

OFFENTLIG PROSJEKTSAMMENDRAG TARELAKS



TITTEL	Offentlig prosjektsammendrag TARELAKS
FORFATTERE	Celine Rebours, Jan Sunde og Bettina Wickman Kvamme
PROSJEKTLEDER	Celine Rebours
NOTAT NR.	21-02
UTGIVELSEÅR	2021
SIDER	16
PROSJEKTNUMMER	54857
PROSJEKTITTEL	TARELAKS
OPPDRAGSGIVER	Engesund Fiskeoppdrett AS, Osland Havbruk AS, Sulefisk AS
ISSN	0804-5380
ANSVARLIG UTGIVER	Møreforskning AS
DISTRIBUSJON	www.moreforsk.no

SAMMENDRAG

Den norske regjeringen har satt et strategisk mål om en femdobling av akvakulturproduksjonen i Norge innen 2050 (Nærings- og Fiskeridepartementet, 2016). For å nå dette målet, må dagens akvakulturproduksjon diversifiseres og eksisterende produksjonsregimer utvikles gjennom innovasjon. Nåværende og framtidige utfordringer med intensivert akvakultur må adresseres i målrettede forskningsprogrammer basert på miljømessige, økonomiske og samfunnmessige bærekraftsprinsipper.

Forskningsprogrammet TARELAKS hadde som mål å undersøke og identifisere spesifikke fordeler og utfordringer med å integrere tareproduksjon med produksjon av laksefisk i integrerte multitrofiske akvakulturanlegg (IMTA). Primærfokus var å avdekke eventuelle effekter av integrert tareproduksjon på fiskehelse og -produksjonsparametere. Samarbeidskonsortiet i TARELAKS bestod av Møreforskning AS (forskningspartner), Norsk sjømatcenter (nå Yes! Seafood AS, prosjektleder 2015-2019), Akvahub AS (prosjektleder 2019-2021), samt prosjekteierne Engesund Fiskeoppdrett AS, Sulefisk AS og Osland Havbruk AS.

IMTA er et konsept der akvakultur av ulike arter integreres slik at arter på et lavere trofisk nivå (virvelløse dyr, skjell og alger) resirkulerer næringsstoffer tilgjengelig fra oppdrett av arter på et høyere trofisk nivå. IMTA har vært praktisert i hundrevis av år i ferskvannssystemer, spesielt i Asia. Selv om fordelene med slike systemer er godt beskrevet, er denne driftsformen lite utbredt i Norge. Forskningsprogrammet TARELAKS hadde som formål å bidra til en bedret forståelse av eksisterende intensiver og barrierer for implementering av IMTA-systemer i Norge. Prosjektet har undersøkt og demonstrert hvordan nye innovative produksjonssystemer kan skape nye produkter ved å bruke en uutnyttet marin ressurs og samtidig bidra til en ny sirkulær bioøkonomi.

Kunnskap om driftsformen IMTA i Norge er begrenset til pilot- og småskalaanlegg, og selv om slike anlegg er et godt utgangspunkt for å undersøke potensielle fordeler og ulemper med å integrere oppdrett av fisk og tare, vil ikke alle mekanismer og prosesser nødvendigvis være like ved

oppskalering. For å realistisk kunne forutsi de gjensidige effektene som oppstår ved større operasjoner, var det et mål med TARELAKS å utføre forskning på lokaliteter med full lakseproduksjon og med en tareproduksjon på så store arealer som mulig. Forsøkene ble utført ved tre lokaliteter i Vestland fylke (tidligere Hordaland og Sogn og Fjordane) med varierende grad av eksponering og ulike miljøforhold. TARELAKS ønsket med dette å demonstrere potensialet til et framtidig produksjonsregime for norsk oppdrettsnæring med en høyere miljømessig og økonomisk bærekraft.



© FORFATTER/MØREFORSKING

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller framstille eksemplar til privat bruk. Uten særlig avtale med forfatter/Møreforskning er all annen eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt så langt det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

FORORD

Konseptet integrert multitrofisk akvakultur (IMTA) har de siste årene fått økt oppmerksomhet fordi det beskriver en strategi for bærekraftig utnyttelse av næringsstoffutslipp assosiert med fiskeoppdrett. Ved å samlokalisere oppdrett av arter fra ulike trofiske nivåer, kan avfall fra en art brukes som næring for en eller flere arter.

Forskningsprosjektet TARELAKS (2015 – 2021) ble utviklet av Møreforskning AS i samarbeid med tre fiskeoppdrettere: Engesund Fiskeoppdrett AS, Osland Havbruk AS og Sulefisk AS. Prosjektet ble initiert ut fra et behov om å identifisere tekniske, biologiske, operasjonelle, økonomiske og regulatoriske aspekter tilknyttet samlokalisering av taredyrking og fiskeoppdrett (IMTA) i full skala. Prosjektets mål var å vurdere om IMTA kan utvikle seg til en lønnsom og bærekraftig driftsform i Norge. Selskapet Tarelaks AS ble opprettet for å koordinere innsatsen til de tre selskapene.

