



SINTEF

SecureFeed



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute



Rapport

Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer (SecureFeed)

Forfattere:

SINTEF Ocean: Andreas Hagemann, Arne M. Malzahn, Julia Farkas, Aleksander H. Handå, Bjørn H. Hansen, Tom S. Nordtvedt, Inger B. Standal.

Havforskningsinstituttet: Veronika Sele, Pedro Araujo, Ikram Belghit, Nina S. Liland, Anne-Katrine Lundebye.

Veterinærinstituttet: Kristin S. Pettersen, Sylvie L. Benestad, Aksel Bernhoft, Gunnar S. Eriksen, Kari O. Helgesen, Gro S. Johannessen, Hanne Nilsen, Madelaine Norström, Magdalena M. Owczarek-Koscielniak, Øivind Øines, Sonal J. Patel, Hilde Sindre, Linh Tran, Arne Holst-Jensen

Rapportnummer: 2024:00495

Oppdragsgiver:

FHF – Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering



SINTEF Ocean AS
Postadresse:
Postboks 4762 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100
info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 937357370 MVA

Rapport

Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer (SecureFeed)

EMNEORD

Biosikkerhet
Fiskeslam
Sirkulær Bioøkonomi
Mattrygghet
Regelverk
Akvakultur
Lavtrofiske organismer
Børstemark
Hediste diversicolor
Svart soldatflue
Hermetia illucens
Prioner
Matsikkerhet
Risikovurdering
TSE-Regulativet
BSE-laboratoriet
EU-gjødselvereforskriften
Fôrvareforskriften
Grenseverdier
Bærekraft
Fôrvarer
PFAS
Non-target Screening
Organiske miljøgifter
Fiskepatogener
Virus
Bakterier
Kontaminanter
Tungmetaller
Atlantisk laks
Salmo salar

VERSJON

2

DATO

2024-05-14

FORFATTERE

SINTEF Ocean AS: Andreas Hagemann, Arne M. Malzahn, Julia Farkas, Aleksander H. Handå, Bjørn H. Hansen, Tom S. Nordtvedt, Inger B. Standal.
Havforskningsinstituttet AS: Veronika Sele, Pedro Araujo, Ikram Belghit, Nina S. Liland, Anne-Katrine Lundebye.
Veterinærinstituttet: Kristin S. Pettersen, Sylvie L. Benestad, Aksel Bernhoft, Gunnar S. Eriksen, Kari O. Helgesen, Gro S. Johannessen, Hanne Nilsen, Madelaine Norström, Magdalena M. Owczarek-Koscielniak, Øivind Øines, Sonal J. Patel, Hilde Sindre, Linh Tran, Arne Holst-Jensen

OPPDRAGSGIVER

FHF – Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

901732

PROSJEKTNUMMER

302005566

ANTALL SIDER

17

SAMMENDRAG

Dette er faglig sluttrapport for prosjektet «Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer (SecureFeed)» finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering. Hovedmålsetting i dette prosjektet var å levere kunnskap om, og dokumentere graden av, biosikkerhet ved bruk av organisk materiale fra utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av trygge fôrråvarer for terrestriske og marine organismer. Hovedleveransen fra dette prosjektet er fem vitenskapelige artikler publisert i ulike fagfelleverderte tidsskrift. Denne rapporten gjengir hovedbudskapet i disse artiklene med henvisninger til de fullstendige versjonene.

UTARBEIDET AV

Andreas Hagemann

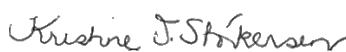
SIGNATUR


Andreas Hagemann (May 23, 2024 12:40 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Kristine Vedal Størkersen

SIGNATUR



GODKJENT AV

Gunvor Øie

SIGNATUR



COMPANY WITH
MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
ISO 9001 • ISO 14001
ISO 45001

RAPPORT N.

2024:00495

ISBN

978-82-14-07206-8

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2024-04-22	Første versjon til gjennomlesning av prosjektgruppen og QA
2	2024-05-14	Endelig versjon

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Summary	6
1 Innledning.....	8
2 Problemstilling, effektmål og resultatmål.....	9
3 Prosjektgjennomføring	10
4 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	11
5 Hovedfunn	15
6 Leveranser	16

BILAG/VEDLEGG

Sammendrag

Lavtrofiske organismer slik som svart soldatflue og marine flerbørstemark er i stand til å omsette oppdrettsslam fra lakseproduksjon til animalsk protein og fett som kan brukes til fiske- og dyrefôr. Det eksisterer kunnskapshull om disse organismenes evne til å ta opp og videreføre biologiske (virus, bakterier, parasitter, sopp og prioner) og kjemiske (miljøgifter, legemidler, tungmetaller, biotoksiner) farer som potensielt kan finnes i fiskeslam, i en verdikjede. Avdekking av slike risikofaktorer er et riktig og svært viktig steg mot en fremtidig bruk av oppdrettsslam i en sirkulær bioøkonomi. Det å koble produksjon av lavtrofiske marine og terrestriske invertebrater til dagens verdikjede vil føre til en bedre utnyttelse av de fôrressursene som brukes i lakseproduksjon i dag, uten at dette går på bekostning av naturmangfoldet. Slam utgjør foreløpig i all hovedsak en kostnad for lakseprodusenter og har derfor i lav grad en nytteverdi for næringen, og samfunnet for øvrig.

Formålet med dette prosjektet var å levere kunnskap om, og dokumentere graden av, biosikkerhet ved bruk slam fra lakseproduksjon til produksjon av trygge fôrråvarer for terrestriske og marine organismer. Målet ble nådd gjennom både å gjennomføre en kritisk litteraturstudie, og gjennom kontrollerte inokuleringsforsøk for utvalgte virus, bakterier og prioner, med svart soldatflue (*Hermetia illucens*) og flerbørstemark (*Hediste diversicolor*) som modellorganismer.

SecureFeed-prosjektets undersøkelser av biosikkerhet i slam fra fiskeoppdrett viser at både kjemiske og mikrobielle farer kan akkumuleres, reduseres eller opptre stabilt i invertebrater. Invertebratene kan opptre som vektorer for noen farer, mens de for andre kan redusere denne faren gjennom omdanning, utskilling eller eliminering. Akkumulering kan variere i ulike kroppsdeler hos organismene, og kan være tett assosiert med enten fett- eller proteinfraksjonen. Dette åpner for ulike tiltak med ulike prosesseringsmetoder. Litteraturstudien viste videre at de potensielt toksiske elementene arsen, kadmium, kvikksølv og bly kan utgjøre en risiko og at konsentrasjonen av disse kan overstige EUs grenseverdier for fôr eller fôrmidler, i modellorganismer dyrket på slam fra lakseoppdrett. Det ble identifisert kritiske kunnskapshull i litteraturen som angår dokumentasjon på skjebnen til parasitter, potensielt toksiske elementer, organiske miljøgifter, toksiner og rester av veterinærlegemidler, i verdikjeder hvor man dyrker organismer på fiskeslam.

