

Nytt prosjekt har som mål å løse laksenæringens sinkdilemma

Hvordan kan oppdrettslaks få nok sink til å holde seg frisk, samtidig som utslippene av sink til det marine miljøet reduseres? Forskere ved NORCE og deres samarbeidspartnere starter nå et nytt prosjekt for å finne svar.

Neda Gilannejad, Patrik Tang, Marius Takvam, Dagne Røise

NORCE Research AS, Aquaculture and Marine Biodiversity (AMB) Group, Bergen, Norway

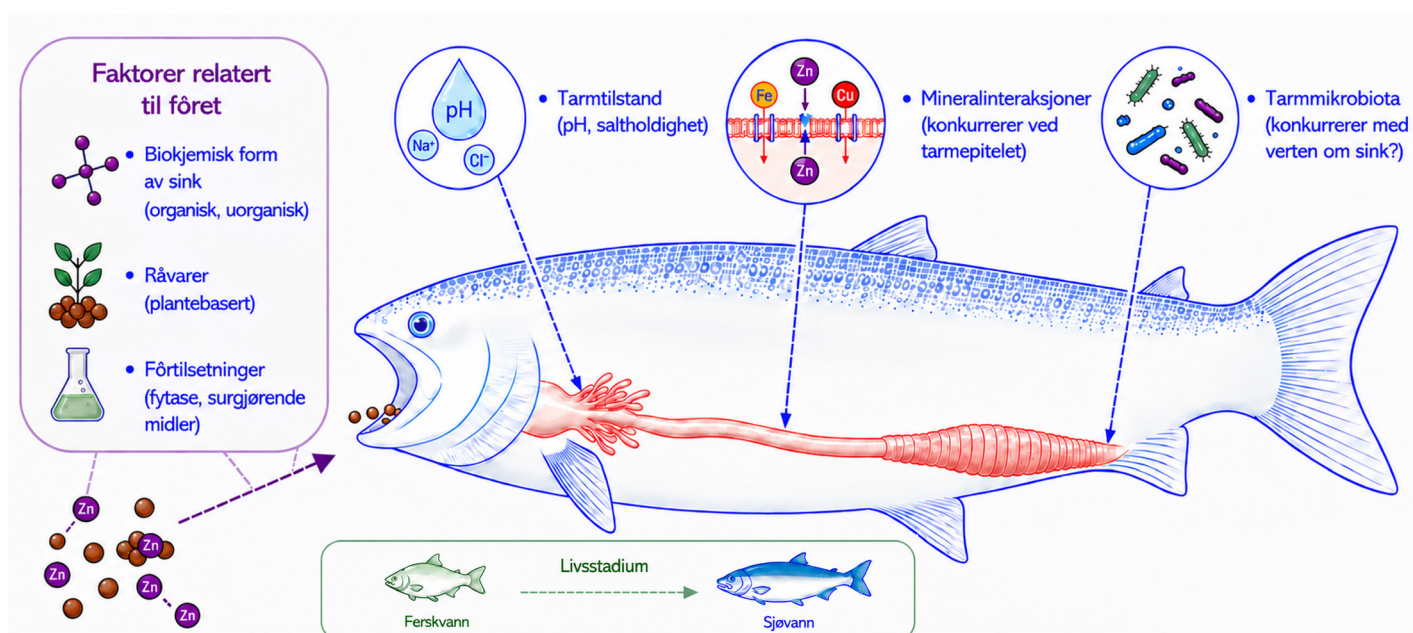
Sink er en liten, men essensiell byggestein i laksens ernæring. Mineralet spiller en viktig rolle for vekst, immunfunksjon, hudhelse, stressresponser og en rekke biologiske prosesser som er avgjørende for fiskens helse og velferd. Det har imidlertid blitt en

stor utfordring for norsk havbruksnæring å sikre optimale sinknivåer hos oppdrettslaks, hvor det er nødvendig å balansere fiskens ernæringsmessige behov og utslipp til miljøet.