Forskningsleder for prosjektet har vært Dr. Céline Rebours (Møreforskning AS), og forskere som har bidratt aktivt i prosjektet har vært Dr. Jan Sunde, Dr. Jennifer Mildenberger, Erik O. Gracey, Marianne Rabben Kjøde, Janne Stangeland, Turid Standal Fylling og Trygg Barnung. Prosjektleder for TARELAKS var Grethe Adoff (Tarelaks AS) fram til oktober 2019, da Akvahub AS (v/ Asbjørn Dyrkorn Løland og Bettina Wickman Kvamme) overtok prosjektledelsen. Akvahub fikk samtidig ansvaret for å bistå Møreforskning med prøvetaking og datainnsamling i felt i prosjektets siste sesong.

Prosjektet har samlet data fra totalt fire sesonger med produksjon av sukkertare, der første utsett var i november 2016 og siste innhøsting i mai 2020. De ulike lokalitetene som var med i prosjektet ble valgt på bakgrunn av å skulle representere et tverrsnitt av typiske norske akvakulturlokaliteter med ulike lysforhold, ferskvannstilsig og vind- og bølgeeksponering.

Gjennom prosjektperioden har TARELAKS vært sentral i å fremme Vestland fylke som en attraktiv region for forskning på bærekraftig oppdrett og flerbruk (multi-use) av kyst- og fjordsonen. Konsortiet har som ett av få IMTA-anlegg i Europa også vært attraktivt som forskningspartner og har så langt deltatt i tre ulike internasjonale prosjekter: SEAFOODTOMORROW (H2020), MULTI-FRAME (Belmont Forum Program) og UTFORSK-Brazil (norsk-brasiliansk bilateralt forskningsprogram med temaet bærekraftig akvakultur). Prosjektet kan vise til en aktiv kommunikasjon i løpet av prosjektperioden, med bl.a. flere medieoppslag, deltakelse på konferanser og vitenskapelige publikasjoner.

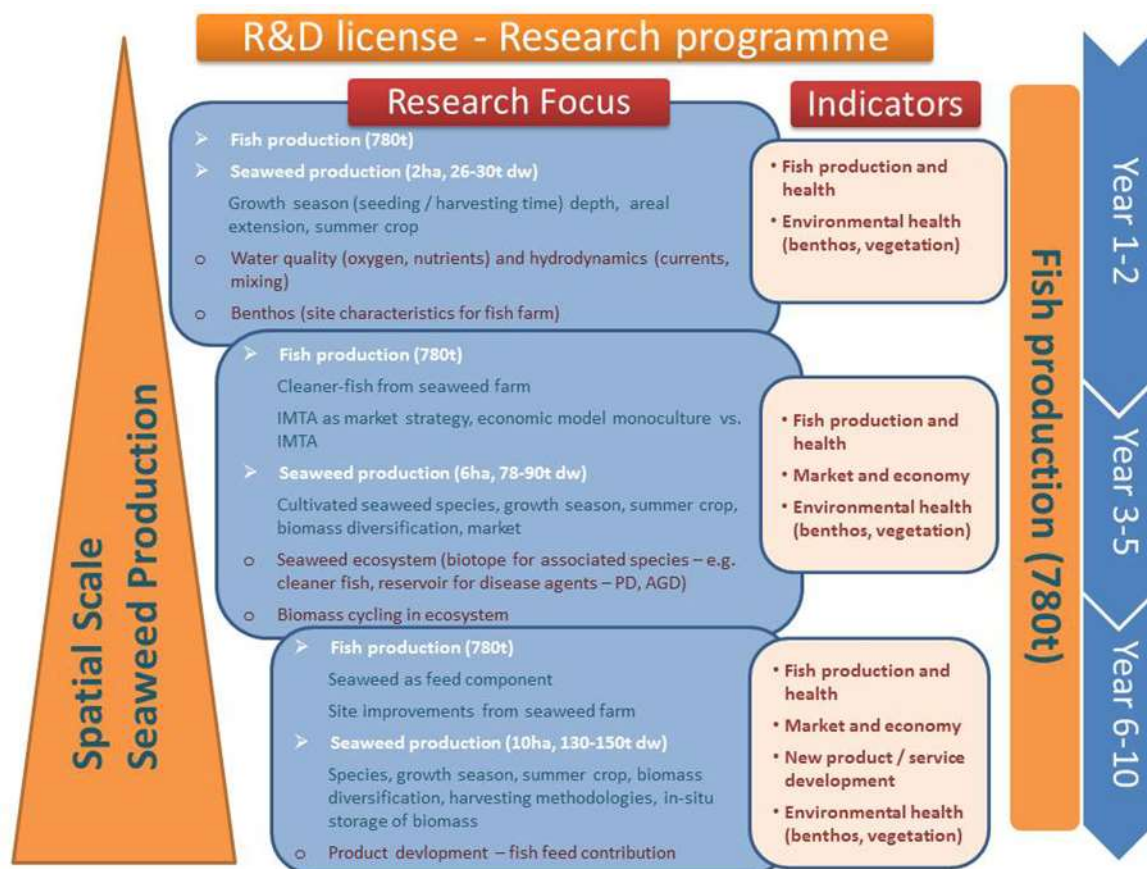
Erfaringene fra TARELAKS tyder på at det er et betydelig potensial for kombinert produksjon av laks og tare i Norge. Prosjektet har dokumentert og vurdert viktige aspekter knyttet til IMTA, men også avdekket behovet for en mer omfattende forskningsaktivitet forankret i en økosystemtilnærming. Nye forskningshypoteser er formulert for veien videre i prosjektet. Ved å fremme kunnskap og dokumentere effektene av IMTA som driftsregime på akvakulturanlegg med en gjennomgående sirkulærøkonomisk verdikjede, har prosjektet vært et viktig bidrag til regjeringens mål om en bærekraftig vekststrategi for norsk havbruk. Dette notatet er et offentlig prosjektsammendrag, og gir en oversikt over de viktigste resultatene og funnene i TARELAKS samt en evaluering av prosjektet og veien videre.

