



KVALITETSKRITERIER FOR RENSEFISK OG EFFEKTEN AV STAMFISKERERNÆRING.

CleanLifeCycle

Øystein Sæle, Reidun Bjelland (HI), Katerina Kousoulaki (Nofima), Gerd
Marit Berge (Nofima) og Ingrid Lein (Nofima)

Tittel (norsk og engelsk):

Kvalitetskriterier for rensefisk og effekten av stamfiskerernæring.
Quality criteria for cleaner fish and the effect of brood stock nutrition

Undertittel (norsk og engelsk):

CleanLifeCycle
CleanLifeCycle

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2025-19

Dato:

22.04.2025

Forfatter(e):

Øystein Sæle, Reidun Bjelland (HI), Katerina Kousoulaki (Nofima), Gerd Marit Berge (Nofima) og Ingrid Lein (Nofima)

Forskningsgruppeleder(e): Nina Liland (Fôr og ernæring)
Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger
Programleder(e): Robin Ørnsrud

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15530

Oppdragsgiver(e):

FHF

Oppdragsgivers referanse:

901562

Program:

Fremtidens havbruk

Forskningsgruppe(r):

Fôr og ernæring

Antall sider:

47

Samarbeid med

Sammendrag (norsk):

Prosjektet hadde som hovedmål å undersøke hvordan stamfiskernæring påvirker fekunditet hos morfisk og kvaliteten på avkommet. Dette skulle undersøkes hos de to rensefiskartene rognkjeks og berggyll, der rognkjeks ble gitt fôr med ulike fettnivå og berggyll ble gitt fôr med ulike nivå av fettsyren arakidonsyre. I rognkjeksforsøket var dødeligheten lavest i lavfett-gruppen, noe som kan ha sammenheng med at de kom sent i gyting. Leverindeksen var lavest hos fisk som fikk det magreste fôret. Hannene sluttet å vokse før hunnene, men var også gyteklare før hunnene. Hunnene i høyfett-gruppen startet gytingen før de to andre gruppene, og avsluttet også tidligere. Dette kan bety at gytestart til en viss grad kan styres med fôrsammensetning. Gonadeindeksen hos hunner på fôr med lavt fett økte først fram mot april, noe som har sammenheng med at de modnet senere enn de to andre behandlingene. Mengde rogn som ble produsert (strøket + gytt i kar) var lavere i gruppen på lavt fett, som trolig skyldes at de kom senere i gyting. Befruktnings- og klekkeprosenter fra forsøkene ved SINTEF Ocean tyder på at kvaliteten på rogn fra fisk på det magreste fôret kan ha bedre kvalitet enn ved de to andre behandlingene. Kvaliteten på rogn i forsøket var ofte dårlig, noe vi mener for en stor del skyldes at fisken gikk på for høy temperatur. Berggyll gyter små ($0,75 \pm 0,04$ mm; gj. snitt $\pm$ standard avvik) demersale egg, og et relativt kort fritt embryo stadium der de lever på plommesekken. De må startfôres med små plankton dyr som rotatorier og skipsrur nauplier, og det er relativt høy dødelighet i disse stadiene. Basert på tidligere funn i ernæringsanalyser av rogn fra vill berggyll, bestemte vi oss for å undersøke om gyte- og eggkriterier kunne styrkes med økte mengder arakidonsyre (ARA) i fôret til stamfisk. For å muliggjøre dette studiet utviklet vi et mer robust system for å beregne mengden egg som blir gytt på gytesubstratene som oftest blir benyttet for å samle egg fra berggyll stamfisk. Vi fant liten effekt av ARA på fekunditet, befruktning og klekking. Allikevel var det høy ARA gruppen som produserte egg med tilnærmet lik ARA nivå som det som er funnet i gonadene til vill fisk. ARA hadde en effekt på eggstørrelsen, så vi har en hypotese om at dette kan være en fordel for larvene. Dessverre mistet vi tilgang på nødvendig infrastruktur for å gjennomføre startfôring av larvene p.g.a. Covid-19 relaterte komplikasjoner. Gitt at gonader fra vill fisk har optimale ARA nivå, vil vi anbefale ARA nivå i fôr opp mot 5,6 % av totalt lipid.

Sammendrag (engelsk):

The main aim of this study was to investigate how brood stock nutrition affect the fecundity, and the quality of eggs and larvae in the two cleaner-fish species lumpfish and ballan wrasse. The project describes effects of different dietary lipid levels or lumpfish and arachidonic acid (ARA) for ballan wrasse. The low lipid group of lumpfish started spawning later than the two other groups and this group had also the lowest mortality. We found lower fecundity in the low lipid group, compared to the others, however this group had also the highest fertilization and hatching rate. Ballan wrasse spawn small (0.75 ± 0.04 mm, mean $\pm$ st. dev.) demersal eggs, and have a relatively short free embryo stage where they draw nutrients from the yolk sac. They must initially be fed with small plankton such as rotifers and barnacle nauplii (*Balanus crenatus*), and there is a relatively high mortality during these stages. Based on previous findings in nutritional analyses of roe from wild ballan wrasse, we decided to investigate whether spawning and egg criteria could be strengthened with increased amounts of dietary arachidonic acid (ARA) in the brood stock. To enable this study, we developed a more robust system for calculating the number of eggs spawned on the spawning substrates that are most frequently are used to collect eggs from ballan wrasse brood stock. We found little effect of ARA on fertility, fertilization or hatching. There are many indications that the amount of ARA in the feed raw materials used in the experiment was high enough. ARA had an effect on egg size, so we hypothesize that this may be beneficial to the larvae. Unfortunately, we lost access to the necessary infrastructure to carry out initial feeding of the larvae due to Covid-19 related complications. Our findings showed that the biggest factor that affected the hatching percentage was the number of eggs in the spawning mats, the more eggs the lower the hatching percentage.

Innhold

1	Bakgrunn	5
1.1	Prosjektorganisering og omfang	6
1.2	Nøkkelkompetanse, ansvar og roller til personer i prosjektgruppen:	6
1.3	Referansegruppe	6
2	Problemstilling og formål	7
2.1	Hovedmål	7
2.2	Resultatmål	7
3	Prosjektgjennomføring	8
3.1	AP1 Produksjon av stamfiskfôr basert på næringsstoffanalyser	8
3.1.1	<i>Rognkjeksfôr</i>	8
3.1.2	<i>Berggyltfôr</i>	9
3.2	AP2 Rognkjeks	12
3.3	AP3 Berggylt	17
4	Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	21
4.1	Rognkjeks	21
4.2	Berggylt	33
5	Sammendrag og anbefaling	46

1 - Bakgrunn

Rensefisk er for lengst etablert som et godt kontrollerende tiltak mot lakselus. De første spede forsøk på bruk av leppefisk (gylter) fant sted på 70-tallet, men det var ikke før lakselusens resistens mot medikamentell behandling ble et problem at bruk av rensefisk for alvor skjøt fart. I 2018 ble det brukt ca. 36 mill. oppdrettet rognkjeks, ca. 1,5 mill. oppdrettet berggylt og fortsatt rundt 20 mill. villfanget leppefisk. Laksenæringen og forvaltningen i Norge er av den oppfatningen at vi bør fase ut bruk av villfanget rensefisk. For å få dette til trenger vi økt kunnskap om hvordan vi i oppdrett kan sikre god kvalitet fra stamfisk til fisk som skal settes i sjø. God stamfiskkvalitet blir gjerne målt på ernæringsstatus og deretter på eggkvalitet. I dag får stamfisken fôr som i stor grad er basert på behovsstudier fra andre arter som laks. Justeringer av fôrrecepter er gjort ut ifra erfaringer og forskning på andre livsstadier, spesielt under påvekstfasen (Hamre et al., 2013). Erfaring fra andre arter har vist oss hvor viktig ernæring er i perioden hvor oppbygging av rogn skjer. I tillegg til ulike miljøparametere er innholdet i plommen i egget avgjørende for at en fiskelarve skal utvikles uten mangler og misdannelser. Sammensetningen av plommen er i stor grad forutbestemt av stamfiskfôrets sammensetning.

For mange fiskearter vil energistatus og kondisjon, spesielt i hunn-fisk, være avgjørende for gyteresultat. I tidligere forsøk med stamfisk kveite («Krafttak kveite») har vi sett at energinivå i fôr (varierende lipid i forhold til protein og karbohydrat) påvirker gyteresultatet. Det var klar trend mot at et midlere nivå av fett/energi ga best resultat, spesielt i form av flere og større eggbatcher i løpet av gyteperioden, og dermed større total mengde egg. Kjemisk innhold i egg var derimot ikke påvirket av ulike fôr, eggene hadde nøyaktig samme innhold av protein, energi og EPA+DHA, selv om det var stor forskjell på innhold i fôrene.

Rognkjeks er en opportunist i matfatet, og har god appetitt, uavhengig av størrelse og livsstadium. I oppdrett gir dette rask vekst, noe som ikke nødvendigvis er gunstig. For stamfisk er det spesielt viktig med kunnskap om optimal fôrsammensetning for produksjon av kvalitetsegg og -melke, som danner grunnlaget for produksjon av høykvalitets yngel.

Tidligere forsøk med fôrsammensetning til mindre rognkjeks (FHF-prosjekt #901331 CleanFeed) viste at høyt nivå av fett i fôr ga mer fettlagring i kroppen, spesielt i leveren. (tolket som positivt eller negativt?)

Målet med prosjektet var å undersøke hvordan sammensetning av fôr til stamfisk rognkjeks påvirker kroppssammensetning og eggproduksjon hos hunnfisk, og videre befruktnings- og klekkesuksess.

I prosjektet hadde vi samarbeid med FHF-prosjekt #901235 STARTRENS som ledes av Andreas Hageman i SINTEF Ocean. To masterstudenter deltok i stryking av rogn på Sunndalsøra, og brukte dette i forsøk ved SINTEF og i sine masteroppgaver.

Det finnes etter hvert noe kunnskap om tidlige livsstadier hos berggylte der larvenes evne til fordøyelse av et bredt spekter av næringsstoffer og behov for levendefôr er beskrevet (Hansen et al., 2013). I NFR prosjektet «noGuts» har vi også beskrevet berggyltas larvestadier sammen med 3d beskrivelser av fordøyelsessystemets ontogeni (Sæle et al., in prep) og dens tarmfunksjon er beskrevet i detalj (Etayo et al., 2021; Le et al., 2021, 2019a, 2019b).

Det er gjort få fôringsforsøk med stamfisk, noe som i hovedsak skyldes at slike forsøk er svært ressurskrevende for de fleste arter. Slike forsøk bør strekke seg fra stamfisken bygger gonader til larvene har begynt å spise selv, og aller helst tørrfôr. Vi snakker derfor om tidkrevende forskning der mye dessverre kan gå galt underveis. For å få en smart start på ernæringsforskning på dette livsstadiet, har (Hamre et al., 2013) analysert og sammenlignet nærings-sammensetningen i rogn fra villfanget berggylt med rogn fra oppfôret villfisk. Samme typer analyser ble

gjort på rognkjeks i FHF prosjektet «Stamfiskhold av rognkjeks» (FHF-prosjekt nr. 900977).

1.1 - Prosjektorganisering og omfang

Prosjektet er ledet av HI som har hatt det administrative ansvaret overfor FHF. Det har vært et tett samarbeid mellom partnere på tvers av ansvarsområder og arbeidspakker, da spesielt AP1 mot AP2 og AP3.

På oppfordring fra FHF har vi hatt dialog med SINTEF Ocean gjennom FHF-prosjektet #901235 STARTRENS. Intensjonen var å forsyne STARTRENS med egg fra AP2 og AP3. Dette samarbeidet var mer fruktbart med AP2 (rognkjeks) der de hadde egg tilgjengelig i mars. Når berggylten produserte gode batcher med egg senere på våren stengte dessverre SINTEF ned sine laboratorier pga Covid-19. I AP3 hadde vi derfor ikke utveksling av materiale.

Prosjektet startet i 2019, og avsluttes i 2021. Det var ambisiøst å jobbe med stamfisk ernæring på to arter i en tidsramme på to år. Det så lenge ut til at det skulle gå etter planen, men delvis nedstenging på grunn av Covid 19 utbrudd, gjorde at vi ikke kom i mål med alt, og da spesielt larveforsøkene med berggylt.

Prosjektet hadde en finansiell ramme på 7 mill NOK og var i sin helhet finansiert av FHF.

1.2 - Nøkkelkompetanse, ansvar og roller til personer i prosjektgruppen:

HI:

Øystein Sæle: Fiskeernæring

Reidun Bjelland: Oppdrett berggylt

Ruben Sætre: Master student fiskehelse & ernæring

Nofima:

Katerina Kousoulaki: Fiskeernæring, marin fisk og laksefisk

Ingrid Lein: Oppdrett av marin yngel, inkludert rensefisk

Gerd Marit Berge: Fiskeernæring, marin fisk og laksefisk,

1.3 - Referansegruppe

Nina Ivarsen, Namdal Rensefisk

Henriette Glosvik, Mowi

Claudia Witter, Arctic Cleanerfish

Kjetil Heggen og Jørgen Økland, Lerøy

2 - Problemstilling og formål

Utfordringene for de to artene rensefisk vi har i oppdrett er ulike. Berggyllt er en art som er kresen på fôr, og analyser av rogn fra vill og oppdrettet stamfisk viser at rogn fra oppdrettet berggyllt har lavere innhold av en rekke næringsstoffer som f.eks. fettsyren arakidonsyre (ARA) enn i rogn fra villfanget fisk (Hamre et al., 2013). Dette kan tyde på at det enten er mangel på disse stoffene i stamfiskfôret eller lavt fôrinntak. Det var derfor viktig å undersøke både fôrsammensetning i forhold til ARA og smakelighet i fôret. Det siste har ofte sammenheng med valg av fôrråstoffer til berggyllt.

Rognkjeks ser derimot er ikke krevende når det gjelder smakelighet, og vokser svært raskt. Det er mistanke om at fôr til rognkjeks er for energirikt for stamfiskrekrutter og stamfisk. Det er observert at oppdrettet rognkjeks produserer svært store mengder rogn, og ikke klarer å gi fra seg rogn (Pers. med. Peter Hovgaard). For rognkjeks er det derfor naturlig å undersøke hvordan energinivået i fôret påvirker gyteresultatet, både i form av fekunditet og rognkvalitet.

Det er et mål å bruke oppdrettet stamfisk for produksjon av både rognkjeks og berggyllt. For å oppnå en god rognproduksjon er det en forutsetning at stamfiskrekrutter og stamfisk tilbys et fôr som dekker næringsbehovet, og som for berggylltens del er smakelig nok til at den vil spise tilstrekkelig. Vekstfôr er ikke nødvendigvis optimalt for oppbygging av gonader. Det er derfor nødvendig med kunnskap om næringsbehov hos stamfisk. Prosjektet vil gi næringen nødvendig informasjon om hvordan fôret påvirker gyteresultat og larvekvalitet, og informasjon om hvordan stamfiskfôr til disse to ulike artene bør formuleres.

2.1 - Hovedmål

Fremskaffe kunnskap om hvordan stamfiskfôr påvirker fekunditet hos stamfisk og kvalitet på avkom hos berggyllt og rognkjeks.

• Delmål

Produksjon av stamfiskfôr basert på næringsstoffanalyser

Fekunditet, klekkeprosent og morfologi som kvalitetsmål på stamfisk og dens ernæring for rognkjeks og berggyllt

2.2 - Resultatmål

Prosjektet har som mål å styrke kunnskapen om ernæringsfaktorer som kan forbedre helse og yteevne hos stamfisk for både rognkjeks og berggyllt. Vi presenterer her effekten av mengden energi i fôr av lipid i stamfiskfôr til rognkjeks har på gytekriterier. Vi viser at mye energi i fôrene starter gytesesongen tidligere enn om fisken får lite energi. Samtidig er lavenergifôret gunstig for rognkvalitet. For berggyllt stamfisk viser vi at andelen arakidonsyre i fôret ikke har effekt på fekunditet, befruktning eller klekking, men på størrelsen på eggene. Vi trenger å følge opp om eggstørrelsen er viktig for larvenes overlevelse.

Det har kommet en del nye startfôringsløsninger på markedet i de siste årene. Vi presenterer her analyser av vitaminer og mineraler i nauplier av rur og har sammenlignet dem med innhold av vitaminer og mineraler i anrikede rotatorier og Artemia. Dette kan hjelpe næringen å evaluere hva disse fôralternativene kan bety for deres larvelinje.

3 - Prosjektgjennomføring

3.1 - AP1 Produksjon av stamfiskfôr basert på næringsstoffanalyser

3.1.1 - Rognkjeksfôr

Fôrene ble produsert ved Nofima sitt fôrteknologisenter i Bergen. Fôrene var ekstrudert (Tabell 1) og inneholdt de samme råvarene, men hadde ulike nivå av fett og karbohydrat som ble balansert ved utveksling av fiskeolje med hvete (Figur 1). Kjemisk innhold i forsøksfôrene er vist i Tabell 1.

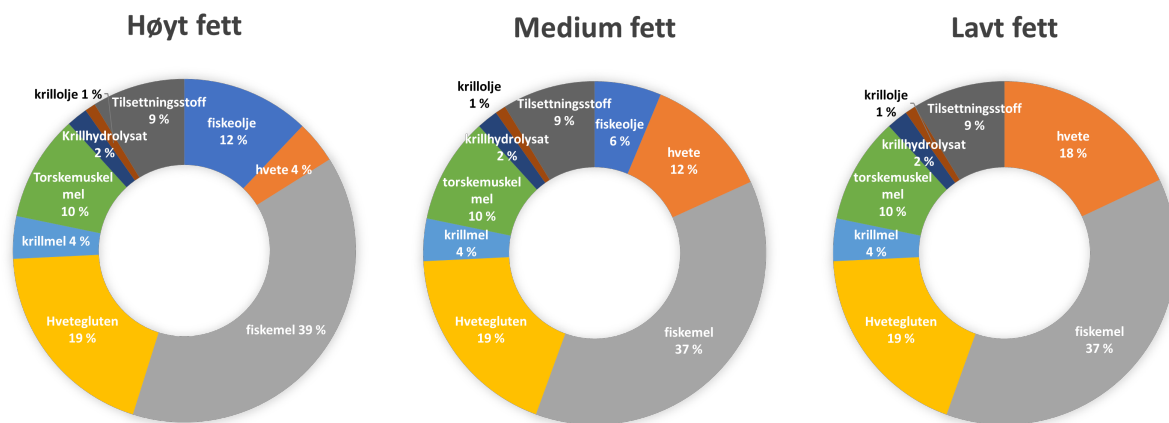


Figure 1: Formulering av stamfiskfôr til rognkjeksforsøk. Tilsetningsstoff: vitaminpremiaks, NaH 2 PO 4 , mineralpremiaks, lysin, choline chloride, kolesterol, gjærekstrakt (Biomoss), vitamin C, taurin, astaxantin og yttrium oksid.