Dette er den første større kartleggingen av innholdet i slam fra lakseoppdrett med fokus på forekomst av både næringsinnhold og kontaminanter, og hvor målet har vært å vurdere en mulig utnyttelse av slam som fôrmiddel. Slam kan ha høyt innhold av proteiner og fett, og svært varierende innhold av elementer og mineraler. Det ble ikke påvist verken veterinærlegemidler, virus eller bakterier i slamprøvene. Det ble analysert for en rekke organiske miljøgifter, og det ble funnet nivåer av klorinerte pesticider, PCB og dioksiner under EUs grenseverdier for fôr. I enkelte prøver oversteg nivåene av kadmium og arsen EUs grenseverdier for fôr. I tillegg ble det identifisert 18 forskjellige organiske forbindelser gjennom screeninganalyser, inkludert plastikk-relaterte produkter og UV-filteret benzofenon. Dette er resultater som betydningen av bør undersøkes nærmere i oppfølgingsstudier.

Svarte soldatfluelarver (*Hermetia illucens*) kan dyrkes på en diett bestående utelukkende av slam fra landbaserte lakseanlegg og slammet er dermed et lovende fôrmiddel for insektproduksjon. Soldatfluelarvene akkumulerte verdifulle næringsstoffer fra slammet, men også uønskede stoffer som kadmium, kvikksølv, dioksiner og polyklorerte bifenyler (PCB). Børstemark (*Hediste diversicolor*) fôret på slam som inneholder virusene IPNV og ISAV, eller bakteriene *Mycobacterium salmoniphilum* og *Yersinia ruckeri*, ser ikke ut til å kunne videreføre disse i en verdikjede. Enkelte tungmetaller som sølv, kobolt, og kobber kan bioakkumulere i børstemark som dyrkes på slam over tid, og dette bør undersøkes nærmere. Risikoen for overføring av fiskepatogener fra slam til råstoff via invertebrater virker å være lav.

Børstemark og svarte soldatfluelarver mangler genet som uttrykker cellulært prionprotein (PrP^C), og disse invertebratene kan derfor ikke replikere prioner. Det ble, ved bruk av en ultrasensitiv amplifiseringsmetode (PMCA), påvist prioner i disse organismene etter at de hadde blitt eksponert for ekstremt høye doser av prioner (PrP^{Sc}; skrapesyke). Det er derfor teoretisk mulig at invertebratene kan fungere som mekaniske vektorer for prionsykdommer.

Eventuelle regelverksendringer som vil tillate bruk av slam som fôrinnsett eller gjødsel vil først kunne komme på plass etter anbefalinger fra European Food Safety Authority (EFSA) til EU, med bakgrunn i en risikovurdering som er gjennomført på et oppdatert kunnskapsgrunnlag. SecureFeed-prosjektet hadde som mål å levere slik ny kunnskap i form av fagfelleverderte artikler. Prosjektet har resultert i fem innsendte manus til vitenskapelige tidsskrift med fagfellevurdering og har oppnådd målsettingen om å kartlegge innholdet i partikulært slam fra lakseproduksjon, belyse biosikkerhetsutfordringer ved bruk av fiskeslam som mat til produksjonsdyr, og har formidlet prosjektrresultater i et format som gjør at de vil kunne inngå i en fremtidig risikovurdering av biologiske farer knyttet til bruk av fiskegjødsel som fôr til produksjonsdyr av EFSA.

Prosjektrresultatene er formidlet i sin helhet i følgende innsendte vitenskapelige manus (se også kap. 6):

- «Fish sludge as feed in circular bioproduction: Overview of microbial and chemical hazards in fish sludge and their potential fate via ingestion by invertebrates»
- «Characterization of nutrients and contaminants in fish sludge from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) production sites - A future resource»
- «Aquaculture sludge as feed for black soldier fly: Transfer of chemical and biological contaminants and nutrients»
- «Transfer and Bioaccumulation of Chemical and Biological Contaminants in the Marine Polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller 1776) when Reared on Salmon Aquaculture Sludge»
- «Retention of prions in the polychaete *Hediste diversicolor* and black soldier fly, *Hermetia illucens*, larvae after short-term experimental immersion and feeding with brain homogenate from scrapie infected sheep»

Summary

Low-trophic organisms such as the black soldier fly and marine polychaetes are capable of recycling fish sludge from salmon aquaculture to animal protein and fat which can be used in feeds for fish and livestock. Today, there are major knowledge gaps on the capability of these organisms to take up and transfer biological (virus, bacteria, parasites, fungi and prions) and chemical (pollutants, pharmaceuticals, biotoxins, heavy metals) hazards which potentially could be present in fish sludge, further down a value chain. Unveiling such risks is an important step towards a future utilization of fish sludge in the circular bioeconomy. By coupling production of low trophic marine and terrestrial invertebrates with today's value chains, this could drastically increase the degree of utilisation for the feed resources which are being used today in the salmon production sector, without further negative impacts on natural resources. Sludge today constitutes a cost for the farmers and therefore presently has limited value for the salmon sector or society in general.

The aim of this project was to provide knowledge about, and document the degree of, biosecurity aspects of using sludge from salmon productions to produce safe feed raw materials for terrestrial and marine organisms. Our aim was reached by conducting a critical literature review, and by controlled challenge studies with selected virus, bacteria, and prions, using *H. illucens* and *H. diversicolor* as model organisms.

The SecureFeed projects' review of biosecurity in sludge from fish farming shows that both chemical and microbial hazards can accumulate, be reduced, or remain stable in invertebrates. The invertebrates can act as vectors for some hazards, while for others, these hazards can be reduced through conversion, excretion, or elimination. Accumulation can vary between different body parts of the organism and therein be closely linked to either protein or lipid fractions. This allows for mitigation measures by applying different processing methods. Further on, the literature review showed that the potentially toxic elements arsenic, cadmium, mercury and lead can pose a risk, and that the concentration of these in invertebrates produced on salmon sludge could surpass maximum limits (MLs) for feed or feed materials set by the European Union (EU). Several critical knowledge gaps were identified during our review study concerning the faecal parasites, potentially toxic elements (PTEs), organic pollutants, environmental contaminants, toxins and pharmaceuticals, relevant for value chains where animals are produced on fish sludge.