Utviklingen av moderne laksefôr med en langt høyere andel plantebaserte råvarer har på mange måter gjort fôret mer bærekraftig. Samtidig har dette medført flere ernæringsmessige utfordringer. Enkelte planteforbindelser kan binde sink under fordøyelsen og redusere opptaket hos oppdrettslaks. Dermed

passerer en betydelig andel av sinken i laksefôret gjennom fordøyelseskanalen uten å bli tatt opp, og slippes ut i miljøet.

Utfordringen blir stadig mer aktuell ettersom europeisk regelverk innfører strengere grenser for sinkinnholdet i laksefôr for å redusere miljøpåvirkningen, samtidig som fiskehelse og produksjonsresultater skal ivaretas. Næringen står derfor overfor et viktig dilemma: **Hvordan kan sink utnyttes mer effektivt i fôret, slik at mer sink tas opp hos fisken og mindre slippes ut til miljøet?**



Figur 1. Mange faktorer avgjør hvor mye sink fisken faktisk kan ta opp og utnytte. Sink i fôret går gjennom en kompleks reise før det blir tilgjengelig for fisken.

For å bidra til å besvare dette spørsmålet, har Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) nylig finansiert **Zinc-SAFE¹**, et forskningsprosjekt ledet av NORCE i samarbeid med nasjonale og internasjonale partnere. Prosjektet skal undersøke hvordan tilskudd av sink kan optimaliseres for å styrke fiskehelsen samtidig som miljøpåvirkningene reduseres.

Å se lenger enn bare hvor mye sink som tilsettes føret

En av de store utfordringene innen sinkernæring er at mengden sink som tilsettes føret, ikke nødvendigvis gjenspeiler hvor mye som faktisk blir tilgjengelig for fisken. Dette omtales som **biotilgjengelighet**, det vil si andelen av et næringsstoff som blir tilgjengelig under fordøyelsen, tas opp gjennom tarmen og deretter utnyttes eller holdes tilbake i kroppen.

En rekke faktorer kan påvirke denne prosessen, blant annet (figur 1):

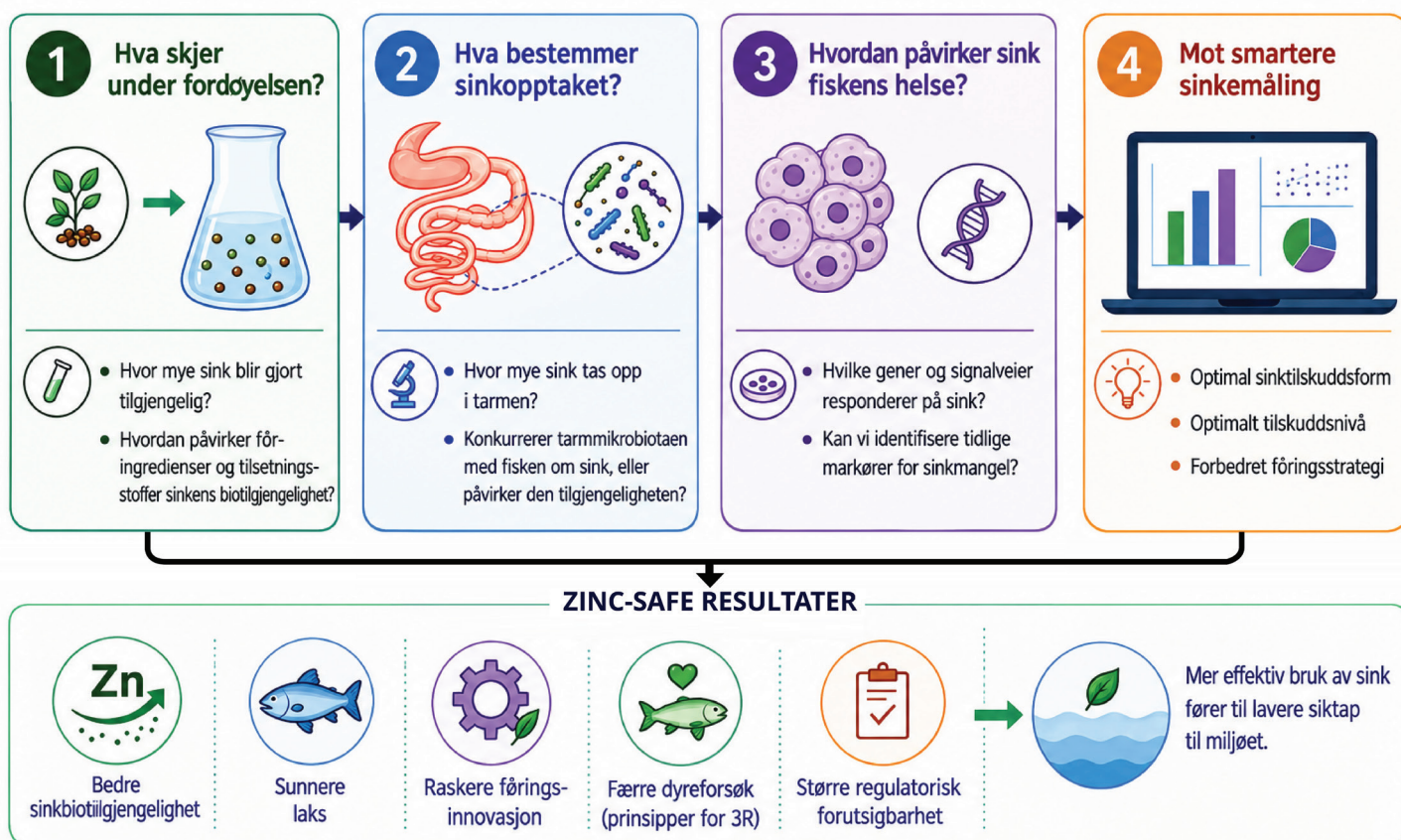
- Den biokjemiske formen sinken tilsettes i (organisk eller uorganisk).
- Hvordan fôråvarene påvirker sinkens tilgjengelighet.
- Fiskens livsstadium (ferskvann eller sjøvann).
- Forhold i tarmen, som pH og saltholdighet.
- Fôrtilsetninger som fytase og surgjørende midler.
- Samspill med andre mineraler.
- Konkurransen om sink mellom tarmmikrobiotaen og verten.