Tabell 1: (Kald)-Ekstruderingsbetingelser for de tre berggyltstamfiskfôrene.

	Lav ARA	Medium ARA	Høy ARA
Mater			
hastighet rpm	54	54	54
DDC			
hastighet rpm	220	220	220
damp kg/t	11,6	10,2	10
Vann (kg/min)	0,16	0,18	0,19
Temperatur nedløp C°	74-72	71	69
Ekstruderinformasjon			
Dyseåpning mm	4	4	3,5
Knivhastighet rpm	1500	1646	1425
Motorlast kW	9,4	7	10,2
Damp kg/t	0	0	0
Vann kg/min	0,415-0,45	0,48	0,46

Temperatur (C°) sone	innstilt	reell	innstilt	reell	innstilt	reell
Hode nr. 2	83	71-70		68	83	64
Hode nr. 3	100	89		88	90	83
Hode nr. 4	110	88-91		88	90	77
Hode nr. 7	60	66		60	60	65
Dyse	82-85		74		86	
Trykk						
Hode nr. 5 (bar)	11		3		14	
Hode nr. 7 (bar)	12		6		16	
Produkt etter ekstruder						
Tetthet g/l	545		590-580		575-560-570-580	
Pelletstørrelse mm	5,2 x 6,3-5,8		4,9 x 6		4,9 x 6	
Synkefart s/m	11		09-Oct		10-Nov	
Pelletkonsistens	Fin, god struktur, lite nettverk		Fin, god struktur, løs		Seig, OK, fin	

Tabell 2. Kjemisk innhold i de tre rognkjeksfôrene.

	Høyt fett	Medium	Lavt fett
Tørrstoff	93,2	92	89,4
Fett	18,1	13,8	7,5
Karbohydrat	9,5	14,6	18,3
Protein	57,3	55,3	55,3
Aske	8,4	8,3	8,2
Energi, MJ/kg	22,2	20,9	19,9

3.1.2 - Berggyltfôr

Berggyltfôret er basert på sammensetning beskrevet i Kousoulaki et al. (2021). Fôret er kaldekstrudert (Tabell 3) med 63 % protein, 14 % fett, 9 % karbohydrater og 14 % aske. ARA oljen ble skaffet av G.O. AS (Oslo, Norge) og EPA olje av EPAX-Pelagia, (Ålesund, Norge). Hovedingrediensene var 37 % torskemuskel, 28 % rekemel, 8 % krill hydrolysat, 13 % bindemiddel og 14 % øvrige tilsetninger (Figur 2). Analyserte fettsyreprofiler er gitt i tabell 4.

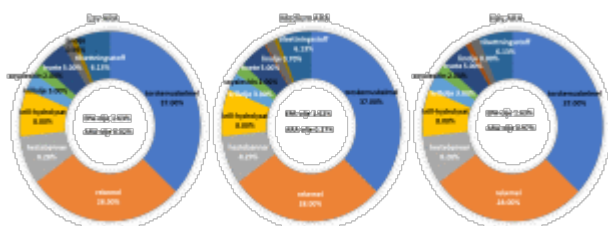


Figure 2: Formulering av stamfiskfôr til berggyltforsøk. Tilsetningsstoff: vitaminpremijs, NaH 2 PO 4 , mineralpremijs, choline chloride, gjærekstrakt (Biomoss), vitamin C, taurin, astaxantin og yttrium oksid.

Tabell 3: (Kald)-Ekstruderingsbetingelser for de tre berggyltstamfiskfôrene.

	Lav ARA		Medium ARA		Høy ARA	
Mater						
hastighet rpm	39		39		39	
DDC						
hastighet rpm	220		220		220	
damp kg/t	8,7		8,8		8,8	
Vann (kg/min)	0,25		0,25		0,25	
Temperatur nedløp C°	69,9		75,2		74,4	
Ekstruderinformasjon						
Dyseåpning mm	8,0/6,0		6		6	
Knivhastighet rpm	250/160		160		160	
Motorlast kW	3,2		4		4,1	
Damp kg/t	0		0		0	
Vann kg/min	0,85		0,5		0,5	
Temperatur (C°) sone	innstilt	reell	innstilt	reell	innstilt	reell
Hode nr. 2	82	61	82	66	82	65,3
Hode nr. 3	40	40	40	38	40	41
Hode nr. 4	50	50	50	50	50	50
Hode nr. 5	50	50	50	50	50	50
Hode nr. 6	-	56	-	56	-	56
Hode nr. 7	41,3	49,8	41,3	54,8	41,3	55
Dyse	60		75		70	
Trykk						
Hode nr. 5 (bar)	6,2		7,5		7	
Hode nr. 7 (bar)	5		6,4		6,9	
Produkt etter ekstruder						
Tetthet g/l	480		457-470		475	
Pelletstørrelse mm	6,8		6,8-6,9		6,8	
Synkefart s/m	16-17		14-15		15	
Pelletkonsistens	Dårlig binding		Dårlig binding		Dårlig binding	

Tabell 4: Fettsyreprofil i de tre berggyltfôrene. Fettsyrene som i hovedsak varierer mellom fôrene er ARA og alfa linolensyre.

Fettsyre (% av totalfett)	Lav ARA	Medium ARA	Høy ARA
06:00	<0.1	<0.1	<0.1

08:00	<0.1	<0.1	<0.1
10:00	<0.1	<0.1	<0.1
12:00	0,1	0,1	0,1
14:00	3,5	3,7	3,5
14:1n-9	<0.1	<0.1	<0.1
15:00	0,2	0,2	0,2
16:00	14,1	15,6	14,6
16:1n-9	0,2	0,2	0,2
16:1n-7	5	5,5	5,1
17:00	0,5	0,6	0,5
16:2n-4	0,6	0,6	0,6
18:00	2,3	2,7	2,8
16:3n-3	<0.1	<0.1	<0.1
18:1n-11	<0.1	0,1	0,1
18:1n-9	12	13,3	11,9
18:1n-7	4	4,4	4
16:4n-3	<0.1	<0.1	<0.1
18:2n-6	11,3	11,5	10,4
18:3n-6	<0.1	0,1	0,3
20:00	<0.1	<0.1	<0.1
18:3n-3	6,5	5,2	1,3
20:1n-11	0,1	<0.1	<0.1
20:1n-9	1,2	1,3	1,1
20:1n-7	0,4	0,5	0,5
18:4n-3	1,3	1,1	1,3
20:2n-6	0,2	0,2	0,2
20:3n-9	<0.1	<0.1	<0.1
20:3n-6	0,1	0,2	0,4
22:00	<0.1	<0.1	0,2
20:3n-3	<0.1	<0.1	<0.1
20:4n-6 (ARA)	1,7	2,3	5,6
22:1n-11	1	1	0,9
22:1n-9	0,6	0,6	0,5
20:4n-3	0,5	0,5	0,6
20:5n-3 (EPA)	19,4	16,5	19,6
24:00:00	<0.1	<0.1	<0.1
22:4n-6	<0.1	<0.1	<0.1

21:5n-3	0,5	0,4	0,5
24:1n-9	<0.1	<0.1	<0.1
22:5n-6	0,1	<0.1	<0.1
22:5n-3 (DPA)	0,7	0,6	0,7
22:6n-3 (DHA)	9,3	8	9,6
24:5n-3	<0.1	<0.1	<0.1
24:6n-3	<0.1	<0.1	<0.1
Sum uidentifiserte	2	2,4	2,1
Sum identifiserte	98	97,6	97,9
Sum fettsyrer	100	100	100
Sum mettet	20,7	23	21,9
Sum 16:1	5,2	5,7	5,3
Sum 18:1	16,1	17,8	16
Sum 20:1	1,8	1,8	1,6
Sum 22:1	1,5	1,5	1,4
Sum en-umettet	24,7	27	24,4
Sum EPA + DHA	28,7	24,5	29,2
Sum n-3	38,1	32,3	33,6
Sum n-6	13,4	14,4	17
Sum flerumettet	52,1	47,3	51,1
n-3/n-6	2,9	2,2	2
n-6/n-3	0,4	0,4	0,5

3.2 - AP2 Rognkjeks

Fisk og forsøk

Fisken som ble brukt i forsøket ble klekket hos Lumarine på Tustna i april 2018, og var klekket fra rogn fra villfanget stamfisk. Fisken kom til Nofima på Sunndalsøra september 2018. Overskuddsfisk som ikke ble benyttet i forsøk i 2018 ble holdt videre som stamfiskrekrutter. De gikk samlet i 4 m² kar på råvann fram til juli 2019.

Oppstart av forsøk:

Den 18-19. juli 2019 ble totalt 240 hunner og 120 hanner veid, målt, kjønnsbestemt med ultralyd, og individmerket med PIT-tag før de ble fordelt i tre forsøkskar med henholdsvis 80 hunner og 40 hanner per kar.

Det ble tatt ut prøver av restfisk for kjemisk analyse, 3 samleprøver med 4 fisk i hver. Lever ble analysert separat. Gjennomsnittsvekt for prøvefisk var 476 gram.

I forbindelse med fordeling av fisk ved oppstart av forsøket kollapset ultralydutstyret, og en stor andel av fisken ble derfor kjønnsbestemt basert på ytre kjennetegn. På grunn av usikkerheten rundt kjønnsbestemmelsen ble det tilført 20 ekstra fisk til hvert kar 12. august.

Fôring med forsøksfôr startet 23. juli 2019.

Ultralyd og kjønnsbestemmelse

18.-19. november hadde vi en ny gjennomgang av all forsøksfisk med ultralyd i samarbeid med AquaGen for å få en sikker kjønnsbestemmelse og fordeling av fisk. I samme operasjon ble antall fisk i hvert kar redusert til ca. 100 fisk.

Etter gjennomgangen var fordelingen slik:

Kar 1=4 (Høyfett): 73 hunnfisk + 24 hanfisk

Kar 2=5 (Middels): 64 hunnfisk + 36 hanfisk

Kar 3=6 (Lavfett): 66 hunnfisk + 34 hanfisk

Mellomuttak etter 6 måneder

16-17. januar 2020 ble det gjort en ny gjennomgang av forsøksfisken. Det ble tatt ut 15 hunnfisk og 6 hanfisk fra hvert kar for registreringer og analyser. Registreringer på prøvefisk var: lengde, vekt, gonadeindeks, leverindeks. Det ble tatt prøver til analyse av kjemisk innhold av, gonade, lever og restkropp. All resterende fisk i forsøkskarene ble veid, målt, og vurdert for kjønnsmodning basert på ytre karakterer.

Registrering av gyting

Mengde rogn gytt i kar ble registrert fra 24. desember 2019 fram til avslutning av forsøket 4. april 2020. Det ble gjort forsøk på stryking av rogn i perioden fra 4. februar fram til avslutning av forsøket i april.

I forbindelse med stryking av rogn ble det tatt prøver av rogn for kjemisk analyse, og det ble også gjort befruktning og inkubering på en del rogngrupper.

Avslutning av forsøket etter 9 måneder

Forsøket ble avsluttet 3-4. april. All fisk ble målt og veid, og det ble tatt ut 15 hunnfisk og 6 hanfisk per kar for registreringer og prøver til analyser som for uttak etter 6 måneder.

Vann

Forsøket ble kjørt på råvann, dvs. vann som er filtrert til 20 µm og UV-behandlet, men uten temperaturregulering (Figur 3). En forventet at fisken skulle gyte fra begynnelsen av februar, og at naturlig temperatur skulle være lav nok. Fisken startet gyting allerede 23. desember 2019, og sjøtemperaturen var uvanlig høy. Fra 23. januar 2020 ble det derfor satt inn noe kjøling slik at temperaturen kunne holdes mellom 8 og 9°C.

De første 3 ukene ble det kjørt 60 l sjøvann/min i hvert kar. Dette tilsvarer 20 utskiftninger/døgn. Deretter ble det økt til 80 l/min, noe som tilsvarer 29 utskiftninger per døgn.

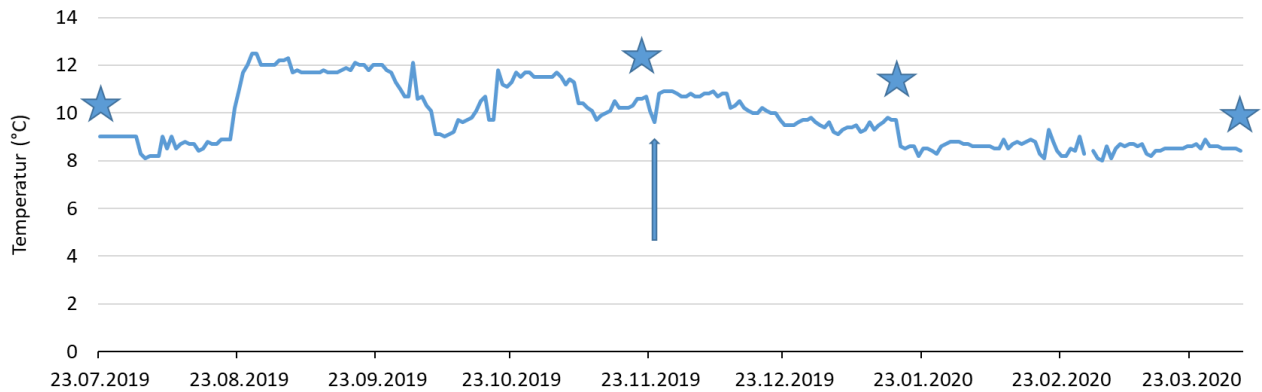
Lys

Det var plassert lys over hvert kar, og taklyset i rommet var avslått.

Røkt

- Temperatur ble registrert automatisk og kontinuerlig (Figur 3).

- Oksygen ble registrert ukentlig, og oksygentilsetning ble justert etter behov, og nivået ble holdt mellom 95 og 100 %.
- Dødelighet ble registrert daglig. Død fisk ble målt og veid.



Figur 3. Temperatur i forsøksperioden. Stjernene viser tidspunkt for gjennomgang av fisk med registrering av individvekter

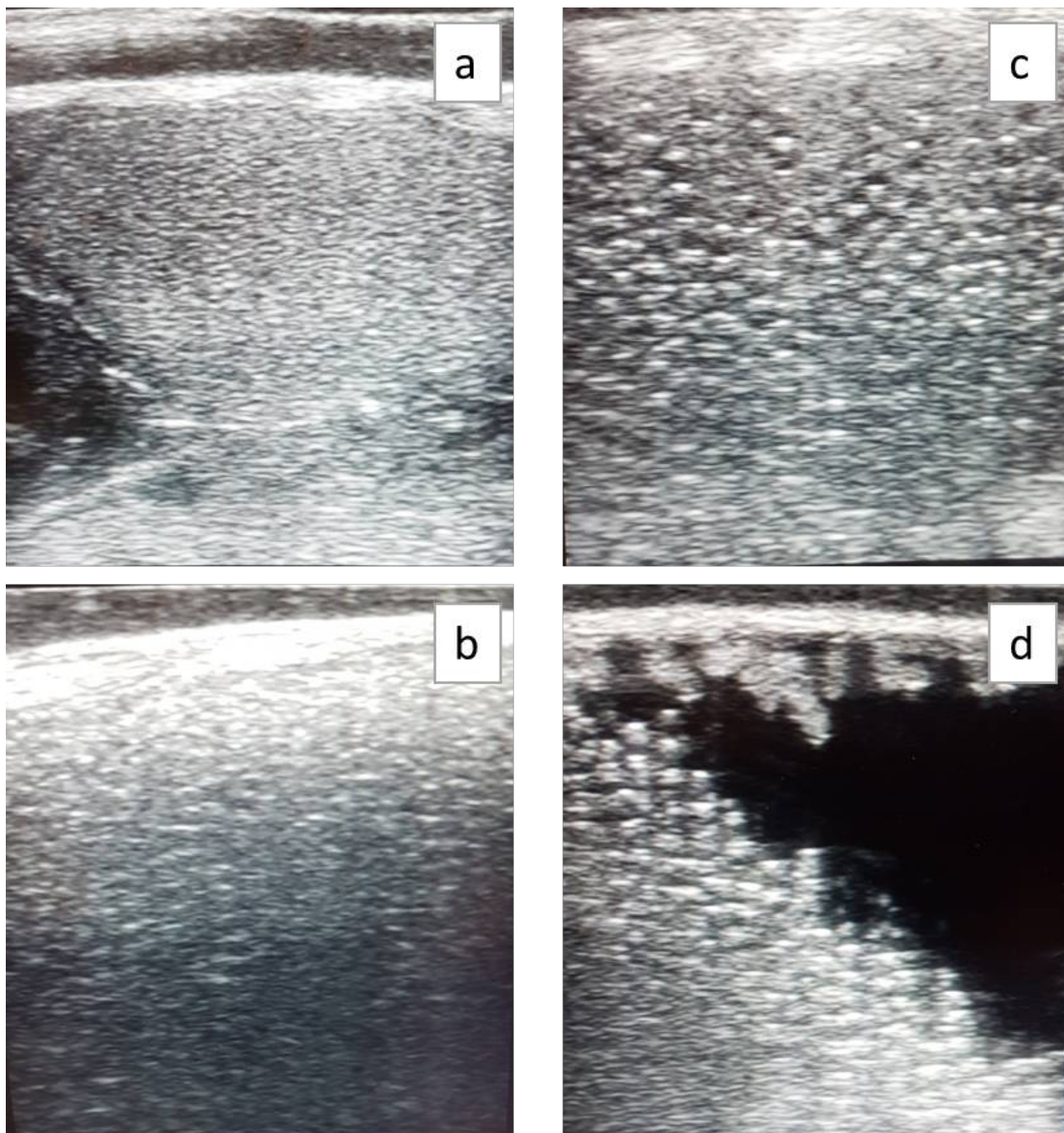
Registreringer - datainnsamling

Individregistrering av vekt ble gjort i juli (start), november, januar og april. Modningsgrad med ultralyd og visuell ytre vurdering ble gjort samtidig.

