

Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring

ProCoEx

Bjørn-Steinar Sæther¹, Ingebrigt Uglem², Ørjan Karlsen³, Karl Øystein Gjelland², Sonnich Meier³, Kjell Midling¹, Pablo Sanches-Jerez⁴, Kilian Toledo-Guedes⁴, Pablo Arechavala-Lopez^{2,4} og Frutos C. Marhuenda Egea⁴





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

		ISBN: 978-82-8296-473-9 (trykt) ISBN: 978-82-8296-474-6 (pdf) ISSN 1890-579X
Tittel: Evaluering av tiltak for å fremme bærekraftig sameksistens mellom fiskeri og havbruksnæring (ProCoEx)		Rapportnr.: 66/2016
		Tilgjengelighet: Åpen
Forfatter(e)/Prosjektleder: Bjørn-Steinar Sæther ¹ , Ingebrigt Uglem ² , Ørjan Karlsen ³ , Karl Øystein Gjelland ² , Sonnich Meier ³ , Kjell Midling ¹ , Pablo Sanches-Jerez ⁴ , Kilian Toledo-Guedes ⁴ , Pablo Arechavala-Lopez ^{2, 4} , Frutos C.Marhuenda Egea ⁴ ¹ Nofima AS - ² Norsk Institutt for Naturforskning - ³ Havforskningsinstituttet - ⁴ Universitetet i Alicante, Spania		Dato: 22. desember 2016
Avdeling: Produksjonsbiologi		Ant. sider og vedlegg: 65
Oppdragsgiver: Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)		Oppdragsgivers ref.: 900909/Eirik Sigstadstø
Stikkord: Fiskeri og havbruk, sameksistens		Prosjektnr.: 10614
Sammendrag/anbefalinger: Fiskeri- og havbruksnæringen har felles interesser i kystnære farvann, næringene må i størst mulig grad se nytten i å samarbeide om bruken av områdene uten urimelig forringelse av felles næringsgrunnlag. Økt tilstedeværelse av havbruk vil føre til økte interessekonflikter i kystnære farvann. Mye erfaringsbasert viten ligger til grunn for denne situasjonsbeskrivelsen, og de senere år har området også vært tema for forskningsbaserte tilnærminger. Målsettingen med dette prosjektet er å skaffe til veie kunnskap som kan danne grunnlag for utvikling av tiltak for å bedre sameksistens mellom næringene med tilknytning til kystsonen, hovedsakelig fiskeri- og havbruksnæringene. Vesentlig i denne sammenhengen er å redusere negative og forsterke positive sider ved bruken av felles arealer. Siden erfaringene og kunnskapen er mangelfulle, og sameksistensen i noen grad preges av påstander som ikke er dokumenterte, utgjør en oppsummering av tilgjengelig kunnskap rundt tema en viktig del av prosjektet. Vi har dokumentert at filétkvaliteten på villfisk som har spist laksefôr over noe tid er påvirket negativt, men at denne effekten er begrenset om fangsten håndteres optimalt. Hvilket redskap, og hvordan disse benyttes, har også betydning for kvaliteten. Vi har også belyst mulige effekter på reproduksjon som følge av økt tilgang på laksefôr hos villfisk som beiter ved oppdrettsanlegg.		
English summary/recommendation: Coastal fisheries and sea cage aquaculture use the same areas. Both are sharing and competing for areas with other stakeholders, such as other industries, tourism or recreation. Current and future use of the coastal zone depends on a coexistence between stakeholders that does not put unconscionable consequences to any other users. As aquaculture is new and growing compared to fisheries, there is an increase in area conflicts. The objective of this project was to compile published knowledge, and provide new knowledge in specific fields as reproduction and flesh quality, on possible effects of cage based salmon farming on wild fish populations.		

Forord

Fiskeri- og havbruksnæringen har flere felles interesser i kystnære farvann, og næringene bør i størst mulig grad se nytten i å samarbeide om bruken av områdene uten urimelig forringelse av felles næringsgrunnlag. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har et overordnet mål om å bidra til kunnskap og tiltak som kan styrke sameksistensen mellom fiskeri og havbruk. Da prosjektet ble initiert var målsettingen i handlingsplanen (2012) formulert slik:

«Arealbruk i sjøen har de siste årene blitt et mer og mer aktuelt tema. Med mange ulike næringer som fiske, havbruk, olje, bergverk, vindkraft og ikke minst fritidsbruk kommer man opp i interessekonflikter. FHF ser det som viktig å fremme kunnskap og legge til rette for god sameksistens mellom fiske og havbruk og andre næringer. Spesielt i kystsonen er det behov for kunnskap som kan avklare hvordan havbruk og kystfiske og andre næringer kan unngå konflikter og helst utvikle tiltak som gir gevinst for flere sektorer. FHF vil ha fokus på og bidra til å initiere FoU-prosjekter med dette som målsetting.»

Norges Fiskarlag sin strategiplan for FoU sier blant annet: "Spesielt må forskningsinnsatsen økes når det gjelder oppdrettsanlegg sin virkning på vandringsmønstret til villfisk, og når det gjelder faren for sykdomsspredning. Viktige gytefelt i fjordene og langs kysten må kunne skjermes for etablering av fiskeoppdrett til vi har mer kunnskap som viser at dette ikke påvirker for eksempel gyteprosessen hos kysttorsk negativt. Kvalitetsforringelse på villfisk nær oppdrettsmerder er et annet område som det må forskes nærmere på".

Det overordnede målet i dette prosjektet var å etablere kunnskap som kan bidra til å utvikle tiltak for å redusere mulige negative effekter mellom oppdrett av laksefisk og ville marine arter. Prosjektet er et samarbeid mellom Nofima, Havforskningsinstituttet, Norsk Institutt for Naturforskning og Universitetet i Alicante, Spania. I tillegg har Universitetet i Melbourne, Australia, hatt en rådgiverrolle i første fase av prosjektet, samt deltatt i eksperimentelle studier. Aktivitetene i prosjektet er diskutert og detaljplanlagt i nært samarbeid med styringsgruppen, som har bestått av Jan-Henrik Nøstbakken og Harald E. Hansen fra fiskerinæringen, og Tor-Anders Elvegård og Geir Magne Knutsen fra oppdrettsnæringen. FHF har vært representert ved Eirik Sigstadstø.

Innhold

1	Sammendrag.....	1
2	Innledning.....	3
3	Problemstilling og formål	5
4	Prosjektgjennomføring.....	7
4.1	Kunnskapsoppsummering	7
4.2	Konsumkvalitet på oppdrettsassosiert villfisk.....	7
4.2.1	Studieområder.....	7
4.2.2	Evaluerings av filetkvalitet	11
4.2.3	Stressresponser og fiskemetoder.....	13
4.3	Fangst av fisk ved oppdrettsanlegg	14
4.4	Reproduksjonseffekter hos oppdrettsassosiert sei.....	15
4.4.1	Kjønnsmodning hos sei i fangenskap	16
4.4.2	Effekt av oppdrettsfôr på sammensetting av fettsyrer til gonadene.....	17
4.4.3	Gydeforsøk med oppdrettspåvirket og upåvirket torsk.....	18
4.5	Hvordan påvirker oppdrett villfiskbiomasse	19
5	Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	21
5.1	Kunnskapsoppsummering	21
5.2	Konsumkvalitet på oppdrettsassosiert villfisk.....	21
5.2.1	Evaluerings av filetkvalitet	21
5.2.2	Evaluerings av forskjeller i smak	29
5.2.3	Stressresponser hos garn- og juksafanget sei	30
5.2.4	Variasjon i biokjemiske sammensetning mellom oppdrettspåvirket sei og kontrollfisk..	34
5.3	Optimal fangst av oppdrettsassosiert fisk.....	40
5.3.1	Teinefangst Sessøy	40
5.4	Reproduksjonseffekter hos sei.....	42
5.4.1	Kjønnsmodning hos sei i fangenskap	42
5.4.2	Vekst og alder ved kjønnsmodning	44
5.4.3	Fettsyreprofil	47
5.4.4	Gydeforsøk med oppdrettspåvirket og upåvirket torsk.....	53
5.5	Hvordan påvirker oppdrett villfiskbiomasse	54
6	Oppsummerende diskusjon og kunnskapsbehov.....	57
7	Publikasjoner og manuskripter	60
8	Referanser	61

1 Sammenheng

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har et overordnet mål om å bidra til kunnskap og tiltak som kan styrke sameksistensen mellom fiskeri og havbruk. Det overordnede målet i dette prosjektet var å etablere kunnskap som kan bidra til å utvikle tiltak for å redusere mulige negative effekter mellom oppdrett av laksefisk og ville marine arter. Ettersom mulige effekter av oppdrett på fiskeri er lite beskrevet ble første del av prosjektet viet til en kunnskapsoppsummering på hva man vet om påvirkning av organiske biprodukter fra oppdrett på marine arter. Kunnskapen om slik påvirkning er mangelfull, og kan potensielt ha store samfunnsmessige, økonomiske og økologiske konsekvenser i kystsonen. Videre i prosjektet har vi hovedsakelig fokusert på to ulike potensielle effekter av organiske biprodukter fra oppdrett på ville fiskepopulasjoner; reproduksjon og kvalitet.

Debatter rundt sameksistens mellom fiskeri og havbruk er ofte polarisert og problemorientert. Dette er å forvente ved etablering av ny virksomhet i områder der bruken tradisjonelt er dominert av andre aktører. I tillegg til fysisk areal som båndlegges av oppdrettsanlegg og tilhørende fortøyninger, råder det usikkerhet rundt hvor store områder rundt anleggene som faktisk påvirkes av aktiviteten. I en egen oppsummering av dagens kunnskap rundt effekter av havbruk på ville marine organismer vises det til at effektene av oppdrett på omgivelsene kan oppfattes som positive eller negative avhengig av hvilket ståsted man har. Villfisk som spiser mye laksefôr vil preges av det ved at den får større lever, høyere kondisjonsfaktor, og får også en andel fettsyrer i muskel og lever som kommer fra planter. Siden kjønnsmodning er nærmere knyttet til energilager enn alder kan man forvente at fisken kjønnsmodner ved lavere alder. I forsøk så vi at blant fisken som spiste og vokste godt i noen grad kjønnsmodnet tidligere, men spesielt for hunnene skjedde dette i mindre grad enn forventet. Energilagrene bestemmer også hvor mange egg en enkelt hunnfisk kan produsere, og vi observerte at fisk som fikk laksefôr også hadde større gonader og dermed sannsynligvis også produserte flere egg. I sum vil dette føre til økt potensiale for reproduksjon i bestanden. Plante fett i laksefôret gir høyere innhold av vegetabiliske fettsyrer i gonadene, slik man også ser i muskel og lever. Dette er fettsyrer som vanligvis ikke er tilgjengelig i dietten til marin torskefisk, og man finner vanligvis heller ikke slike fettsyrer i egg hos villfisk. Sannsynligvis har heller ikke marine fisker behov for disse fettsyrene, og man antar at de ikke bidrar til bedret yngelkvalitet. Sammensetningen av fettsyrer i gonadene var påvirket hos sei som fikk på laksefôr, men vi har ikke påvist noen negativ effekt på egg og larvekvalitet.

Vi fant at sei fanget i nærheten av oppdrettsanlegg i gjennomsnitt hadde noe dårligere filetkvalitet enn sei fanget et stykke unna anlegg. Dette er i tråd med observasjoner fra fiskere og fiskekjøpere. Forskjellene var imidlertid små, og burde ikke ha stor betydning for hvordan fisken kan prosesseres eller brukes. Dette er i kontrast til hva noen næringsaktører opplever. Materialet som er analysert kommer fra to ulike oppdrettsområder der kvalitetsutfordringene har vært uttalt, og fisket har foregått over tre ulike sesonger. Fisken ble prosessert i henhold til Kvalitetsforskriften, og biokjemiske analyser tyder på at vi med stor sannsynlighet har sammenlignet fisk som er fysiologisk påvirket av å ha spist laksefôr med fisk som er upåvirket eller lite påvirket. Det er likevel viktig å være forsiktig med å generalisere ut fra resultatene for det undersøkte materialet, siden det kan tenkes at vi ikke har fanget opp tilfeller der seien er vesentlig mere forringet enn det vi har funnet i våre analyser, og fordi vi ikke har undersøkt variasjon i kvalitet gjennom en full industriell produksjonskjede fra fangst til marked. Vi mener likevel at våre analyser ville ha kunnet påvise store og generelle forskjeller i filetkvalitet.

Vi fant også at kvaliteten var vesentlig redusert for omlag 9% av den oppdrettsassosierte seien mot 1,5 % hos kontrollfisken. Selv om andelen med merkbart redusert kvalitet var lave kan dette likevel ha

betydning for klassifiseringen av fangsten, ettersom kun en forholdsvis beskjeden andel fisk med dårlig kvalitet kan være nok til at en hel leveranse blir klasset ned, eller utfordre tillitsforholdet i markedet. Vi har ikke undersøkt om andelene med redusert kvalitet i vårt materiale faktisk vil kunne representere et problem for videreforedling av fangsten. Vi fant videre mindre forskjeller i kvalitet mellom fisk fanget med juksa og garn, samt mellom fisk selvdød garnfanget fisk og fisk som var i live ved fangst. Enkle smakstester viste også at det ikke var vesentlige forskjeller i smak mellom seikaker laget av oppdrettsassosiert sei og kontrollfisk, mens ovnsbakt filet fra oppdrettsassosiert fisk ble vurdert som bedre enn filet fra kontrollfisk av et flertall av personene som deltok i testene. Selv om denne typen forbrukertester er enkle og ikke designet for å finne mindre smaksforskjeller ville vi høyst trolig ha funnet store og dominerende forskjeller i smak dersom dette var tilfelle. Hvordan smak varierer ved andre prosesserings- og tilberedelsesmetoder er ikke undersøkt i dette prosjektet.

Våre resultater tyder dermed på at kvaliteten på sei som beiter på laksefôr nært oppdrettsanlegg i gjennomsnitt er god, gitt at den fanges skånsomt og håndteres forskriftsmessig med tanke på utbløding og kjøling. Garn synes ikke å være optimalt redskap for denne type fiske, men ved korrekt håndtering og utsortering av sjø-død fisk vil også garnfanget sei kunne ha god kvalitet. De registrerte kvalitetslytene kan kanskje unngås dersom man fanger og lagrer fisken levende uten at den føres. Dette er kjent fra stengsetting av sei, levendelagring av torsk og også ved slakting av laks. Hvor lenge fisken må sultes før muskelkvaliteten er optimal vil avhenge av hvor mye og hvor raskt den har vokst i perioden før fangst.

2 Innledning

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har et overordnet mål om å bidra til kunnskap og tiltak som kan styrke sameksistensen mellom fiskeri og havbruk.

I likhet med all annen matproduksjon som innebærer bruk av naturressurser vil oppdrett av laks kunne påvirke miljøet (Naylor m.fl. 2005; Weir 2005). Mye av tilgjengelig kunnskap for hvordan oppdrettsanlegg påvirker nærmiljøet er imidlertid indirekte, situasjonsbetinget eller påvirket av andre faktorer i miljøet. Eksempelvis er det utfordrende å dokumentere spredning av sykdomsfremkallende organismer fra oppdrettslaks til villfisk (Revie m.fl. 2009). Det er også vanskelig å skille mellom mulige effekter av oppdrett på naturlig adferd og vandring hos marin villfisk fra andre påvirkningsfaktorer som eksempelvis fiskeri (Bjørn m.fl. 2009). Mangelen på kvantitativ kunnskap om hvorvidt og eventuelt hvordan oppdrett av laks påvirker lokale økosystemer kan ha flere viktige konsekvenser, både for oppdrettsnæringen, villfisknæringen og det marine miljøet.

Oppdrettsnæringens plassering i kystsonen med bruk av åpne merder har potensiale til å påvirke marine fiskepopulasjoner. Lakseanlegg er svært attraktive for en del marine arter og villfisk samles rundt oppdrettsanlegg i relativt store mengder (Dempster 2009). Kontinuerlig tilgang til mat, organisk avfall, samt pellets, som fisken beiter på antas å være de viktigste årsakene til at villfisken samles ved anleggene (Dempster m.fl. 2011). En mer utfyllende beskrivelse av ansamling av villfisk rundt oppdrettsanlegg finnes i egen en egen kunnskapsoppsummering (Sæther m.fl. 2012), samt Uglem m.fl. (2014).

Resultater fra studier langs hele norskekysten gjennom sommeren viser at aggregeringen av villfisk rundt oppdrettsanleggene påvirker fødevalg, kondisjonsfaktor, fettinnhold og fettsyre-sammensettingen til villfisk (Dempster m.fl. 2009, Fernandez-Jover m.fl. 2011). Endringer i diett, og dermed også fettsyreinnhold, kan påvirke kvalitet og oppfattelsen av fisken som føde. Det kan også påvirke reproduksjonspotensialet ved at både fekunditet og eggkvalitet påvirkes (Fernandez-Jover m.fl. 2007). Så langt har man ikke kunnet dokumentere at endrede fødevaner hos villfisk som beiter rundt oppdrettsanlegg har gitt klare og entydige endringer i kvalitet og oppfattelsen av produktet, men mindre effekter er beskrevet (Skog m.fl. 2003; Bjørn m.fl. 2007; Otterå m.fl. 2009). Siden fiskere og fiskekjøpere har meldt om negative effekter på kvalitet hos sei som har spist laksefôr er dette overraskende. Årsaken til at man i liten grad har klart å påvise slike effekter i kontrollerte undersøkelser kan til dels skyldes forskjell i fangst og håndtering mellom lokale fiskere og tidligere undersøkelser. Det er også sannsynlig at effektene varierer gjennom året og mellom individer.

Aggregering av villfisk ved lakseanlegg vil også kunne endre tilgjengeligheten av noen fiskeslag for fiskerne (Dempster m.fl. 2002; 2009; Fernandez-Jover m.fl. 2008; Uglem m.fl. 2009). Med dagens fangstforbudssone rundt anleggene vil noen arter, eksempelvis sei og torsk, dermed være mindre tilgjengelig for kystfiskeflåten. I et nylig gjennomført FHF prosjekt (prosjekt no 900501; Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg), ble fangstredskap for bruk rundt fiskeoppdrettsanlegg evaluert, spesielt med tanke på sikkerhet for anlegg (Sæther m.fl. 2012). Her ble teiner testet ut, og prosjektet konkluderte med at disse fangstet effektivt, men at fiske måtte foregå innenfor fiskeforbudssonen for at det skulle være økonomisk interessant. Det omtalte prosjektet skiller seg fra ProCoEx, ved at hovedmålsettingen var å se på potensialet til å utnytte oppdrettsanlegg som FAD (fish attracting device) og ved spesielt tilpasset kommersielt fiskeri. ProCoEx fokuserer på konvensjonelt fiskeri i områder med høy oppdrettstetthet for å fremskaffe kunnskap for mulige tiltak for å bevare

kvaliteten på fangsten. For at grunnlag for sameksistens mellom næringene skal være til stede er det viktig å fokusere på lønnsomme fiskemetoder og kvalitet på fangst. Dette vil bidra til at fisk i oppdrettsområdene skal kunne utnyttes på en bærekraftig måte uten at fangstene nedgraderes på grunn av redusert kvalitet. Tiltak som kan bli nødvendige vil potensielt involvere endringer i driftsrutiner på anlegg så vel som tilpassinger i det lokale fiskeriet.

At villfisk tiltrekkes oppdrettsanlegg er etter hvert godt dokumentert, men det har også vært hevdet at villfisk unngår områder med oppdrettsaktivitet. Noen fiskere mener at kysttorsk og sild ikke lengre vandrer inn fjordene til sine gyteområder, men snur et stykke inne i fjordene og forlater området, og dette knyttes til etablering av fiskeoppdrett (Maurstad m.fl. 2007). Som følge av slike påstander så Sæther m.fl. (2007) og Bjørn m.fl. (2009) på mulige sammenhenger som kunne forklare en slik adferd, og testet disse eksperimentelt. Resultatene var ikke entydige og bidro ikke til å forklare atferdsendringene som fiskerne har rapportert. Resultatene kan imidlertid tyde på at en viss tilvenning finner sted, ved at villfanget kysttorsk har en annen adferdsrespons sammenlignet med oppdrettstorsk og torsk fanget ved oppdrettsanlegg (Sæther m.fl. 2007). Til forskjell fra dette synes også tiltrekking av villfisk til oppdrettsanlegg å kunne påvirke gytevandring og tidspunkt hos vill sei. Som del av prosjektet «Akustisk overvåking av sei i Ryfylkebassenget» har Havforskningsinstituttet sporet sei på vandring inne i fjordsystemet over en periode på tre år. Resultatene tyder på at seien tilbringer lengre tid i fjordsystemet enn den forventes å være der, siden den normalt vil forlate fjordene på høsten (Otterå & Skilbrei 2012). Hvorvidt dette er en adferdsendring som har oppstått som følge av etablering av oppdrettsanlegg, eller om det dreier seg om stasjonære sei-populasjoner som gjennomfører hele eller større deler av livssyklus i systemet, er foreløpig ukjent. Muligheten for at lakseoppdrett kan påvirke reproduksjonen hos kommersielt viktige arter har ført til konflikter mellom næringene.

Økt kunnskap om mulige økologiske effekter av fiskeoppdrett på marine fiskebestander er viktig for videre utvikling av tilpasset organisering, drift og en bærekraftig sameksistens mellom kystfiskeriene og lakseoppdrettsnæringen. Det er derfor viktig å skaffe til veie nødvendig kunnskap rundt disse forholdene for å redusere usikkerheten og styrke den kunnskapsbaserte forvaltningen av kystområdene. Videre vil kunnskap bidra til tilpassinger og utvikling av tiltak som kan redusere eventuelle negative effekter, samt forsterke eventuelt positive effekter.

3 Problemstilling og formål

Prosjektets overordnede målsetting er å generere kunnskap for å evaluere potensielle tiltak som kan bidra til å redusere konflikter mellom akvakultur og kystfiske og dermed styrke grunnlaget for sameksistens mellom to viktige norske kystnæringer. Prosjektbestillingen avgrenset prosjektet til ikke å omhandle effekter av rømt oppdrettslaks eller lakselus. Konsekvensene av dagens bruk av kystnære farvann er til dels lite beskrevet, og kunnskapsgrunnlaget bak enkelte konflikter bærer preg av påstander som er mangelfullt dokumentert, men som nødvendigvis ikke er feil. Siden det er så mange usikkerheter knyttet til hvorvidt og hvordan oppdrettsaktiviteter påvirker ville organismer, er det vanskelig å foreslå og evaluere tiltak der problemstillingen i utgangspunktet ikke er tilstrekkelig dokumentert. I samråd med styringsgruppen ble prosjektet derfor delt inn i faser, der fase en hadde som målsetting å styrke og samle kunnskapsgrunnlaget for mer målrettede aktiviteter i fase to. Fase en var delt inn i tre arbeidspakker; 1; omhandler mulige effekter på reproduksjon hos villfisk, 2; omhandler fangst og bruk av oppdrettspåvirket villfisk, mens 3; omhandler kunnskapsoppsummering, disseminering og anbefalinger. Fase en i prosjektet er detaljert og rapportert i prosjektrapporten fra første fase (Sæther m.fl. 2013a), og en egen kunnskapsoppsummeringen (Sæther m.fl. 2013b). Problemstillingene i fase to som denne rapporten hovedsakelig omhandler følger av resultatene i fase en og er definert i dialog med prosjektkoordinator ved FHF i samspill med styringsgruppen.

Fase to av prosjektet er også organisert i arbeidspakker, der AP1 fokuserte på kommunikasjon og kunnskapsutveksling. Den overordnede målsettingen med prosjektet er nettopp å generere og spre kunnskap. Denne arbeidspakken har ikke forskningsaktiviteter, men tilrettelegger for bruk av tid og ressurser til formidling av resultatene.

AP2 fokuserte på konsumkvalitet på oppdrettsassosiert villfisk. Målsettingen var å evaluere og dokumentere kvalitet på villfanget sei som fanges nær oppdrettsanlegg. Kvaliteten på oppdrettsassosiert fisk ble sammenlignet med kvaliteten på villfisk fanget i områder der man antok at de ikke var påvirket av oppdrett.

Fiskeredskap og bruk av dette vil påvirke kvaliteten på fangsten. AP3 ser derfor på hvordan man kan fange fisk i kommersielt interessante mengder rundt anlegg samtidig som kvaliteten bevares. Målsettingen til denne aktiviteten ble underveis begrenset til å se på kvalitet hos fisk fanget med tradisjonelle redskaper som garn og juksa, og gjennomført i tett samarbeid med AP2. Villfisk samles tett rundt oppdrettsanlegg og fiskeforbudssonen på 100 meter setter en effektiv begrensing på fangstratene. AP3 hadde en delaktivitet der målsettingen var å flytte fisken ut i fra fiskeforbudssonen for på den måten gjøre den tilgjengelig for kommersielt fiske uten å kompromittere sikkerheten til anlegg, fiskefartøy eller redskap.

Fisk som spiser mye vil vokse raskt og kjønnsmodne tidlig. Vanligvis er antall egg som produseres korrelert til fiskens energilager; en fisk som har mye fett-reserver kan produsere flere avkom. Sammensetningen av gytefiskens fettreserver påvirker sammensetningen av fettsyrer i eggene. Dermed kan effekten av oppdrett på reproduksjon få flere utfall; enten ved at fekunditeten øker og det produseres flere avkom, og/eller at eggkvaliteten endres (positivt eller negativt) slik at kvaliteten og overlevelsen hos fiskeyngelen endres. AP4 forsøker dermed å gjenskape sei som har hatt tilgang til førspill/fettsyrer fra oppdrett for å studere reproduksjonseffekter nærmere. Målsettingen var å evaluere fekunditet og eggkvalitet hos oppdrettspåvirket sei.

Det er publisert forskning som indikerer at mengden villfisk som produseres i et område har økt etter oppdrettsetablering. I arbeidspakke 5 evalueres konsekvensene av oppdrett for biomassen av villfisk i et område med oppdrett. Målsettingen var å vurdere potensialet til villfiskproduksjon basert på tilførte næringsstoffer fra lakseoppdrett.

Arbeidspakke 6 var en ren administrativ pakke med kommunikasjon og administrasjon.

4 Prosjektgjennomføring

4.1 Kunnskapsoppsummering

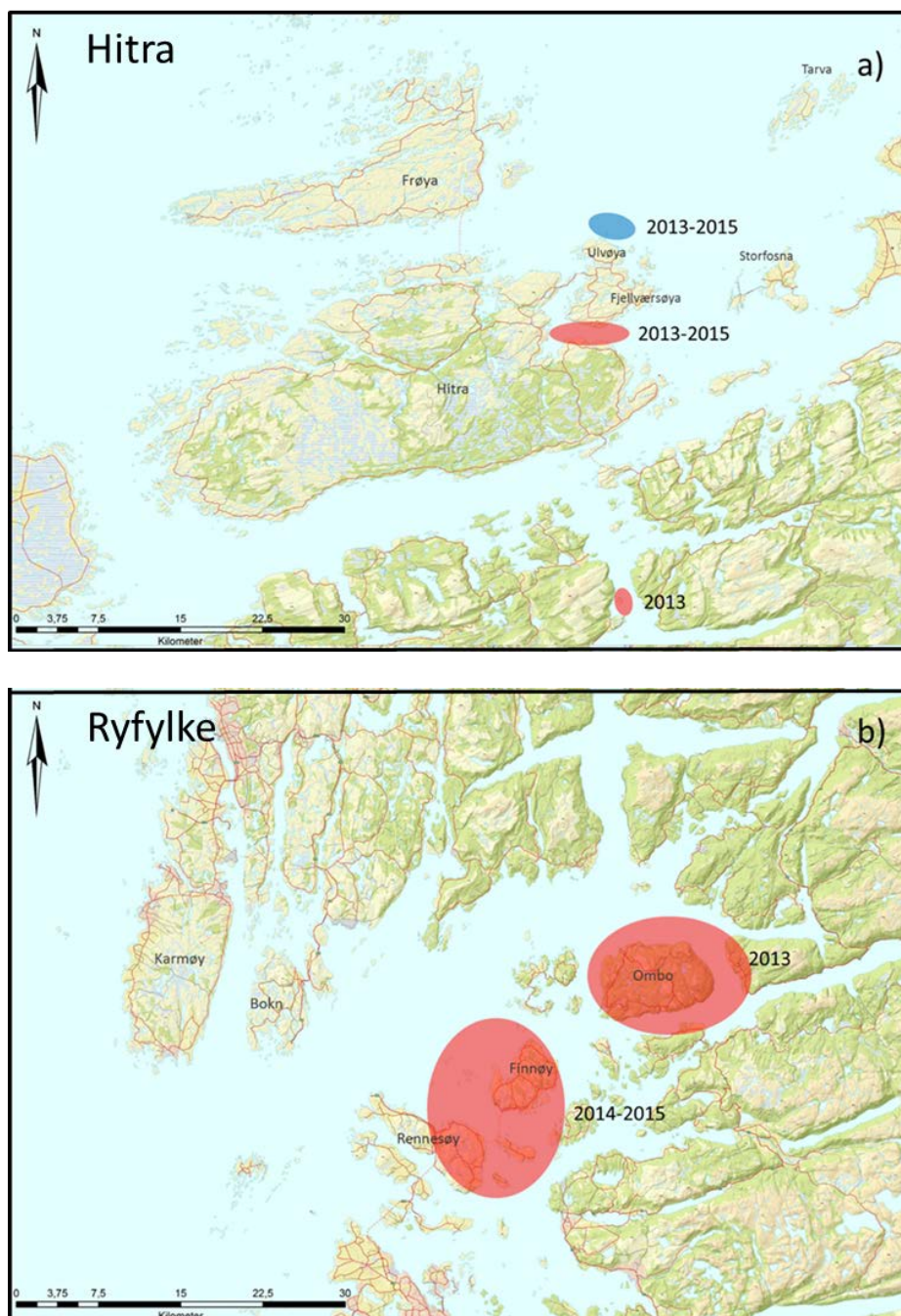
I prosjektets første år (prosjektnr 900772) ble en kunnskapsoppsummering levert; «Interaksjoner mellom havbruk og ville marine organismer» (Sæther m.fl. 2013b). Deler av denne oppsummeringen er også publisert i Uglem m.fl. (2014). Siden den globale matproduksjonen må øke i framtiden er det rimelig å anta at havbruksnæringen også vil bli større. Fiskeressursene er per i dag utnyttet nært maksimalt, slik at økning i høsting fra havet vil måtte komme som følge av havbruksrelatert aktivitet. Det anses som generelt viktig at havbruk og andre næringer knyttet til utnyttelse av naturressurser skal vokse på en bærekraftig måte. Kunnskap om og i hvilken grad ulike næringer, inkludert havbruk, påvirker miljøet er viktig for å forutse, forebygge og redusere mulige negative effekter, samtidig som det er mulig å utvikle lønnsomme virksomheter. Hensikten med kunnskapsoppsummeringen var å samle og diskutere kunnskapen om effekter av Norsk havbruk på marine organismer, med vekt på kommersielle fiskearter, både fra et økologisk ståsted og i forhold til ulike interessenter i kystsonen, og for de vanligste oppdrettsartene. Siden oppdrett av laks er den klart største næringen er det fokusert mest på mulige effekter av lakseoppdrett, men vi har også inkludert kunnskap vedrørende mulige effekter for andre oppdrettsarter der slik kunnskap er tilgjengelig. Vi har først analysert og diskutert kunnskap vedrørende effekter av organisk avfall fra marint havbruk, med fokus på eventuelle gjødslingseffekter og endring av bunnforhold, samt tiltrekning av villfisk til oppdrettsanlegg og mulige effekter av dette for ulike interessentgrupper, inkludert fiskeri, havbruk og turisme. Vi har også oppsummert eksisterende kunnskap vedrørende i hvilken grad marint havbruk kan tenkes å påvirke naturlig atferd og reproduksjon hos vill marin fisk. Kunnskapsoppsummeringen viser generelt at marint havbruk kan påvirke biologien til en rekke marine organismer. Effektene kan variere mellom arter, livsstadier og andre økologiske faktorer, og kan påvirke forskjellige interessentgrupper på varierende vis. Det er sannsynlig at det eksisterer scenario der for eksempel den økologiske påvirkningen er minimal, men effektene for de ulike interessentgruppene kan være både positive og negative. Kunnskapsoppsummeringen illustrerer derfor at utforming av eventuelle forebyggende, konfliktdempende eller avbøtende tiltak vil være en balansegang mellom å ivareta økosystemet og samtidig ta vare på ulike interessentgrupper. Det vil videre være viktig å samtidig fokusere på flere påvirkningsfaktorer og at evaluering av mulige økosystemeffekter av havbruk foretas på en helhetlig måte og ikke kun i forhold til økologiske faktorer, men også til samfunnsmessige og økonomiske faktorer, jfr. bærekraftig samfunnsutvikling.

