



SuperSmolt FeedOnly -
et sjumilssteg for fiskevelferd
og lønnsomhet



Et problem og en løsning

Helt siden begynnelsen, har en av havbruksnæringens største utfordringer vært dødelighet og dårlig fiskevelferd etter flytting av smolten fra ferskvannsanlegg på land til merder i sjøen.

I elvene skjer smoltifiseringen av lakseungene naturlig. Skiftende årstider og temperaturer setter i gang en biologisk prosess der hver enkelt fisk gjør seg klar for et liv i havet.

Å gjenskape denne prosessen i oppdrett, slik at store mengder fisk smoltifiseres samtidig og tåler overgangen til sjø, har vært krevende. Både forskerne og næringen selv har gjennom 40 år arbeidet for å finne en effektiv løsning som reduserer dødeligheten, gir bedre dyrevelferd, sikrer god vekst på fisken og øker lønnsomheten.

Så sent som i 2013 viste Mattilsynet at smoltkvalitet var årsaken til 38 prosent av dødeligheten i norsk havbruksnæring.[1]

Mangelfull smoltifisering førte ikke bare til at store mengder fisk døde ved overføring til sjø, men mye av fisken som overlevde hadde sterkt svekket helse, opplevde stress og manglet appetitt. Dyreetisk var dette problematisk og det førte til store økonomiske tap for oppdretterne.

Frem til midten av 1980-tallet var det ikke uvanlig at smolten først ble satt ut etter to til tre år i settefiskanlegget. Smoltstatusen ble da vurdert utfra fargen på skinnet, oppførsel i kar og størrelse.

Leting etter løsningen

Å utvikle metoder for å redusere dødeligheten og bedre dyrevelferden ved overføring til sjø har hatt høy prioritet helt fra næringens barndom. Mye har vært forsøkt. Noen metoder har vist gode resultater. Andre har tvert imot gjort problemet større.

Man har forsøkt akklimatisering ved å venne fisken til sjøvann gjennom å overføre den til brakkvann, for så å gradvis øke saliniteten. Hvis anleggene lå ved sjøen, ble sjøvann pumpet inn. Der dette ikke var mulig ble det bygget egne akklimatiseringsanlegg som fisken ble overført til de siste dagene før utsett. Noen oppdrettere satte ut skjørt rundt merdene i sjøen og fylte på med ferskvann på toppen.

I 1976 begynte de første eksperimentene med å tilsette salt i fôret for å akklimatisere fisken før den ble sjøsatt. Erfaringen med disse forsøkene var ikke gode, og smoltdødeligheten forble høy.

[1] Tap av laksefisk i sjø, rapport fra Mattilsynet, august 2014

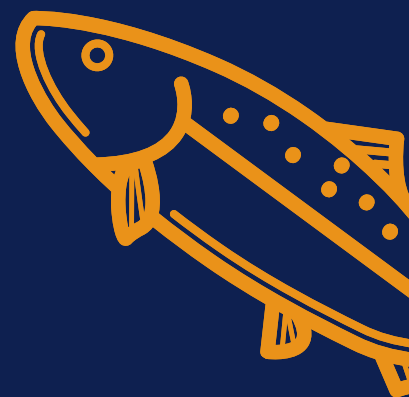
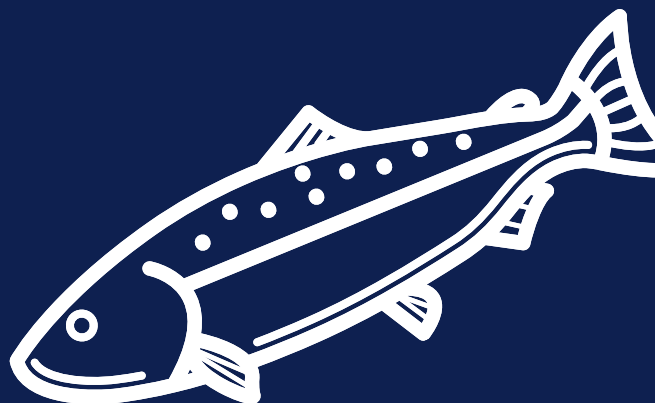
Den mangelfulle effekten ble dokumentert blant annet i Trygve Sigholt sin doktorgradsavhandling i 1998. Han gjorde forsøk med natriumklorid (Na-Cl) i fôret, men fant ingen effekt og anbefalte heller lysstyring.

Lysstyring – den første milepælen. Det var først da anleggene fikk montert lys og varmpumper at produksjonstiden gikk ned. Resultatet ble at smolten kunne settes ut etter bare ett år i settefiskanlegget. Lysstyring raffinerte næringen, men det løste ikke utfordringen med synkron smoltifisering. Tvert imot økte problemet i takt med at karene og smoltgruppene ble større. Store og dype kar, og mange fisk sammen, gjorde det stadig vanskeligere å sikre at all fisk ble eksponert for like mye lys, slik at smoltifiseringen kunne skje mest mulig samtidig. Da resirkuleringsanleggene kom ble problemet enda større. Vannet ble grumset og lyset fikk vanskeligheter med å trenge gjennom.

