

# EVALUATION OF ACTIONS TO PROMOTE SUSTAINABLE COEXISTENCE BETWEEN SALMON CULTURE AND COASTAL FISHERIES

ProCoEx

Bjørn-Steinar Sæther<sup>1</sup>, Ingebrigt Uglem<sup>2</sup>, Ørjan Karlsen<sup>3</sup> Karl Øystein Gjelland<sup>2</sup> og Pablo Sanches-Jerez<sup>4</sup>

1: Nofima, Norway; 2 Institute of Marine Research, Norway; 3 Norwegian Institute for Nature Research, Norway, 4 University of Alicante, Spain,





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

Nofima har om lag 400 ansatte.

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

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
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  
NO-5141 Fyllingsdalen

**Sundalsøra:**

Sjølseng  
NO-6600 Sunndalsøra

**Averøy:**

Ekkilsøy  
NO-6530 Averøy

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140

Faks: 64 97 03 33

E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

<b>Tittel:</b> <b>Tiltak for positive sameksistens mellom havbruk og fiskeri (EVALUATION OF ACTIONS TO PROMOTE SUSTAINABLE COEXISTENCE BETWEEN SALMON CULTURE AND COASTAL FISHERIES)</b>	<b>Rapportnr.:</b> Periode 1 rapport, inngår ikke i rapportserie <b>Tilgjengelighet:</b> <b>Åpen</b>
<b>Forfatter(e)/Prosjektleder:</b> Bjørn-Steinar Sæther, Ingebrigt Uglem, Ørjan Karlsen, Karl Øystein Gjelland og Pablo Sanchez-Jerez	<b>Dato:</b> 02.04.2013
<b>Avdeling:</b> Produksjonsbiologi	<b>Ant. sider og vedlegg:</b> 26 Sider, 1 vedlegg
<b>Oppdragsgiver:</b> FHF	<b>Oppdragsgivers ref.:</b> 201200071-/421
<b>Stikkord:</b> Sameksistens fiskeri havbruk	<b>Prosjektnr.:</b> 900772
<p>Sameksistens er et stadig viktigere tema for våre kystnære marine næringer. Fiskeri og havbruksnæringen har felles interesser i kystnære farvann, områder de også deler med næringer som olje, bergverk, vindkraft og også i økende grad fritidsbruk og fisketurisme. Det er derfor viktig at næringene i størst mulig grad ser nytten i å samarbeide om bruken av områdene, slik at flest mulig kan sameksistere uten urimelig forringelse av næringsgrunnlaget. Behovet for sjømat er økende, og økt konsum av sjømat er en ønsket utvikling globalt. Utfordringene med å møte fremtidens behov for kontrollert og trygg mat må i stor grad finne sted i havet, og vi kan ikke forvente å høste vesentlig mer biomasse direkte gjennom fiskeri. Fremtidens matproduksjon vil i stadig større grad komme i form av akvakulturproduksjon. 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 og skaffe til veie kunnskap som kan danne grunnlag for å bedre sameksistensen 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 om negative effekter som ikke er dokumenterte er en viktig del av denne fasen av prosjektet en oppsummering av tilgjengelig kunnskap rundt tema interaksjoner mellom oppdrett og ville fiskepopulasjoner. Dagens situasjon er beskrevet i kunnskapsoppsummeringen som er vedlagt denne rapporten. I tillegg har prosjektet tatt for seg to tematiske områder som har utfordret sameksistensen; kvalitet på villfisk assosiert med oppdrettslokalteter og aggregering av villfisk rundt anlegg. Vi har dokumentert at filétkvaliteten på villfisk som har spist laksefôr over noe tid er påvirket negativt, men at denne effekten er relativt begrenset om fangsten håndteres optimalt. Her har vi imidlertid ikke lyktes med å fange fisk som er særlig påvirket, kun hva vi antar er moderat påvirket fisk ble undersøkt. For å beskrive tilstedeværelse av villfisk ved lokaliteter har vi standardisert ekkoloddundersøkelser til bruk ved ulike anlegg. Foreløpig har vi kun målinger fra ett tidspunkt fra fem anlegg lokalisert i samme fjord, men ser forventede sammenhenger mellom tilstedeværelse av villfisk og intensitet på føringen på lokalitetene. Her ønsker vi å komplettere med flere målinger til ulike tider på året og med varierende biomasse i anleggene. Vi ønsker også å utvide disse undersøkelsene til andre typer lokaliteter.</p>	

## Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Målsetting.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Aktiviteter og Resultater .....</b>	<b>9</b>
4.1	WP1 Redusere eventuelle effekter på reproduksjon hos villfisk .....	9
4.1.1	Task 1.1. Kunnskapsoppsummering: effekter av oppdrett på reproduksjon hos villfisk ...	9
4.2	WP2 Utnyttelse av marine arter i oppdrettspåvirkede områder .....	12
4.2.1	Task 2.1. Kunnskapsoppsummering: effekter av organisk avfall fra marin akvakultur ....	12
4.2.2	Task 2.3. Kartlegging av villfisk ved oppdrettsanlegg.....	12
4.2.3	Task 2.4 Optimal fangst og håndtering .....	15
4.3	WP 3 kunnskapsoppsummering, formidling og anbefalinger .....	23

# 1 Bakgrunn

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har et overordnet mål om å bidra til kunnskap og tiltak som kan styrke sameksistensen mellom fiskeri og havbruk. Målsettingen er formulert slik i handlingsplanen for 2012:

*«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 bl.a.: *”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”.*

Dette prosjektet er en del av FHF sin FoU-satsing for å etablere kunnskap som kan bidra til 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 rådgiver rolle. Aktivitetene i prosjektet er diskutert og detaljert i nær samarbeid med en styringsgruppe oppnevnt av oppdragsgiver. Denne styringsgruppen består av to aktører fra fiskerinæringen; Jan-Henrik Nøstbakken og Harald E. Hansen, og to aktører fra oppdrettsnæringen; Tor-Anders Elvegård og Geir Magne Knutsen. FHF er representert i prosjektgruppen ved Eirik Sigstadstø.

Prosjektbestillingen som ligger til grunn for prosjektet avgrenset problemstillingen til ikke å omhandle effekter av rømt oppdrettslaks på ville laksepopulasjoner, eller effekter av lakselus på samme, da disse tema omhandles i andre prosjekter. Her skulle andre sider ved interaksjonen mellom oppdrett og villfisk belyses, positive som negative, og spesielt ved negative effekter var målsettingen å foreslå tiltak som kunne redusere slike.

Denne rapporten oppsummerer aktivitetene i fase I av prosjektet, som i denne sammenheng ansees som det første av et fire-årig prosjektløp. De øvrige tre årene detaljeres i egen prosjektbeskrivelse på bakgrunn av resultatene gjengitt i denne rapporten samt dialog med styringsgruppen. Dette er dermed ikke ansett som en sluttrapport, men heller en rapport fra fase I av prosjektet.

## 2 Innledning

I likhet med all annen produksjon av menneskemat 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 effekter som eksempelvis fiskeri har på det samme (Bjørn m. fl. 2008). Mangelen på kvantitativ kunnskap om hvorvidt og eventuelt hvordan oppdrett av laks påvirker lokale økosystemer har flere viktige konsekvenser. For eksempel er bruk av «føre var» prinsippet sentralt når lokalisering av oppdrettsanlegg skal avgjøres, en praksis som kan resultere i sub-optimal og lite effektiv bruk av arealer til oppdrettsformål, siden lokalisering av anlegg er et resultat av antakelser fremfor faktisk kunnskap om miljømessige og økologiske konsekvenser. Videre har usikkerhet rundt hvorvidt lakseoppdrett påvirker marine fiskepopulasjoner ført til flere kritiske presseoppslag og konflikter med lokale fiskerier langs store deler av norskekysten. I noen tilfeller er slike konflikter basert på misforståelser, mangel på kunnskap eller mangelfull informasjon, mens i andre tilfeller kan det dokumenteres at de miljømessige konsekvensene faktisk er for store. Økt kunnskap om mulige økologiske effekter av fiskeoppdrett på marine fiskebestander er derfor viktig for videre utvikling av tilpasset organisering, drift og en bærekraftig sameksistens mellom kystfiskeriene og lakseoppdrettsnæringen. Med utgangspunkt i at tilgangen på mat i verden er begrenset mens behovet er økende, er det viktig å være klar over at unnværelse av å nyttiggjøre seg naturgitte forutsetninger for havbruksproduksjon har en alternativ kostnad ved at denne maten må produseres av mindre effektive kjøttprodusenter som kylling, gris og storfe. Sett i globalt perspektiv er det ikke noe alternativ ikke å benytte produksjonspotensialet som ligger i havet.