4.2 Konsumkvalitet på oppdrettsassosiert villfisk

4.2.1 Studieområder

Sei ble fanget i Ryfylke bassenget (N59°11, E05°53) og ved Hitra (N63°62, E08°99) ved seks anledninger sommer, høst og vår i perioden 2013-2015 (Figur 1, Tabell 1). Oppdrettsassosiert sei (O-sei) ble fanget mindre enn 500m fra lakseanlegg som hovedsakelig holdt fisk over 1 kg i begge områder. Ettersom fisken da nærmer seg slaktevekt og biomasseendringen på anleggene er størst i siste fase av produksjonen, er dette også den dele av produksjonen da det føres mest intensivt. Seien ble av praktiske årsaker og for å standardisere innsamlingen med hensyn til fiskestørrelse i anleggene fanget ved ulike anlegg i de forskjellige periodene siden anleggene brakklegges mellom hver

produksjonssyklus og størrelsen på laksen varierer gjennom syklusen. Kontrollfisk (K-sei) ble fanget mer enn 5 km unna nærmeste lakseanlegg.



Figur 1 Oversiktskart fra områdene for innsamling av sei for a) Hitra og b) Ryfylke. De røde feltene viser områdene hvor sei ble fanget i nærheten av oppdrettsanlegg, men det blå feltet viser området hvor kontrollfisken ble fanget på Hitra. Bakgrunnskartene er lastet ned fra Norge Digitalt

Seien ble fanget i samarbeid med kommersielle kystfiskere, med enten bunngarn (ståtid 15-17 timer) eller med juksa. Fisk som levde ved fangst ble umiddelbart avlivet med et slag til hodet, før den ble bløgget og overført til en 500 l tank med sjøvann for utblødning. Fisken ble deretter sløyet, vasket og lagt på is i isoporkasser. Kassene ble lagret kaldt (2-4 °C) i 96 timer før filetkvalitetsanalysene. Fisken ble prosessert i henhold til «Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer» (Lovdata 2013).

Totallengde (TL) og vekt (V) ble målt til nærmeste 1 cm og 10 gram før bløgging. Hver fisk ble samtidig merket med et t-bar merke (Hallprint PTY LTD) med en individuell kode for identifikasjon i senere analyser og prøvetaking. Lever (LV) og gonade (GV) vekt ble registrert til nærmeste 1 gram for hver fisk umiddelbart etter sløyting. Kjønn ble bestemt ved visuell inspeksjon av gonader. Tre morfometriske indekser ble beregnet. Kondisjonsfaktor (K) ble beregnet som $K = (V/TL^3) \times 100$. Leverindeks (LSI) som $LSI = (LV/V) \times 100$ og gonadeindeks (GSI, %) som $GSI = (GV/V) \times 100$. Mageinnholdet ble identifisert til fem brede kategorier (laksepellets, fisk, krepsdyr, skjell og annet organisk materiale) og veid til nærmeste 1 gram.

Totalt ble 554 sei samlet inn for kvalitetsanalyser i AP2, 221 med juksa (50 K-sei og 171 O-sei) og 333 med garn (147 K-sei og 186 O-sei) (Tabell 1). Ved fire anledninger var det ikke mulig å samle inn fisk fra kontroll-lokaliteter med juksa enten på grunn av ekstreme værforhold (Hitra, vår) eller fordi det var for lite sei i områder et stykke unna oppdrettsanlegg til at det var mulig å fange et tilstrekkelig antall (Ryfylke, vår sommer og høst) (Tabell 1). Ved ett tilfelle (Ryfylke, høst) var fisken som ble fanget med juksa ved oppdrettsanlegg betydelig mindre enn det som anses å være optimalt for filetering, og denne gruppa ble derfor ikke inkludert i videre analyser. Med unntak av disse anledningene ble mellom 20 og 48 sei samlet inn for de ulike gruppene (Tabell 1). Seien som ble fanget ved Hitra var større enn den som ble fanget i Ryfylkebassenget, noe som trolig skyldes en generell variasjon i størrelse mellom disse to regionene.

O-seien fra Hitra var generelt i bedre kondisjon og hadde relativt sett større lever enn K-seien (LSI: $t = 5.4$, $P < 0.001$, K: $t = 6.6$, $P < 0.001$). Det var imidlertid ingen forskjell i kondisjonsfaktor mellom O-sei og K-sei fra Ryfylke ($t = -1.5$, $P = 0.21$), men K-seien hadde relativt sett større lever enn O-seien ($t = -2.4$, $P = 0.03$). Ingen av K-seien fra Hitra hadde laksepellets i magesekken ved fangst, men henholdsvis 19 og 7 % av K-seien fra Ryfylke hadde pellets i magesekken i to av innsamlingsperiodene. Funnene fra Ryfylke tyder på at upåvirket K-sei er vanskelig å samle inn i Ryfylke, kanskje på grunn av høy tetthet av anlegg og hyppige forflytninger mellom anleggene (Uglem m.fl. 2009; Otterå m.fl. 2014). Pellets ble funnet i magesekken for O-sei under alle innsamlingsperiodene. Det ble i gjennomsnitt funnet pellets i magesekken på 44% (gjennomsnittlig vekt: $104g \pm 41g$) av O-seien fra Hitra og for 61% (gjennomsnittlig vekt: $76g \pm 69g$) av O-seien fra Ryfylke.

Tabell 1 Morfometriske data og kvalitetsindekser ± standardavvik (QIM og IT) for sei fanget i nærheten av oppdrettsanlegg (O-sei) og sei fanget minst 5 km unna oppdrettsanlegg (K-sei) med juksa eller garn. N= antall, HSI=leverindeks, GSI=gonadeindeks, andel med fiskefor i magen (%), mengde fiskefor (g), andel av mat som var fiskefor (%)

Område	Årstid	Fiskeredskap	Type	N	Length (cm)	Vekt (kg)	Kondisjonsfaktor (K)	HSI	GSI	Andel med fiskefor (%)	Fiskefor (g)	Andel fiskefor i mat %	QIM	IT
Høst	Jukaa	K-sei	K-sei	30	68 ± 4	3,05 ± 0,7	0,95 ± 0,13	6,9 ± 3,1	1,82 ± 1,52	0	-	-	1,91 ± 0,75	0,67 ± 0,71
			O-sei	31	60 ± 8	2,14 ± 0,97	0,96 ± 0,13	5,6 ± 2	0,93 ± 1,14	29	56 ± 77	100	2,73 ± 1,36	2,70 ± 1,88
		Garn	K-sei	30	68 ± 3	2,96 ± 0,48	0,94 ± 0,1	6,8 ± 1,4	1,79 ± 1,63	0	-	-	2,39 ± 1,40	1,10 ± 1,32
			O-sei	30	66 ± 7	3,1 ± 0,97	1,05 ± 0,17	8,2 ± 2,4	1,27 ± 0,93	33	141 ± 163	88,8	2,96 ± 1,51	2,17 ± 2,09
	Hitra	Jukaa	K-sei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			O-sei	30	69 ± 4	3,09 ± 0,73	0,93 ± 0,16	6,1 ± 3,5	0,63 ± 1,39	60	166 ± 106	93,6	2,82 ± 1,29	2,40 ± 1,77
		Garn	K-sei	31	66 ± 6	2,44 ± 0,63	0,84 ± 0,07	6,2 ± 4,4	0,63 ± 0,81	0	-	-	1,72 ± 0,85	1,13 ± 1,18
			O-sei	30	68 ± 6	3,19 ± 0,68	1,04 ± 0,18	10 ± 4,8	1,12 ± 3,09	50	89 ± 63	97,1	2,57 ± 1,10	2,03 ± 1,43
Sommer	Jukaa	K-sei	K-sei	20	62 ± 6	2,09 ± 0,64	0,86 ± 0,07	6 ± 2,2	0,25 ± 0,28	0	-	-	1,86 ± 0,57	2,42 ± 1,57
			O-sei	25	68 ± 7	3,18 ± 0,89	0,98 ± 0,13	10 ± 3,2	0,36 ± 0,41	88	78 ± 87	92	2,41 ± 0,96	2,84 ± 1,80
		Garn	K-sei	20	69 ± 4	2,99 ± 0,47	0,9 ± 0,08	6,8 ± 2,7	0,43 ± 0,3	0	-	-	2,57 ± 1,34	2,60 ± 2,16
			O-sei	48	66 ± 6	2,92 ± 0,74	1,01 ± 0,13	10,7 ± 3,8	0,24 ± 0,29	23	96 ± 112	95,3	2,91 ± 1,46	3,40 ± 2,29
	Høst	Jukaa	K-sei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			O-sei	25	45 ± 2	0,9 ± 0,1	1,02 ± 0,12	11,6 ± 2	0,12 ± 0,15	72	5 ± 3	100	6,85 ± 1,49	6,29 ± 1,76
		Garn	K-sei	36	59 ± 6	2,05 ± 0,73	0,96 ± 0,1	8,9 ± 2,8	3,11 ± 3,02	19	94 ± 127	87	4,31 ± 1,88	3,53 ± 2,02
			O-sei	25	57 ± 5	1,85 ± 0,7	0,93 ± 0,12	8 ± 3,8	3,44 ± 3,67	40	38 ± 75	85,5	4,70 ± 1,98	4,92 ± 1,53
Ryfylke	Vår	Jukaa	K-sei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			O-sei	30	57 ± 5	2,09 ± 0,52	1,15 ± 0,14	7,2 ± 3,4	0,37 ± 0,28	70	54 ± 41	96,8	1,85 ± 0,59	1,80 ± 1,42
		Garn	K-sei	30	62 ± 5	3,07 ± 0,85	1,26 ± 0,18	12 ± 5,1	3,52 ± 5,8	7	79 ± 67	100	2,25 ± 1,02	2,63 ± 2,16
			O-sei	30	57 ± 7	2,29 ± 0,52	1,27 ± 0,21	9,1 ± 3,4	0,77 ± 1,34	70	156 ± 73	98,1	2,35 ± 0,65	2,97 ± 1,56
	Sommer	Jukaa	K-sei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			O-sei	30	58 ± 7	1,95 ± 0,67	1 ± 0,09	9,5 ± 2,5	0,38 ± 0,3	90	32 ± 38	78,5	3,16 ± 0,81	2,59 ± 1,08
		Garn	K-sei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			O-sei	23	65 ± 8	2,61 ± 0,94	0,9 ± 0,13	7,8 ± 3,6	0,42 ± 0,41	26	168 ± 208	100	2,96 ± 1,06	1,82 ± 1,11

4.2.2 Evaluering av filetkvalitet

Ved fangst ble fiskens lengde og vekt målt, før den ble bløgget og blødd ut i rennende sjøvann før sløying. Juksa og garnfanget fisk ble behandlet likt etter fangst. Etter sløying ble fisken kjønnsbestemt, og lever- og gonadevekt målt. Det ble i tillegg undersøkt om og eventuelt hvor mye pellets fisken hadde i magesekken. Det ble i tillegg tatt prøver av muskel og lever for senere analyse av kjemisk sammensetning. Deretter ble fisken vasket i rent vann og lagt på is i isoporkasser.

Etter 96 timer på is ble kvaliteten på fisken bestemt ved å måle to forskjellige filet-indeks. Kvalitet på filet ble vurdert ved 1) å bruke en modifisert indekseringsmetode for torskefilet (QIM) (Akse m.fl. 2007), 2) en modifisert enkel industritest for laksefilet (IT) (Erikson m.fl. 2009) og 3) ved å måle tekstur på opptint loins (lagret i -18 °C i fire-fem måneder) (Larsson m.fl. 2012). Både QIM og IT ble noe tilpasset sei på grunnlag av analyser i en pilotstudie i 2012.

Filetkvalitet ble først evaluert sensorisk etter en standard poengskala utviklet ved Nofima (Akse m.fl. 2007) for vurdering av rå filetprøver. Parameterne som inngår i filetindeksen (FI) er lukt, farge, konsistens, overflatestruktur og spalting. Kriteriene lukt, spalting og konsistens er gradert i en firedelt skala; fra 0 (best) til 3 (dårligst). Skalaen for overflate er firedelt fra 0 (best) til 3 (dårligst), mens kriteriene for farge har to graderinger (0 og 1; Tabell 2). Samlet indeksverdi er summen av snittkarakterene for de fem kriteriene. Best score er 0 og dårligst er 12. Vurderingen ble utført av 3 trente dommere. Filetkvaliteten ble også vurdert i henhold til en forenklet utgave av en industritest utviklet av SINTEF (Erikson 2009). I denne testen blir tre kriterier målt; elastisitet ved bøyning, elastisitet ved nedtrykk og spalting. Elastisitet ved bøyning måles ved at fileten «brettes dobbel» kant mot kant (muskelside mot muskelside, spordenden øverst). Dersom fileten retter seg ut raskt blir score 0 gitt, om den retter seg sakte ut gis score 1, mens score 2 blir gitt om fileten forblir sammenbrettet. Elastisitet ved nedtrykk måles ved at en finger presses ned i fileten mellom sidelinjen og ryggfinnen (anslagsvis 1 kg trykk i 2 sek). Dersom overflaten gjenopprettes gis score 0, om det blir et varig avtrykk gis score 1 og dersom fingeren «går rett gjennom fileten» gis score 2. Spalting ble evaluert for hele fileten og graden av spalting gitt en score mellom 0 og 5, der 0 er ingen spalting mens 5 er ekstrem spalting. Kvaliteten evalueres deretter ved å summere verdiene for de tre kriteriene. Den forenklede versjonen av Sintefs industritest kan derfor variere mellom 0 og 9, der kvalitetene reduseres med økte verdier. Filetindeksen ble målt for fiskens venstre filet. For den høyre fileten ble loinsen skjært ut, pakket i aluminiumsfolie og plast, frosset ned og sendt frosset til Tromsø for teksturmåling. Teksturen ble målt med et TA-HDi Texture Analyser (Table Micro Systems) etter at fileten var tint i kjølerom. Teksturen angis som gram trykk motstand på en flat sylinder (12.5 mm diameter type P/0.5) som trykkes ned mot fileten i 90° vinkel på muskelfibrene med konstant hastighet på 1 mm per sekund inntil filet-tykkelsen er redusert til 90% av opprinnelig tykkelse. Fisk som er bløt i kjøttet yter liten motstand, mens fisk som er fast i kjøttet vil yte større motstand. Hver filet ble målt på tre punkter i lengderetning (i senter av hver 1/3 del) på hver loins, og gjennomsnitt beregnet per fisk for å ta hensyn til variasjon i hardhet i hver prøve. Teksturdata fra to måletidspunkt fra Hitra er presentert i denne rapporten; vår 2015 og høst 2014. Prøver av lever og muskel ble analysert med hensyn på metabolitter (H-NMR og HPLC-MS), fettsyrer (HPLC-MS) og sporstoffer (ICP-MS). Analysene ble utført ved universitet i Alicante, Spania. Detaljer fra analysemetoder er gjengitt i artiklene Arechavala m.fl. 2015 og Marhuhenda Egea m.fl. 2015.

Tabell 2 Oversikt over variable som inngår i de modifiserte kvalitetsindeksene benyttet i prosjektet, samt nivåer av ulike score. Etter Akse m.fl. (2007) og Erikson m.fl. (2009)

Kvalitets parameter	Beskrivelse	Skala
<u>QIM:</u>		
Lukt	Frisk lukt av sjø, blodfersk	0
	Nøytral	1
	Fiskelukt	2
	Ammoniakk, sur	3
Splitting	Ingen splitting	0
	Begynnende splitting	1
	Noe splitting, løs filet	2
	Mye splitting, usammenhengende filet	3
Farge	Ensartet fersk farge (lys)	0
	Unormal farge (gul/rødlig)	1
Konsistens	Hard, naturlig	0
	Marginalt bløt	1
	Bløt	2
	Svært bløt	3
Overflate	Fast og skinnende	0
	Noe oppløst	1
	Løs/oppløst overflate	2
<u>Industri test (IT):</u>		
Spenst/Elastisitet	Elastisk: Fileten retter seg ut raskt	0
	Noe elastisk: Fileten reter seg ut langsomt	1
	Uelastisk: Fileten forblir sammenbrettet	2
	Fast, overflaten gjenopprettes (1 kg trykk i 2 sek.)	0
Nedtrykk og spenst	Redusert fasthet, varig avtrykk	1
	Myk filet, fingeren går lett gjennom fileten	2
	Ingen splitting	0
	Minimal splitting	1
Splitting	Noen små spalter	2
	Mange spalter	3
	Mye splitting	4
	Ekstrem splitting, fileten holder ikke sammen	5

Statistiske analyser - filetkvalitet

Funn av pellets i magesekken og relativt store leverer i K-seien fra Ryfylke innebærer at denne gruppen ikke kan brukes som kontroll siden de var klart påvirket av oppdrett. Vi fant imidlertid ingen pellets i magesekken på K-seien fra Hitra og tidligere studier fra dette området tyder på at fisk samlet inn fra den aktuelle kontroll-lokaliteten er tilnærmet upåvirket av lakseanlegg, siden det var klare forskjeller mellom metabolsk status og fettsyresammensetning mellom O-sei og k-sei i dette området (Arechavala m.fl. 2015; Marhuhenda Egea m.fl. 2015). Vi har derfor i kvalitetsanalysene (QIM og IT) valgt å sammenligne O-sei fra Hitra og Ryfylke med K-sei fra Hitra, og vi antar dermed at den sistnevnte gruppen er representativ for upåvirket fisk. Vi har også standardisert de ulike indeksverdiene i QIM og IT-indeksene i en del av analysene for å unngå innflytelse av eventuelle forskjeller mellom kvalitetsdommere og sesongvariasjon. Parvise tester ble brukt når dette var nødvendig for å undersøke effekter mellom grupper og interaksjoner mellom ulike faktorer. Siden mye av datamaterialet ikke var normalfordelt har vi brukt permutational multivariat ANOVA (PERMANOVA), der konvensjonelle parametriske tester ikke kunne bli brukt. Teksturdataene er analysert annerledes enn kvalitetsindeksdataene siden data kun fra vår 2015 og høst 2014 er presentert i denne rapporten. Siden det var en interaksjonseffekt mellom fiskeredskap og sesong når de to datasettene ble analysert samlet ble hver sesong analysert for seg. Det var i 2015 ikke mulig å skaffe tilveie juksafanget kontrollfisk på

grunn av dårlig vær og dataene fra 2015 er derfor analysert med en enveis variansanalyse med Tukey-post hoc tester for å påvise forskjeller mellom grupper. Dataene fra 2014 er analysert med en univariat GLM variansanalyse, med fiskeredskap og oppdrettstilknnytning som faktorer.

Evaluerer av forskjeller i smak

Fisken som ble brukt i smakstestene ble samlet inn ved Hitra og behandlet og analysert slik beskrevet for materialet brukt til evaluering av filetkvalitet (se ovenfor) sommeren 2013 og våren 2015. I 2013 ble fisken fanget med juksa, mens fisken i 2015 ble fanget med garn. O-seien hadde relativt sett større lever og høyere kondisjonsindeks enn K-seien for begge gruppene (Tabell 3, LSI - 2013: $Z=-4,1$; $P<0,001$; 2015: $Z=-2,7$; $P=0,007$; K – 2013: $Z=-3,9$; $P<0,001$; 2015: $Z=-2,6$; $P=0,01$). Ingen av K-seiene hadde laksepellets i magesekken, mens henholdsvis 92% og 33% av O-seiene hadde pellets i magesekken i 2013 og 2015. Filetkvaliteten (se ovenfor for beskrivelse) var noe bedre for K-sei enn for O-sei (2013: $Z=-1,96$; $P=0,05$; 2015: $Z=-1,8$; $P=0,07$).

Tabell 3 Antall (n), gjennomsnittlig vekt (kg), kondisjonsfaktor (K), leverindeks (LSI), andel fiskefor av totalinnhold i magesekken (%), vekt av fiskefor i magesekken (g) og kvalitetsindeks (QIM indeks) for fisken som ble brukt til å lage rettene til prøvesmakingen

		N	Vekt (Kg)	K	LSI	Fiskefor i magesekken (g)		
						Andel (%)	Vekt (g)	QIM indeks
2013	O-sei	25	3,1	0,98	9,9	92	77	2,4
	K-sei	20	2,1	0,86	6,0	0	0	1,9
2015	O-sei	30	3,1	1,05	8,2	33	141	3,0
	K-sei	30	2,9	0,94	6,8	0	0	2,4

To enkle forbrukertester ble utført for å undersøke om smaken av O-sei oppfattes forskjellig fra K-sei. Testene ble utført ved kantina hos Norsk institutt for naturforskning. I den første testen i 2013 ble seikaker laget av henholdsvis fileter fra O-sei og K-sei servert til 105 av de ansatte. I den andre testen i 2015 ble ovnsbakt seifilet servert til 82 personer. Begge rettene ble servert sammen med kokte poteter, en enkel salat og remuladesaus. Hver testperson fikk to identisk tillagde seikaker/fiskestykker merket med hver sin plastikkpinne med ulik farge. Testene ble «blindet» ved at ingen av testpersonene på forhånd visste identiteten til fisken. I 2013 ble testpersonene bedt om å legge pinnene i tre merkede bokser etter testen. Den ene boksen var merket «best», den andre «ikke best» og den tredje «ingen forskjell». Dersom testpersonene ikke kjente forskjell i smak ble de bedt om å legge begge pinnene i boksen merket «ingen forskjell». I den andre testen i 2015 fikk testpersonene utdelt et skjema der de ble bedt om å krysse av for hvilken «farge» de likte best, eller om de ikke kjente noen forskjell i smak. Testpersonene ble i tillegg gitt enkle spørsmål vedrørende smak og utseende på den beste fisken (f.eks. salthet, bitterhet, fasthet, utseende og lukt).

4.2.3 Stressresponser og fiskemetoder

Forskjeller i stress mellom fisk fanget med enten juksa eller garn ved lakseanlegg og på kontroll-lokaliteter ble undersøkt ved å måle blodparametere som indikerer stress hos fisk. Fisken (N=212) ble samlet inn, prosessert og analysert slik tidligere beskrevet, i perioden fra november 2014 til april 2015 ved Hitra. Det ble tatt blodprøver fra 87 sei (juksa: 50 og garn: 37). All fisk fanget med juksa var i live når de ble tatt om bord, mens 27 % av garnfisken var døde i garna. Både kondisjonsfaktor og leverindeks var høyere for fisk fanget med garn sammenlignet med juksafanget fisk. Seien ble avlivet umiddelbart før blodprøven ble tatt. Blodet fra levende fisk ble analysert på stedet innen fem minutter

etter at prøven var tatt ved hjelp av en Epoc® Reader and Host2 Mobile Computer med Epoc® BGEM Test Kort (Epocal Inc., Ottawa, Canada). Blodet ble analysert for pH, Na⁺, K⁺, hematokritt, glukose, laktat, og blodgasser slik beskrevet i Toledo-Guedes m.fl. 2016.

Variasjon i biokjemiske sammensetning mellom oppdrettspåvirket sei og kontrollfisk

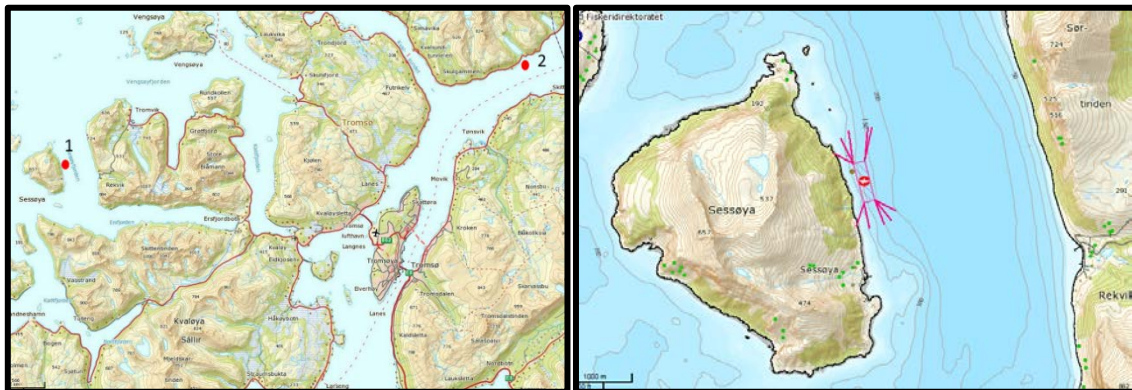
Det ble også undersøkt om den biokjemiske sammensetning i muskel og lever fra oppdrettsassosiert fisk avvek fra kontrollfisk, og om slike variasjon kan brukes til å identifisere påvirket fisk, samt om variasjonen kan relateres til eller forklare variasjon i kvalitet. Fisken det ble tatt prøver av ble samlet inn og prosessert beskrevet ovenfor i september 2012. Lipider, fettsyrer og sporstoffer ble målt i henhold til metoder beskrevet i Arechavala_Lopez m.fl. (2015), mens metabolitter ble analysert slik beskrevet i Marhuhenda Egea m.fl. (2015).

4.3 Fangst av fisk ved oppdrettsanlegg

Denne aktiviteten ble endret underveis i prosjektet etter innspill i fra styringsgruppen (beskrevet i innledningen). Dette resulterte i økt fokus på kvalitet og betydning av tradisjonelle redskaper i arbeidspakke 2; juksa og garn. Det finnes sannsynligvis fiskeredskaper som ivaretar fiskens kvalitet på en bedre måte sammenlignet med disse, men relevansen i forhold til dagens næringsutøvelse styrkes. Detaljer rundt fisket er beskrevet tidligere. Fiske med garn er utfordrende med tanke på kvalitet. Spesielt i tilfeller der fisken dør på garnene vil kvaliteten være forringet, ettersom det umuliggjør korrekt håndtering med avliving og bløgging. Fisk som går i garn kan også bruke mye energi på å komme løs, og i denne fasen vil også hvit muskulatur være involvert. Ettersom denne muskelen har liten blodforsyning vil melkesyre (laktat) ikke fraktes bort hurtig nok, men samles i den hvite muskelen (som vi kjenner som filéten). Dersom fisken er i live lenge nok vil den øke blodsirkulasjonen til denne muskulaturen, og blodet vil få filéten til å fremstå som rødlig. I tillegg vil muskelen ha lavere pH, den vil bli raskere dødsstiv, dødsstivheten vil bli kraftigere men også mer kortvarig. Dette resulterer så i større væsketap, mer spalting og en bløtere filét av generelt dårligere kvalitet (Esaïassen m.fl. 2004; 2013). Spesielt garn er dermed et krevende redskap i forhold til kvalitet på råstoff, men nettopp dette kan også bidra til at mindre forskjeller i kvalitet identifiseres.

Våre resultater fra Øksfjord viste at det var noe forhøyet fisketetthet nært anlegg, spesielt de med stor laks og høy biomasse (Sæther m.fl. 2013a). Mengde fisk rundt anlegg vil sannsynligvis variere mye med lokalitetstype og plassering; eksempelvis rapporterte Ryfylkeprosjektet et biomasseestimat på rundt 200 tonn sei under anlegg (Årseth & Gudmundsen 2012). Andre har beregnet at det periodevis kan stå fiskemengder ved norske anlegg tilsvarende 10 tonn (Dempster m.fl. 2009; 2010), men dette estimatet var begrenset til kun 5 meter avstand fra anlegget og kan dermed være for lavt. I tidligere prosjekter er det vist at man kan fiske relativt effektivt med teine i umiddelbar nærhet til oppdrettsanlegg, men at fangsteffektiviteten reduseres raskt med avstand fra anlegget (FHF 900501 «Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg»). Erfaringene er fra en lokalitet i Lofoten som er svært grunn og etter dagens standard relativt liten skala med hensyn til biomasse. Vi forsøkte derfor med teinefiske ved en mer moderne anleggstype lokalisert ved Sessøy på yttersiden av Kvaløya i Troms (Figur 2). Dette er en lokalitet der man i hver syklus produserer 12-14 000 tonn laks, og man kan tenke seg at fangstratene er kommersielt interessante også utenfor fiskeforbudssonen. Fisket ble gjennomført med 12 teiner fordelt på 4 lenker á tre teiner. Lenkene ble plassert orientert i forhold til hovedstrømretningen, to nord og to sør for anlegget. Alle lenkene ble satt inn mot landsiden på 25-40 meters dypde i avstand på hhv. 100 og 200 meter fra anlegget. Lenkene nærmest anlegget lå dermed

på grensen til tillatt avstand for fiske nær oppdrettsanlegg. Fisket foregikk i perioden 3 til 12 Desember, en periode på 10 døgn mens stående biomasse i anlegget var høy ettersom fisken var nær ved å bli slaktet ut. Teinene var egnet med sild.



Figur 2 Plassering av oppdrettsanlegg med aktivitet i prosjektet. Kartet til venstre viser plassering av kommersielt anlegg ved Sessøy i forhold til Kvaløya og Tromsø (rød ring merket 1), og plassering av anlegg der aktiviteten med flytting av fisk er lokalisert (rød ring merket 2). Kartet til høyre viser lokalisering av anlegg ved Sessøy inkludert yttergrenser og fortøyninger. Kart fra Fiskeridirektoratet

Dersom fiske ikke kan foregå innenfor fiskeforbudssonen, og fiskemengden utenfor sonen er kommersielt uinteressant, kan et alternativ være å lokke seien ut fra anlegget og fange den utenfor sonen. Dette er gjort tidligere i Ryfylkeprosjektet, der man ved hjelp av lyssetting fra båt og godt samarbeide med oppdrettselskap klarte å dra seien med seg ut fra anlegget (Årseth & Gudmundsen, 2012). Selv om fremgangsmåten lyktes er det en krevende øvelse som krever koordinering og samarbeid med oppdretter. Fra oppdrettsanlegg er det kjent at villfisk reagerer på lyd fra fôringsanlegg ved at fisken flytter seg mellom merder etter hvor det føres og også mellom anlegg. Fra vitenskapen kjenner man til at fisk kan skille mellom ulike lydbilder og lære seg hvilke som betyr tilgang til mat (Holt & Johnston, 2011). Dette er egenskaper man kan benytte seg av ved fangst av villfisk ved oppdrettsanlegg. Forsøket skal teste om vi kan lære oppdrettsassosiert villfisk å koble lydsignalet til tilgang til mat. Lydkilde og mattilgang flyttes rundt anlegget, slik at fisken knytter mattilgangen til lydkilden, og hensikten er at fisken flyttes ut fra anlegget utenfor fiskeforbudssonen der den kan fanges. Dersom dette fungerer vil man relativt enkelt kunne fange fisk ved anlegg uten at redskap, båt eller anlegg utsettes for unødig risiko.

4.4 Reproduksjonseffekter hos oppdrettsassosiert sei

Målet var å undersøke om reproduksjonspotensialet hos oppdrettsassosiert sei påvirkes i forhold til naturlig sei og å evaluere eventuelle tiltak for å forebygge eller forhindre eventuelle negative effekter. Ett fôringsforsøk ble gjennomført for å undersøke sammenhengen mellom energitilgang og reproduksjon (vekst, energiallokering, alder ved kjønnsmodning, investering i kjønnsmodning, overføring av fettsyrer fra fôr til egg og melke). Fôringsforsøket ble gjennomført ved Havforskningsinstituttets forskningsstasjon i Austevoll fra desember 2013 til mars 2015. Det ble benyttet villfanget sei som ble transportert levende til stasjonen hvor den ble akklimatisert i 2-3 uker. Seien ble individmerket og fordelt i 4 merder, hvor gruppene ble føret med forskjellige mengder vekstfôr til laks for å skape ulike vekstmønstre og energilagre ved forskjellige kritiske perioder for å undersøke om økt vekst/energitilgang i perioder påvirket reproduksjon.

For å supplere med informasjon om modningsutvikling ble det gjennomført analyser av kjønnsmodning og gyting på større sei holdt i fangenskap. Det viste seg at gyteatferden i individkarene ikke var som forventet, og denne delen av datasettet er derfor tatt bort.

I tillegg ble det fanget sei i Ryfylke med det formål å sammenligne fekunditet på vill og oppdrettsassosiert sei. Dessverre ble det ikke funnet gytende sei, og dette forsøket ble derfor våren 2016 endret til gjennomført på torsk. Torsk fanget nær eller langt borte fra oppdrettsanlegg ble tatt inn i kar og gyting, samt avkommets levedyktighet ble undersøkt. Dataene fra dette studiet er fremdeles under analyse, og kun ett begrenset resultat er presentert i denne rapporten.