Rognkjeks kan undersøkes med ultralyd uten bedøvelse når den legges på et mykt materiale (Figur 4). Modningsgrad ble vurdert ut fra ultralydbilder, og modningen ble gradert på en skala fra 1-5 hvor grad 4 er gytemoden fisk, og grad 5 er fisk som er ferdig med gyting. Figur 5 viser modningsgrad 2, 3, 4 og 5.



Figur 4. Kjønnbestemmelse av rognkjeks ved bruk av ultralyd.



Figur 5. Gradering av modning hos hunnfisk av rognkjeks vha. ultralyd. a) grad 2 b) grad 3 c) grad 4, dvs. gyteklar og d) grad 5, dvs. ferdig med gyting.

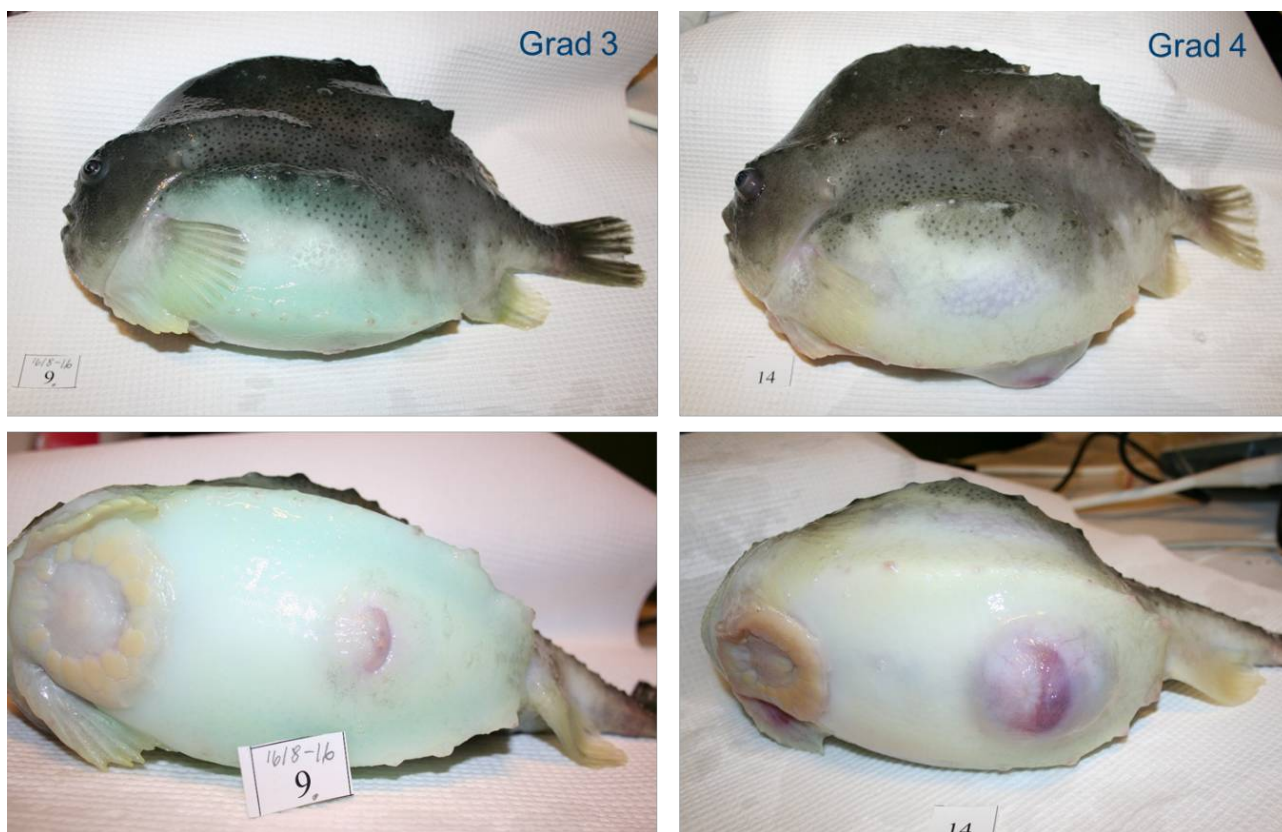
Registrering av rogn gytt naturlig i kar

Fordi rogn fra rognkjeks er klebrig kan rogn som gytes i karet enkelt registreres. Første gyting ble registrert allerede 23. desember 2019. Etter det ble all rogn som ble gytt i hvert kar fjernet to ganger daglig. Vekten på rogn ble registrert.

Stryking av rogn

Det ble i perioden 23. januar-4. april i 2020 strøket rogn fra hunnfisk fra alle tre behandlingene. Det var ikke

ressurser til å følge fiskene daglig. Vi forsøkte i stor grad å vurdere modningsgraden ut fra utvendige kriterier, dvs. størrelse på gatt, og fra hvor lett rogn lot seg stryke (Figur 6). I forbindelse med besøk av masterstudenter ble sannsynligvis noe rogn strøket litt for tidlig i forhold til når fisken ville ha gytt naturlig. Dette for å sikre nok antall rogngrupper for studentene



Figur 6. Utvendig bedømmelse av modningsgrad Bildene til venstre viser grad 3, og til høyre grad 4, dvs. klar for å strykes for rogn.

Inkubering av rogn

Det var planlagt å legge inn et antall rogngrupper til klekking. Dette ble også gjort, men fordi rognkvaliteten var suboptimal, dels på grunn av for høy vanntemperatur og del på grunn av suboptimalt stryketidspunkt, ble det vanskelig å få noe fornuftig bilde av forskjell mellom behandlinger. Det ble derfor etter kort tid besluttet å avslutte inkubering av rogn.

Analyser/ metoder

Prøver av lever, gonader og restkropp pluss tarm ble analysert for tørrstoff ved frysetørking, aske, nitrogen, fett og bruttoenergi. De samme analysene, med unntak av energi, ble gjort på rognprøver tatt etter stryking. Fôrprøver ble analysert for tørrstoff og fett, nitrogen, aske og bruttoenergi.

Standardanalyser brukt for fôr og fisk/organprøver.

- Tørrstoff i fôr: Tørking av føret i 3 timer ved 104 °C, og deretter avkjøling i 30 minutter i eksikator.
- Fisk og organprøver: Frysetørking ved -80 °C i minimum 2 døgn.

- Aske: Forasking ved 550 °C i 5 timer etterfulgt av avkjøling i eksikator.
- Nitrogen: Analyser med Tecator Kjeltec Auto 8400 og råprotein beregnet som N*6,25.
- Fett: NS 9402 (med hydrolyse i fôrprøver)
- Energi: Målt med bombekalorimetri, Parr 6300 Oxygen Bomb Calorimeter.

Beregninger og statistikk

- Vekstrate, SGR (% pr dag) = $(\ln W_2 - \ln W_1) / (t) \cdot 100$

W_1 og W_2 er gjennomsnittsvekt (g) ved start og slutt av forsøksperioden, og t er antall dager i perioden.

- Leverindeks (HSI) = Levervekt(g)/kroppsvekt(g) *100
- Gonadeindeks (GSI) = Gonadevekt(g)/kroppsvekt(g) *100

I dette forsøket ble det brukt ett stort kar til hver fôrtype, det er altså ikke gjentatte kar per behandling. Alle fisk var individmerket på forhånd og i de statistiske beregningene er individ brukt som gjentak for tilvekst, noen som gir høy n, spesielt for hunnfisk. Veksten er svært forskjellig for hann- og hunnfisk, og analysen er derfor gjort for hvert kjønn separat. Variasjonen i vekst var stor for begge kjønn, derfor er det kun store forskjeller som blir statistisk signifikant, på tross av høy n.

For kjemiske analyser er det 3-4 samleprøver av hunnfisk fra hvert kar, og disse brukes som gjentak i statistiske analyser. For hannfisk er det bare en samleprøve pr kar, derfor er det ikke utført statistisk analyse for hannfisk.

Der det er gjort statistisk analyse er det brukt enveis variansanalyse, og der $p \leq 0.05$ er det brukt en rangeringstest, Duncans multiple range test.

3.3 - AP3 Berggylt

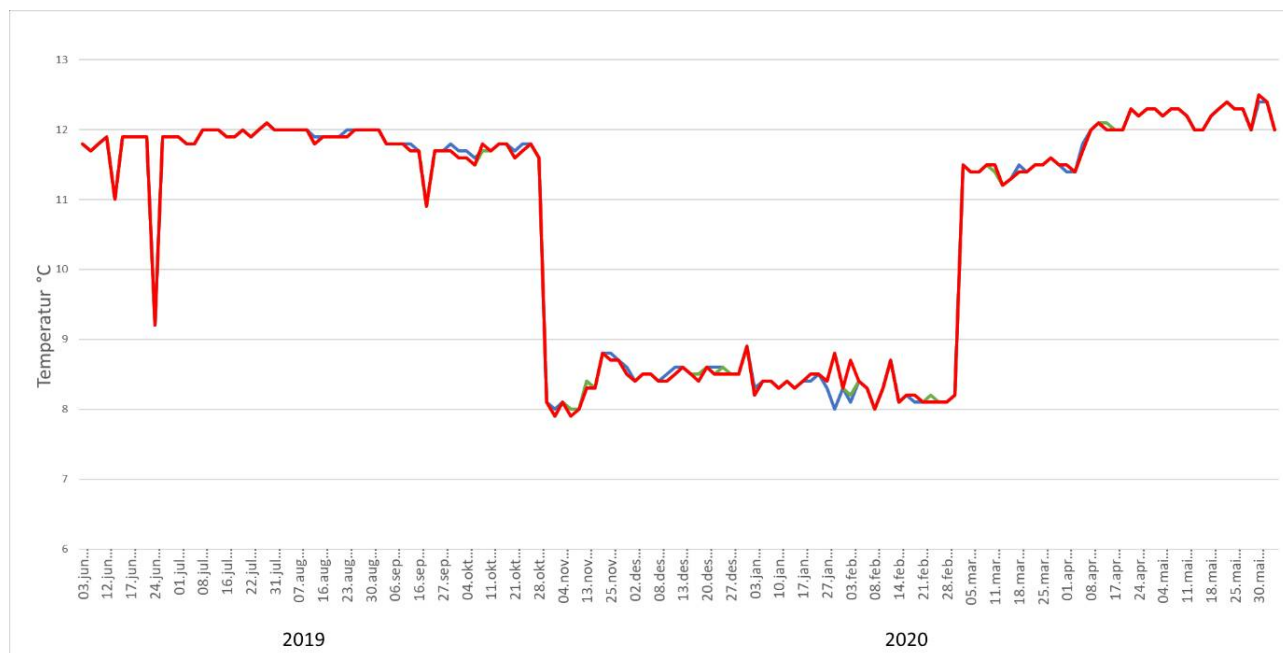
Tre grupper stamfisk ble føret med førene produsert i **AP1** fra etter avsluttet gyting i juni 2019 frem til gyting i april/mai 2020. All stamfisk i studiet var fanget i 2017 i Austevoll kommune, Norge. De var føret på en blanding av CLEANSOFT (Skretting AS) og reker frem til forsøksstart. Se tabell for oversikt over behandling og biomasse i kar.

Tabell 5: Oversikt over behandlingstype per kar, samt fisk i hvert kar. Avvik på snittvekt?

	Kar 8	Kar 9	Kar 10
Fôr	Lav ARA	Medium ARA	Høy ARA
Antall fisk	32	33	34
Hunfisk	28	31	30
Hanfisk	5	2	4
Snittvekt ved start, hunfisk	813	830	839
Snittvekt ved start, hanfisk	1215	1187	1182

Karene har en diameter på 3 m og vanddybde på 70 cm, med vanngjennomstrømningen på 1700 L / t. Vanntemperaturen i stamfiskkarene var på rundt 12 grader fra juni til slutten av oktober, med en periode på 8 grader fram til slutten av februar (2 uker før gytestart) hvor temperaturen ble pkt (?) til 12 grader ut

gytesesongen. Noen små dropp i temperaturen i juni og september skyldes vedlikehold på varmepumpen.



Figur 7 : Temperatur i karene til berggylt. Blå: lav ARA, Grønn: medium ARA og Rød: høy ARA

Karene var utstyrt med skjul langs kanten. Under gytesesongen ble det plassert ut 10 stk 50x50 cm gytematter i hvert kar (TRIO GEL avskrapningsmatter på rull, blå, Lone Tepper AS, Arna). Disse ble tilfeldig plassert i karets sentrum, uten å overlappe hverandre. De dekket da 35 % av karets totale areal. Alle matter ble tatt ut av karene daglig, og matter med egg ble fraktet til klekkeriet. Matter ble desinfisert med Formalin (1:4000) samme dag de ble lagt inn.

På dag 3 etter innsamling (der dagen for innsamling er dag 0) ble hver enkelt matte tatt opp, fotografert, karakterisert visuelt (Se Tabell 6). En liten prøve egg ble skrapet av fra 4 steder på hver matte for beregning av befruktningsprosent. Et tilfeldig utvalg av matter ble skrapet for egg etter fotografering og scoring (referansematter). Eggmengden ble målt i volum og vekt. Disse tallene ble brukt til kalibrering av bilde evaluering og visuelt karakter mot innveid mengde egg.

Ved klekking av egg ble hele matter innkubert i sylindrisk 1 m diameter egginkubator med konet bunn. Vanntemperatur ble holdt på 12 °C og vannutskiftning var 2,5 L/min.

Tabell 6 : Visuelt karakter system for mengde beregning av egg. Hver matte ble karakterert i 4 kvadrater - a, b, c og d.

Visuell karakter	Beskrivelse
0	Ingen egg
1	Noe egg, spredt tynt
2	Tettere felt med egg
3	En del egg i felt og i lag

4

Egg dekker store deler av matten

I tillegg til visuelle karakter evalueringen av egg, ville vi utvikle en mer nøyaktig analyse basert på foto av gytemattene med egg. Som nevnt, alle matter ble fotografert (Sony DSC-RX100M4). Bildene (se eksempel Fig. 8) ble deretter kuttet til slik at bare matten var med. Deretter ble bildene konvertert til et binært bilde i ImageJ. ImageJ er en java basert open-source bilde behandlingsprogrammvare utviklet av University of Wisconsin (1997).



Figur 8: Eksempel på en gytematte med egg.

Det binære bildet viste egg i en farge og resten av matten en annen farge. Andelen av matten dekket med egg ble deretter regnet ut i ImageJ og relatert til mengden egg skrapet av matten. Korrelasjonen mellom øye evaluering og mengde egg fra referanse mattene og korrelasjonen mellom billedanalysene og referansemattene ble deretter brukt til å beregne antall egg på alle gytemattene samlet inn under hele gyteperioden.

Fettanalyse

Egg ble homogenisert og fett ekstrahert med en Folch ekstraksjon. Polart og nøytralt fett ble deretter separert

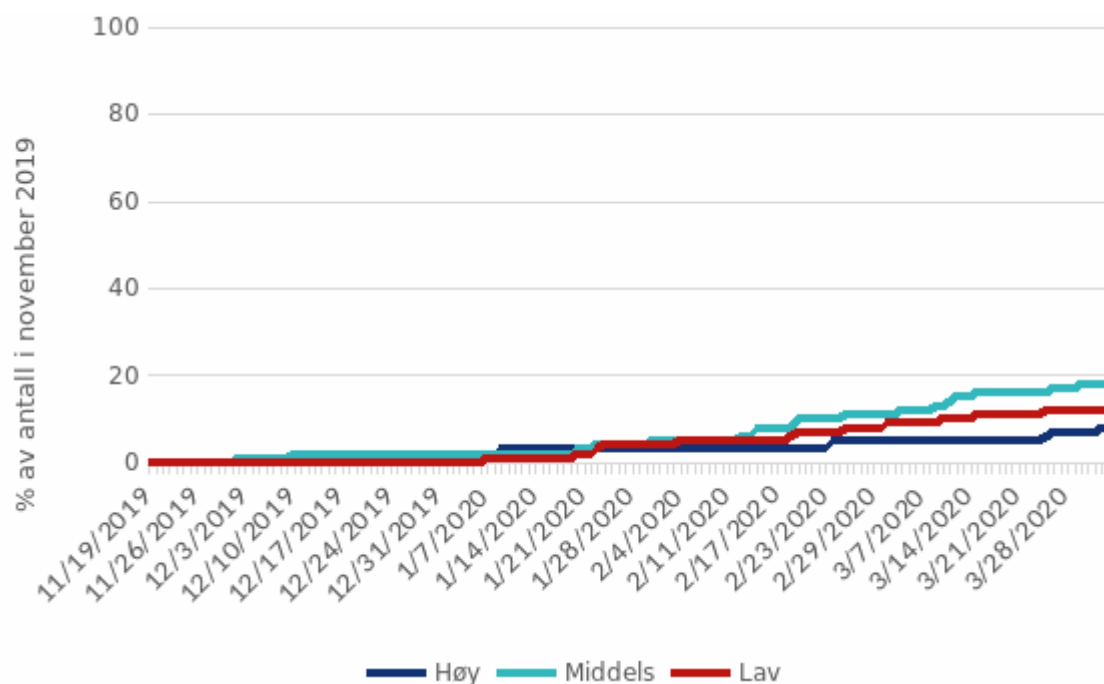
med fast fase ekstraksjon og total mengde fettsyre analysert med intern standard med gasskromatografisk bestemmelse med flammeionisasjonsdetektor (Lie and Lambertsen, 1991) .