Man kan tenke seg mange ulike måter oppdrettsnæringen kan påvirke marine fiskepopulasjoner. Til tross for at lakseoppdrettsanlegg kun dekker relativt små arealer, vil de være svært attraktive for en del marine arter, og villfisk samles rundt oppdrettsanlegg i store mengder der de oppholder seg i umiddelbar nærhet til anlegget (Dempster 2009). Kontinuerlig tilgang til mat, organisk avfall samt pellets, som fisken spiser på antas å være de viktigste årsakene til at villfisken samles ved anleggene (Dempster m. fl. 2011). Imidlertid er fiskemengdene som observeres under noen anlegg så store (se f.eks Ryfylkeprosjektet, Onar Gudmundsen, Fiskeridirektoratet) at dette tyder på at fisken tiltrekkes av andre ting en tetthet alene. Nylige resultater fra fangster langs hele norskekysten gjennom sommeren viser at aggregeringen av villfisk rundt oppdrettsanleggene påvirker fødevalg, kondisjonsfaktor, fettinnhold og fettsyresammensetningen (Dempster m.fl. 2009, Fernandez-Jover m. fl. 2011). Endringer i diett og forandringene man ser i fettsyrefordelingen som følger av dem kan påvirke kvalitet og oppfattelsen av fisken som føde, videre er det grunn til å se nærmere på eventuelle effekter på reproduksjonspotensialet ved at både fekunditet og eggkvalitet kan påvirkes (Fernandez-Jover m. fl. 2007). Så langt har man ikke kunnet dokumentere at endrede fødevaner hos villfisk som beiter rundt oppdrettsanlegg har gitt signifikante endringer i kvalitet og oppfattelsen av produktet, men noen mindre effekter er beskrevet (Skog m.fl.2003; Bjørn m. fl. 2007; Otterå m.fl. 2009). Siden fiskere og fiskekjøpere ved flere anledninger har meldt om negative effekter på kvalitet hos sei som har spist mye laksefôr er dette noe overraskende. Årsaken til at man i liten grad klarer å påvise slike effekter i kontrollerte undersøkelser kan til dels skyldes forskjell i fangst og håndtering

mellom lokale fiskere og våre undersøkelser. Det er også sannsynlig at effektene varierer gjennom året og mellom individer. Videre vil aggregering av fisk 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, være mindre tilgjengelig for kystfiskeflåten. I et nylig gjennomført FHF prosjekt (prosjekt no 900501; Fangst og mellomagring 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 og ser på mulige tiltak som eventuelt kan settes inn for å bedre kvaliteten på fangst. For at grunnlag for sameksistens mellom næringene skal være til stede er det viktig å fokusere på lønnsomme fiskemetoder og kvalitet på fangst. Dette skal føre til at fisk i oppdrettstette områdene skal kunne utnyttes på en bærekraftig måte uten at fangstene nedgraderes på grunn av redusert kvalitet. Tiltak som kan bli nødvendige vil kunne 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. For eksempel mener noen fiskere at kyst torsk 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. 2008). Som følge av slike påstander så en på mulige sammenhenger som kunne forklare en slik adferd, og testet disse eksperimentelt (Sæther m.fl. 2007; Bjørn m.fl. 2008). Resultatene var ikke entydige og bidro ikke til å forklare atferdsendringene som fiskerne hevder å se. Resultatene kan imidlertid tyde på at en viss habituering 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. Dette tyder på at seien tilbringer lengre tid i fjordsystemet ut over den perioden den forventes å være der da den normalt vil forlate fjorden for å gyte ute i Nordsjøen (Onar Gudmundssen, Fiskeridirektoratet pers. med.). Hvorvidt dette er en adferdsendring som har oppstått som følge av etablering av oppdrettsanlegg, eller om det dreier seg om stasjonære sei-populasjoner i systemet er foreløpig ukjent. Muligheten for at lakseoppdrett kan påvirke reproduksjonen hos kommersielt viktige arter har ført til konflikter mellom næringene. Det er derfor viktig å skaffe til veie nødvendig kunnskap rundt disse forholdene for å fjerne 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 Målsetting

Prosjektets målsetting, definert i bestilling fra FHF, er å evaluere potensielle tiltak som kan bidra til å redusere konflikter mellom akvakultur og kystfiske for dermed å styrke grunnlag for en fruktbar sameksistens mellom to viktige norske kystnæringer. Fokus på sameksistens i kystnæringene har sin bakgrunn i tiltakende bruk og konflikter tilknyttet bruk av kystnære farvann. Konsekvensene av dagens bruk er til dels lite beskrevet, og kunnskapsgrunnlaget bak enkelte konflikter er mangelfull. De bærer snarere preg av påstander som er mangelfullt dokumentert, men som nødvendigvis ikke er feil av den grunn. Siden det er så vidt 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 dermed delt inn i faser, der fase I (som denne rapporten omhandler) har som målsetting styrke og samle kunnskapsgrunnlaget for mer målrettede aktiviteter i fase II. Prosjektet er delt inn i arbeidspakker. Arbeidspakke 1 omhandler mulige effekter på reproduksjon hos villfisk, arbeidspakke 2 omhandler fangst og bruk av oppdrettspåvirket villfisk, arbeidspakke 3 omhandler kunnskapsoppsummering, disseminering og anbefalinger.

De øvrige målsettingene og arbeidspakke aktiviteter omhandlet i prosjektbeskrivelsen vil detaljeres i en ny prosjektbeskrivelse basert på resultatene fra fase 1 samt innspill til disse fra styringsgruppen.



## 4 Aktiviteter og Resultater

### 4.1 WP1 Redusere eventuelle effekter på reproduksjon hos villfisk

Det er fremsatt to alternative teoretiske sammenhenger for hvordan fiskeoppdrett kan påvirke reproduksjonspotensialet hos villfisk. Den ene problematiserer inntak av spillfôr/organisk avfall fra oppdrett som kan påvirke alder ved kjønnsmodning, fekunditet og kvalitet på egg. Den andre problematiserer mulige effekter på adferd og gytevandringer hos fisk som følge av uspesifisert stimuli fra oppdrettsanlegg.

#### 4.1.1 Task 1.1. Kunnskapsoppsummering: effekter av oppdrett på reproduksjon hos villfisk

Denne aktiviteten er koordinert med aktivitet 4.2.1. Kunnskapsoppsummeringen er vedlagt i sin helhet (Vedlegg 1). I det følgende er kun sammendraget og konklusjoner gjengitt.

##### Sammendrag

Havbruk er en viktig næring både i Norge og i resten av verden. Siden den globale matproduksjonen må øke i framtiden er det rimelig å anta at havbruksnæringen også vil bli større. 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 denne rapporten er 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 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. 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 interessent grupper 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 også være viktig at det samtidig fokuseres på flere påvirkningsfaktorer og at evaluering av mulige økosystemeffekter av havbruk foretas på en helhetlig måte og ikke kun forhold til økologiske faktorer, men også til samfunnsmessige faktorer.

## Konklusjoner

- Hensikten med denne rapporten er 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. Vi har samlet og analysert kunnskap om mulige effekter av de vanligste oppdrettsartene i Norge. 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 og fremst analysert og diskutert kunnskap vedrørende effekter av organisk avfall fra marint havbruk. Vi har her fokusert på eventuelle gjødslingeffekter og endring av bunnforhold, samt tiltrekning av villfisk til oppdrettsanlegg og mulige effekter av dette på ulike interessent grupper, 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.
- Selv om oppdrettsnæringen står for de største menneskeskapte utslippene av næringssalter og organisk stoff til norskekysten, er disse utslippene relativt sett små i forhold til naturlig tilførsel av slike stoffer. Det antas derfor at det generelt er liten risiko både for vesentlig global og regional overgjødsling av frie vannmasser, kanskje med unntak av lokale effekter i enkelte områder med spesielt dårlig vannutskifting og høy oppdrettsintensivitet.
- Benthiske effekter som følge av partikulære utslipp av spillfôr og fekalier er primært avhengig av dyp og strømforhold på oppdrettslokaliteten. På grunne lokaliteter med lite strøm blir bunnen like under anleggene mest påvirket, mens påvirkningen spres over et større område på dype og strømssterke lokaliteter. Påvirkningsgraden per areal er trolig større på strømsvake og indre lokaliteter enn på strømssterke og ytre lokaliteter der effekten spres over et større areal. Sannsynligheten for regional bunnpåvirkning i åpne kystområder og store fjorder med dyp terskel vurderes som meget liten, men den samlede lokale påvirkningen i enkelte områder med mye oppdrett kan likevel bli betydelig.
- Det er vist at forholdsvis store mengder villfisk kan tiltrekkes oppdrettsanlegg. I Norge er det primært snakk om sei, torsk, hyse og makrell. Årsaken til at villfisk aggregeres ved oppdrettsanlegg er trolig tilgang på spillfôr, men tilgang på mindre byttedyr, skjulested og muligens fekalier kan også bidra til tiltrekning av villfisk.
- Tiltrekning av villfisk til oppdrettsanlegg kan påvirke ressurstilgjengelighet både for lokale kommersielle fiskerier og for rekreasjonsfiskere, siden det ikke er tillatt å fiske innen en sikkerhetssone på 100 meter fra anleggene. Det er oss bekjent ikke gjennomført systematiske undersøkelser for å dokumentere om og i hvilken grad tiltrekning av villfisk reduserer reell ressurstilgang for ulike fiskerier, men organisering av storskala kommersielt fiske etter tiltrukket villfisk bør også inkludere tiltak for å unngå eventuell lokal overbeskatning.
- Fiskere og fiskemottaksanlegg har opplevd og opplever stadig at tiltrukket fisk, fortrinnsvis sei, som har spist mye spillfôr kan være av en så dårlig kvalitet at den ikke er omsettbart. Forskning har så langt ikke greid å dokumentere under hvilke forhold dette vil skje, noe som kan skyldes at fisken i de eksisterende studiene har blitt behandlet optimalt, at ulike

fangstmetoder er blitt benyttet for ulike grupper og at fisk som er sterkt påvirket av spillfôr kanskje ikke har blitt undersøkt på riktig tidspunkt. Det er her primært behov for å bestemme under hvilke forhold kvaliteten på fisken blir så dårlig at den ikke kan omsettes, noe som igjen vil gjøre det mulig å foreslå tiltak i forhold til metoder for fangst og prosessering for å bedre kvaliteten på fôrsprengt villfisk.