4.4.1 Kjønnsmodning hos sei i fangenskap

Kunnskapen om kjønnsmodningen og gyting hos sei er mangelfull. Kjønnsmodningen hos sei ble derfor fulgt ved å ta prøver av stor sei gjennom en gysesong. Seien ble fanget med line utenfor vestkysten av Norge 1 august 2013 og transportert til Havforskningsinstituttets feltstasjon i Parisvatnet og individuelt PIT merket. Her ble fisken tørrfôrtilvent og holdt i to 7 m³ kar under naturlig fotoperiode, med vann hentet fra 20 m dyp. Det ble observert befruktete egg i tankene i april 2014. Da Parisvatnet ble stengt november 2014 ble seien overført til Austevoll 27. oktober, hvor den ble holdt i tilsvarende kar, med naturlig fotoperiode, og vann hentet fra 165 m dyp. Før gytingen ble fisken holdt i to kar, men samlet i ett kar påmontert en eggssamler fra 10. januar 2015. Totalt var det 9 hanner og 13 hunner i karet gjennom gyteperioden. Snittemperaturen i gysesongen 2015 var 8,2 °C.

Gonadeprøver ble tatt månedlig fra april 2014 til april 2015 med biopsi, hvor ca. 0,2 ml gonadevev ble tatt fra gonaden ved å sette inn en tynn plasttube (Pipelle de Cornier[®]) gjennom genitalporen. Gonadevevet ble fiksert i 3,6 % bufret formaldehyd i minst to uker før analysert. På disse prøvene ble størrelsen av oocytterne (eggemnene) analysert med billedbehandling (Thorsen & Kjesbu 2001). Normalt blir 150-250 oocytter målt i hver prøve. Bare vitellogene oocytter måles, ikke tidligere stadier. Disse målingene brukes da for å beregne gjennomsnittlig og «leading cohort» størrelsen (95 % median av alle målte oocytterne). Dette siste målet brukes for å bestemme hvor langt ovariene er kommet i modningsprosessen. Stadiene i modningen ble bestemt basert på fra biopsiprøvene vha. histologi med standard protokoller for resin-innstøping, og kuttet i 4 µm snitt som ble farget med 2% toluidin blått og 1% borax (natrium tetraborat). Oocytene ble klassifisert som previtellogene, corticale alveoli og vitellogene med plommekorn. I hver prøve ble også leading cohort størrelsen bestemt som snitt av de 5 største oocytterne i det histologiske snittet.

Blodprøver for analyse av kjønns hormonene testosteron (T), 17β estradiol (E2), og 11-ketotestosteron (11-KT) ble tatt i prøvene mellom oktober 2014 og april 2015. Kjønns hormonene ble ekstrahert vha. etyl-acetat metoden (Pankhurst & Carragher 1992) og analysert med ELISA (Cuisset m.fl., 1994), tidligere validert for torsk (Dahle m.fl., 2003) og videre validert for sei (detaljer vedrørende anlysene og valideringen er beskrevet i Skjæraaen m.fl., akseptert).

Effekt av oppdrettsfôr på vekst og alder ved kjønnsmodning

Fiskemateriale

Vill sei ble fanget med snurpenot øst for Slåtterøy (59 54'23"N, 5 4'23"Ø) av en lokal fisker 26/11-2013, holdt i steng og deretter transportert til Forskningsstasjonen Austevoll i brønnbåt, eid og drevet av Fiskarfagskulen i Austevoll. Fisken ble satt i en 5x5x5 m merd og PIT-merket 9-12 desember 2013. Samtidig som den ble merket ble seien vaksinert med Alpha Marine micro 3. Basert på størrelsen ble

det antatt at majoriteten av fisken var 2 år gammel, med noen 3 åringer innblandet. Det ble tatt ut otolitter for aldersbestemmelse. Ved merking ble 4000 fisk bedøvd, lengdemålt og veid, og ett PIT-merke satt inn i buken. Forsøket er godkjent av Forsøksdyrutvalget, FOTS ID 5687.

Alder ved kjønnsmodning

For å analysere effekten av økt vekst grunnet tilgang på energirikt oppdrettsfôr ble det satt opp ett forsøk hvor fisk ble fôret enten til metthet, eller gitt en redusert rasjon basert på fiskestørrelse og forventet fôrinntak. 1000 individmerkede sei ble satt i hver av fire 5x5x5 m merder. Halvparten av merdene ble fôret til metthet, mens de to andre ble gitt halv rasjon. Det ble flyttet fisk mellom fôrregimene i juni og desember 2014, slik at det totalt ble etablert 6 fôrgrupper (Tabell 4). Vekstforsøket varte fra desember 2013 til mars 2015.

Tabell 4 Forsøksgruppene i vekstforsøket. Gruppene ble etablert ved å flytte fisk mellom merdene med ulike fôrrasjon i juni og desember 2014. H og L indikerer Høy og Lav rasjon i tidsperioden

Periode	HHH	HHL	HLL	LLL	LLH	LHH
Des 13 – Jun 14	Høy	Høy	Høy	Lav	Lav	Lav
Jun 14 – Des 14	Høy	Høy	Lav	Lav	Lav	Høy
Des 14 – Mar 15	Høy	Lav	Lav	Lav	Høy	Høy

All fisken ble målt i desember 2013, mars, juni, september og desember 2014 og mars 2015. Det ble foretatt prøveuttak for å følge kjønnsmodning 9/12-2013, 14/1, 4/3, 8/4, 11/6, 15/9, 30/10 og 17/12-2014, 4/3-2015, og i tillegg 15/3-2016. Det siste ble tatt da det viste seg at det var liten grad av kjønnsmodning i 2015. Modningsgrad er bestemt visuelt.

4.4.2 Effekt av oppdrettsfôr på sammensetting av fettsyrer til gonadene

Prøver av lever, muskel og gonader tatt 9/12-2013, 16/4-2014, 30/10-2014 og 4/3-2015 ble analysert kjemisk for sammensetting av fettsyrer (Tabell 5). Prøvene ble metylert vha 2,5 M tørr HCl i metanol og de respektive fettsyreesterne (FAME) ble analysert på en HP-7890A gasskromatograf (Agilent, USA) med en (GC-FID) flamme ioniserende detektor som beskrevet i Meier m. fl. (2006) med fettsyren 19:0 tilsatt som en intern standard. FAME ble ekstrahert vha. 2x2 ml hexan. Bare de 39 fettsyrene som utgjorde mer enn 0,1 % av den totale fettsyremengden er inkludert. Totalmengde fettsyrer og kolesterol ble beregnet ved hjelp av den interne standarden 19:0, og resultatene er gitt som mg fettsyre/kolesterol/100 mg våtvekt av prøven. Fettsyreprofilene er presentert som prosent relativt til total mengde fettsyrer.

Tabell 5 Oversikt over biologiske data på fisk ved ulike uttak gjennom fôringsforsøk

	12.09.2013	04.06.2014	10/30/2014	03.04.2015	03.04.2015
Antall	3	5	10	10	6
Lengde (cm)	27,8 ± 1,9	37,2 ± 2,2	43,1 ± 3,0	44,3 ± 4,5	43,9 ± 5,1
Vekt (g)	18,3 ± 2,6	464 ± 137	941 ± 185	1030 ± 283	1074 ± 320
Kondisjonsfaktor	0,85 ± 0,08	0,89 ± 0,19	1,17 ± 0,08	1,17 ± 0,15	1,24 ± 0,09
Leverindeks	4,07 ± 2,33	5,97 ± 4,43	16,74 ± 2,14	14,5 ± 2,61	12,97 ± 1,62
Gonadeindeks	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,23 ± 0,08	1,69 ± 1,83	2,82 ± 0,70
Kjønn	Hunn	Hunn	Hunn	Hunn	Hann

4.4.3 Gyteforsøk med oppdrettspåvirket og upåvirket torsk

Grunnet mangel på villfanget oppdrettsassosiert sei og tilsvarende kontrollfisk ble det våren 2016 igangsatt ett forsøk med villfanget oppdrettsassosiert torsk som ble sammenlignet med villfanget torsk. Det er gjennomført ett gyteforsøk hvor eggproduksjon, eggviabilitet og effekt på startfôring og yngelvekst ble undersøkt.

De to gruppene torsk ble fanget i februar 2016. Den oppdrettsassosierte gruppen (OA) ble fanget nær oppdrettsanlegg (< 1500 m) i Austevollsregionen, mens kontrollgruppen ble fanget i område med lite oppdrett (> 4000 m til nærmeste anlegg) i nordlige deler av Bømlo. Begge gruppene ble fanget med garn på relativt grunt vann og holdt i merd frem til forsøksstart. I forsøket utført på Forskningsstasjonen Austevoll ble fisken satt i kar på land 24 februar 2016, hvor all fisken ble målt, PIT-merket. Det ble tatt biopsiprøver for å bestemme modning hos hunnene, mens melke ble strøket fra hannene. Totalt ble det brukt 54 hunner og 24 hanner i hver av gruppene, og disse ble likt fordelt i 6 identiske 7 m³ tanker pr. gruppe, hver med 9 hunner og 4 hanner. Karene var påmontert eggsamlere, som ble tømt hver morgen.

To ganger gjennom gytesesongen (3. og 24. mars) ble egg lagt i 70 l oppstrøms inkubatorer (en inkubator pr. gytetank) og klekket. Fra hver av disse inkubatorene ble ca. 6000 nyklekte torskelarver likt delt i duplikate startfôringskar (dvs. totalt 24 kar). Disse ble fôret med størrelsessorterte kopepodenauplier etter etablerte metoder (van der Meeren et al. 2014) og Karlsen m.fl. (2015). Fisken ble fôret to ganger daglig med 150 000 nauplii i tillegg til 1,5 ml algepasta. Begge gruppene ble fulgt til 13 April, da larvene fra gruppe 1 var 42 dager, mens de fra gruppe 2 var 21 dager etter fertilisering.

Fekunditet ble bestemt fra eggvolum innsamlet, korrigert for dødelighet. Det er tatt en rekke mål for å kartlegge om det var forskjell i viabilitet i mellom gruppene. Eggstørrelse ble målt i alle karene gjennom gytesesongen, mens fettinnhold i egg er målt med samme metode som beskrevet tidligere. Befruktungsgrad og feilutvikling ble bestemt flere ganger gjennom gytesesongen. Egg ble karakterisert som befruktet og normale med symmetrisk celledeling, befruktet og feilutviklet med asymmetrisk celledeling eller andre deformiteter, og døde/ubefructede.

Klekkesuksess ble analysert ved å ta duplikate grupper på > 100 egg 10 mars (dag 8) og 1 april (dag 9) fra hver inkubator. Eggene ble rensert i filtrert saltvann, og fordelt i lukkede 200 ml glass med filtrert sjøvann og holdt ved 6-7 °C til endt klekking. Døde egg ble fjernet og telt daglig. Klekkede larver ble tatt ut og talt daglig til det ikke var flere levende embryo i glassene.

Fra gyteforsøket ble larver samlet inn 2 og 4 uker etter startfôring og fotografert for bestemmelse av lengde og grad av pigmentering. Larvene er deretter enten frosset i nitrogen eller fiksert i 70 % etanol for undersøkelse av beinutvikling og deformasjoner.

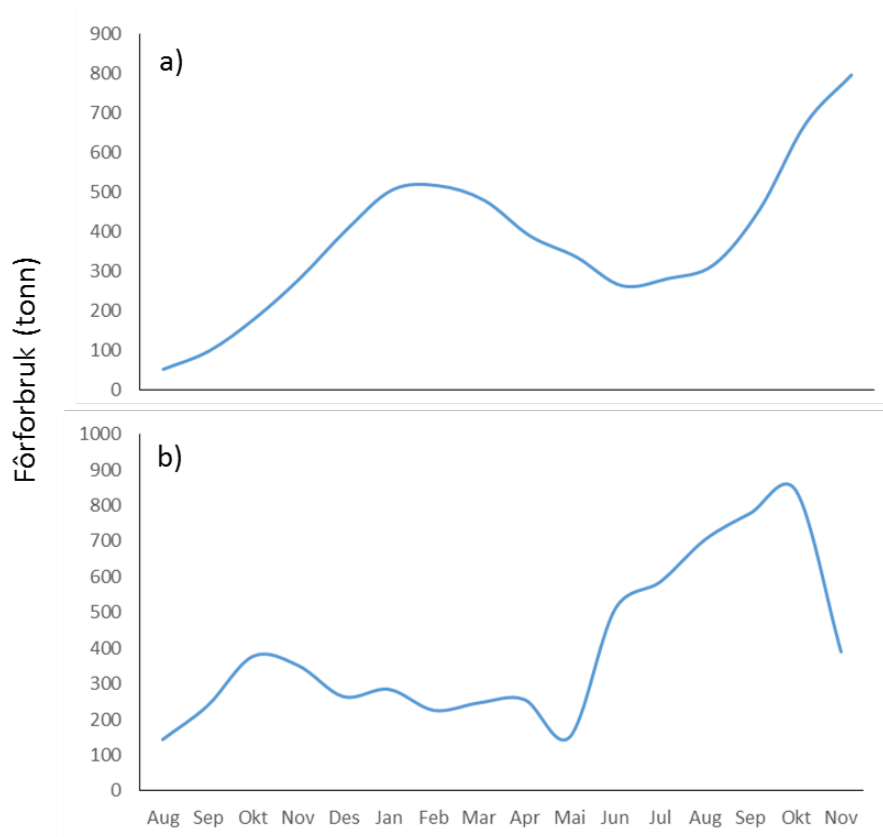
For å sammenligne utviklingen av syn og kognitivt system ble larvenes fototaktiske evner testet 23 dager etter startfôring. Ca. 70 larver ble plassert en 60 x 10 x 5 cm tank. Deretter ble tanken dekket med en svart lystett duk, og etter 8 minutter ble dekket fjernet på en 10 x 10 cm endeseksjon av tanken hvilket gjorde at fisken ble eksponert for lys. Larvenes fototaktiske respons ble målt som andelen som samlet seg ved lyspunktet etter 5 minutter fratrasket de som var der ved start av eksponeringen, samt at antallet i resten av karet ble talt. Dette ble gjort for alle 12 gytetankene.

4.5 Hvordan påvirker oppdrett villfiskbiomasse

Den overordnede hensikten med arbeidspakken var å vurdere potensialet for en biomasseøkning hos sei som følge av utnyttelse av spillfôr fra lakseoppdrett gjennom energetisk modellering. Det ble i den første fasen av prosjektet etablert en teoretisk tilnærming til dette, som senere viste seg å være upraktisk siden den biologiske informasjonen som er nødvendig for å bruke denne typen tilnærminger per i dag ikke finnes for sei. Det er i tillegg til informasjon om faktisk fôrtautap og utnyttelsesgrad av spillfôr hos sei ved ulike miljøforhold og livsstadier, også behov for detaljert kunnskap om romlig fordeling av seien over tid, samt også utnyttelse av naturlige fødekilder. Sett i lys av dette ble en enklere scenariobasert tilnærming vurdert å være bedre egnet til å vurdere omfanget av påvirkning på villfiskbiomasse som følge av spillfôr, siden mer detaljerte beregninger ville være heftet med for stor usikkerhet til å kunne resultere i gode estimat på endringer i biomasse hos sei på grunn av spillfôr fra lakseoppdrett.

Utgangspunktet for scenarioet er et gjennomsnittlig lakseanlegg i Midt-Norge, med utsett av 1 million smolt på 100 gram enten vår eller høst. Tidspunkt for vår- og høstutsett ble satt henholdsvis til april og august, med en total produksjonsperiode på 14 måneder og en slaktevekt på 5,5 kg. Sjøtemperaturer ble angitt som gjennomsnitt av månedlige gjennomsnitt ytterst i Romsdalsfjorden (Bud) på 2000-tallet. Svinn i produksjonen ble satt til 10% og fordelt flatt gjennom produksjonsperioden. Fôrforbruk og vekst ble deretter predikert ved hjelp av EWOS sitt prognoseverktøy, som er basert på EGI modellen. Siden denne modellen er basert på gjennomsnittlige temperaturer per uke, ble månedstemperaturene brukt i fire etterfølgende uker. Antatt fôrfaktor varierte i henhold til sjøtemperatur mellom 1,15 og 1,4. Fôrtautapet ble antatt å være 5% i henhold til Otterå m.fl. 2009. Det var dermed mulig å kalkulere fôrforbruket for et antatt gjennomsnittlig lakseanlegg (Figur 3), samt implisitt også potensielt fôrtautap over tid. Potensialet for utnyttelse av fôrtautapet ble vurdert på basis av informasjon samlet inn i dette prosjektet for 359 sei fra mer enn 10 oppdrettsanlegg og gjennomsnittlig biomasse av villfisk (hovedsakelig sei) ved oppdrettsanlegg (10 tonn) rapportert av Dempster m.fl. 2009. Daglig inntak av spillfôr ble angitt som gjennomsnittlig mengde spillfôr i magesekken ved fangst (82 gram), mens antall sei ved anlegg ble beregnet ut fra gjennomsnittsvekten for seien (2,4 kg, beregnet antall sei ved anlegg: 4167). Siden det ikke finnes høyoppløselige data for størrelsesvariasjon for sei ved anlegg gjennom året ble dette estimatet brukt gjennom hele produksjonssyklusen. Det finnes ikke estimat for fôrfaktor for sei som spiser laksefôr, og vi har derfor i dette scenarioet brukt gjennomsnittlig fôrfaktor fra torskeoppdrett (1,3) for å vurdere maksimal potensiell biomassegevinst for sei på grunn av inntak av spillfôr (Tacon & Metian 2006). Det er knyttet vesentlig usikkerhet til denne tilnærmingen, noe som vil bli diskutert nedenfor. Påvirkningene på villfiskbiomasse som er estimert i dette scenarioet er dermed kun egnet for å vurdere det overordnede omfanget eller potensialet for påvirkning, og ikke for å

kalkulere mer nøyaktige effekter, noe som trolig ikke vil la seg gjøre selv om kunnskapsgrunnlaget var betydelig bedre.



Figur 3 Estimert fôrmengde ved vår **(a)** og høstutsett **(b)** for et typisk lakseanlegg i Midt-Norge med et smoltutsett på 1 million fisk

5 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

5.1 Kunnskapsoppsummering

Kunnskap om og i hvilken grad ulike næringer som fiskeri og havbruk påvirker miljøet er viktig for å forebygge og redusere mulige negative effekter på omgivelsene, samtidig som man ønsker å utvikle lønnsomme og samfunnsnyttige virksomheter. Hensikten med kunnskapsoppsummeringen var å oppsummere og diskutere kunnskapen om effekter av Norsk havbruk på marine organismer, med vekt på kommersielle fiskearter, både fra et økologisk ståsted og i forhold til ulike interessenter i kystsonen, og for de vanligste oppdrettsartene. Siden oppdrett av laks er den klart største næringen er det fokusert mest på mulige effekter av lakseoppdrett, men det er også inkludert kunnskap vedrørende mulige effekter for andre oppdrettsarter der slik kunnskap er tilgjengelig. Vi har først analysert og diskutert kunnskap vedrørende effekter av organisk avfall fra marint havbruk. Vi har her fokusert på eventuelle gjødslingseffekter og endring av bunnforhold, samt tiltrekning av villfisk til oppdrettsanlegg og mulige effekter av dette på ulike interessentgrupper, inkludert fiskeri, havbruk og turisme. Vi har også oppsummert eksisterende kunnskap vedrørende i hvilken grad marint havbruk kan tenkes å påvirke naturlig atferd og reproduksjon hos vill marin fisk. Kunnskapsoppsummeringen viser generelt at marint havbruk kan påvirke biologien til en rekke marine organismer. Effektene kan variere mellom arter, livsstadier og andre økologiske faktorer, og kan påvirke forskjellige interessegrupper på varierende vis. Det er sannsynlig at det eksisterer scenario der for eksempel den økologiske påvirkningen er minimal, men effektene for de ulike interessegruppene kan være både positive og negative. Kunnskapsoppsummeringen illustrerer derfor at utforming av eventuelle forebyggende, konfliktdempende eller avbøtende tiltak vil være en balansegang mellom å ivareta økosystemet og samtidig ta vare på ulike interessegrupper. Det vil videre være viktig å samtidig fokusere på flere påvirkningsfaktorer og at evaluering av mulige økosystemeffekter av havbruk foretas på en helhetlig måte, og ikke kun i forhold til økologiske faktorer, men også til samfunnsmessige aspekt.

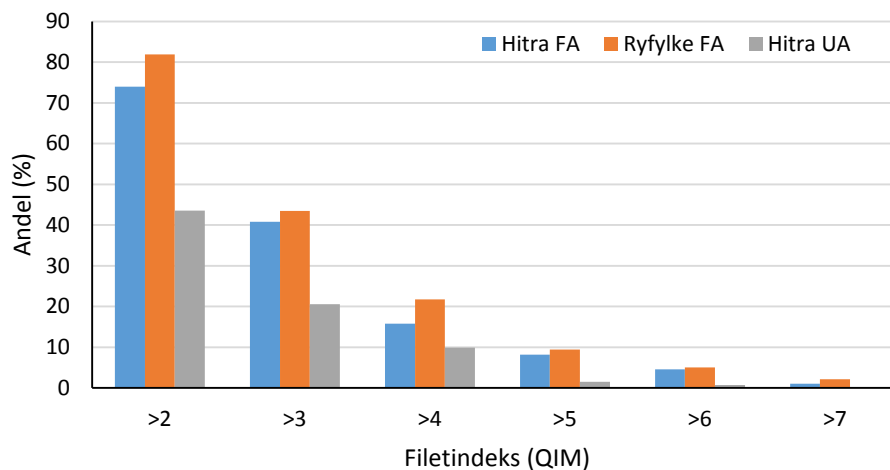
For detaljer se Sæther m.fl. 2013b; Interaksjoner mellom havbruk og ville marine organismer – en kunnskapsoppsummering og Uglem m.fl. 2014.

5.2 Konsumkvalitet på oppdrettsassosiert villfisk

5.2.1 Evaluering av filetkvalitet

Resultater

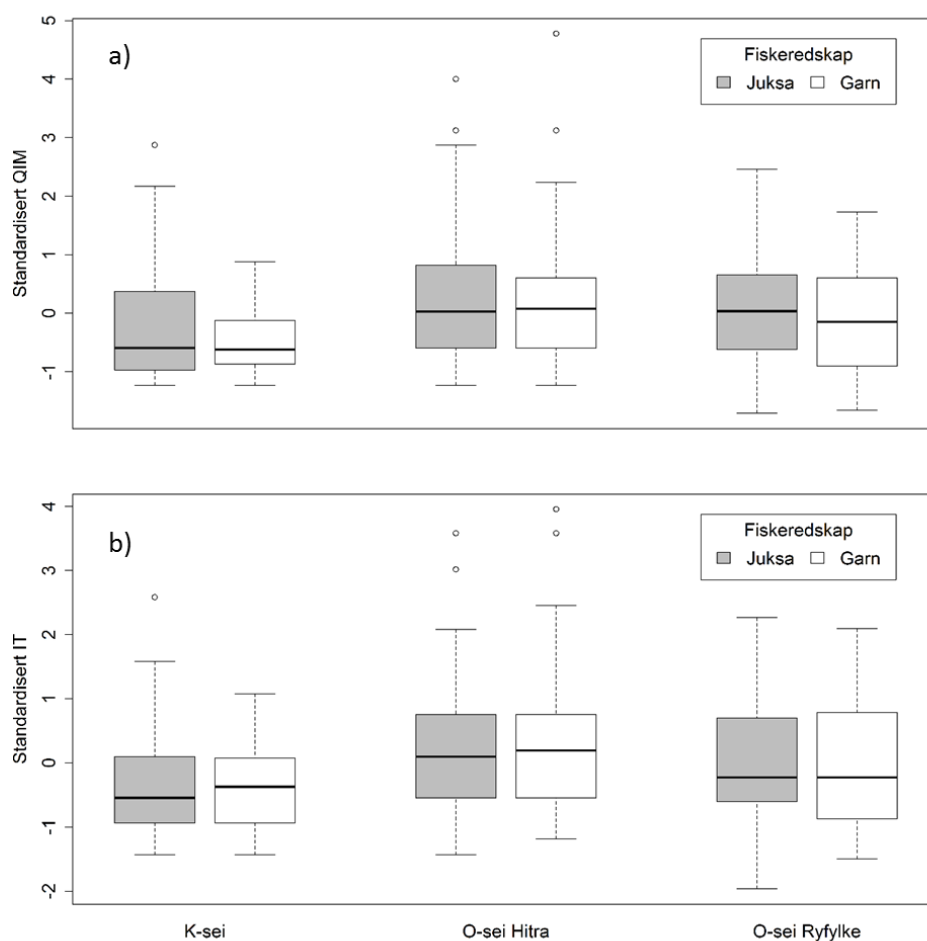
Kvaliteten på filet fra både O-sei og K-sei var generelt god, og de fleste av QIM målingene var under 3 (74%) (Figur 4). Kun 12 % av fisken ble gitt en QIM score over 4. Andelene innen hver gruppe med QIM-indeks over en viss verdi varierte imidlertid mellom gruppene (Figur 4). For eksempel så ble 8,2 og 9,4 % av O-seien fra henholdsvis Hitra og Ryfylke gitt en QIM-verdi over 5, mens kun 1,5% av K-seien fra Hitra ble gitt en indeksverdi over 5. Andelen fisk med en QIM-verdi over 5 var dermed signifikant høyere for O-sei enn for K-sei (Kji-kvadrat test, $df=2$, $\chi^2=7.95$, $P=0.02$). Dette indikerer at andelen av fisk med redusert kvalitet var høyere for O-sei enn for K-sei.



Figur 4 Andel sei med QIM-indeks over en gitt verdi for oppdrettsassosiert sei fra Hitra (FA) og Ryfylke (FA), og kontroll sei fra Hitra (UA)

Det var også små, men statistisk signifikante forskjeller i individuell filetkvalitet, målt som QIM og IT indeksverdier, mellom O-sei og K-sei, samt mellom juksa og garn (QIM, oppdrettspåvirkning: pseudo-F=13,185; $p<0,001$, fiskeredskap: pseudo-F=4,324; $p=0,035$, IT, oppdrettspåvirkning: pseudo-F=16,377; $p<0,001$; fiskeredskap: ingen signifikant sammenheng).

Filetkvalitet målt som QIM score var lik for O-sei fra Hitra og Ryfylke ($t=2.017$, $p>0.05$), men kvaliteten for begge disse gruppene var signifikant lavere enn for K-sei fra Hitra (O-sei-Hitra vs. K-sei-Hitra: $t=5.17$, $p<0.001$; O-sei-Ryfylke vs. K-sei-Hitra: $t=3.035$, $p=0,002$) når effekten av fiskeredskap ble kontrollert for (Figur 5a). QIM målingene viste også at filetkvalitet for fisk fanget med garn var noe redusert sammenlignet med fisk fanget med juksa.



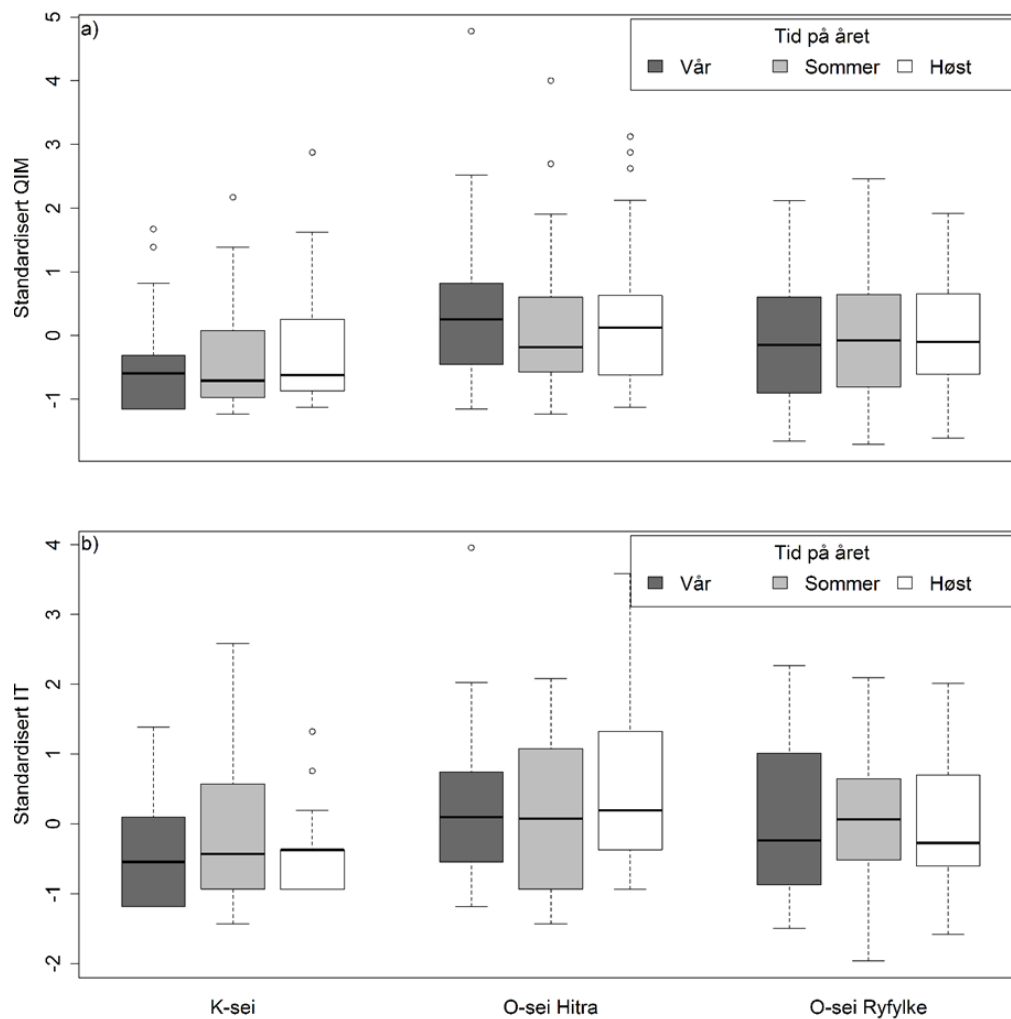
Figur 5 Filetkvalitet målt som **a)** QIM og **b)** IT for K-sei og O-sei fra Hitra, og O-sei fra Ryfylke. Grå boks viser sei fanget med juksa, mens hvit boks viser sei fanget med garn. Horizontal svart strek er medianverdien, øvre og nedre grense på boksen viser henholdsvis 75-prosentilet og 25-prosentilet og de stiplede linjene viser ekstremalverdiene ($\leq 1,5$ gang-er boksens lengde). Verdier som er utenfor dette (uteliggere) plottes som enkeltpunkt

Filet-teksturen varierte mellom de tre gruppene sei som ble samlet inn våren 2015 (Tabell 6, $F=6,54$; $P=0,002$). Post hoc testen viste at det ikke var noen forskjell i tekstur mellom garnfanget O-sei og K sei ($P=0,95$), mens juksafanget O-sei var signifikant fastere enn garnfanget sei ($P<0,011$). Teksturen varierte også mellom de forskjellige gruppene høsten 2014, men det var ingen signifikant variasjon mellom O-sei og K-sei når det ble kontrollert for fiskeredskap ($F=1,72$; $P=0,19$). Det var derimot en forskjell mellom fiskeredskap som indikerte at juksafanget fisk høsten 2014 var mykere enn garnfanget fisk ($F=5,19$; $P=0,024$). Juksafanget fisk var dermed mykere enn garnfanget fisk høsten 2014, men fastere enn garnfanget fisk våren 2015. Årsaken til dette er uklar.