4 - Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

4.1 - Rognkjeks

Dødelighet

Kumulativ dødelighet som er vist i Figur 9 er for perioden fra november 2019 da antall fisk ble redusert og standardisert. Det meste av dødelighet oppsto fra februar 2020 og utover, det vil si i løpet av gytesesongen. Det er vanskelig å si noe om hvor mange fisk som ville dødd etter gyting dersom en hadde fulgt fisken over en lengre periode. Rapporter fra andre som har oppdrettet stamfisk av rognkjeks sier at det er en betydelighet dødelighet etter gyting (Claudia Wittwer, pers com.)



Figur 9. Kumulativ dødelighet i perioden november 2019 til april 2020

Tilvekst

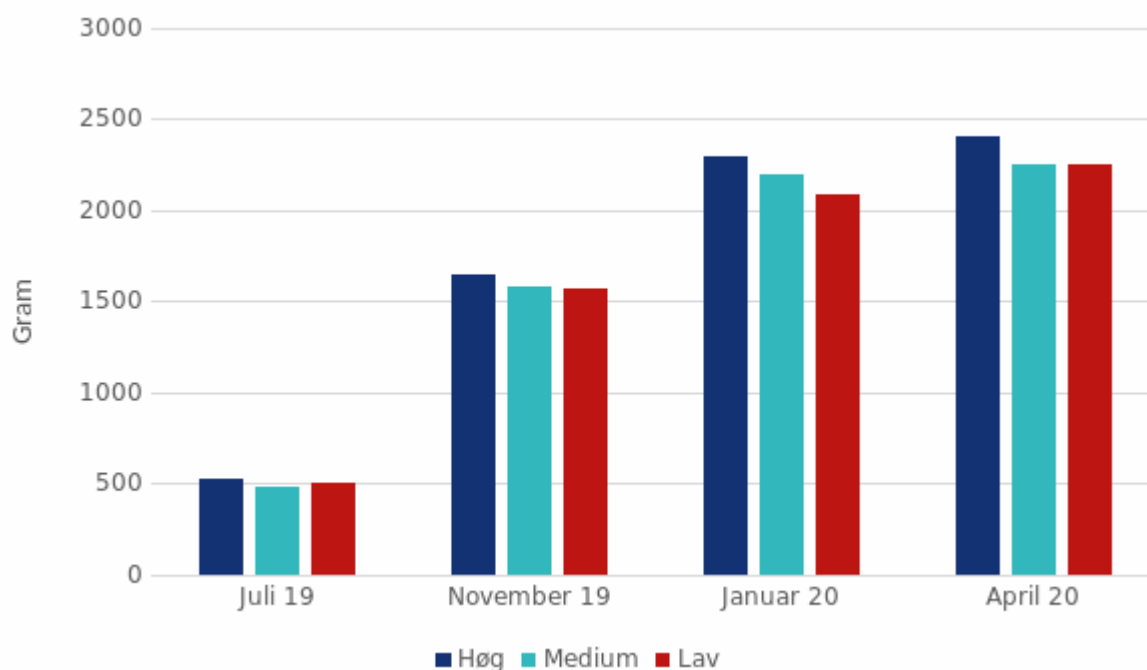
Tilvekst, vekstrate (SGR) og grad av kjønnsmodning for hunnfisk og hannfisk ved oppstart i juli 2019, i i januar 2020, og ved avslutning av forsøket er vist i Tabell 7. Dette gjelder alle fisk som var i karene ved avslutning av forsøket, der vi har individdata fra start til slutt. Tilsvarende data for all fisk ved hvert veietidspunkt ga ikke store avvik fra det som er vist i tabellen.

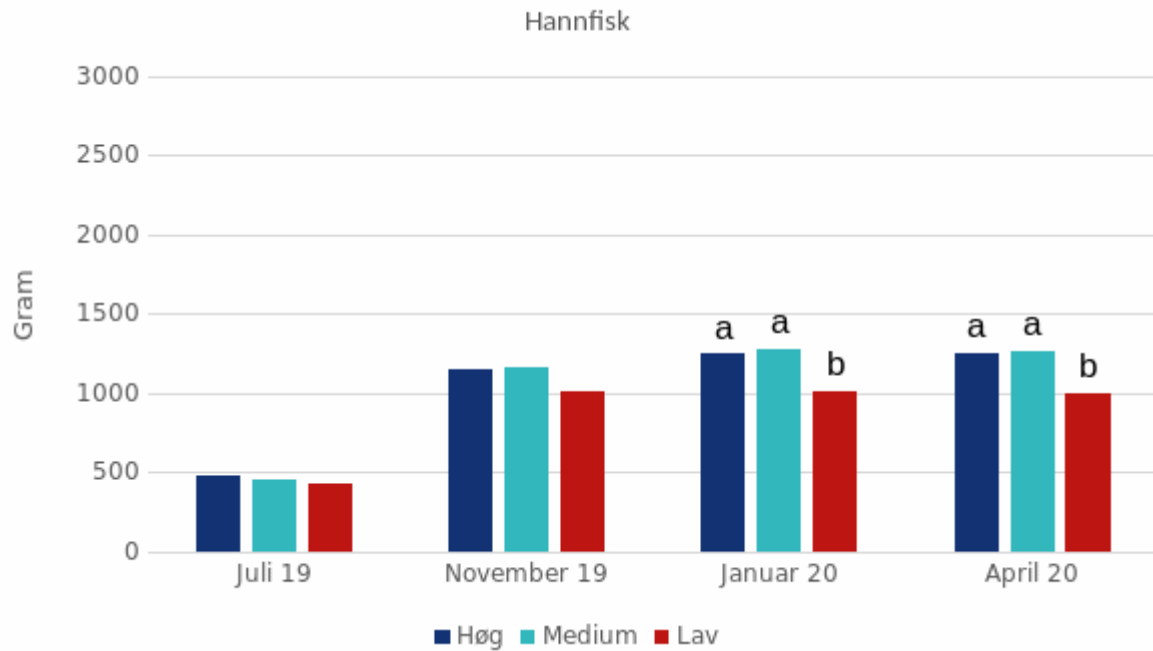
Tabell 7. Vekter, vekstrate og modningsgrad all fisk fra start til avslutning av forsøket (n=36-45 for hunnfisk, n=21-26 for hannfisk).

	Hannfisk				Hunnfisk			
	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-verdi	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-verdi
Vekt juli 19	531 ± 19	479 ± 22	509 ± 19	0.19	484 ± 26	458 ± 28	430 ± 22	0.33

Vekt nov. 19	1642 ± 57	1578 ± 68	1574 ± 61	0.67	1144 ± 65	1160 ± 71	1004 ± 47	0.14
Vekt jan. 20	2290 ± 75	2195 ± 106	2081 ± 77	0.21	1244 ± 70	1276 ± 62	1014 ± 53	0.005
Vekt apr. 20	2408 ± 85	2252 ± 106	2250 ± 83	0.35	1251 ± 93	1268 ± 60	1001 ± 49	0.007
SGR1	0.94 ± 0.03	1.00 ± 0.03	0.93 ± 0.03	0.30	0.71 ± 0.05	0.77 ± 0.03	0.71 ± 0.03	0.38
SGR2	0.51 ± 0.04	0.48 ± 0.04	0.43 ± 0.05	0.32	0.13 ± 0.07	0.17 ± 0.06	0.01 ± 0.04	0.13
SGR3	0.07 ± 0.04	0.05 ± 0.05	0.11 ± 0.05	0.60	-0.02 ± 0.03	-0.01 ± 0.04	-0.01 ± 0.04	0.99
SGRtot	0.59 ± 0.01	0.61 ± 0.02	0.58 ± 0.02	0.64	0.36 ± 0.03	0.40 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.14
Modning jan 20	2.6 ± 0.1	2.5 ± 0.1	2.8 ± 0.1	0.39	2.4 ± 0.2	2.7 ± 0.1	3.0 ± 0.1	0.06

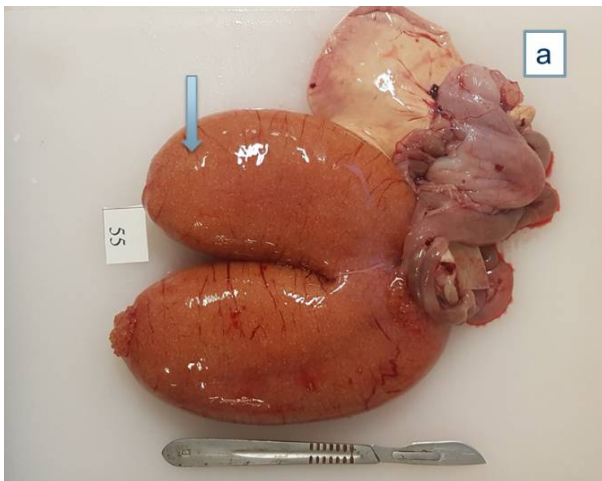
For hunner var veksten raskest de første seks månedene, vekten økte fra ca. 500g og til over 2000 g fra juli til januar, med små forskjeller mellom fôrgruppene (Figur 10). For hannene var det noe lavere tilvekst for hannfiskene i denne perioden, vekten økte fra ca. 500 g til omkring 1200 g. I perioden fra januar til april under gyteperioden var tilveksten minimal for begge kjønn.

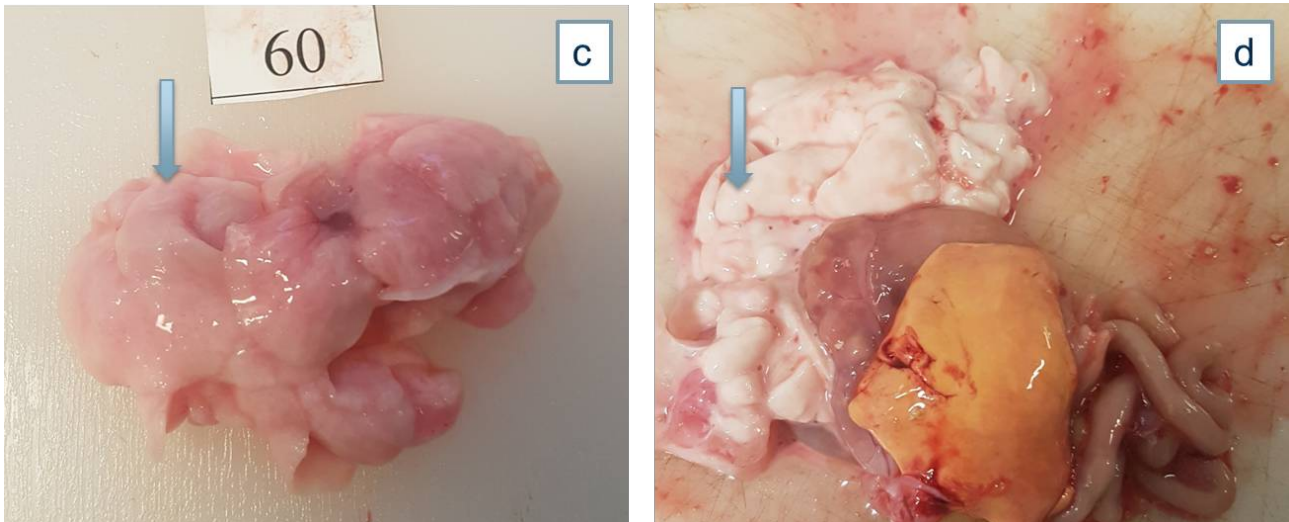




Figur 10 . Vektutvikling hos hunnfisk og hannfisk i løpet av forsøksperioden. All fisk ble registrert ved avslutning av forsøket i april (n=36-45 for hunnfisk, n=21-26 for hannfisk)

I januar, dvs. 6 måneder etter oppstart, var gonadeindeksen (gonadevekt i prosent av fiskevekt) hos hunner tydelig lavere hos fisk som fikk det magreste fôret sammenlignet med de to andre forsøksfôrene (Tabell 8). Gonadeindeksen for denne gruppen økte imidlertid fram mot april (9 mnd.), noe som betyr at de ble senere kjønnsmodne. Det var imidlertid stor variasjon i modningsgrad hos begge kjønn (Figur 11).





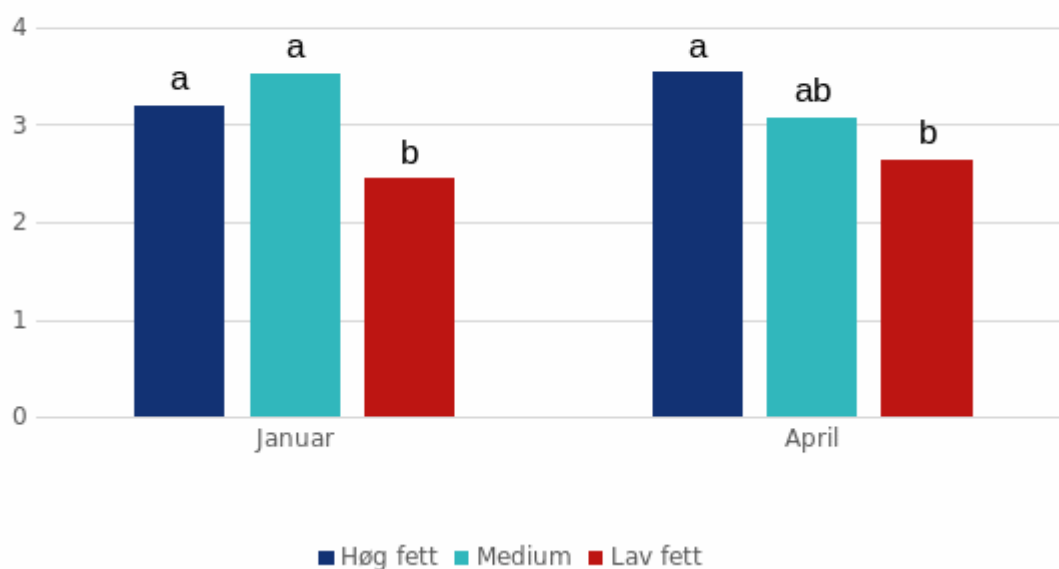
Figur 11. Figuren viser variasjon i modningsgrad hos hunnfisk (a, b), og hannfisk (c, d) i januar 2020, dvs. etter 6 måneder, og i starten av gytesesongen. De blå pilene viser gonadene.

Tabell 8: Modningsgrad og organindekser i prøvefisk tatt ut i januar og april 2020, n=15 for hunnfisk og n=6 for hannfisk ved hvert tidspunkt.

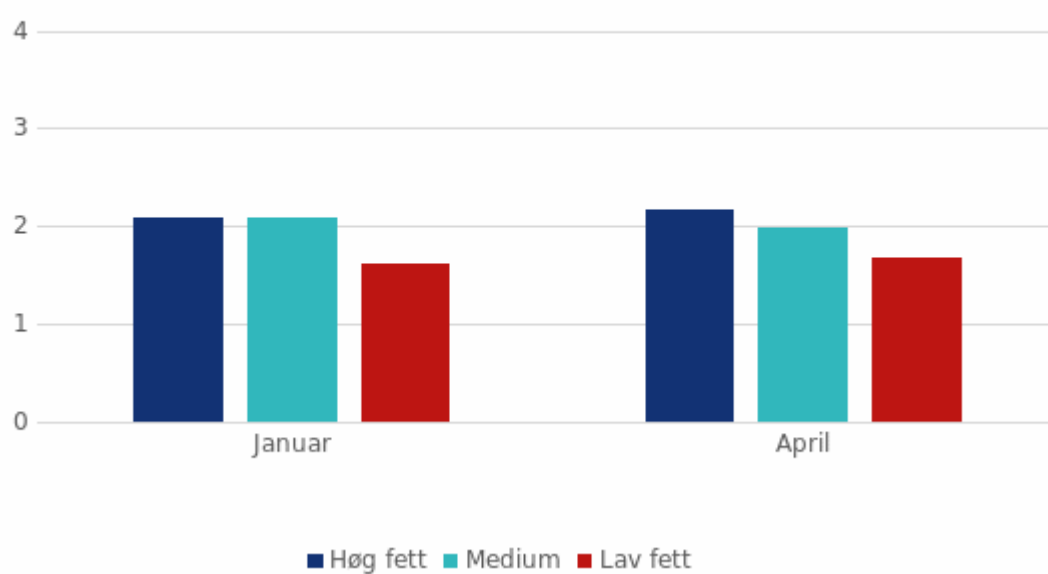
	Hunnfisk				Hannfisk			
	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-verdi	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-verdi
Jan-20								
Modningsgrad	3.1 ± 0.3	3.2 ± 0.3	3.0 ± 0.3	0.88	3.7 ± 0.2	3.5 ± 0.2	3.5 ± 0.2	0.83
Leverindeks	3.2 ± 0.2 ^a	3.5 ± 0.3 ^a	2.4 ± 0.2 ^b	0.02	2.1 ± 0.3	2.1 ± 0.2	1.6 ± 0.1	0.23
Gonadeindeks	15.2 ± 3.2	16.4 ± 3.3	11.3 ± 3.3	0.52	3.7 ± 0.3	4.4 ± 0.5	3.4 ± 0.6	0.33
Apr-20								
Modningsgrad	3.6 ± 0.3	3.4 ± 0.3	3.8 ± 0.2	0.61	3.7 ± 0.3	4.08 ± 0.2	3.4 ± 0.3	0.33
Leverindeks	3.5 ± 0.2 ^(a)	3.1 ± 0.3 ^(ab)	2.6 ± 0.3 ^(b)	0.06	2.2 ± 0.5	2.0 ± 0.1	1.7 ± 0.2	0.57
Gonadeindeks	9.2 ± 1.6	10.9 ± 2.2	14.1 ± 2.4	0.25	3.5 ± 0.7	3.6 ± 0.6	2.5 ± 0.4	0.10

Figur 12 viser leverindeks og gonadeindeks for hunn- og hannfisk i januar og april. Ved begge tidspunktene var leverindeks lavere i hunnfisk som hadde fått det magreste fôret. I hannfisk var det ingen sikre forskjeller mellom fôrgruppene, men trenden var den samme som for hunnfisk, med lavere leverindeks med det magreste fôret. Det var stor individuell variasjon i gonadeindeks, spesielt i hunnfisk, og derfor ikke statistisk sikre forskjeller. Vi ser likevel en tydelig trend som viser at hunnfisk som har fått det magreste fôret har lavest gonadeindeks i januar og høyest i april, mens fisk som har fått fôr med medium og høyt fettinnhold har høy gonadeindeks i januar, men lavere i april da de var ferdig med gytesesongen. Det samsvarer med andre observasjoner som tyder på at fisken som har fått det magreste fôret modner seinere.

