$ ) betegnes med forskjellige bokstaver. Feilfelt angir  $\pm$  standardavvik.

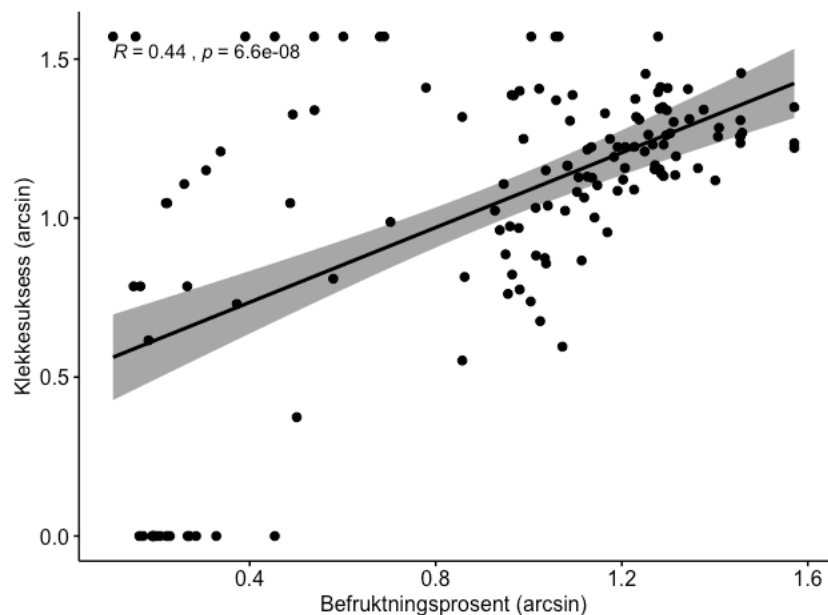
For hele datasettet var den gjennomsnittlige klekkesuksessen på 68,5 %. De høyeste klekkesuksessene ble observert for «Mye lipid» og «Namdalen» og var uten statistisk signifikant forskjell (Figur 14). Noe lavere lå «Lite lipid» og «Skjærneset», også uten statistisk signifikant forskjell. «Middels lipid» skilte seg særlig ut fra resterende grupper med lav klekkesuksess.



**Figur 14:** Gjennomsnittlig klekkesuksess for rognkjeksegg. Fra venstre til høyre er utvalgsstørrelse,  $n = 17, 35, 31, 37$  og  $25$ . Statistisk signifikant forskjell undersøkt med Welch's ANOVA ( $p < 0,05$ ) betegnes med forskjellige bokstaver. Feilfelt angir  $\pm$  standardavvik.

For både befruktning og klekking observeres det sammenheng mellom lave prosent og høy variasjon. Gruppene med høyest gjennomsnittlig befruktningsprosent og klekkesuksess er også de mest stabile.

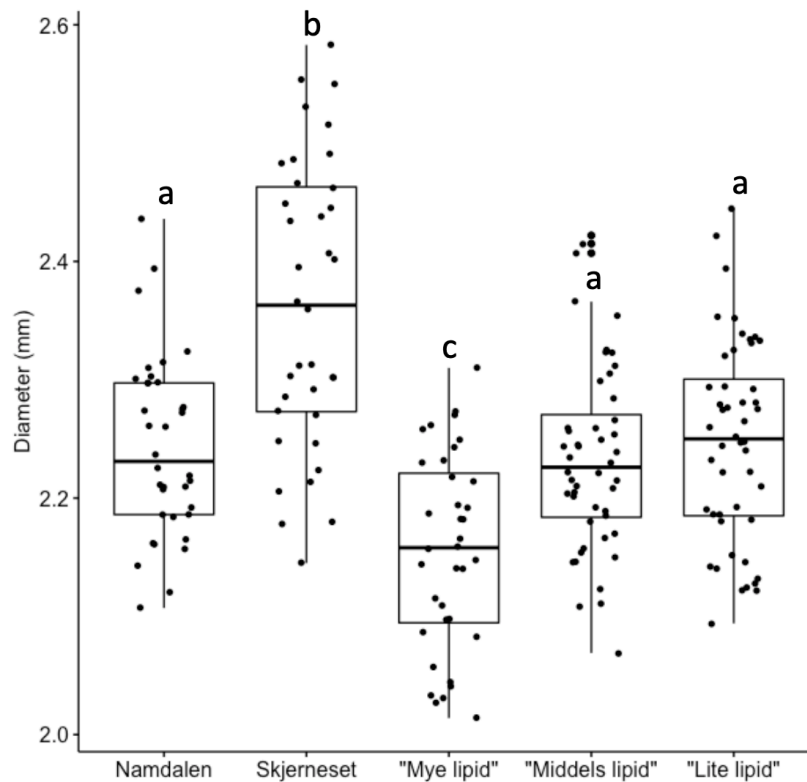
Ved korrelasjonsanalyse ble observert positiv korrelasjon mellom klekkesuksess og befruktningsprosent ( $R = 0,44, p < 0,01$ ) (figur 15).



**Figur 15:** Pearson korrelasjon for rognkjeksegg mellom arcsin-transformert klekkesuksess og befruktningsprosent. Utvalgsstørrelse  $n = 145$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,44$  ( $p < 0,01$ ).

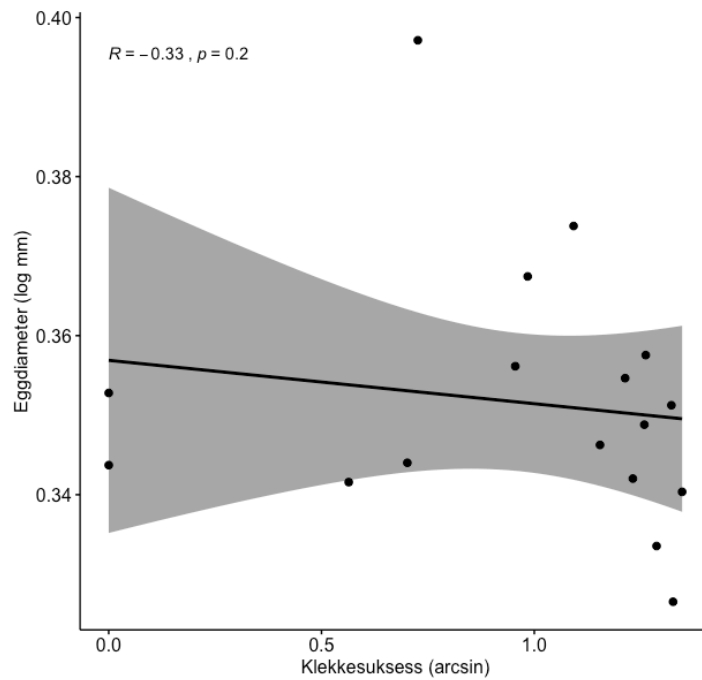
## 3.2 Eggdiameter og standard larvelengde

For hele datasettet var gjennomsnittlig eggdiameter (samme dag som befruktning) 2,25 mm. De største eggene tilhører gruppen «Skjerneset» og var statistisk signifikant ulik resterende grupper (Figur 16). Gruppene «Namdalen», «Middels lipid» og «Lite lipid» var uten statistisk forskjell og dannet størrelsesmessig en midtgruppe. «Mye lipid» skiller seg ut ved det å være de minste eggene.



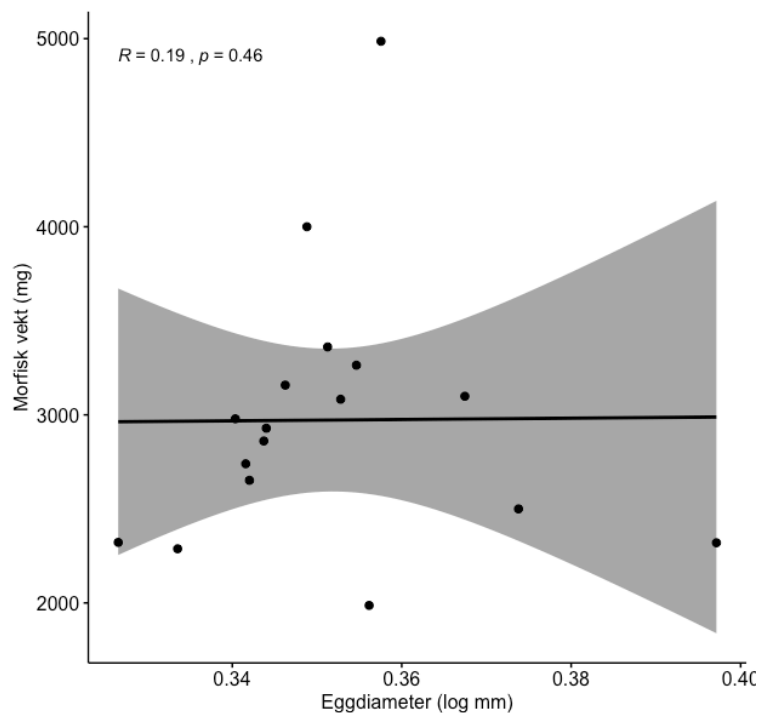
**Figur 16:** Diameter (mm) for rognkjeksegg samme dag som befruktning. Utvalgstørrelse for Namdalen, Skjerneset og «Mye lipid»,  $n = 36$  og for «Middels lipid» og «lite lipid»,  $n = 48$ . Statistisk signifikant forskjell undersøkt med Games-Howell post hoc test ( $p < 0,05$ ) betegnes med forskjellige bokstaver. Feilfelt angir  $\pm$  standardavvik. Boksene angir interkvartilbredde. Sort midtstrek i boksene angir gjennomsnitt.

Det ble observert liten ikke-statistisk signifikant korrelasjon mellom klekkesuksess og eggdiameter ( $R = 0,19$ ,  $p = 0,46$ ) (figur 17).



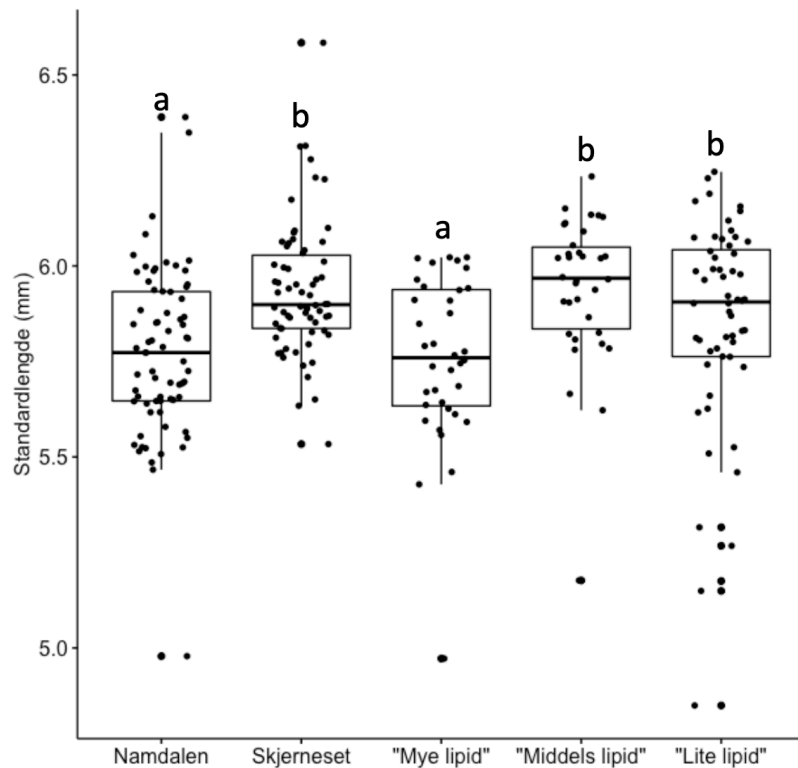
**Figur 17:** Pearson korrelasjon for logtransformert rognkjekseggdiameter (mm) 1-2 dager etter klekking og arcsin-transformert klekkesuksess hos rognkjeks. Utvalgsstørrelse  $n = 17$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = -0,33$  ( $p = 0,20$ ).

Det ble observert liten ikke-statistisk signifikant korrelasjon mellom størrelsen på morfiskens og eggdiameter ( $R = 0,19$ ,  $p = 0,46$ ) (figur 18).



**Figur 18:** Pearson korrelasjon for logtransformert rognkjekseggdiameter (mm) 1-2 dager etter klekking og morfiskens vekt (mg). Utvalgsstørrelse  $n = 17$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,19$  ( $p = 0,46$ ).