INNHOLD

Hovedproblemstillingene/forskningsspørsmålene	7
De viktigste funnene/resultatene	8
Evaluering av prosjektet.....	12
Vurdering veien videre	13
Referanser	14

HOVEDPROBLEMSTILLINGENE/FORSKNINGSSPØRSMÅLENE

TARELAKS hadde som mål å undersøke spesifikke fordeler og utfordringer ved integrert tare- og laksefiskproduksjon i integrerte multi-trofiske akvakulturanlegg (IMTA) ved tre lokaliteter i Vestland fylke. Primærfokuset i prosjektet var å kvantifisere påvirkningen av integrert tareproduksjon på produksjons- og helseparametere hos laksefisk (Figur 1).



Figur 1 Konseptuelt 10-årig forskningsprogram fra prosjektsøknaden til TARELAKS. Forskningsfokus var på parametere assosiert med integrert fiske- og tareproduksjon (IMTA) og hvordan produksjons- og helseparametere hos fisken ble påvirket.

Det var et hovedmål å etablere fullskala IMTA-systemer for produksjon av laksefisk og tare (780t fiskebiomasse, 10 ha tare dyrkingsareal) ved alle tre lokalitetene så raskt som mulig i løpet av prosjektperioden.

I prosjektets første fase ble det samlet data på miljøparametere, bunnforhold, fiskehelse og biomasseproduksjon på alle tre lokaliteter. Samtidig ble det designet og installert infrastruktur for tare dyrking. Dyrking av stiklinger og utsåing ble utført i samarbeid med en underleverandør. Det ble dyrket sukkertare (*Saccharina latissima*) ved alle tre lokaliteter, mens potensialet for dyrking

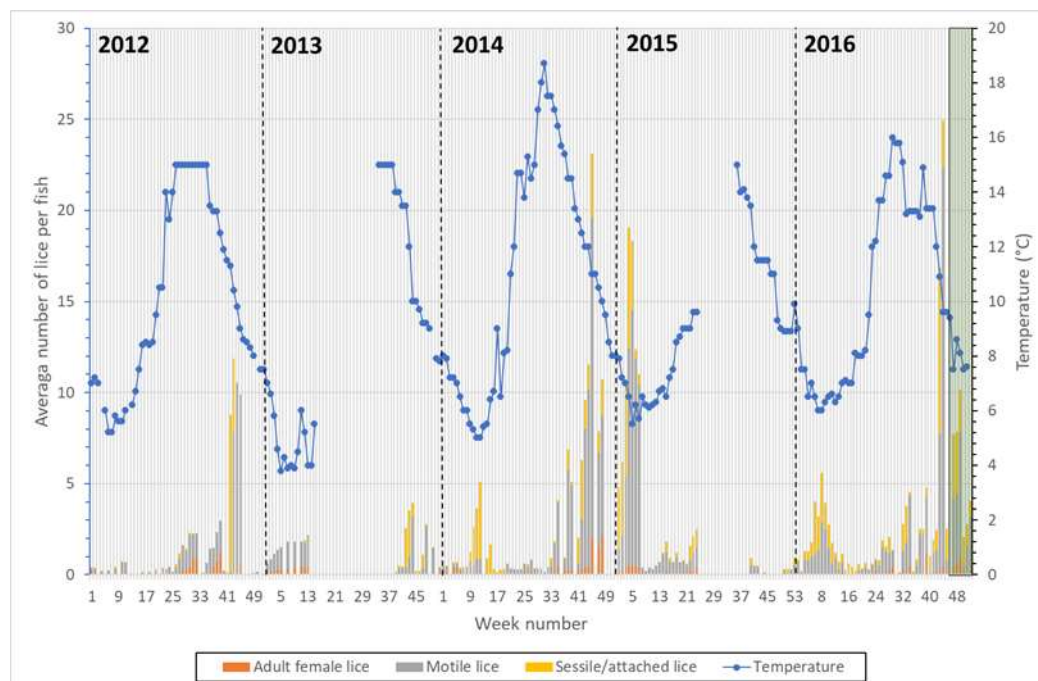
av butare (*Alaria esculenta*) ble undersøkt ved to av lokalitetene. Kultiveringsteknologi, innhøstingsmetode og konservering av biomasse etter høsting ble også undersøkt ved alle lokaliteter. Det ble registrert sykdoms- og lusedata på alle lokaliteter for sammenligning før og etter etablering av IMTA-systemer.