Leverindeks hunn



Leverindeks hann





Figur 12. Leverindeks og gonadeindeks i hunn- og hannfisk, registrert i prøvefisk i januar og april

Kjemiske analyser av prøver

Ved startuttaket i juli 2019 ble det tatt prøver for kjemisk analyse. På dette tidspunktet var snittvekta på prøvefisken 476 g. Fisken inneholdt totalt 12,5% tørrstoff, 2,7% fett, 8,2% råprotein, 1,5% aske.

Ved start inneholdt leveren 29,8% fett, 10,3% protein, 1,0% aske. I prøver fra januar og april ble lever, gonade og restkropp (inkludert mage og tarm) analysert hver for seg. Deretter har vi beregnet tilbake til hel fisk. Vi har også beregnet hvor stor andel av totalfett som finnes i lever, gonade og restkropp (prosent av totalt fettinnhold),

for å få et inntrykk av hvilke deler av fisken som er viktigst med tanke på energilagring (Figur 12).

Det er 4 samleprøver med 2-3 fisk i hver prøve som er analysert. Vi har analysert 3 prøver for hunnfisk per behandling og tidspunkt, men bare en analyse av hannfisk per kar og behandling.

Tabell 9 og 11 viser kjemisk innhold (%) og energi (MJ/kg) i hunnfisk i henholdsvis januar og april 2020 (n=4). Det er gjort analyse av lever, gonade og restkropp. Det er også beregnet innhold i hel fisk. restkropp, lever og gonader, og beregnet innhold i hel fisk, i prøver av hunnfisk januar og april 2020 (n=4). Korrelasjon (R^2) mellom kjemisk innhold i fôr og i hel fisk er vist i Tabell 10 og 12.

Tabell 9. Kjemisk innhold (%) og energi (MJ/kg) i restkropp, lever og gonader, og beregnet innhold i helfisk, i prøver av hunnfisk **januar** 2020 (n=4).

	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-value
Restkropp				
Fett	5.0 ± 0.3 ^a	5.0 ± 0.6 ^a	2.2 ± 0.3 ^b	0.006
Råprotein	8.1 ± 0.1	8.4 ± 0.2	8.0 ± 0.2	0.29
Aske	1.4 ± 0.02	1.4 ± 0.04	1.4 ± 0.02	0.57
Energi	3.9 ± 0.1 ^a	3.9 ± 0.2 ^a	2.6 ± 0.2 ^b	0.005
Lever				
Fett	32.1 ± 1.8	28.3 ± 3.5	28.5 ± 2.2	0.55
Råprotein	10.0 ± 0.2	10.5 ± 0.3	10.6 ± 0.4	0.40
Aske	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.79
Energi	15.6 ± 0.9	14.2 ± 1.3	14.4 ± 0.9	0.63
Gonade				
Fett	4.5 ± 1.0	3.9 ± 0.7	3.1 ± 0.4	0.42
Råprotein	11.3 ± 1.2	10.5 ± 1.5	10.5 ± 1.1	0.89
Aske	1.0 ± 0.02	1.0 ± 0.02	1.1 ± 0.04	0.75
Energi	4.7 ± 0.2	4.2 ± 0.5	3.9 ± 0.5	0.43
Helkropp, beregnet				
Tørrstoff	16.3 ± 0.2 ^a	16.0 ± 0.8 ^a	13.1 ± 0.6 ^b	0.02
Fett	5.7 ± 0.3 ^a	5.6 ± 0.8 ^a	3.1 ± 0.5 ^b	0.03
Råprotein	8.8 ± 0.2	8.9 ± 0.3	8.5 ± 0.2	0.53
Aske	1.3 ± 0.1	1.3 ± 0.03	1.3 ± 0.03	0.58
Energi	4.4 ± 0.1 ^a	4.3 ± 0.3 ^a	3.2 ± 0.2 ^b	0.02

Tabell 10 Korrelasjon (R^2) mellom kjemisk innhold i fôr og i hel fisk, gonade og lever prøver fra januar 2020

		Innhold hel fisk	Innhold gonade	Innhold lever
--	--	------------------	----------------	---------------

	Tørrstoff	Fett	Energi	Fett	Energi	Fett	Energi
Protein	0,48	0,44	0,47	0,42	0,46	0,42	0,38
Fett	0,8	0,78	0,81	0,5	0,47	0,33	0,28
Karbohydrat	-0,73	-0,7	-0,73	-0,5	-0,49	-0,38	-0,32

Innhold av fett/energi i hel fisk var korrelert med innhold av fett i fôr. Fett i gonade og lever var lite korrelert med innhold i fôr, der var det høyere korrelasjon med registrert modningsgrad.

Tabell 11. Kjemisk innhold (%) og energi (MJ/kg) i restkropp, lever og gonader, og beregnet innhold i helfisk, i prøver av hunnfisk april 2020 (n=4).

	Høyt fett	Medium	Lavt fett	p-value
<i>Restkropp</i>				
Fett	4.4 ± 0.4 ^a	3.8 ± 0.7 ^{ab}	1.6 ± 0.4 ^b	0.02
Råprotein	7.5 ± 0.1	8.3 ± 0.7	7.1 ± 0.1	0.18
Aske	1.4 ± 0.02	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.02	0.06
Energi	3.4 ± 0.1 ^a	3.4 ± 0.4 ^a	2.2 ± 0.2 ^b	0.02
<i>Lever</i>				
Fett	35.1 ± 4.8	26.5 ± 4.7	24.1 ± 0.8	0.20
Råprotein	9.6 ± 0.8	10.5 ± 0.7	11.2 ± 0.1	0.24
Aske	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.3 ± 0.1	0.43
Energi	16.6 ± 1.8	13.3 ± 1.8	12.4 ± 0.3	0.18
<i>Gonade</i>				
Fett	2.9 ± 1.0	2.9 ± 0.8	2.1 ± 0.4	0.72
Råprotein	9.8 ± 1.8	9.8 ± 1.8	10.2 ± 1.5	0.98
Aske	1.1 ± 0.05	1.0 ± 0.02	1.1 ± 0.05	0.74
Energi	3.7 ± 0.9	3.8 ± 0.8	3.7 ± 0.7	0.99
<i>Helkropp, beregnet</i>				
Tørrstoff	14.7 ± 0.6	14.6 ± 1.6	11.5 ± 1.0	0.15
Fett	5.3 ± 0.5 ^a	4.3 ± 0.9 ^{ab}	2.2 ± 0.5 ^b	0.04
Råprotein	7.9 ± 0.2	8.5 ± 0.8	7.7 ± 0.4	0.56
Aske	1.3 ± 0.0 ^b	1.5 ± 0.1 ^a	1.3 ± 0.03 ^{ab}	0.02
Energi	3.9 ± 0.2	3.7 ± 0.5	2.7 ± 0.3	0.10

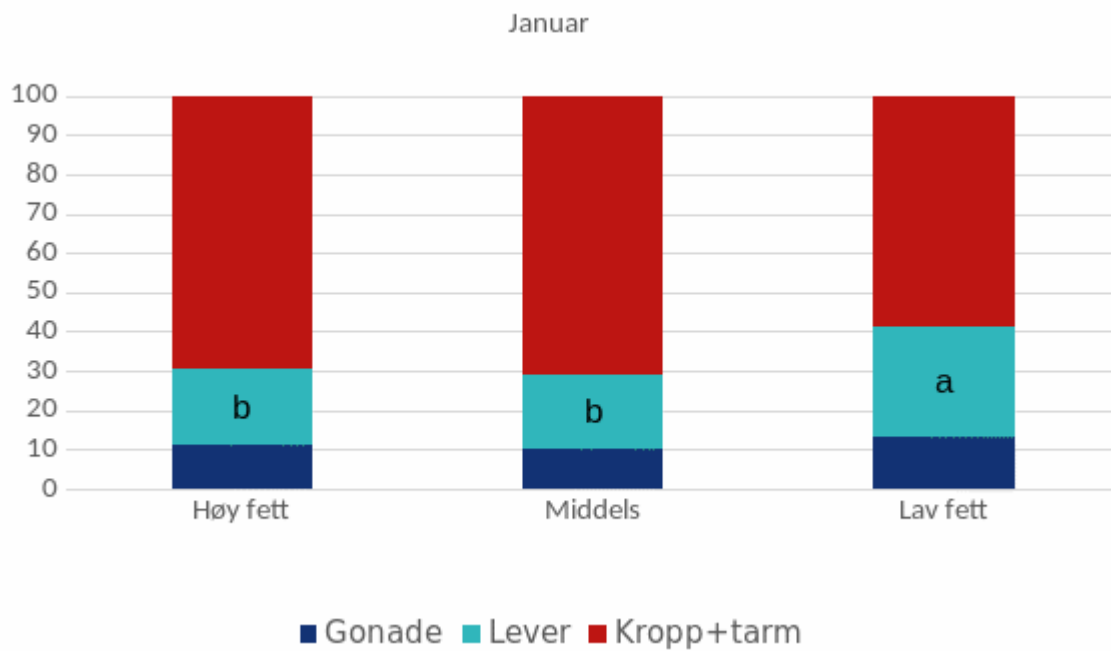
Tabell 12. Korrelasjon (R^2) mellom kjemisk innhold i fôr og i hel fisk, prøver fra april 2020.

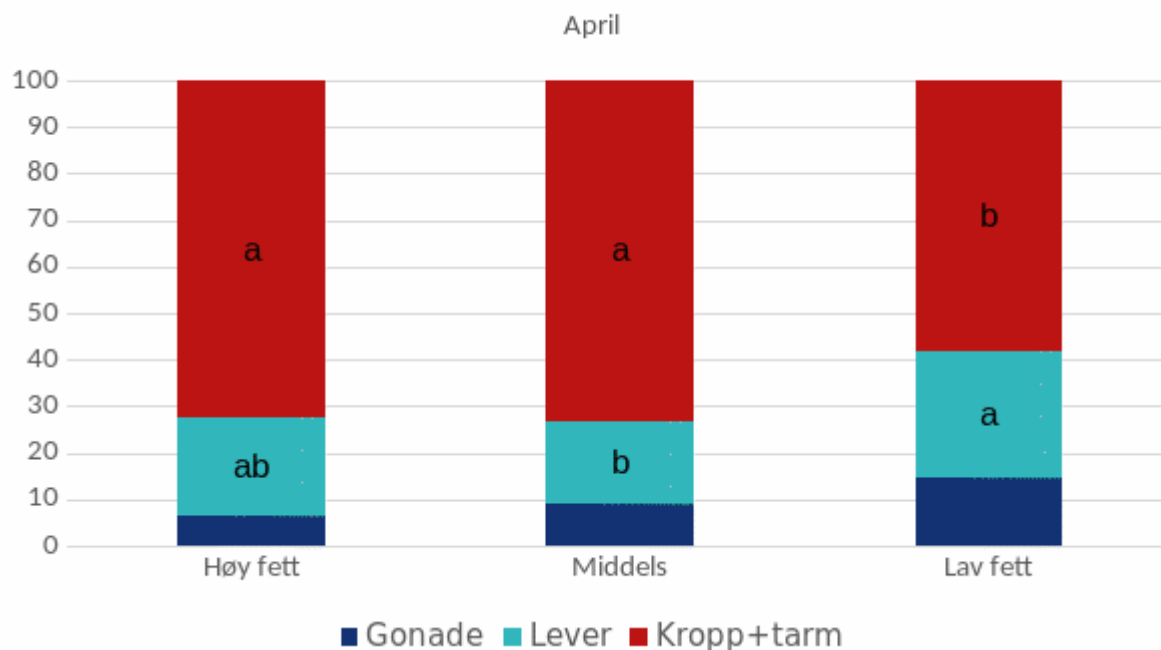
		Innhold hel fisk		Innhold gonade		Innhold lever	
	Tørrstoff	Fett	Energi	Fett	Energi	Fett	Energi
Protein	0,45	0,62	0,53	0,15	-0,02	0,58	0,61
Fett	0,71	0,83	0,77	0,26	0,01	0,65	0,67

Karbohydrat	-0,65	-0,8	-0,72	-0,24	0	-0,66	-0,68
-------------	-------	-------------	--------------	-------	---	-------	-------

Ved avslutning av forsøket ble det funnet korrelasjon mellom innhold av fett/energi i heilkropp, og til en viss grad i lever, og innhold i fôret. For gonade var det lav korrelasjon til innhold i fôr, men høg negativ korrelasjon med modningsgrad som betyr at det ble mer væske, og dermed mindre tørrstoff i eggene med økende modningsgrad.

Selv om leveren er det organet som har høyest fettprosent (Tabell 11), er den så liten i vekt at det totalt sett er det mer fett/energi i restkroppen. Hos fisk som gikk på fôret med lavest fettinnhold utgjør fett i lever en større andel av totalfettet fordi innholdet i restkroppen var lavere enn for de andre to fôrsøksfôrene (Figur 13).





Figur 13 . Fordeling (%) av fett, andel av total fettmengde i kropp som kommer fra hhv gonade, lever og restkropp, i hunnfisk i januar og april

Tabell 13. Kjemisk innhold (%) og energi (MJ/kg) i restkropp, lever og gonader, og beregnet innhold i helfisk, i samleprøver av hannfisk januar og april 2020 (n=1).

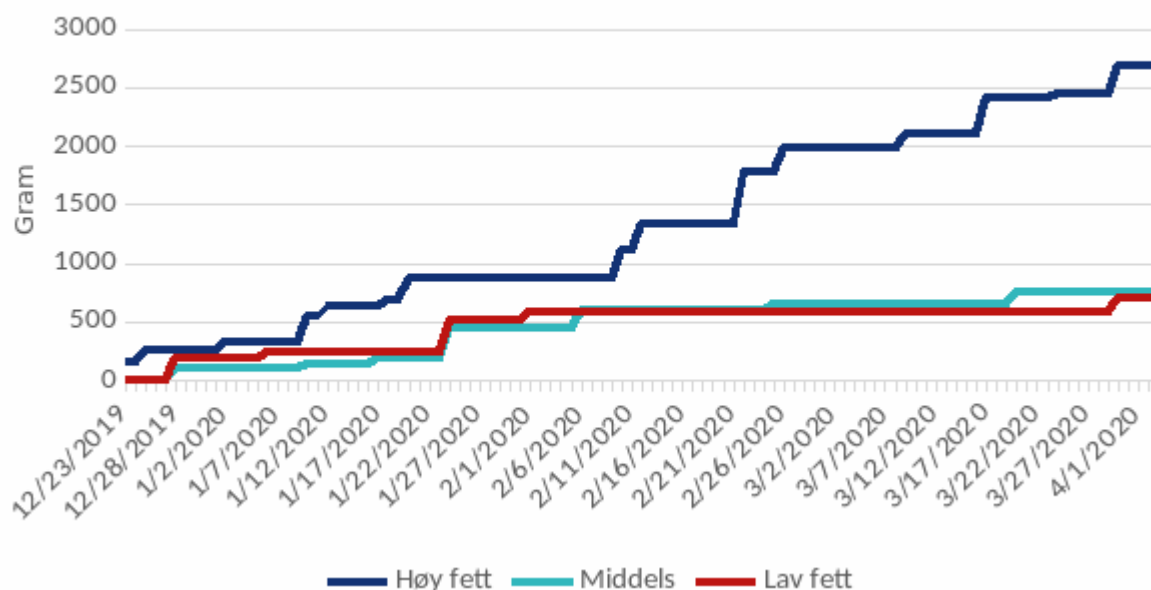
	Høyt fett		Medium		Lavt fett	
	jan.20	apr.20	jan.20	apr.20	jan.20	apr.20
Restkropp						
Fett	3	3,8	3,9	3,2	1,6	0,9
Råprotein	9,9	10,16	10,43	9,37	9,79	9,06
Aske	1,77	1,7	1,66	1,58	1,76	1,63
Energi	3,4	3,78	3,92	3,32	2,74	2,33
Lever						
Fett	35	33,6	34,7	34,8	31,2	21
Råprotein	9,59	7,5	9,47	9,54	10,29	11,96
Aske	0,91	0,78	0,85	0,92	0,94	1,22
Energi	16,77	16,54	16,85	16,61	15,69	11,44
Gonade						
Fett	1,6	1,8	1,8	1,8	1,3	1,6
Råprotein	9,5	10,4	11,28	10,52	10,59	9,84
Aske	1,56	1,61	1,72	1,6	1,62	1,42
Energi	2,53	2,68	2,96	2,73	2,76	2,57
Helkropp, beregnet						

Tørrstoff	15,3	16,6	16,5	14,8	13,5	11,9
Fett	3,8	4,6	4,4	3,8	2,1	1,3
Råprotein	9,9	10,1	10,5	9,4	9,8	9,1
Aske	1,7	1,7	1,6	1,6	1,7	1,6
Energi	3,72	4,11	4,1	3,57	2,97	2,49

Tabell 13 viser kjemisk innhold i hannfisk fra alle fôrgrupper, prøver fra januar og april. Hannfisk som har fått det magreste fôret ser ut til å ha lavere innhold av fett og energi enn hannfisk fra gruppene som har fått middels eller høyt innhold av fett i fôr. Dette er tydelig for restkropp, lever og beregna helkropp, og i hannfisken som har fått det magreste fôret ser vi også en reduksjon i fett og energi fra januar til april. Forskjellen mellom fôrgrupper er mindre for innhold i gonade.