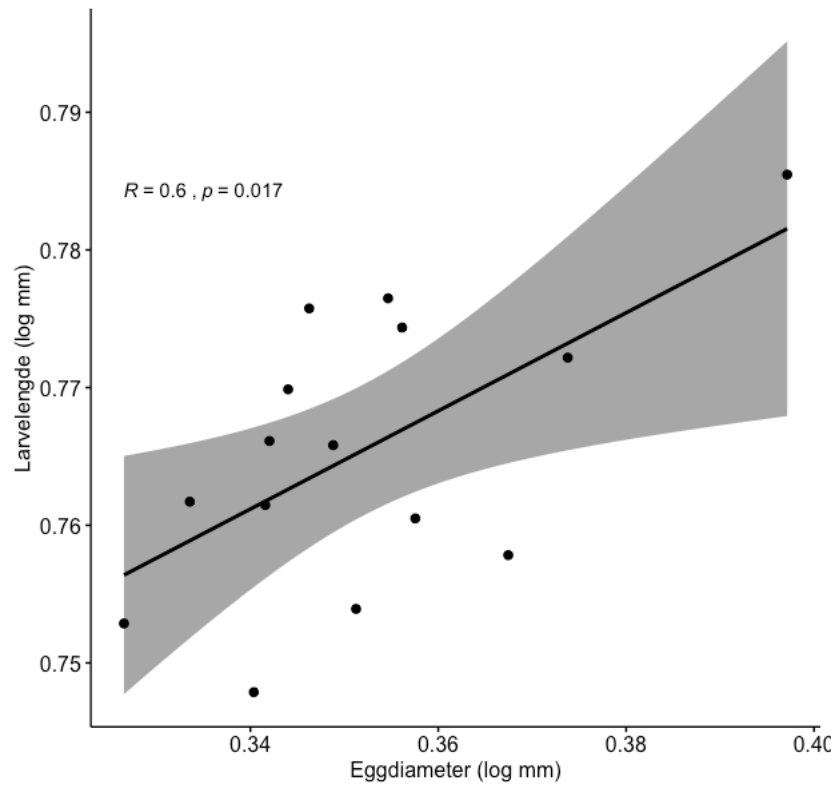
For hele datasettet var gjennomsnittlig standard larvelengde (1-2 dager etter befruktning) 5,85 mm. Gjennomsnittslengden var størst for gruppen «Middels lipid», men var ikke statistisk signifikant ( $p > 0,05$ ) ulik fra «Skjerneset» og «Lite lipid» (Figur 19). De minste eggene tilhørte gruppene «Namdalen» og «Mye lipid».



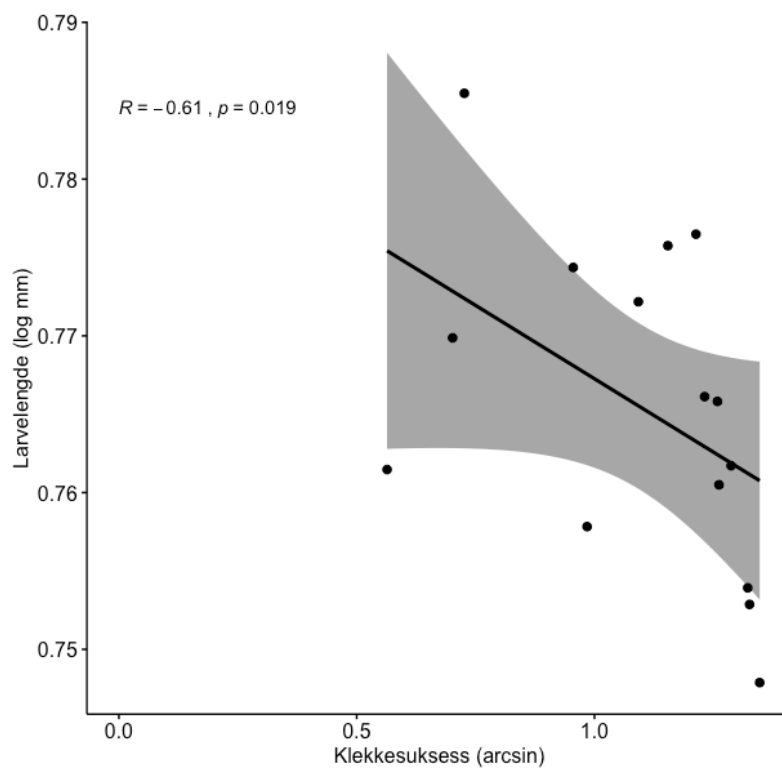
**Figur 19:** Standardlengde (mm) for rognkjekslarver 1-2 dager etter befruktning. Fra vestre til høyre er utvalgstørrelse,  $n = 71, 66, 36, 34$  og  $55$ . Statistisk signifikant forskjell undersøkt med Wilcoxon rank sum test ( $p < 0,05$ ) betegnes med forskjellige bokstaver. Feilfelt angir  $\pm$  standardavvik. Boksene angir interkvartilbredde. Sort midtstrek i boksene angir gjennomsnitt.

Det ble observert statistisk signifikant Pearson korrelasjon mellom standardlengde og eggdiameter hos rognkjeks ( $R = 0,60$   $p < 0,05$ ) (figur 20). Standard lengden viste også statistisk signifikant Spearman korrelasjon med klekkesuksess, men med negativ sammenheng ( $R = -0,61$ ,  $p < 0,05$ ) (figur 21).





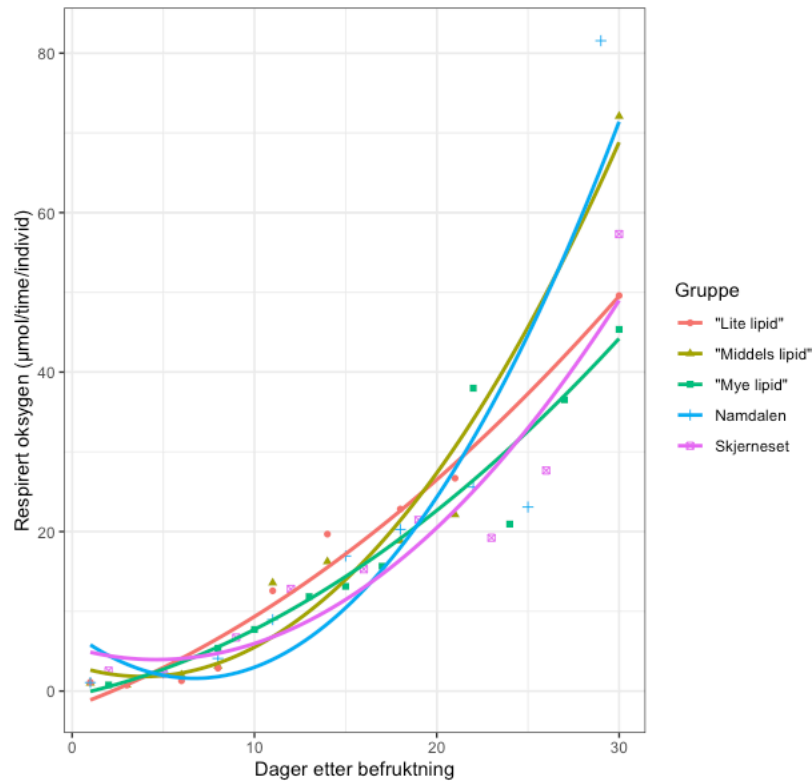
**Figur 20:** Pearson korrelasjon for logtransformert rognkjekseggdiameter (mm) 1-2 dager etter befruktning og logtransformert standardlengde (mm) 1-2 dager etter klekking. Utvalgsstørrelse,  $n = 15$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,60$ , ( $p = 0,017$ ).



**Figur 21:** Spearman korrelasjon mellom logtransformert standardlarvelengde (mm) 1-2 dager etter klekking og arcsin-transformert klekkesuksess hos rognkjeks. Utvalgsstørrelse,  $n = 15$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = -0,61$ , ( $p = 0,019$ ).

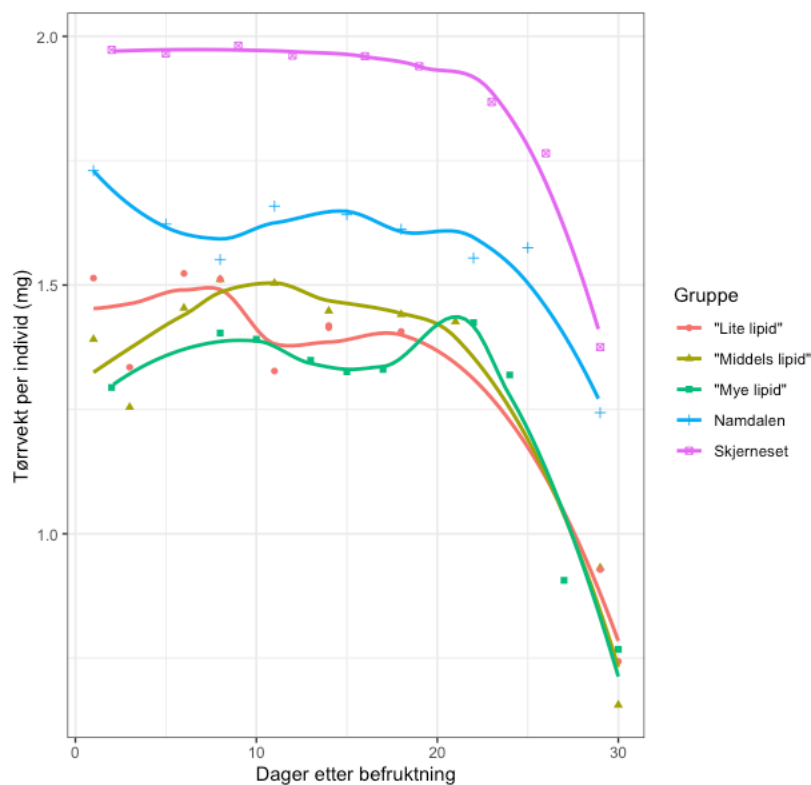
### 3.3 Respirasjonsmålinger og tørrvekt

For samtlige grupper er respirasjonsmålingene eksponentielt økende med hensyn til dager etter befruktning (figur 22). For gruppene «Namdalen» og «Middels lipid» er veksten størst. «Namdalen» ender med høyest respirasjon, «Mye lipid» ender med lavest.



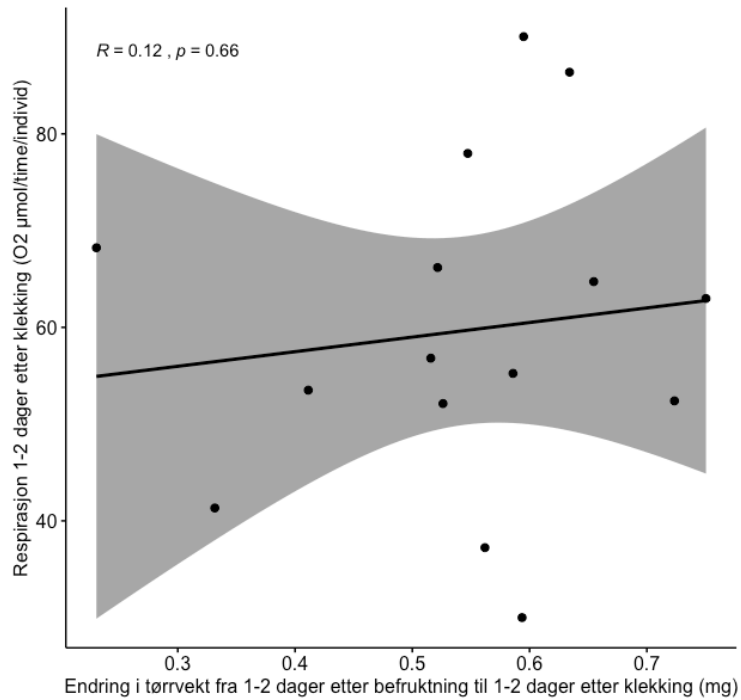
**Figur 22:** Gjennomsnittlig respirert oksygen ( $\mu\text{mol}/\text{time}/\text{individ}$ ) for rognkjeks med hensyn til dager etter befruktning. Kurvtilpasning: andregradspolynom. Utvalgsstørrelsen (n); «Mye-lipid» n = 3, «Middels lipid» n = 1 (1-21 dager etter befruktning) og n = 2 (30 dager etter befruktning), «Lite lipid» n = 1 (1, 6, 8, 11, 14, 18 og 21 dager etter befruktning), n = 3 (3 dager etter befruktning) og n = 4 (30 dager etter befruktning), «Namdalen» n = 3 og «Skjerneset» n = 3.

Tørrvektsmålingene viser at egg-gruppene har ulik startvekt ved 1-3 dager etter befruktning (Figur 23). Samtlige grupper ender på lavere tørrvekt enn utgangspunktet, men har variasjon med hensyn til utviklingstrenden. «Skjerneset» er den eneste gruppen med konstant avtagende tørrvektsmålinger. Sammenlignet med villfisk-gruppene, starter og slutter stamfisk-gruppene, «Mye lipid», «Middels lipid», og «Lite lipid» betydelig lavere i tørrvekt. Særlig skiller «Skjerneset» seg ut med hensyn til utgangspunkt ved å ligge vesentlig høyere fra start enn resterende grupper. Stamfisk-gruppene ender også på lavere tørrvekt enn villfisk-gruppene.