Prosjektet skal undersøke hvordan disse nøkkelfaktorene, hver for seg og i kombinasjon, påvirker sinkens biotilgjengelighet under fordøyelsen, og

identifisere strategier som kan forbedre opptaket og tilbakeholdelsen av sink hos oppdrettslaks.

Mer enn et sinkprosjekt: en ny tilnærming med færre forsøksfisk

Et sentralt trekk ved Zinc-SAFE er bruken av alternative eksperimentelle metoder som skal redusere behovet for omfattende storskala dyreforsøk. I motsetning til mange tidligere studier, vil Zinc-SAFE ikke basere seg på tradisjonelle fôringsforsøk. Prosjektet kombinerer i stedet flere innovative laboratoriemetoder som simulerer fordøyelse, opptak i tarmen og cellulære responser. Disse metodene støtter **3R-prinsippene – erstatning, reduksjon og forbedring** – og bidrar til å redusere bruken av levende fisk i ernæringsforskning. Metodene omfatter:



Figur 2. Zinc-SAFE skal utvikle et nytt, helhetlig rammeverk basert på avanserte 3R-modeller for å optimalisere sinktilskudd i føret, med sikte på friskere laks og mer bærekraftig havbruk.

• **In vitro-modeller for fordøyelse**, som simulerer laksens fordøyelsessystem og måler hvor mye sink som blir tilgjengelig under fordøyelsen.

• Gut sac-modeller, der tarmvev brukes til å studere transporten av sink gjennom tarmveggen.

• Cellekulturmodeller basert på tarm- og levervev fra laksefisk, som brukes til å undersøke hvordan ulike forhold påvirker molekulære signalveier involvert i opptak og omsetning av sink.

Til sammen gir disse metodene et helhetlig rammeverk (figur 1) for å teste et bredt spekter av fôrformuleringer og miljøforhold på relativt kort tid. Fordi metodene gjennomføres i kontrollerte laboratoriesystemer, kan forskerne også få detaljert mekanistisk innsikt som ofte er vanskelig å oppnå gjennom tradisjonelle fôringsforsøk alene. Det gir også muligheten til å teste langt flere mikronæringsstoffer og interaksjonen mellom dem, noe som gir raskere og mer treffsikre svar sammenlignet med tradisjonelle fôringsforsøk.