Gyting og eggkvalitet

Total mengde rogn som ble gytt naturlig i forsøkskarene er vist i Figur 14. Fisken som gikk på fôret med mest fett slapp mye mer rogn i karet sammenlignet med de to andre diettene. Når en legger sammen mengde rogn gytt i kar og mengde strøket rogn (Tabell 14) er det imidlertid ikke stor forskjell mellom fôrene med høyt eller medium fettinnhold, med henholdsvis 9526 og 8836 gram. Fisken som fikk fôr med lavt fettinnhold produserte mindre mengde rogn i løpet av forsøksperioden med 5591 gram totalt. Fordi fisken i denne gruppen modnet senere enn de to andre gruppene er det vanskelig å si om de ville kommet opp på samme mengde dersom fisken hadde blitt fulgt lengre. Fisken som gikk på fôr med høyt- og medium fettnivå var ferdig med gyteperioden når forsøket ble avsluttet i april 2020. Det ble i løpet av forsøksperioden strøket rogn fra henholdsvis 18, 13 og 10 hunnfisk i behandling høyt fett, medium, og lavt fett.



Figur 14. Mengde rogn gytt naturlig i hvert kar.

Tabell 14. Oversikt over mengde rogn (g) strøket og gytt i hvert kar (NB! Rognvæske er med i vekt av strøket rogn)

	Strøket	Gytt	Sum
Høyt fett	6847	2679	9526
Middels	8075	761	8836
Lavt fett	4881	710	5591

Det ble strøket rogn jevnlig fra 23. januar til avslutning av forsøket 4. april. Det ble tatt prøver fra all strøket rogn for kjemisk analyse. Det var lavere fettinnhold og høyere proteininnhold, og tendens til noe lavere tørrstoffinnhold, i rogn fra fisk som gikk på fôr med lavt fettinnhold (Tabell 15). Sammensetningen av rogn i alle gruppene er i samme område som Hamre (2016) fant ved analyse av rogn fra villfanget stamfisk av rognkjeks.

Tabell 15. Kjemisk innhold i rogn, % tørrstoff etter frysetørrking, fett, råprotein og aske oppgitt i % av tørrstoff

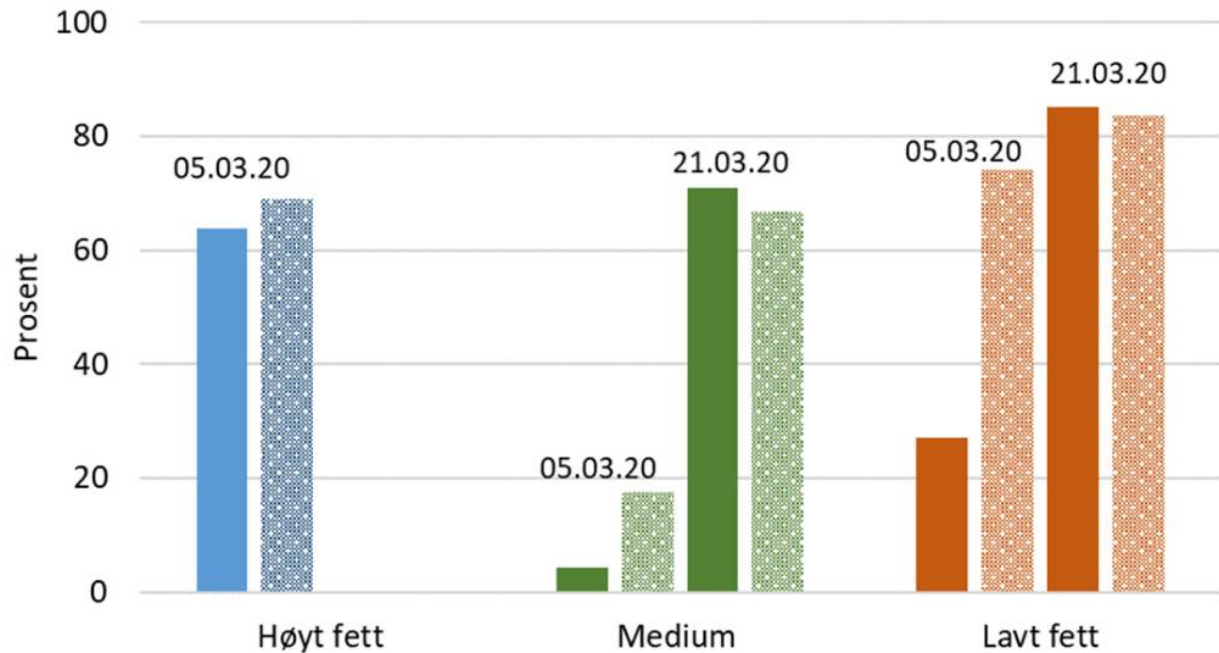
	Høyt fett	Middels	Lavt fett	p-verdi
Tørrstoff	17.8 ± 0.3	17.1 ± 0.4	16.5 ± 0.5	0.07
Fett	17.0 ± 0.3 a	17.0 ± 0.4 a	15.2 ± 0.6 b	0.01
Råprotein	67.9 ± 0.2 b	68.6 ± 0.3 b	69.9 ± 0.4 a	0.0003
Aske	6.0 ± 0.1	6.2 ± 0.1	6.2 ± 0.2	0.45

Innhold i % av rå prøve er 2,5-3% fett, 11,5-12% råprotein og 6-6,2% aske. Tørrstoff målt ved frysetørrking gir vanligvis 1-2 %-poeng lavere tørrstoff enn fullstendig tørking

Det var varierende og overveiende dårlig kvalitet på rogn som ble strøket målt som ???. Dette kan ha sammenheng med at stamfisken gikk på relativt høy temperatur fra vitelogenesen og gjennom gytesesongen (Figur 3??). Fisken startet gytingen tidligere enn estimert, og det var ikke mulig å kjøle vannet tilstrekkelig.

På grunn av den varierende og til dels dårlige kvaliteten på rogn som ble strøket ble det besluttet å ikke legge inn mange grupper i klekkeriet fordi rogn med lav befruktning vil ha stor dødelighet og lav klekkeprosent.

Som nevnt i innledningen hadde vi samarbeid med SINTEF Ocean gjennom FHF-prosjekt #901235 STARTRENS. To studenter derfra var med på stryking av rogn fra alle tre behandlingene 5. mars, og 21. mars. De fraktet med seg rogn som ble inkubert og brukt i småskala forsøk hos SINTEF. Befruktungs- og klekkeprosent hos SINTEF Ocean for egg fra de tre behandlingene er vist i Figur 15.



Figuren viser at rogn fra gruppen med høyt fettinnhold i føret hadde best befruktning og klekking 5. mars. Rogn fra gruppene med medium og lavt fett i før hadde lav befruktning på dette tidspunktet. 14 dager senere var gruppen på høyt fett i før ferdig med gytesesongen mens rogn fra medium fett var oppe på samme nivå som høyt fett hadde to uker tidligere. Rogn fra lav-fett gruppen hadde på dette tidspunktet befruktning over 80%, og nesten all befruktet rogn klekket. Dette kan tyde på at denne gruppen modner senere, og at kvaliteten på rogn blir bedre.

Figur 15. Befruktning og klekkeprosent for to stryketidspunkter. Fylte søyler viser befruktning, og skraverte klekking.

4.2 - Berggylt

Helseparametere

Ett individ ble avlivet pga lav velferd i karet som fikk før med høy ARA. Dette individet virket svekket fra forsøkets start, og vi har derfor ingen grunn til å tro at dette har noe med behandling å gjøre. Det ble generelt oppdaget mer AGD og sår i februar 2020 enn november 2019. Fisken ble undersøkt av veterinær, men AGD infeksjonen ble ikke evaluert alvorlig nok til å måtte behandles. Ved siste evaluering av fisken var den generelle velferden i alle tre kar blitt betraktelig bedre, spesielt tilfellene av AGD var gått ned. Tilfeller av ryggdeformiteter var konstant gjennom forsøket selv om de kan kun være nevnt ved en av evalueringene i tabellene.

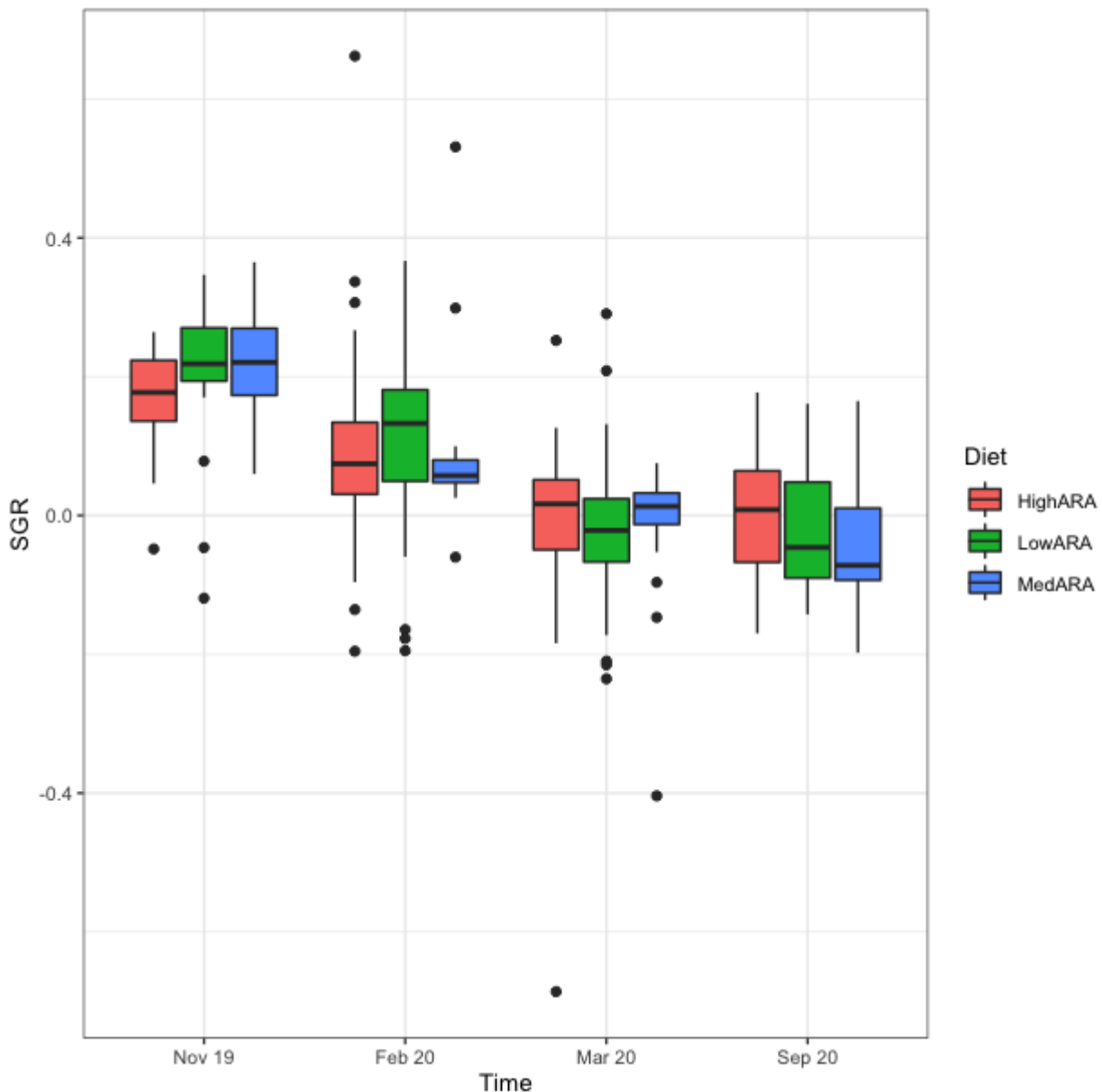
Tabell 16: Oversikt over tilfeller (%) med AGD i stamfiskarene.

Behandling	Nov-19	Feb-21	Sep-21
Lav ARA	31	34	0
Medium ARA	24	39	0
Høy ARA	15	38	0

Vekst

Spesifikk vekstrate (SGR) sank fra høsten 2019 og frem til gytestart i mars 2020. Vi ville ikke forstyrre fisken

under gyting, så neste måletidspunkt var tidlig høst 2020. Da var SGR på samme nivå som før gyting. Det var ingen effekt av ARA nivå i fôr på vekst hos stamfsken.

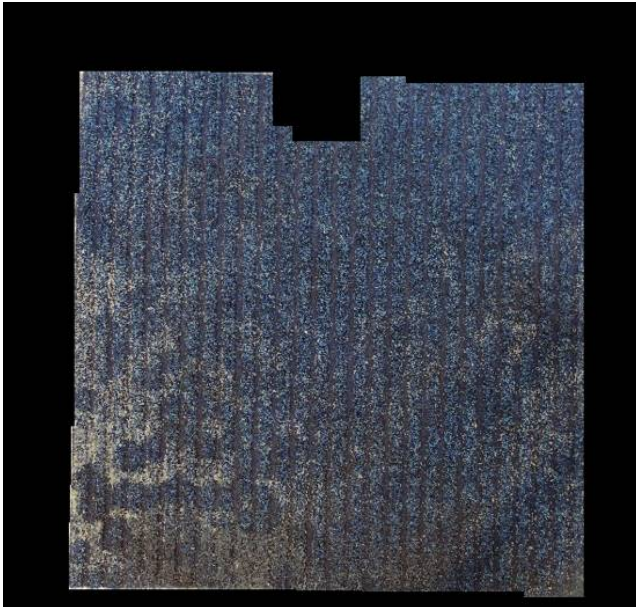


Figur 16 : SGR for stamfisk fra høst 2019 til etter gyting, høst 2020. (figur Ruben Sætre)

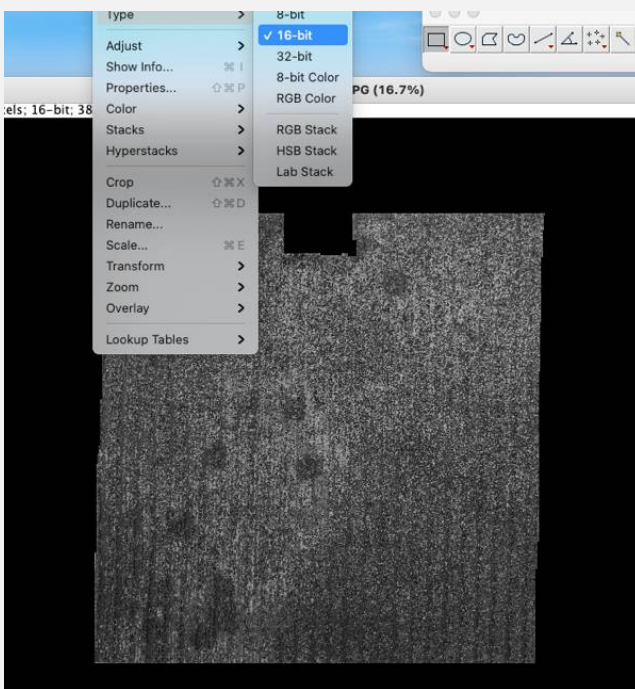
Mengde estimat av egg - nytt verktøy

Egg fra utvalgte matter ble skrapet av for å se på forholdet mellom eggmengde og visuell karakter og eggmengde og billedkarakter. Billedkarakter er basert på et fotografi av gytematten og et dataprogram (ImageJ) ble deretter brukt for å analysere hvor mye av matten som er dekket med egg. Tanken er at denne analysemetoden er objektiv, i motsetning til en visuell evaluering med et karaktersystem mellom 0 og 4. For å evaluere de to systemene analyserte vi sammenhengen mellom karakter og kjent mengde egg. Plottene sees i figurene 15 og 16. Det er tydelig at usikkerheten øker med økt mengde egg. Dette er illustrert i spredningen i

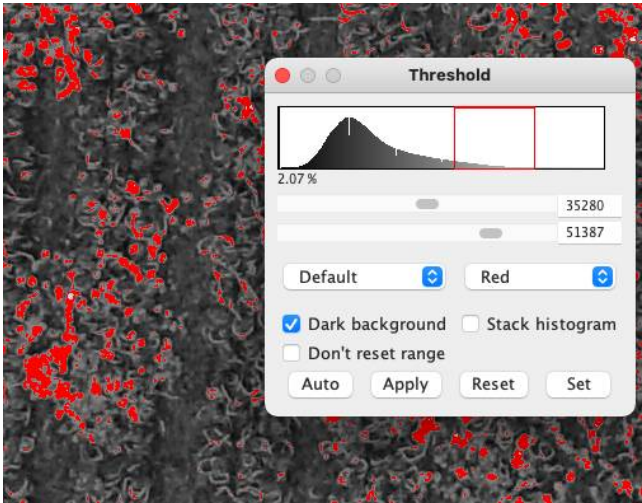
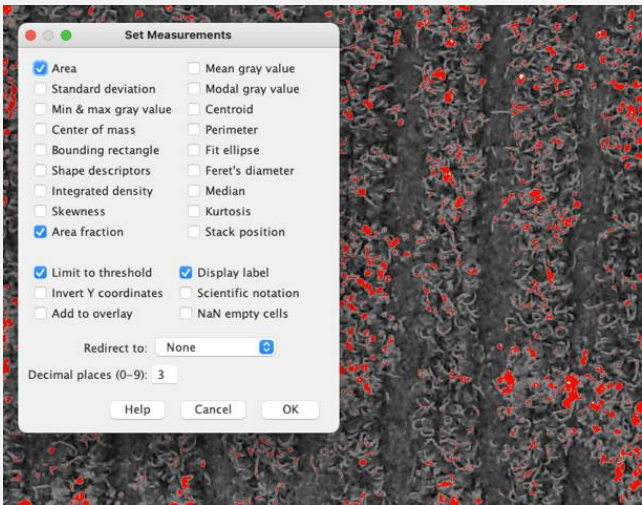
scatterplottet i figur 17. Den lineære korrelasjonen med bilde karakter forklarer 94 % av variasjonen i eggmengde, noe som ble vurdert som tilfredsstillende.