Fôrbasert smoltifisering – en revolusjon. STIMs introduksjon av fôrbasert smoltifisering som metode i 2015, med lanseringen av SuperSmolt FeedOnly, revolusjonerte smoltifisering av oppdrettslaks.

Nesten 20 år med forskning og internasjonalt samarbeid hadde gitt resultater. Dette var sjumilssteget som eliminerte problemet med mangelfull smoltifisering.

Fisken spiser godt og vokser fra dag én etter overføring til sjø, og dødelighet som følge av mangelfull smoltifisering er ikke lenger et problem. I tillegg oppnår man raskere vekst i ferskvannsfasen ettersom fisken ikke utsettes for mørke i settefiskanlegget.[2] Innovasjonen har med andre ord både hatt stor betydning for fiskevelferden i norske merder og den har økt lønnsomheten for oppdretterne.



[2] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848620325096?via%3Dihub>

Utviklingen av SuperSmolt FeedOnly

Innovasjoner krever forskning, kunnskapsdeling, tålmodighet og investeringsvilje. STIMs utvikling av SuperSmolt FeedOnly er et resultat av alt dette.

Det begynte på Harvard

Oppdagelsen som gjorde SuperSmolt FeedOnly mulig, skriver seg tilbake til slutten av 1990-tallet. En gruppe forskere tilknyttet Harvard University i USA oppdaget da det som kalles kalsiumsensor-reseptorer (CaSR), og betydningen av kalsiumsensitivitet i menneskekroppen. De oppdaget at reseptorene var sensitive overfor flere polyvalente ioner og dermed svært viktige for ionebalansen i cellene.

Oppdagelsen av reseptorene har vært utgangspunkt for stor og bred forskningsinnsats. Reseptorene har spilt en viktig rolle som mål for behandling av flere ulike sykdommer de siste 20 årene.[3] Den har resultert i flere patenter og legemidler til mennesker, blant annet til behandling med dialyse ved nyresykdom, magesykdom og også i forbindelse med kreftbehandling. [4]

MariCals metode. Det meste av CaSR-forskningen dreide seg innledningsvis om behandling og oppfølging av mennesker, men ikke bare. En av forskerne fra Harvard, dr. H. William Harris, så tidlig at kunnskapen om kalsiumsensor-reseptorene kunne være nøkkelen til effektiv smoltifisering av oppdrettslaks. Harris etablerte selskapet MariCal, og fortsatte arbeidet. Etter flere forsøk oppdaget Harris og forskningsteamet hans metoden som skulle bli avgjørende i STIMs videre forskning og utvikling av SuperSmolt FeedOnly. MariCal patenterte metoden med prioritet fra 2000. I 2008 framforhandlet STIM en global enelicens på MariCals metode.

Samtidig tok STIM på seg en stor utfordring.



Bilde: Innblanding av salter i produksjonsvannet, i tråd med MariCals opprinnelige SuperSmolt-metode.

[3] Tariq I. Alfadda, Ahmad M. A. Saleh, Pascal Houillier, and John P. Geibel; (2014) Calcium-sensing receptor 20 years later, American Journal of Physiology.

[4] Puja Sarkar, Sudhir Kumar; (2012) Calcium Sensing Receptor Modulation for Cancer Therapy, Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP · August 2012

Det fortsatte på Leknes

MariCal utviklet den opprinnelige SuperSmolt-metoden. Denne innebar stimulering av kalsiumsensor-reseptorene på og i fisken, ved tilsetning av utvalgte salter i driftsvannet på settefiskanleggene, sammen med et spesialfôr som var rikt på frie aminosyrer.

STIM så at MariCals-metode kunne revolusjonere smoltifiseringsprosessen i oppdrettsnæringen. Metoden ga synkron smoltstatus for hele fiskegruppen, så godt som ingen dødelighet og betydelig bedre vekst etter overføring fra ferskvannsanlegg til merder i sjøen. I tillegg gikk smoltifiseringprosessen mye raskere enn med tradisjonelle metoder.

Den opprinnelige supersmolt metoden fungerte meget godt, men den var både upraktisk og arbeidskrevende for settefiskanleggene. Enorme mengder salt måtte blandes inn i produksjonsvannet, og mange oppdrettere kviet seg følgelig for å gå bort fra tradisjonell lysstyring som smoltifiseringsmetode.

STIM måtte derfor videreutvikle metoden for å få den samme gode effekten på en enklere måte. Løsningen ble en sammensetning av forskjellige saltioner og aminosyrer som kunne tilsettes en bærer som var vanlig fiskefôr.