Tabell 6 *Tekstur i filét hos sei fanget med garn eller juksa våren 2015 eller høsten 2014 ved Hitra. Høyere verdier indikerer fastere fileter*

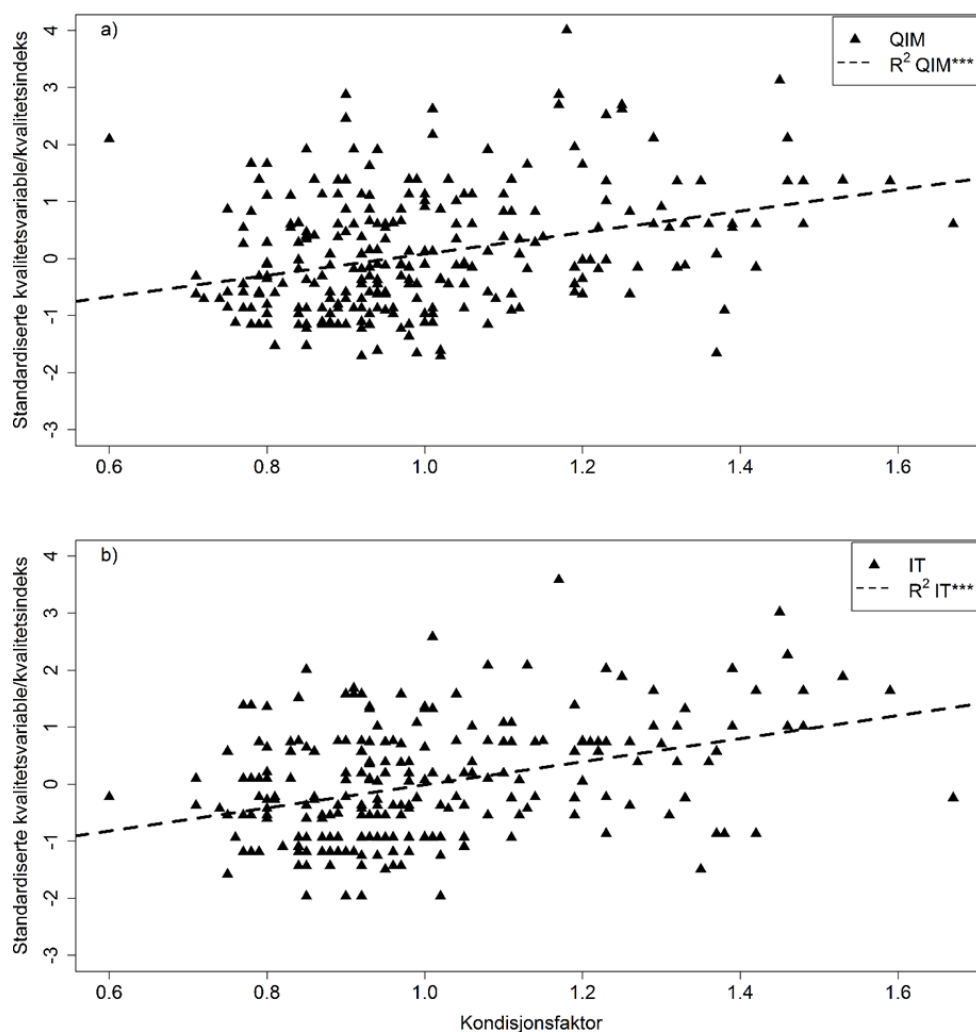
Sesong/redskap	Tekstur (g s ⁻¹)
Vår	
O-sei Juksa (n=30)	6036 (±3546)
K-sei Garn (n=31)	3869 (±2099)
O-sei Garn (n=30)	4060 (±1614)
Høst	
K-sei Juksa (n=30)	5050 (±3631)
O-sei Juksa (n=30)	3908 (±1477)
K-sei Garn (n=30)	5738 (±2605)
O-sei Garn (n=30)	5543 (±2913)

Det var en signifikant interaksjonseffekt mellom tid på året og fiskeområde både for QIM og IT målingene (QIM pseudo-F=13,768 and IT pseudo-F=19,357; $p < 0,001$). Parvise tester ble derfor brukt til å undersøke variasjon i filetkvalitet i forhold til tid på året. Tid på året var ikke assosiert med variasjon i filetkvalitet målt ved QIM metodikk for fisk fanget på Hitra ($p > 0,05$), men det var en forskjell i IT score mellom fisk fanget vår og sommer ($t=2,59$; $p=0,011$) (Figur 6) Filetkvaliteten varierte mellom alle tre innsamlingstidspunkt i Ryfylke, både for QIM ($p < 0,05$) og IT målingene ($p < 0,01$).



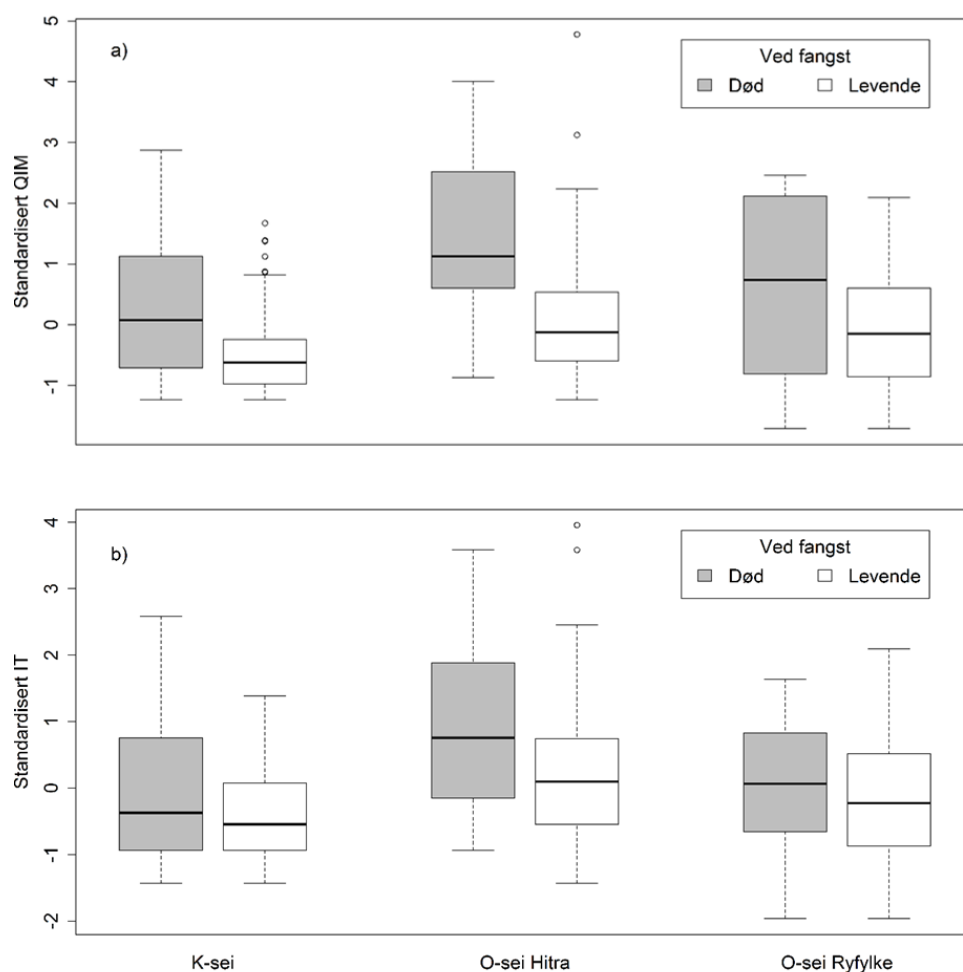
Figur 6 Filetkvalitet målt som **a)** QIM og **b)** IT for K-sei, O-sei fra Hitra og O-sei fra Ryfylke. Mørkgrå boks viser sei fanget på våren, lysgrå boks viser sei fanget om sommeren, mens hvit boks viser sei fanget om høsten. Horizontal svart strek er medianverdien, øvre og nedre grense på boksen viser henholdsvis 75-prosentilet og 25-prosentilet og de stiplede linjene viser ekstremalverdiene ($\leq 1,5$ gang-er boksens lengde). Verdier som er utenfor dette (uteliggere) plottes som enkeltpunkt

Filetkvalitet var signifikant assosiert med variasjon i både kondisjonsfaktor (Figur 7) og leverindeks (QIM vs. K: $r^2 = 0.09$, $p < 0.01$, QIM vs. HSI: $r^2 = 0.07$, $p < 0.01$, IT vs. K: $r^2 = 0.07$, $p < 0.01$, IT vs. HSI: $r^2 = 0.04$, $p < 0.01$). Disse resultatene indikerer at kvaliteten på seien gikk ned med økende kondisjonsfaktor og relativ leverstørrelse, noe som kan tyde på at feit sei er av dårligere kvalitet enn magrere sei. Forklaringsgraden for regresjonene var imidlertid svært lav, eksempelvis kan bare 4% av variasjonen i kvalitet forklares av variasjonen i leverindeks, slik at sammenhengen mellom kondisjonsfaktor, relativ leverstørrelse og kvalitet må betegnes som marginal.



Figur 7 Filetkvalitet målt som **a)** QIM og **b)** IT for sei fanget med garn som funksjon av kondisjonsfaktor. Den stiplede linjen er regresjonslinjen, og determinasjonskoeffisientene er **a)** $R^2=0,14$ og **b)** $R^2=0,11$

Det var også en signifikant interaksjonseffekt mellom funn av pellets i magesekken ved fangst for O-sei og fiskeredskap når kvalitet ble målt som IT score ($p<0,05$). Parvise sammenligninger indikerte at det var forskjeller i kvalitet (IT score) mellom fisk med pellets i magesekken og fisk uten når seien ble fanget med garn ($t=2,794$; $p=0,006$), men ikke når fisken ble fanget med juksa ($t=0,57$; $p=0,579$). Garnfanget fisk med pellets i magesekken var av dårligere kvalitet (IT) enn fisk uten pellets i magesekken. Mønsteret var det samme når kvalitet ble vurdert med QIM metodikk, men interaksjonseffekten var marginal (pseudo $F=2,87$; $p=0,09$). Når kvalitet ble målt med QIM metodikk ble det ikke funnet noen forskjeller i kvalitet for sei fanget med enten juksa eller garn (pseudo- $F=1,12$; $p>0,05$), eller for fisk med eller uten pellets i magesekken (pseudo- $F=0,341$; $p>0,05$). Det var en klar sammenheng i kvalitet mellom garnfanget fisk som døde i garna og fisk som ble tatt om bord levende (QIM: pseudo- $F=44,227$, $p<0,001$, IT: pseudo- $F=14,598$, $p<0,001$). Fisk som var levende ved fangst var av bedre kvalitet enn fisk som døde i garna, både for O-sei og K-sei (Figur 8).



Figur 8 Filetkvalitet målt som **a)** QIM og **b)** IT for K-sei, O-sei fra Hitra og O-sei fra Ryfylke. Mørkgrå boks viser sei som var død ved fangst, mens hvit boks viser sei som var levende ved fangst. Horisontal svart strek er medianverdien, øvre og nedre grense på boksen viser henholdsvis 75-prosentilet og 25-prosentilet og de stiplede linjene viser ekstremalverdiene ($\leq 1,5$ gang-er boksens lengde). Verdier som er utenfor dette (uteliggere) plottes som enkeltpunkt

Diskusjon

Kvaliteten på den innsamlede seien var generelt sett god, selv om filetindeksanalysene viste at filet fra O-sei var av noe dårligere kvalitet enn filet fra K-sei. Filet-teksturen for fisk fra Hitra høsten 2014 og våren 2015 var imidlertid ikke signifikant forskjellig mellom O-sei og K-sei. Det var videre en tendens til at fisk som var fetere var av marginalt dårligere kvalitet enn fisk som var mager, noe som støttes av tidligere funn for torsk (Kristoffersen m.fl. 2006). Fra torskefiske er det kjent at loddetorsk, ungtorsk som beiter på lodde, kan være en betydelig kvalitetsmessig utfordring. Denne fisken spiser mye lodde på kort tid slik at fisken vokser raskt noe som medfører at bindevevet i muskulaturen er svakere sammenlignet med perioder med mer moderat tilvekst. I perioder med rask vekst går både oppbygging og nedbryting av muskelproteiner raskere, men med økt differanse mellom dem. I tillegg til at mengden frie næringsstoffer i blod og vev er høyere, utgjør også mage/tarm en større relativ andel av fiskevekten i perioder den beiter mye; dette er aktivt vev med stort energiforbruk og enzymatisk aktivitet som bryter ned vev raskt (Houlihan m.fl. 2001). Loddetorsken har dermed typisk bløt muskulatur som lett spalter, og både fiskekjøtt og mageinnhold brytes raskere ned. Dette ser man også

hos hyse og sei i perioder da de spiser mye. Dersom sei spiser mye laksefôr vil man kunne se tilsvarende utvikling med bløtere muskel, noe vi også observerer men i relativt begrenset grad. Fisk som er beheftet med slike kvalitetslyter og som er påbudt bløgget skal i henhold til Kvalitetsforskriften behandles særskilt ved at den skal sløyes innen 4 timer etter opptak. For enkelte redskaper gir dette ekstra utfordringer, og vi så at selvdød fisk i garn var av klart dårligere kvalitet enn fisk som levde når den ble tatt om bord i båten. De gjennomsnittlige kvalitetsforskjellene var imidlertid små for våre prøver og trolig heller ikke av avgjørende betydning for videre bearbeiding og konsum av fisken.

Våre resultater er i overensstemmelse med andre studier som har vist at oppdrettspåvirket fisk kan være av dårligere kvalitet enn upåvirket fisk (f.eks. Bogdanović m.fl. 2012; Uglem m.fl. 2014). Fravær av store forskjeller i kvalitet mellom oppdrettspåvirket og upåvirket marin fisk (sei og torsk) støttes også av studier som ikke har påvist store og ensidige forskjeller (Bjørn m.fl. 2007; Otterå m.fl. 2009; Sæther m.fl. 2012). Kvalitetsindekseringsmetodene som ble brukt i dette studiet kan imidlertid betraktes å være relativt lite sensitive for små forskjeller i kvalitet, og mer detaljerte studier over en lengre periode fra fangst til konsum kunne kanskje ha gitt et mer kunnskap. Det er uansett rimelig å anta at metodene som ble brukt ville ha fanget opp store og vesentlige kvalitetsforskjeller i det undersøkte materialet.

Resultatene fra denne undersøkelsen støtter dermed ikke fullt ut observasjoner fra fiskere og fiskemottak om at oppdrettspåvirket sei er av vesentlig dårligere kvalitet enn upåvirket sei (oppsummert av Uglem m.fl. 2014). Dette kan ha flere forklaringer. En er at oppdretterne har utviklet utfôringsrutiner som medfører mindre fôrtap enn tidligere, og at kvaliteten på seien dermed har bedret seg over tid. Dette er vanskelig å vurdere siden fôrtap ikke måles eller estimeres direkte. Sammenligning av andre mål på fôrforbruk over tid (f.eks. økonomisk fôrfaktor) er også vanskelig siden fôrforbruket avhenger av mange faktorer, for eksempel endring av innholdet i fôret til å inneholde mere terrestriske råstoffer enn tidligere (Ytrestøyl m.fl. 2015).

En annen forklaring kan være at fisken som ble undersøkt i dette studiet ble behandlet annerledes enn under ordinært kommersielt fiske. For å behandle fisken på en «representativ» måte under og etter fangst samlet vi inn fisk i samarbeid med kommersielle kystfiskere, og behandlet fisken i henhold til «Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer» (Lovdata 2013). Vi fant imidlertid at selvdød fisk fanget med garn i nærheten av anlegg var av klart dårligere kvalitet enn fisk som ble fanget levende, og det kan ikke utelukkes at kvaliteten på garnfanget oppdrettspåvirket sei kan oppleves som vesentlig forringet i tilfeller der dødeligheten i garna er svært høy. Et tiltak som kan motvirke dette er at selvdød fisk holdes adskilt fra fisk som er i live ved fangst slik skissert i «Forskrift om kvalitet på fisk og fiskevarer» (Lovdata 2013). Vi fant også at det var en tendens til at juksafanget fisk var noe bedre enn garnfanget fisk og et annet tiltak kan være å bruke redskap beregnet for levendefangst (juksa eller teiner).

Selv om vi behandlet fisken i henhold til kvalitetsforskriften, så ble ikke variasjon i kvalitet undersøkt gjennom en reell industriell produksjonsskjede fra fangst til f.eks. filetering i automatiske fileteringsmaskiner hos fiskeforedlingsbedrifter. Vi er klar over at både fiskemottak og fiskere har mottatt klager fra utenlandske foredlingsbedrifter vedrørende at oppdrettspåvirket sei er vanskelig å prosessere. Siden vi ikke har undersøkt denne delen av produksjonsskjeden kan vi heller ikke vurdere om kvaliteten i industriell foredling av sei av ukjente årsaker vil kunne forringes i en slik grad at mindre kvalitetsforskjeller slik funnet i våre undersøkelser faktisk vil representere et problem.

Et annet moment som kan medvirke til at kvaliteten på oppdrettspåvirket sei oppfattes som redusert under kommersielt fiske er at den totale fangsten kan bli vurdert som dårlig dersom en viss andel av fangsten faktisk er av dårlig kvalitet. Denne andelen trenger nødvendigvis ikke å være stor. Dersom for eksempel andelen fisk av dårlig kvalitet er høy nok til at bruk av automatiske fileteringsmaskiner blir vanskelig vil kvaliteten på den totale fangsten kunne bli oppfattet som redusert. I vårt materiale fant vi at andelen fisk med QIM-indeks over 5 var omlag 9% for O-sei, men kun 1,5 % for K-sei. Når QIM-indeksen overskrider 5 vil kvaliteten ofte oppfattes som merkbart, men fortsatt ikke kritisk, redusert. Hvorvidt slike forskjeller faktisk vil representere et problem for industriell foredling er ikke undersøkt i dette prosjektet.

Selv om våre resultater ikke viser at oppdrettspåvirket sei er vesentlig forringet i forhold til upåvirket fisk, er det likevel mulig at fiskere kan oppleve at dette er tilfelle. Oppfattelse av kvalitet påvirkes blant annet av både visuelle inntrykk og lukt. Oppdrettspåvirket sei har ofte til dels store mengder halvfordøyd laksepellets i magesekken ved fangst. Når fisken sløyes kan pelleten lekke ut fra magesekken om denne punkteres. Dette ser uappetittlig ut og er ofte assosiert med en ubehagelig lukt. Oppdrettspåvirket sei har også ofte stor lever i forhold til upåvirket fisk, og i ekstreme tilfeller en kroppsfasong som kan oppfattes som unormal. Dette kan også påvirke oppfatningen av kvalitet.

Kommersielt fiske etter sei i områder med lakseoppdrett foregår ofte fra relativt små fartøy med et lite mannskap og fangstene varierer typisk fra noen hundre kilo til noen tonn per dag. For å muliggjøre kostnadseffektiv drift må behandling av fisk etter fangst foregå på en effektiv måte. Dette innebærer at det er begrensede muligheter for å sortere fisk basert på oppfattet kvalitet. Selv om en enkel sortering på grunnlag av kroppsfasong (fisk med ekstrem stor lever har en karakteristisk fasong) er det usikkert om dette er praktisk forenelig med fiskets driftsform. I henhold til regelverket skal fisk som dør i sjøen sorteres ut i fangstene, slik at det allerede er tilrettelagt tiltak for å redusere de negative konsekvensene for kvalitet som vi har påvist ved garnfiske. Det kan også være mulig å vurdere kvalitet ved levering ved hjelp av enkle industritester. Det bør videre utredes om fisk med forringet kvalitet kan videreforedles på måter der eventuelle kvalitetsforskjeller ikke er avgjørende for kvaliteten på sluttproduktet.

5.2.2 Evaluering av forskjeller i smak

Resultater

I det første smaksforsøket i 2013 mente 74% av testpersonene at det var en forskjell i smak mellom seikaker laget av henholdsvis oppdrettspåvirket sei og kontrollfisk (Tabell 7). Det var imidlertid ingen signifikant preferanse for en av gruppen ($P = 0,57$). I den andre testen i 2015 mente 91% at det var forskjell i smak mellom ovnsbakt filet fra O-sei og K-sei. Et signifikant flertall mente at filet fra O-sei smakte bedre enn kontrollfisk ($P = 0,01$). Over 90 % av testpersonene så en forskjell mellom filetene, men det var ingen klar preferanse i utseende for en av typene (51 % vs 49 %, Binomial test: $P = 0.91$). Mer enn halvparten mente at den beste fisken var den salteste, og tre-fjerdedeler av disse fortrakk filet fra O-sei. Det var ingen klare forskjeller mellom filet fra O-sei og K-sei med hensyn til bitterhet, fasthet og lukt i testen i 2015.

Tabell 7 Andel av testpanelet (%) som foretrakk retten laget av sei fanget i nærheten av oppdrettsanlegg (O-sei), sei fanget langt unna oppdrettsanlegg (K-sei), og de som ikke kjente noen forskjell mellom de to rettene

	Seikake (N=105)	Ovnsbakt filet (N=82)
Foretrakk O-sei (%)	34	59
Foretrakk K-sei (%)	40	32
Ingen forskjell (%)	26	9

Diskusjon

Smakstestene viste at det ikke var noen vesentlig forskjell i smak mellom identisk tilberedte seikaker fra O-sei og K-sei, mens et flertall av testpersonene foretrakk ovnsbakt filet fra O-sei i testen i 2015. Denne forskjellen kan være relatert til at ovnsbakt filet fra O-sei ble opplevd som noe mere salt enn filet fra K-sei, til tross for at mengden salt som ble tilført var lik. Årsaksforholdet er uklart, men det kan virke som om filet fra feitere O-sei absorberer salt bedre enn filet fra magrere K-sei. Resultatene fra dette studiet støtter dermed ikke synet på at oppdrettspåvirket sei smaker vesentlig dårligere enn upåvirket sei (Uglem m.fl. 2014). Våre resultater tyder heller på det motsatte. Mangel på vesentlige smaksforskjeller i dette studiet støttes av Sæther m.fl. (2012) og Otterå m.fl. (2009), sistnevnte fant heller ikke betydelige sensoriske forskjeller i et forsøk der sei ble oppfôret med laksepellets og sammenlignet med villfanget sei. Skog m.fl. (2003) fant imidlertid at oppdrettspåvirket smakte noe dårligere enn ikke påvirket sei.

Smakstestene var designet som enkle forbrukertester, og var ikke ment å være detaljerte sensoriske analyser. Slike tester skal utføres på en standardisert måte av et panel som er gitt spesielt opplæring (se f.eks. Sæther m.fl. 2012). Dette kan innebære at mindre smaksforskjeller ikke ble detektert, men det er likevel god grunn til å anta at store og vesentlig smaksforskjeller i det undersøkte materialet ville blitt oppdaget. I disse forsøkene ble kun to tilberedningsmetoder testet, og det kan dermed ikke utelukkes at det er en smaksforskjell mellom de to gruppene om fisken tilberedes på andre måter. Det antas for eksempel at kvaliteten på langtidssaltet sei er avhengig av hvor fet fisken er, og det er hevdet at O-sei derfor er uegnet til salting. Det er behov for mere kunnskap om hvordan ulike tilberedelsesmetoder påvirker smak for O-sei sammenlignet med K-sei.

5.2.3 Stressresponser hos garn- og juksafanget sei

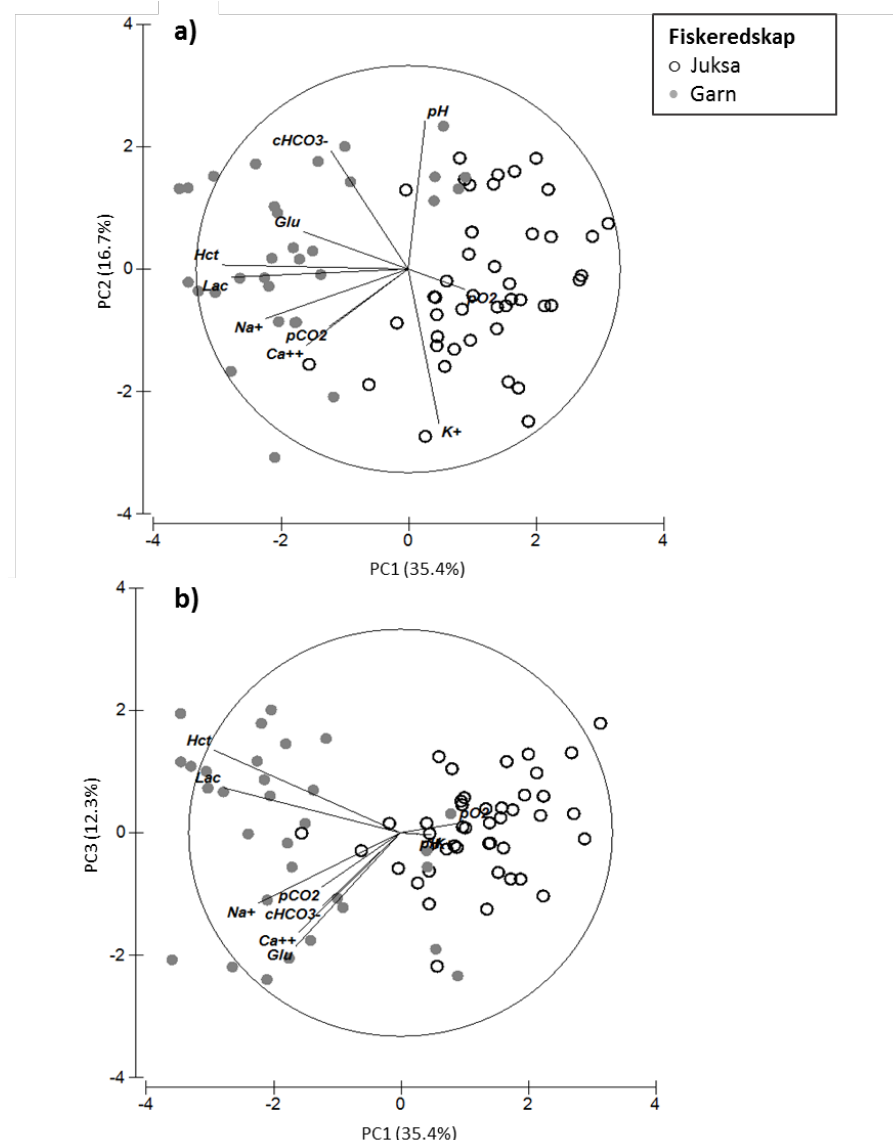
Resultater

Det var en klar forskjell mellom de to garn- og juksafanget sei når alle de målte blodparametrene ble analysert under ett i en prinsipal komponent analyse (Figur 9) og i en permutational ANOVA (pseudo-F=18,333; $p<0,001$). Komponent 1 (PC1) forklarte 35,45 av variasjonen, med laktat ($r=-0,83$) og hematokritt ($r=-0,88$) som de mest betydningsfulle parameterne. Den andre komponenten (PC2) forklarte 16,7% av variabiliteten, og representerte mellomgruppevariasjon i pH ($r=0,73$) og kalium (K^+ , $r=-0,76$). Den tredje komponenten forklarte 12,3% av variasjonen, på grunn av variasjon i glukose ($r=-0,56$) og kalsium (Ca^{2+} , $r=-0,49$).

Variansanalysen påviste også forskjeller mellom juksafanget og garnfanget fisk i pO_2 ($p<0,05$), HCO_3 ($p<0,01$), natrium ($p<0,001$), kalium ($p<0,05$), kalsium ($p<0,01$), hematokritt ($p<0,001$), glukose ($p<0,01$) and laktat ($p<0,001$; Tabell 8). Med unntak av pO_2 og kalium der verdiene var høyere for

juksafanget fisk, var verdiene for de resterende utslagsgivende parameterne konsistent høyere for garnfanget sei (Tabell 8).

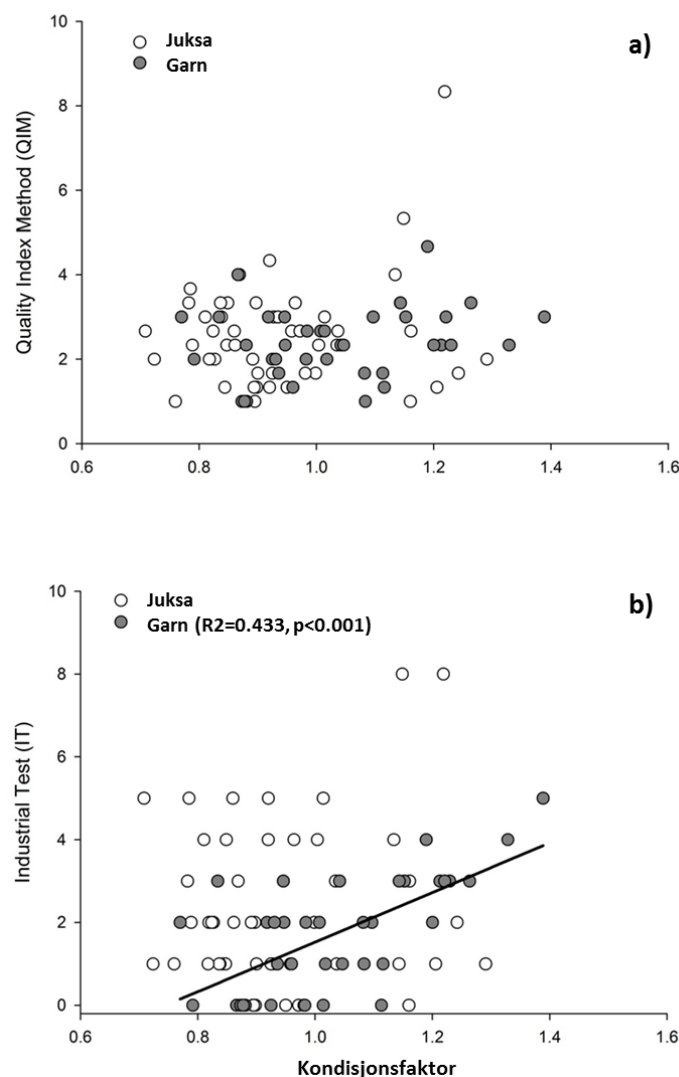
Det var ingen forskjell i filetkvalitet mellom garn- og juksafanget sei (QIM og IT, Tabell 8). Kvalitet målt ved hjelp av IT-metoden var signifikant assosiert med kondisjonsfaktor for garnfanget sei, men ikke for juksafanget sei. Kvalitet målt som QIM var ikke assosiert med kondisjonsfaktor eller leverindeks (Figur 10a, b).



Figur 9 Prinsipal komponent analyse (PCA) som viser plassering av sei i forhold til blodparametere. **a)** PC1 og PC2 og **b)** PC1 og PC3. Grå sirkler representerer sei fanget med juksa, hvite sirkler viser sei fanget med garn

Tabell 8 Gjennomsnittsverdier, standardfeil (SE) for blod parametere og kvalitetsindeksene for sei fanget med juksa eller garn. n= antall fanget med de forskjellige redskapene (antall blodprøver). Signifikansnivå (p-verdi) er gitt i egen kolonne (i.s.=ikke signifikant, *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

Blod parameter	Juksa n=50(47)		Garn n=37(35)		p-verdi
	Gjennomsnitt	SE	Gjennomsnitt	SE	
pH	7,47	0,15	7,48	0,02	i.s.
pCO ₂ (mmHg)	6,90	0,30	7,50	0,30	i.s.
pO ₂ (mmHg)	59,60	5,50	44,10	5,20	*
HCO ₃ (mmol/L)	6,50	0,20	7,60	0,30	**
Na ⁺ (mmol/L)	174,00	3,00	179,00	1,00	***
K ⁺ (mmol/L)	4,00	0,20	3,40	0,20	*
Ca ²⁺ (mmol/L)	1,35	0,05	1,53	0,05	**
Hct (%)	23,70	0,70	33,90	1,20	***
Hb (g/dL)	8,10	0,20	11,50	0,40	***
Glu (mmol/L)	3,03	0,10	6,70	0,70	***
Lac (mmol/L)	2,60	0,20	7,50	0,06	***
Quality Index Method (QIM)	2,60	0,20	2,40	0,10	i.s.
Industrial Test (IT)	2,30	0,30	1,70	0,20	i.s.



Figur 10 Filetkvalitet målt som **a)** QIM og **b)** IT for sei som funksjon av kondisjonsfaktor. Grå sirkler representerer sei fanget med garn, hvite sirkler viser sei fanget med juksa. Den heltrukne linjen er regresjonslinjen for seien fanget med garn

Diskusjon

Blodverdiene for glukose, laktat, hematokritt og natrium tydet på at juksafanget fisk var utsatt for et vesentlig lavere fysiologisk stress enn garnfanget sei. Dette indikerer at juksa er et bedre alternativ enn garn med hensyn til å ivareta fiskevelferd, noe som er rimelig å anta siden garnfanget fisk kan sitte i garna i mange timer før de blir avlivet. I så måte sammenfaller våre resultater med Roth og Rotabakk (2012), som fant lignende sammenhenger mellom fisk fanget med redskap som involverte varierende grad av fysisk belastning og stress før avliving. Studier for andre arter er også i tråd med våre resultater (Manire m.fl. 2001; Cooke m.fl. 2008; Mandelman & Skomal 2009). Den forholdsvis store variasjonen i blodverdier for garnfanget fisk kan være relatert til at tid i garnet varierte mellom ulike fisk.

Det faktum at laktatverdiene var høyere for garnfanget sei enn for juksafanget sei er en god indikasjon på at garnfangst er mer stressende for fisken enn juksa. Maruhenda Egea m.fl. (2015) konkluderte også med at laktatnivåene for garnfanget fisk var høyere enn for juksafanget sei. Vi fant imidlertid ikke en forskjell mellom garn og juksafanget fisk for pH i blod, noe som var motsatt av forventet siden

laktatnivå og pH i blod og muskel forventes å være korrelert (Roth & Rotabakk 2012). Dette kan være et resultat av at mengden laktat i blodet generelt var for lav til at verdiene kunne bestemmes med tilstrekkelig sikkerhet.