- Tiltrekning av villfisk til oppdrettsanlegg kan også være positivt for utøvelsen av havbruk gjennom at villfisk spiser relativt høye andeler av fôrtapet og dermed trolig reduserer bunnpåvirkningen. Det kan imidlertid ikke utelukkes at villfisk som aggregeres ved oppdrettsanlegg kan ha en rolle i spredning av patogener mellom anlegg og til ville bestander. Det er videre vist at villfisk som samles ved anleggene kan spise små rømt oppdrettsfisk, men det er også spekulert i at rovfisk kan forårsake rømning ved å bite hull i nøtene (jfr. Blåfisk i Middelhavet, Sanchez-Jerez m.fl. 2008)
- Forholdet mellom sjøfisketurisme og påvirkning fra oppdrett på ville marine organismer er oss bekjent ikke spesifikt undersøkt. Siden villfisk tiltrekkes av oppdrettsanlegg og det ikke er tillatt å fiske nært anlegg, kan det imidlertid tenkes at villfiskressurser blir mindre tilgjengelig for sjøfisketurister.
- Økt mattilgang på grunn av spillfôr kan bedre vekst og kondisjon hos villfisk og dermed også føre til tidligere kjønnsmodning. Dette kan tenkes å påvirke gytetidspunkt og kanskje også vandringer knyttet opp mot gyting, noe som kan bety at fisken gyter på sub-optimale tidspunkt og steder. Økt mattilgang fører også til økte energireserver og kanskje økt eggmengde (fekunditet), men fiskefôret har en biokjemisk sammensetning som kan være uheldig for avkommets levedyktighet. Det finnes oss bekjent lite konkret kunnskap som viser at reproduksjonen hos villfisk faktisk påvirkes som diskutert i denne kunnskapsoppsummeringen.
- Forskjellige stimuli fra oppdrettsanlegg kan påvirke atferd og fordeling av villfisk i tid og rom. Tiltrekning av villfisk kan eventuelt medføre at tidspunkt for naturlig gytevandring påvirkes. Det er i denne sammenhengen forslått at tiltrekning av sei til anlegg kan medføre at gytevandringen forsinkes. Men det er også forslått at villfisk under enkelte forhold faktisk kan frastøtes fjorder med mye oppdrett. Eksempelvis hevdes det fra fiskerhold at innsigstorsk på gytevandring skyr fjorder med oppdrett, noe som delvis støttes av eksisterende forskning. Det er imidlertid komplisert og logistisk krevende å undersøke atferdsendringer på populasjonsnivå under naturlige forhold og det finnes oss bekjent ikke feltbaserte studier der denne typen problemstillinger er undersøkt på en måte som gjør det mulig å konkludere med hvorvidt slike effekter eksisterer. Det er i denne sammenhengen behov for undersøkelser av atferd og fordeling av fisk i tid og rom før, under og etter etablering av oppdrett.
- Kunnskapsoppsummeringen viser generelt at marint havbruk kan påvirke biologien til en rekke marine organismer, noe som igjen kan påvirke ulike interessegrupper på forskjellig måte. Effektene kan variere mellom arter, livsstadier og andre økologiske faktorer, og kan påvirke forskjellige interessent grupper 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 konfliktdependende eller avbøtende tiltak vil være en balansegang mellom å ivareta økosystemet og samtidig ta

vare på ulike interessentgrupper. Det vil videre også være viktig at det fokuseres på flere påvirkningsfaktorer og at evaluering av mulige økosystemeffekter av havbruk foretas på en helhetlig måte. Det vil si ikke bare i forhold til økologiske faktorer men også til samfunnsmessige faktorer, siden effekter av ulike påvirkningsfaktorer kanskje kan være kumulative eller synergistiske, eller kunne defineres som negative, nøytrale eller positive avhengig av ståsted eller perspektiv.

## **4.2 WP2 Utnyttelse av marine arter i oppdrettspåvirkede områder**

Det er kjent at oppdrettsanlegg tiltrekker seg relativt store mengder marin villfisk. Anleggene fungerer på denne måten som hvilken som helst FAD (fish aggregating device) som ellers kan benyttes til å samle villfisk og effektivisere fisket. Til forskjell fra tradisjonelle FADs tilbyr oppdrettsanleggene mer enn bare beskyttelse og bedret tilgang på naturlige byttedyr ved at der også er tilgang til spillfôr og organisk materiale/fekalier som enten direkte eller via lavere ledd i næringskjeden gir økt tilgang til mat. I tillegg til omtalte mulige effekter på reproduksjon, vil endrede spisevaner kunne påvirke muskelkvalitet og palatabilitet hos villfisken. I denne arbeidspakken er hovedmålsettingen å undersøke og evaluere mulige tiltak for å bedre utnyttelsen av villfisk i oppdrettsintensive områder.

### **4.2.1 Task 2.1. Kunnskapsoppsummering: effekter av organisk avfall fra marin akvakultur**

Denne aktiviteten er koordinert med 4.1.1; sammendrag og konklusjoner er gjengitt der. Kunnskapsoppsummeringen er gjengitt i sin helhet i vedlegg1.

### **4.2.2 Task 2.3. Kartlegging av villfisk ved oppdrettsanlegg.**

Det er kjent at villfisk aggregerer rundt oppdrettsanlegg, og at mengden fisk avhenger av avstand fra anlegg med mest fisk like i nærheten eller under anlegg (Dempster m.fl. 2009; Sæther m.fl. 2012). Effektiv fangst av fisk rundt anlegg krever inngående kunnskap om mengde fisk og hvordan denne eventuelt varierer mellom anlegg, over døgnet og mellom sesonger. Aktiviteten i fase 1 var begrenset til et område, Øksfjorden i Finnmark, hvor 5 ulike lokaliteter ble undersøkt (figur 1) ved at vi kjørte planlagte standardiserte transekter ved anleggene med et Simrad EY 60 splitt-stråle ekkolodd. Målsettingen var å beskrive tilstedeværelse av fisk rundt anleggene gjennom døgnet. Korte dager og utfordringer med været gjorde at vi ikke fikk gjentatt målinger gjennom døgnet, men vi fikk gjennomført målinger ved totalt 5 anlegg. Særlig relevant for problemstillingen var disse anleggene i ulike driftsfaser; en var brakklagt (Steinviknes) og uten fisk og ingen fôring, to hadde fisk utsatt i 2012 (Kjøsen og Auskarnes) og dermed begrenset fôring mens to hadde større fisk som nærmet seg slaktestørrelse og dermed mer intensiv fôring (Storviknes og Skognes).

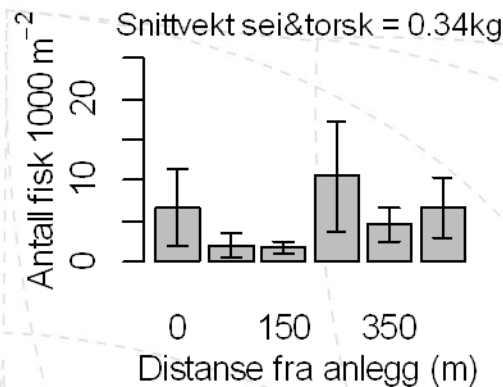




Figur 1 Oversikt over oppdrettslokaliteter i Øksfjorden. Linjene viser transektene som ble kjørt for hvert anlegg.

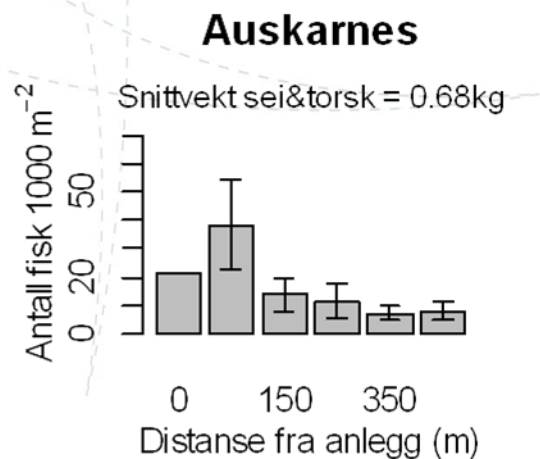
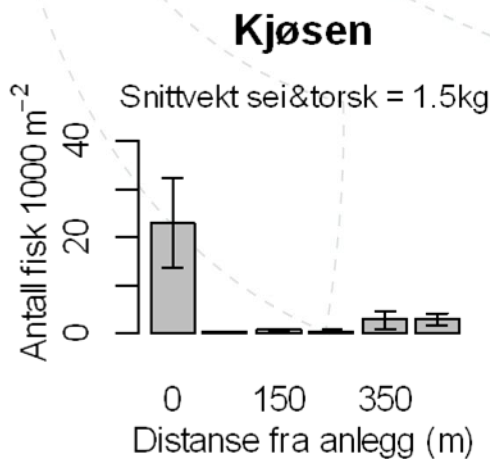
Denne runden ble benyttet for å etablere en protokoll for fremtidige målinger av villfisk rundt anlegg ved bruk av ekkolodd. Ut fra transektene får vi informasjon om relative mål (biomasserelatert) og absolutte mål (antall fisk) per areal. I tillegg får vi en størrelsesfordeling på fisken. I tillegg til ekkolodd undersøkelsene ble det fisket på anleggene for å fastslå art og individstørrelse. Resultatene bekrefter tidligere resultater på betydning av avstand fra anlegg; alle anlegg som ble føret samlet fisk nær anleggene. Interessant nok lot antall fisk som samlet seg nær anleggene til å være korrelert til fôringsintensitet, anleggene som ble føret hardest var assosiert med mest fisk. Anlegget som var brakklagt, Steinviknes, syntes ikke å aggregere fisk i noen særlig grad; dette er interessant fordi kun anlegg over vann var fjernet, fortøyningene lå fortsatt ute. Her var det imidlertid ingen større ansamling av fisk i umiddelbar nærhet sammenlignet med 500 meter fra anlegg. Dersom dette ene målepunktet er representativt kan det virke som om lokalitetene ikke tiltrekker seg betydelige mengder fisk i brakkeleggingsperiodene. Dette bør imidlertid eventuelt undersøkes nærmere i oppfølgende studier på flere lokaliteter, og hvor man i tillegg har anledning til å relatere undersøkelsen til brakkeleggingsperiode.