Det skulle gå seks år før STIM lyktes og SuperSmolt FeedOnly ble lansert i 2015. Første patent ble innvilget 17.04.2019 og det andre i serien av patenter ble innvilget 16.09.2020[5.]

Nå er dette den foretrukne metoden for lakseoppdrettere verden over.

Smoltifisering fra elv til SuperSmolt FeedOnly



1.
Lyssmoltifisering
i naturen



2.
Lyssmoltifisering
i oppdrett



3.
Lys, salt
og temperatur



4.
SuperSmolt
FeedOnly

Forskning

Utvikling

Produksjon

[5] Patent EP3398449 og EP3197290

Smoltifisering før supersmolt

Lysstyring var den dominerende metoden for smoltifisering av laks før STIM utviklet metoden med fôrbasert smoltifisering gjennom bruk av SuperSmolt FeedOnly.

I naturen er det lengre dager om våren og økende temperatur som stimulerer smoltifiseringen og gjør fisken klar til å svømme ut i havet. Lysstyring i oppdrett går enkelt sagt ut på å etterlikne disse signalene ved å slå av og på lysene i settefiskanlegget.

Et problem med lysstyring som smoltifiseringsmetode er at fisk som står i mørke ikke spiser. Dermed vokser den ikke like mye som fisk som smoltifiseres under fullt lys. Det største problemet er imidlertid vanskene med å oppnå synkron smoltifisering for hele fiskegruppen, slik at

samtlig fisk er tilpasset et liv i sjøvann ved utsett. En lysstyrt fiskegruppe vil alltid inneholde en varierende andel fisk som ikke har tilstrekkelig sjøvannstoleranse. Dette er fisk som ikke er ferdig smoltifisert, men den samme gruppen vil gjerne også inneholde såkalt desmoltifisert fisk.

I desmoltifisert fisk har den biologiske prosessen reversert, og fisken er ikke lenger tilpasset et liv i sjøen.

Ettersom all fisk i en lysstyrt gruppe vanskelig kan nå smoltstatus samtidig, blir tidspunktet for utsett et slags kompromiss der man må godta at deler av gruppen vil dø eller slite i sjøen fordi den ikke er smoltifisert enda, eller fordi den har desmoltifisert.



SuperSmolt FeedOnly kort forklart

SuperSmolt FeedOnly smoltifiserer lakseyngelen (parr) ved å stimulere kalsiumsensor-reseptorene med en tilpasset konsentrasjon av kalsium, magnesium, natrium- og kloridioner. Forhøyede nivåer av en eller flere relevante aminosyrer, som fritt tryptofan, gir et ytterligere smoltsignal til fisken. Stimuleringen resulterer i en respons i fiskens celler, blant annet i kloridceller i gjellevevet.

Mens såkalt saltfôr, som kun er tilsatt natriumklorid, har vist å gi en kraftig økning i antall kloridceller i gjellene på fisken, har SuperSmolt FeedOnly en helt annen virkning. Her ser man i stedet færre og større kloridceller i gjellene, og disse sentreres mot primærlamellene mens fisken fremdeles er i ferskvannsfasen. Dette er endringer man normalt ser i lysstyrt smolt tidligst 4-5 dager etter utsett i sjøvann.

Under bruk av SuperSmolt-metoden ser man en endring i genuttrykket både for ferskvanns-ATPase (nedgang) og sjøvanns-ATPase (økning). Fisken endrer utseende fra parr til smolt og tilpasses et liv i sjøvann. Normalt kan fisken settes ut 3-4 uker tidligere enn lysstyrt smolt, eventuelt 20 prosent større til samme tid som den lysstyrte.

Fisk som smoltifiseres med SuperSmolt FeedOnly kan holdes i smoltvinduet

nærmest på ubestemt tid, uten å desmoltifisere. Det gjør at samtlige fisk i gruppen kan oppnå en robust smoltstatus uten at oppdretteren tvinges til å sette ut gruppen for tidlig. Dette er nøkkelen til at fiskegrupper som smoltifiseres på denne måten normalt har under 1 prosent dødelighet etter de tre første månedene i sjø, og spiser godt fra dag én etter overføring.

STIM følger opp alle SuperSmolt-kunder med tanke på forhold som kan påvirke smoltifiseringen. Vannkvalitet og tetthet i produksjonskarene er viktige forhold som inngår i planleggingen før oppstart av SuperSmolt-programmet. Metoden er avhengig av at fisken i settefiskanlegget er frisk og spiser smoltifiseringsfôret.

Ved produksjon av storsmolt har SuperSmolt FeedOnly vist seg som et effektivt alternativ for å unngå den biologiske risikoen assosiert med sjøvannsinnblanding i anlegget.

I Norge ble over 170 millioner fisk smoltifisert med denne metoden i løpet av de tre første årene etter lanseringen i 2015. Globalt har SuperSmolt-teknologien smoltifisert over 400 millioner fisk siden 2008.