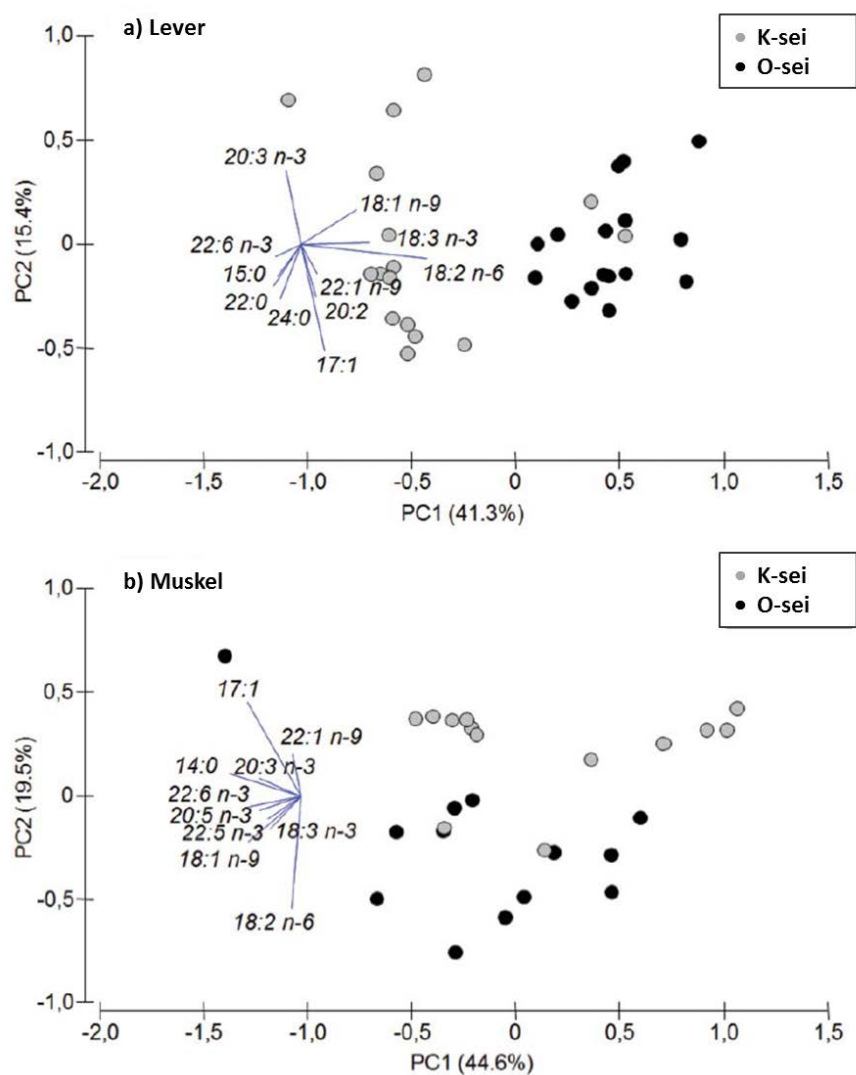
Det er vist at stress før avlaving kan påvirke kvalitet hos fisk (Poli 2009; Lerfall m.fl. 2015). I dette studiet fant vi imidlertid ingen sammenheng mellom kvalitet og de målte stressparametere. Sett under ett var kvaliteten på både juksa- og garnfanget fisk god, men analyser av det totale datamaterialet samlet inn i dette prosjektet (se ovenfor) indikerte at det var en liten, men signifikant, forskjell i kvalitet mellom fisk fanget med juksa og garn. Mangel på kvalitetsforskjeller for materialet i dette delstudiet, til tross for at blodparametere klart indikerte at garnfanget fisk var mere stresset, kan skyldes flere forhold. Fisken som det ble tatt blodprøver av var i live ved fangst. Dette kan bety at garnfisken ikke nødvendigvis har stått svært lang tid i garna, noe som igjen kan innebære at kvaliteten ikke ble vesentlig påvirket på grunn av stress for disse fiskene. Kvaliteten ble analysert etter fire dagers lagring på is, og det er også mulig at mindre kvalitetsforskjeller umiddelbart etter fangst var vanskelige å påvise på grunn av effekter av lagringen. Kvalitetsforskjellene som ble påvist for det totale materialet er også små, og det kan tenkes at materialet i dette delstudiet var for lite eller kvalitetsestimeringsmetodene for grove til å kunne påvise denne relativt marginale forskjellen. Resultatene fra dette studiet er mer detaljert diskutert i Toledo-Guedes m.fl. (2016) (se artikkel nr 4, Publikasjoner og manuskripter)

5.2.4 Variasjon i biokjemiske sammensetning mellom oppdrettspåvirket sei og kontrollfisk

Biokjemisk sammensetning av O-sei og K-sei ble undersøkt i to delstudier. I det ene studiet ble innhold av lipider, fettsyrer og sporstoffer i lever og muskel undersøkt (Arechavala-Lopez m.fl. 2015). I det andre ble metabolitter målt i muskel og lever (Maruhenda Egea m.fl. 2015). Resultatene fra disse studiene er grundig diskutert av Arechavala-Lopez m.fl. (2015) og Maruhenda Egea m.fl. (2015) (se artikkel nr 2 og 3 i Publikasjoner og manuskripter) og vi presenterer her de mest relevante resultatene.

Resultater

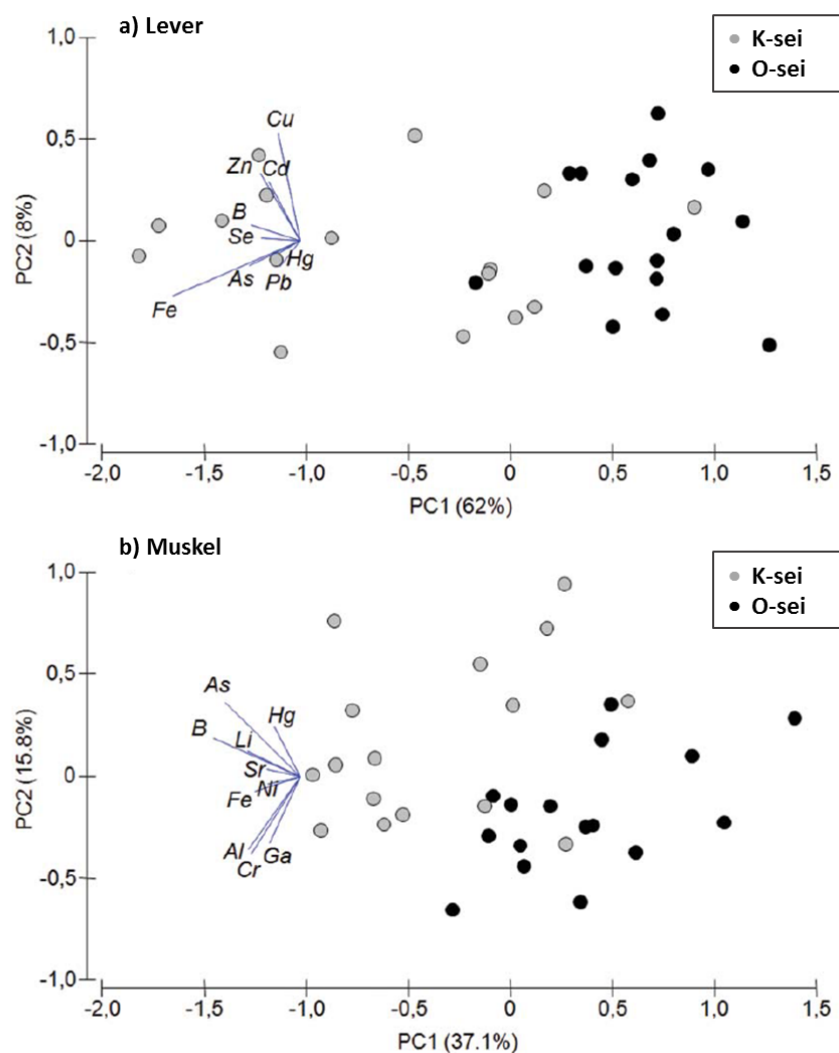
Fettsyreprofilene i både lever og muskel var signifikant forskjellige mellom O-sei og K-sei (Arechavala m.fl. 2015) (Tabell 9). To prinsipal komponenter forklarte 57% og 64% av variasjonen i fettsyrer (FS) i henholdsvis lever og muskel (Figur 11 a, b). Andelen totalt mettede FS var høyere i både lever og muskel for K-sei sammenlignet med O-sei (lever 27 vs. 21%, muskel: 40 vs. 36%), mens andelen umettede FS var høyere for O-sei enn for K-sei (lever 79 vs. 72%, muskel: 72 vs. 70%). Andelen monomettede FS var også høyere i lever og muskel fra O-sei sammenlignet med K-sei (lever 48 vs. 43%, muskel: 19 vs. 16%), mens andelen langkjedede polyumettede FS var høyere for K-sei enn for O-sei (lever 25 vs. 18%, muskel: 52 vs. 47%). Videre var n-3:n-6 ratioen høyere i lever for K-sei sammenlignet med O-sei (lever 1,5 vs. 1,0%), men ikke i muskel. Det var også mere terrestriske fettsyrer (erucic acid - OA, linoleic acid - LA, linolenic acid - LNA) i lever og muskel fra O-sei sammenlignet med K-sei (Tabell 7). På samme måte som for fettsyrer så var det også en klar forskjell mellom O-sei og K-sei i innhold av sporstoffer (Tabell 10). To prinsipal komponenter forklarte 70% og 53 % av variasjonen av sporstoffer i henholdsvis lever og muskel (Figur 12a, b). Diskriminant analyser viste at opprinnelse til 69 % av K-seien kunne klassifiseres riktig basert på FS variasjon, mens opprinnelsen til 94% og 85% av O-seien ble riktig klassifisert basert på FS variasjon i henholdsvis lever og muskel. Variasjon i sporstoffer ga enda bedre klassifisering, med 93% og 94% riktig klassifikasjon for variasjon i sporstoffer i henholdsvis lever og muskel for K-sei. For O-sei ble 94% og 88% riktig klassifisert på grunnlag av sporstoffvariasjon i lever og muskel.



Figur 11 *Prinsipal komponent analyse (PCA, fjerderot transformert) som viser plassering av sei i forhold til fettsyrer i a) lever og b) muskel for K-sei og O-sei. Grå sirkler representerer K-sei (n=16) og svarte sirkler representerer O-sei (n=16). Vektorer med korrelasjon >0.15 er vist*

Tabell 9 Fettsyrer i lever og muskel hos sei fanget i nærheten av oppdrettsanlegg (O-sei) og sei fanget langt unna oppdrettsanlegg (K-sei). Verdiene er gitt som gjennomsnitt±standardfeil. i.f.=ikke funnet. Signifikansnivå (p-verdi) er gitt i egen kolonne (*p<0.05, **p<0.01)

Fettsyrer	Lever			Muskel		
	K-sei	O-sei	p-verdi	K-sei	O-sei	p-verdi
14:00	3,02 ± 0,28	2,44 ± 0,14	0,079	0,98 ± 0,22	0,91 ± 0,31	0,768
15:00	0,32 ± 0,03	0,19 ± 0,02	0,025*	0,01 ± 0,01	nd	0,154
16:00	12,33 ± 0,59	10,39 ± 0,28	0,006**	4,93 ± 0,49	6,55 ± 0,63	0,049*
17:00	0,18 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,928	0,03 ± 0,02	0,02 ± 0,01	0,347
18:00	3,87 ± 0,22	3,91 ± 0,14	0,778	2,28 ± 0,32	3,16 ± 0,48	0,109
20:00	0,17 ± 0,01	0,23 ± 0,02	0,025*	0,01 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,081
22:00	0,19 ± 0,11	0,04 ± 0,01	0,148	0,01 ± 0,01	nd	0,327
24:00:00	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,039*	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,848
Totalt mett	27,06 ± 0,78	21,47 ± 0,73	0,001**	40,16 ± 1,05	36,16 ± 0,76	0,005**
14:01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,314	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,040*
15:01	0,01 ± 0,01	nd	0,075	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,48
16:01	5,21 ± 0,23	3,81 ± 0,18	0,001**	0,40 ± 0,06	0,48 ± 0,09	0,642
17:01	0,23 ± 0,04	0,32 ± 0,04	0,169	0,18 ± 0,04	0,29 ± 0,13	0,33
18:1 n-7	5,07 ± 0,30	4,30 ± 0,14	0,050*	1,30 ± 0,11	1,51 ± 0,15	0,272
18:1 n-9	15,11 ± 1,64	25,53 ± 1,58	0,001**	1,81 ± 0,26	4,43 ± 0,51	0,001**
20:01	6,56 ± 0,59	5,07 ± 0,42	0,068	0,43 ± 0,07	0,47 ± 0,07	0,652
22:1 n-9	0,35 ± 0,07	0,59 ± 0,06	0,004**	0,031 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,192
24:01:00	0,62 ± 0,04	0,40 ± 0,03	0,001**	0,16 ± 0,03	0,17 ± 0,02	0,724
Totalt monoumett	42,87 ± 1,07	47,54 ± 0,54	0,001**	16,05 ± 0,41	19,40 ± 0,57	0,001**
18:2 n-6	1,764 ± 0,62	8,32 ± 0,67	0,001**	0,36 ± 0,14	1,47 ± 0,19	0,005**
18:3 n-3	0,94 ± 0,17	3,18 ± 0,29	0,001**	0,08 ± 0,02	0,31 ± 0,05	0,001**
20:02	1,25 ± 0,12	1,45 ± 0,06	0,204	0,07 ± 0,01	0,14 ± 0,03	0,101
20:3 n-3	0,06 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,499	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,03	0,592
20:4 n-6	0,70 ± 0,13	0,36 ± 0,02	0,001**	0,63 ± 0,10	0,72 ± 0,07	0,304
20:5 n-3	7,12 ± 0,45	5,18 ± 0,22	0,001**	2,95 ± 0,27	4,13 ± 0,44	0,038*
22:02	0,39 ± 0,02	0,44 ± 0,02	0,062	0,09 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,017*
22:4 n-6	0,32 ± 0,02	0,26 ± 0,01	0,030*	0,05 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,385
22:5 n-3	0,78 ± 0,03	0,85 ± 0,05	0,375	0,32 ± 0,05	0,61 ± 0,07	0,003**
22:6 n-3	8,66 ± 0,45	6,39 ± 0,30	0,001**	9,63 ± 1,01	11,69 ± 1,09	0,148
Totalt lange flerumett	25,24 ± 1,34	17,92 ± 0,82	0,001**	52,21 ± 0,97	47,01 ± 0,99	0,001**
Totalt flerumett	28,72 ± 1,11	31,42 ± 0,52	0,032*	53,67 ± 0,94	52,56 ± 0,78	0,382
Total umett	71,60 ± 1,05	78,95 ± 0,72	0,001**	69,72 ± 0,85	71,96 ± 0,47	0,029*
n-3/n-6	1,54 ± 0,06	1,03 ± 0,04	0,001**	1,23 ± 0,01	1,18 ± 0,01	0,005**



Figur 12 Prinsipal komponent analyse (PCA, kvadratrotransformert) som viser plassering av sei i forhold til sporstoffer i **a)** lever og **b)** muskel for K-sei og O-sei. Grå sirkler representerer K-sei (n=16) og svarte sirkler representerer O-sei (n=16). Vektorer med korrelasjon >0.15 er vist

De statistiske analysene av metabolittinnholdet i muskel og lever fra O-sei og K-sei, målt ved hjelp NMR (Nuclear Magnetic Resonance) spektroskopi, viste at metbolittsammensetningen for de to gruppene var klart forskjellig, samt at det også var en viss forskjell avhengig av fiskemetode (juksa vs. garn) (Maruhenda Egea m.fl. 2015). Det var høyere konsentrasjoner av laktat, alanin, glutamin, glutamat, lysin og carnitin, men en lavere konsentrasjon av taurin, i lever fra O-sei sammenlignet med K-sei. Fisk fanget med garn hadde høyere konsentrasjoner av alanin og laktat, og lavere konsentrasjoner av glukose, glycerol, carnitin og cholin, i lever enn fisk fanget med juksa. O-sei hadde høyere konsentrasjoner av laktat, glutamin, glutamat og alanin, og en lavere konsentrasjon av cholin og taurin, i muskel enn K-sei. Det var ingen klar sammenheng mellom metabolittinnholdet i muskel mellom sei fanget med juksa eller garn, trolig fordi de metabolske endringen skjer raskere i lever enn i muskel ved stress. Det var også mulig å bruke NMR-resultatene til å spore oppdrettspåvirkning med relativt stor nøyaktighet.

Tabell 10 Nivåer av sporstoffer i lever og muskel hos oppdrettsassosiert sei sammenlignet med kontrollfisk. Nivåene er oppgitt i ppb (parts per billion, 10^{-9}) for «minor elements», og ppm (parts per million, 10^{-6}) for «major elements». Verdiene er gitt som gjennomsnitt±standardfeil. i.f.=ikke funnet. Signifikansnivå (p-verdi) er gitt i egen kolonne (* $p<0.05$, ** $p<0.01$)

Sporstoff	Lever			Muskel		
	K-sei	O-sei	p-verdi	K-sei	O-sei	p-verdi
Li	0,025 ± 0,0125	nd	0,006**	0,087 ± 0,028	0,012 ± 0,006	0,001**
Be	0,001 ± 0,001	0,001 ± 0,001	0,106	nd	0,001 ± 0,001	0,154
B	0,164 ± 0,086	nd	0,001**	1,022 ± 0,212	0,312 ± 0,107	0,001**
Al	2,359 ± 0,264	2,317 ± 0,283	0,888	1,216 ± 0,274	0,695 ± 0,178	0,313
V	0,193 ± 0,067	0,063 ± 0,017	0,032*	0,013 ± 0,008	0,009 ± 0,003	0,751
Cr	0,132 ± 0,0175	0,127 ± 0,013	0,96	0,117 ± 0,076	0,162 ± 0,138	0,825
Mn	1,589 ± 0,235	1,417 ± 0,244	0,498	0,457 ± 0,048	0,789 ± 0,084	0,001**
Fe	144,928 ± 31,510	39,281 ± 7,017	0,001**	11,744 ± 2,606	7,726 ± 1,177	0,065
Co	0,105 ± 0,0172	0,025 ± 0,004	0,001**	0,004 ± 0,001	0,004 ± 0,001	0,959
Ni	0,127 ± 0,018	0,074 ± 0,013	0,007**	0,041 ± 0,019	0,061 ± 0,061	0,049*
Cu	13,916 ± 1,881	11,867 ± 2,091	0,371	1,139 ± 0,123	0,845 ± 0,050	0,022*
Zn	40,995 ± 3,805	26,797 ± 3,263	0,003**	14,997 ± 0,558	16,063 ± 0,981	0,3
Ga	0,066 ± 0,017	0,119 ± 0,018	0,004**	0,039 ± 0,014	0,029 ± 0,010	0,945
As	19,480 ± 3,201	4,919 ± 0,544	0,001**	22,727 ± 6,836	7,179 ± 0,924	0,001**
Se	2,434 ± 0,259	0,521 ± 0,059	0,001**	1,497 ± 0,056	0,976 ± 0,034	0,001**
Sr	0,919 ± 0,143	0,417 ± 0,084	0,001**	2,525 ± 0,383	1,746 ± 0,258	0,072
Mo	0,384 ± 0,059	0,109 ± 0,013	0,001**	0,011 ± 0,002	0,010 ± 0,004	0,362
Ag	0,123 ± 0,014	0,120 ± 0,013	0,432	0,069 ± 0,009	0,075 ± 0,014	0,347
Cd	0,675 ± 0,164	0,111 ± 0,028	0,006**	0,006 ± 0,001	0,011 ± 0,006	0,822
In	0,001 ± 0,001	0,008 ± 0,003	0,006**	0,007 ± 0,001	0,004 ± 0,002	0,001**
Sb	0,003 ± 0,001	0,001 ± 0,001	0,021*	0,013 ± 0,003	0,007 ± 0,003	0,049*
Ba	0,201 ± 0,052	0,366 ± 0,056	0,003**	0,293 ± 0,054	0,273 ± 0,042	0,983
Hg	0,041 ± 0,031	nd	0,011*	0,713 ± 0,132	0,164 ± 0,035	0,001**
Tl	0,002 ± 0,001	0,005 ± 0,002	0,095	0,007 ± 0,004	0,003 ± 0,001	0,181
Pb	0,284 ± 0,103	0,209 ± 0,072	0,556	0,158 ± 0,039	0,128 ± 0,027	0,237
Bi	0,004 ± 0,001	0,032 ± 0,024	0,033*	0,059 ± 0,026	0,025 ± 0,017	0,059
Ca	35,71 ± 5,76	27,01 ± 8,84	0,47	287,72 ± 29,56	283,35 ± 25,06	0,941
K	1304,64 ± 130,54	838,29 ± 78,14	0,002**	10884,82 ± 349,69	10208,60 ± 145,15	0,062
Mg	113,29 ± 15,33	43,90 ± 4,39	0,001**	931,65 ± 29,25	846,36 ± 16,20	0,006**
Na	1049,93 ± 144,10	427,14 ± 52,87	0,001**	2454,52 ± 351,46	1608,25 ± 196,89	0,020*

Diskusjon

Det var en klar forskjell i innhold av lipider, fettsyrer og sporstoffer i lever og muskel fra O-sei og K-sei, noe som med stor sikkerhet kan tilskrives ulike dietter. Dette er i overensstemmelse med en rekke studier både i Norge og andre land (Skog m.fl. 2003; Fernandez-Jover m.fl. 2007, 2011; Arechavala m.fl. 2011; Izquierdo-Gomez m.fl. 2015). Generelt er O-sei fetere og har et større innslag av terrestriske fettsyrer enn K-sei. Variasjonen i sporstoffer viser at dietten til K-sei reflekterer et «høyere trofisk nivå» sammenlignet med O-sei, noe som skyldes at laksefôr inneholder mer vegetabiliske råstoffer enn den naturlige dietten hos sei. Et interessant funn er at det var mindre kobber (Cu) i muskel fra O-sei enn for K-sei, mens det ikke var noen forskjell i kobberinnhold i lever mellom de to gruppene. Dette kan tyde på at eventuelt bruk av kobberholding antigroemidler ikke påvirker O-seien. Vi har imidlertid ikke oversikt over bruk av antigroemidler ved de aktuelle anleggene og om villfisker faktisk var eksponert for kobber nær anleggene. Det er i alle fall ikke mer kobber i seien som har beitet nær anleggene. Det ble også funnet mere kvikksølv (Hg) i K-sei enn O-sei, noe som trolig skyldes en diett bestående av byttedyr høyere i næringskjeden hos K-sei. Fra oppdrettslaks er det kjent at innhold av miljøgifter og tungmetaller er lavere sammenlignet med villaks (Vitenskapskomiteen for Matvaretrygghet, Rapport

2014: 15). Dette skyldes at oppdrettslaksen vokser raskere og utnytter maten bedre enn villfisk, og dermed eksponeres for mindre mengder av slike uønskede komponenter før den slaktes. Dette er forhold som også kan bidra til å forklare resultatene vi ser på den oppdrettsassosierte seien, men vi mangler vekstdata som kan bidra til å underbygge dette.

Sammensetningen av metabolitter varierte også i lever og muskel mellom O-sei og K-sei, trolig på grunn av at disse har forskjellig diett. Det ble videre også funnet en sammenheng med fiskemetode. Variasjonen innen O-sei var også mindre enn innen K-sei. Dette skyldes trolig at O-sei har en mer ensidig diett enn K-sei. Forskjellene i lever var noe klarere enn i muskel, noe som kan være relatert til at leveren er et viktig energireservoar hos torskefisk, og dermed påvirkes mer enn muskelvev. Høyere verdier av laktat og ulike aminosyrer i både lever og muskel fra O-sei kan kanskje knyttes til en større grad av mobilitet hos K-sei enn hos O-sei, som i perioder er forholdsvis stasjonær i områder med lakseoppdrett (Uglen m.fl. 2009). Høyere nivå av laktat i muskel, både hos O-sei vs. K-sei og garnfanget vs. juksafanget fisk, kan også være en indikasjon på redusert filetkvalitet, siden laktat ofte er negativt korrelert med muskel pH og dermed også kvalitet.

Resultatene viser også at variasjon i fettsyrer, sporstoffer og metabolitter mellom O-sei og K-sei er såpass klar at den kan brukes til midlertidig sporing av hvorvidt sei er påvirket av oppdrettsaktivitet. Hvor lenge disse forskjellene kan detekteres etter påvirkning er imidlertid ikke klart, men resultatene viser at alle metoder til en viss grad kan brukes til å spore eventuell påvirkning. NMR-analyser er i denne sammenhengen et billigere og mer effektivt verktøy enn for eksempel fettsyreanalyser.

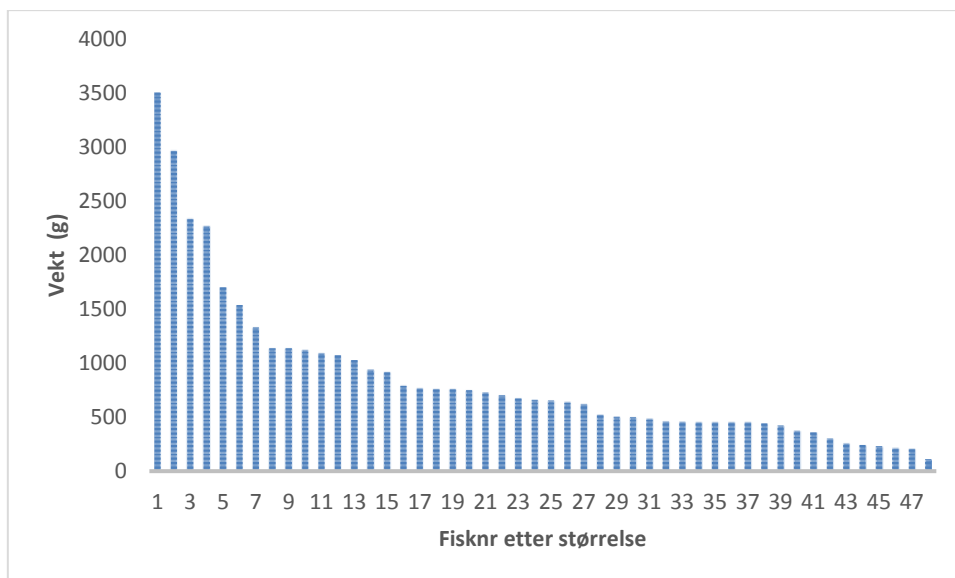
Analysene av fettsyrer, sporstoffer og metabolitter bekrefter også at kontrollfisken fra Hitra avviker signifikant fra antatt oppdrettspåvirket fisk, og at kontrollfisken i så måte kan betraktes som å være tilnærmet upåvirket eller lite påvirket av oppdrett. Dette er viktig for å kunne sammenligne kvalitet mellom antatt påvirket og upåvirket sei slik gjort i dette studiet. I andre studier der lignende kvalitetsanalyser har blitt utført har ikke en tilsvarende verifisering av påvirkning vært mulig å gjøre. Disse analysene styrker dermed evalueringen av kvalitet siden vi med forholdsvis stor sikkerhet kan anta at vi faktisk har sammenlignet grupper av klart oppdrettspåvirket sei med grupper av tilnærmet upåvirket eller lite påvirket fisk.

5.3 Optimal fangst av oppdrettsassosiert fisk

I diskusjoner rundt kvalitet på fisk er det viktig å ha med seg at kvaliteten til den enkelte fisk ikke blir bedre enn i det øyeblikket den fanges. Unntaket er dersom fisken holdes i live og gis mulighet til å restituere seg etter fangst (Akse m.fl. 2007). Redskapsvalg og bruk er dermed vesentlig for hvordan fiskens kvalitet utvikler seg etter fangst. I dette prosjektet fisket vi hovedsakelig med juksa og garn. Dette er tradisjonelle redskaper som er mye brukt i kystnære farvann, der spesielt garn er utviklet for effektiv fangst i forhold til arbeidsinnsats. Resultatene fra fisket med juksa og garn er presentert i tidligere avsnitt (5.2), og tyder på at garn som redskap er mindre tilgivende i forhold til kvalitetsutviklingen hos fisk som har beitet nær oppdrettsanlegg, og at et kvalitetsfremmende tiltak dermed kan være å legge om fra garn til juksafiske, eventuelt andre skånsomme fiskemetoder, i slike områder.

5.3.1 Teinefangst Sessøy

Fangst av villfisk nær oppdrettsanlegg må tilpasses lokaliteten og anleggets beskaffenhet. Ettersom det medfører risiko både for faste oppdrettsinstallasjoner og fiskeredskap, vil en del fiskeredskaper ikke egne seg. Tidligere forsøk med notfiske etter sei (Ryfylkeprosjektet) viste lovende resultater, og i utgangspunktet ønsket vi å videreføre slike forsøk her. Imidlertid ansees slikt fiske for risikabelt til at Fiskeridirektoratet ville dispensere fra regelverk om avstand fra anlegg, selv i forsøkssammenheng. Vi har noen lovende resultater fra fiske med teine fra tidligere forsøk, men det mest interessante fisket var innenfor fiskeforbudssonen. I dette prosjektet fikk vi heller ikke kommersielt interessante fangster av fisk med teine utenfor fiskeforbudssonen. Det ble fanget totalt 51 fisk; 47 torsk, 3 sei og 1 steinbit. Torsken hadde stor spredning i størrelse (114-3504g; Figur 13), med bare 4 stk over 2 Kg, og rundt 75% under kiloet beregnet ut i fra rundvekt. Kondisjonsfaktoren var i gjennomsnitt på 0.88 med leverindeks på 1.22, kun den nest største torsken hadde leverindeks på over 5%. Målt med disse indikatorer syntes fisken i liten grad å være oppdrettspåvirket. Torsken hadde ikke kommersiell interessant størrelse eller fangstrate i teinene. Seien veide i 264 gram i gjennomsnitt, mens steinbiten hadde en vekt på 1032 g. Ingen av fiskene vi fanget hadde pellets i magesekken. I tillegg ble det fanget 35 taskekrabber, to trollkrabber og 11 kongesnegler i teinene. Det ble ikke gjort noen kvantitativ analyse av krabbene, men de hadde kommersiell interessant størrelse, god muskelfylde og smak (pers. medd. Tor H. Evensen).



Figur 13 Vektfordeling av torsk fanget i teine nær oppdrettsanlegg på Sessøy i Troms

En delaktivitet i AP3 var bruk av betingede responser og flytting av fisk ut fra anlegg til en avstand der den kan fanges sikkert. Nofima har tidligere fisket med stor teine ved Havbruksstasjonen i Tromsø sitt sjøanlegg på Røsnes, Ringvassøy. Dette anlegget er det Nasjonale avlsprogrammet for Torsk sitt sjøanlegg. Anlegget egner seg for praktisk uttesting av metoden, ettersom det er relativt lett tilgjengelig for gjennomføring av denne typen aktiviteter. Vi disponerer deler av anlegget uten at vi påvirker annen drift. Teinefisket foregikk med en oppskalert to-kammer teine bygget i pvc-rør. Teina var rektangulær med en kvadratisk bunn på 1.5 X 1.5 meter og en høyde på 2 meter. Teina var lokalisert like under anleggets flåte og kunne dermed opereres enkelt med hydraulisk kran. Ettersom teina er utført i plastrør har den lav egenvekt, og kan med relativt enkle modifiseringer røktes i overflatestilling uten at den løftes opp av vannet. Fisket hadde til hensikt å teste teinetypen, samt dokumentere fangst i umiddelbar nærhet til anlegget. Fangstraten ved anlegget var kommersielt interessant.

I prosjektgruppen har vi erfaring med bruk av betinging av villfisk til lyd, ved at vill torskkeyngel ble lært opp til at et gitt lydsignal betød at det var tilgang til mat på en bestemt plass (Midling m.fl. 1987). Fra fiskere og oppdrettere er det kjent at sei flytter mellom merder og anlegg når fôringen starter. Spesielt anlegg som benytter trykkluft til å transportere fôr mellom flåte og merd i rør. I denne sammenheng ønsker vi å knytte tilgangen til mat til et annet, mer distinkt og unikt lydsignal. I tillegg skal tilgangen til mat knyttes til lydkilden, slik at fisken følger lyden dersom kilden flyttes.