I andre fase av prosjektet ble resultatene benyttet til å foreslå re-design og optimalisering av IMTA-systemene på hver lokalitet, inkludert konstruksjon av tare dyrkingsinfrastruktur, plassering av tare dyrkingsarealet i forhold til fiskeoppdrettsanlegget, valg av art for kultivering og optimal bruk av økosystemtjenestene tilgjengelige gjennom dyrking av tare.

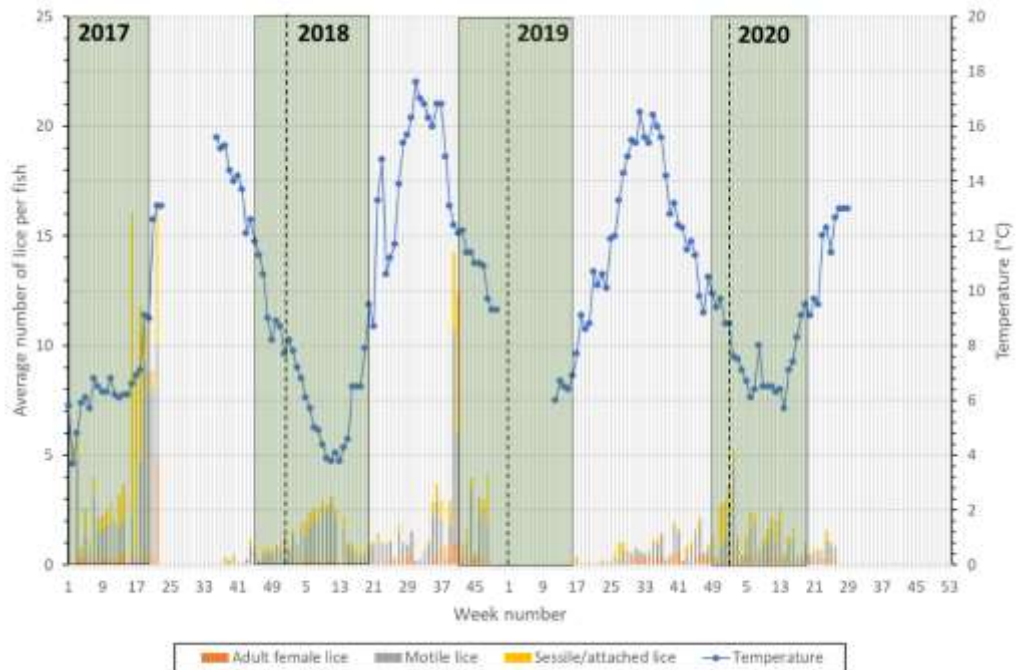
I prosjektets tredje fase ble det utviklet et forskningsprogram for å adressere utfordringene og flaskehalsene identifisert i TARELAKS. Dette resulterte i en ny prosjektsøknad til Fiskeridirektoratet (TARELAKS 2.0).

DE VIKTIGSTE FUNNENE/RESULTATENE

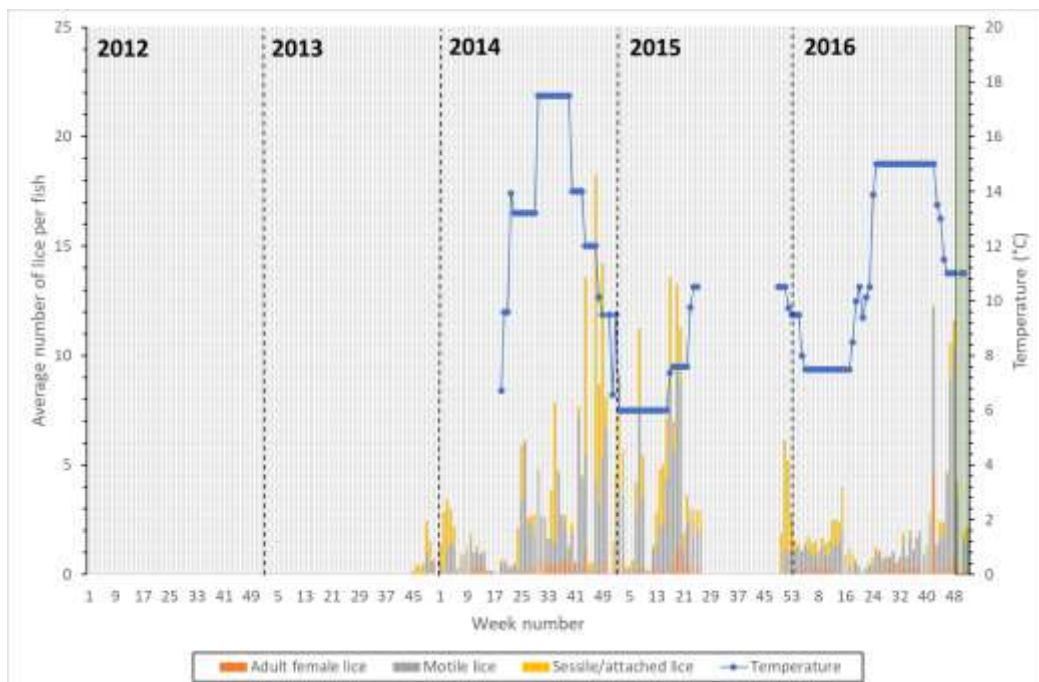
Overvåking av miljøparametere og bunnforhold kunne ikke påvise negative effekter av å integrere tare dyrking med fiskeproduksjon på noen av lokalitetene i løpet av prosjektperioden. Det ble heller ikke funnet noen effekt på sykdomsforekomst eller lusepåslag. I stedet fulgte forekomsten av lakselus en variasjon i samsvar med variasjonen i sjøtemperatur (Dalvin et al., 2020) (Figur 2-7).