For oppdretterne har dette resultert i betydelig lavere dødelighet, bedre vekst og fiskehelse, økt motstandskraft mot sykdom og betydelig redusert produksjonstid.

Vi løser de store utfordringene

Havbruksnæringen er en ung næring med kun 50 års historie, men med en vekst ingen annen næring kan vise til. Næringen er i dag samfunnsbygger nummer én på kysten. Samtidig er laks blitt Norges viktigste merkevare og selges til mer enn 150 land verden over.

Dette har vi fått til ved å lage et velsmakende og sunt produkt, med en langt bedre miljøprofil enn man finner i landbrukets kjøttproduksjon.

For å bekjempe sult og klimaendringer trengs næringer som produserer mer mat, på en mer bærekraftig og effektiv måte. Havbruksnæringen er en slik næring. Vi vet at akvakultur vil vokse globalt de neste tiårene. Derfor må vi jobbe for at veksten blir mest mulig bærekraftig, og for at mest mulig av veksten skjer i Norge.

Utfordringer løses med kunnskap. I STIM tror vi kunnskap er nøkkelen til økt produktivitet i havbruksnæringen og til løsningen på de største utfordringene våre. Det krever vilje til å investere i forskning, utvikling og innovasjon. Disse investeringene må kunne kaste av seg over tid.

Laks er i dag vårt desidert lengstlevende produksjonsdyr. STIM mener næringen gjennom kunnskapsutvikling og nye metoder kan redusere produksjonstiden betraktelig og dermed produsere mer fisk med mindre ressurser. Nye metoder kan også redusere dødeligheten, bedre fiskevelferden og fiskehelsen, og ytterligere minimere miljøutfordringer i produksjonen.



STIMs forskning og utvikling

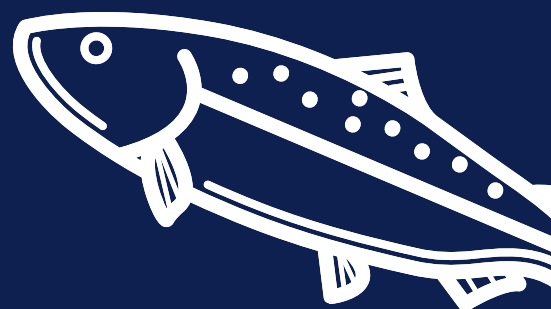
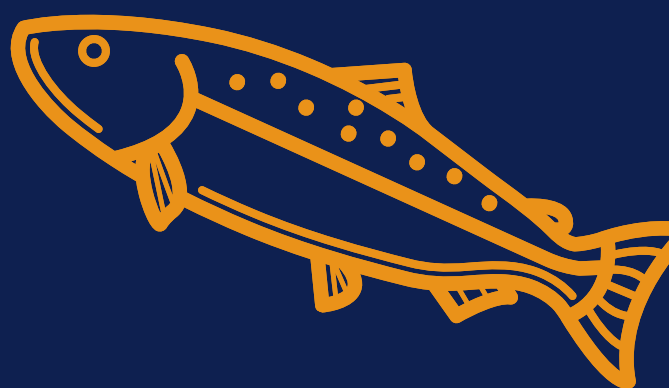
Sammen med våre søsterselskaper forsker og utvikler STIM selv, men også i samarbeid med de fremste kompetansemiljøene i Norge og verden. Det er gjennom samarbeid med de klokeste hodene globalt og når vi tør å satse, at vi gjør de viktigste oppdagelsene. Det er slik vi kan finne svar på de globale utfordringene innen både dyrehelse og menneskehelse, og samtidig skape mer aktivitet, økt produktivitet og flere arbeidsplasser i Norges viktigste framtidsnæring.

Vi må tenke nytt – vi må tenke utenfor boksen. Innovasjoner i én sektor kan ofte benyttes i en annen. Derfor må vi bevege oss fra silotenking til helhetstenking.

Løsningen på næringens utfordringer med smoltifisering fant vi i human-medisinsk forskning ved Harvard University, og etter tiår med forskning, prøving og feiling lyktes vi med å utvikle teknologien slik vi kjenner den i dag.

Vi er sikre på at mange av næringens øvrige utfordringer også vil finne sin løsning utenfor våre egne forskningsmiljøer. Derfor bruker STIM mye tid på å samarbeide og bygge relasjoner til forskningsmiljøer langt utover egen næring.

STIM skal være havbruksnæringens ledende kunnskapsleverandør.



Idé

Forskning

Produksjon

Bakteriofager i kampen mot antibiotikaresistens

I 2012 slo Verdens helseorganisasjon fast at antibiotikaresistens er en av de største helsetruslene verden står overfor. Fra 2050 kan så mange som 10 millioner mennesker komme til å dø hvert år som følge av antibiotikaresistens.[6] For å bekjempe for mange antibiotikaresistens trenger vi alternativer til antibiotika i både havbruk og landbruk, men ikke minst til bruk i moderne medisinsk behandling for mennesker.