## Steinviknes



Figur 2 Fisk ved brakklagt oppdrettslokalitet i Øksfjorden, basert på splittstråle ekkolodd fra transekt angitt i figur 1. Oppgitt snittvekt på fisk basert på prøvefiske.

Ved to av de andre lokalitetene var det relativt lav biomasse i anleggene, ettersom dette var smolt satt ut i 2012. Fôringensintensiteten i anleggene er klassifisert som lite fôrforbruk i ved Kjøsen og Middels fôrforbruk ved Auskarnes. Her ser man en økning i andel fisk som står nær anleggene, spesielt ved lokaliteten som fôrer mest (figur 3).



Figur 3 Fisk ved to oppdrettslokaliteter i Øksfjorden, Finmark, basert på splittstråle ekkolodd fra transekt angitt i figur 1. Oppgitte snittvekter på fisk er basert på prøvefiske.

De to siste lokalitetene i Øksfjorden, Storviknes og Skognes hadde fisk som nærmet seg slaktevekt, og dermed større biomasse, større pelletsstørrelse og mer intensiv fôring (begge beskrevet som høyt fôrforbruk). Dette gir seg klare utslag i høyere antall fisk ved lokaliteten, med en relativt tydelig skjevfordeling hvor hhv. 65 og 75% av fisken står i umiddelbar nærhet til anlegg. Begge disse lokalitetene samler mer fisk nær anlegg (0 meter) enn hva som registreres i en distanse på 500 meter

fra brakklagt lokalitet. Samlet sett ser vi en tydelig forskjell i antall fisk som aggregeres rundt anleggene, noe som synes å være positivt korrelert til fôringsintensitet på lokaliteten. I tillegg ser vi en klar reduksjon i fisketetthet med distanse fra anlegg. Samlet sett var imidlertid biomassen av fisk ved anleggene forholdsvis lav noe som kan skyldes at det generelt var lite fisk i fjorden siden seien normalt sett vandrer ut av Øksfjord i løpet av høsten. Det vil derfor være interessant å repetere disse undersøkelsene i perioder der det er mer sei i fjorden (dvs. i sommerhalvåret).

#### 4.2.3 Task 2.4 Optimal fangst og håndtering

Hensikten med Task 2.4 var å utvikle og teste standardiserte metoder og rutiner for kvalitetsanalyse av sei fanget ved oppdrettsanlegg. Dette ble gjort ved å gjennomføre en innledende undersøkelse av kvaliteten på sei fanget under et oppdrettsanlegg i Midt-Norge og sammenligne disse med sei fanget et stykke unna oppdrettsanlegg. Undersøkelsen ble utformet slik at den kan inngå (som første målepunkt på høsten) i en lengre studie vedrørende eventuelle sesongvariasjoner i kvalitet hos sei.

##### *Metoder*

Sei ble fanget ved et oppdrettsanlegg (19.09.12, ytterst i Hemnefjorden, Hemne) og på en kontroll-lokalitet (21.09.12 utenfor Fjellværøya, Hitra) med juksa og garn. Garna ble satt på ettermiddagen og tatt opp morgenen etter (fisketid  $15 \pm 1$  time). Studiet bestod dermed av fire grupper fisk: 1) Kontroll-juksa (N=30), 2) Kontroll-garn (N=35), 3) Anlegg-juksa (N=30) og 4) Anlegg-garn (N=27)

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 48 timer på is ble kvaliteten på fisken bestemt ved å måle to forskjellige filet-indeksers Filetkvalitet ble først evaluert sensorisk etter en standard poengskala utviklet ved Nofima (Akse m.fl. 2006) for vurdering av rå filetpøver. Parameterne som inngår i filetindeksen (FI) er lukt, farge, konsistens, overflatestruktur og spalting. Kriteriene lukt, farge, spalting og konsistens er gradert i en firedelt skala; fra 0 (best) til 3 (dårligst). Skalaen for overflate er tredelt fra 0 (best) til 3 (dårligst). Samlet indeksverdi er summen av snittkarakterene for de fem kriteriene. Best score er 0 og dårligst er 14. Vurderingen ble utført av 3 trente dommere. Filetkvaliteten ble også vurdert i henhold til en forenklet utgave av en industritest utviklet av SINTEF (Eriksen 2008). 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 forenklete versjonen av Sintefs industritest kan derfor variere mellom 0 og 9,

der kvalitetene reduseres med økte verdier. Filéindeksen ble målt for fiskens venstre filet. For den høyre filéten 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) 2 måneder etter at filéten ble frosset ned. Teksturen angis som gram trykk motstand på en kule som trykkes ned mot fiskekjøttet med konstant hastighet. Fisk som er bløt i kjøttet yter liten motstand, mens fisk som er fast i kjøttet vil yte større motstand. Hver filét ble målt på fem punkter i lengderetning (i senter av hver 1/5 del) på hver loins, og gjennomsnitt beregnet per fisk for å ta hensyn til variasjon i hardhet i hver prøve. Filetene ble målt 1 og 3 dager etter at den var tint opp og lagret i skap på 4°C. Siden målingene i seg selv påvirker teksturen ble fisken delt inn i undergrupper, en for dag 1 og en for dag 3. Målingene er dermed ikke gjennomført på samme filét over tid, men to utvalg prøver som var lagret ulik tid men ellers behandlet likt. 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.

### Resultater

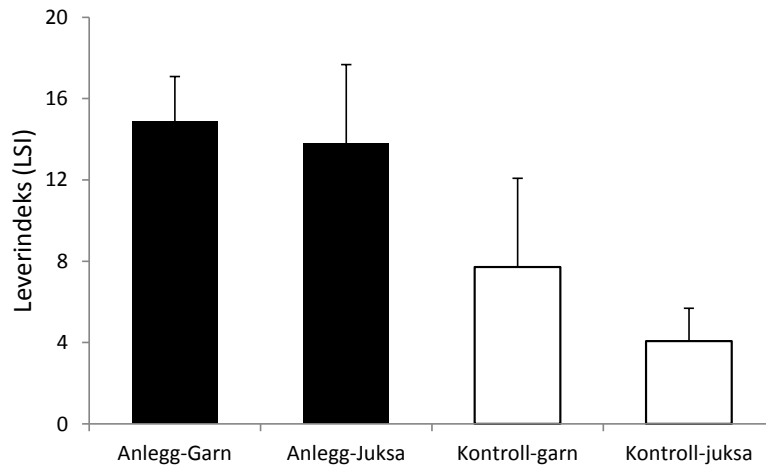
Seien som ble analysert varierte mellom 60 og 70 cm i gjennomsnittlig lengde og veide i gjennomsnitt mellom 2,4 og 3,5 kg før sløyning (Tabell 1). Fisken som ble fanget ved oppdrettsanlegg hadde generelt en betydelig høyere usløyvd kondisjonsfaktor enn kontrollfisken (Tabell 1), noe som trolig hovedsakelig er relatert til variasjon i leverstørrelse. Sløyvd K-faktor var imidlertid også størst for sei fanget ved oppdrettsanlegg, noe som tyder på at den hadde større muskelmasse enn kontrollseien (Tabell 1).

Tabell 1. Oversikt over grupper for sei samlet inn 19-21.09.12 på Hitra og i Hemnefjorden. Sløyvd K-faktor illustrerer forholdet mellom vekt uten innvoller og lengde.

Gruppe	N	Lengde ± SD (mm)		Vekt ± SD (g)		K-faktor ± SD		Sløyvd K-faktor ± SD	
Anlegg-Garn	27	604	45	2421	452	1,09	0,10	0,82	0,07
Anlegg-Juksa	30	698	52	3503	720	1,03	0,17	0,77	0,10
Kontroll-garn	35	663	72	2569	766	0,86	0,12	0,70	0,07
Kontroll-juksa	30	693	95	2528	795	0,75	0,10	0,64	0,08

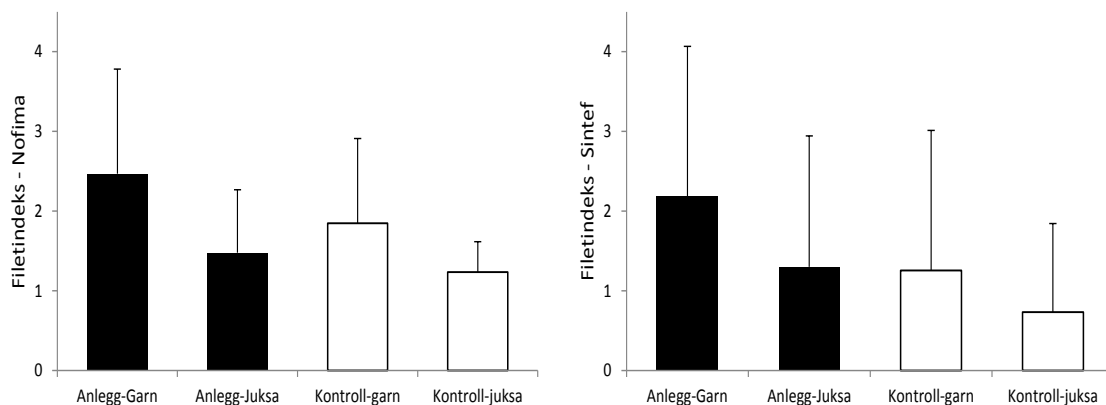
Sei som ble fanget ved oppdrettsanlegg hadde betydelig større lever enn sei som ble fanget på kontroll-lokaliteter, og det var også en signifikant forskjell ved at fisk fanget med garn hadde større lever enn fisk fanget med juksa (GLM, Anlegg/Kontroll:  $F = 197,0$ ,  $P < 0,001$ ; Garn/Juksa:  $F = 15,3$ ,  $P < 0,001$ ; Interaksjon:  $F = 4,5$ ,  $P = 0,035$ ). Dette skyldes delvis at en del av kontrollfisken som ble fanget med garn hadde markant større lever enn majoriteten av kontrollfisken.