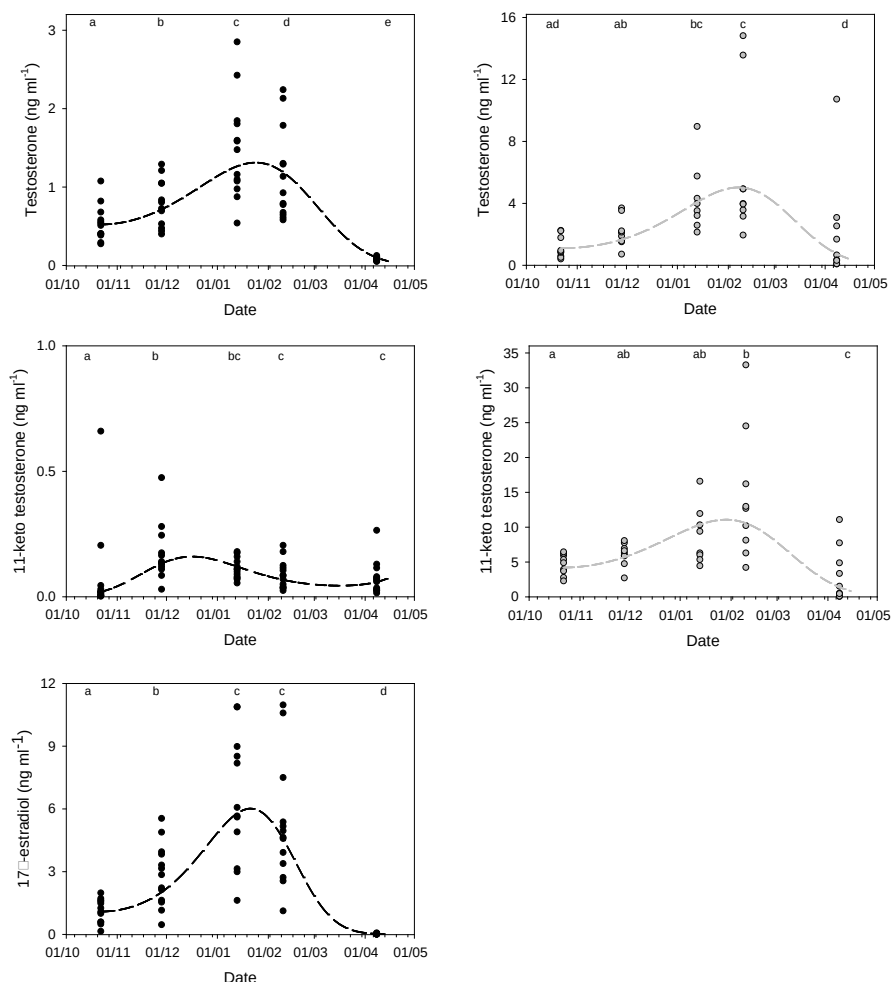
Vi har forberedt testing av denne responsen hos villfisk ved anlegg med bruk av lydsignal koblet til tilgang til fôr. Lydutstyret er montert og testet for retning, rekkevidde og frekvenser. Dette arbeidet er gjennomført i samarbeid med personell ved HI. Lydkilden, som er programmerbar, er tilknyttet en fôrautomat som aktiveres etter at lydsignalet har startet. Siste del av denne aktiviteten er per i dag ikke gjennomført. Nødvendig utstyr er rigget og klart til å gå i gang, og aktivitetene kan gjennomføres i høst forutsatt at vi fortsatt kan disponere budsjettmidlene som er avsatt i prosjektet.

5.4 Reproduksjonseffekter hos sei

5.4.1 Kjønnsmodning hos sei i fangenskap

Noen av fisken som ble fanget 2013 var kjønnsmodnende da det ble observert befruktede egg i karene våren 2014. Gytesesongen 2015 var all fisken kjønnsmoden, og det ble observert befruktede egg i eggssamlerene 13. februar til 29. mars 2015.

Utviklingen av kjønnshormoner for både hannene (T og 11-KT) og hunnene (E2, 11-KT og T) fulgte samme mønster med en økning fra oktober (første uttak) til start av gytingen, og deretter falt alle gjennom gytingen til lave verdier i april 2015 (Figur 14). Noen hanner hadde forhøyete verdier også i den målingen. Hos hannene var det en liten økning fra oktober til desember, deretter en kraftig økning til januar. Verdiene holdt seg på samme nivå i februar, før T falt til lave verdier i april (med noen unntak). 11-KT fulgte ett nesten identisk mønster. Hos hunnene fulgte E2 og T omtrent samme mønster, og samme mønster som hos hannene, med en svak økning mellom oktober og desember, kraftig økning til januar-februar, og lave verdier etter gytingen i april.



Figur 14 Plasmakonsentrasjon av 17-estradiol (E2), testosterone (T) og 11-keto testosteron (11-KT) fra oktober 2014 til april 2015 for hunnenen (venstre side, ●) og hannene (høyre side, ○). Linjene er tilpasset fra en statistisk "mixed effect" modell brukt for å sammenligne datoene, og like bokstaver viser at verdiene på de ulike måledatoene ikke er signifikant ulike ($P < 0.05$)

De histologiske undersøkelsene av ovarieprøvene viste at ved uttaket i april 2014 var fremdeles to av hunnene gytende da de hadde både hydrerte og vitellogene egg. Bare previtelogene egg ble funnet i alle biopsiprøvene frem til 22. oktober, da 3 av hunnene hadde oocytter i tidlig fase av vitellogenese med plommekorn. Overgangen fra previtellogen til vitellogen-stadiet skjedde ved en LC-størrelse på ca. 250 μm . I målingen 28. november hadde alle hunnene nådd det vitellogene stadiet. Herfra vokste oocytterne hurtig (4,6 μm dag⁻¹) frem til gyting som skjedde ved en LC-størrelse på ca. 750 μm (range 700 - 800 μm). Gjennomsnittlig diameter av de gyttede eggene var 1,17 mm (range 1,04 - 1,31). Det var en konsistent avtagende reduksjon i eggdiameter gjennom gytesesongen (Pearson korrelasjonskoeffisient $r = -0,538$, $p = 0,026$). Gjennomsnittlig fekunditet ble beregnet til 840 000 egg, range 770 000 – 930 000 egg).

Utviklingen viser i store trekk det samme mønsteret som en tidligere har sett hos andre torskefisk, selv om det er forskjeller i bl.a. start og varighet av vitellogenese og i utviklingen av de ulike vitellogene stadiene. Vitellogenese startet rundt oktober/tidlig november. Det ble heller ikke funnet noe distinkt kortikale alveoli-stadie, og i for eksempel torsk ses ikke plommekorn før LC-oocytstørrelse > 400 μm (Skjæraasen m.fl. 2010a). Start av vitellogenese virker å være betydelig senere enn observert hos torsk hvor den starter rundt høstjevndøgn (Kjesbu m.fl. 2010), og hvor biopsiprøver typisk viser vitellogene oocytter fra oktober (Kjesbu 1994; Karlsen m.fl. 2014). Generelt vil sei langs norskekysten i sør rekruttere til gytebestanden i nordsjøen (Jakobsen 1978; Homrum m.fl. 2013). Umoden fisk forblir typisk langs kysten til de er 3 år når de migrerer (Heino m.fl. 2012) før de bidrar til gytebestanden 5-6 år gamle (ICES 2015). Vi antar at selv om fisken har blitt fanget og holdt i fangenskap under andre forhold enn hva de ville opplevd i naturen har dette ikke medført betydelige endringer i forhold til en naturlig utvikling, og gytesesongen er tilsvarende som observert for vill nordsjøsei (ICES 2015). Gytesesongen er tilsvarende som observert for torsk, selv om vitellogenese starter senere, og overgangen fra previtellogen til vitellogenese skjer ved en oocytstørrelse rundt ca 250 μm . Dette er tilsvarende som tidligere observert hos torsk (Kjesbu m.fl. 2010). Hydreringen og etterfølgende gyting skjer ved en oocytstørrelse rundt 750 μm , betydelig mindre enn hos torsk (875 μm , Kjesbu m.fl. 2010).

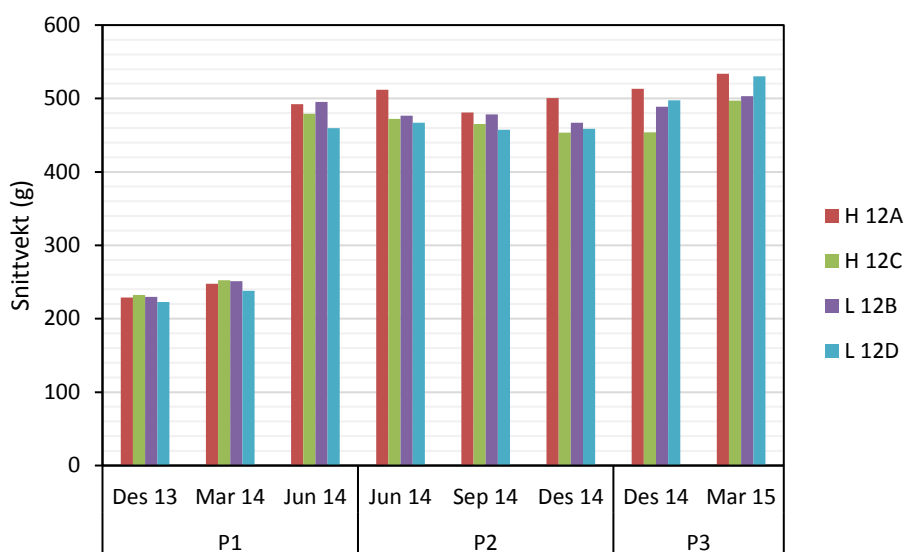
Utviklingen av kjønnshormoner er som tidligere observert i torsk og hyse. Hos hunnfisk fremmer E2 syntesen av eggeskallsproteiner og vitellogenin (Tyler & Sumpter, 1996; Lubzens m.fl. 2010). I modnende torsk økte både T og E2 fra det previtellogene til det kortikale alveolistadiet (Karlsen m.fl., 2014), og T øker til tidlige vitellogenese og faller gjennom gytingen, mens E2 forblir forhøyet gjennom store deler av gyteperioden. Ett tilsvarende mønster ses hos sei. Det er også indikert at bl.a. 11-KT stimulerer oocyttevekst i den primære vekstfasen hos torsk (Kortner m.fl. 2008, 2009). Vi observerte en liten, men signifikant økning i 11-KT mellom oktober og november i overgangen fra previtellogenese til vitellogenese. Også hos hannene fulgte utviklingen av T og 11-KT samme mønster som hos bl.a. torsk (Dahle m.fl. 2003; Skjæraasen m.fl. 2004; Almeida m.fl. 2009). De høye nivåene i april hos noen torsk indikerer at de fremdeles var gytende.

Kjønnsmodningsprosessen hos sei gjennom en gytesesong med utviklingen av gonadene samt hormonprofiler er beskrevet, og kunnskapen kan derfor brukes for å bestemme utviklingen av kjønnsmodning hos juvenil sei.

5.4.2 Vekst og alder ved kjønnsmodning

Aldersanalyser basert på otolittstudier (N = 172) indikerer at fisken brukt i forsøket var enten 1 eller to år da de ble fanget høsten 2013 (årsskiftet brukes som skifte i alder), dvs. at de er fra hhv. 2012 eller 2011 årsklassen.

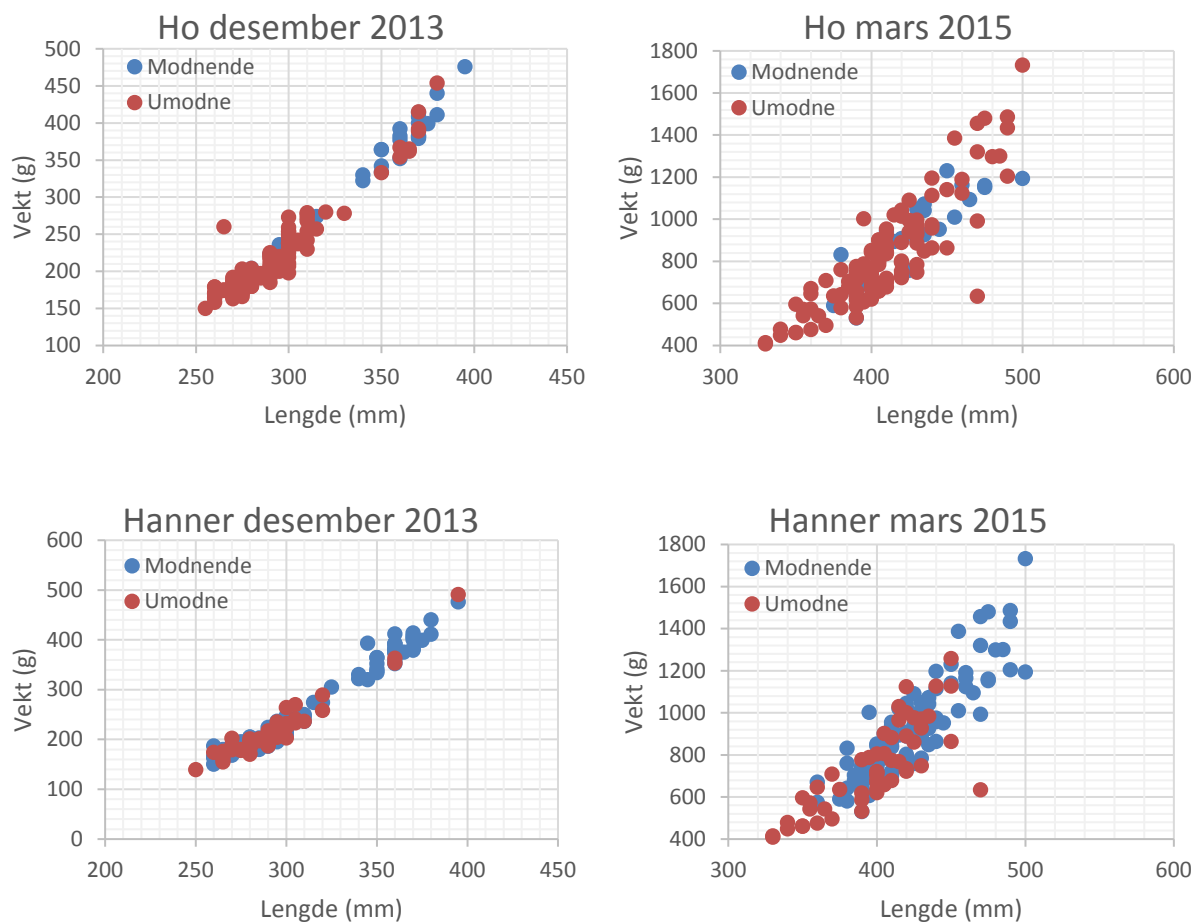
Bare en andel av fisken spiste så mye at de hadde en klar positiv tilvekst. En del av fisken viste tilnærmet ingen endring av vekten gjennom hele forsøksperioden. Fôrbehandlingen har derfor ikke gitt store utslagene i tilvekst målt som snittvekt i gruppene. Snittvekten for merdene i de ulike tidsperiodene viser en svak tilvekst (Figur 15.). Noe av dette kan også forklares ved at bare fisk med positiv tilvekst ble brukt i prøveuttak, slik at den reelle veksten trolig er høyere.



Figur 15 Snittvekt i de ulike merdene gjennom forsøksperioden. Merd H 12A og H 12C er gitt full rasjon, mens L 12B og L 12D er gitt halv rasjon. Merk at fisk er flyttet mellom merdene juni og desember 2014

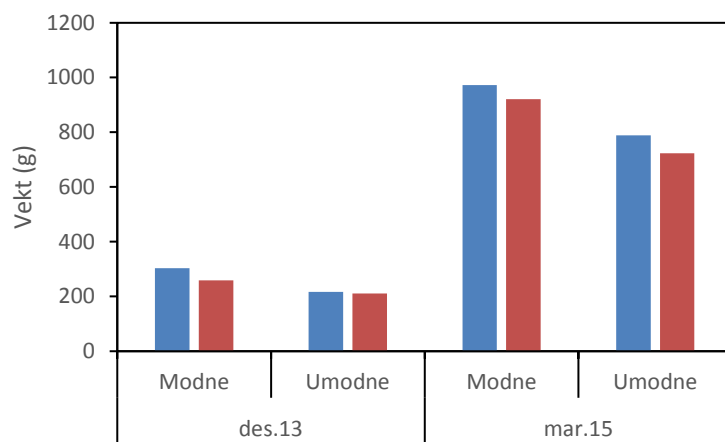
Andel kjønnsmodne fisk våren 2015 var ikke relatert til selve behandlingen, men til veksten fisken hadde. Totalt var 17% (N = 144) av hunnene modne våren 2015 (dvs. som 3 eller 4 åringer), denne andelen var økt til 55% (N = 20) året etter. Andelen modne hanner var høyere, 62% i 2015 (N = 163) og 48 % i 2016 (N = 23).

Fisk som ikke viste tilvekst i forsøksperioden var heller ikke gyttende våren 2015. Av fisk som hadde en klar tilvekst var det en tendens til at fisken som modnet var noe større (bedre tilvekst), men der er ingen klare grenseverdier for vekst eller størrelse da fisk fra 500 til 1500 g modnet, selv om det hos hannene ble observert at all fisken over 1 kg modnet (Figur 16).



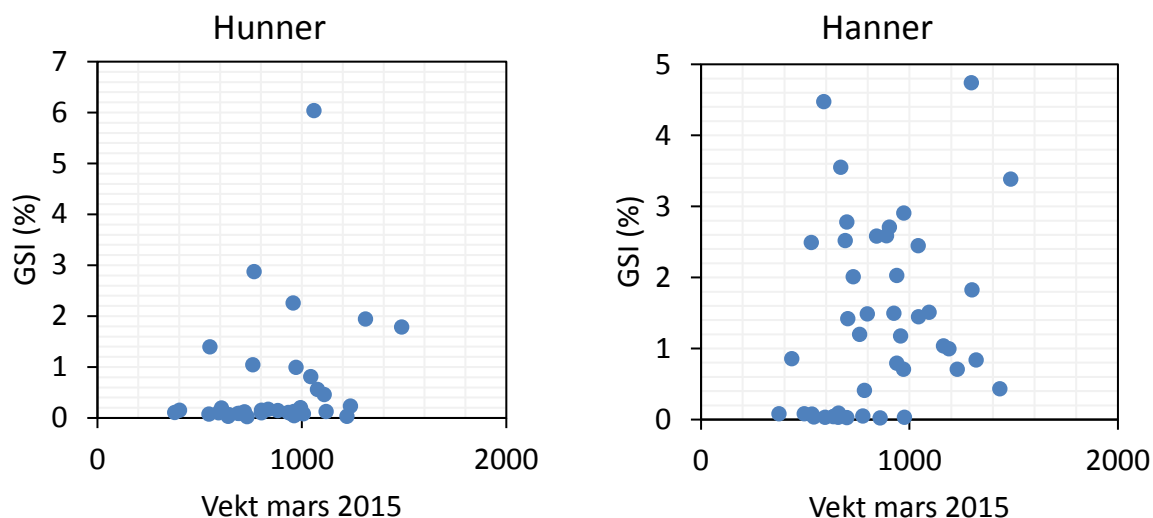
Figur 16 Lengde mot vekt ved forsøksstart (desember 2013) og forsøksslutt (mars 2015) for hann og hunnsei som var moden eller umoden mars 2015

Sei klassifisert som modnende i mars 2015 var noe større enn de som ikke ble klassifisert som modne både ved forsøksstart i desember 2013 og ved forsøksslutt i mars 2015 (Figur 17). Det er også noe høyere snittvekt hos hunnene i dette forsøket, både hos de som kjønnsmodnet og de som forble umodne (Figur 17).



Figur 17 Snittvekt i desember 2013 og mars 2015 for fisk som modnet eller var umodnet i mars 2015. Hunnfisk angitt i de blå søylene til venstre, hannfisk i røde søyer til høyre

Gonadevekten som andel av totalvekt (GSI, %) viser ingen signifikant økende trend med økende fiskestørrelse (Figur 18).



Figur 18 Gonadosomatisk indeks (GSI, %) hos sei i mars 2015 mot vekt for hanner og hunner

Sei i Sør-Norge gyter i nordlige Nordsjøen i en alder av 4-6 år, yngelen driver inn til kysten av Norge hvor den vokser opp og holder seg til den er 2-3 år gammel hvorpå den migrerer ut fra kysten igjen. Beiteområdet for eldre sei er i Nordsjøen. Det er imidlertid også rapportert om at sei gyter inne i fjorder, men omfanget er ukjent. Sei er en flergangsgyter som trolig gyter hvert år etter at den er blitt kjønnsmoden.

Det er vist, spesielt i laksefisk, at energitilgang eller energistatus (spesielt fettreserver) i gitte kritiske tidsperioder må overstige en genetisk bestemt grense for at modningsprosessen fortsetter frem til gyting. Fra forsøk med fisk i oppdrett ser en nesten alltid at fisken blir kjønnsmoden ved en lavere alder og ved en mindre størrelse enn i naturen, antagelig grunnet bedre energitilgang og økt vekt (Thorpe 1986). Dette er vist både for torsk og hyse hvor all fisken kjønnsmodner to år gamle i oppdrett (e.g. Braaten 1984; Davie m.fl. 2007), noe som er minst ett år tidligere enn i naturen. Hos laks er lipidreservene viktige for kjønnsmodningstidspunktet (Rowe m.fl. 1991) og tidlig modning kan forhindres ved å sulte fisk i gitte tidsperioder (vinduer) (Thorpe 1986; 1994; Rowe & Thorpe 1990; Thorpe m.fl. 1990). Dette indikerer at enten energitilgang eller energistatus (spesielt fettreserver) i gitte tidsvinduer er viktig, hvor modningsprosessen bare fortsetter hos fisk med bedre status enn den genetisk betingede grensen (Thorpe 1986, 1994).

Hos torsk er det vist at andelen av fisk som kjønnsmodner som 2 åringer er påvirket av fôrrasjon (og muligens aktivitet/energiforbruk) året før. I et forsøk der torsk klekket våren 1999 ble gitt tre ulike rasjoner fra oktober 1999 til juni året etter, og deretter ble fôret til metthet frem til gytesesongen 2001, så man f. eks. at andelen modne hunner var korrelert med fôrrasjon året før (Dahle m.fl. upublisert). Disse resultatene indikerer derfor at energitilgang over ett år før gyting (mellom oktober og mai) er viktig for kjønnsmodningen. Andre forsøk hvor en har gitt 1+ torsk reduserte rasjoner har ikke dette resultert i redusert andel som kjønnsmodner, eller relativ fekunditet (antall egg produsert / fiskevekt) (Lehman m.fl. 1991; Kjesbu m.fl. 1991; Kjesbu & Holm 1994; Karlsen m.fl. 1995), bortsett fra

om det er svært reduserte rasjoner som tilbys (Kjesbu m.fl. 1991). Alder ved modning hos torskefisk henger derfor høyst trolig sammen med energitilgang og vekst.

I dette forsøket kjønnsmodent ingen av fiskene som ikke hadde mer enn 50% tilvekst. Dette kan skyldes at fisken ikke har håndtert oppdrettssituasjonen og vektlegges ikke her. Av fisk som vokste var andelen av kjønnsmodne hanner høyere enn hos hunnene i mars 2015 når fisken er 3 (noen få 4) år. Det er klart en tendens til at de aller største faktisk kjønnsmodent, og det er en tendens til at det er de som var størst i 2013 (3-åringene) som modnet. Allikevel ser en at spesielt noen av hannene fremskynder modningen i forhold til hva som måttet kunne forventes fra naturen (4-6 år gamle), men andelen er langt lavere enn hva som var forventet ut i fra erfaringen med torsk og hyse i oppdrett. Veksten oppnådd i dette forsøket har derfor i langt mindre grad enn forventet fremskyndet alder ved kjønnsmodning, da spesielt for hunnene.

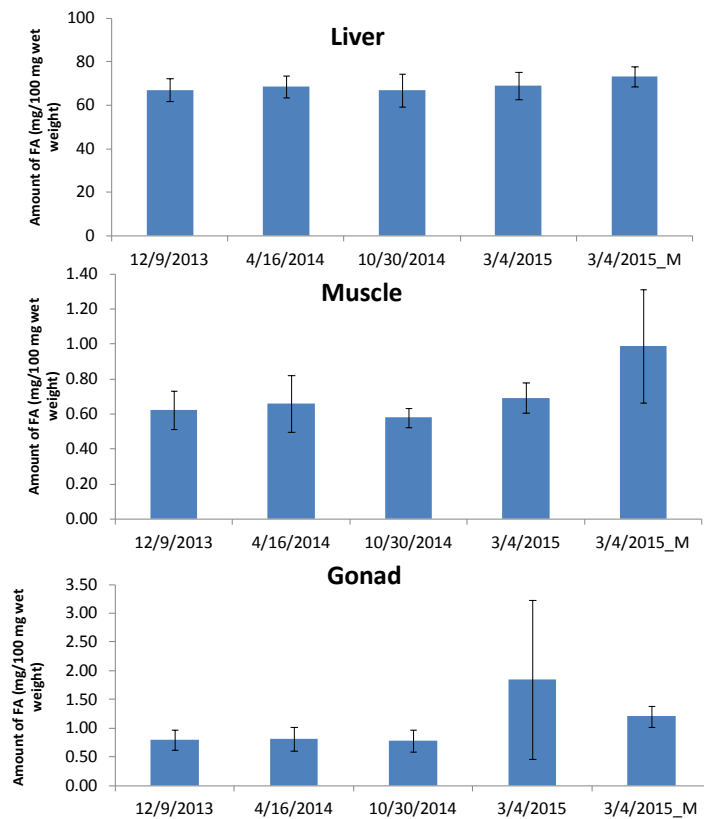
Hos torskefisk skjer den første veksten av eggemnene fra tidlig høst (september), og disse fortsetter å vokse frem til de gytes, og tilsvarende er nylig vist for sei i fangenskap (Skjæraasen m.fl., in press). Da torskefisk er porsjonsgytere betyr det at veksten av eggemnene fortsetter selv om fisken har startet gytingen. Veksten av eggemnene avhenger av lagrede protein og fett (Dambergs 1964; Krivobok & Tokareva, 1973; Kjesbu m.fl. 1991). En kan dermed forvente at fisk i god kondisjon vil være i stand til å produsere flere egg enn fisk i dårlig kondisjon. Vi fant ingen klar sammenheng mellom gonadestørrelse og fiskestørrelse. Målinger av GSI gir ikke et entydig svar på investeringen i reproduksjon. Både for torsk og hyse er det også vist at antallet egg gytt går ned ved redusert fôring (Hislop m.fl., 1978; Kjesbu m.fl., 1991). Torsk ser ut til å "klargjøre" flere egg til gyting enn hva som gytes i og med at reelt antall egg som gytes nedreguleres ved atresi, dvs. fisken reabsorberer eggene før de gytes. Det er vist at torsk i god kondisjon har mindre atresi. Det er enda ikke vist om og eventuelt i hvilken grad en diett bestående av spillfôr faktisk fører til økt fekunditet hos sei, selv om målinger av relativ gonadestørrelse kan tyde på at dette er tilfelle.

Det var meningen å sammenligne fekunditet til oppdrettsassosiert villfanget sei med kontrollsei. Det viste seg svært vanskelig å få gjennomført dette forøket da det ikke ble funnet modne sei som kunne brukes i forøket. Det ble derfor gjennomført ett forøk med torsk hvor reell fekunditet til torsk fanget nært og langt borte fra oppdrettsanlegg ble sammenlignet. Dette forøket ble gjennomført våren 2016. Det viste seg at forskjellen mellom gruppene var svært liten, og det ga da få utslag både i fekunditet og overlevelse til avkommet.

5.4.3 Fettsyreprofil

Prøvene analysert for fettsyrer ble hentet fra fisk fra start til slutt av forsøket (Tabell 5), og på siste prøvetaking ble også hann- og hunnfisk skilt for å se i hvilken grad deres gonader var ulikt influert av dietten.

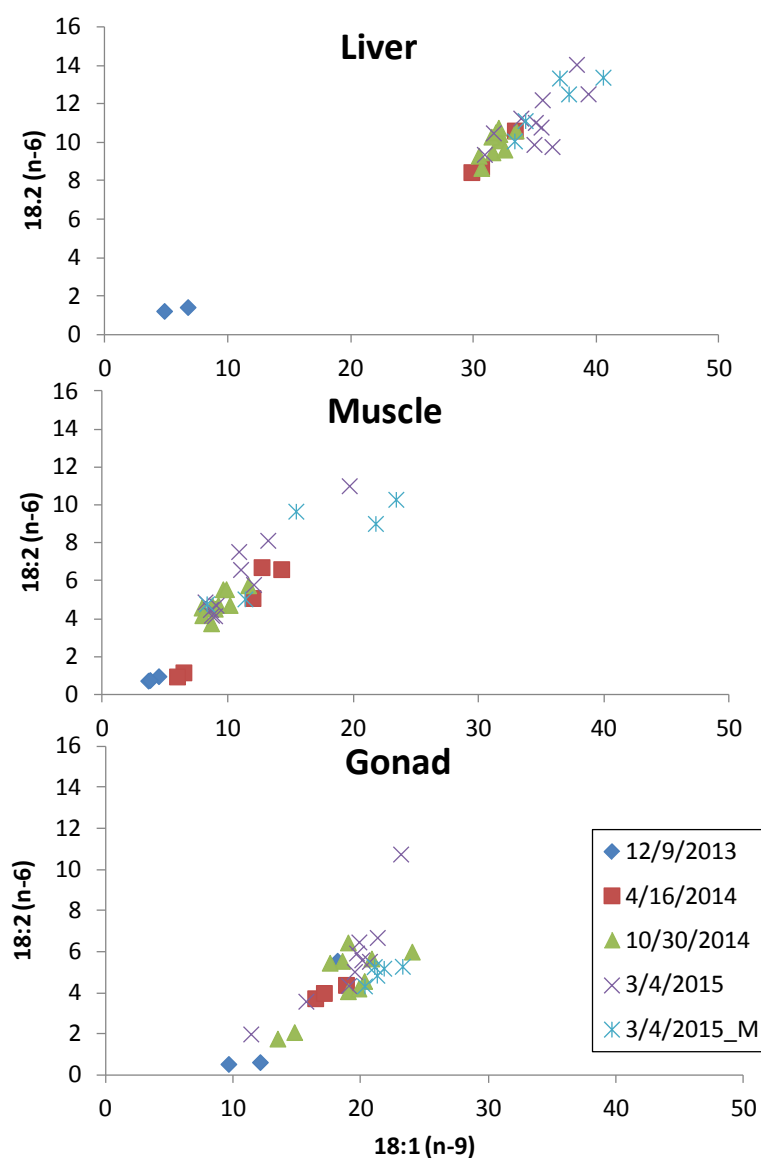
Totalmengde fettsyrer i muskelen holdt seg relativt stabilt mellom $0,58 \pm 0,05$ % og $0,99 \pm 0,32$ gjennom forsøksperioden (Figur 19). I leveren varierte totalmengden mellom 67 og 73%. Gonadenes innhold var stabil rundt 0,8 % fra forsøksstart til oktober 2014, men var økt til $1,8 \pm 1,4$ og $1,2 \pm 0,2$ % hos hunnene og hannene respektivt i mars 2015.



Figur 19 Totalmengde fettsyrer (snitt $\pm$ SD) i lever, muskel og gonader. _M indikerer at prøvene er fra hanner, de øvrige er hunner

Analysene viser at laksefôret økte andelen av de terrestriske fettsyrene 18:2 (N-6) og 18:1 (N-9) i alle tre vevene undersøkt fra start til slutt (Figur 20). Spesielt i leveren fremkommer det en relativt hurtig innlagring av disse fettsyrene.

I alle tre vevene ses en endring i sammensetningen av fettsyrer fra fisken ble tatt inn (desember 2013) og etter at den har spist laksefôr (Tabell 11-14). Andelen disse fettsyrene utgjør av totalen (i %) øker gjennom forsøksperioden, og viser også at de akkumuleres i gonadene til både hannene og hunnene, men at det er en større andel av disse i lagringsorganet leveren enn i muskel og gonader.



Figur 20 De to terrestre fettsyremarkørene 18:1 (n-9) og 18:2 (n-6) plottet mot hverandre for lever, muskel og gonade

Andelen mettede fettsyrer (FS) i muskel, lever og gonader sank noe utover i forsøksperioden (Tabell 11-13). Andelen flerumettede fettsyrer (PUFA) var relativt stabilt, men var noe lavere i hanngonadene mars 2015. Enumettede fettsyrer (MUFA) økte noe i alle tre vevene fra desember 2013. Forholdet mellom n-3:n-6 sank betydelig utover forsøksperioden, spesielt i muskel og lever, men også noe i gonadene. Forholdet i mars 2015 var 4,5 – 5,5 % i muskel, 1,3-1,6 i lever og 3,7-4,3 i gonadene.