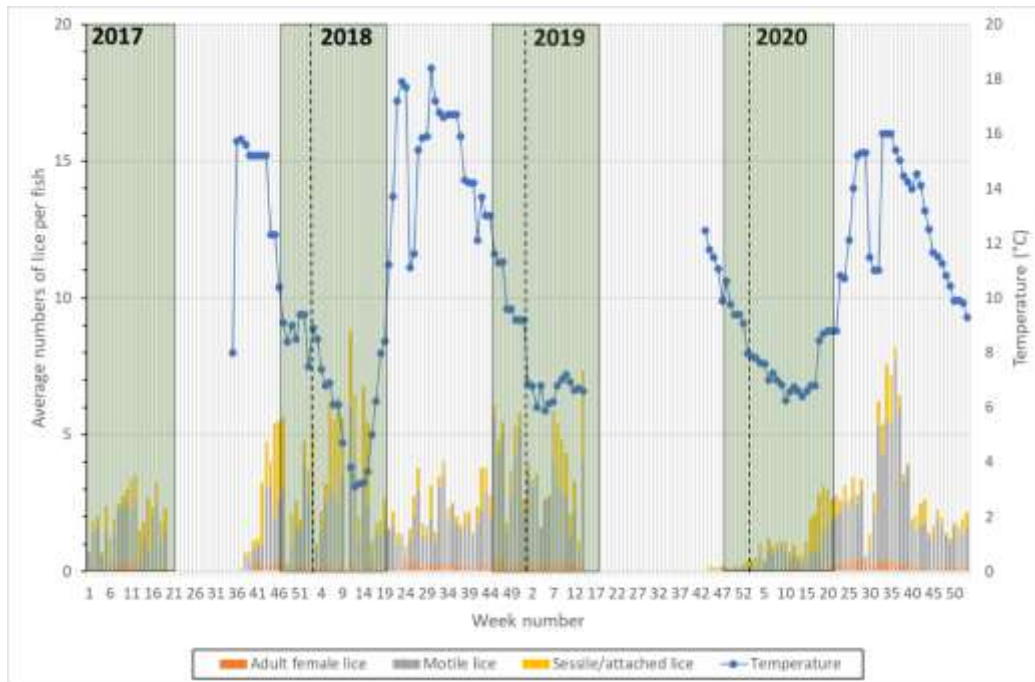
Figur 2 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunnlus) på Bjønnsjøneset (Osland AS) 2012-2016. Årsskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data from www.barentswatch.no/fiskehelse/).