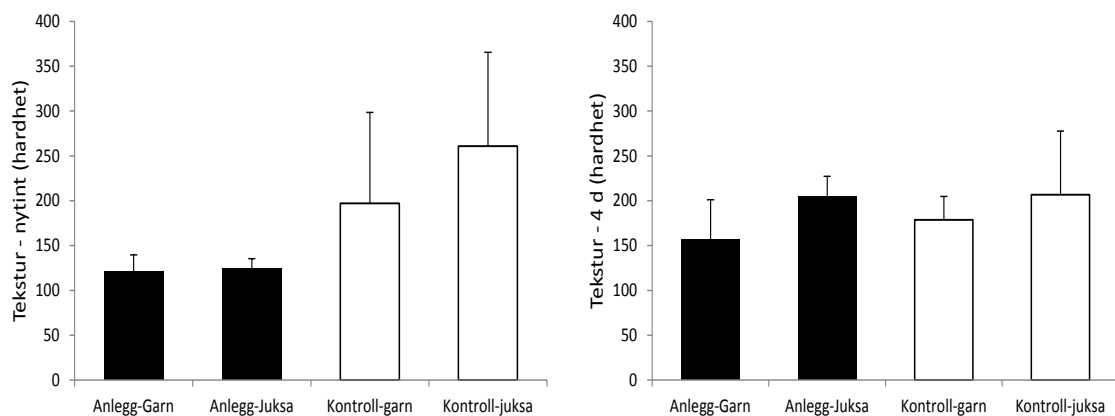
Figur 4 Relativ leverstørrelse (Levervekt/Kroppsvekt x 100) for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra

Måling av filetkvalitet på fersk fisk viste at kvaliteten på fisken generelt sett var god (Figur 6). Sei fanget ved oppdrettsanlegg var imidlertid av noe dårligere kvalitet enn kontrollfisk, og garnfanget fisk noe dårligere enn juksafanget fisk. Forskjellene var små, men statistisk signifikante for begge kvalitetsindeksene (GLM: **Nofima**, Anlegg/Kontroll:  $F = 6,4$ ,  $P = 0,013$ ; Garn/Juksa:  $F = 22,0$ ,  $P < 0,001$ , **Sintef**: GLM, Anlegg/Kontroll:  $F = 6,4$ ,  $P = 0,013$ ; Garn/Juksa:  $F = 5,7$ ,  $P = 0,019$ ). Det var tegn til rigor hos en del av de analyserte fiskene, noe som tyder på at perioden på is bør forlenges til 72 eller 96 timer før denne typen kvalitetsanalyser i kommende studier.



Figur 5 Filetkvalitetsindekser utviklet av Nofima (Venstre) og Sintef (Høyre) for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Kvaliteten synker med økende indeksverdier. Maksimum verdier for Nofima og Sintef sine indekser er hhv 14 og 9.

Etter fryselagring i 2 måneder var fileten signifikant bløtere for sei fanget ved oppdrettsanlegg sammenlignet med kontrollfisk, og det var ingen forskjell i tekstur i forhold til fangstmetode (GLM, Anlegg/Kontroll:  $F = 12,7$ ,  $P = 0,001$ ; Garn/Juksa:  $F = 2,0$ ,  $P = 0,17$ ). Fire dager etter opptining var forskjellen i tekstur utjevnet, mens fisk fanget med juksa var noe fastere i kjøttet enn fisk fanget med garn (GLM, Anlegg/Kontroll:  $F = 0,7$ ,  $P = 0,41$ ; Garn/Juksa:  $F = 4,8$ ,  $P = 0,036$ )



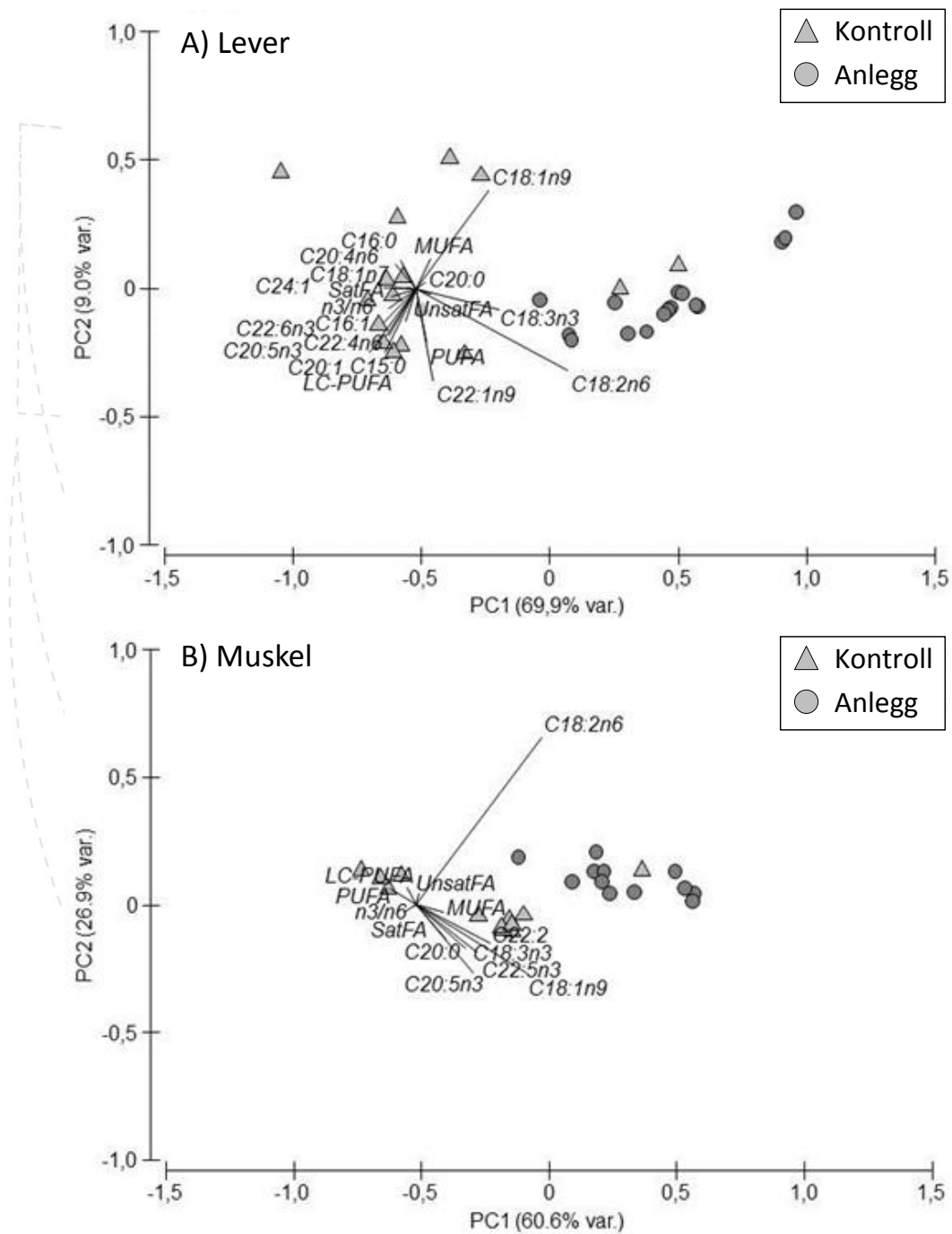
Figur 6 Tekstur på filet for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Seien ble lagret 2 dager på is etter fangst, deretter frosset i to måneder og analysert 1 dag etter optining (venstre figur – nytint) eller etter fire dager (høyre).

Resultatene fra de biokjemiske analysene viser generelt at det er mulig å separere sei fanget under oppdrettsanlegg på basis av både metabolitter, sporstoffer og fettsyrer (Tabell 2 og 3, Figur 7 og 8). Resultatene vil dermed danne et grunnlag for utvelgelse av enkle biokjemiske mål som kan detektere om sei har hatt en diett bestående av pellets og eventuelt også hvor mye laksefôr seien har spist. Det vil derfor blant annet være mulig å bestemme om eventuelt redusert konsumkvalitet hos sei skyldes inntak av laksefôr eller andre elementer i dietten (f.eks. lodde eller silderogn).