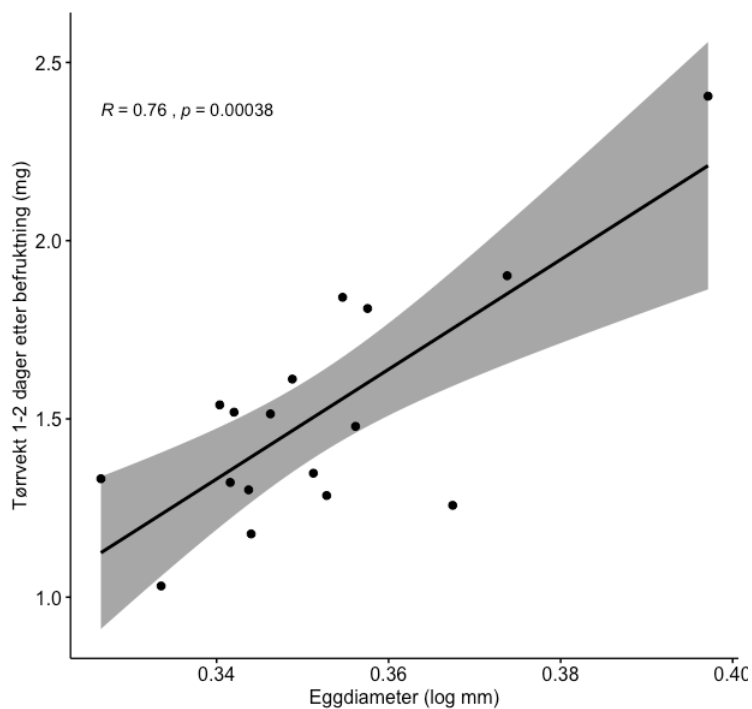
**Figur 23:** Gjennomsnittlig tørrvekt (mg/individ) for rognkjeks med hensyn til dager etter befruktning. Kurvtilpasning: glidende gjennomsnitt. Utvalgsstørrelsen; «Mye-lipid» n = 3, «Middels lipid» n = 1 (1-21 dager etter befruktning) og n = 2 (30 dager etter befruktning), «Lite lipid» n = 1 (1, 6, 8, 11, 14, 18 og 21 dager etter befruktning), n = 3 (3 dager etter befruktning) og n = 4 (30 dager etter befruktning), «Namdalen» n = 3 og «Skjerneset» n = 3.

Det ble observert liten ikke-statistisk signifikant positiv Spearman korrelasjon mellom respirasjonsmålinger for rognkjeksene 1-2 dager etter klekking og endring i tørrvekt fra første til siste måling ( $R = 0,12$ ,  $p = 0,66$ ) (figur 24).



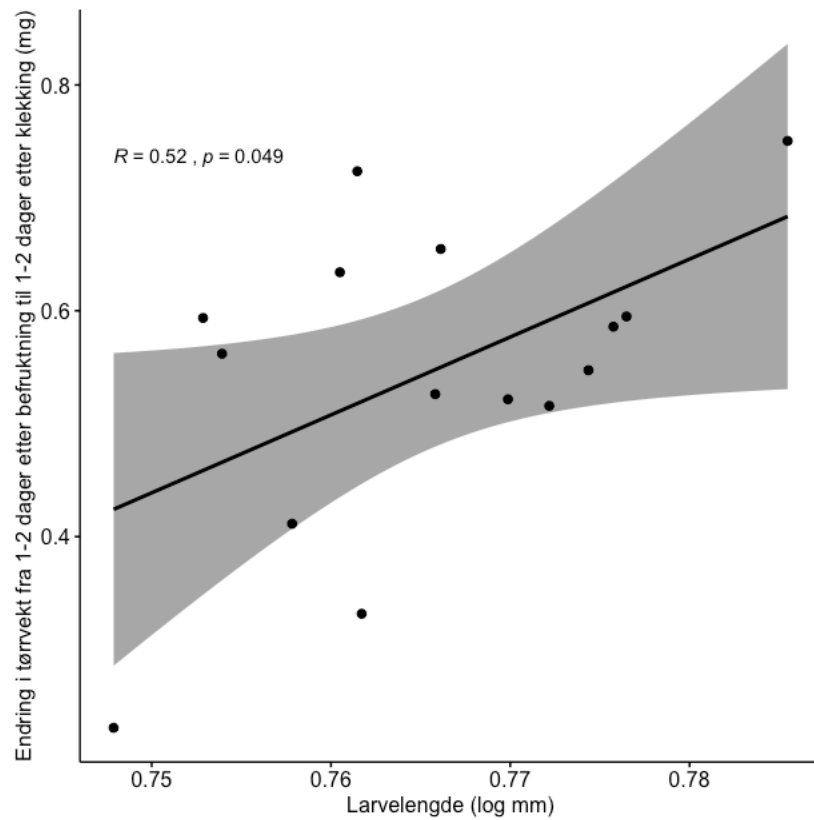
**Figur 24:** Spearman korrelasjon for respirasjon 1-2 dager etter klekking ( $O_2$   $\mu\text{mol}/\text{time}/\text{individ}$ ) og endring i tørrvekt fra 1-2 dager etter befruktning til 1-2 dager etter klekking (mg). Utvalgsstørrelse  $n = 15$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,12$  ( $p = 0,66$ ).

Tørrvekten 1-2 dager etter befruktning viste statistisk signifikant Pearson korrelasjon med hensyn til eggdiаметer (figur 25).



**Figur 25:** Pearson korrelasjon for tørrvekt 1-2 dager etter befruktning (mg) og logtransformert rognkjekseggdiаметer (mm) 1-2 dager etter befruktning hos rognkjeksegg. Utvalgsstørrelse,  $n = 17$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,76$  ( $p < 0,01$ ).

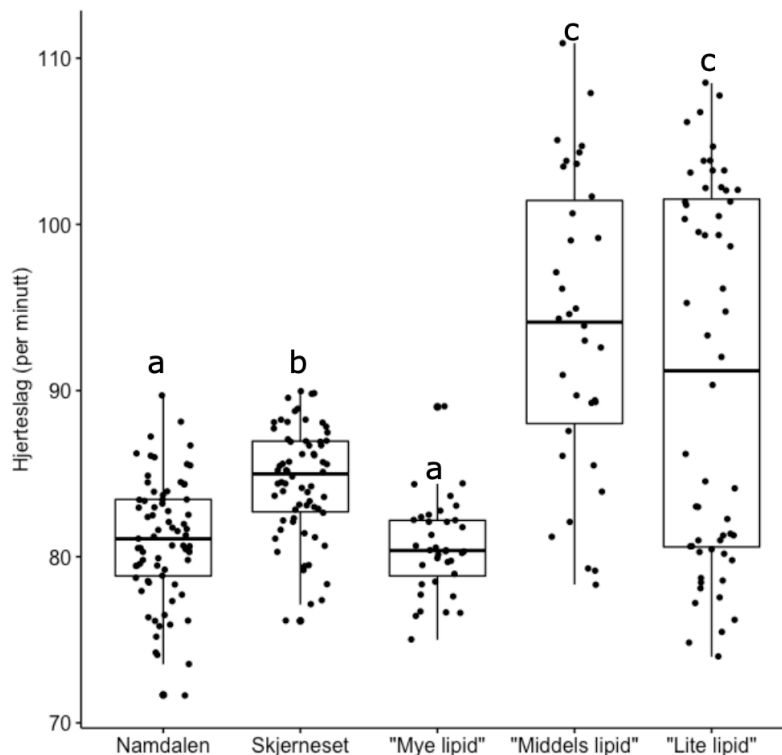
Endring i tørrvekten fra 1-2 dager etter befruktning til 1-2 dager etter klekking viste statistisk signifikant Pearson korrelasjon med hensyn til larvelengde ( $R = 0,52$ ,  $p = 0,049$ ) (figur 26).



**Figur 26:** Pearson korrelasjon for larvelengde (log mm) og endring i tørrvekt fra 1-2 dager etter befruktning til 1-2 dager etter klekking (mg) hos rognkjeks. Utvalgsstørrelse  $n = 15$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,52$  ( $p = 0,049$ ).

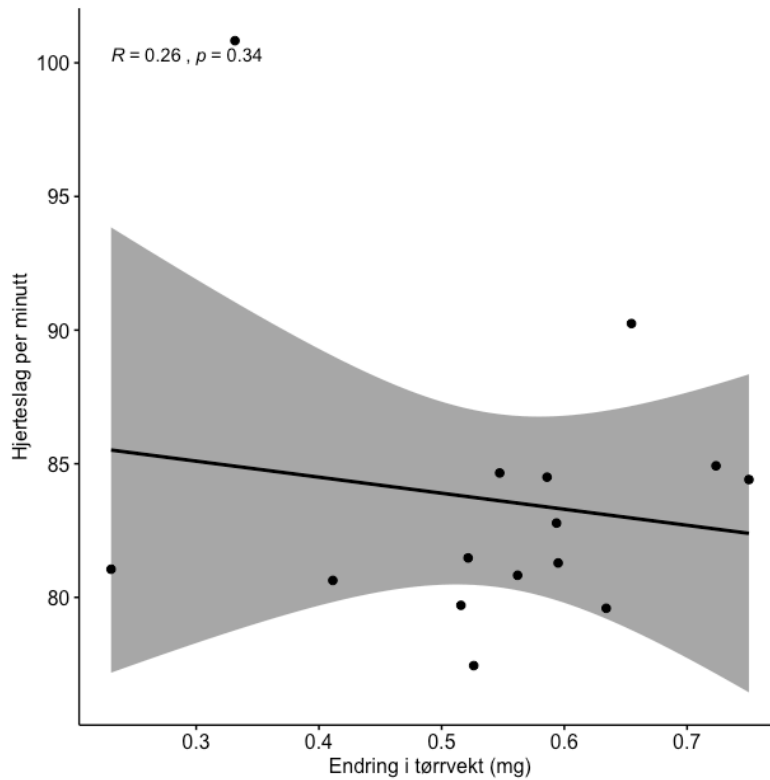
### 3.4 Hjerterate

Den gjennomsnittlige hjerteraten for hele datasettet var 85,5 slag per minutt. Stamfiskgruppene «Middels lipid» og «Lite lipid» skilte seg ut både ved å ha den høyeste gjennomsnittlige hjerteraten og betraktelig høyere variasjon enn resterende grupper (figur 27). «Lite lipid», med størst variasjon, hadde hjerterater både høyere og lavere enn «Skjerneset» og «Mye lipid». De laveste gjennomsnittlige hjerteratene tilhørte «Namdalen» og «Mye lipid».

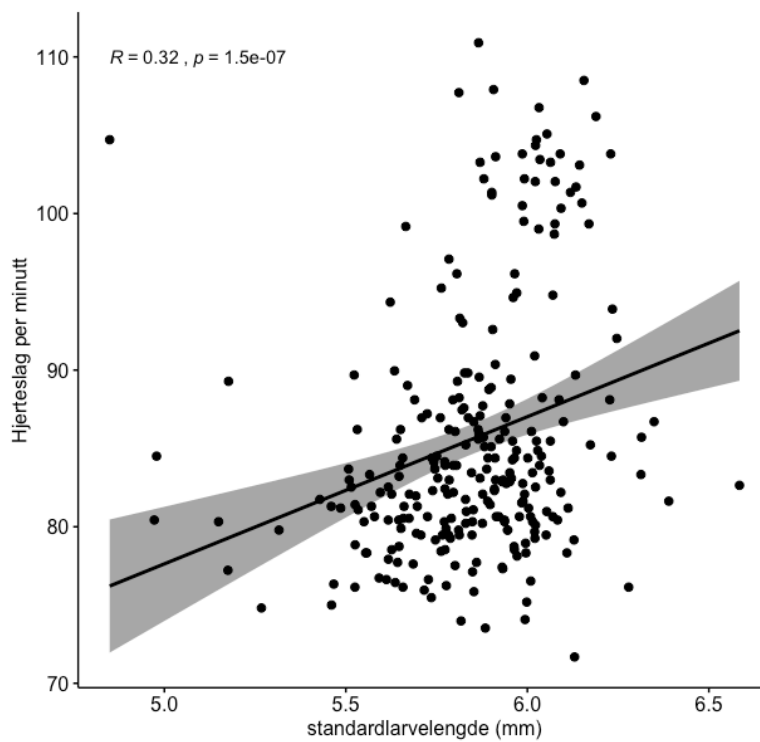


**Figur 27:** Hjerteslag (per minutt) for rognkjeks-larver 1-2 dager etter befruktning. Fra venstre til høyre er utvalgsstørrelse,  $n = 73, 66, 36, 34$  og  $56$ . Statistisk signifikant forskjell undersøkt med Games-Howell post hoc test ( $p < 0,05$ ) betegnes med forskjellige bokstaver. Feilfelt angir  $\pm$  standardavvik. Boksene angir interkvartilbredde. Sort midtstrek i boksene angir gjennomsnitt.

For hjerterate ble det funnet marginal ikke-statistisk signifikant Spearman korrelasjon med endring i tørrvekt fra 1-2 dager etter befruktning til 1-2 dager etter klekking (mg) ( $R = 0,26$ ,  $p = 0,34$ ) (figur 28). Men hensyn til standardlengde 1-2 dager etter klekking korrelerte hjerteraten positivt for Spearman korrelasjon ( $R = 0,32$ ,  $p < 0,01$ ) (figur 29).



**Figur 28:** Spearman korrelasjon for hjerteslag (per minutt) 1-2 dager etter klekking og endring i tørrvekt fra 1-2 dager etter befruktning til 1-2 dager etter klekking (mg) hos rognkjeks. Utvalgsstørrelse,  $n = 15$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,27$  ( $p = 0,34$ ).



**Figur 29:** Spearman korrelasjon for hjerteslag (per minutt) 1-2 dager etter klekking og standardlarvelengde (mm) 1-2 dager etter klekking hos rognkjeks. Utvalgsstørrelse,  $n = 266$ . Korrelasjonskoeffisient,  $R = 0,32$  ( $p < 0,01$ ).