Tabell 11-13 Fettsyreprofilene i muskel lever og gonader hos sei føret med oppdrettsfôr. Fettsyrer som utgjør mindre enn 0,1 % er tatt ut av beregningene. Totalmengden fettsyrer relativt til våtvekt er gitt nederst i tabellene. Data er oppgitt som snitt ± stdev

	12/9/2013 (n=3) Muscle	4/16/2014 (n=5) Muscle	10/30/2014 (n=10) Muscle	3/4/2015 (n=10) Muscle	3/4/2015 (n=6) Muscle
Amount FA (mg/100 mg wet weight)	0.62 ± 0.11	0.66 ± 0.16	0.58 ± 0.05	0.69 ± 0.09	0.99 ± 0.32
Amount Chol (mg/100 mg wet weight)	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00
14:0	1.29 ± 0.19	1.39 ± 0.46	0.39 ± 0.08	0.45 ± 0.10	0.49 ± 0.12
Iso 15:0	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.03	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01
15:0	0.44 ± 0.04	0.26 ± 0.03	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.12 ± 0.01
Iso 16:0	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01
16:0	17.24 ± 0.55	15.36 ± 1.13	18.02 ± 0.96	17.37 ± 1.68	14.85 ± 2.39
Iso 17:0	0.15 ± 0.00	0.19 ± 0.04	0.11 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.02
Antiso 17:0	0.05 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.00
17:0	0.36 ± 0.05	0.24 ± 0.03	0.19 ± 0.02	0.21 ± 0.02	0.23 ± 0.04
iso 18:0	0.15 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01
18:0	4.88 ± 0.37	4.88 ± 0.72	6.36 ± 0.41	5.77 ± 0.66	5.91 ± 0.33
20:0	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.02 ± 0.00	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02
SFA	24.65 ± 0.63	22.61 ± 1.42	25.34 ± 1.07	24.18 ± 2.06	21.88 ± 2.53
16:1 (n-11)	0.08 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.15 ± 0.05	0.14 ± 0.03	0.13 ± 0.03
16:1 (n-9)	0.25 ± 0.03	0.26 ± 0.02	0.28 ± 0.03	0.35 ± 0.05	0.39 ± 0.10
16:1 (n-7)	0.83 ± 0.20	1.19 ± 0.56	0.40 ± 0.07	0.46 ± 0.15	0.63 ± 0.20
16:1 (n-5)	0.27 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.01
17:1 (n-8)	0.04 ± 0.01	0.13 ± 0.07	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.04
18:1 (n-11)	1.37 ± 0.36	0.82 ± 0.19	0.35 ± 0.07	0.32 ± 0.09	0.41 ± 0.14
18:1 (n-9)	3.96 ± 0.44	10.26 ± 3.80	9.26 ± 1.11	11.03 ± 3.47	16.05 ± 6.50
18:1 (n-7)	1.29 ± 0.04	2.21 ± 0.10	1.61 ± 0.19	1.76 ± 0.25	2.21 ± 0.57
18:1 (n-5)	0.14 ± 0.02	0.19 ± 0.06	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.10 ± 0.03
20:1 (n-11)	0.47 ± 0.21	0.29 ± 0.06	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.04	0.18 ± 0.12
20:1 (n-9)	2.24 ± 1.19	1.61 ± 0.49	0.51 ± 0.07	0.63 ± 0.24	1.25 ± 0.76
20:1 (n-7)	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.02
22:1 (n-11)	1.09 ± 0.78	0.62 ± 0.36	0.14 ± 0.02	0.19 ± 0.12	0.43 ± 0.31
22:1 (n-9)	0.11 ± 0.04	0.12 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.03
22:1 (n-7)	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
24:1 (n-9)	1.11 ± 0.08	1.31 ± 0.41	1.11 ± 0.23	0.87 ± 0.19	0.65 ± 0.17
24:1 (n-7)	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.02	0.08 ± 0.04
MUFA	13.43 ± 3.25	19.45 ± 4.92	14.32 ± 1.36	16.24 ± 4.17	22.79 ± 8.42
16:4 (n-1)	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.03	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.04	0.06 ± 0.02
16:2 (n-4)	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.06	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01
16:3 (n-4)	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.03	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01
18:2 (n-4)	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.10 ± 0.02
18:2 (n-7)	0.00 ± 0.00	0.03 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.07 ± 0.02
18:2 (n-6)	0.83 ± 0.13	4.11 ± 2.86	4.81 ± 0.64	6.16 ± 2.22	7.77 ± 2.64
18:3 (n-6)	0.03 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.08 ± 0.02
20:2 (n-6)	0.16 ± 0.03	0.29 ± 0.03	0.19 ± 0.05	0.20 ± 0.05	0.27 ± 0.09
20:3 (n-6)	0.05 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.02
20:4 (n-6)	1.55 ± 0.32	1.52 ± 0.56	2.28 ± 0.23	2.25 ± 0.56	1.77 ± 0.42
22:4 (n-6)	0.11 ± 0.00	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01
22:5 (n-6)	0.53 ± 0.08	0.45 ± 0.05	0.56 ± 0.04	0.53 ± 0.03	0.49 ± 0.06
18:3 (n-3)	0.44 ± 0.07	1.33 ± 0.91	0.80 ± 0.22	1.15 ± 0.71	1.50 ± 0.66
18:4 (n-3)	0.48 ± 0.11	0.51 ± 0.25	0.15 ± 0.03	0.15 ± 0.09	0.20 ± 0.08
20:3 (n-3)	0.08 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.08 ± 0.04
20:4 (n-3)	0.49 ± 0.09	0.50 ± 0.09	0.30 ± 0.03	0.30 ± 0.08	0.34 ± 0.11
20:5 (n-3)	15.18 ± 2.60	13.14 ± 1.56	13.90 ± 1.24	13.77 ± 1.78	12.06 ± 1.75
21:5 (n-3)	0.20 ± 0.04	0.19 ± 0.05	0.13 ± 0.02	0.15 ± 0.05	0.20 ± 0.08
22:5 (n-3)	1.10 ± 0.14	1.23 ± 0.11	1.41 ± 0.22	1.47 ± 0.33	1.51 ± 0.21
22:6 (n-3)	40.15 ± 0.68	33.79 ± 6.94	35.12 ± 1.45	32.72 ± 4.33	28.41 ± 8.25
24:5 (n-3)	0.33 ± 0.11	0.28 ± 0.03	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01	0.21 ± 0.04
PUFA	61.92 ± 2.63	57.94 ± 4.11	60.34 ± 1.41	59.59 ± 2.88	55.33 ± 6.43
(n-3) PUFA	58.45 ± 2.62	51.08 ± 6.59	52.05 ± 1.64	49.98 ± 4.40	44.52 ± 8.43
(n-6) PUFA	3.26 ± 0.07	6.58 ± 2.58	8.07 ± 0.55	9.36 ± 1.84	10.54 ± 2.38
(n-3)/(n-6)	17.92 ± 0.50	9.45 ± 5.47	6.48 ± 0.58	5.56 ± 1.23	4.56 ± 1.95

Tabell 12

	12/9/2013 (n=2) Liver	4/16/2014 (n=3) Liver	10/30/2014 (n=10) Liver	3/4/2015 (n=10) Liver	3/4/2015 (n=6) Liver
Amount FA (mg/100 mg wet weight)	67.02 ± 5.22	68.59 ± 4.89	66.96 ± 7.57	68.97 ± 6.27	73.16 ± 4.50
Amount Chol (mg/100 mg wet weight)	0.18 ± 0.03	0.10 ± 0.01	0.21 ± 0.08	0.15 ± 0.07	0.12 ± 0.03
14:0	5.82 ± 0.26	2.86 ± 0.01	2.24 ± 0.22	1.92 ± 0.33	1.86 ± 0.29
Iso 15:0	0.37 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.02
15:0	0.62 ± 0.10	0.25 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.20 ± 0.03	0.19 ± 0.03
Iso 16:0	0.09 ± 0.04	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.00	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02
16:0	11.36 ± 0.18	12.96 ± 1.48	11.21 ± 0.98	10.10 ± 0.95	9.59 ± 1.10
Iso 17:0	0.38 ± 0.09	0.21 ± 0.03	0.22 ± 0.02	0.20 ± 0.03	0.18 ± 0.02
Antiso 17:0	0.16 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.00	0.09 ± 0.01	0.09 ± 0.01
17:0	0.32 ± 0.05	0.19 ± 0.02	0.25 ± 0.03	0.23 ± 0.03	0.20 ± 0.02
iso 18:0	0.25 ± 0.03	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02
18:0	2.27 ± 0.00	3.00 ± 0.28	5.36 ± 0.57	5.02 ± 0.87	4.72 ± 0.58
20:0	0.10 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.12 ± 0.03
SFA	21.74 ± 0.16	20.02 ± 1.87	20.01 ± 1.06	18.08 ± 1.76	17.17 ± 1.68
16:1 (n-11)	0.15 ± 0.00	0.09 ± 0.00	0.15 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.13 ± 0.01
16:1 (n-9)	0.25 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.48 ± 0.06	0.59 ± 0.14	0.53 ± 0.05
16:1 (n-7)	4.42 ± 0.60	4.07 ± 0.23	3.23 ± 0.24	2.90 ± 0.46	2.85 ± 0.43
16:1 (n-5)	0.24 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01
17:1 (n-8)	0.16 ± 0.18	0.33 ± 0.03	0.29 ± 0.03	0.28 ± 0.03	0.27 ± 0.04
18:1 (n-11)	3.77 ± 0.37	0.57 ± 0.04	0.81 ± 0.11	0.78 ± 0.17	0.78 ± 0.27
18:1 (n-9)	5.76 ± 1.35	31.27 ± 1.86	31.80 ± 0.88	35.15 ± 2.63	36.56 ± 2.89
18:1 (n-7)	1.86 ± 0.33	3.07 ± 0.08	3.74 ± 0.15	3.91 ± 0.29	3.81 ± 0.18
18:1 (n-5)	0.28 ± 0.02	0.25 ± 0.02	0.23 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.19 ± 0.03
20:1 (n-11)	1.73 ± 0.12	0.90 ± 0.00	0.74 ± 0.07	0.65 ± 0.12	0.54 ± 0.14
20:1 (n-9)	10.05 ± 1.07	4.26 ± 0.62	3.97 ± 0.27	3.55 ± 0.51	3.33 ± 0.48
20:1 (n-7)	0.22 ± 0.04	0.15 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.02
22:1 (n-11)	13.42 ± 2.65	4.91 ± 0.43	3.10 ± 0.45	2.28 ± 0.65	2.26 ± 0.79
22:1 (n-9)	0.82 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.37 ± 0.03	0.30 ± 0.06	0.31 ± 0.07
22:1 (n-7)	0.10 ± 0.00	0.05 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01
24:1 (n-9)	0.80 ± 0.10	0.36 ± 0.09	0.24 ± 0.04	0.19 ± 0.05	0.19 ± 0.06
24:1 (n-7)	0.03 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.00	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.00
MUFA	44.06 ± 1.76	51.13 ± 1.73	49.43 ± 0.53	51.15 ± 0.94	51.96 ± 0.99
16:4 (n-1)	0.31 ± 0.06	0.32 ± 0.02	0.19 ± 0.02	0.15 ± 0.04	0.13 ± 0.03
16:2 (n-4)	0.49 ± 0.04	0.26 ± 0.01	0.27 ± 0.01	0.24 ± 0.04	0.24 ± 0.03
16:3 (n-4)	0.30 ± 0.05	0.20 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.03
18:2 (n-4)	0.17 ± 0.02	0.15 ± 0.01	0.21 ± 0.02	0.21 ± 0.02	0.21 ± 0.02
18:2 (n-7)	0.05 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.03	0.14 ± 0.02	0.15 ± 0.05
18:2 (n-6)	1.34 ± 0.14	9.27 ± 1.18	9.98 ± 0.68	11.14 ± 1.44	12.09 ± 1.45
18:3 (n-6)	0.10 ± 0.00	0.10 ± 0.01	0.14 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.15 ± 0.03
20:2 (n-6)	0.27 ± 0.01	0.25 ± 0.00	0.36 ± 0.04	0.41 ± 0.06	0.40 ± 0.04
20:3 (n-6)	0.04 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.07 ± 0.00	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01
20:4 (n-6)	0.27 ± 0.02	0.24 ± 0.02	0.32 ± 0.03	0.30 ± 0.04	0.29 ± 0.04
22:4 (n-6)	0.19 ± 0.04	0.05 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01
22:5 (n-6)	0.21 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.11 ± 0.01
18:3 (n-3)	1.15 ± 0.10	3.38 ± 0.32	3.60 ± 0.29	3.83 ± 0.72	4.28 ± 0.65
18:4 (n-3)	2.57 ± 0.12	1.53 ± 0.14	1.12 ± 0.07	0.95 ± 0.17	0.96 ± 0.09
20:3 (n-3)	0.17 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.14 ± 0.01
20:4 (n-3)	0.69 ± 0.04	0.36 ± 0.04	0.44 ± 0.02	0.44 ± 0.05	0.43 ± 0.04
20:5 (n-3)	7.97 ± 0.40	4.84 ± 0.28	5.29 ± 0.21	5.01 ± 0.48	4.83 ± 0.68
21:5 (n-3)	0.35 ± 0.00	0.21 ± 0.01	0.24 ± 0.01	0.24 ± 0.02	0.22 ± 0.02
22:5 (n-3)	1.33 ± 0.20	0.78 ± 0.13	0.99 ± 0.05	0.98 ± 0.14	0.89 ± 0.08
22:6 (n-3)	15.69 ± 0.86	6.42 ± 0.86	6.47 ± 0.39	5.86 ± 0.90	4.89 ± 0.95
24:5 (n-3)	0.53 ± 0.02	0.16 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.02
PUFA	34.20 ± 1.93	28.85 ± 0.61	30.56 ± 1.14	30.78 ± 1.75	30.87 ± 1.38
(n-3) PUFA	30.45 ± 1.61	17.75 ± 1.12	18.41 ± 0.63	17.56 ± 1.21	16.72 ± 1.18
(n-6) PUFA	2.42 ± 0.15	10.06 ± 1.13	11.08 ± 0.73	12.25 ± 1.37	13.19 ± 1.40
(n-3)/(n-6)	12.58 ± 0.11	1.78 ± 0.29	1.67 ± 0.11	1.45 ± 0.19	1.28 ± 0.19

Tabell 13

	12/9/2013 (n=4) gonad	4/16/2014 (n=3) gonad	10/30/2014 (n=10) gonad	3/4/2015 (n=10) gonad	3/4/2015 (n=6) gonad
Amount FA (mg/100 mg wet weight)	0.80 ± 0.18	0.81 ± 0.21	0.78 ± 0.19	1.85 ± 1.38	1.20 ± 0.19
Amount Chol (mg/100 mg wet weight)	0.15 ± 0.03	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.05	0.23 ± 0.11	0.30 ± 0.08
14:0	1.80 ± 0.40	1.47 ± 0.47	1.26 ± 0.28	0.99 ± 0.46	1.63 ± 0.23
Iso 15:0	0.11 ± 0.04	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.09 ± 0.01
15:0	0.49 ± 0.16	0.25 ± 0.06	0.21 ± 0.04	0.20 ± 0.12	0.17 ± 0.02
Iso 16:0	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00	0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.00
16:0	17.61 ± 1.01	17.70 ± 1.14	17.30 ± 1.21	14.81 ± 3.20	16.56 ± 1.01
Iso 17:0	0.60 ± 0.15	0.43 ± 0.03	0.43 ± 0.09	0.33 ± 0.14	0.25 ± 0.16
Antiso 17:0	0.18 ± 0.05	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.03	0.10 ± 0.03	0.06 ± 0.03
17:0	0.39 ± 0.09	0.23 ± 0.02	0.22 ± 0.01	0.24 ± 0.07	0.24 ± 0.03
iso 18:0	0.41 ± 0.15	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.04	0.14 ± 0.09	0.08 ± 0.04
18:0	5.96 ± 0.48	5.70 ± 1.01	6.01 ± 0.71	5.30 ± 1.28	6.25 ± 1.25
20:0	0.10 ± 0.04	0.08 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.08 ± 0.06	0.07 ± 0.02
SFA	27.70 ± 1.17	26.26 ± 1.34	25.89 ± 1.11	22.28 ± 4.20	25.44 ± 1.90
16:1 (n-11)	0.53 ± 0.03	0.51 ± 0.11	0.52 ± 0.14	0.39 ± 0.16	0.29 ± 0.13
16:1 (n-9)	0.76 ± 0.40	1.37 ± 0.21	1.38 ± 0.63	1.73 ± 1.07	0.56 ± 0.36
16:1 (n-7)	1.22 ± 0.12	1.68 ± 0.20	1.41 ± 0.35	1.21 ± 0.37	0.87 ± 0.64
16:1 (n-5)	0.17 ± 0.03	0.13 ± 0.03	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.04	0.06 ± 0.01
17:1 (n-8)	0.28 ± 0.08	0.22 ± 0.05	0.17 ± 0.03	0.20 ± 0.07	0.15 ± 0.05
18:1 (n-11)	1.42 ± 0.67	0.61 ± 0.02	0.41 ± 0.15	0.46 ± 0.40	0.29 ± 0.11
18:1 (n-9)	12.67 ± 3.78	17.45 ± 1.24	18.71 ± 2.99	19.02 ± 3.28	21.52 ± 1.11
18:1 (n-7)	2.41 ± 0.30	2.98 ± 0.08	2.86 ± 0.25	2.91 ± 0.44	2.43 ± 0.28
18:1 (n-5)	0.22 ± 0.06	0.17 ± 0.04	0.15 ± 0.04	0.17 ± 0.04	0.13 ± 0.03
20:1 (n-11)	0.61 ± 0.32	0.25 ± 0.11	0.19 ± 0.06	0.20 ± 0.13	0.24 ± 0.06
20:1 (n-9)	2.55 ± 0.77	1.77 ± 0.53	1.46 ± 0.22	1.68 ± 0.51	1.21 ± 0.32
20:1 (n-7)	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.03 ± 0.01
22:1 (n-11)	0.90 ± 0.35	0.76 ± 0.66	0.48 ± 0.26	0.42 ± 0.24	0.36 ± 0.20
22:1 (n-9)	0.30 ± 0.05	0.30 ± 0.03	0.29 ± 0.06	0.28 ± 0.24	0.28 ± 0.04
22:1 (n-7)	0.06 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.02 ± 0.01	0.05 ± 0.01
24:1 (n-9)	3.85 ± 1.10	2.88 ± 0.28	2.92 ± 0.74	2.42 ± 1.08	2.19 ± 0.35
24:1 (n-7)	0.32 ± 0.15	0.14 ± 0.05	0.13 ± 0.13	0.05 ± 0.07	0.04 ± 0.05
MUFA	28.33 ± 1.54	31.33 ± 1.20	31.29 ± 2.41	31.31 ± 2.41	30.70 ± 2.43
16:4 (n-1)	0.18 ± 0.02	0.22 ± 0.06	0.24 ± 0.07	0.18 ± 0.11	0.06 ± 0.07
16:2 (n-4)	0.06 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.02
16:3 (n-4)	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.02 ± 0.02
18:2 (n-4)	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.04	0.09 ± 0.01	0.11 ± 0.03	0.09 ± 0.01
18:2 (n-7)	0.04 ± 0.04	0.10 ± 0.03	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.10 ± 0.02
18:2 (n-6)	1.80 ± 2.51	4.04 ± 0.33	4.59 ± 1.60	5.60 ± 2.30	4.99 ± 0.41
18:3 (n-6)	0.03 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
20:2 (n-6)	0.30 ± 0.14	0.56 ± 0.10	0.48 ± 0.14	0.46 ± 0.16	0.39 ± 0.04
20:3 (n-6)	0.08 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.01
20:4 (n-6)	4.24 ± 0.35	4.00 ± 0.98	4.19 ± 0.78	3.32 ± 1.37	2.17 ± 0.33
22:4 (n-6)	0.20 ± 0.07	0.17 ± 0.03	0.16 ± 0.04	0.13 ± 0.05	0.10 ± 0.01
22:5 (n-6)	0.44 ± 0.03	0.40 ± 0.03	0.41 ± 0.06	0.41 ± 0.07	0.48 ± 0.07
18:3 (n-3)	0.36 ± 0.32	0.78 ± 0.20	0.83 ± 0.36	0.94 ± 0.58	0.70 ± 0.15
18:4 (n-3)	0.23 ± 0.05	0.29 ± 0.19	0.20 ± 0.06	0.21 ± 0.11	0.15 ± 0.07
20:3 (n-3)	0.09 ± 0.01	0.12 ± 0.04	0.08 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.08 ± 0.02
20:4 (n-3)	0.32 ± 0.07	0.25 ± 0.07	0.22 ± 0.03	0.29 ± 0.10	0.22 ± 0.02
20:5 (n-3)	9.15 ± 0.53	8.59 ± 0.57	8.71 ± 1.04	10.38 ± 1.40	11.04 ± 1.35
21:5 (n-3)	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.16 ± 0.04	0.14 ± 0.01
22:5 (n-3)	1.09 ± 0.10	1.23 ± 0.06	1.23 ± 0.14	1.54 ± 0.34	1.54 ± 0.23
22:6 (n-3)	24.85 ± 3.73	20.98 ± 0.90	20.74 ± 2.87	22.07 ± 3.36	21.21 ± 1.96
24:5 (n-3)	0.25 ± 0.07	0.22 ± 0.06	0.20 ± 0.03	0.19 ± 0.03	0.22 ± 0.04
PUFA	43.97 ± 0.39	42.41 ± 0.81	42.82 ± 1.85	46.41 ± 3.43	43.87 ± 2.52
(n-3) PUFA	36.47 ± 3.21	32.56 ± 1.98	32.32 ± 2.97	35.88 ± 4.07	35.29 ± 2.64
(n-6) PUFA	7.10 ± 2.90	9.34 ± 1.20	9.99 ± 1.74	10.08 ± 1.81	8.27 ± 0.53
(n-3)/(n-6)	5.76 ± 2.02	3.55 ± 0.71	3.38 ± 0.97	3.71 ± 1.00	4.28 ± 0.46

Sammensetningen av laksefôr er ikke optimal for marine arter, noe som også gjenspeiles i diettene som benyttes for de ulike artene i oppdrett. Typisk vil marinfisk fôret med laksefôr utvikle stor lever. De senere år har også fokus på fôr til stamfisk økt, og det tilbys i dag spesielt fôr tilpasset fisk som skal reproducere. Noen næringsstoffer, som essensielle fettsyrer og antioksidanter har vist seg spesielt viktige for stamfisk. Behovet for disse er i perioden fisken kjønnsmodner høyere sammenlignet med umoden fisk, men også overskudd eller ubalanse i sammensetningen kan ha negativ effekt for reproduksjonen (Izquierdo m.fl. 2001; Morehead m.fl. 2001; Cejas m.fl. 2003; Tveiten m.fl. 2004). Villfisk som spiser mye pellets ment for umoden laks vil dermed kunne produsere egg med lavere eller ubalansert innhold av spesifikke næringsstoff som har betydning for avkommenes kvalitet og overlevelse. Det finnes dog ingen studier som direkte har undersøkt om det at sei spiser spillfôr har effekt på sammensetningen av næringsstoffer i gonader eller kvalitet til avkommet. Av fettsyrene anser en at de flerumettede fettsyrene 20:5n-3 (eicosapentaenoic acid; EPA), 22:6n-3 (docosahexaenoic acid; DHA) og 20:4n-6 (arachidonic acid, AA) er essensielle.

5.4.4 Gyteforsøk med oppdrettspåvirket og upåvirket torsk

Ved forsøksstart var oppdrettsassosiert torsk noe større og med marginalt høyere kondisjonsfaktor enn kontrollfisken, og hunnene var generelt noe større enn hannene (Tabell 14).

Tabell 14 Størrelse og kondisjonsfaktor (K) hos oppdrettsassosiert (OA) og kontrollfisk ved forsøksstart

Gruppe	Hunn L cm	Hann L cm	Hunn W g	Hann W g	Hunn K	Hann K
Kontroll	60,3	59,7	2441	2204	1,00	1,03
OA	64,5	62,9	2839	2624	1,06	1,05

Fettsyreprofilen i gonadene var ikke signifikant ulik mellom gruppene, hverken i totalt fettinnhold eller fettsyresammensetningen. Nivå av de terrestre fettsyrene oleic (18:1 (n-9)) og linoleic syre (18:2 (n-6)) var marginalt men ikke signifikant høyere i OA torsk sammenlignet med kontrolltorsk. Høyeste konsentrasjon av både 18:1 (n-9) og 18:2 (n-6) (hhv. 17,53 og 3,74 %) ble observert i ett individ fra OA gruppen.

Det var ingen signifikant forskjell i fekunditet (antall egg produsert pr tank) mellom kontroll og OA fisk (hhv. $11,3 \pm 0,94$ L og $11,3 \pm 0,73$ L). Ved å korrigere for størrelsen til fisken (lengde) og for døde fisk fikk en daglig fekunditet pr m fisk på $64,6 \pm 6,2$ mL og $57,2 \pm 3,4$ mL for hhv. kontroll og OA fisk. Denne forskjellen var ikke signifikant (t-test, $p = 0,32$. Korreksjon for vekt endret ikke resultatene.

Ingen av målene på eggkvalitet indikerte signifikante forskjeller mellom kontrollfisken og OA fisken. Andelen levedyktige egg var identisk i gruppene, selv om andelen levedyktige egg falt gjennom gytesesongen (3-4 vs. 24-25 mars). Befruktningsposent var også lik mellom gruppene. Eggene var noe større i kontrollfisken, både tidlig og sent i sesongen, men forskjellen var ikke signifikant. Overlevelsen gjennom innkuberingen før klekking var for gruppe 1 $0,85 \pm 0,03$ i kontrollgruppene og $0,83 \pm 0,05$ i OA gruppene. Overlevelsen i gruppe 2 var lavere, $0,56 \pm 0,13$ i kontrollgruppene og $0,68 \pm 0,12$ ($n = 5$) i OA gruppene. Andelen av alle gyttede egg (inkludert døde) som klekket var nær identisk i gruppene både tidlig og sent i sesongen (gruppe 1: $0,49 \pm 0,05$ i kontrolltankene og $0,48 \pm 0,03$ i OA tankene; gruppe 2: $0,50 \pm 0,04$ i kontrolltankene og $0,53 \pm 0,08$ ($n = 5$) i OA tankene).

Det var også små, og ikke signifikante forskjeller i målene brukt for å sammenligne kvalitet til kontroll og OA gruppene. Larvene fra kontrollgruppen var noe lengre ($6,37 \pm 0,13$ mm) enn OA larvene ($5,91 \pm$

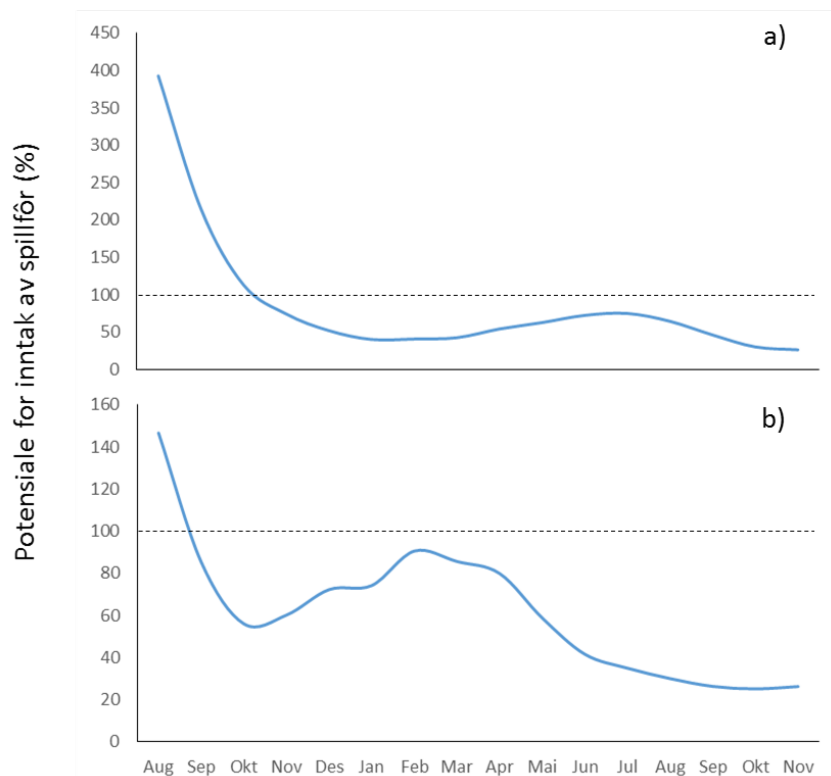
0.22) 40 dager etter fertilisering, men forskjellen var ikke signifikant (t-test, $p = 0,10$). Andelen deformasjoner målt 40 dager etter fertilisering var lik i gruppene (48%). Larvene i begge gruppene var positivt fototaktiske, og det var ikke signifikante forskjeller mellom gruppene (t-test, $p = 0,94$).

Selv om fisk ble fanget nær (< 1500 m) eller relativt langt bort (> 4 km) viste analyser at fettsyreprofilen målt i gonadene ikke var signifikant ulik mellom gruppene, til tross for at enkeltfisk hadde tildels mye av de karakteristiske terrestriske fettsyrene. Dette indikerer at noen av fiskene har beitet rundt oppdrettsanlegg, og fått i seg oppdrettsfôr direkte eller indirekte. Det var heller ikke forskjeller i de målene vi har brukt for egg- og larve kvalitet.

5.5 Hvordan påvirker oppdrett villfiskbiomasse

Resultater

For vårutsettet i scenariomodellen ble biomasseproduksjonen av laks beregnet til 5006 tonn og totalt fôrforbruk til 6027 tonn, med en gjennomsnittlig fôrfaktor på 1,20. For høstutsettet ble biomasseproduksjonen av laks beregnet til 5210 tonn, og fôrforbruket til 6350 tonn, med en gjennomsnittlig fôrfaktor på 1,22. Fôrtapet ble antatt å være totalt 301 og 318 tonn for henholdsvis vår- og høstutsett. På bakgrunn av antatt potensielt inntak av spillfôr av sei som oppholder seg ved anlegget ble total mengde av tapt fôr spist av sei beregnet til å være 166 (55%) og 155 (49%) tonn for vår- og høstutsett. Potensialet for inntak av spillfôr endret seg utover i produksjonssyklusen (Figur 21). For både vår- og høstutsett har sei som oppholder seg ved anlegget under det gitte scenarioet en potensiell kapasitet til å spise mer spillfôr enn det som er tilgjengelig. Dette skyldes at fôrbehovet er lavt de første månedene i produksjonssyklusen. Den potensielle kapasiteten for inntak av spillfôr går deretter ned for begge utsett, men avhenger proporsjonalt av fôrtapet, siden biomasse av sei ved anlegget er holdt konstant. Gitt at scenarioet er representativt for reelle forhold indikerer det at seien har et betydelig potensiale for å innta spillfôr. I dette scenarioet ble maksimal potensial biomassegevinst hos sei vurdert å være 232 og 244 tonn for vår- og høstutsett.



Figur 21 Estimert potensiale for inntak av spillfôr som prosent av estimert fôrtap ved vår (a) og høstutsett (b) for et typisk lakseanlegg i Midt-Norge med et smoltutsett på 1 million fisk

Diskusjon

Scenariomodellen indikerer dermed at spillfôr fra lakseanlegg kan resultere i en betydelig biomassegevinst hos sei som oppholder seg ved anleggene, og at seien ved å spise kanskje så mye som halvparten av spillfôret vil ha en viktig rolle i å redusere bentisk påvirkning under anleggene siden en vesentlig del av spillfôret bindes i villfiskbiomasse istedenfor å sedimenteres under anleggene. Disse funnene støtter antagelsene i Uglem m.fl. (2014) vedrørende at forvaltningen av sei som tiltrekkes oppdrettsanlegg på den ene siden må ta hensyn til at seien kan være en ressurs for lokale fiskerier, mens den på den samtidig kan ha en funksjon for å redusere negativ lokal påvirkning på bunnfaunaen. Det er også antatt at villfisk som tiltrekkes oppdrettsanlegg kan ha en viss funksjon for å redusere effekten av rømning av oppdrettsfisk siden de kan spise små rømt oppdrettslaks (Dempster m.fl. 2016). De positive økologiske effektene av tiltrekking av sei til oppdrettsanlegg må derfor hensynstas om fiske etter sei skal tillates innen fiskeforbudssonen rundt lakseanlegg.