STIMs søsterselskap ACD Pharma har et av verdens ledende miljøer innen bakteriofagforskning, og står bak utviklingsarbeid som blir lagt merke til langt utover havbruksnæringen.

Naturlig biokontroll

Bakteriofager er virus som gjennom mer enn tre milliarder år har spesialisert seg på å infisere bakterier, drepe dem og holde dem under kontroll. De finnes overalt. I kroppene våre, i maten vi spiser og på hvert eneste blad og gresstrå.

I naturen fungerer bakteriofager som et effektivt biokontrollsystem. Enhver bakterie som blir for dominerende i et miljø blir slått tilbake av bakteriofager. Bakteriofager utgjør den mest tallrike livsformen på planeten vår. De har utviklet seg sammen med sine vertsbakterier. Dette har ført til en enorm variasjon. Alle bakterier har sine egne bakteriofager. Hver bakteriofag kan bare angripe helt spesifikke målbakterier.



Bilde: Statsminister Erna Solberg deltok på STIMs toppmøte om bakteriofager i august 2020.

[6] Rapport fra Nordisk ministerråd, «12 initiatives, Nordic co-operation on combating antimicrobial resistance»
<http://norden.divaportal.org/smash/get/diva2:1086062/FULLTEXT01.pdf>

Bakteriofager i medisinsk behandling.

Moderne bioteknologi, spesielt bruk av DNA-sekvensering i kartlegging av sykdomsfremkallende bakterier og mikrobielle symbioser og dysbioser, gir oss stadig mer detaljert kunnskap om hvilke bakterier som er bra for oss og må bevares, og hvilke som må behandles eller forebygges.

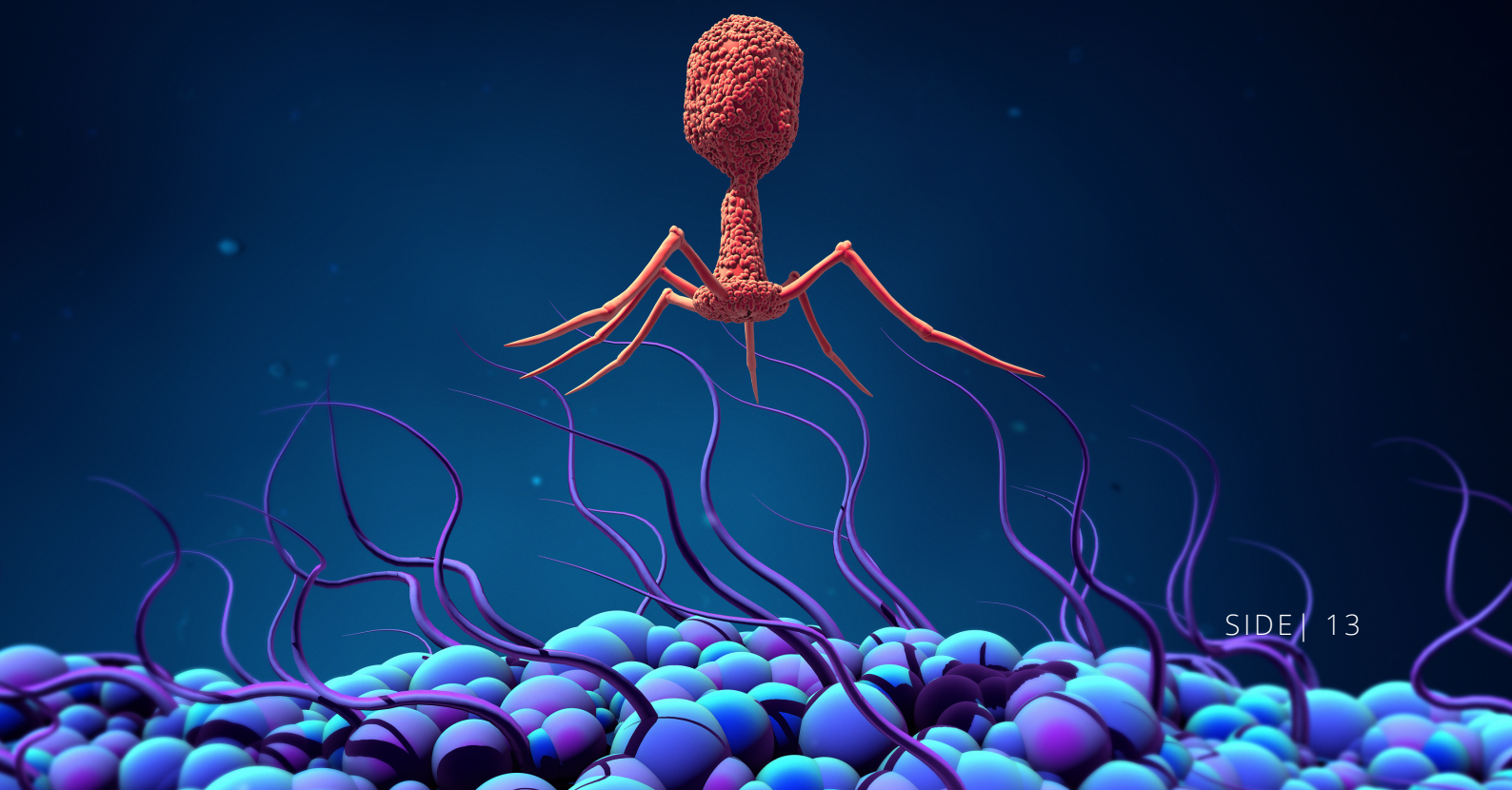
Noen bakteriofager dreper bakteriene så effektivt at de kan brukes målrettet i medisinsk behandling. De er spesialister på å infisere sin egen målbakterier. De kan benyttes i stedet for, eller i kombinasjon med antibiotika og redusere behovet for antibiotikabehandling gjennom å forebygge fremveksten av skadelige bakterier.