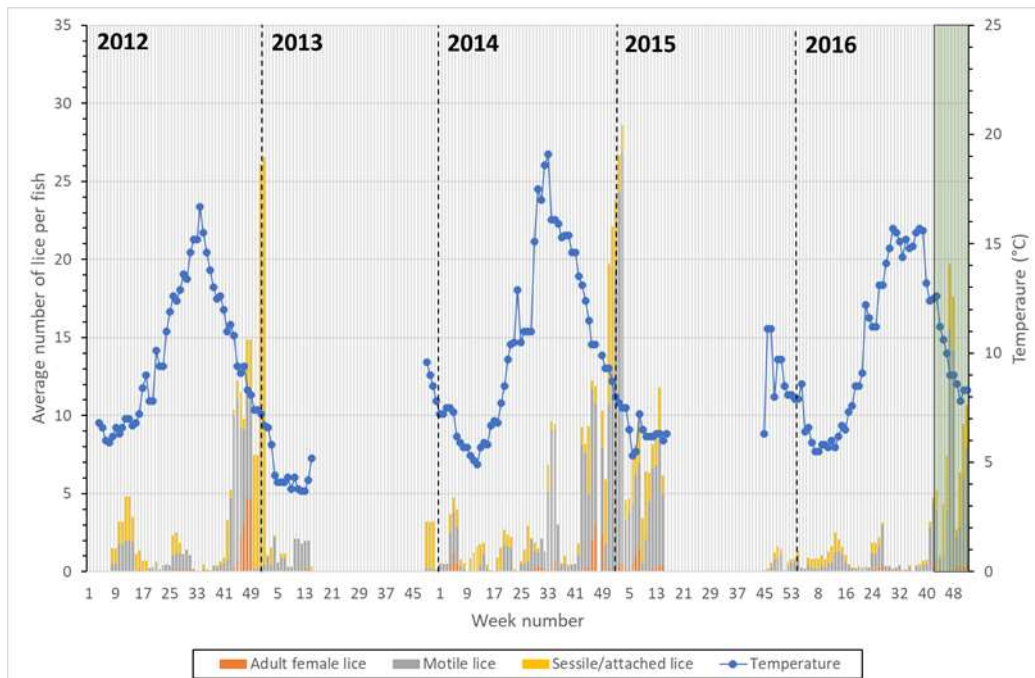
Figur 3 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunn lus) på Bjønnsjøtjønset (Osland AS) 2017-2020. Årsskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data fra www.barentswatch.no/fiskehelse/).



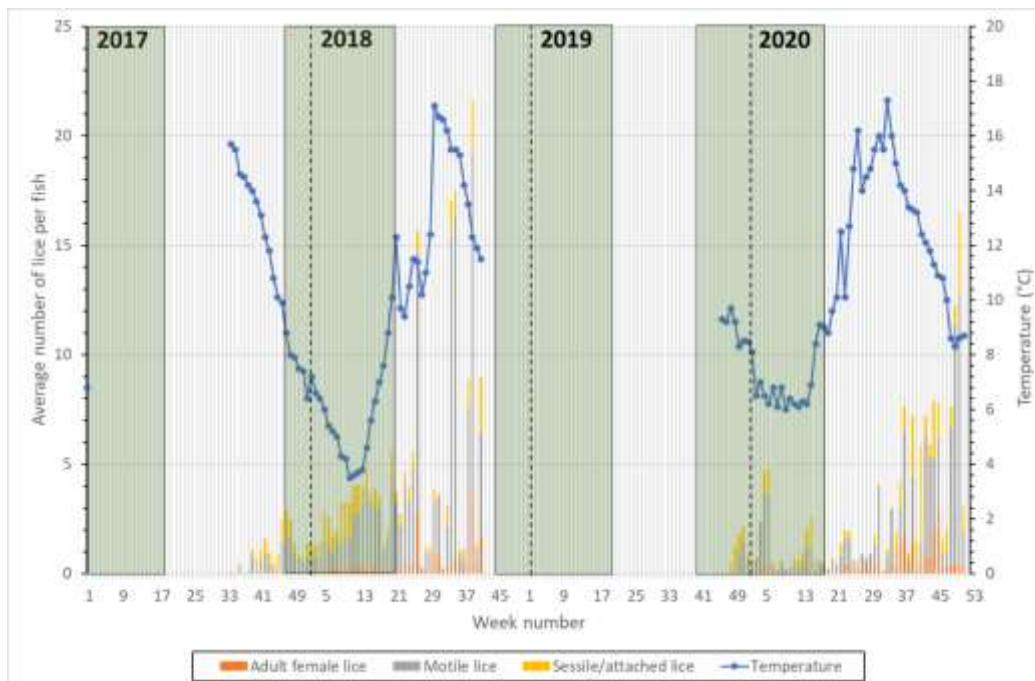
Figur 4 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunn lus) på Leirvika (Engesund Fiskeoppdrett AS) 2012-2016. Årsskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data fra www.barentswatch.no/fiskehelse/).



Figur 5 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunnlus) på Leirvika (2017 til uke 14-2019) og Dyrholmen V (uke 44-2019 til 2020) (Engesund Fiskeoppdrett AS). Årsskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data fra www.barentswatch.no/fiskehelse/).



Figur 6 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunnlus) på Fureholmen S (Sulefisk AS) 2012-2016. Årsskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data fra www.barentswatch.no/fiskehelse/).



Figur 7 Sjøtemperatur og forekomst av lakselus som gjennomsnittlig antall lus per fisk (sessil/motil/adult hunnlus) på Bjønnsjøneset (Sulefisk AS) 2017-2020. Årskifte er markert med stiplet linje og perioder med tare til stede (fra utsett til høsting) markert med grønt (data from www.barentswatch.no/fiskehelse/).

Vi fant ingen tydelige effekter av tare dyrking på fiskeproduksjonen, fiskehelse og forekomst av lakselus i løpet av prosjektperioden. Siden tare dyrkingsfeltene var relativt begrensede i areal grunnet utfordringer med oppskalering (fra 0,2-1,6 hektar), kunne vi derfor ikke trekke endelige konklusjoner vedrørende effekten av IMTA-tare dyrking på fiskehelsen og det omkringliggende miljøet i denne perioden.