This is the first comprehensive mapping of the composition of salmon sludge where the focus has been on, both, nutritional composition and contaminants, and where the aim has been to evaluate sludge as feed stock for invertebrates. Sludge can have high protein and fat content, and large variations in element and mineral content. We did not detect pharmaceuticals, viruses nor bacteria in any of the sludge samples, and all samples had concentrations of organic pollutants (i.e. dioxins, PCBs and chlorinated pesticides) below the MLs for animal feed. The level of cadmium and arsenic exceeded EU MLs for feed stock for some of the sludge samples. Further on, we identified the presence of pharmaceuticals, plastic related products, and benzophenone by non-target screening analysis which warrants further investigation.

Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae (BSFL) grew on a diet comprised solely of salmon aquaculture sludge which hence is a promising feed stock for insect production. The BSFL accumulated valuable nutrients such as lipids and proteins from the sludge, however, they also accumulated undesirable substances such as cadmium, mercury, dioxins and polychlorinated biphenyls (PCBs). Polychaetes (*Hediste diversicolor*) fed on sludge containing the viruses IPNV and ISAV, or the bacteria *Mycobacterium salmoniphilum* and *Yersinia ruckeri*, are seemingly not capable of transferring these hazards in a value chain. Some heavy metals such as silver, cobalt and copper can bioaccumulate in polychaetes produced on sludge over longer periods which warrants further investigations. The risk of transferring fish pathogens from sludge to feed raw materials, via invertebrates, seems to be negligible.

Polychaetes and BSFL do not naturally express cellular prion protein (PrP^C) and are hence incapable of replicating prions. We were, however, capable of detecting prions in both organisms after immersion and feeding with a substantial dose of prions (PrP^{Sc}; scrapie disease), using an ultrasensitive amplification method (PMCA). Hence, it is in theory possible for these invertebrate species to act as mechanical vectors for prion diseases.

Any regulatory changes which would allow the use of fish sludge as feed stock or fertilizer, would require a risk assessment conducted by the European Food Safety Authority (EFSA), which is based on updated and independent scientific knowledge. The SecureFeed project intended to provide such new knowledge as peer reviewed articles. The project has produced five submitted manuscripts to scientific journals and has insomuch succeeded with the aims, which were to map the content of particulate sludge from salmon production, shed light on biosecurity issues regarding the use of fish sludge as food for production animals, and has disseminated results in a format which allows them to be used in a future risk assessment of biological and chemical hazards concerning such utilisation by agencies like EFSA.

The project results have been conveyed by the following scientific articles (*cf.* Chap. 6):

- «Fish sludge as feed in circular bioproduction: Overview of microbial and chemical hazards in fish sludge and their potential fate via ingestion by invertebrates»
- «Characterization of nutrients and contaminants in fish sludge from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) production sites - A future resource»
- «Aquaculture sludge as feed for black soldier fly: Transfer of chemical and biological contaminants and nutrients»
- «Transfer and Bioaccumulation of Chemical and Biological Contaminants in the Marine Polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller 1776) when Reared on Salmon Aquaculture Sludge»
- «Retention of prions in the polychaete *Hediste diversicolor* and black soldier fly, *Hermetia illucens*, larvae after short-term experimental feeding with brain homogenate from scrapie infected sheep»

1 Innledning

Dagens praksis for bruk av organisk materiale fra lakseoppdrett, heretter kalt fiskeslam, til biogassproduksjon og gjødselvarer utnytter ikke verdifulle næringsstoffer som proteiner og fettsyrer i slammet på en fullverdig måte. Biologisk gjenfangst av disse næringsstoffene i sekundære produksjonsledd kan bidra til å realisere nye, sirkulære verdikjeder for mat- og fôrproduksjon og bedre fôrutnyttelse. Lavtrofiske organismer som svart soldatflue (*Hermetia illucens*) og marine flerbørstemark (*Hediste diversicolor*) er i stand til å omsette fiskeslam til animalske proteiner og lipider som kan brukes i fiske- og dyrefôr. Det har til nå vært store kunnskapshull om slike organismers evne til å ta opp, endre og videreføre kjemiske og biologiske agens som kan finnes i fiskeslam. Det er også behov for å systematisere eksisterende kunnskap om slam fra norske oppdrettsanlegg generelt, herunder biokjemisk sammensetning, volum, muligheter for mer effektiv innsamling, lagring, bearbeiding og transport. Dette er vesentlige faktorer i arbeidet for å tilrettelegge en mer miljømessig og økonomisk bærekraftig utnyttelse av slammet. Forvaltning og næring er avhengig av et sikkert kunnskapsgrunnlag for vurderingen av bruk av denne ressursen. Vitenskapelig fundert dokumentasjon som avdekker risikofaktorer ved bruk av fiskeslam til produksjon av lavtrofisk animalsk biomasse er en forutsetning for en mulig fremtidig utnyttelse. Eksempler på forhold som et slikt kunnskapsgrunnlag må adressere er bioakkumulering, toksisitet og biotilgjengelighet av metaller og miljøgifter, overføringspotensiale og tiltak for å uskadeliggjøre eller fjerne agens opp- og/eller nedstrøms i slike verdikjeder.

Regjeringens havbruksstrategi lagt frem 6.7.2021 beskriver at «*Slam fra settefiskanlegg kan per i dag ikke benyttes til fôr til matproduserende dyr eller som substrat til oppdrett av insekter til fôr. EU vedtok i 2019 en standard for råvarer godkjent som gjødselvarer, og produkter i tråd med dette regelverket (CE-merket gjødsel) kan handles fritt i EØS-området. Fiskeslam inngår ikke som godkjent råvare. For å få til en endring av regelverket på disse områdene er det nødvendig å skaffe frem vitenskapelig basert kunnskap om smittestoffer og uønskede stoffer, hvordan disse påvirkes av behandlingsmetoder, effekter ved bruk og betydning for mattrygghet*» (hentet fra FHF's utlysningstekst). Regelverksendringer må skje på en måte som ivaretar biosikkerhet og blir akseptert av forbrukerne, samtidig som det bør utløse gevinster hos de involverte næringsaktørene. Å finne frem til den beste utnyttelsen av denne ressursen byr derfor på biologiske, tekniske, juridiske, økonomiske og verdietiske utfordringer.

Prosjektet «SecureFeed» hadde som mål å sammenstille og gi kunnskap om biosikkerhetsaspekter ved bruk av organisk materiale fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer. Prosjektet ble finansiert gjennom utlysningen «Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer» (saksnummer 21/00176) offentliggjort 24. august 2021. Prosjektet hadde en samlet økonomisk ramme på 10 MNOK og ble gjennomført i perioden januar 2022 til april 2024 i samarbeid med Veterinærinstituttet (ansvarlig for Arbeidspakke 1) og Havforskningsinstituttet (ansvarlig for Arbeidspakke 2). Ansvarlig organisasjon var SINTEF Ocean AS med seniorforsker Andreas Hagemann som prosjektleder. Forsøkene ble utført i Havforskningsinstituttets ISO-sertifiserte laboratorier i Bergen (NS-EN ISO/IEC 17025), WOAH referanselaboratoriet for skrapesyke (CWD) ved Veterinærinstituttet på Ås, og Norsk Senter for Planktonteknologi (#245937/F50)". Det ble ikke opprettet en referansegruppe for dette prosjektet. Mattilsynet ved Ann-Cecilie Hansen har bidratt fortløpende i prosjektet med hjelp til å finne frem i og videreformidle gjeldende EU-regelverk for mat- og fôrtrygghet. Svarte soldatfluelarver til forsøkene ble levert av Protix AS (Nederland).