Vi har funnet teknologien. ACD Pharma sitt banebrytende arbeid med bruk av bakteriofager er et av våre viktigste forskningsprosjekter.

Målet har vært å utvikle bakteriofagbaserte løsninger på bakterielle utfordringer i oppdrettsnæringen. Bakterien *Yersinia ruckeri*, som forårsaker sykdommen yersiniose i laksefisk, ble valgt som modellsystem for dette arbeidet. Bakteriofagproduktet CUSTUS@yrs ble lansert i 2018 som verdens første bakteriofagbaserte produkt for bruk i fiskeoppdrett.

Bakteriofagene tilsettes i driftsvann eller biofilter og slår i løpet av kort tid ned forekomsten av bakterien *Yersinia ruckeri*, slik at sykdomsutbrudd hindres.

Gjennom arbeidet med CUSTUS@yrs har ACD Pharma utviklet en omfattende teknologiplattform for utvikling og produksjon av bakteriofagprodukter, og også vist hvor effektive bakteriofager kan være.



Basert på dette arbeidet jobber vi nå med utvikling av bakteriofagprodukter til asiatisk rekeoppdrett, hvor bruken av antibiotika i dag er uforsvarlig høy.

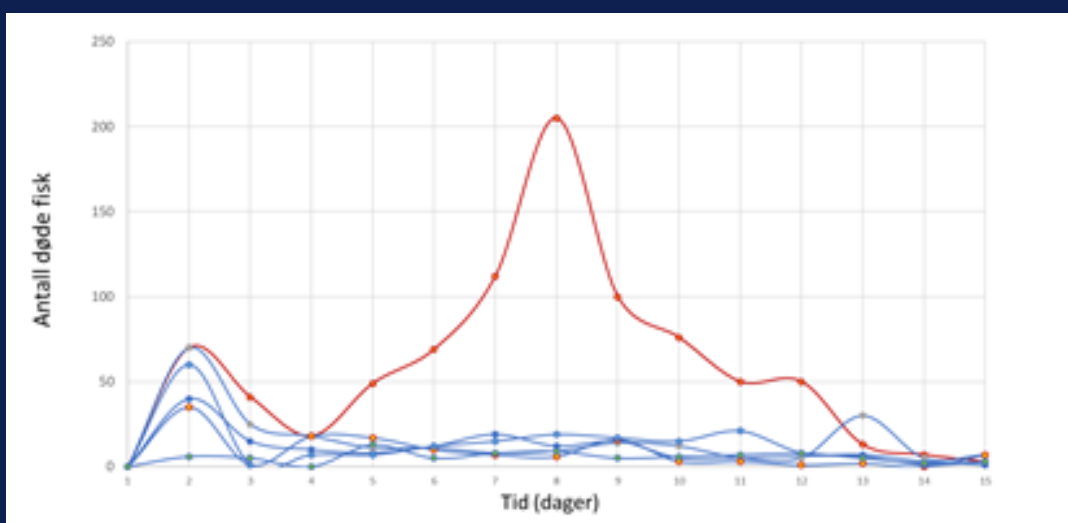
Det arbeides også med nye bakteriofagprodukter mot bakteriene *Moritella viscosa* (vintersår), *Pasteurella skyensis* (pasteurellose) og *Vibrio anguillarum* (vibriose), som forårsaker sykdom og store økonomiske tap i akvakultur.

Nå er målet at forskningen og teknologien vår skal tas videre – fra fiskehelse til menneskehelse. ACD Pharma samarbeider blant annet med forskningsmiljøer ved

Universitetet i Tromsø og Karolinska Institutet i Sverige om bruk av bakteriofag-teknologien til behandling av mennesker.