1. Bakgrunn og merkelapp fjernes fra bildet (svart bakgrunn). Dette kan gjøres manuelt, eller med pixel gjenkjenning.

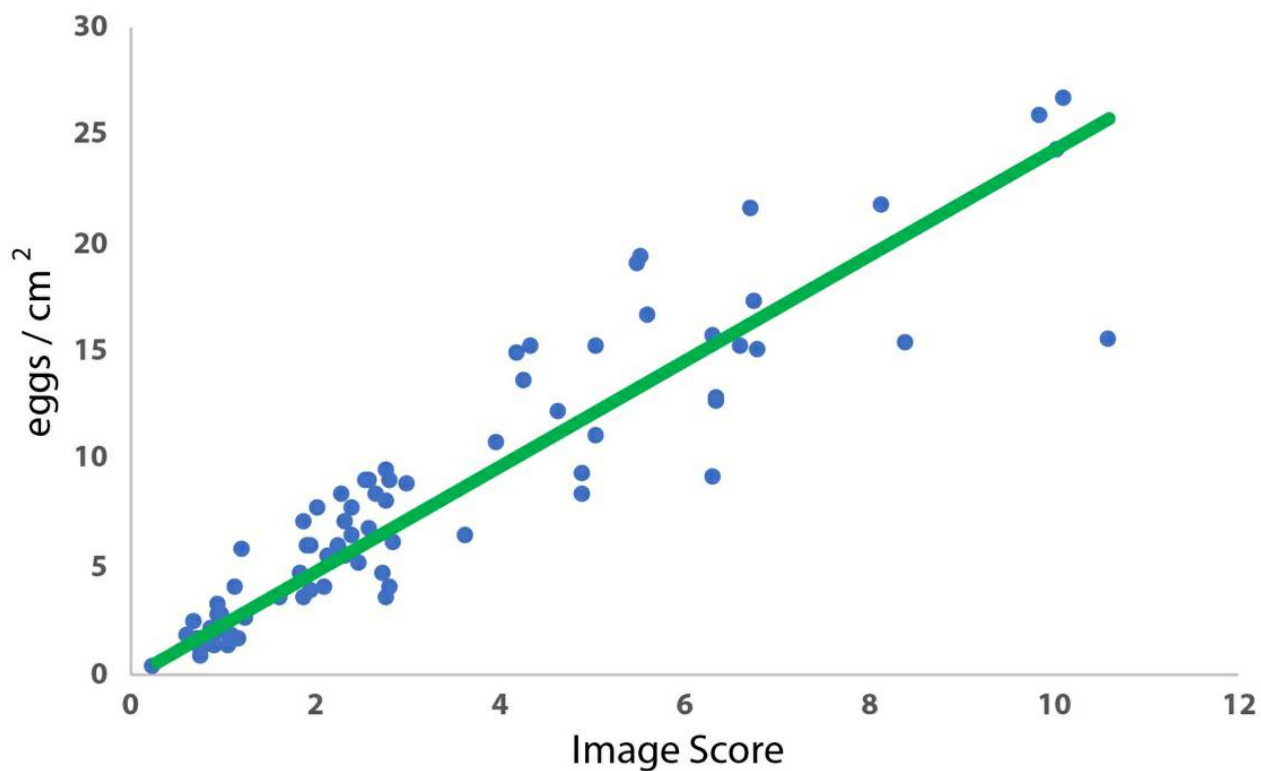


Bildet konverteres så til et 16 bits binært bilde

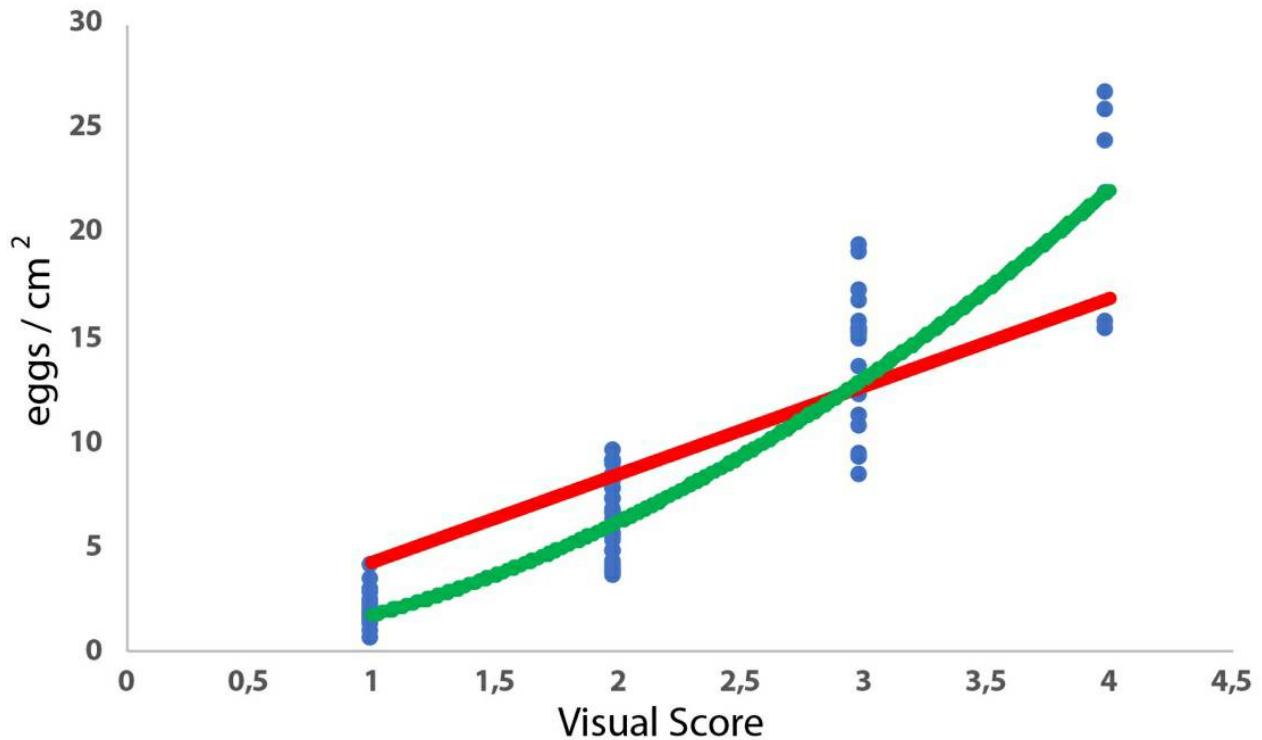
	1. Terskelverdi (threshold) settes for å skille mellom egg og strukturer i matten
	1. Dermed kan andelen av matten dekket av egg beregnes.

Figur 17 : Stegvis beskrivelse av billedbehandling for å få et kvantitativt mål på andelen av gytematten som var dekket av egg. Analysen ble utført i ImageJ. (figur Ruben Sætre)

For å beregne antall egg på mattene ble seks prøver hver på ca 1 gram tatt og eggene talt. Gjennomsnittet var 923 ± 121 (standard avvik) egg per gram vår vekt. Her er det relativt stor variasjon, noe som skyldes hvor mye av lim laget som er med i prøven.

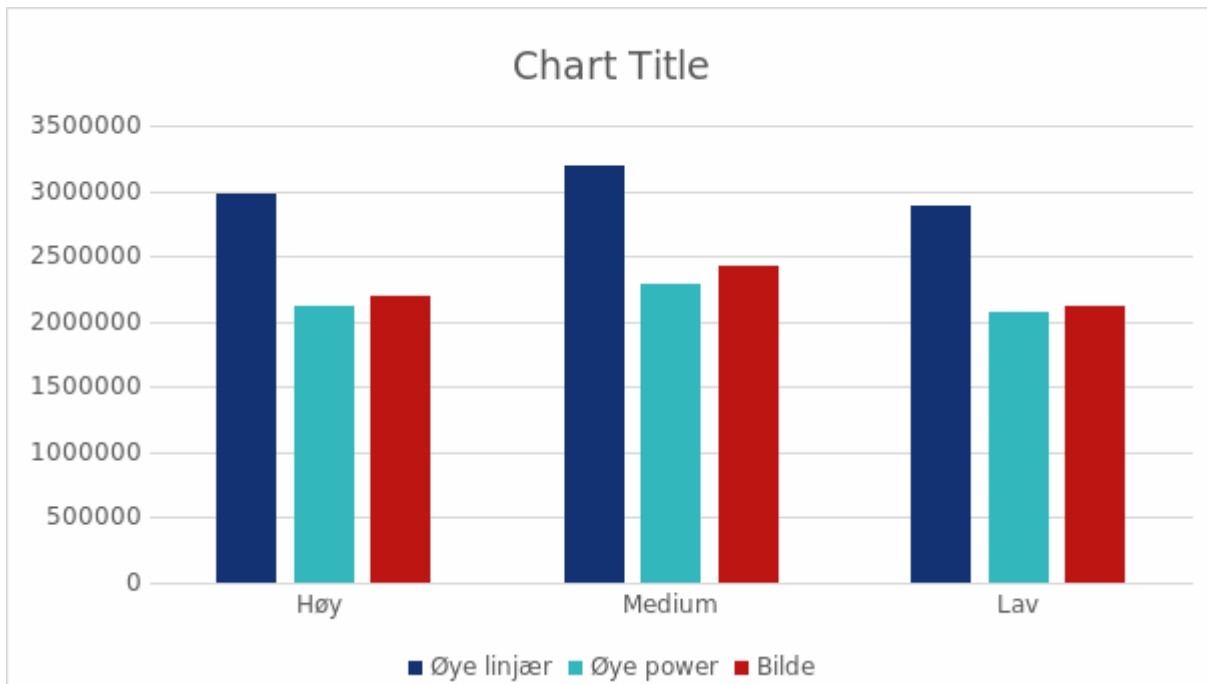


Figur 18 : Forholdet mellom antall egg per cm 2 matte og karakter bestemt ut i fra billedanalyse av mattene. Kurvetilpasningen $Y = 2,4241x$ viste god korrelasjon ($R^2 = 0,9421$). Det er tydelig at spredningen øker med økende eggmengde.



Figur 19 : Forholdet mellom antall egg per cm² matte og karakter bestemt visuelt. En lineær kurvetilpasning ($y = 4,2277x$) viste god korrelasjon ($R^2 = 0,9002$). I tillegg prøvde vi ut en ikke-lineær "power" kurvetilpasning ($y = 1,7252x^{1,8386}$), som gav noe dårligere forklaring av variasjon ($R^2 = 0,8553$).

Ved analyse av den lineære sammenhengen mellom visuell karakter og eggmengde finner vi at karakter forklarer 90 % av variasjonen i eggmengde, men kurven viser overestimat ved karakter 1 til 2 og underestimat ved karakter 4. Vi prøvde derfor ut en ikke-lineær kurvetilpasning ($Y = aX^b$) som kunne ta høyde for dette. Denne tilpasningen forklarer mindre av variasjonen i eggmengde (86 %), men den unngår problemet med overestimat ved lav karakter og underestimert ved høy. Når vi analyserte totalt antall egg gytt i hver fôrgruppe gjennom hele



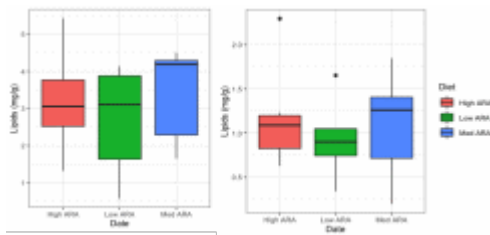
Figur 20 : Total mengde egg gytt per fôr gruppe (Høy, medium og lav ARA) gjennom hele gytesesongen, estimert med bilde karakter (rød), visuell karakter med power kurvetilpasning (turkis) og linjer kurvetilpasning (lilla).

sesongen med de tre metodene, fant vi at lineær øyekarakter gav det høyeste estimatet. Dette skyldes at flertallet av gytemattene hadde lav karakter. Den lineære tilpasningen til øyekarakter gav derfor totalt sett et overestimat på 32 til 37 % i forhold til bilde karaktersystemet. Forskjellen i estimat mellom øye karakter med ikke-lineær (power) tilpasning og bildekarakter var på mellom 2 til 6 %. Vi anbefaler derfor en ikke-lineær kurvetilpasning for visuelt estimat av egg mengde i gytematter.

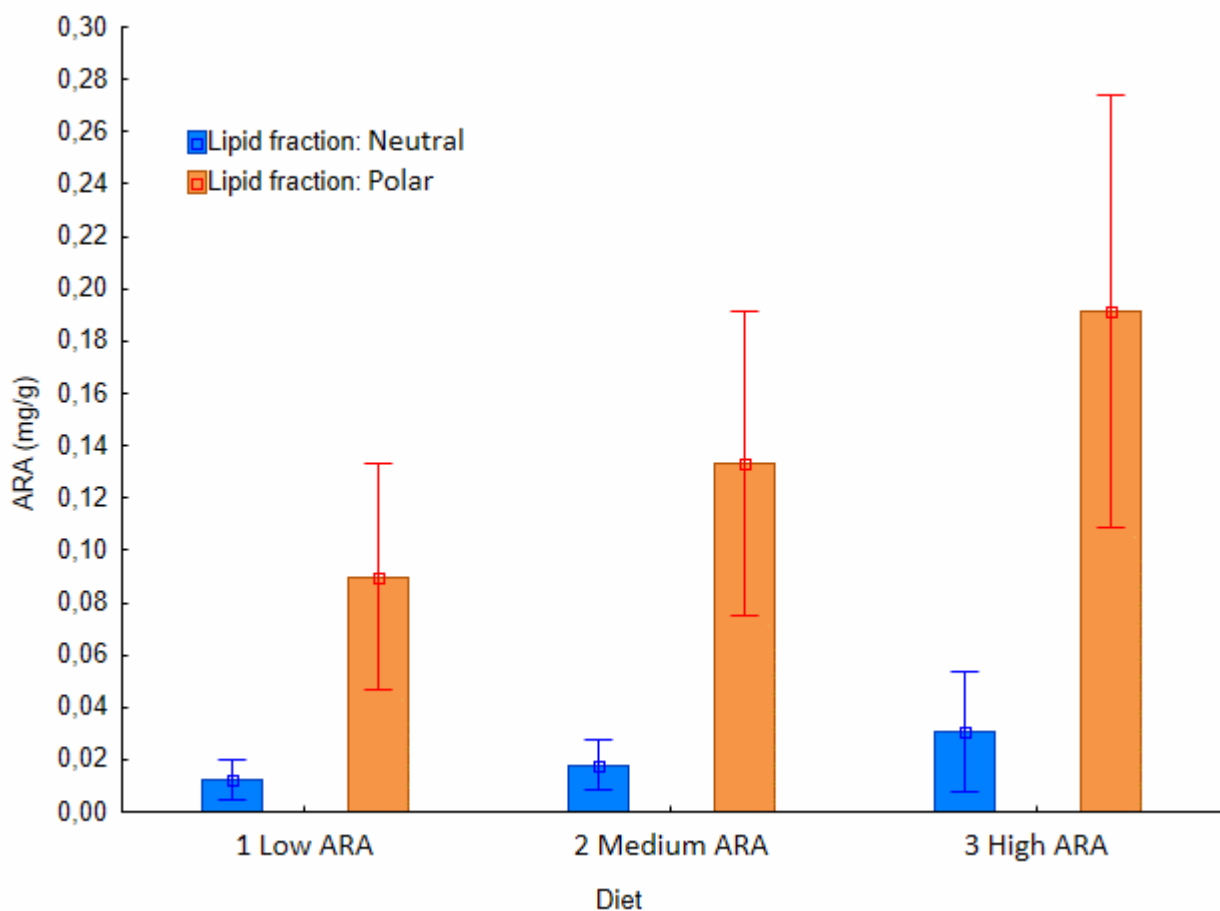
Årsaken til den økende usikkerheten av eggmengde med økende mengde egg, ligger trolig i at det legges tykkere lag med egg når det gytes store batcher. Dette er den åpenbare svakheten med en 2-dimensjonal analyse av et 3-dimensjonalt fenomen. Det ble evaluert å estimere egg mengde ved å veie mattene, men dette er veldig ressurskrevende da mengde vann som er med matten underveiling må standardiseres. Vannmengden vil nesten alltid være veldig stor sammenlignet med egg mengden. Variasjonen og dermed usikkerheten i en slik vekt analyse vil derfor som oftest overgå egg mengden.

Fôreffekt på egg

Berggytt egg har ikke store mengder energi lagret i nøytralt lipid. Det er derfor polart lipid (PL), for det meste fosfolipider i membraner, som dominerer i egget. Dette er også reflektert i mengden ARA. Det er verdt å merke seg at økning i ARA i fôr fører til økning i begge lipid fraksjonene. Fettsyresammensetningen i membraner, altså PL fraksjonen, er enzymatisk regulert og korrelerer dermed oftest i mindre grad med fettsyreprofilen i dietten sammenlignet med nøytralt fett. Men deponering av ARA i egg er ikke påvirket av dette, noe som samsvarer med funn i Japans flyndre (Furuita et al., 2003) .



Figur 21 : Mengde fettsyre (mg/g) i egg fra førgruppene. Polare lipider i venstre panel, og nøytrale lipider i høyre panel. (figur Ruben Sætre)



Figur 22: Arakidonsyre (ARA) i egg etter gyting. Blå søyler viser ARA i nøytralt lipid og orange søyler viser ARA i polart lipid.