2 Problemstilling, effektmål og resultatmål

Hovedmålsetting i dette prosjektet var å **levere kunnskap om, og dokumentere graden, av biosikkerhet ved bruk av organisk materiale fra utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av trygge fôrråvarer for terrestriske og marine organismer**. Målsettingen skulle nås gjennom følgende delmål:

1. Gjennomføre og publisere en kritisk litteraturstudie over relevante vitenskapelige publikasjoner **(AP1)** og kartlegge oppstrøms og nedstrøms oppsamling og behandling av slam, samt fôrindustriens krav til bruk av slam som fôringrediens.
2. Basert på innsamlet og systematisert kunnskap, utføre kontrollerte inokuleringseksperiment ("spiking") med et utvalg av smittestoff samt måle overføring av potensielt toksiske elementer i modellorganismene børstemark og svart soldatfluelarve etter tilvekst på et slambasert substrat **(AP2)**.
3. Peke på og dokumentere mulige tiltak for å sikre trygg (biosikker) bruk av slam fra lakseoppdrett som vekstsubstrat til lavtrofiske organismer som skal kunne benyttes som fôrråvare til terrestriske og/eller marine organismer. **(AP1 og 2)**

Slam utgjør foreløpig i all hovedsak en kostnad for lakseprodusenter og i lav grad en nytteverdi for næringen og samfunnet for øvrig. Prosjektet adresserte dagens mangel på kunnskap og næringsnytte og kan kategorisk sett ha to ulike utfall, avhengig av funn i prosjektet:

- Slam kan *ikke* trygt brukes som fôr til lavtrofiske dyr og gjeldende regelverk vurderes derfor til å håndtere problemet riktig
- Slam vurderes til å trygt kunne brukes som fôrinnsetts for lavtrofisk dyreproduksjon.

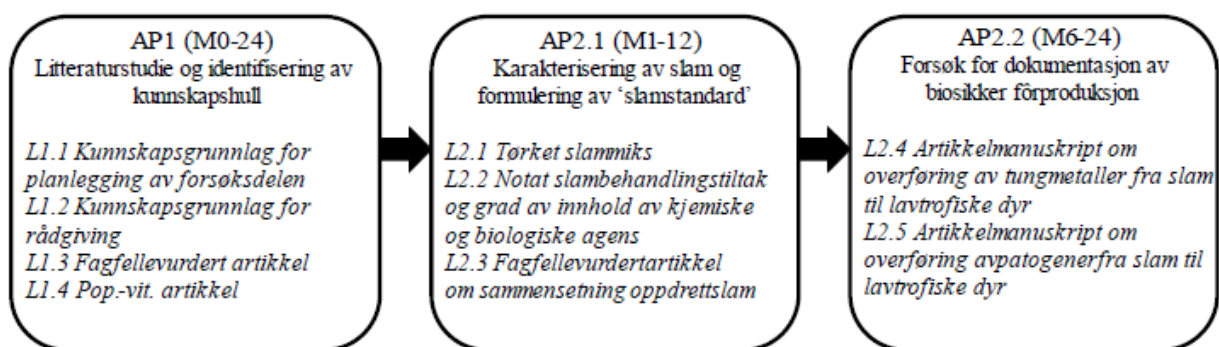
Eventuelle regelverksendringer vil først kunne komme på plass etter anbefalinger fra EFSA til EU, med bakgrunn i en ny risikovurdering som er gjennomført på et oppdatert kunnskapsgrunnlag. SecureFeed-prosjektet har som mål å levere slik ny kunnskap i form av fagfelleverderte artikler som vil kunne brukes til dette formålet. En eventuell regelverksendring vil kunne åpne for nye forretningsmuligheter og økt bærekraft til havbrukssektoren ved å åpne for gjenfangst og gjenbruk av globalt begrensede næringsstoffer som marine proteiner og lipider som finnes i slam. Etter hvert som det utvikles effektiv teknologi for også å fange opp slam som produseres i matfiskfasen vil dette miljøproblemet raskt kunne gå over til å bli en ettertraktet ressurs. Produsenter av insekter opplever i dag begrensninger av fôrmidler som ikke konkurrerer direkte med mat til mennesker. Dersom slam fra lakseoppdrett kan tjene dette formålet kan havbruksnæringa bidra til en mer bærekraftig insektproduksjon, men også produksjon av andre detritivore dyr som kan vokse på slam, slik som marine flerbørstemark. En fremtidig børstemarknæring kan forsyne fiskefôrmarkedet, men børstemark kan også selges som agn til sportsfiskere og som rekemodningsfôr. Dette kan bidra til å redusere presset på ville populasjoner av børstemark, som i dag er uregulert og sterkt preget av overfiske.

Se Figur 1 og kapittel 6 for oversikt over prosjektets planlagte og gjennomførte leveranser (resultatmål). I kapittel 4 beskrives innholdet i leveransene, og dermed hvordan målene er oppnådd.

3 Prosjektgjennomføring

Figuren under viser en oversikt over prosjektets arbeidspakker og leveranser (Fig. 1). I prosjektets innledende fase ble det i Arbeidspakke 1 (AP1) utarbeidet to prosjekt-interne notater; ett som dannet kunnskapsgrunnlaget for planlegging og gjennomføring av det eksperimentelle arbeidet i AP2 (L1.1 – *Enkel rapport med kunnskapsgrunnlag til forsøksdelen (AP2.1) i prosjektet*), og ett notat som beskrev renseteknologier for slam som tilbys av ulike teknologileverandører dag, og som var basert på tilgjengelig informasjon på leverandørenes hjemmesider og/eller møter med leverandørene (L1.2 - *Kartlegge oppstrøms metoder og teknologi for oppsamling og behandling av slam, samt fôrindustriens krav til bruk av slam som fôringrediens*). Hovedleveransen fra AP1 var en fagfellevurdert oversiktsartikkel basert på systematisk bearbeiding av tilgjengelige data fra både annotert og ikke-annotert litteratur med relevans for biosikker bruk av slam som gjødsel eller som råvare for fôrproduksjon, via invertebrater, til akvatiske og terrestriske matproduserende dyr og hvilke utfordringer dette utgjør med hensyn til alt fra bruk og prosessering til europeiske regelverk (L1.3).

