Nofitech

Variasjon i drift av RAS og konsekvenser av ulike mikrobielle strategier

Kari Attramadal, Leder FoU

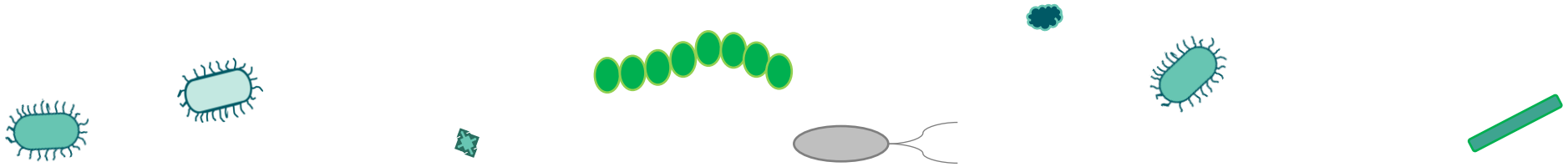
Strictly confidential

Samliv med mikroorganismer er nødvendig og positivt for fiskens utvikling, vekst og helse

De aller fleste mikroorganismene har en positiv eller nøytral virkning på fisken

Fisken er avhengig av samliv med mikrober for:

- Normal utvikling av immunsystem og fordøyelse
- Nærings- og energiopptak
- Motstand mot sykdom: det lokalt etablerte mikrobemiljøet motarbeider aktivt etablering av nykommere både i hvert individ og i hvert anlegg



Stabile/modne/fulle og ustabile/umodne/åpne mikrobesamfunn i individet (tarm) og systemet

Hard konkurranse om mat og sitteplass

De som er flinkest til å konkurrere dominerer

Mange triks og metoder for å kjempe om tilgangen på de begrensede ressursene

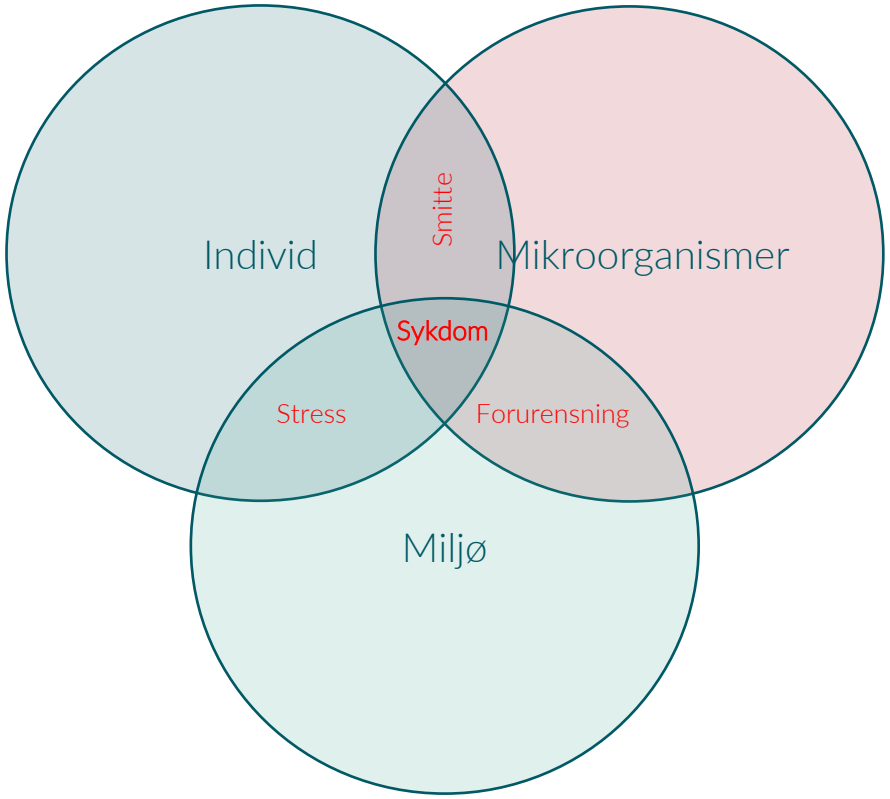
Vanskelig for både snille og slemme inntrengere å invadere, overta og fortrenge