## 4 Diskusjon

### 4.1 Befruktningsprosent og klekkesuksess

Basert på data fra 2015 meldes det som vanlig for rognkjeks med befruktningsprosent over 90%, med et gjennomsnitt på 93,6% (SE = 0,853) (Powell et al., 2018b). I gjennomførte studie var befruktningsprosenten for hele datasettet 54,2% (SE = 8,7). For egg fra villfisk-gruppene alene var befruktningsprosenten 86,7% (SE = 4,4) som ligger nært den meldte befruktningsprosenten. I min studie er den mest åpenbare forskjellen for eggene fra villfanget fisk og stamfisk, fôret. I et studie på naturlig rognkjeksdiett bestod det mest av dietten av små krepsdyr, fiskelarver og kammaneter (Davenport, 1985, Davenport and Rees, 1993). I sum antas det at mengden lipid i fôret vil ligge nærmest fôrvarianten tildelt fiskegruppen «Mye lipid» med 18,70% lipid (tabell 1). Den fôrvarianten er tilsatt ca. 5% mer fiskeolje enn «Middels lipid» og ca. 10% mer enn «Lite lipid». I en samlestudie av flere kultiverte fiskearter vises det at stamfiskens diett påvirker befruktningsprosent og at riktig mengde lipid er avgjørende for høy befruktningsuksess (Izquierdo et al., 2001). Med hensyn til befruktningsprosent i min studie var fiskegruppen «Mye lipid» med 63,7% befruktning den nærmest villfisk-gruppene (figur 13). «Middels lipid» og «Lite lipid» hadde begge lavere befruktningsprosent, og funnet kan antyde at for lite lipid i fôret kan gi negative konsekvenser for befruktningsprosenten. Funnene fra den gjennomførte studien er likevel ikke entydig da fiskegruppen «Lite lipid» har høyere befruktningsprosent enn «Middels lipid». Det bemerkes at variasjonen for «Lite lipid» og «Middels lipid» var større enn for resterende grupper og at det ikke var statistisk signifikant forskjell mellom dem.

I vill tilstand er det vanlig med 80% klekkesuksess, og opp mot 100% ved optimale vannforhold. For akvakultur varierer klekkesuksessen, og rater ned til 30% registreres (Jonassen et al., 2018). I den gjennomførte studien var klekkesuksessen for hele datasettet 67,4% (SE = 5,6). Funnene for stamfiskens påvirkning av fôr er også gjeldende for klekkesuksess, og det påpekes tilsvarende om særlig krav til riktig mengde lipid for høy klekkesuksess (Izquierdo et al., 2001). I min studie har egg-gruppen «Mye lipid» den høyeste klekkesuksessen, men forskjellen er marginal og ikke statistisk signifikant ulik «Namdalen» (figur 14). Begge grupper har omtrentlig 90% klekkesuksess. «Lite lipid» og «Skjerneset» hadde klekkesuksess på omtrent 70% og med ikke statistisk signifikant forskjell. «Middels lipid» hadde lavest klekkesuksess på omtrent 30%. Funnene viser dermed ikke en enstydig sammenheng mellom lipidandel i fôret og klekkesuksess, men gruppene med mindre lipid i sum hadde lavere klekkesuksess. For utenom forskjellig fôr antas det også at temperaturen morfiskene opplevde under modning av eggene var ulik.

I en studie på rognkjeks ble effekten av vanntemperatur de siste tre månedene før gyting undersøkt (Jonassen et al., 2018). For stamfiskehold av rognkjeks er det vanlig å bruke vann med varierende temperatur fra 4°C til 10°C som vil tilsvare naturlige forhold for ville rognkjeks. I forsøket ble 5°C og 10°C undersøkt. Temperaturen morfiskene opplevde de tre siste månedene frem til gyting viste seg å påvirke eggenes overlevelsesrate. Studien viste at egg fra «5°C»-gruppene ble større enn for «10°C»-gruppene og det ble funnet høyere overlevelsesrate hos de mindre eggene fra det varme vannet. En mulig årsak nevnes å være lavere forskjell i temperaturovergang fra gyting til inkubator da inkubator for begge grupper holdt ca. 10°C (Jonassen et al., 2018).



Relatert til funnene vist i figur 16 er det en mulig forklaring for at villfiskeggene i snitt er større enn stamfiskens egg. Dette basert på at eggene fra villfiskgruppen «Skjerneset» ble strippet 15. november nord i Møre og Romsdal hvor forventet vanntemperatur vil være lavest og eggene også er størst. Funnet er likevel ikke enstydig da også villfiskgruppen «Namdalen», strippet 18. oktober i Trondheimsregionen, er forventet å ha holdt lavere temperatur enn resterende stamfisk, men er uten statistisk signifikant forskjell. Dersom vanntemperaturen var den avgjørende faktoren for eggstørrelse ville det også vært forventet å finne like størrelser på alle tre stamfisk-gruppene, men hvor særlig «Mye lipid» skiller seg ut ved egg med lav diameter. I min studie ble det også funnet negativ korrelasjon mellom klekkesuksess og eggdiameter, men funnet var ikke statistisk signifikant ( $R = -0,33$ ,  $p = 0,20$ ) (figur 17).

En tredje undersøkt forskjell mellom morfiskene var vekt. Det ble ikke funnet studie spesifikt på rognkjeks, men en studie på 56 ulike arter beinfisk fra nordlige delen av Atlanterhavet finner en svak, men positiv korrelasjon mellom morfiskens størrelse og eggstørrelse (CHAMBERS and LEGGETT, 2015). Av figur 18 vises også her en svar positiv korrelasjon, men den er ikke statistisk signifikant ( $R = 0,19$ ,  $p = 0,46$ ).

Det ble også undersøkt hvordan befruktningsprosent og klekkesuksess korrelerer. I mitt studie vises det av figur 15 positiv korrelasjon mellom klekkesuksess og befruktningsprosent ( $R = 0,44$ ,  $p < 0,01$ ). I egg-grupper med høy befruktningsrate vil det altså også være mange av eggene som klekker. Det ble ikke funnet spesifikke studier av korrelasjon mellom befruktning og klekking hos rognkjeks, men studier på andre marine arter. Funnene i litteraturen er ikke enstydig og varierer mellom arter. For kveite ble det vist positiv korrelasjon ( $R = 0,862$ ) (Kjørsvik et al., 2003). For Piggvar ble det funnet positiv korrelasjon ( $R = 0,53$ ), men studiens forfattere konkluderer likevel med at det ikke nødvendigvis er en sammenheng mellom befruktning og klekking for Piggvar (Ottesen and Babiak, 2007). For havabbor påpekes det sterk korrelasjon mellom klekking og befruktning, men uten å angi korrelasjonsfaktor (Saillant et al., 2001).

## 4.2 Eggdiameter og standardlarvelengde

Det ble ikke funnet studier av larvelengde spesifikt på rognkjeks, men en vanlig antagelse er at det gir konkurransefortrinn å være stor. En studie på europeisk sardiner (*Sardina pilchardus*) viser at høyere larvelengde ved klekking gir en fordel med hensyn til tidlig overlevelse også under kontrollerte gunstige forhold i laboratorier (Garrido et al., 2015). Mulige årsaker som påpekes er bedre næringssammensetning, større plommesekkreserver og høyere metabolsk kapasitet hos larvene. Studier på blåfisk (*Pomatomus saltatrix*) (Hare and Cowen, 1997) og *Stegastes partitus* (Johnson et al., 2010) viser samme resultat og underbygger antagelsen om at de forholdsmessige større larvene i marine miljø får et overlevelsesfortrinn. De to sistnevnte studier viser også at høy vekstrate korrelerer med både store larver og høy overlevelsesrate.

Fra figur 19 vises det at larver fra «Middels lipid» i snitt er lengst, fulgt av «Skjerneset» og «Lite lipid». Forskjellen er ikke statistisk signifikant. De minst larvene kommer fra egg-gruppene «Namdalen» og «Mye lipid». Det er ikke funnet sammenheng mellom mengden lipid i fôret og hvor stor larvene blir. Larvene i mitt forsøk ble bare fulgt frem til 1-2 dager etter klekking, og det er dermed ikke dokumentert hvordan overlevelsesraten vil utarte seg, men de litterære funnene kan antyde at det er gunstig for larven å være stor når den klekker. I motsetning til det funnet viser figur 21 at larvelengden korrelerer negativt med klekkesuksess ( $R = -0,61$ ,  $p = 0,019$ ). Det kan spekuleres i om funnet egentlig er en følgeeffekt av vanntemperatur under modning da det samtidig er vist positiv korrelasjon

mellom larvelengde og eggdiameter (figur 20) ( $R=0,60$ ,  $p = 0,017$ ). Altså, som tidligere dokumentert, gir høyere temperatur under modning av egg mindre egg og høyere klekkesuksess. I min studie var denne trenden ikke statistisk signifikant. Muligens kan likevel det at kortere larver i min studie har høyere klekkesuksess kobles mot at de korte larvene kommer fra små egg, og små egg vises av litteraturen å kunne være et resultat av høyere temperaturer før gyting, som gir mindre temperaturovergang til inkubering og dermed høyere klekkeprosent. Det forutsetter at korrelasjonene mellom eggdiameter og klekkesuksess ville vært statistisk signifikant dersom datasettet var større. Resonnementet vises visuelt av figur A2 i vedlegg.

Sett i lys av litteraturen kan funnet dermed indikere at den egentlige årsaken til høy eller lav klekkesuksess muligens kan forklares av overgangen fra temperaturen under modning og til inkubator. Kanskje ville resultatet vært annerledes dersom en gruppe fra lavere temperaturer, og dermed større egg, også ble inkubert ved lavere temperaturer.

### 4.3 Respirasjon og tørrvekt

I en studie av metabolsk rate hos rognkjeksembryo ble det dokumentert at den metabolske raten er forholdsvis lav i tidlig embryoutvikling grunnet treg utvikling (Davenport, 1983). Samtlige egg-grupper i min studie viser liten utvikling i metabolsk aktivitet de første 10 dagene etter befruktning (figur 23). Gruppene er forholdsvis unisone, og målingene de første 10 dagene viser ingen tydelig trend med hensyn til om eggene er fra villfisk, stamfisk, eller når det gjelder mengde lipid i morfiskens fôr. En betydelig feilkilde for målingene før 10 dager etter klekking er at det foreløpig ikke var mulig å vite om eggene var vellykket befruktet. Særlig for grupper med lav befruktningssuksess er det derfor sannsynlig at flere av de målte eggene har vært livløse og at sammenligningsgrunnlaget ikke er rettferdig. Med lav aktivitet er det også mindre rom for variasjon. Fra 10 dager og utover øker veksten av metabolsk rate. Noe av økningen kan tilsvarende forklares ved at det da gjøres bevisste valg av øyerogn som vil tilsi at samtlige egg er befruktet. Funnet er også i tråd med litteraturen som tilsier at den forholdsvis lave metabolske raten, til sammenligning av andre marine arter, vil utjevnes nær klekking (Davenport, 1983). Den største endringen av metabolsk rate skjer mellom siste måling av egg til klekte larver. Observasjonen er også i tråd med forventningene fra litteraturen (Davenport, 1983).

For tørrvekten antas det at den reduserte vekten fra måling til måling er et resultat av forbrukt energireserver. Ved siste måling, fra egg til klekket larve, er også et tap av vekt forbundet med fjerning av chorionen som omsluttet larven frem til klekking (Davenport, 1983). Med hensyn til tørrvekt ble det observert forskjell mellom villfisk-gruppene og stamfisk-gruppene. Begge stamfisk-gruppene har gjennomgående høyere tørrvekt enn stamfiskgruppene fra start til slutt (figur 23). Særlig av interesse er det at det kan virke som om stamfisk-gruppene går mot tømning av sine energireserver frem mot klekking, og at villfisk-gruppene fremdeles har energireserver til overs.

Økt respirasjon impliserer tilsvarende økt forbruk av næring. Ettersom det hverken tilføres næring til egg eller larver i løpet av forsøket vil forbruket skje fra energireserver, og det er dermed forventet å finne korresponderende reduksjon i tørrvekt. Av figur 24 vises det ikke statistisk signifikant korrelasjon mellom respirasjonsnivået på det høyeste og den totale reduksjonen i tørrvekt ( $R = 0,12$ ,  $p = 0,66$ ). Årsaken til fraværende statistisk signifikant korrelasjon er usikkert, men en mulig kilde til forstyrrelser av sammenligningen er målingenes tilfeldige variasjon og feilmargen. For målingene av respirasjon og tørrvekt for hver egg-gruppe var antallet replika lavt, fra 1-3. Det gir større rom for tilfeldig variasjon. I tillegg kan det også tenkes at aktivitetsnivået under målingene kan ha variert,

enten ved at noen grupper reagerer ulikt på stress, eller i større grad beveger seg under målingen. Det er følgelig ikke sikkert at respirasjonen under måling er representativ for resten av inkubasjonstiden. Av den grunn vil heller ikke funnene av respirasjon vektlegges særlig i sammenligningen mellom stamfisk-gruppene på ulikt fôr og villfisk-gruppene. For sammenligningsgrunnlaget blir det derfor i stedet satt større fokus på endringene i tørrvekt som et mål på aktivitet fra befruktning til klekking. For eggeplommenærende fiskeembryo består energiallokering hovedsakelig av vekst og respirasjon (Kamler, 2007). I tillegg vil det være en relativt liten mengde utskillelse av ammonium (Davenport et al., 1983). Endring i tørrvekt vil derfor kunne gi begrep om energiforbruket hos de ulike egg-gruppene under embryoutviklingen.