Det finnes imidlertid lite kunnskap om energetikk og romlig fordeling over tid for sei som oppholder seg ved oppdrettsanlegg, samt reelt inntak av spillfôr og i hvilken grad dette faktisk fører til biomasseøkning hos sei. Selv om seien spiser til dels store mengder spillfôr ville den ha valgt en naturlig diett om spillfôr ikke hadde vært tilgjengelig. Estimaten som er presentert her representerer maksimalt potensiale for biomasseøkning og er basert på at spillfôret kommer i tillegg til naturlig føde, noe som høyst sannsynlig ikke er tilfelle. Det er likevel rimelig å anta at spillfôr vil føre til en vesentlig økning av biomasse. En annen tilnærming for å estimere biomasseøkning består i å beregne vekstmønster hos oppdrettsassosiert sei kontra ikke-assosiert sei ved hjelp av otolittanalyser. Denne typen data var ikke tilgjengelig for bruk i arbeidspakke 5 når rapporten ble skrevet. Ulempen med denne typen analyser er en fortsatt er avhengig av inngående kunnskap om fordeling i tid og rom, og i

hvilken grad seien faktisk har spist spillfôr. Det siste kan være mulig å finne ut gjennom analyser av sporstoffer i ulike områder av otolitten ved hjelp av ICP-MS metodologi, siden sporstoffssignaturene varierer klart mellom påvirket og upåvirket sei (se ovenfor). Det vil også være nødvendig å ta høyde for geografiske variasjoner i populasjonsøkologiske faktorer, inkludert varierende miljøforhold. Det vil dermed være komplisert, og kanskje ikke mulig, å estimere sikkert i hvilken grad spillfôr resulterer i en spesifikk økning av biomasse hos sei i stor skala. Dette var også årsaken til at vi i denne arbeidspakken har valgt å bruke en scenariobasert analyse for å illustrere potensielt omfang, samt for å illustrere betydningen av tiltrukket sei for å redusere økosystempåvirkningen på grunn av organisk avfall fra oppdrett. Det ville vært fullt mulig å utvide denne modellen til å representere andre scenario, med ulike produksjons- og miljøforhold, noe som ville muliggjort en bredere simulering av potensialet for påvirkning på biomassen hos sei. Vi har imidlertid vurdert dette som lite hensiktsmessig siden slike simuleringer vil vært basert på de samme forutsetningene som vår mer begrensede tilnærming med et scenario som består av et gjennomsnittlig lakseanlegg i en av det viktigste oppdrettsregionene i Norge.

6 Oppsummerende diskusjon og kunnskapsbehov

Debatter rundt sameksistens mellom fiskeri og havbruk er ofte polarisert og problemorientert. Dette er ikke unaturlig ved etablering av ny virksomhet i områder der bruken naturressurser tradisjonelt er dominert av andre aktører. I tillegg til fysisk areal som båndlegges av oppdrettsanlegg og tilhørende fortøyninger, råder det usikkerhet rundt hvor store områder rundt anleggene som er påvirket av aktiviteten. I en egen oppsummering av dagens kunnskap rundt effekter av havbruk på ville marine organismer vises det til at effektene av oppdrett på omgivelsene kan oppfattes som positive eller negative avhengig av hvilket ståsted man har. Eksempelvis vil villfisk nær anlegg kunne oppfattes positivt fra et miljøperspektiv ettersom de spiser spillfôr og reduserer organisk belastning, og de kan være en lett tilgjengelig kilde for lokale fiskere, selv om kvaliteten på fisken er omdiskutert. Imidlertid er fisken samlet så tett opp til oppdrettsanleggene at tilgjengeligheten for fiske er redusert som følge av fiskeforbudssonen rundt anleggene. Villfisk som spiser mye laksefôr vil få en kroppssammensetning som bærer preg av det. Ettersom laksen krever høyere fettinnhold i føden sammenlignet med torskefisk ser man ofte at sei og torsk som spiser laksefôr får større lever, og at den er tyngre i forhold til lengden (tykkere kroppsfasong). Dette kan føre til at særlig sei som beiter mye ved anlegg kjønnsmodner ved en lavere alder enn hos fisk som ikke har ekstra tilgang til energirik mat siden kjønnsmodning er mer avhengig av energilager enn alder. Energilagrene bestemmer også hvor mange egg en hunnfisk kan produsere. Generelt kan man forvente at sei som spiser mye laksefôr og som følge av dette bygger opp større lever vil kjønnsmodne tidligere og produsere flere egg. I sum kan dette føre til økt potensiale for reproduksjon i bestanden.

Resultatene våre på effekter av laksefôr på fekunditet og eggkvalitet hos sei er ikke entydige. Vi observerte at seien som hadde stor lever og god kondisjon etter å ha spist laksefôr kjønnsmodnet tidlig, men spesielt for hunnfisken var denne effekten mindre enn forventet. Vi har ikke påvist om og i hvilken grad de økte energilagrene faktisk førte til økt fekunditet hos seien som kjønnsmodnet, men målinger av relativ gonadestørrelse tyder på at antall egg som modnes er høyere hos denne fisken. Plantefettet i laksefôret gir høyere innhold av vegetabiliske fettsyrer i gonadene, slik man også ser i muskel og lever. Dette er fettsyrer som vanligvis ikke er tilgjengelig i dietten til marin torskefisk, og man finner vanligvis heller ikke slike terrestriske fettsyrer i egg hos villfisk. I stamfiskhold av marine arter tar man hensyn til dette og ønsker å sikre kvaliteten på eggene ved å bruke kun marine råvarer i stamfiskfôr. I vårt forsøk var sammensetningen av fettsyrer i gonadene påvirket hos sei som fikk laksefôr, men vi fant ingen klar negativ effekt på kvaliteten til yngelen etter klekking.

Resultatene fra dette prosjektet tyder på at kvaliteten på sei som beiter på laksefôr ved oppdrettsanlegg er noe redusert i forhold til sei som ikke har spist laksefôr, samt at andelen av sei med redusert kvalitet var høyere blant oppdrettsassosiert sei enn for sei fanget et stykke unna anlegg. I gjennomsnitt var imidlertid kvaliteten på både oppdrettsassosiert og kontrollfisk for det analyserte materialet god, og de målte kvalitetsforskjellene var så små at de trolig ikke har vesentlig betydning for videreforedling. Resultatene bekrefter dermed ikke fullt ut det noen næringsaktører opplever i forhold til kvalitet på oppdrettsassosiert sei. Materialet som er analysert kommer fra to ulike oppdrettsintensive områder der kvalitetsutfordringene har vært uttalt, og fisket har foregått over tre ulike sesonger. Fisken er prosessert i henhold til Kvalitetsforskriften og vi har gjennom biokjemiske analyser dokumentert at vi med stor sannsynlighet har sammenlignet fisk som er fysiologisk påvirket av å ha spist laksefôr med fisk som er upåvirket eller lite påvirket. Dette er forhold som styrker funnene i dette prosjektet. Det er likevel viktig å være forsiktig med å generalisere ut fra resultatene for det undersøkte materialet, siden det kan tenkes at vi ikke har fanget opp tilfeller der seien er vesentlig

mere forringet enn det vi har funnet i våre analyser og fordi vi ikke har undersøkt variasjon i kvalitet gjennom en full industriell produksjonskjede fra fangst til marked. Vi mener likevel at våre analyser ville ha kunnet påvises påvist store og dramatiske generelle kvalitetsforskjeller dersom de var der.

I tillegg til at kvaliteten var knyttet til hvorvidt fisken var fanget ved oppdrettsanlegg eller ikke, varierte kvaliteten også mellom fiskemetode (juksa og garn) og mellom garnfanget fisk som var levende eller død ved fangst, noe som tyder på at optimal behandling av fangsten vil ha betydning for kvaliteten. Det er trolig viktig at seien fanges skånsomt og håndteres forskriftsmessig med tanke på utblødning, sløying og kjøling. Garn synes ikke å være optimalt redskap for denne type fiske, men ved korrekt håndtering og utsortering av sjø-død fisk vil også garnfanget sei kunne ha god kvalitet. De registrerte kvalitetslytene kan sannsynligvis unngås helt dersom man fanger og lagrer fisken levende uten at den føres. Dette er kjent fra stengsetting av sei, levendelagring av torsk og også ved slakting av laks. Hvor lenge fisken må sultes før muskelkvaliteten er optimal vil avhenge av hvor mye og hvor raskt den har vokst i perioden før fangst. Oppfattet kvalitet er trolig også avhengig av hvordan fisken tilberedes.

Selv om vi i dette prosjektet ikke har målt vesentlige forskjeller i kvalitet så er det likevel mulig at oppdrettsassosiert sei kan oppfattes som et problem av fiskere, fiskemottak og videreforedlingsbedrifter. Kvalitet er ikke kun et ensidig objektivt begrep, og oppfattinger, erfaringer og visuelle inntrykk kan også bidra til å bestemme hvordan kvaliteten oppfattes (Costell m.fl. 2010). Oppdrettsassosiert fisk har vært gjenstand for et betydelig negativt fokus i media det siste par tiårene. O-sei har videre ofte en kroppsfasong som kan oppfattes som abnorm, og sløying av O-sei kan være assosiert med både negative visuelle inntrykk og uappetittlig lukt siden fisken kan ha mye ufordøyd laksepellets i magesekken. Det er videre også mulig at selv en lav andel av fisk med redusert fisk vil påvirke oppfattingen av kvalitet for den totale fangsten. Om andelen av fisk med redusert kvalitet er høy nok til at automatisk prosessering av fisken blir vanskelig kan også fangsten i sin helhet kunne bli devaluert. Vi har i dette prosjektet fulgt Kvalitetsforskriften, men vi har ikke undersøkt variasjon i kvalitet gjennom en industriell produksjonskjede fra fangst til marked, og vi har derfor ikke kunnet vurdere om kvaliteten varierer mer enn det vi har funnet under reelle kommersielle forhold.

Det er en påtakelig forskjell mellom våre resultater og den virkeligheten som enkelte fiskere og fiskekjøpere beskriver. Det rapporteres om stor variasjon i kvalitet på oppdrettspåvirket sei, og at store deler av fangster nedklasses fordi den er for bløt for kostnadseffektiv maskinell håndtering. Etter kostbar manuell bearbeiding ender denne fisken så som saltfisk på dårlig betalende markeder og påfører aktørene ytterligere tap. Til tross for at vi har undersøkt fisk som beviselig har spist laksefôr over tid, og har dokumentert kvalitet hos enkeltindivider som har mye laksefôr i magen ved fangst, er effektene vi ser langt mindre dramatiske. Med bakgrunn i disse resultatene ville det være svært interessant å evaluere kvaliteten ved bruk av de samme metodene som vi har benyttet på sei landet hos fiskekjøpere som opplever kvaliteten som utfordrende. Dette kan bidra til å bedre forståelsen for hvordan kvaliteten oppfattes, hvordan den påvirkes, og kanskje bidra til utvikling av bedre metoder for håndtering og utnyttelse av denne typen råstoff.

Resultatene fra dette prosjektet har i betydelig grad økt kunnskapen om kvalitetsvariasjoner hos oppdrettsassosiert sei, men det er fortsatt behov for mer kunnskap både for å forklare og å forstå potensielle kvalitetsproblemer, samt også i forhold til hvordan O-sei kan utnyttes bedre som en ressurs. Det er i første rekke behov for kunnskap om hvordan kvaliteten varierer gjennom en industriell produksjonskjede fra fangst til marked, samt hvordan O-sei best kan brukes og tilberedes. I denne sammenhengen er det viktig med et aktivt samarbeid med aktører i hele produksjonskjeden, fra

fiskere, via mottak og videreforedlingsbedrifter til forbrukere. Det er også behov for kunnskap om hvordan O-sei som ressurs best mulig kan utnyttes av lokale fiskerier. Det er her viktig å ta hensyn til at O-sei faktisk kan yte en positiv tjeneste for miljøet gjennom å redusere uheldig bentisk påvirkning ved å fjerne spillfôr før det havner på bunnen, noe som kan innebære at overbeskatning av O-sei ved oppdrettsanlegg kan føre til negative konsekvenser både for oppdrettere og for miljøet. En optimal utnyttelse av O-sei vil i tillegg inneholde et sosialt element, og aktiv og systematisk bruk av dialogprosesser kan bidra til felles akseptable løsninger og bedre sameksistens mellom fiskeri og havbruk.

7 Publikasjoner og manuskripter

1. Uglem, I., Karlsen, Ø, Sanchez-Jerez, P, and Sæther, B-S. (2014). Review: Impact of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 6: 91-103.
2. Arechavala-Lopez, P., Sæther B.S., Marhuenda-Egea, F, Sanchez-Jerez, P., Uglem, I. (2015). Assessing the influence of Aalmon farming through total lipids, fatty acids, and trace elements in the liver and muscle of wild saithe *Pollachius virens*. *Marine and Coastal Fisheries* 7: 59-67. DOI: 10.1080/19425120.2014.1001540
3. Marhuenda Egea, F.C., Toledo-Guedes K, Sanchez-Jerez, P., Uglem, I., Sæther, B-S. (2015). A metabolomic approach to detect effects of salmon farming effects on wild saithe (*Pollachius virens*) populations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63; 10717-10726
4. Toledo-Guedes K, Ulvan EM, Uglem I. (2016). Commercial gillnetting is more stressful for saithe (*Pollachius virens* L.) than jigging: but is fillet quality affected? *Aquatic Living Resources* DOI: 10.1051/alr/2016013
5. Skjærraasen JE, Devine JA, Godiksen JA, Fonn M, Otterå H Kjesbu OS, Norberg B, Langangen Ø, Karlsen Ø. (Akseptert for publisering). Timecourse of oocyte development in saithe *Pollachius virens*. *Journal of Fish Biology*. DOI: 10.1111/jfb.13161
6. Uglem I, Ulvan EM, Toledo-Guedes K, Sæther B-S. (Akseptert for publisering). Does a diet consisting of waste feed from salmon farming affect the taste of saithe (*Pollachius virens* L.)? *Journal of Applied Ichthyology*
7. Uglem I, Toledo-Guedes K, Sanchez-Jerez P, Ulvan EM, Evensen T, Sæther BS (manuskript). Does waste feed from salmon farming affect the quality of saithe that are attracted to sea cage fish farms
8. Fourdain L, Arechavala-Lopez P, Uglem I, Sæther B-S, Sanchez-Jerez P. (manuskript). Variations of trace elements composition on wild saithe (*Pollachius virens*) populations under the influence of coastal Norwegian salmon farms. *Hydrobiologia*

8 Referanser

- Akse L, Tobiassen T, Midling KØ, Aas K (2007) Pre-rigor filetering av levendefanget torsk – I Filetkvalitet – vill torsk restituert I merd etter fangst, uten fôring. NOFIMA Report 3/2007. ISBN: 978-82-7251-5, 16 pp.
- Almeida FFL, Taranger GL, Norberg B, Karlsen O, Bogerd J, Schulz RW (2009) Photoperiod-Modulated Testis Maturation in Atlantic Cod (*Gadus morhua*, L.). *Biology of Reproduction* 80: 631-640.
- Arechavala-Lopez P, Sæther BS, Marhuenda-Egea, F, Sanchez-Jerez P, Uglem I (2015). Assessing the influence of Aalmon farming through total lipids, fatty acids, and trace elements in the liver and muscle of wild saithe *Pollachius virens*. *Marine and Coastal Fisheries* 7: 59-67.
- Arechavala-Lopez P, Sanchez-Jerez, P, Bayle-Sempere, JT, Fernandez-Jover D, Martinez-Rubio L, Lopez-Jimenez JA, Martinez-Lopez FJ (2011) Direct interaction between wild fish aggregations at fish farms and fisheries activity at fishing grounds: a case study with *Boops boops*. *Aquaculture Research* 42: 1–15.
- Bjørn PA, Uglem I, Kerwath S, Sæther BS, Nilsen R (2009) Spatiotemporal distribution of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) with intact and blocked olfactory sense during the spawning season in a Norwegian fjord with intensive salmon farming. *Aquaculture*. 286: 36-44.
- Bogdanović T, Šimat V, Marković K (2012) Development and application of quality index method scheme in a shelf-life study of wild and fish farm affected bogue (*Boops boops*, L.). *Journal of food science*. 77: 99-106.
- Cejas JR, Almansa E, Villamandos JE, Badía P, Bolaños A, Lorenzo A (2003) Lipid and fatty acid composition of ovaries from wild fish and ovaries and eggs from captive fish of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture* 216:299-313.
- Cuisset B, Pradelles P, Kime DE. (1994). Enzyme immunoassay for 11-ketotestosterone using acetylcholinesterase as label: application to measurement of 11-ketotestosterone in Siberian sturgeon. *Comp. Biochem. Physiol.* 108C: 229-241.
- Cooke SJ, Suski CD, Danylchuk SE, Danylchuk AJ, Donaldson MR, Pullen C, Bulté G, O'toole A, Murchie KJ, Koppelman JB, Shultz AD, Brooks E, Goldberg TL (2008) Effects of different capture techniques on the physiological condition of bonefish *Albula vulpes* evaluated using field diagnostic tools. *J. Fish Biol.* 73: 1351-1375 .
- Costell E, Tárrega A, Bayarri S (2010) Food Acceptance: The Role of Consumer Perception and Attitudes. *Chem. Percept.* 3: 42–50 Braaten 1984.
- Dahle R, Taranger GL, Karlsen Ø, Kjesbu OS, Nordberg B. (2003) Gonadal development and associated changes in liver size and sexual steroids during the reproductive cycle of captive male and female Atlantic cos (*Gadus morhua* L.). *Comp. Biochem. Physiol. A: Mol. Int. Phys.* 136: 641-653.
- Davie A, Porter MJR, Bromage NR, Migaud H. (2007). The role fo seasonally altering photoperiod in regulating physiology in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Part I. Sexual maturation. *Can. J Fish. Aquat. Sci.* 64: 84-97.
- Dempster T, Arechavala-Lopez P, Barrett LT, Fleming IA, Sanchez-Jerez P, Uglem I (2016) Recapturing escaped fish from marine aquaculture is largely unsuccessful: alternatives to reduce the number of escapees in the wild. *Reviews in Aquaculture*. doi: 10.1111/raq.12153.
- Dempster T, Uglem I, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere JT, Nilsen R, Bjørn PA (2009) Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Marine Ecology Progress Series* 385: 1–14.

- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Uglem I, Bjørn PA (2010) Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 271-275.
- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Nilsen R, Bjørn PA (2011) Proxy measures of fitness suggest coastal fish farms can act as population sources and not ecological traps for wild gadoid fish. *PlosOne* 6: 1-9 .
- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Gimenez-Casualdero F, Valle C (2002) Attraction of wild fish to seacage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term variability. *Mar Ecol Prog Ser* 242: 237–252.
- Erikson U, Bye G, Oppedal K (2009) Fastere filet—industriest og opplæring. Sintef Report SFH80 A095028. ISBN: 978-82-14-04907-7, 19 pp.
- Esaïassen M, Nilsen H, Joensen S, Skjerdal T, Carlehög M, Eilertsen G, Gundersen B, Elvevoll E (2004) Effects of catching methods on quality changes during storage of cod (*Gadus morhua*) LWT – Food Sci. Technol. 37: 643-648.
- Esaïassen M, Akse L, Joensen S, (2013). Development of a Catch-damage index to assess the quality of cod at landing. *Food Control* 29: 231-235.
- Fernandez-Jover D, Lopez-Jimenez JA, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Gimenez-Casaldueiro F, Martinez-Lopez FT, Dempster T (2007) Changes in body condition and fatty acid composition of wild Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) associated with sea cage fish farms. *Marine Environmental Research* 63: 1–18.
- Fernandez-Jover D, Martinez-Rubio L, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Lopez Jimenez JA, Martínez Lopez FJ, Bjørn PA, Uglem I, Dempster T (2011) Waste feed from coastal fish farms: a trophic subsidy with compositional side-effects for wild gadoids. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 91: 559–568.
- Fernandez-Jover D, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere J, Valle C, Dempster T (2008) Seasonal patterns and diets of wild fish assemblages associated to Mediterranean coastal fish farms. *ICES J Mar Sci* 65:1153–1160.
- Heino M, Svasand T, Nordeide JT, Otterå H (2012). Seasonal dynamics of growth and mortality suggest contrasting population structure and ecology for cod, pollack, and saithe in a Norwegian fjord. *ICES Journal of Marine Science* 69: 537-546.
- Hislop SGR, Robb AP, Gauld JA. (1978). Observations of effects of feeding level on growth and reproduction in haddock, *Melanofammus aeglefinus* L. J. Fish Biol. 13: 85-98.
- Holt DE, Johnston CE (2011) Can you hear the dinner bell? Response of cyprinid fishes to environmental acoustic cues. *Animal Behaviour* 82: 529-534.
- Homrum EÍ, Hansen B, Jónsson Sp, Michalsen K, Burgos J, Righton D, Steingrund P, (2013). Migration of saithe (*Pollachius virens*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 70: 782–792.
- ICES (2015). Report of the working group on the assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK) (International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen).
- Izquierdo MS, Fernández-Palacios H, Tacon AGJ (2001). Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197: 25-42.
- Izquierdo-Gomez D, Gonzalez-Silvera D, Arechavala-Lopez P, Lopez-Jimenez JA, Bayle-Sempere JT, Sanchez-Jerez P (2015). Exportation of excess feed from Mediterranean fish farms to local fisheries through different targeted fish species. *ICES Journal of Marine Sciences*. 72: 930-938
- Jacobsen T, (1978). Merkeforsøk med sei på Vestlandet sør for Stad 1972-1974. *Fisken og Havet*: 15-30.

- Karlsen Ø, Holm JC, Kjesbu OS (1995) Effects of periodic starvation on reproductive investment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 133: 159–170.
- Karlsen Ø, Mittelholzer C, Andersson E, Norberg B, Taranger GL (2014). Continuous light affects onset of puberty and associated changes in pituitary gonadotropin subunit transcript levels, and plasma estradiol-17 β and testosterone levels in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) females. *Aquaculture* 424-425: 95-103.
- Karlsen Ø, van der Meeren T, Rønnestad I, Mangor-Jensen A, Galloway TF, Kjørsvik E, Hamre K. (2015). Copepods enhance nutritional status, growth and development in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) larvae – can we identify the underlying factors? *PeerJ* 3:e902; DOI 10.7717/peerj.902.
- Kortner TM, Rocha E, Silva P, Castro LFC, Arukwe A. (2008). Genomic approach in evaluating the role of androgens on the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*) previtellogenic oocytes. *Comp Biochem and Physiol Part D*. 3: 205-218.
- Kortner TM, Rocha E, Arukwe A. (2009). Previtellogenic oocyte growth and transcriptional changes of steroidogenic enzyme genes in immature female Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) after exposure to the androgens 11-ketotestosterone and testosterone. *Comp. Biochem and Physiol Part A: Molec. & Integ. Physiol*. 3: 304-313.
- Kristoffersen S, Tobiassen T, Steinsund V, Olsen RL (2006) Slaughter stress, postmortem muscle pH and rigor development in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) *International Journal of Food Science and Technology* 41: 861-864.
- Krivobok M, Tokareva G. (1973). Dynamics of weight variation of the body and individual organs of Baltic cod during the maturation of gonads. *Trns. Ser. Fish. Res. Bd Can.* No 2722, 21 pp.
- Kjesbu OS, Holm JC (1994) Oocyte recruitment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to feeding regime. *Can J Fish Aquat Sci* 51: 1893–1898.
- Kjesbu OS, Klungsøyr J, Kryvi H, Witthames PR, Greer-Walker M (1991) Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 2333-2343.
- Kjesbu OS, Righton D, Krüger-Johnsen M, Thorsen A, Michalsen K, Fonn M, Witthames PR (2010) Thermal dynamics of ovarian maturation in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Can J Fish Aquat Sci* 67: 605–625.
- Kjesbu OS (1994). Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperature, fish length and condition. *J. Fish Biol.* 45: 719-735.
- Larsson T, Krasnov A, Lerfall J, Taksdal T, Pedersen M, Mørkøre T (2012) Fillet quality and gene transcriptome profiling of heart tissue of Atlantic salmon with pancreas disease (PD). *Aquaculture* 330-333: 82-91.
- Lehman GB, Karlsen Ø, Holm JC. (1991). The impact of feeding on growth and sexual maturation in cod. Report from Institute of Marine Research, Norway, no. HSH, AH. 51 pp.
- Lerfall J, Roth B, Skare EF, Heriksen A, Betten T, Dziatkowiak-Stefaniak MA, Rotabakk BT (2015) Pre-mortem stress and the subsequent effect on flesh quality of pre-rigor filleted Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) during ice storage. *Food Chem.* 175: 157-165.
- Lorentzen M, Maage A (1999). Trace element status of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed a fish-meal based diet with or without supplementation of zinc, iron, manganese and copper from first feeding. *Aquaculture Nutrition* 5: 163-1721.
- Lubzens E, Young G, Bobe J, Cerdá J, (2010). Oogenesis in teleosts; How fish eggs are formed. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165: 367-389.
- Mandelman JW, Skomal GB (2009) Differential sensitivity to capture stress assessed by blood acid-base status in five carcharhinid sharks. *J. Comp. Physiol. B* 179: 267-277.

- Manire C, Hueter R, Hull E, Spieler R (2001) Serological changes associated with gill-net capture and restrain in three species of sharks. *T. Am. Fish. Soc.* 130: 1038-1048.
- Maurstad A, Dale T, Bjørn PA (2007) You wouldn't spawn in a septic tank, would you? *Hum Ecol* 35:601–610.
- Marhuenda Egea FC, Toledo-Guedes K, Sanchez-Jerez P, Ibanco-Cañete R, Uglem I, Sæther B-S (2015) A metabolomic approach to detect effects of salmon farming on wild saithe (*Pollachius virens*) populations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 63: 10717-10726.
- Meier S, Mjøs SA, Joensen H, Grahl-Nielsen O. 2006. Validation of a one-step extraction/methylation method for determination of fatty acids and cholesterol in marine tissues. *Journal of Chromatography A* 1104:291–98. doi:10.1016/j. chroma.2005.11.045.
- Midling KØ, Kristiansen TS, Ona E. Øiestad V. (1987). Fjord ranching with conditioned cod. *ICES C.M.*, F:29, 11 s.
- Morehead DT, Hart PR, Dunstan GA, Brown M, Pankhurst NW (2001) Differences in egg quality between wild striped trumpeter (*Latris lineata*) and captive striped trumpeter that were fed different diets. *Aquaculture* 192:39-53.
- Naylor R, Hindar K, Fleming IA, Goldburg R m.fl. (2005) Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *Bioscience* 55: 427–437.
- Nøstbakken OJ, Hove HT, Duinker A, Lundebye A-K, Berntssen MHG, Hannisdal R, Lunestad BT, Maage A, Madsen L, Torstensen BE, Julshamn K (2015) Contaminant levels in Norwegian farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the 13-year period from 1999 to 2011. *Environment International* 74: 274-280.
- Otterå H, Karlsen Ø, Slinde E, Olsen RE (2009) Quality of wild-captured Saithe (*Pollachius virens* L.) fed formulated diets for 8 months. *Aquaculture Research* 40: 1310-1319.
- Otterå H, Skilbrei O (2012) Akustisk overvåking av seien sin vandring i Ryfylkebassenget. Rapport fra Havforskningen nr. 14-2012.
- Otterå H, Skilbrei OT (2014) Possible influence of salmon farming on long-term resident behaviour of wild saithe (*Pollachius virens* L.) *ICES Journal of Marine Science* 71: 2484–2493.
- Poli BM (2009) Farmed fish welfare-suffering assessment and impact on product quality. *Ital. J. Anim. Sci.* 8: 139-160.
- Revie C, Dill L, Finstad B, Todd CD (2009) Sea Lice Working Group Report. - NINA Special Report 39. 117 pp.
- Roth B, Rotabakk BT (2012) Stress associated with commercial longlining and recreational fishing of saithe (*Pollachius virens*) and the subsequent effect on blood gases and chemistry. *Fish. Res.* 115-116: 110-114.
- Rowe DK, Thorpe JE (1990). Suppression of maturation in male Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parr by reduction in feeding and growth during spring months. *Aquaculture* 86: 291-313.
- Rowe DK, Thorpe JE, Shanks AM. (1991). Role of fat stores in the maturation of male Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 405-413.
- Sæther BS, Bjørn PA, Dale T 2007. Behavioural responses in wild cod (*Gadus morhua* L.) exposed to fish holding water. *Aquaculture* 262, 260-267
- Sæther BS, Løkkeborg S, Humborstad OB, Tobiassen T, Hermansen Ø, Midling KØ (2012) Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg. NOFIMA report 8/2012, 37 pp.
- Sæther BS, Uglem I, Karlsen Ø, Gjelland KØ, Sanchez-Jerez P. (2013a). Tiltak for positiv sameksistens mellom havbruk og fiskeri (Evaluation of actions to promote sustainable coexistence between salmon culture and coastal fisheries). Rapport prosjekt nr. 900772, Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond.

- Sæther BS, Uglem I, Karlsen Ø. (2013b). Interaksjoner mellom havbruk og ville marine organismer – en kunnskapsoppsummering. Vedlegg til rapport fra prosjektet “Evaluation of actions to promote sustainable coexistence between salmon culture and coastal fisheries.”, finansiert av Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond. Prosjekt nr 900772.
- Skog TE, Hylland K, Torstensen BE, Berntssen MHG (2003) Salmon farming affects the fatty acid composition and taste of wild Saithe *Pollachius virens* L. Aquaculture Research 34: 999–1007.
- Skjæraasen JE, Devine JA, Godiksen JA, Fonn M, Otterå H Kjesbu OS, Norberg B, Langangen Ø, Karlsen Ø. (Akseptert for publisering). Timecourse of oocyte development in saithe *Pollachius virens*. Journal of Fish Biology.
- Skjæraasen JE, Nash RDM, Kennedy J, Thorsen A, Nilsen T, Kjesbu OS. (2010). Liver energy, atresia and oocyte stage influence fecundity regulation in Northeast Arctic cod. Mar. Ecol. Prog. Ser. 404: 173-183.
- Skjæraasen JE, Salvanes AGV, Karlsen Ø, Dahle R, Nilsen T, Norberg B (2004) The effect of photoperiod on sexual maturation, appetite and growth in wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Fish Physiology and Biochemistry 30:163-174.
- Thorpe JE (1986) Age at first maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar*: Freshwater period influences and conflicts with smolting. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 89: Salmonid age at maturity 89: 7-14.
- Thorpe JE (1994) Reproductive strategies in Atlantic salmon. Aquac Fish Manag 25: 77–87.
- Thorpe JE, Talbot C, Miles MS, Keay DS (1990). Control of maturation in cultured atlantic salmon, *Salmo salar*, in pumped seawater tanks, by restricting food intake. Aquaculture 86: 315-326.
- Thorsen A, Kjesbu OS (2001) A rapid method for the estimation of oocyte size and potential fecundity in Atlantic cod using computer-aided particle analysis system. J Sea Res 46: 295–308.
- Tacon AGJ, Metian M (2006) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture 285: 146–158.
- Toledo-Guedes K, Ulvan EM, Uglem I. (2016 Accepted). Commercial gillnetting is more stressful for saithe (*Pollachius virens* L.) than jigging: but is fillet quality affected? Aquatic Living Resources
- Tveiten H, Jobling M, Andreassen I (2004) Influence of egg lipids and fatty acids on egg viability, and their utilization during embryonic development of spotted wolf-fish, *Anarhichas minor* Olafsen. Aquaculture Research 35:152-161.
- Tyler CR, Sumpter JP (1996) Oocyte growth and development in teleosts. Rev Fish Biol Fisheries 6: 287. doi:10.1007/BF00122584.
- Uglem I, Dempster T, Bjørn PA, Sanchez-Jerez P (2009) High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated migrations of wild Saithe (*Pollachius virens*) among farms. Marine Ecology Progress Series 384: 251–260.
- Uglem I, Karlsen Ø, Sanchez-Jerez P, Sæther, B-S (2014). Review: Impact of wild fishes attracted to open-cage salmonid farms in Norway. Aquaculture Environment Interactions 6: 91-103.
- van der Meeren, Karlsen Ø, Liebig PL, Mangor-Jensen A. (2014). Copepod production in a saltwater pond system: a reliable method for achievement of natural prey in start-feeding of marine fish larvae. Aquacultural Engineering. 62:17–27. doi: 10.1016/j.aquaeng.2014.07.003.
- Weir LK, Grant JWA (2005) Effects of aquaculture on wild fish populations: a synthesis of data. Environ. Rev. 13: 145-168.
- Ytrestøl T, Aas TS, Åsgård T (2015) Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. Aquaculture 448: 365–374.
- Årseth LM, Gudmundsen O. (2012). Optimal råstoffkvalitet og utnyttelse av sei fra Ryfylke – Ryfylkeprosjektet. Rapport Fiskeridirektoratet.