Tabell 2. Andeler av ulike fettsyrer i lever og muskel for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Resultatene er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil av individuell profiler for 16 fisk i hver gruppe. ND – angir ikke detektert. Signifikansnivå ved enveis ANOVA: \*0.05, \*\*0.01.

Fettsyre	Lever			Muskel		
	Kontroll	Anlegg	P	Kontroll	Anlegg	P
14:0	3,03 $\pm$ 0,28	2,44 $\pm$ 0,14	0.068	0,98 $\pm$ 0,22	0,91 $\pm$ 0,31	0.852
15:0	0,32 $\pm$ 0,03	0,19 $\pm$ 0,02	0.001**	0,01 $\pm$ 0,01	nd	0.166
16:0	12,33 $\pm$ 0,59	10,39 $\pm$ 0,28	0.007**	4,92 $\pm$ 0,49	6,55 $\pm$ 0,63	0.055
17:0	0,18 $\pm$ 0,02	0,17 $\pm$ 0,01	0.836	0,03 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,01	0.589
18:0	3,87 $\pm$ 0,22	3,91 $\pm$ 0,14	0.887	2,28 $\pm$ 0,32	3,15 $\pm$ 0,48	0.144
20:0	0,17 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0.025*	0,01 $\pm$ 0,01	0,023 $\pm$ 0,01	0.042*
22:0	0,19 $\pm$ 0,11	0,04 $\pm$ 0,01	0.167	0,01 $\pm$ 0,01	nd	0.327
24:0	0,04 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,01	0.059	0,01 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,01	0.529
Total mettet	27,06 $\pm$ 0,78	21,47 $\pm$ 0,73	0.001**	40,16 $\pm$ 1,04	36,16 $\pm$ 0,76	0.005*
14:1	0,01 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,01	0.424	0,02 $\pm$ 0,001	0,01 $\pm$ 0,01	0.076
15:1	0,01 $\pm$ 0,01	nd	0.104	0,01 $\pm$ 0,01	0,01 $\pm$ 0,01	0.357
16:1	5,21 $\pm$ 0,23	3,80 $\pm$ 0,19	0.001**	0,40 $\pm$ 0,06	0,48 $\pm$ 0,09	0.489
17:1	0,23 $\pm$ 0,04	0,32 $\pm$ 0,04	0.106	0,18 $\pm$ 0,04	0,29 $\pm$ 0,10	0.429
18:1 n-7	5,07 $\pm$ 0,31	4,30 $\pm$ 0,14	0.030*	1,31 $\pm$ 0,11	1,51 $\pm$ 0,15	0.262
18:1 n-9	15,11 $\pm$ 1,64	25,52 $\pm$ 1,58	0.001**	1,80 $\pm$ 0,26	4,43 $\pm$ 0,51	0.001**
20:1	6,56 $\pm$ 0,59	5,07 $\pm$ 0,41	0.049*	0,43 $\pm$ 0,07	0,47 $\pm$ 0,07	0.706
22:1 n-9	0,35 $\pm$ 0,07	0,59 $\pm$ 0,06	0.014*	0,03 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,01	0.332
24:1	0,62 $\pm$ 0,04	0,40 $\pm$ 0,03	0.001**	0,16 $\pm$ 0,03	0,17 $\pm$ 0,02	0.874
Total MUFA	42,88 $\pm$ 1,07	47,54 $\pm$ 0,54	0.001**	16,05 $\pm$ 0,40	19,40 $\pm$ 0,57	0.001**
18:2 n-6	1,76 $\pm$ 0,62	8,32 $\pm$ 0,69	0.001**	0,36 $\pm$ 0,14	1,47 $\pm$ 0,19	0.001**
18:3 n-3	0,94 $\pm$ 0,17	3,18 $\pm$ 0,28	0.001**	0,08 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,05	0.001**
20:2	1,25 $\pm$ 0,18	1,45 $\pm$ 0,06	0.160	0,07 $\pm$ 0,01	0,15 $\pm$ 0,03	0.054
20:3 n-3	0,06 $\pm$ 0,02	0,03 $\pm$ 0,01	0.104	0,09 $\pm$ 0,02	0,10 $\pm$ 0,03	0.737
20:4 n-6	0,70 $\pm$ 0,14	0,36 $\pm$ 0,01	0.020*	0,63 $\pm$ 0,10	0,72 $\pm$ 0,07	0.485
20:5 n-3	7,12 $\pm$ 0,45	5,18 $\pm$ 0,22	0.001**	2,95 $\pm$ 0,27	4,13 $\pm$ 0,44	0.034*
22:2	0,39 $\pm$ 0,02	0,44 $\pm$ 0,02	0.052	0,09 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,02	0.021*
22:4 n-6	0,32 $\pm$ 0,02	0,26 $\pm$ 0,01	0.017*	0,05 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,01	0.229
22:5 n-3	0,78 $\pm$ 0,03	0,85 $\pm$ 0,05	0.287	0,32 $\pm$ 0,04	0,61 $\pm$ 0,07	0.003**
22:6 n-3	8,66 $\pm$ 0,45	6,39 $\pm$ 0,30	0.001**	9,63 $\pm$ 1,01	11,68 $\pm$ 1,09	0.180
Total LC-PUFA	25,24 $\pm$ 1,34	17,92 $\pm$ 0,82	0.001**	52,21 $\pm$ 0,97	47,01 $\pm$ 0,99	0.001**
Total PUFA	28,72 $\pm$ 1,11	31,42 $\pm$ 0,52	0.036*	53,67 $\pm$ 0,94	52,55 $\pm$ 0,77	0.370
Total umettet	71,60 $\pm$ 0,05	78,95 $\pm$ 0,72	0.001**	69,72 $\pm$ 0,85	71,96 $\pm$ 0,47	0.030*
n-3/n-6	1,54 $\pm$ 0,06	1,03 $\pm$ 0,04	0.001**	1,23 $\pm$ 0,01	1,18 $\pm$ 0,01	0.005*

Fettsyreanalysene viser at anleggspåvirket sei og kontrollfisk varierer med hensyn til en rekke ulike fettsyrer (Tabell 2). Fisk som er fanget ved anlegg har generelt høyere konsentrasjoner av de «terrestriske» fettsyrene oljesyre og linolsyre. Siden moderne laksefôr er tilsatt forholdsvis mye vegetabiliske eller terrestriske fettsyrer for å redusere bruken av marine råstoffer tyder dette på at dietten til anleggsassosiert fisk er signifikant påvirket av laksefôr. Fettsyreanalysene viser også at noen kontrollfisker har en fettsyreprofil som er mer lik fisk fanget ved anlegg enn de andre kontrollfiskene (Figur 7). Dette tyder på at dette er fisk som har spist laksepellets men som har vandret vekk fra anleggene og som derfor er inkludert i kontrollgruppen. Dette resultatet er i overensstemmelse med variasjonen i relativ levervekt (Figur 4) som viser at noen av kontrollfiskene har like stor lever som fisk fanget ved anlegg. Dette indikerer i tråd med andre studier (Uglem m.fl. 2009) at sei som oppholder seg ved lakseanlegg kan vandre til tradisjonelle fiskeområder og eventuelt også mellom anlegg.