Fra litterære funn antydes det at tørrvekten vil korrelere med eggstørrelse (Hislop and Bell, 1987). Tilsvarende funn er gjort i min studie som viser at tørrvekt 1-2 dager etter befruktning og eggdiameter viser positiv Pearson korrelasjon ( $R = 0,76$ ,  $p < 0,01$ ) (figur 25). I lys av studiet som fant at rognkjeksegg ble større ved modning i 5°C enn ved 10°C, er det mulig å argumentere for at lavere temperatur ved modning også gir egg med større energireserver. Den aktuelle sammenhengen er ikke undersøkt, men er verdt å nevne. Egg-gruppen i mitt studie som er forventet å være modnet under lavest vanntemperatur har også de største eggene (figur 16), størst larver etter klekking (figur 19), og med størst endring i tørrvekt fra begynnelse til slutt (figur 23). Det er også funnet positiv Pearson korrelasjon ( $R = 0,52$ ,  $p = 0,049$ ) mellom larvelengde og endringen i tørrvekt fra 1-2 dager etter befruktning (første måling) til 1-2 dager etter klekking (siste måling) (figur 26). Det tilsier altså at de største eggene og larvene har størst energiforbruk, men til tross, i dette tilfellet, også ender opp med de største energireservene. Hverken energiforbruk eller gjenstående energireserver viser i mitt studie sammenheng med mengden lipid i morfiskens fôr.

#### 4.4 Hjerterate

Med hensyn til hjerterate er det særlig stamfisk-gruppene «Middels-lipid» og «Lite lipid» som skiller seg ut (figur 27). Gjennomsnittshjerteraten er vesentlig høyere enn resterende grupper, og variasjonen er mye større. Særlig den store variasjonen innad i gruppene gir grunn til å vurdere om det kan skyldes uoppdagede feilkilder. Det er ikke gjort bemerkelser underveis i forsøket som tilsier at målingene skal være forstyrret, men en mulighet er at noe har stresset noen av larvene. Til støtte for den teorien er det verdt å nevne at for begge gruppene kommer de høyeste hjerteratemålingene hovedsakelig fra én undergruppe («Middels-lipid»-4 og «Lite-lipid»-4 (figur A14 i vedlegg) som underbygger at respektive undergrupper av ukjent grunn kan ha vært stresset til høyere hjerterate enn resten av tilhørende egg-gruppe.

Dersom det forutsettes at målingene for hjerterate er reelle og representative kan funnene antyde at for liten mengde lipid i morfiskens fôr kan ha påvirkning på hjertefunksjonen da både «Middels lipid» og «Lite lipid» er egg-gruppene med særlig avvikende hjerterate (figur 27). Satt i sammenheng med korrelasjon mellom hjerterate og endring i tørrvekt (figur 28) som viser liten positiv ikke-statistisk signifikant Spearman korrelasjon ( $R = 0,27$ ,  $p = 0,34$ ) antydes det altså ikke en tydelig sammenheng mellom økning i hjerterate og økt energiforbruk. Det kan da spekuleres i om larvene har måttet øke hjerterate for å opprettholde likt minuttvolum som larver med friske hjerter har greid på lavere hjerterater (Perrichon et al., 2017). Det gjentas at resonnementet

er avhengig av at målingene er reelle og at endring i tørrvekt gir et korrekt anslag av energiforbruk, og resonnementet bør dermed forståes som nettopp spekulasjoner. Hjerteraten viste statistisk signifikant positiv Spearman korrelasjon med hensyn på larvelengde ( $R = 0,32$ ,  $p < 0,01$ ). Funnet er i tråd med litterære funn (Mirkovic and Rombough, 1998). Sett i lys av at larvelengde korrelerer med endring i tørrvekt åpner funnet for spekulasjon i om hjerterate også kunne vist statistisk signifikans dersom utvalgsstørrelsen var større. Det er ingen nødvendighet at korrelasjonene samsvarer, men den lave utvalgsstørrelsen gjør det heller ikke mulig å utelukke.

## 4.5 Begrensninger og utfordringer med studien

I utgangspunktet skulle studien omfatte både lipidanalyser og karbon-nitrogenanalyser. Grunnet stengte laboratorier under covid-19-pandemien har oppgaven underveis måttet tilpasses et nytt fokus og nye parametere. Utfallet har vært at de undersøkte korrelasjonene og sammenhengene eksempelvis er begrenset til å undersøke morfiskens fôr og forventet diett hos villfiskene, fremfor den faktiske lipidsammensetningen i eggene. Med lipid- og CN-analyser ville det vært mulig å koble mer spesifikke grupper i korrelasjonsanalysene. I den gjennomførte studien har utvalgsstørrelsen for korrelasjonene vært lav, noe som både har økt sjansen for å gjøre tilfeldige funn hvor det egentlig ikke er korrelasjon, og også økt sjansen for at faktiske korrelasjoner ikke er oppdaget.

Livshistorien til villfiskmødrene er av natur ukjent og et utvalg på seks fisker fra to ulike områder gir et begrenset grunnlag for å hevde at funnene er representative for ville rognkjeks generelt. Temperatur under modning av egg ble funnet å kunne ha en stor påvirkning på eggene etter innsamling av materialet og er bestående hovedsakelig av spekulasjoner om hvordan de egentlige forholdene var.

De sirkulære ett-lags «kakene» med ca. 80 egg som ble brukt for å finne befruktningsprosent og klekkesuksess ble stående uforstyrret fra befruktning til klekking. En utfordring med det var at døde egg ble infisert av mikroorganismer. Det har medført at mengde mikroorganismer antageligvis har vært størst i de individuelle kamrene med allerede lav befruktningsrate som igjen kan ha forstyrret omliggende egg som ellers var friske. Muligens har påkjenningen vært større fra mikroorganismene enn hva det ville vært å mekanisk fjerne døde egg.

Korrelasjonsundersøkelsene er begrenset til monotonistiske og lineære korrelasjoner. Funnet av korrelasjon er heller ikke ensbetydende med funn av årsakssammenheng. Det er også mulig at funnet er tilfeldig, eller at begge parametere styres av en annen felles faktor.

Rognkjeks kan gyte flere ganger under én sesong og om det er førstegangs- eller andregangsgyting antydes av litteraturen å påvirke eggene. Under min studie er det ikke kontrollert for hvilken omgang eggene kommer fra og det kan ha påvirket resultatene.

## 4.6 Konklusjon

Studien antyder at mengden lipid i morfiskens fôr vil påvirke embryoutvikling hos rognkjeks. Den overordnede trenden er at befruktningsrate og klekkesuksess blir lavere hos egg fra stamfisk enn hos egg fra villfisk og forskjellen øker desto mindre lipid det er i stamfiskens fôr. For larvene i studien var hjerteraten høyere hos larver fra morfisk med mindre lipid i fôret uten at energiforbruket var høyere. Funnet kan antyde at lav lipidandel i fôret potensielt gir negative konsekvenser for utvikling av hjerte som må kompensere med høyere hjerterate for å opprettholde samme energiomsetning.

Temperaturforholdene morfisken opplever under modning av egg kan ha påvirkning på eggstørrelse og er interessant å undersøke grundigere med tanke på konsekvensene størrelsen har på embryoets energireserver og larvestørrelse ved klekking.

Funnene i studien ender i stor grad i spekulasjoner og vil fortrinnsvis legge grunnlag for videre studier på de spesifikke parameterne. Særlig aktuelt vil det være å gjøre tilsvarende korrelasjonsanalyser med hensyn til lipidanalyser av eggene for å undersøke den faktiske overføringen av lipider fra morfiskens fôr til embryo. For produksjon av rognkjeksegg bør det vurderes å minimere temperaturoverganger fra forholdene under modning av egg til forholdene under inkubering av egg frem til konsekvensene er ytterligere kartlagt. Inntil konsekvensene av redusert lipidandel i morfiskens diett er kartlagt, bør fôrkostnadene beregnes mot et potensielt stort tap i befruktningsprosent og klekkesuksess. Videre studier bør undersøke de langsiktige konsekvensene morfiskens fôr og temperaturforholdene under modning har på larvene i en lengre periode etter klekking.

## 5 Kilder

- BOBE, J. 2015. Egg quality in fish: Present and future challenges. *Animal Frontiers*, 5, 2015.
- CHAMBERS, R. C. & LEGGETT, W. C. 2015. Maternal Influences on Variation in Egg Sizes in Temperate Marine Fishes1. *American Zoologist*, 36, 180-196.
- DAVENPORT, J. 1983. Oxygen and the developing eggs and larvae of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63, 633-640.
- DAVENPORT, J. 1985. *Synopsis of biological data on the lumpsucker*, North Wales, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- DAVENPORT, J., LØNNING, S. & KJØRSVIK, E. 1983. Ammonia output by eggs and larvae of the lumpsucker, *Cyclopterus lumpus*, the cod, *Gadus morhua* and the plaice, *Pleuronectes platessa*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63, 713-723.
- DAVENPORT, J. & REES, E. I. S. 1993. Observations on Neuston and Floating Weed Patches in the Irish Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 36, 395-411.
- FISKERIDIREKTORATET. 2019. *Utsett av rensefisk 1998-2019* [Online]. Available: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon> [Accessed 27.06 2020].
- GARRIDO, S., BEN-HAMADOU, R., SANTOS, A. M. P., FERREIRA, S., TEODÓSIO, M. A., COTANO, U., IRIGOIEN, X., PECK, M. A., SAIZ, E. & RÉ, P. 2015. Born small, die young: Intrinsic, size-selective mortality in marine larval fish. *Scientific Reports*, 5, 17065.
- HARE, J. A. & COWEN, R. K. 1997. Size, Growth, Development, and Survival of the Planktonic Larvae of *Pomatomus Saltatrix* (Pisces: Pomatomidae). *Ecology*, 78, 2415-2431.
- HERSOUG, B. 2015. The greening of Norwegian salmon production. *Maritime Studies*, 14, 16.
- HISLOP, J. R. G. & BELL, M. A. 1987. Observations on the size, dry weight and energy content of the eggs of some demersal fish species from British marine waters. *Journal of Fish Biology*, 31, 1-20.
- IVERSEN, A., HERMANSEN, Ø., NYSTRØYL, R. & HESS, E. J. 2017. *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett* [Online]. nofima.no: Nofima. Available: <https://nofima.no/publikasjon/1523319/> [Accessed 15.01 2020].
- IZQUIERDO, M. S., FERNÁNDEZ-PALACIOS, H. & TACON, A. G. J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197, 25-42.
- JOHNSON, D. W., CHRISTIE, M. R. & MOYE, J. 2010. QUANTIFYING EVOLUTIONARY POTENTIAL OF MARINE FISH LARVAE: HERITABILITY, SELECTION, AND EVOLUTIONARY CONSTRAINTS. *Evolution*, 64, 2614-2628.
- JONASSEN, T. M., LEIN, I. & NYTRØ, A. V. 2018. Hatchery management of lumpfish. In: TREASURER, J. (ed.) *Cleaner fish biology and aquaculture applications*. Sheffield, UK: 5M Publishing Ltd.
- KAMLER, E. 2007. Resource allocation in yolk-feeding fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18, 143.
- KJØRSVIK, E., HOEHNE-REITAN, K. & REITAN, K. I. 2003. Egg and larval quality criteria as predictive measures for juvenile production in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture*, 227, 9-20.
- KVISTAD, A. 2015. *Økt bruk av legemidler mot lakselus* [Online]. lusedata.no: Sjømat Norge. Available: <https://lusedata.no/ukategorisert/okt-bruk-av-legemidler-mot-lakselus/> [Accessed 20.02.2020 2020].