Vårt mål er at forskning vi har gjort, for og sammen med norsk havbruksnæring, skal bli en del av løsningen på den globale helseutfordringen antibiotikaresistens.

Ingen i næringen trodde at nøkkelen til bedre smoltifisering var å finne på Harvard. Og ingen på Harvard trodde vel at en løsning på problemet med antibiotikaresistens kunne ligge hos en havbruksaktør på Leknes i Lofoten.



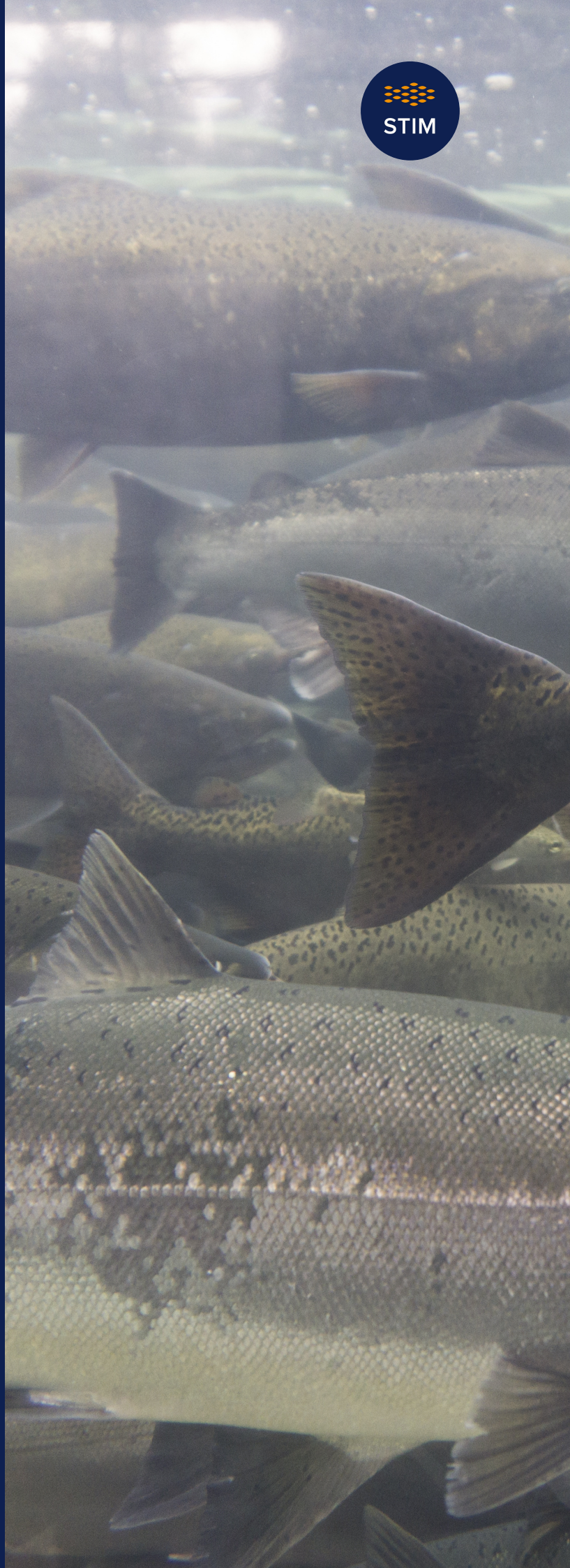
Figur: Bruk av CUSTUS@yrs i forbindelse med vaksinasjon av laks. Nyvaksinert laks er immunkompromittert, stresset og svært mottakelige for infeksjon med *Y. ruckeri*. I dette forsøket ble nyvaksinert fisk overført til kar tilsatt (blå) eller ikke tilsatt (rød) CUSTUS@yrs. Det var ca 45 000 fisk i hvert kar. All fisken var av samme sortering og hadde før vaksinasjon gått sammen under like smittebetingelser. Et klassisk yersinioseutbrudd med 2,0 % akkumulert dødelighet ble observert i den ubehandlede kontrollgruppen men ikke i testkarene.

Ny metode for produksjon av steril laks

Nedklassifisering av fisk på grunn av kjønnsmodning er et stort problem i lakseoppdrett. En effektiv metode for produksjon av steril fisk vil derfor kunne ha stor økonomisk betydning for havbruksnæringen. Steril oppdrettslaks som har rømt vil heller ikke kunne blande seg genetisk med stedeigne villaksstammer.

STIM har tatt utfordringen med å komme opp med en løsning på problemet. Lovende forskningsresultater tilsier at løsningen ikke er langt unna.

STIMs metode bygger på en såkalt «silencing-teknologi», utviklet i samarbeid med Dr. Wong og Professor Zohar ved University of Maryland Baltimore County (UMBC). Metoden innebærer badebehandling av egg med sikte på effektiv produksjon av reproduktivt steril fisk. Behandlingen foregår i en kort periode, tidlig i utviklingen, og blokkerer et gen som er nødvendig for utvikling av kjønnsceller. Når fisken er ferdig utviklet og forbindelsen som blokker genet for kjønnscelleutvikling er nedbrutt, er genet igjen funksjonelt for fisken.