I AP2 ble det samlet inn prøver av slam fra 30 ulike settefiskanlegg. Målsettingen var å få en bedre oversikt over innholdet i slam fra lakseproduksjon. Fra de 30 anleggene ble det analysert til sammen 47 unike prøver av både vått og helt eller delvis tørket slam. Prøvene ble analysert for nærings sammensetning, tilstedeværelse av uorganiske og organiske forurensinger, veterinærmedisiner, virus og bakterier. Dette arbeidet er under publisering (L2.3). I tillegg ble det laget til en representativ slamblending med omtrent 30 % tørrstoffinnhold ved å blande sammen slam fra innsendte prøver fra 13 ulike anlegg. Dette slammet ble analysert og deretter frosset ned til senere bruk som fôr i forsøk med svarte soldatfluelarver (*Hermetia illucens*) og børstemark (*Hediste diversicolor*) som modellorganismer. Hensikten med forsøkene var å studere overføringspotensialet av virus, bakterier, prioner, miljøgifter og tungmetaller fra slam, via invertebratene, til ferdig råstoff. Slammet ble brukt slik det var med hensyn til innhold av elementer, miljøgifter og tungmetaller, mens det for prioner, bakterier og virus ble tilsatt kjente konsentrasjoner av disse i slammet før det ble gjennomført kontrollerte dyrkingsforsøk i laboratoriene. Dette arbeidet har resultert i tre innsendte manuskripter (L2.4/L2.5a, b og c).



Figur 1: Oversikt over SecureFeed-prosjektets arbeidspakker og leveranser.

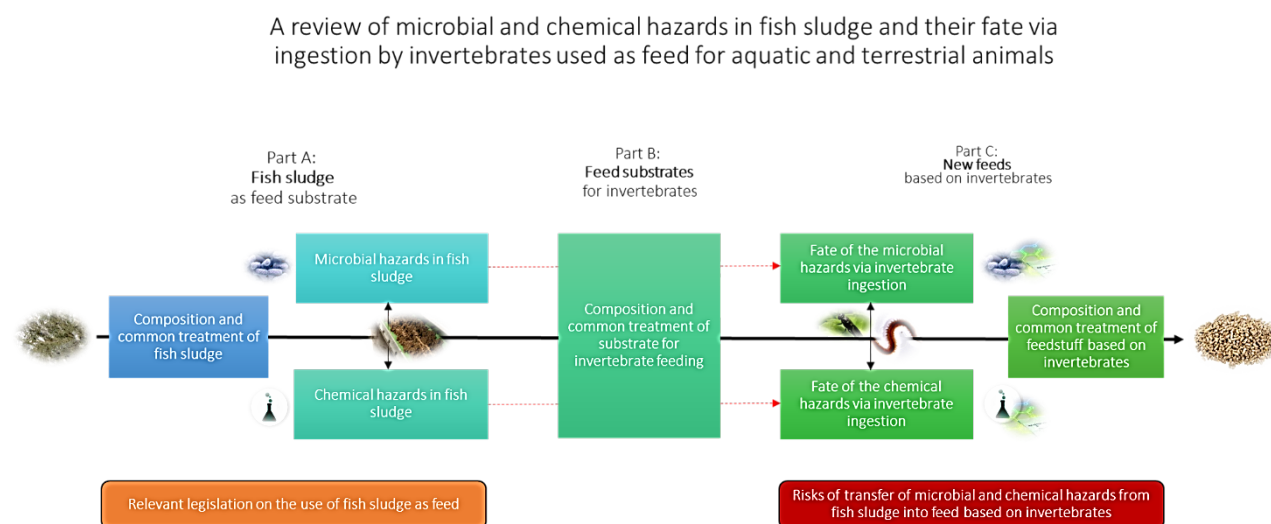
Som utgangspunkt planla man altså fire vitenskapelige artikler, men prosjektet har resultert i flere innsendte artikkelmanuskript, se liste i kapittel 6. Leveranseresultatene beskrives i neste kapittel.

4 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

SecureFeed-prosjektet har resultert i fem innsendte forskningsartikler til vitenskapelige tidsskrift med fagfellevurdering. Disse artiklene bidrar med ny kunnskap som vil komme norsk havbruksnæring og andre næringer som jobber inn mot denne verdikjeden til gode. Prosjektet har oppnådd målsettingen om å kartlegge innholdet i partikulært slam fra lakseproduksjon, belyse biosikkerhetsutfordringer ved bruk av fiskeslam som fôr(råvare) til produksjonsdyr, og har formidlet prosjektresultater i et format som gjør at de vil kunne inngå i en fremtidig risikovurdering av biologiske farer knyttet til bruk av fiskegjødning som råvare i fôr til produksjonsdyr, i regi av EFSA (European Food Safety Authority). Prosjektet har blitt presentert ved en rekke fagseminarer, konferanser og webinarer, i tillegg til formidling i populærvitenskapelige artikler i både norsk og utenlandsk fagpresse.

Litteraturstudiet – Mikrobielle og kjemiske farer i fiskeslam

Figur 2 er hentet fra det grafiske sammendraget til oversiktsartikkelen (L1.3, Pettersen m.fl., *innsendt*). Denne viser hovedelementene for hvordan prosjektgruppen har tilnærmet seg og avgrenset de ulike problemstillingene i arbeidet med oversiktsartikkelen, satt i et verdikjedeperspektiv. Funnene er diskutert i lys av gjeldende EU-regelverk.



Figur 2. Grafisk sammendrag til oversiktsartikkelen i SecureFeed. Prosjektet hadde som mål å fremskaffe kunnskap om, og dokumentere graden av, utfordringer rundt biosikkerhet ved bruk av partikulært slam fra lakseoppdrett til å produsere fôrråvarer. Hovedleveransen fra prosjektet var en oversiktsartikkel som skulle dokumentere state-of-the-art for en slik, hypotetisk verdikjede. Dette inkluderte å se på hva fiskeslam består av i form av næringsverdi, mikrobielle og kjemiske farer, behandlingsmetoder og praksis for slam i dag, og dets implikasjoner for videre bruk, regelverk, og skjebnen til mikrobielle og kjemiske farer i slammet, via inntak av invertebrater, til ferdig produsert fôrråstoff. Figur hentet fra Pettersen et al. (*innsendt*).