- LUSEDATA. 2019. *Behandlingstiltak* [Online]. lusedata.no: Sjømat Norge. Available: <http://lusedata.no/category/behandlingstiltak/> [Accessed 10.11 2019].
- MIGAUD, H., BELL, G., CABRITA, E., MCANDREW, B., DAVIE, A., BOBE, J., HERRÁEZ, M. P. & CARRILLO, M. 2013. Gamete quality and broodstock management in temperate fish. *Reviews in Aquaculture*, 5, S194-S223.
- MIRKOVIC, T. & ROMBOUGH, P. 1998. The Effect of Body Mass and Temperature on the Heart Rate, Stroke Volume, and Cardiac Output of Larvae of the Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Physiological Zoology*, 71, 191-197.
- OLAFSEN, T., WINTHER, U., OLSEN, Y. & SKJERMO, J. 2012. Verdiskapning basert på produktive hav i 2050. Sintef.no.
- OTTESEN, O. H. & BABIAK, I. 2007. Parental effects on fertilization and hatching success and development of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) embryos and larvae. *Theriogenology*, 68, 1219-1227.
- PERRICHON, P., GROSELL, M. & BURGGREN, W. W. 2017. Heart Performance Determination by Visualization in Larval Fishes: Influence of Alternative Models for Heart Shape and Volume. *Frontiers in Physiology*, 8.
- POWELL, A., POOLEY, C., SCOLAMACCHIA, M. & LEANIZ, C. G. 2018a. Review of lumpfish biology. In: TREASURER, J. (ed.) *Cleaner fish biology and aquaculture applications*. Sheffield, UK: 5M Publishing Ltd.
- POWELL, A., TREASURER, J. W., POOLEY, C. L., KEAY, A. J., LLOYD, R., IMSLAND, A. K. & GARCIA DE LEANIZ, C. 2018b. Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture*, 10, 683-702.
- SAILLANT, E., CHATAIN, B., FOSTIER, A., PRZYBYLA, C. & FAUVEL, C. 2001. Parental influence on early development in the European sea bass. *Journal of Fish Biology*, 58, 1585-1600.
- SCHINDELIN, J. 2012. *Nat. Methods*, 9.
- SJØMATNORGE. 2017. *Mindre legemidler mot lakselus* [Online]. sjømatnorge.no: Sjømatnorge. [Accessed 03.02 2020].
- SSB. 2019. *Akvakultur* [Online]. Statistisk sentralbyrå: SSB. Available: <https://www.ssb.no/fiskeoppdrett> [Accessed 05.03 2020].
- TREASURER, J. 2018. An introduction to sea lice and the rise of cleaner fish. In: TREASURER, J. (ed.) *Cleaner fish biology and aquaculture applications*. Sheffield, UK: 5M Publishing Ltd.

# 6 Vedlegg

## 6.1 Fôrformel

Prosjekt nr:		Fôrformulering		
Produksjon nr: 1211				
<b>DIET COMPOSITION</b>		<b>P-12766 Rognkjeks stamfisk</b>		
Composition of diet	Diet 1	Diet 2	Diet 3	
Diet no				
	%	%	%	
Codfish powder 8/19 + 13/19	10,00	10,00	10,00	
Krill hydrolysat 17/16	2,00	2,00	2,00	
FM 23/18 + 11/19	39,05	36,57	36,91	
Krillmel P75/17	4,00	4,00	4,00	
Biomos T3/17 + MOS P44/19	0,40	0,40	0,40	
Stay-C 35% T9/18	0,27	0,27	0,27	
Cholesterol T14/19	0,50	0,50	0,50	
Choline chloride 19/18	0,50	0,50	0,50	
Fiskeolje 11/18	10,00			
Fiskeolje til grunnblanding 11/18	2,09	7,30	0,50	
Hvetegluten 4/19	19,38	18,15	18,31	
krill oil 25/18 + P48/19	1,00	1,00	1,00	
hvetemel 7/19	4,00	12,50	18,80	
vitamin mix T 1/19	3,00	3,00	3,00	
Yttrium oksyd T19/17	0,01	0,01	0,01	
Mineral premiks T10/18	0,50	0,50	0,50	
Lysin T4/18	0,60	0,60	0,60	
Carop. Pink (10%) T 6/18	0,10	0,10	0,10	
Taurine T9/19	0,20	0,20	0,20	
MSP T10/19	2,40	2,40	2,40	
<b>Sum</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	<b>100,000</b>	
Calculated chemical composition in the feed (% in diet)				
Protein	54,3	52,7	53,9	
Lipid	18,7	13,9	7,3	
Carbohydrate	7,59	13,50	17,98	
Ash	12,5	12,1	12,3	
Water	7,0	7,7	8,5	
Sum	100,0	100,0	100,0	
			18,8	

**Figur A1:** Detaljert fôr sammensetning for stamfisk. Egg-gruppen «Mye lipid» er tildelt diet 1, «Middels lipid» er tildelt diet 2 og «Lite lipid» er tildelt diet 3.



## 6.2 R-formler brukt i statistisk analyse

**Tabell A1:** Brukte funksjoner i R-studio for statistisk analyse.

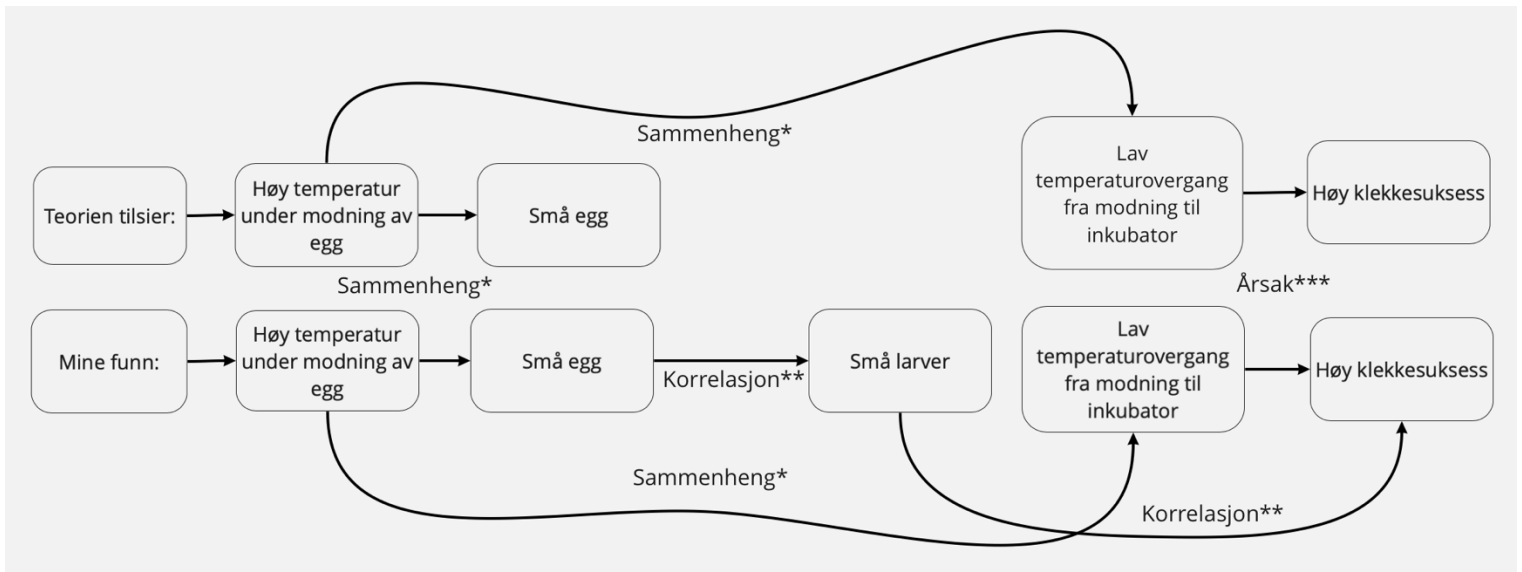
<b>Statistisk test</b>	<b>R-funksjon</b>	<b>R-pakke</b>	<b>Kommentar</b>
<b>Shapiro-Wilk-test</b>	shapiro.test()	CRAN	
<b>Bartlett´s test for homoskedastisitet</b>	Bartlett.test()	CRAN	Brukt ved normalfordelt data
<b>Flinger-Killeen test for homoskedastisitet</b>	Flinger.test()	CRAN	Brukt ved ikke-normalfordelt data
<b>One-way ANOVA</b>	Aov()	Standard	Brukt ved normalfordelt homoskedastisk data
<b>Welch´s ANOVA</b>	Welch.test()	Standard	Brukt ved både normalfordelt og ikke-normalfordelt hetroskedastisk data
<b>Kruskal-Wallis test</b>	Kruskal.test()	Standard	Brukt ved ikke-normalfordelt homoskedastisk data
<b>Tukey´s range test</b>	Tukey.test()	CRAN	Brukt ved normalfordelt homoskedastisk data
<b>Games-Howell post-hoc test</b>	Oneway(posthoc = «games-howell»)	userfriendlyscience	Brukt ved både normalfordelt og ikke-normalfordelt hetroskedastisk data
<b>Pairwise Wilcoxon rank sum tests</b>	wilcox.test()	standard	Brukt ved ikke-normalfordelt homoskedastisk data
<b>Pearson og Spearman korrelasjonsplott</b>	ggscatter()	corrplot	Person brukt ved normalfordelt data og Spearman brukt ved ikke-normalfordelt data
<b>Diagram for visualisering av korrelasjon mellom alle endepunkter</b>	Corrgram()	corrgram	Kun brukt for visualisering

## 6.3 Tidspunkt for prøvetakning

**Tabell A2:** Oversikt over gjennomføringsdag for prøvetaking for stamfiskgruppene. Gruppe 1 (røde kryss) gjelder for egg-gruppene «Mye lipid»-1, 2 og 3, «Middels lipid»-1, 2 og 3 og «Lite lipid»-1, 2 og 3. Gruppe 2 (blå kryss) gjelder for egg-gruppene «Middels lipid»-4 og «Lite lipid»-4.

<b>Gruppe 1 / Gruppe 2</b>	Dager etter befruktning	Lipidprøver	Fotografering	Respirasjon	Tørrvekt	CN	Hjerterate	Beinutvikling
04.02.2020	0	x	x					
06.02.2020	2		x	x (1-1 til 1-3)	x (1-1 til 1-3)	x (1-1 til 1-3)		
07.02.2020	3		x	x (2-1 til 3-3)	x (2-1 til 3-3)	x (2-1 til 3-3)		
10.02.2020	6	x						
12.02.2020	8		x	x	x	x		
14.02.2020	10		x	x	x	x		
17.02.2020	13		x	x	x	x		
19.02.2020	15	x	x	x	x	x	x	
20.02.2020	0 og 16	x	x					
21.02.2020	1 og 17		xx	xx	xx	xx		
23.02.2020	3 og 19		x				x	
24.02.2020	4 og 29	x						
26.02.2020	6 og 22		xx	xx	xx	xx		
27.02.2020	7 og 23	x					x	x
28.02.2020	8 og 24		xx	xx	xx	xx		
02.03.2020	11 og 27		xx	xx	xx	xx		
05.03.2020	14 og 30	x	xx	xx	xx	xx		x
06.03.2020	15	x					x	
09.03.2020	18		x	x	x	x	x	
12.03.2020	21		x	x	x	x		
13.03.2020	22	x					x	x
20.03.2020	29	x	x	x	x	x	x	x

## 6.4 Resonnement for sammenheng, korrelasjon og årsak for eggdiameter og klekkesuksess



**Figur A2:** Visualisering av resonnement for sammenheng, korrelasjon og årsak for eggdiameter og klekkesuksess. \*Sammenheng brukes om faktorene som antas å bestemme eggens forutsetning for korrelasjon. \*\*Korrelasjon brukes om de statistiske funne som kobles gjennom analyse. \*\*\*Årsak brukes om den forventede kausale faktoren som avgjør klekkesuksessen.

## 6.5 Gjennomsnittsverdier for samtlige parametere med hensyn på morfisk

**Tabell A3:** Gjennomsnittsverdier for rognkjeks for samtlige parameter med hensyn på morfisk.

Gruppe	Befruktning (%)	Klekkesuksess (%)	Larvelengde (mm)	Eggdiameter (mm)	Respirasjonmåling 1-2 dager etter klekking (O <sub>2</sub> µmol/time/individ)	Tørrvektsmåling 1-2 dager etter befruktning (mg)	Hjerterate for larver 1-2 dager etter klekking (slag per minutt)	Morfisk vekt (g)
«Mye-lipid»-1-1	73,3 ± 2,9	94,1 ± 9,8	5,66 ± 0,1	2,11 ± 0,06	30	1,33	81 ± 4	2322
«Mye-lipid»-1-2	72,2 ± 4,6	88,9 ± 15,9	5,84 ± 0,16	2,20 ± 0,07	65	1,52	80 ± 2	2652
«Mye-lipid»-1-3	45,6 ± 7,5	92,2 ± 12,8	5,78 ± 0,31	2,16 ± 0,1	41	1,03	81 ± 3	2288
«Middels-lipid»-1	6,2 ± 6,3	0 ± 0	NA	2,25 ± 0,08	NA	1,29	NA	3083
«Middels-lipid»-2	3,6 ± 3,0	41,7 ± 39,6	5,89 ± 0,47	2,21 ± 0,07	66	1,18	84 ± 6	2929
«Middels-lipid»-3	2,72 ± 2,6	0 ± 0	NA	2,21 ± 0,07	NA	1,30	NA	2861
«Middels-lipid»-4	71,0 ± 5,3	66,7 ± 8,1	5,94 ± 0,14	2,27 ± 0,09	78	1,48	95, ± 8	1987
«Lite-lipid»-1	25,2 ± 4,9	93,9 ± 10,8	5,67 ± 0,27	2,24 ± 0,06	37	1,35	78 ± 3	3361
«Lite-lipid»-2	16,2 ± 8,1	69,4 ± 29,8	5,73 ± 0,26	2,33 ± 0,07	54	1,26	80 ± 2	3099
«Lite-lipid»-3	2,1 ± 1,5	28,6 ± 39,3	5,77 ± 0,37	2,20 ± 0,08	52	1,32	84 ± 1	2740
«Lite-lipid»-4	83,6 ± 5,9	83,6 ± 6,5	5,97 ± 0,25	2,22 ± 0,08	55	1,51	100 ± 5	3158
Namdalen-1	98,7 ± 1,0	90,8 ± 4,3	5,76 ± 0,13	2,28 ± 0,07	86	1,81	81 ± 3	4986
Namdalen-2	91,9 ± 2,3	95,1 ± 3,6	5,60 ± 0,16	2,19 ± 0,06	68	1,54	81 ± 4	2979
Namdalen-3	91,8 ± 2,9	87,8 ± 4,9	5,98 ± 0,16	2,26 ± 0,07	90	1,84	82 ± 4	3264
Skjerneset-1	86,4 ± 4,7	90,6 ± 4,3	5,83 ± 0,11	2,23 ± 0,05	52	1,61	85 ± 3	4000
Skjerneset-2	84,4 ± 4,1	78,8 ± 3,8	5,99 ± 0,11	2,36 ± 0,06	57	1,90	84 ± 3	2500
Skjerneset-3	67,2 ± 7,0	44,1 ± 10,9	6,10 ± 0,2	2,49 ± 0,05	63	2,41	84 ± 3	2320

## 6.6 Rådata respirasjon og tørrvekt

**Tabell A4:** Respirasjonsmålinger for rognkjeks med hensyn på dager etter befruktning. Respirasjon er mål som O<sub>2</sub> µmol/time/individ.