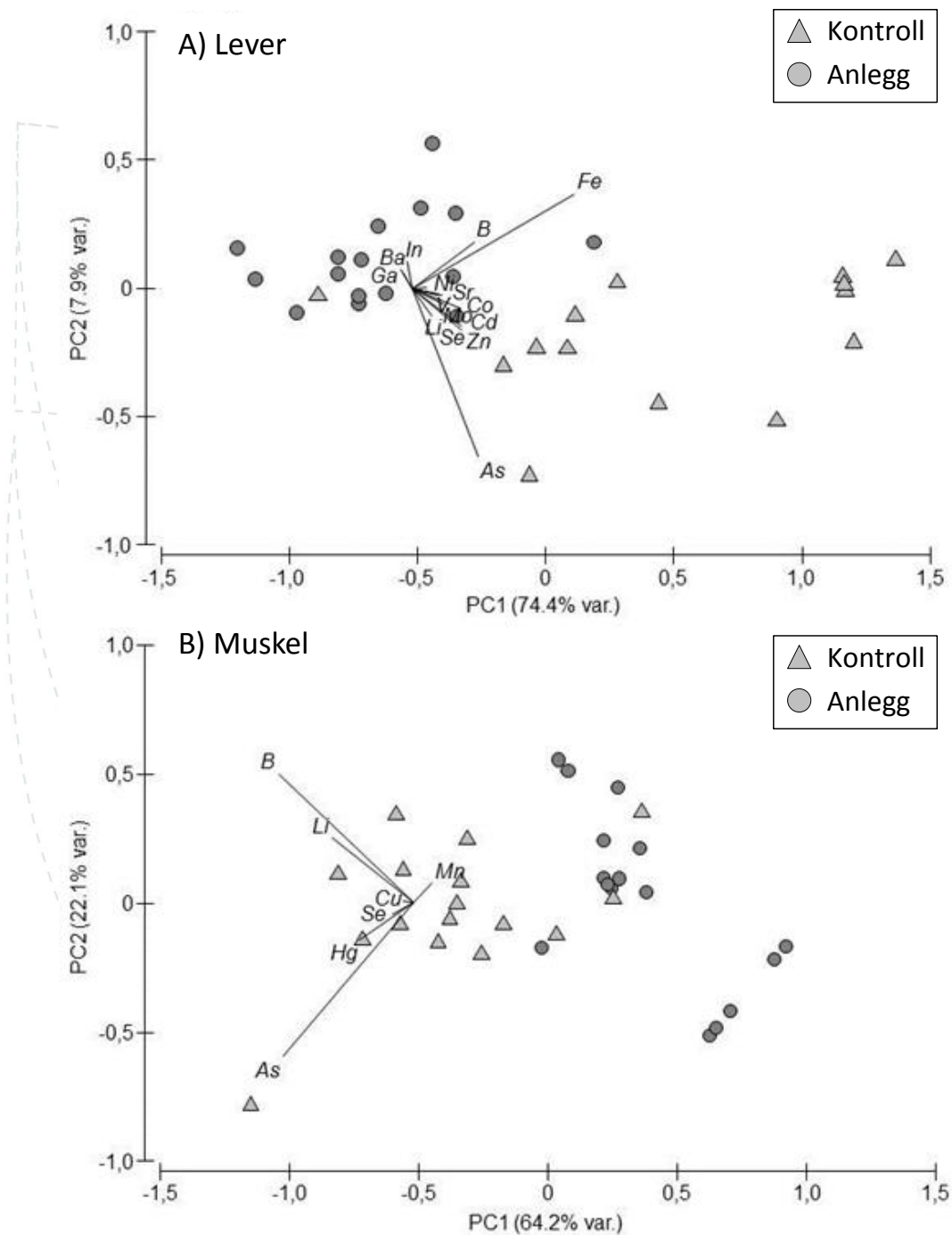


Figur 7 Resultater fra prinsippal komponent analyse som illustrerer variasjonen i fettsyresammensetning i lever og muskel for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Analysene er basert på individuelle fettsyreprofiler for 16 sei fanget ved anlegg og 16 kontrollfisk

Tabell 3. Sporstoffer i lever og muskel for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Resultatene er presentert som gjennomsnitt  $\pm$  standardfeil av individuell profiler for 16 fisk i hver gruppe. ND – angir ikke detektert. Signifikansnivå ved en-veis ANOVA: \*0.05, \*\*0.01

Sporstoff		Lever			Muskel		
		Kontroll	Anlegg	P	Kontroll	Anlegg	P
Minority (p.p.b.)	Li	0,025 $\pm$ 0,012	nd	0.029*	0,087 $\pm$ 0,027	0,011 $\pm$ 0,006	0.004**
	Be	0,001 $\pm$ 0,001	0,001 $\pm$ 0,001	0.344	nd	0,001 $\pm$ 0,001	0.178
	B	0,164 $\pm$ 0,086	nd	0.036*	1,021 $\pm$ 0,212	0,312 $\pm$ 0,106	0.002**
	Al	2,359 $\pm$ 0,264	2,317 $\pm$ 0,283	0.903	1,216 $\pm$ 0,274	0,695 $\pm$ 0,178	0.086
	V	0,193 $\pm$ 0,067	0,063 $\pm$ 0,017	0.038*	0,0128 $\pm$ 0,008	0,009 $\pm$ 0,003	0.641
	Cr	0,132 $\pm$ 0,017	0,127 $\pm$ 0,012	0.796	0,117 $\pm$ 0,076	0,162 $\pm$ 0,138	0.746
	Mn	1,589 $\pm$ 0,235	1,417 $\pm$ 0,244	0.562	0,457 $\pm$ 0,047	0,789 $\pm$ 0,084	0.001**
	Fe	144,928 $\pm$ 31,509	39,281 $\pm$ 7,017	0.001**	11,744 $\pm$ 2,605	7,726 $\pm$ 1,177	0.115
	Co	0,105 $\pm$ 0,017	0,024 $\pm$ 0,003	0.001**	0,004 $\pm$ 0,001	0,004 $\pm$ 0,001	0.789
	Ni	0,127 $\pm$ 0,018	0,074 $\pm$ 0,012	0.010*	0,041 $\pm$ 0,019	0,061 $\pm$ 0,061	0.728
	Cu	13,917 $\pm$ 1,882	11,867 $\pm$ 2,090	0.407	1,138 $\pm$ 0,122	0,845 $\pm$ 0,050	0.016*
	Zn	40,996 $\pm$ 3,806	26,797 $\pm$ 3,263	0.003**	14,997 $\pm$ 0,558	16,063 $\pm$ 0,981	0.284
	Ga	0,066 $\pm$ 0,017	0,119 $\pm$ 0,018	0.020*	0,039 $\pm$ 0,014	0,028 $\pm$ 0,010	0.480
	As	19,480 $\pm$ 3,201	4,919 $\pm$ 0,544	0.001**	22,727 $\pm$ 6,836	7,179 $\pm$ 0,923	0.014*
	Se	2,434 $\pm$ 0,259	0,521 $\pm$ 0,059	0.001**	1,497 $\pm$ 0,0558	0,976 $\pm$ 0,034	0.001**
	Sr	0,919 $\pm$ 0,144	0,417 $\pm$ 0,084	0.002**	2,525 $\pm$ 0,383	1,747 $\pm$ 0,258	0.061
	Mo	0,384 $\pm$ 0,059	0,109 $\pm$ 0,014	0.001**	0,011 $\pm$ 0,002	0,010 $\pm$ 0,004	0.796
	Ag	0,124 $\pm$ 0,014	0,120 $\pm$ 0,013	0.858	0,069 $\pm$ 0,009	0,076 $\pm$ 0,014	0.679
	Cd	0,675 $\pm$ 0,164	0,111 $\pm$ 0,027	0.001**	0,006 $\pm$ 0,001	0,012 $\pm$ 0,006	0.345
In	0,001 $\pm$ 0,001	0,008 $\pm$ 0,003	0.022*	0,007 $\pm$ 0,001	0,004 $\pm$ 0,002	0.208	
Sb	0,003 $\pm$ 0,001	0,001 $\pm$ 0,001	0.053	0,013 $\pm$ 0,003	0,007 $\pm$ 0,002	0.086	
Ba	0,201 $\pm$ 0,052	0,366 $\pm$ 0,056	0.018*	0,293 $\pm$ 0,054	0,273 $\pm$ 0,041	0.742	
Hg	0,041 $\pm$ 0,031	nd	0.138	0,712 $\pm$ 0,132	0,164 $\pm$ 0,034	0.001**	
Tl	0,002 $\pm$ 0,001	0,005 $\pm$ 0,002	0.105	0,006 $\pm$ 0,004	0,003 $\pm$ 0,001	0.347	
Pb	0,284 $\pm$ 0,103	0,210 $\pm$ 0,072	0.502	0,158 $\pm$ 0,038	0,128 $\pm$ 0,026	0.483	
Bi	0,004 $\pm$ 0,001	0,032 $\pm$ 0,024	0.188	0,059 $\pm$ 0,026	0,025 $\pm$ 0,016	0.210	
Majority (p.p.m.)	Ca	0.035 $\pm$ 0.005	0.027 $\pm$ 0.008	0.348	0.287 $\pm$ 0.029	0.283 $\pm$ 0.025	0.897
	K	1.304 $\pm$ 0.130	0.838 $\pm$ 0.078	0.001**	10.884 $\pm$ 0.349	10.208 $\pm$ 0.145	0.048*
	Mg	0.113 $\pm$ 0.015	0.043 $\pm$ 0.004	0.001**	0.931 $\pm$ 0.029	0.846 $\pm$ 0.016	0.006**
	Na	1.049 $\pm$ 0.144	0.427 $\pm$ 0.052	0.001**	2.454 $\pm$ 0.351	1.608 $\pm$ 0.196	0.022*

Variasjonen i sporstoffer viser i likhet med variasjonen i fettsyrer og andre studier (f.eks Bustenes m. fl. 2011) at oppdrettsassosiert sei og kontrollfisk er forskjellige, trolig på grunn av forskjellig diett, samt at enkelte kontrollfisk er mer lik fisk fanget ved oppdrettsanlegg enn resten av kontrollfiskene (Tabell 3, Figur 8). Relativt sett (men ikke volummessig) bidro Jern (Fe) og Arsen (As) til å forklare mye av variasjonen i sporstoffer i leveren mellom anleggsassosiert sei og kontrollfisk (Figur 8). Boron (B) og Arsen (As) forklarte mye av variasjonen i sporstoffer i muskelvev mellom anleggsassosiert sei og kontrollfisk (Figur 8).



Figur 8 Resultater fra prinsipal komponent analyse som illustrerer variasjonen i sporstoffer i lever og muskel for sei fanget ved anlegg eller et stykke unna nærmeste anlegg med garn eller juksa 19 og 21.09.12 i området rundt Hitra. Analysene er basert på individuelle fettsyreprofilene for 16 sei fanget ved anlegg og 16 kontrollfisk

### Diskusjon

Sett under ett tyder dermed de foreløpige resultatene vedrørende konsumkvalitet på sei på at kvaliteten er noe dårligere hos fisk fanget ved oppdrettsanlegg sammenlignet med kontrollfisk, men at kvaliteten ikke var vesentlig forringet. Dette er i overensstemmelse med flere studier angående kvalitet på oppdrettsassosiert fisk (f.eks. Skog m. fl. 2003; Otterå m.fl. 2009; Sæther m. fl. 2012), men ikke med observasjoner fra fiskere og fiskemottaksanlegg.