I dette arbeidet ble tilgjengelig data på fysiske egenskaper til fiskeslam og innholdet av ulike kjemiske og biologiske agens sammenstilt. Av det som finnes av tilgjengelig litteratur om mikrobielle forurensninger i fiskeslam er det ikke noe som indikerer at det er utrygt å bruke dette som fôr til produksjon av invertebrater, så lenge det benyttes behandlingsmetoder for slammet som allerede er etablert for animalske biprodukter. Sannsynligheten for at mikrober kan overføres fra fiskeslam til råstoff, via invertebrater, er svært lav, men vil være avhengig av mikrobenes egenskaper og kvantitative nivåer i slammet, behandlingsmetodikk for slammet og mikrobenes motstandsdyktighet til disse, tilstedeværelse av en mottakelig vertsorganisme og

hvordan biomassen prosesseres til endelig fôrråvare. Det forventes at alle metodene som er beskrevet i ABP-forskriften for bearbeiding av animalske biprodukter til fôringredienser vil redusere risikoen for mikrobielle farer betraktelig. Det er lite sannsynlig at det finnes zoonotiske virus i fiskeslam før eller etter hygienisering, men det er svært viktig med korrekt varmebehandling av slammet for å unngå horisontal spredning av virusykdommer. For parasitter er det vurdert dithen at en varmebehandling av biprodukter fra oppdrettsfisk på 85 °C i 25 minutter er tilstrekkelig for et redusert risikonivå for kjente parasitter i oppdrett. Konsekvensen av prionsykdommer er svært alvorlige, men sannsynligheten for å bli infisert er svært lav. Hvis fiskeslam skulle inneholde prioner, vil de bli med gjennom produksjonskjeden med de barrierene som finnes i dag. For å oppnå en signifikant reduksjon i prioner må slammet autoklaveres på 131 °C i 20 minutter under to bars trykk, men denne bearbeidingsmetoden er ikke så relevant for kommersiell produksjon av substrat til insekter. Her er det viktig å huske at sannsynligheten for at prioner skulle ende opp i fiskeslam er minimal og nærmest neglisjerbar av flere grunner. Dels er prionsykdommer meget sjeldne, dels er eksponering for prioner ikke ensbetydende med infeksjon, da det både er artsbarrierer som gjør at smitte mellom ulike arter er lite sannsynlig, om ikke umulig, og endelig, at smitten er doseavhengig og det anses som usannsynlig at en gjenværende dose av prioner i fôr basert på organismer dyrket på fiskeslam skal kunne infisere en ny mottakelig vert.

Når det gjelder kjemiske farer i fiskeslam, viser litteraturen at det er enkelte elementer som kan gi grunn til bekymring og hvor grenseverdier satt av EU for fôr og/eller fôrmidler kan overstiges. Dette ser særlig ut til å gjelde for arsen og kadmium, som det både kan finnes høye nivåer av i fiskeslam, og som også vil bioakkumuleres i svarte soldatfluellarver og børstemark som dyrkes på slam. Når det gjelder andre tungmetaller som bly og kvikksølv er litteraturen mer sprikende, både med hensyn til at det er svært stor variasjon i rapportert innhold av disse i slam, og i hvor stor grad disse tungmetallene bioakkumuleres i insekter. Det rapporteres også om store variasjoner i nivåer av de potensielt toksiske elementene nikkell og aluminium i fiskeslam, men det er mangelfull dokumentasjon på om, og i hvilken grad, disse bioakkumuleres i invertebrater. For organiske miljøgifter og biotoksiner avdekket litteraturstudien store kunnskapshull, både med hensyn til nivåer i fiskeslam og potensialet for akkumulering i invertebrater. Det ble også identifisert kritiske kunnskapshull i litteraturen, hva angår dokumentasjon på skjebnen til parasitter, potensielt toksiske elementer og rester av veterinærlegemidler i verdikjeder hvor man dyrker lavtrofiske organismer på fiskeslam. Dette er kunnskapshull som må fylles gjennom eksperimentelle forsøk, før det kan gjøres en grundig risikovurdering.

Karakterisering av næringsinnhold og kontaminanter i fiskeslam fra lakseproduksjonsanlegg

Det ble sendt inn og analysert til sammen 47 prøver fra 30 forskjellige anlegg med pågående lakseproduksjon. Prøvene ble analysert for innhold og nivåer av næringsstoffer, elementer, tungmetaller, forskjellige persistente organiske miljøgifter, veterinærmedisiner, og ulike virus og bakterier som kan være sykdomsbringende for Atlantisk laks (*Salmo salar* L.). Det ble funnet svært varierende og relativt høyt innhold av fett og proteiner i slamprøvene, hvilket indikerer betydelig innslag av fôrspill. For de uønskede stoffene arsen og kadmium inneholdt henholdsvis 43 og 84 % av prøvene nivåer av disse som overskred EUs grenseverdier for dyrefôr. Det ble ikke funnet nivåer av miljøgiftene dioksiner, polyklorerte bifenyl (sum PCB6) og klorinerte pesticider som oversteg EUs grenseverdier i noen av prøvene. For de 18 forskjellige per- og polyfluoralkyl-stoffene (PFAS) som det ble analysert for var det kun ett som var tilstede i målbare nivåer (L-PFOS). Det ble heller ikke funnet veterinærmedisiner, virus eller bakterier i prøvene.

Det ble gjennomført både målrettede («suspect screening») og ikke-målrettede («non-target») screeninger av kontaminanter i slamprøvene og identifisert 18 forskjellige forbindelser, inkludert plastikk-relaterte produkter og UV-filteret benzofenon. Dette er resultater som bør undersøkes nærmere i oppfølgingsstudier.

Overføring og bioakkumulering av biologiske og kjemiske kontaminanter og næringsstoffer i slam til soldatfluelarver og marine flerbørstemark.

I dette studiet ble larver av svart soldatflue (*Hermetia illucens*) og flerbørstemark (*Hediste diversicolor*) føret på en slamblanding bestående av slam fra 13 ulike lakseanlegg. Dette slamm ble tilsatt fire forskjellige laksepatogener, to virus og to bakterier, hvorav ett mer og ett mindre hardført agens fra hver gruppe, i to ulike konsentrasjoner, for å studere overføringspotensialet fra slam til insekter. Infeksiøst lakseanemivirus (ILAV) er relativt lite hardført i motsetning til infeksiøs pankreas nekrose virus (IPNV). Bakterien *Yersinia ruckeri* ble valgt som en god representant for gram-negative bakterier som er lettere å dyrke i laboratorier, mens *Mycobacterium salmoniphilum* er en god representant for syrefaste, gram-positive bakterier. ILAV og IPNV er henholdsvis et membrankledd og et nakent virus, hvor sistnevnte ofte brukes som referansevirus for uttesting av desinfeksjonsmidler på grunn av sin hardførhet.