Gruppe	Dager etter befruktning	Respirasjon per individ	Gruppe	Dager etter befruktning	Respirasjon per individ
«Mye-lipid»-1	2	0,73632	Namdal-1	1	1,49164
«Mye-lipid»-1	8	5,04404	Namdal-1	5	1,5655
«Mye-lipid»-1	10	8,35472	Namdal-1	8	4,744688
«Mye-lipid»-1	13	10,17792	Namdal-1	11	8,909464
«Mye-lipid»-1	15	12,18104	Namdal-1	15	17,13712
«Mye-lipid»-1	17	14,196	Namdal-1	18	20,37566
«Mye-lipid»-1	22	34,827	Namdal-1	22	33,93198
«Mye-lipid»-1	24	19,34576	Namdal-1	25	22,3877
«Mye-lipid»-1	27	28,5	Namdal-1	29	86,3804
«Mye-lipid»-1	30	30	Namdal-2	1	1,0038
«Mye-lipid»-2	2	0,85566	Namdal-2	5	2,77472
«Mye-lipid»-2	8	4,983968	Namdal-2	8	4,411944
«Mye-lipid»-2	10	6,8456	Namdal-2	11	9,887056
«Mye-lipid»-2	13	12,09432	Namdal-2	15	16,33106
«Mye-lipid»-2	15	14,33872	Namdal-2	18	16,87052
«Mye-lipid»-2	17	15,97232	Namdal-2	22	21,57004
«Mye-lipid»-2	22	26,47324	Namdal-2	25	24,1384
«Mye-lipid»-2	24	24,4149	Namdal-2	29	68,2294667
«Mye-lipid»-2	27	24,8256	Namdal-3	1	0,71022
«Mye-lipid»-2	30	64,730825	Namdal-3	5	2,48056
«Mye-lipid»-3	2	0,7347	Namdal-3	8	3,12312
«Mye-lipid»-3	8	6,0818	Namdal-3	11	8,098944
«Mye-lipid»-3	10	7,97872	Namdal-3	15	17,34128
«Mye-lipid»-3	13	13,2848	Namdal-3	18	23,57714
«Mye-lipid»-3	15	12,8832	Namdal-3	22	21,23748
«Mye-lipid»-3	17	16,8144	Namdal-3	25	22,7107

<b>«Mye-lipid»-3</b>	22	52,6547	<b>Namdal-3</b>	29	90,0590667
<b>«Mye-lipid»-3</b>	24	19,0624	<b>Skjerneset-1</b>	2	1,97936
<b>«Mye-lipid»-3</b>	27	56,25056	<b>Skjerneset-1</b>	5	3,03776
<b>«Mye-lipid»-3</b>	30	41,32812	<b>Skjerneset-1</b>	9	6,65632
<b>«Middels lipid»-2</b>	3	0,7657	<b>Skjerneset-1</b>	12	15,13356
<b>«Middels lipid»-2</b>	30	66,1876	<b>Skjerneset-1</b>	16	12,2485
<b>«Middels lipid»-4</b>	1	1,00828	<b>Skjerneset-1</b>	19	21,91256
<b>«Middels lipid»-4</b>	6	2,0235	<b>Skjerneset-1</b>	23	19,0068
<b>«Middels lipid»-4</b>	8	3,13698	<b>Skjerneset-1</b>	26	29,25656
<b>«Middels lipid»-4</b>	11	13,57606	<b>Skjerneset-1</b>	30	52,1213667
<b>«Middels lipid»-4</b>	14	16,23586	<b>Skjerneset-2</b>	2	2,5017
<b>«Middels lipid»-4</b>	18	18,8556	<b>Skjerneset-2</b>	5	1,5219
<b>«Middels lipid»-4</b>	21	22,13184	<b>Skjerneset-2</b>	9	5,8752
<b>«Middels lipid»-4</b>	30	77,9838167	<b>Skjerneset-2</b>	12	11,22576
<b>«Lite lipid»-1</b>	3	0,722	<b>Skjerneset-2</b>	16	17,31104
<b>«Lite lipid»-1</b>	30	37,23098	<b>Skjerneset-2</b>	19	24,71124
<b>«Lite lipid»-2</b>	3	1,07016	<b>Skjerneset-2</b>	23	14,15732
<b>«Lite lipid»-2</b>	30	53,51248	<b>Skjerneset-2</b>	26	27,55456
<b>«Lite lipid»-3</b>	3	0,4351	<b>Skjerneset-2</b>	30	56,8162833
<b>«Lite lipid»-3</b>	30	52,402	<b>Skjerneset-3</b>	2	3,19154
<b>«Lite lipid»-4</b>	1	1,10838	<b>Skjerneset-3</b>	5	2,09968
<b>«Lite lipid»-4</b>	6	1,2901	<b>Skjerneset-3</b>	9	7,62048
<b>«Lite lipid»-4</b>	8	2,86732	<b>Skjerneset-3</b>	12	12,06842
<b>«Lite lipid»-4</b>	11	12,57492	<b>Skjerneset-3</b>	16	16,303
<b>«Lite lipid»-4</b>	14	19,6802	<b>Skjerneset-3</b>	19	17,7606
<b>«Lite lipid»-4</b>	18	22,8288	<b>Skjerneset-3</b>	23	24,51896
<b>«Lite lipid»-4</b>	21	26,6903	<b>Skjerneset-3</b>	26	26,16208
<b>«Lite lipid»-4</b>	30	55,24265	<b>Skjerneset-3</b>	30	62,9901167

**Tabell A5:** Tørrvektsmålinger for rognkjeks med hensyn på dager etter klekking. Tørrvekt er målt i mg.

<b>Gruppe</b>	<b>DPF</b>	<b>Tørrvekt</b>	<b>Gruppe</b>	<b>DPF</b>	<b>Tørrvekt</b>
<b>«Mye-lipid»-1</b>	2	1,33218	<b>Namdal-1</b>	1	1,80974
<b>«Mye-lipid»-1</b>	8	1,26796	<b>Namdal-1</b>	5	1,7827
<b>«Mye-lipid»-1</b>	10	1,25578	<b>Namdal-1</b>	8	1,50054
<b>«Mye-lipid»-1</b>	13	1,21664	<b>Namdal-1</b>	11	1,76836
<b>«Mye-lipid»-1</b>	15	1,16896	<b>Namdal-1</b>	15	1,75952
<b>«Mye-lipid»-1</b>	17	1,50924	<b>Namdal-1</b>	18	1,7018
<b>«Mye-lipid»-1</b>	22	1,5118	<b>Namdal-1</b>	22	1,60422
<b>«Mye-lipid»-1</b>	24	1,16932	<b>Namdal-1</b>	25	1,6698
<b>«Mye-lipid»-1</b>	27	1,004325	<b>Namdal-1</b>	29	1,23661143
<b>«Mye-lipid»-1</b>	30	0,73856	<b>Namdal-2</b>	1	1,53938
<b>«Mye-lipid»-2</b>	2	1,51894	<b>Namdal-2</b>	5	1,3092
<b>«Mye-lipid»-2</b>	8	1,54142	<b>Namdal-2</b>	8	1,43
<b>«Mye-lipid»-2</b>	10	1,53636	<b>Namdal-2</b>	11	1,45268
<b>«Mye-lipid»-2</b>	13	1,54408	<b>Namdal-2</b>	15	1,4423
<b>«Mye-lipid»-2</b>	15	1,49984	<b>Namdal-2</b>	18	1,38458
<b>«Mye-lipid»-2</b>	17	1,2197	<b>Namdal-2</b>	22	1,34728
<b>«Mye-lipid»-2</b>	22	1,53824	<b>Namdal-2</b>	25	1,37954
<b>«Mye-lipid»-2</b>	24	1,52026	<b>Namdal-2</b>	29	1,30875
<b>«Mye-lipid»-2</b>	27	0,9361	<b>Namdal-3</b>	1	1,8412
<b>«Mye-lipid»-2</b>	30	0,86424	<b>Namdal-3</b>	5	1,77572
<b>«Mye-lipid»-3</b>	2	1,03128	<b>Namdal-3</b>	8	1,723475
<b>«Mye-lipid»-3</b>	8	1,4013	<b>Namdal-3</b>	11	1,75496
<b>«Mye-lipid»-3</b>	10	1,3814	<b>Namdal-3</b>	15	1,72296
<b>«Mye-lipid»-3</b>	13	1,28602	<b>Namdal-3</b>	18	1,75014
<b>«Mye-lipid»-3</b>	15	1,30886	<b>Namdal-3</b>	22	1,7118
<b>«Mye-lipid»-3</b>	17	1,2621	<b>Namdal-3</b>	25	1,67586
<b>«Mye-lipid»-3</b>	22	1,22342	<b>Namdal-3</b>	29	1,24625

<b>«Mye-lipid»-3</b>	24	1,26832	<b>Skjerneset-1</b>	2	1,6117
<b>«Mye-lipid»-3</b>	27	0,77878	<b>Skjerneset-1</b>	5	1,66978
<b>«Mye-lipid»-3</b>	30	0,69968	<b>Skjerneset-1</b>	9	1,64484
<b>«Middels lipid»-1</b>	3	1,28506	<b>Skjerneset-1</b>	12	1,62576
<b>«Middels lipid»-2</b>	3	1,17734	<b>Skjerneset-1</b>	16	1,62766
<b>«Middels lipid»-2</b>	30	0,65575	<b>Skjerneset-1</b>	19	1,64402
<b>«Middels lipid»-3</b>	3	1,30102	<b>Skjerneset-1</b>	23	1,52276
<b>«Middels lipid»-4</b>	1	1,47904	<b>Skjerneset-1</b>	26	1,44788
<b>«Middels lipid»-4</b>	6	1,54564	<b>Skjerneset-1</b>	29	1,08553333
<b>«Middels lipid»-4</b>	8	1,49854	<b>Skjerneset-2</b>	2	1,90168
<b>«Middels lipid»-4</b>	11	1,50384	<b>Skjerneset-2</b>	5	1,88042
<b>«Middels lipid»-4</b>	14	1,44796	<b>Skjerneset-2</b>	9	1,88844
<b>«Middels lipid»-4</b>	18	1,44086	<b>Skjerneset-2</b>	12	1,88642
<b>«Middels lipid»-4</b>	21	1,42658	<b>Skjerneset-2</b>	16	1,90528
<b>«Middels lipid»-4</b>	29	0,93171667	<b>Skjerneset-2</b>	19	1,79592
<b>«Lite lipid»-1</b>	3	1,34764	<b>Skjerneset-2</b>	23	1,82944
<b>«Lite lipid»-1</b>	30	0,7857	<b>Skjerneset-2</b>	26	1,65934
<b>«Lite lipid»-2</b>	3	1,25758	<b>Skjerneset-2</b>	29	1,3859
<b>«Lite lipid»-2</b>	30	0,84624	<b>Skjerneset-3</b>	2	2,4053
<b>«Lite lipid»-3</b>	3	1,32178	<b>Skjerneset-3</b>	5	2,34632
<b>«Lite lipid»-3</b>	30	0,5982	<b>Skjerneset-3</b>	9	2,41038
<b>«Lite lipid»-4</b>	1	1,51398	<b>Skjerneset-3</b>	12	2,37174
<b>«Lite lipid»-4</b>	6	1,52344	<b>Skjerneset-3</b>	16	2,3475
<b>«Lite lipid»-4</b>	8	1,51202	<b>Skjerneset-3</b>	19	1,98301667
<b>«Lite lipid»-4</b>	11	1,32718	<b>Skjerneset-3</b>	23	2,25148
<b>«Lite lipid»-4</b>	14	1,41848	<b>Skjerneset-3</b>	26	2,18784
<b>«Lite lipid»-4</b>	18	1,4067	<b>Skjerneset-3</b>	29	1,65486667
<b>«Lite lipid»-4</b>	14	1,41456			
<b>«Lite lipid»-4</b>	29	0,92808333			