Både hos sebrafisk og laksefisk er det vist at blokkering av genet hindrer kjønnscellene i å finne veien til kjønnsorganene/gonadene. Fisken utvikler seg helt normalt og har normale kjønnsorganer, men den har altså ingen kjønnsceller og kan derfor heller ikke reproducere. Resultatet er en fisk som er steril uten at andre fysiologiske prosesser er påvirket.

Metoden innebærer ikke at man gjør endringer i laksens arvestoff, noe som ellers ansees som genmodifisering. STIM har en strategi hvor vi «skruer av» genet i en kort periode veldig tidlig i laksens utvikling, nærmere bestemt i den utviklingsfasen hvor kjønnscellene skal vandre til gonadene. Det innebærer at behandlingen faktisk kan gjøres allerede på ubefruktet rogn. Dette er første gangen en ikke-GMO silencing-teknologi, som på enkelt vis kan integreres i produksjonsprosessen av øyerogn, har vist gode resultater.

Forskningsprosjektet ble startet 2013 og pågår fortsatt.

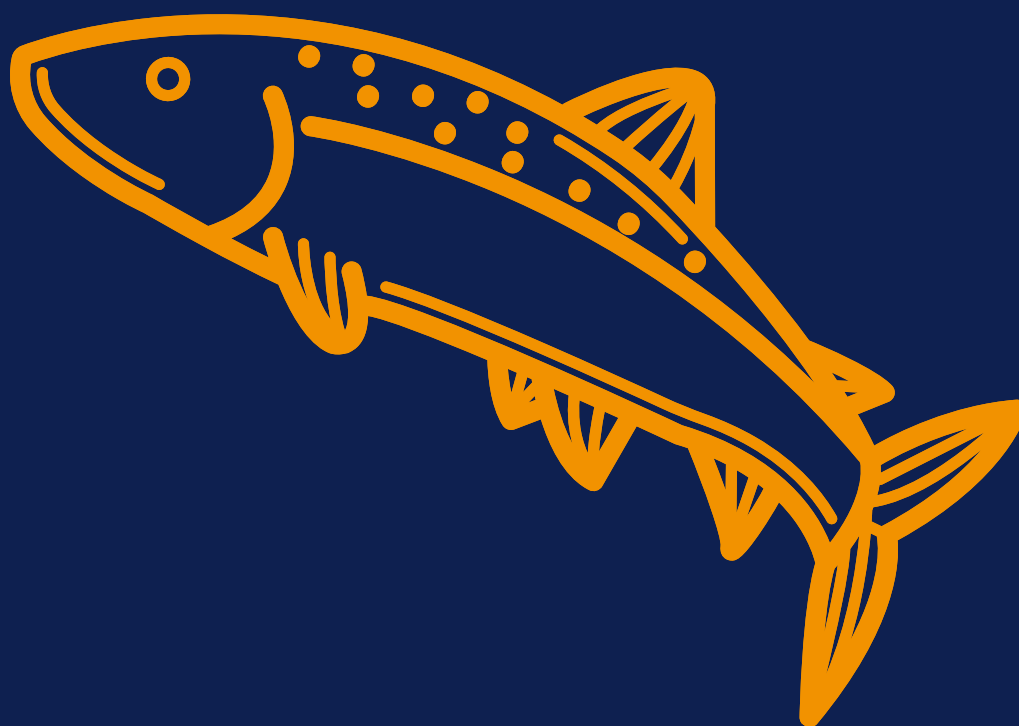


STIM har vært en del av havbruksnæringen gjennom 30 av næringens 50 år. Vi er stolte av laksen og stolte av næringen.

For å sikre bærekraften i norsk økonomi og norske lokalsamfunn og for å sikre norske arbeidsplasser, trenger vi sterkere vekst i lønnsomme og produktive næringer. Når kunnskapen er eid av norske selskaper som selger sine produkter og tjenester i et globalt marked, da kommer det den nasjonale og lokale økonomien til gode.

STIM er et slikt selskap. I dag er vi ledende på fiskehelse, fiskevelferd og produksjonseffektivitet. Vi har hovedkontor på Leknes i Lofoten, distriktskontor i Bergen, Trondheim, Florø, Harstad og Oslo, og er i tillegg etablert i Canada, Skottland og Chile.

STIM blir i Norge og på Leknes, og vil også i fremtiden gjøre de investeringer som er nødvendige for å videreutvikle havbruksnæringen som Norges viktigste framtidsnæring.





STIM

STIM AS

Storgata 9, 8370 Leknes
Boks 344, 8376 Leknes

+47 76 06 09 30
post@stim.no

www.stim.no