«Tradisjonelle fôringsforsøk er kostbare og tidkrevende og krever ofte et stort antall fisk. Denne nye tilnærmingen har et betydelig potensial til å fremskynde evalueringen av nye fôrformuleringer, redusere utviklingskostnadene og bidra til mer etisk forskningspraksis før man går videre til storskala forsøk med levende fisk», sier prosjektgruppen.

Kan tarmmikrobiotaen konkurrere om sink?

Et av de mer nyskapende aspektene ved prosjektet er undersøkelsen av hvilken rolle laksens tarmmikrobiota spiller.

I likhet med laks, trenger mikroorganismer sink til essensielle biologiske prosesser, og mange bakterier har utviklet svært effektive mekanismer for å fange og holde tilbake dette metallet. Forskerne mistenker at enkelte

mikrobielle samfunn kan konkurrere med verten om sink og dermed påvirke hvor mye av mineralet som til slutt blir tilgjengelig for fisken.

Ved hjelp av et av verdens største datasett for laksens mikrobiom, utviklet gjennom det europeiske prosjektet BlueRemediomics², skal forskergruppen undersøke om bestemte bakteriegrupper eller mikrobielle funksjoner er forbundet med redusert tilgjengelighet av sink.

Dersom dette bekreftes, kan funnene åpne nye muligheter for å forbedre bruken av mikronæringsstoffer gjennom fôrformuleringer som også tar hensyn til mikrobiomet.

Utvikler verktøy for tidlig påvisning av sinkmangel

Prosjektet skal også identifisere molekulære biomarkører som kan avdekke sinkmangel før synlige helseproblemer oppstår.

Ved å studere hvordan tarm- og leverceller responderer på molekulært nivå ved ulike sinktilskudd, håper forskerne å identifisere tidlige biologiske varselsignaler på sinkmangel. Disse kan brukes av fôrprodusenter og oppdrettere til å overvåke fiskens sinkstatus.

Slike biomarkørbaserte verktøy kan gjøre det mulig å justere fôringsstrategiene før negative konsekvenser for fiskehelse og produksjonsresultater blir synlige.

Skal komme både fisken, næringen og miljøet til gode

Gjennom økt kunnskap om hvordan laks tar opp og utnytter sink, skal Zinc-SAFE gi ny kunnskap og praktiske anbefalinger til havbruksnæringen. Dette omfatter (1) optimale sinkformer og konsentrasjoner i fôret, (2) innovative fôrløsninger, som tilsetningsstoffer som fremmer opptak og tilbakeholdelse av sink, og (3) fôringsstrategier som bedrer

sinkutnyttelsen gjennom ulike livsstadier hos laks.

Ved å øke andelen sink i fôret som faktisk tas opp og brukes av laksen, er et hovedmål for prosjektet å ivareta god fiskehelse og -velferd, samtidig som sinkutslippene fra havbruk reduseres. Dette skal samlet sett **bidra til mer bærekraftige fôrstrategier som kommer fisken, næringen og miljøet til gode.**

De forventede gevinstene strekker seg utover sink alene. En av prosjektets langsiktige ambisjoner er å etablere en serie laboratoriemodeller som kan tilpasses studier av andre essensielle spormineraler. Slike verktøy kan hjelpe forskere og fôrprodusenter med å evaluere nye fôrformuleringer raskere, mer presist og med færre dyreforsøk.

¹ **Zinc-SAFE:** Optimalisering av sinktilskudd i laksefôr for bedre biotilgjengelighet og fiskehelse, og redusert miljøpåvirkning.

Finansiering: FHF (Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering).

Referansenummer: 94 43 62 88

Prosjektleder: NORCE

Sentrale samarbeidspartnere: FishBase, Universitetet i Almería (Spania), Universitetet i Plymouth (Storbritannia)

Prosjektperiode: 2025–2027

Finansieringsramme: 6,14 millioner kroner

² **BlueRemediomics:** Utnyttelse av det marine mikrobiomet for utvikling av nye, bærekraftige biogene løsninger og økosystemtjenester. Finansiert av EUs Horisont Europa-program gjennom tilskuddsavtale nr. 101082304.