## 6.7 Rådata larvelengde og eggdiameter

**Tabell A6:** Rådata for larvelengde hos stamfiskrognekjeks ved 1-2 dager etter klekking (mm).

«Mye-lipid»-1	«Mye-lipid»-2	«Mye-lipid»-3	«Middels lipid»-2	«Middels lipid»-4	«Lite lipid»-1	«Lite lipid»-2	«Lite lipid»-3	«Lite lipid»-4
5,75	5,95	5,74	6,11	6,11	5,91	5,92	5,51	5,81
5,67	5,94	6,01	5,18	5,78	5,97	5,96	6,04	5,91
5,75	5,61	6,02	6,13	6,02	5,46	5,32		5,78
5,63	5,88	5,85	6,13	5,96	5,66	5,78		6,07
5,77	5,91	5,46		5,94	5,80	5,83		4,85
5,73	6,00	5,94		5,95	5,74	5,91		6,08
5,64	5,79	5,91		5,82	6,05	5,53		5,76
5,78	5,69	4,97		5,80	5,27	5,74		6,25
5,43	5,57	6,02		6,23	5,63	5,98		5,99
5,56	6,01	5,80		5,78	5,62	5,83		6,09
5,59	5,67	5,64		6,13	5,82	5,15		5,90
5,59	6,02	5,96		5,97	5,18	5,76		5,90
				5,83				6,07
				6,02				6,17
				5,81				6,16
				6,02				6,12
				5,62				6,02
				5,90				6,14
				6,15				6,06
				5,97				5,81
				6,03				6,03
				6,03				5,99
				5,67				6,19
				5,91				5,99
				6,02				5,81
				6,09				6,23
				5,87				5,88
				6,05				5,99
				6,02				6,08
				5,91				5,87

**Tabell A7:** Rådata for larvelengde hos villfiskrognkjeks ved 1-2 dager etter klekking (mm).

<b>Namdal-1</b>	<b>Namdal-2</b>	<b>Namdal-3</b>	<b>Skjerneset-1</b>	<b>Skjerneset-2</b>	<b>Skjerneset-3</b>
5,70	5,64	6,03	5,89	5,74	5,77
5,69	5,57	5,99	5,81	5,75	6,10
5,95	5,53	6,00	5,77	6,09	5,93
5,85	5,66	6,01	5,84	6,04	6,06
5,49	5,47	5,94	5,79	6,00	6,58
5,99	5,77	5,93	5,95	5,89	6,23
5,65	5,52	5,81	5,89	5,82	6,23
5,69	5,62	6,13	5,90	5,77	6,06
5,71	5,51	5,88	5,78	5,87	5,99
5,77	4,98	5,75	5,63	6,03	5,84
5,85	5,66	5,95	5,92	6,06	6,09
5,78	5,53	6,08	5,93	5,88	6,17
5,72	5,81	5,98	5,53	5,90	6,01
5,80	5,53	5,87	5,95	5,86	5,96
5,79	5,65	6,00	5,85	5,83	5,90
5,51	5,55	5,72	5,88	5,76	6,31
5,80	5,55	5,85	5,83	6,05	6,31
5,62	5,65	5,96	5,87	5,97	6,28
5,88	5,58	5,99	5,85	5,88	
5,93	5,69	6,35	5,71	6,07	
5,86	5,72	6,39	5,86	6,00	
5,67	5,83	6,01	5,89	5,87	
5,91	5,65	5,85	5,65	5,96	
5,66	5,65		5,96	5,94	

**Tabell A8:** Rådata for eggdiameter hos stamfiskrognkjeks ved 1-2 dager etter klekking (mm).

«Mye-lipid»-1	«Mye-lipid»-2	«Mye-lipid»-3	«Middels lipid»-1	«Middels lipid»-2	«Middels lipid»-3	«Lite lipid»-1	«Lite lipid»-2	«Lite lipid»-3
2,09	2,23	2,17	2,11	2,07	2,22	2,18	2,19	2,24
2,03	2,26	2,11	2,27	2,20	2,19	2,15	2,33	2,24
2,19	2,19	2,22	2,15	2,21	2,18	2,22	2,39	2,12
2,14	2,25	2,03	2,21	2,28	2,19	2,28	2,35	2,12
2,18	2,12	2,24	2,32	2,32	2,11	2,34	2,29	2,25
2,14	2,18	2,08	2,26	2,15	2,17	2,32	2,42	2,28
2,15	2,27	2,16	2,42	2,22	2,41	2,29	2,45	2,14
2,06	2,19	2,31	2,24	2,25	2,23	2,26	2,28	2,15
2,10	2,27	2,04	2,24	2,23	2,22	2,23	2,33	2,33
2,16	2,14	2,03	2,33	2,16	2,17	2,27	2,34	2,25
2,10	2,23	2,26	2,24	2,15	2,25	2,21	2,25	2,14
2,01	2,04	2,21	2,26	2,25	2,15	2,19	2,33	2,09

**Tabell A9:** Rådata for eggdiameter hos stamfiskrognkjeks («Middels lipid»-4 og «Lite lipid»-4) og rognkjeksvillfisk ved 1-2 dager etter klekking (mm).

«Middels lipid»-4	«Lite lipid»-4	Namdal-1	Namdal-2	Namdal-3	Skjerneset-1	Skjerneset-2	Skjerneset-3
2,31	2,28	2,32	2,19	2,26	2,18	2,27	2,48
2,26	2,13	2,21	2,16	2,19	2,21	2,40	2,49
2,42	2,28	2,22	2,26	2,27	2,25	2,30	2,44
2,35	2,12	2,21	2,21	2,32	2,30	2,31	2,47
2,37	2,19	2,39	2,30	2,24	2,29	2,31	2,52
2,20	2,29	2,30	2,16	2,31	2,22	2,36	2,49
2,31	2,13	2,21	2,12	2,30	2,21	2,30	2,45
2,19	2,19	2,28	2,18	2,19	2,25	2,37	2,40
2,30	2,28	2,23	2,28	2,44	2,18	2,45	2,58
2,12	2,18	2,30	2,14	2,22	2,29	2,41	2,55
2,22	2,22	2,30	2,16	2,27	2,27	2,46	2,55
2,21	2,35	2,38	2,11	2,17	2,15	2,43	2,53

## 6.8 Rådata befruktning og klekking

**Tabell A10:** Rådata for befruktningsprosent hos rognkjeksstamfisk.

«Mye - lipid» -1	«Mye - lipid» -2	«Mye - lipid» -3	«Middels lipid»-1	«Middels lipid»-2	«Middels lipid»-3	«Middels lipid»-4	«Lite lipid»- 1	«Lite lipid»- 2	«Lite lipid» »-3	«Lite lipid» -4
74,47	74,12	41,77	4,26	7,89	0,00	65,00	26,32	22,37	2,25	84,71
76,47	75,86	40,45	4,82	4,76	7,14	67,06	21,92	23,08	0,00	86,25
76,00	67,82	39,53	10,39	6,90	3,95	77,63	26,39	30,00	3,57	92,31
69,00	78,49	57,14	19,23	0,00	2,90	64,00	32,00	13,24	2,70	90,48
72,82	69,77	49,37	6,94	3,30	2,63	68,83	19,23	14,49	3,70	81,48
71,29	67,42		3,66	0,00	0,00	73,91		9,09	0,00	74,07
			0,00	4,88	0,00	72,22		10,96	2,38	91,01
			0,00	1,12	5,13	80,52		6,58		82,28
						72,15				78,05
						65,79				81,48
						67,50				78,05

**Tabell A11:** Rådata for befruktningsprosent hos rognkjeksvillfisk.

Namdal-1	Namdal-2	Namdal-3	Skjerneset-1	Skjerneset-2	Skjerneset-3
100,00	92,22	95,77	92,68	80,00	57,63
97,14	88,76	87,32	88,64	91,30	66,67
98,75	89,29	93,59	87,34	82,67	66,18
98,67	96,25	91,25	78,95	88,61	77,14
98,67	90,12	90,00	91,86	80,95	57,14
98,67	88,89	93,42	82,14	83,12	69,01
97,33	92,77	92,00	84,34	86,25	73,02
98,70	93,67	95,00	85,11	87,06	71,19
98,65	94,87	92,31		79,73	
100,00	92,59	85,71			
97,40	91,86	91,67			
100,00	91,95	93,06			
	91,67				

**Tabell A12:** Rådata for klekkesuksess hos rognkjeksstamfisk.

«Mye-lipid»-1	«Mye-lipid»-2	«Mye-lipid»-3	«Middels lipid»-1	«Middels lipid»-2	«Middels lipid»-3	«Middels lipid»-4	«Lite lipid»-1	«Lite lipid»-2	«Lite lipid»-3	«Lite lipid»-4
74,29	57,14	69,70	0,00	0,00	0,00	67,31	100,00	94,12	50,00	66,67
100,00	100,00	100,00	0,00	75,00	0,00	68,42	75,00	13,33	0,00	88,41
96,05	96,61	100,00	0,00	50,00	0,00	72,88	94,74	52,38	0,00	81,94
97,10	93,15	93,75	0,00	0,00	0,00	72,92	100,00	44,44	50,00	90,79
97,33	90,00	97,44	0,00	33,33	0,00	67,92	100,00	100,00	0,00	81,82
100,00	96,67		0,00	0,00	0,00	58,82		83,33	0,00	83,33
			0,00	75,00	0,00	59,62		87,50	100,00	88,89
			0,00	100,00	0,00	58,06		80,00		81,54
						73,68				84,38
						80,00				87,88
						53,70				84,38

**Tabell A13:** Rådata for klekkesuksess hos rognkjeksvillfisk.

Namdal-1	Namdal-2	Namdal-3	Skjerneset-1	Skjerneset-2	Skjerneset-3
88,24	95,18	83,82	94,74	81,67	52,94
80,88	96,20	83,87	88,46	84,52	47,62
91,14	93,33	82,19	88,41	70,97	60,00
89,19	94,81	83,56	96,67	78,57	31,48
90,54	98,63	87,50	83,54	76,47	27,50
93,24	93,75	92,96	88,41	79,69	48,98
90,41	97,40	82,61	94,29	78,26	39,13
98,68	86,49	93,42	90,00	81,08	45,24
90,41	97,30	88,89		77,97	
89,19	90,67	86,36			
92,00	94,94	96,97			
95,16	97,50	91,04			
	100,00				

## 6.9 Rådata hjerterate

**Tabell A14:** Rådata for hjerterate hos rognkjeksstamfisk (slag per minutt).

«Mye-lipid»-1	«Mye-lipid»-2	«Mye-lipid»-3	«Middels lipid»-2	«Lite lipid»-1	«Lite lipid»-2	«Lite lipid»-3	«Middels lipid»-4	«Lite lipid»-4
83,10	79,79	84,39	78,33	82,30	80,65	82,99	81,19	93,31
89,02	80,43	80,65	89,29	78,13	78,74	84,51	82,08	90,36
83,68	76,63	79,68	79,16	81,30	79,79		79,26	86,21
82,08	80,21	80,32	89,69	81,30	76,24		94,64	94,79
79,47	82,42	75,00		77,52	80,21		86,08	104,71
76,63	78,95	82,76		75,47	82,99		89,42	99,34
76,43	80,54	84,39		80,97	81,41		93,02	95,24
79,89	77,62	80,43		74,81	84,15		83,92	92,02
81,74	81,30	80,11		78,53	80,65		93,90	100,50
78,33	80,32	82,19		80,43	80,97		97,09	100,33
76,73	82,08	77,72		73,98	80,32		101,69	101,35
82,19	82,53	78,53		77,22	78,43		94,94	101,18
							87,59	98,68
							85,47	99,34
							89,29	108,50
							90,91	101,35
							94,34	102,04
							92,59	103,09
							100,67	103,27
							96,15	96,15
							103,45	106,76
							99,01	103,81
							99,17	106,19
							103,63	99,50
							104,71	107,72

							103,81	103,81
							110,91	102,21
							105,08	102,21
							104,35	102,04
							107,91	103,27

**Tabell A15:** Rådata for hjerterate hos rognkjeksvillfisk (slag per minutt).

<b>Namdal-1</b>	<b>Namdal-2</b>	<b>Namdal-3</b>	<b>Skjerneset-1</b>	<b>Skjerneset-2</b>	<b>Skjerneset-3</b>
81,30	85,59	84,87	88,76	82,30	80,32
81,97	83,33	82,76	88,24	79,16	86,71
79,79	78,84	75,19	83,92	82,19	77,42
75,85	76,14	76,53	89,82	88,24	82,99
81,19	76,34	80,32	88,11	78,33	82,64
74,07	78,53	82,99	87,85	81,63	84,51
83,22	89,69	79,79	84,39	87,46	88,11
88,11	77,92	71,68	88,89	84,15	85,47
79,47	82,53	73,53	79,47	87,08	82,08
82,42	84,51	84,51	89,96	83,92	86,96
79,47	84,39	83,45	85,59	83,57	88,11
82,99	76,14	80,43	82,87	85,71	85,23
80,65	79,47	81,52	81,08	85,11	86,08
83,92	86,21	85,96	82,87	85,59	83,10
79,26	80,43	84,39	77,12	85,23	81,41
83,68	80,32	87,21	85,11	86,96	83,33
86,08	78,33	83,45	89,82	79,47	85,71
82,53	83,92	85,47	83,10	84,87	76,14
82,08	80,65	81,63	86,71	87,72	
77,32	79,58	86,71	86,96	80,65	
77,72	75,95	81,63	86,21	81,19	
80,54	81,74	83,45	83,68	89,55	

80,65	79,89	81,08	86,21	84,39	
80,54	78,74		84,27	86,96	
78,43	74,26				