For *H. diversicolor* ble det ikke funnet noen effekt av konsentrasjon eller type biologisk agens som ble tilsatt i slamm, verken på vekst eller overlevelse etter en dyrkingsperiode på 14 dager. Børstemarken bioakkumulerte enkelte tungmetaller som sølv, kobolt, arsen og kobber, men ikke i så stor grad at nivåene av disse overskred EUs grenseverdier for fôringredienser i dyrefôr. Siden børstemarken ble dyrket på slam kun i en kort periode i dette forsøket, bør bioakkumulering undersøkes over lengre tid. Det ble ikke påvist verken bakterier eller virus i børstemarken etter endt dyrkingsperiode. Børstemark er kjent for å spise bakterier og har høy bakteriolytisk kapasitet, på grunn av enzymer de skiller ut i fortarmen. I tillegg har *H. diversicolor* et peptid; hedistin, som er vist å være svært effektiv i å bryte ned både gram-positive og -negative bakterier. Disse resultatene taler for at det er lav sannsynlighet for at børstemark skal kunne fungere som en vektor for overføring av virus- og bakteriesykdommer fra fiskeslam.

I løpet av en 15-dagers dyrkingsperiode ble det vist at soldatfluelarvene vokste og akkumulerte næringsstoffer i slamm, inkluderer proteiner, fett, omega-3-fettsyren eikosapentaensyre (EPA), og elementer som jern, mangan, sink og selen. Det ble også vist at soldatfluelarvene akkumulerte uønskede stoffer som kadmium, kvikksølv, dioksiner og PCB. For dioksinene oversteg konsentrasjonene i soldatfluelarvene EUs grenseverdier for dyrefôr. Dette gir grunn til videre undersøkelser. For fiskepatogenene som ble tilsatt i slamm var det ikke mulig å påvise noen av disse i soldatfluelarvene etter endt forsøk. Dette indikerer at det er lav risiko for at de eksperimentelt tilførte virus og bakteriene, og andre med liknende egenskaper, kan overføres fra slam til prosessert insektbiomasse. Dette forsøket viste at soldatfluelarvene kan dyrkes på en diett bestående utelukkende av slam, men at larvene vokste mye saktere på denne dietten enn de gjør på mer høyverdige fôrtyper. Veksten hos larvene påvirkes av protein- og karbohydratinnholdet i dietten, og også forholdet mellom disse. Det vil derfor være fordelaktig å tilsette fordøyelige karbohydrater til slamm, dersom man ønsker å øke veksthastigheten.

Retensjon av prioner i børstemark og soldatfluelarver etter korttidseksponering for hjernemateriale fra prioner fra skrapesyke sau.

En årsak til at det i dag ikke er tillatt å bruke kjøkkenavfall som fôr til insekter er frykten for spredning av prionsykdommer, siden slikt avfall ofte kan inneholde rester av animalsk protein. I dette studiet ble larver av svart soldatflue (*Hermetia illucens*) og flerbørstemark (*Hediste diversicolor*) utsatt for oral inokulering av massive doser prioner hentet fra hjernen til en sau med påvist skrapesyke. Begge organismene ble føret med homogenater av sauehjerne og fiskeslam over en periode på 1–3 dager (kort- og langtidseksponering). Forsøkene ble gjennomført ved WOA Reference Laboratory for CWD hos Veterinærinstituttet på Ås.

I dette studiet var vi i stand til å påvise prioner i både svart soldatfluelarve og flerbørstemark etter endt eksponeringsperiode og etter at testorganismene hadde tømt tarmsystemene sine for fôrrester. Det ble brukt en ultrasensitiv amplifiseringsmetode kalt PMCA («Protein misfolding cyclic amplification») for deteksjon. Denne observasjonen indikerer at både børstemark og soldatfluelarver potensielt kan opptre som



mekaniske vektorer for prionsykdommer. Men, et viktig aspekt her er at både insekter og børstemark mangler genet som koder for naturlige prionproteiner og disse organismene kan derfor heller ikke oppformere eller oppkonsentrere prioner. Altså vil summen av prioner man vil kunne finne i invertebrater som har blitt eksponert for fôsubstrat med prioner alltid være lavere enn det som allerede er i fôsubstratet. Siden det i tillegg er svært lite sannsynlig at insekter og børstemark vil komme i kontakt med prioner gjennom dyrking på slam fra lakseoppdrett, kan vi konkludere med at en slik produksjon ikke vil gi økt risiko for å introdusere prioner i denne matkjeden.

5 Hovedfunn

- Kjemiske og mikrobielle farer i slam kan akkumuleres, reduseres eller opptre stabilt i invertebrater. Akkumulering kan skje i enten fett- eller proteinfraksjon, noe som åpner for risikoreduserende tiltak med ulike prosesseringsmetoder.
- I invertebrater dyrket på slam fra lakseoppdrett kan de potensielt toksiske elementene arsen, kadmium, kvikksølv og bly overstige EUs grenseverdier for fôr eller fôrmidler.
- For enkelte slamprøver oversteg nivåene av kadmium og arsen EUs grenseverdier for fôr. Det ble funnet nivåer av PCB og dioksiner under EUs grenseverdier for fôr. I tillegg ble det identifisert 18 forskjellige organiske forbindelser gjennom screeninganalyser, inkludert plastikk-relaterte produkter og UV-filteret benzofenon.
- Svarte soldatfluelarver (*Hermetia illucens*) kan dyrkes på en diett bestående utelukkende av slam fra landbaserte lakseanlegg. Soldatfluelarvene akkumulerte verdifulle næringsstoffer fra slammet, men også uønskede stoffer som kadmium, kvikksølv, dioksiner og polyklorerte bifenyler (PCB).
- Børstemark (*Hediste diversicolor*) og svarte soldatfluelarver fôret på slam som inneholder virusene IPNV og ISAV, eller bakteriene *Mycobacterium salmoniphilum* og *Yersinia ruckeri*, så ikke ut til å kunne videreføre disse i en verdikjede. Enkelte tungmetaller som sølv, kobolt, og kobber kan akkumulere i børstemark som dyrkes på slam over tid.
- Risikoen for overføring av fiskepatogener fra slam til råstoff via invertebrater virker å være lav.
- Det ble påvist prioner i børstemark og svarte soldatfluelarver etter at de hadde blitt eksponert for ekstremt høye doser av prioner (PrP^{Sc}; skrapesyke). Det er derfor teoretisk mulig at invertebratene kan fungere som mekaniske vektorer for prionsykdommer.

6 Leveranser

Prosjektet har hatt flere interne og eksterne leveranser underveis i prosjektperioden og har produsert flere eksterne leveranser enn planlagt. Leveransenummer indikerer leveransen som var planlagt og nummerert i søknaden til FHF, mens beskrivelse av leveranser og antall viser reelle produserte leveranser fra SecureFeed. Følgende eksterne leveranser har blitt levert i prosjektperioden:

Vitenskapelige publikasjoner (5):

L1.4 Manus (oversiktsartikkel) innsendt til internasjonalt fagfelletidsskrift.