Flere faktorer kan ha medvirket til at kvaliteten hos oppdrettsassosiert fisk var god i forhold til kontrollfisken i dette studiet. Den analyserte fisken ble optimalt behandlet siden den ble bløgget og utblødd umiddelbart etter fangst og deretter lagret på is i små enheter inntil kvalitetsanalyse. Dette kan ha bidratt til å opprettholde en god kvalitet på fisken og det er mulig at kvaliteten hadde vært ytterligere forringet dersom fisken hadde blitt mindre optimalt behandlet etter fangst. Den oppdrettsassosierte fisken ble videre fanget i nærheten av et oppdrettsanlegg med nylig utsatt laksesmolt. Dette betyr at fôrforbruket ved anlegget var lite i forhold til anlegg med stor laks, noe som videre kan bety at det totale fôrtapet var lite og at effektene på tiltrukket villfisk dermed også var begrenset. Denne antagelsen støttes ved at det ble funnet lite pellets i magesekken på oppdrettsassosiert sei. Totalt ble pellets funnet i magesekken på 7 av 57 sei (12 %) fanget ved anlegget og gjennomsnittlig mengde pellets for de av fiskene som hadde spist pellets var 11 gram ( $\approx$ våttvekt). Sammenlignet med andre studier er dette relativt lite for oppdrettsassosiert sei (Dempster m. fl. 2011). De biokjemiske studiene viser imidlertid at seien som ble fanget ved oppdrettsanlegget fysiologisk sett var påvirket av laksefôr, eller med andre ord at det er svært trolig at denne fisken har hatt en diett som iallfall delvis har bestått av spillfôr og at denne dietten har ført til at fisken har blitt fetere enn sei som ikke har spist spillfôr. Det faktum at sløyd kondisjonsfaktor var høyere for oppdrettsassosiert sei enn for kontrollfisken tyder også på at inntak av spillfôr øker muskelmassen. Det er derfor mulig at den oppdrettsassosierte var naturlig nedfôret/sultet siden den ikke hadde spist betydelige mengder pellets i løpet av den siste tiden før fangst, og at den derfor var av god kvalitet i forhold til om den hadde spist mye spillfôr like før den ble fanget.

Resultatene fra denne studien viser imidlertid også at det er signifikante kvalitetsforskjeller mellom oppdrettsassosiert sei og kontrollfisk, noe som ikke har vært like tydelig i noen av de tidligere studiene. En mulig årsak til at kvalitetsforskjellen fremstår som tydeligere i dette studiet kan være at fangstmetodikken ble standardisert mellom de ulike gruppene. En klar kvalitetsforskjell mellom fisk fanget med juksa og garn tyder på at ulike fangstmetoder for påvirket fisk og kontrollfisk kan ha kamuflert mindre eller moderat variasjon i kvalitet i tidligere studier.

Det er vanskelig å estimere eller skille eventuelle effekter fra optimal behandling og «naturlig nedfôring» på bakgrunn av resultatene fra denne innledende undersøkelsen. Det er derfor behov for å gjenta studien på flere lokaliteter til ulike tider, med ulik behandling av fangsten og forskjellige fôringsstrategier i oppdrettsanleggene. Det vil også være viktig å identifisere et eventuelt «*worst case*» scenario – det vil si hva som faktisk skal til for at kvaliteten på tiltrukket fisk blir så dårlig at den ikke er omsettbart. Dette er nødvendig siden de vitenskapelige studiene som er utført så langt, inkludert de foreløpige resultatene fra dette studiet, ikke har klart å reprodusere en fangstsituasjon der kvaliteten på fisken er så dårlig som det forholdsvis unisont hevdes fra fiskerisiden. Slik kunnskap er essensiell for å foreslå eventuelle avbøtende tiltak.

### **4.3 WP 3 kunnskapsoppsummering, formidling og anbefalinger**

Formidling av resultater og anbefalinger kan bidra til å redusere konflikter og berede grunnlaget for sameksistens mellom næringer som deler samme ressurser og arealer. Formidlingen av kunnskapen i dette prosjektet vil hovedsakelig foregå etter at fase 1 er gjennomført, spesielt i skriftlig form. Målsettingen i WP3 task 3.1 var å organisere et miniseminar med deltakere fra fiskeri og

havbruksnæringen, samt forvaltning. Dette viste seg for ambisiøst både med tanke på tid og budsjetter. I fase II av prosjektet vil det legges opp til et møte i Ryfylke, hvor kunnskapsoppsummering og overføring blir tema. Det synes naturlig å kombinere dette møtet med et miniseminar, hvor resultatene fra fase 1 presenteres og diskuteres. Imidlertid har vi benyttet anledningen til å presentere prosjektet og resultatene ved nasjonale og internasjonale møter. Prosjektet ble presentert på FHL's fagsamling på Gardermoen 27.11.12, et nasjonalt møte som samlet aktører fra fiskeri og havbruksnæringen. Prosjektet ble også presentert på Aquaculture Awards 2013, Hotel Norge, Bergen 08.03.13, et internasjonalt møte som samlet hovedsakelig deltakere fra akvakulturnæringen. Foreløpige resultater fra ProCoEx ble også presentert på Krabbekonferansen i Trondheim 12.01.13 og på Tekna fagseminar i Trondheim 12.01.13. Vi planlegger videre å sende inn abstract til Elseviers 40 års jubileumskonferanse i November 2013 med tanke på å presentere prosjektet i en sesjon på tema interaksjon mellom akvakultur og ville fiskebestander.

I løpet av prosjektperioden har prosjektgruppen gjennomført to møter med styringsgruppen. Det første møtet fant sted på Værnes 13.06.12. Prosjektgruppen presenterte her bakgrunnen for prosjektet, samt målsettinger og fremgangsmåte. Styringsgruppen kom her med kommentarer og innspill til innholdet i prosjektet som ble tatt med i en revidert aktivitetsbeskrivelse. Det andre møtet ble gjennomført på Værnes 28.02.13. Prosjektgruppen presenterte her resultatene for fase I i prosjektet for styringsgruppen. Dette møtet og påfølgende møter mellom FHF og styringsgruppen er grunnlaget for prioriteringer som gjøres i neste fase av prosjektet. Disse beskrives i en egen projektskisse. FoU partene i prosjektet har i tillegg gjennomført flere møter for planlegging og koordinering av de praktiske aktivitetene, både i form av fysiske møter men mest som telekonferanser (telefon og Skype). Som hovedregel gjennomføres møter i form av telekonferanser, da dette er både tids- og kostnadsbesparende.

Prosjektets økonomi rapporteres fortløpende kvartalsvis og vil ikke omhandles her.



## Litteratur

- Akse L, Joensen S, Tobiassen T, Skøtt P (2006) Temperaturkontroll ved produksjon av fersk filet. Rapport 23/2006 ISBN-13978-82-7251-599-6. Tromsø, Norway.: Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research
- Bjørn PA, Uglem I, Sæther BS, Dale T, Økland F, Nilsen R, Aas K, Tobiassen T (2007) Videreføring av prosjektet "Behavioural responses in wild coastal cod exposed to salmon farms: possible effects of salmon holding water - a field and experimental study". Fiskeriforskning rapport, 6/2007, 38 sider.
- 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
- Bustnes JO, Nygård T, Dempster T, Ciesielski T, Munro Jenssen B, Bjørn PA, Uglem I. (2011) Do salmon farms increase the concentrations of mercury and other elements in wild fish? *J. Environ. Monit.* 13: 1687-1694
- Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Gimenez-Casualdero F, Valle C (2002) Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term variability. *Marine Ecology Progress Series* 242: 237-252
- Dempster T, Uglem I, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, 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, 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
- Eriksen U (2008) Utvikling av en industritest for bedømming av teksturegenskapene til laksefisk. <http://www.nsl.no/filer/fou/loe/loe3.pdf>
- Fernandez-Jover D, Lopez-Jimenez JA, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere J, Gimenez-Casualduero F, Martinez-Lopez FJ, Dempster T (2007) Changes in body condition and fatty acid composition of wild Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) associated to sea-cage fish farms. *Mar. Environ. Res.* 63: 1-18
- 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
- Fernandez-Jover D, Martinez-Rubio L, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Lopez-Martinez 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
- Maurstad A, Dale T, Bjørn PA (2007) You wouldn't spawn in a septic tank, would you? *Human Ecology* 35: 601-610
- 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
- Naylor R, Hindar K, Fleming IA, Goldberg R, Williams S, Volpe J, Whoriskey F, Eagle J, Kelso D, Mangel M (2005) Fugitive salmon: assessing the risks of escaped fish from net-pen aquaculture. *BioScience* 55: 427-437
- Sæther BS, Bjørn PA, Dale T (2007). Behavioural responses in wild cod (*Gadus morhua* L.) exposed to fish holding water. *Aquaculture* 262, 260-267
- Sæter BS, Løkkeborg S, Humborstad OB, Tobiassen T, Hermansen Ø, Midling KØ (2012) Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg. NOFIMA rapport 8/2012, 37 sider.
- Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Valle C, Dempster T, Tuya F, Juanes F (2008) Interactions between bluefish *Pomatomus saltatrix* (L.) and coastal sea-cage farms in the Mediterranean Sea. *Aquaculture* 282: 61-67

- Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Uglem I, Arechavala P, Dempster P, Bayle Sempere J, Valle Pérez C, Izquierdo D, Bjørn P-A, Nilsen R. (2011). Coastal Fish Farms as Fish Aggregation Devices (FADs). In: Artificial Reefs in Fisheries Management (Eds: Bortone SA, Pereira Brandini F, Fabi G, Otake S). CRC Press. 368 pp.
- 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
- Uglem I, Bjørn PA, Sanchez-Jerez P, Økland F (2009) High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Marine Ecology Progress Series*. 384: 251-260
- Weir LK, Grant JWA (2005) Effects of aquaculture on wild fish populations: a synthesis of data. *Environ. Rev.* 13: 145-168