Det ble ikke funnet en effekt av økt tarevekst nærmere oppdrettsanlegget, men analyser av nitrogenisotopforholdet ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) i tareprøver viste at noe av nitrogenet fra oppdrettsanlegget ble tatt opp i taren. En modell basert på nitrogen tilgjengelig på hver lokalitet i løpet av tarevekstperioden og med et teoretisk tare dyrkingsanlegg på 10 ha, ville 86-2441 kg (TAN-N) kunne resirkuleres per taresesong, og resultere i en tarebiomasseproduksjon på mellom 24 – 685 tonn våtvekt.

Analyser av tarebiomassen viste at næringsinnhold og ernæringsmessig kvalitet hos sukkertare produsert i IMTA-systemer var lik den for sukkertare produsert i monokultur, og med de samme utfordringer knyttet til høyt innhold av jod, arsenikk og kadmium. TARELAKS har også for første gang målt innholdet av organiske miljøgifter i IMTA-produsert tare, der alle komponenter var tilstede i konsentrasjoner lavere enn anbefalte grenseverdier (EFSA). Innholdet av fenolholdige komponenter og antioksidativ aktivitet var også sammenlignbart med tidligere publiserte verdier fra sukkertare.

Økosystemene som oppstår rundt IMTA-driftssystemer gir økt lokal biodiversitet, noe som videre kan føre til økt kontaminering av allergener fra villfisk, bløtdyr og skalldyr i algebiomassen. Det var derfor et mål med TARELAKS å dokumentere allergeninnholdet i IMTA-produsert tare for å se om

dette produksjonsregimet kunne ha konsekvenser for matvaresikkerheten. Selv om det ble detektert allergener fra skalldyr (opptil 1mg/kg tørrvekt) i sukkertaren produsert i prosjektet (Milderberger et al., in review), er dette nivåer som i konsumperspektiv ikke er kritisk. Det kreves imidlertid flere undersøkelser som ser på sesongvariasjon, et større utvalg av lokaliteter og typer av prosessering av tarebiomassen for å avgjøre om dette er tilfelle.

Oppsummert viser denne første undersøkelsen av matsikkerhetsrisiko vedrørende IMTA-produsert tare i Norge at sukkertare produsert i IMTA-systemer ikke assosieres med økt matvarerisiko utover tare produsert på konvensjonelt vis og på samme måte kan benyttes som mat- og fôringrediens og utvikles som tilsetning til “functional food” og helsekost. Dette er et viktig første skritt på vei mot dokumentasjon av næringsinnhold og matvaresikkerhet for IMTA-produsert tare med tanke på framtidig godkjenning av Mattilsynet.

Resultatene fra TARELAKS demonstrerer at IMTA-systemer som integrerer produksjon av laksefisk og tare kan være en av flere løsninger som kan skape en mer bærekraftig norsk oppdrettsindustri i framtiden.

EVALUERING AV PROSJEKTET

TARELAKS hadde ambisiøse mål i forhold til både omfang og tidsramme. Et av målene med prosjektet var å etablere IMTA-systemer i full skala (10 ha taredyrkingsareal) på alle tre lokaliteter i løpet av prosjektperioden med en intensjon om å kunne måle effektene av fullskala integrert tareproduksjon på produksjons- og helseparametere hos laksefisk.

Prosjektet identifiserte imidlertid flere utfordringer knyttet til oppskalering av taredyrking. Den første kommersielle lisensen til taredyrking i Norge ble godkjent i 2014, og den første IMTA lisensen i 2015. Det betyr at partene i TARELAKS har hatt svært få kommersielle eksempler på storskala tareproduksjon å lære fra når prosjektet startet, og har derfor måttet utvikle og tilpasse tilgjengelige løsninger til hver lokalitet. Det har vist seg at det er flere utfordringer med tareproduksjon i denne skalaen. Selv om mange utfordringer er løst gjennom omfattende innsats, er det fremdeles flere som gjenstår.

Kunnskapsnivået hos personell ved anleggene kan også være en utfordring. Utdanning innen havbruk i dag er basert rundt monokultur av laksefisk, og taredyrking er heller ikke integrert som en del av praksisperioden hos oppdrettere. Det er derfor utfordrende å rekruttere personell med erfaring fra IMTA-drift eller taredyrking.

Produksjonstallene fra tareproduksjonen var lavere enn forventet basert på data fra andre anlegg i Norge. Noe av dette kan skyldes utprøving av ulike metoder for utsåing og personellets manglende erfaring med taredyrking. Lokaliseringen av taredyrkingsarealet var heller ikke optimalt på hver lokalitet i forhold til både gunstige miljøbetingelser for taredyrking og med tanke på å maksimere opptak av næringsstoffer fra fiskeoppdrettsanleggene.