- Pettersen KS, Sele V, Araujo P, Belghit B, Benestad SL, Bernhoft A, Eriksen GS, Farkas J, Handå AH, Hansen BH, Helgesen KO, Holst-Jensen A, Johannessen GS, Liland NS, Lundebye A-K, Malzahn AM, Nilsen H, Nordtvedt TS, Norström M, Owczarek-Koscielniak MM, Øines Ø, Patel SJ, Sindre H, Standal IB and Hagemann A. «Fish sludge as feed in circular bioproduction: Overview of microbial and chemical hazards in fish sludge and their potential fate via ingestion by invertebrates». Under vurdering hos *Reviews in Aquaculture*.

L2.3: Vitenskapelig artikkel med presentasjon av analyserte verdier fra oppdrettsslam, slambehandlingstiltak og grad av innhold av kjemiske og biologiske agens.

- Sele V, Ali A, Liland NS, Lundebye A-K, Tibon J, Arouja P, Sindre H, Nilsen H, Hagemann A and Belghit I. «Characterization of nutrients and contaminants in fish sludge from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) production sites - A future resource». Akseptert av *Journal of Environmental Management*. Preprint: <https://ssrn.com/abstract=4749754>

L2.4: Artikkelmanuskript om resultater på overføring og evt. omforming av mineraler og metaller fra oppdrettsslam til lavtrofiske organismer / L2.5: Artikkelmanuskript om resultater på overføring av agens fra oppdrettsslam til lavtrofiske organismer.

- Belghit I, Liland NS, Lundebye A-K, Tibon J, Sindre H, Nilsen H, Hagemann A and Sele V. «Aquaculture sludge as feed for black soldier fly: Transfer of chemical and biological contaminants and nutrients». Under vurdering hos *Waste Management*. Preprint: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4749368>
- Malzahn A, Sele V, Belghit I, Tibon J, Nilsen H, Sindre H, Liland NS and Hagemann A. «Transfer and Bioaccumulation of Chemical and Biological Contaminants in the Marine Polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller 1776) when Reared on Salmon Aquaculture Sludge». Under vurdering hos *Journal of Environmental Management*. Preprint: <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4746249>
- Benestad SL, Tran L, Malzahn AM, Belghit I, Liland NS and Hagemann A. «Retention of prions in the polychaete *Hediste diversicolor* and black soldier fly, *Hermetia illucens*, larvae after short-term experimental feeding with brain homogenate from scrapie infected sheep». Under vurdering hos *Heliyon*.

Populærvitenskapelig publisering og pressemeldinger:

Pressemeldinger (3):

- «Vil sjekke om slam kan brukes til fiskefôr» av Ann Eileen D Nygård. Publisert på *IntraFish* 26.01.2022
- «Kan fiskegjødsel brukes som fôringrediens?» Publisert på *iLaks.no* 26.01.2022
- «Vil bruke slam som fôrråvare». Publisert på *Kyst.no* 26.01.2022

L1.5: Populærvitenskapelig artikkel i Norsk fiskeoppdrett eller liknende (5):

- «Kan larver endre den norske havbruksnæringen?» av Anne Jo Lexander. Publisert i *Bergensavisen* 03.02.2023.
- «Slam fra settefisk vil bli en etterspurt ressurs» av Ida G. Aursand, Andreas Hagemann og Stine W. Dahle. Publisert i *Dagens Næringsliv* 03.10.2023
- «Er det trygt å gi laksen børstemark som er føret opp på fiskebæsj?» av Håvard Egge. Publisert på *Gemini.no* 23.01.2024.
- «Sludge – the next fish feed ingredient?» av Bonnie Waycott. Publisert i *World Fishing and Aquaculture* 23.01.2024.

Muntlige presentasjoner (10):

- **Handå, A (2022)**. Aquaculture sludge in circular bioeconomy. COP27, Sharm el-Sheikh, Marokko, 15.11.2022
- **Hagemann, A (2022)**. Eksempler på bruk av organisk materiale og næringsalter i slam til lavtrofisk akvakultur. *Teknas Havbrukskonferanse 2022*, Trondheim, Norge, 23.–24. nov. 2022
- **Liland, NS (2023)**. Laks, larvefôr og fare for kontaminanter? *NIBIO seminar* Ås, Norge, 21.03.2023
- **Hagemann, A (2023)**. SecureFeed. *NCE Slamkonferanse*, Hamarøy, Norge, 18.04.2023
- **Sele, V (2023)**. Dokumentasjon av biosikkerhet ved bruk av organisk materiale fra slam til produksjon av trygge fôrråvarer. *NCE Slamkonferanse*, Hamarøy, Norge, 18.04.2023
- **Hagemann, A (2023)**. Biosecure use of particulate organic waste from salmon production for production of feed raw materials. *AquaNor 2023*, Trondheim, Norge, 23.08.2023
- **Hagemann, A (2023)**. Biosecure use of particulate organic waste from salmon production for production of feed raw materials. *NCE Sludge Network Meeting, Webinar*, 24.08.2024
- **Hagemann, A (2023)**. Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer. *Teknas Havbrukskonferanse 2023*, Trondheim, Norge, 22.11.2023
- **Belghit, I (2024)**. Aquaculture sludge as feed for black soldier fly: Transfer of chemical and biological contaminants and nutrients. *Det 16. norske fiskeernæringsseminaret - Fôr for bærekraftig fremtid*. Bergen, Norge, 11.03.2024
- **Hagemann, A (2024)**. Biosecure use of particulate organic waste from salmon farming (fish sludge) for production of novel feed raw materials. “*WS Circular Bioeconomy – Aquaculture*” organized by Innovation Norway, The Norwegian Embassy, SINTEF Ocean and The Institute of Oceanographic and Fisheries in Split, Kroatia, 18.04.2024

Andre formidlingstiltak – arbeidsmøter (2):

Det har blitt arrangert to arbeidsmøter i prosjektperioden med deltakere fra SINTEF Ocean, Veterinærinstituttet, Havforskningsinstituttet, Mattilsynet og FHF. Det første møtet ble avholdt digitalt den 24.10.2022 og var satt opp som et dialogmøte med Mattilsynet hvor SecureFeed-prosjektet ble presentert innledningsvis, og Mattilsynet presenterte deretter gjeldende regelverk. Det andre arbeidsmøtet ble arrangert i Trondheim den 4. april 2024 med representanter fra SINTEF Ocean, Veterinærinstituttet, Havforskningsinstituttet, Mattilsynet og FHF til stede. Hensikten med møtet var å gå gjennom resultatene som prosjektet har frembragt for å opprette dialog om hvor vi nå står etter endt prosjekt, og hva som bør gjøres videre av forskning for å sikre et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag til en fremtidig ny risikovurdering av slam som fôrmiddel og/eller gjødselvarer.