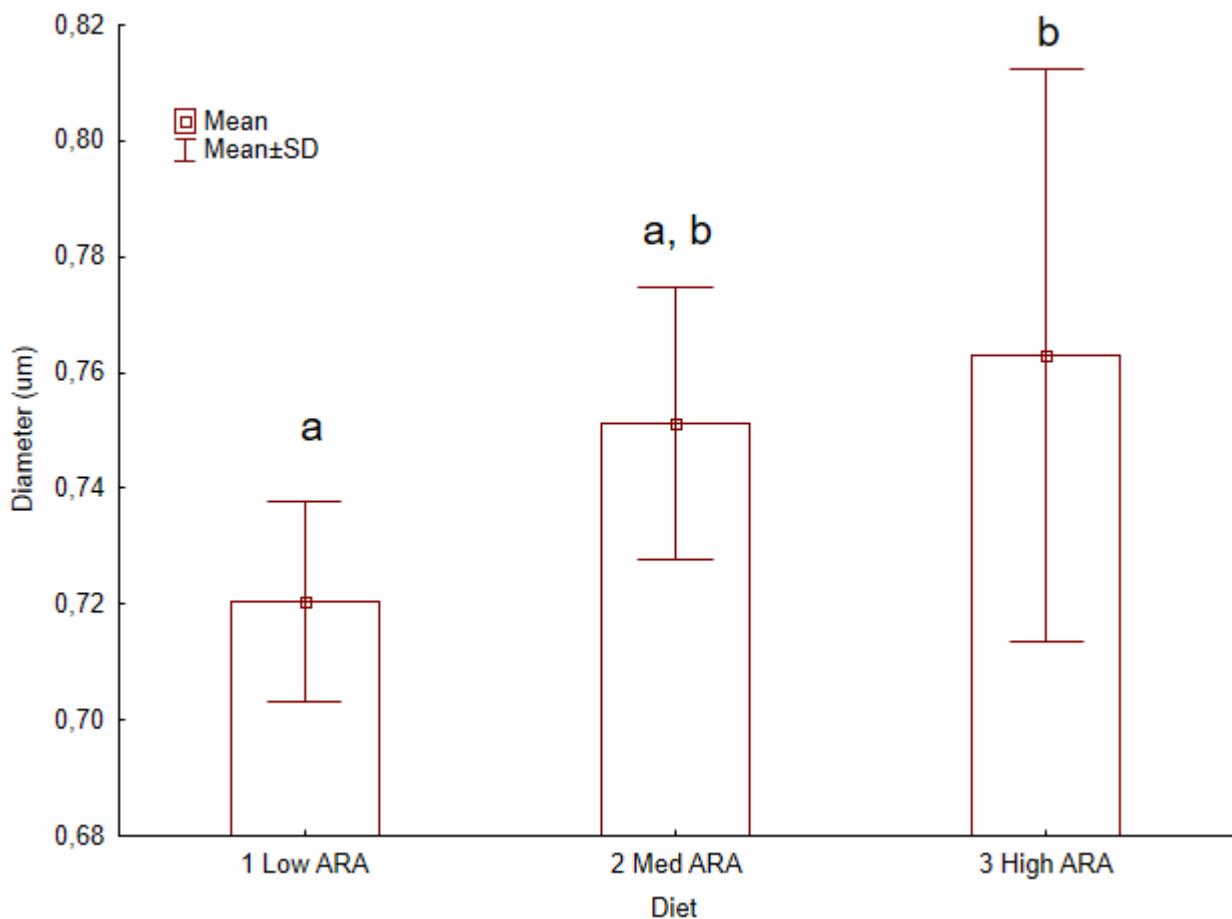
Hamre et al., (2013) viste at villfanget berggylt hadde ca. 6 % ARA av total mengde fettsyrer i gonadene hos hunnfisk, mens villfanget stamfisk fôret i fangenskap hadde ca. 2 % ARA av total mengde fettsyrer. Stamfisken fra Hamre et al., (2013) ble fôret med en blanding av Vitalis (Skretting) og reker som inneholdt 0,6 % ARA av totale fettsyrer (18 % totallipid). Til sammenligning inneholdt fôrene i dette forsøket henholdsvis 1,7, 2,3 og 5,6 % ARA av total mengde fettsyrer, men vi hadde 14 % fett i fôret. ARA nivåene i våre fôr ligger allikevel godt over nivåene i tidligere kommersielle fôrløsninger (kommersielt fôr blandet med ferske reker). Videre så er fettsyrer målt i gonader i Hamre et al., (2013), mens vi ville spare stamfisken og målte fettsyrer i gyttede egg. Dette kan

utgjøre noen forskjeller, da eggene sveller i forkant av gyting og limlaget etableres.

Ara finnes i større andel i fosfolipider enn i de nøytrale, dette er velkjent og skyldes ARA sin aktive metabolske rolle (Hanna and Hafez, 2018) . Vi forventet derfor at ARA var relativt lavere i den nøytrale fraksjonen i egg fra lav ARA gruppen. Dette var ikke tilfellet, i stedet ser vi at forholdet mellom ARA i nøytral og polar fraksjon er likt i alle gruppene. Det som gir en pekepinn på behovsnivå i dataene presentert her, er når ARA øker relativt i fettsyre profilen, og det er mellom medium og høy ARA gruppene. Dataene peker derfor på et behovsnivå mellom 2,3 og 5,6 % ARA av total mengde fettsyrer, med 14 % fett i føret.

Tabell 17: % ARA av totale fettsyrer (FS), gjennomsnitt $\pm$ standard avvik, bokstaver viser forskjeller mellom fôrgrupper.

	Total ARA	ARA i PL	ARA i NL
Lav ARA	$3,0 \pm 0,5^a$	$3,6 \pm 1,1^a$	$1,5 \pm 0,5^a$
Medium ARA	$3,2 \pm 0,2^a$	$3,8 \pm 0,2^a$	$1,5 \pm 0,2^a$
Høy ARA	$5,2 \pm 0,5^b$	$6,1 \pm 0,5^b$	$2,6 \pm 0,7^b$

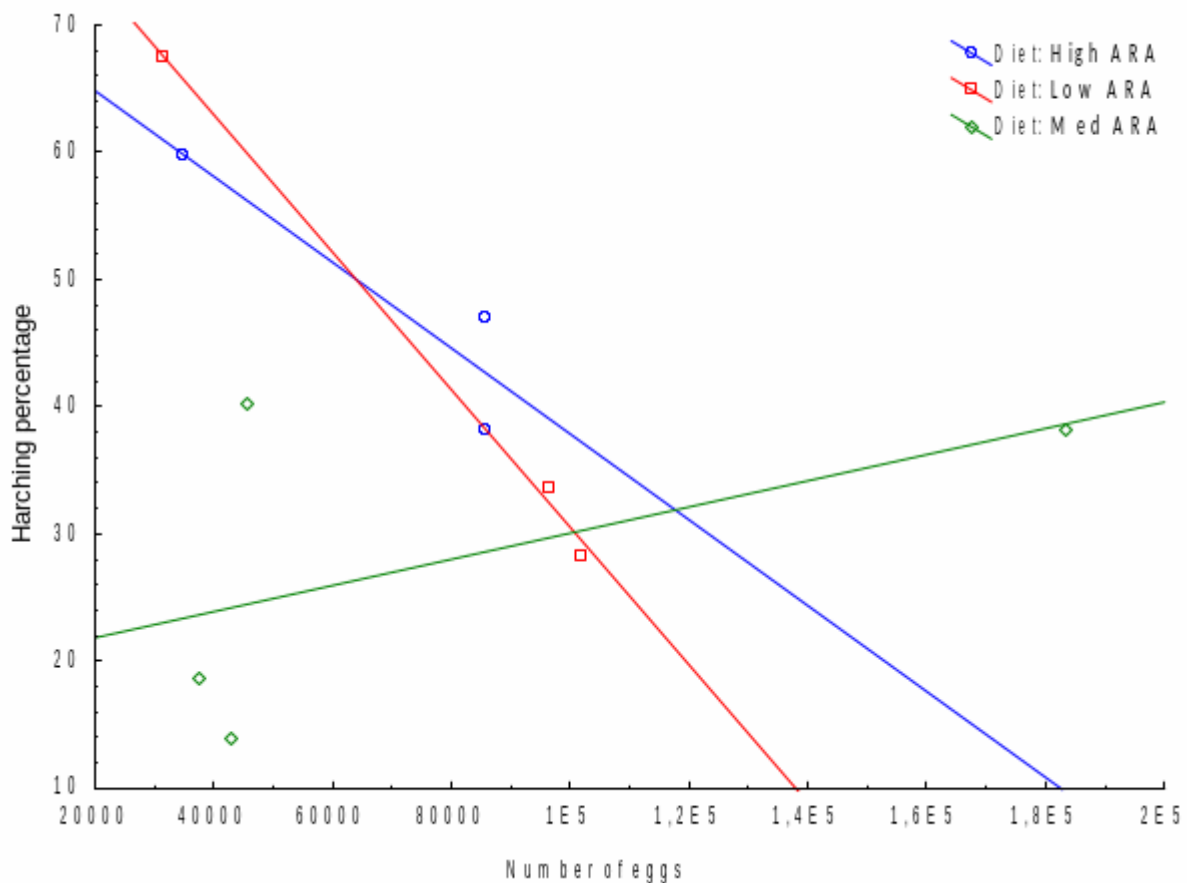


Figur 23: Diameter på egg fra de forskjellige diettene.

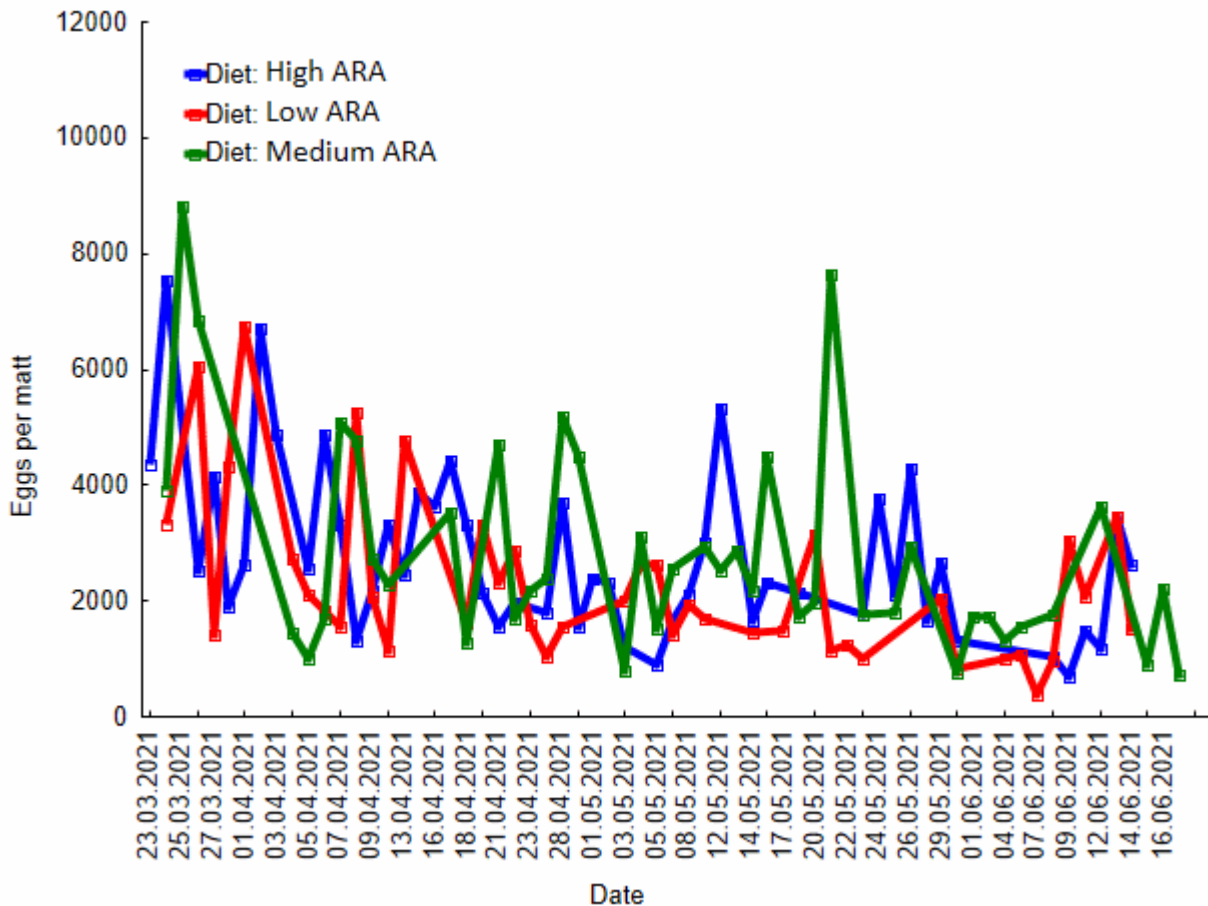
Eggstørrelsen økte med ARA nivå i føret (4.2% i diameter/13% i volum). Hvorvidt dette er gunstig for egg og

eventuelt larve kvalitet er omdiskutert (Brooks et al., 1997) . Men følger man tidligere argument at ARA behovet ligger nærmere høy ARA gruppen, vil følgelig større egg komme med på kjøpet.

Det var generelt stor variasjon i klekkeprosent hver gang egg fra en av behandlingene ble inkubert. Det var derfor heller ingen forskjeller mellom egggrupper fra hver forbehandling ($p = 0,2$). Derimot var det en negativ sammenheng mellom antall egg inkubert og klekkeprosent innad i høy ARA gruppen og Lav ARA gruppen, men ikke medium ARA gruppen. At innkubasjon av matter med mye egg, gir lavere klekkeprosent kan forklares med at egg dypt i substratet (klekkematten) med flere lag egg over, vil ha lavere sjanse til å klekke. Hvorfor dette mønsteret kun kommer til uttrykk i Høy og lav ARA gruppene er ikke godt å si. Ut i fra dette kan det virke som om det kan være gunstig å inkubere matter med medium til lave mengder egg (lav karakter).



Figur 24: Klekkeprosent i forhold til antall egg per ilegg fordelt på forbehandling. Høy ARA: $y = 71,5746 - 0,0003 \cdot x$, $p = 0,2674$, $r^2 = 0,8337$, Lav ARA: $y = 84,5605 - 0,0005 \cdot x$, $p = 0,0367$, $r^2 = 0,9967$ og Medium ARA: $y = 19,7832 + 0,0001 \cdot x$, $p = 0,4558$, $r^2 = 0,2962$



Figur 25:

Antall egg gytt i de tre fôrgruppene gjennom sesongen. Medium ARA gruppen hadde lengre gytesesong enn de to andre gruppene.

De tre fôrgruppene startet gyting relativt samtidig og avsluttet ganske likt. Medium ARA gruppen gytt i ca 4 dager etter at lav ARA og høy ARA gruppen hadde gitt seg.

Prosjektet hadde som mål å ha overlevelse ved tørrfôrtilvenning som endemål. Larvene ble startfôret med rotatorier ved et par forsøk og skipsrur nauplier (CryoPlankton Small Planktonic) ved to andre forsøk. Dessverre lot ikke startfôring seg gjennomføre, så klekking ble endepunktet. Vi vet derfor ikke hvordan ARA nivå i stamfiskfôr påvirker larvekvaliteten. Vi hadde planlagt å analysere levendefôrene for vitaminer og mineraler, denne oversikten finnes i Tabell 18. Her kommer en rekke forskjeller frem. Spesielt er det å merke seg at naupliene fra de to rurartene er så pass forskjellige.

Tabell 18: Vitaminer og mineraler i anrikede rotatorier, anrikede Artemia, skipsrur nauplier og fjærerur nauplier.

		Rotatorier	Artemia	Skipsrur	Rur
Makronæringsstoffer (mg/Kg ww)					
	Tørrstoff	11,3	7,6	7,1	8,7
	Protein	6,4	4,1	2,8	5

	Fett	2,6	1,8	0,85	1,1
	Aske	2,73	2,02	3,6	2,96
Vitaminer (mg/Kg dw)					
	Vitamin K	36,62	10,62	2,93	0,98
	Vitamin E	3,27	3,03	0,61	0,77
	Vitamin-D3	0,002	0,001	< 0,001	0,003
	Vitamin C	21,2	6,4	1,2	14,9
	Tiamin	0,26	0,07	<0.1	0,03
	Riboflavin	0,19	0,32	0,32	0,68
	Vitamin B6	0,01	0,01	0,00	0,01
	Pantoten.	0,14	0,11	0,02	0,10
	Folat.	0,17	0,11	0,07	0,02
	Biotin.	0,02	0,04	0,00	0,01
	Asta	0,20	0,04	0,00	0,08
	Canta	<0.0013	<0.0013	0,0041	0,0079
Mineraler (mg/Kg dw)					
	V	0,005	0,076	0,066	0,025
	Cr	0,006	0,070	0,035	0,020
	Mn	0,07	0,71	0,68	0,14
	Fe	1,5	25,7	18,6	13,6
	Co	0,001	0,015	0,014	0,008
	Ni	<0.01	0,10	0,08	0,07
	Cu	0,09	0,24	0,14	0,26
	Zn	0,4	4,8	2,8	5,4
	As	0,002	0,175	0,105	0,203
	Se	0,002	0,022	0,019	0,017
	Mo	0,004	0,017	0,011	0,01
	Ag	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
	Cd	0,001	0,008	0,005	0,008
	Hg	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Pb	0,005	0,027	0,02	0,009
	Jod	0,02	1,83	2,64	0,46
Alkaliske mineraler (mg/Kg dw)					
	Ca	43,1	115,8	76,1	95,4
	Na	790,6	1144,7	1173,7	938,7
	K	115,0	141,7	110,8	130,3
	Mg	85,0	154,4	149,3	127,6

	P	103,2	99,6	80,8	104,2
--	----------	-------	------	------	-------

5 - Sammendrag og anbefaling

Rognkjeks:

Det var lavest dødelighet i lavfett-gruppen, og dette kan ha sammenheng med at de kom sent i gang med gyting

Hannene sluttet å vokse tidligere enn hunnfisken, men kom også i gyting før hunnene

Leverindeksen var lavere hos fisk som fikk det magreste fôret sammenlignet med de to andre behandlingene

Hunnfisk på fôr med høyt fett startet gytingen før de andre gruppene, og avsluttet også tidligere. Dette kan bety at tidspunkt for gytestart til en viss grad kan styres med fôrsammensetning

Gonadeindeksen hos hunner på fôr med lavt fett økte først fram mot april, noe som har sammenheng med at de modnet senere enn de to andre behandlingene

Mengde rogn som ble produsert (strøket + gytt i kar) var lavere i gruppen på lavt fett, men skyldes trolig at de kom senere i gyting. Det er mulig at de ville nådd samme mengde dersom vi hadde fulgt fisken i et lengre tidsrom



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no