Erfaringer fra fjordlokaliteter som Bjønnsjøneset i Sognefjorden, kan tyde på at stort ferskvannstilsig og dårlig tilgang på sollys skaper gode betingelser for epifytter og kan øke sjansen for at epifyttene i løpet av vinterhalvåret tar over og hindrer utvikling av algestiklingene. Ved Dyrholmen Vest var det økt begroing på den delen av tareanlegget som lå nærmest fiskeanlegget. Dette kan antyde at avstanden mellom tareanlegget og fiskeanlegget kan være av betydning for mengden begroing på taretauene.

En viktig del av TARELAKS 2.0 vil derfor være å etablere konfigurasjoner for hver lokalitet som er optimale både med tanke på forhold for tare dyrking, samt for å maksimere opptak av næringsstoffer fra fiskeoppdrettsanlegget.

VURDERING VEIEN VIDERE

Det overordnede målet for det første forskningsprogrammet (TARELAKS) har vært å undersøke den gjensidige effekten av å integrere laks og tare i det samme akvakultursystemet. De viktigste indikatorene i alle faser av prosjektet har vært fiskehelse og produksjon, målt gjennom en rekke parametere (Figur 1). Det kunne derfor ikke trekkes konklusjoner vedrørende effekten av IMTA-tare dyrking på fiskehelse/produksjon og det omkringliggende miljøet i denne perioden.

I TARELAKS var arealene som ble benyttet til tare dyrking begrenset. Dette begrenset muligheten til å måle effekten av IMTA-anlegg på miljøet og samvirkingen mellom fisk og tare. For å kunne foreta en mer omfattende vurdering av hvordan IMTA (spesielt tare delen) påvirker miljøet rundt anleggene, er det derfor viktig å oppskalere dyrkingsarealene samt biomasseproduksjonen i neste fase. Derfor vil en oppskalering av tareproduksjonen ha høyeste prioritet gjennom neste fase av prosjektet (TARELAKS 2.0) og de viktigste indikatorene vil være miljøpåvirkning, fiskehelse, biomasseproduksjon, produktkvalitet og eventuell helserisiko knyttet til tareprodukter fra integrert produksjon.

I tillegg trengs det mer praktisk erfaring og dokumentasjon fra IMTA-anlegg. Anlegg med flere arter på ulike trofiske nivåer krever mer tilsyn og arbeid, noe som kan ta fokus vekk fra fiskeanlegget. Lakseoppdrettets daglige drift krever sitt, samtidig som en skal tilrettelegge for tare dyrkingen ved lokaliteten. Her inngår planlegging av utsett, prøvetaking og tilsyn av tarevekst og anlegg, høsting, salg og markedsføring. Dette kan i perioder med krevende arbeidsoperasjoner føre til mer stress og tidspress på personell og øke risiko for menneskelige feil. Videre foregår det jevnlig større operasjoner ved fiskeanleggene, der tareanleggets rammefortøyning kan havne i konflikt med kryssende fortøyingliner. Daglig drift av servicebåter rundt tare- og fiskeanleggene er erfart å kunne skape problemer og økt risiko for havari av tareanleggene, spesielt i dårlig vær. I dag finnes det ikke et regelverk tilsvarende NYTEK-forskriften for tare dyrkingsanlegg. Derfor er det viktig å adressere problemstillinger rundt teknologi og drift ved oppskalering av integrert produksjon med tare og laks. En kan heller ikke videreføre teknologi og erfaring direkte fra et ordinært «monokultur» tare dyrkingsanlegg over til IMTA, da andre krav kan bli gjeldende grunnet samlokalisering med lakseoppdrettsanlegg. TARELAKS 2.0 vil derfor videre ta i bruk teknologiutvikling som forenkler drift og ivaretar HMS (helse, miljø og sikkerhet) ved oppskalering

av IMTA-anlegg. Mens forskningsfokuset i TARELAKS 2.0 hovedsakelig skal ha en biologisk og miljø vinkling, vil også økonomiske og samfunnsmessige aspekter ved IMTA bli undersøkt og evaluert ved hjelp av relevante sosialøkonomiske indikatorer.

REFERANSER

- Dalvin, S., Are Hamre, L., Skern-Mauritzen, R., Vågseth, T., Stien, L., Oppedal, F., & Bui, S. (2020). The effect of temperature on ability of *Lepeophtheirus salmonis* to infect and persist on Atlantic salmon. *Journal of Fish Diseases*, *43*(12), 1519–1529.
<https://doi.org/10.1111/jfd.13253>
- Milderberger, J., Stangeland, J. K., & Rebours, C. (in review). Antioxidative activities, phenolic compounds and marine food allergens in the macroalgae *Saccharina latissima* produced in integrated multi-trophic aquaculture systems. *Aquaculture*.
- Nærings- og Fiskeridepartementet. (2016). *Kjente ressurser – uante muligheter. Regjeringens bioøkonomistrategi*.



MØREFORSKING AS
Postboks 5075
6021 Ålesund
TEL +47 70 11 16 00
www.moreforsk.no
NO 991 436 502