Lett tilgjengelig mat og sitteplass

De som vokser/formerer seg raskest dominerer

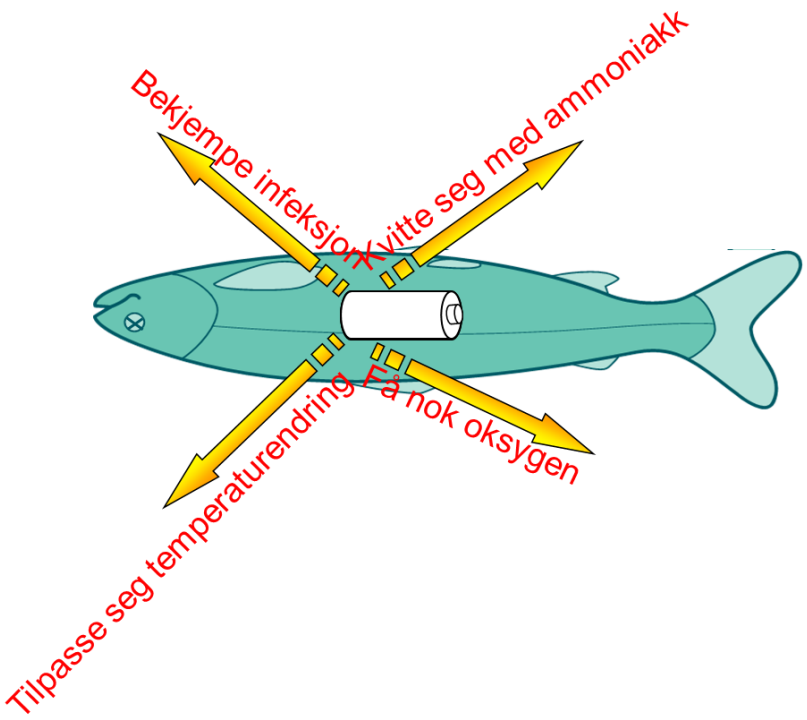
Lett for både snille og slemme inntrengere å invadere og overta

Sykdom kommer an på flere faktorer

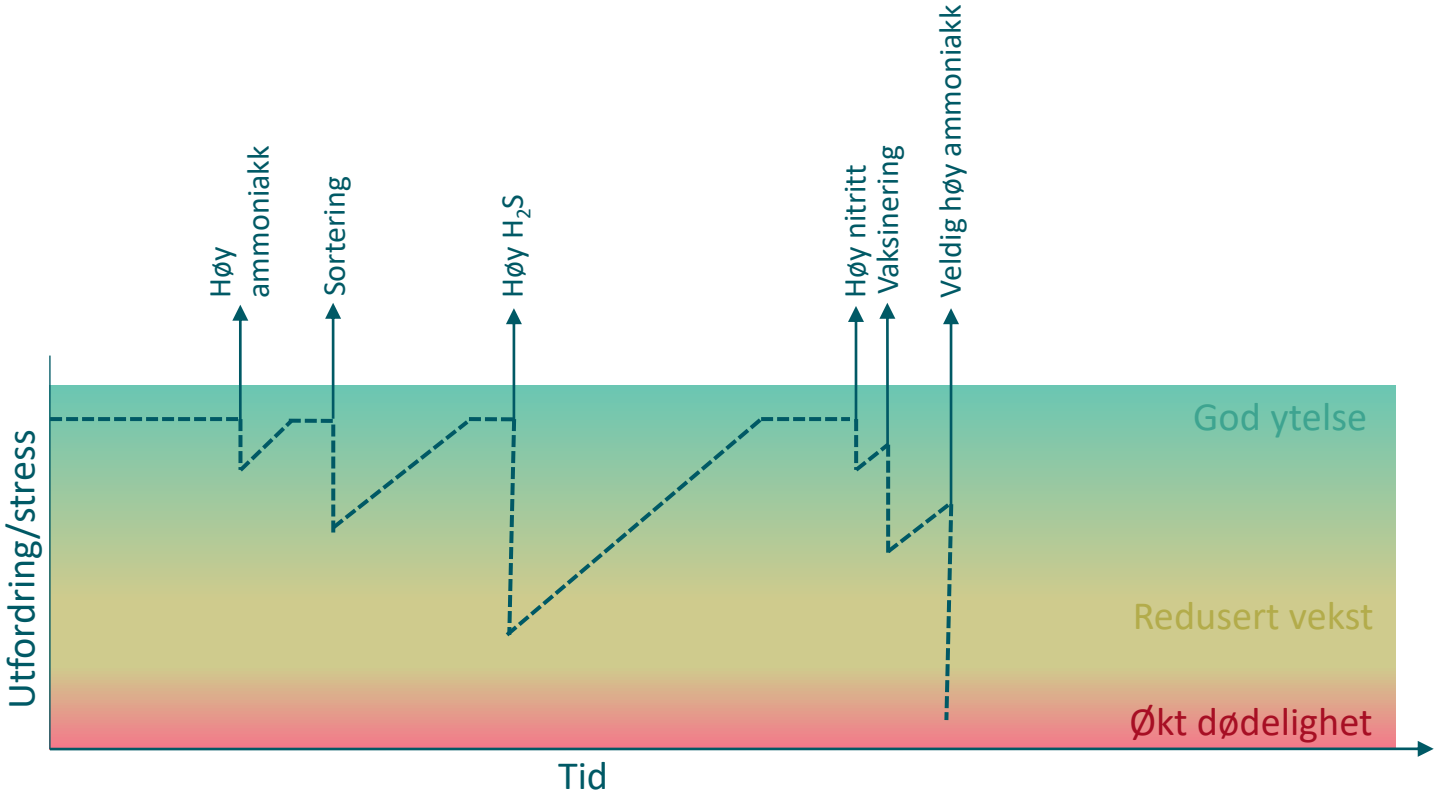


Individ: mottagelighet for sykdom henger sammen med:

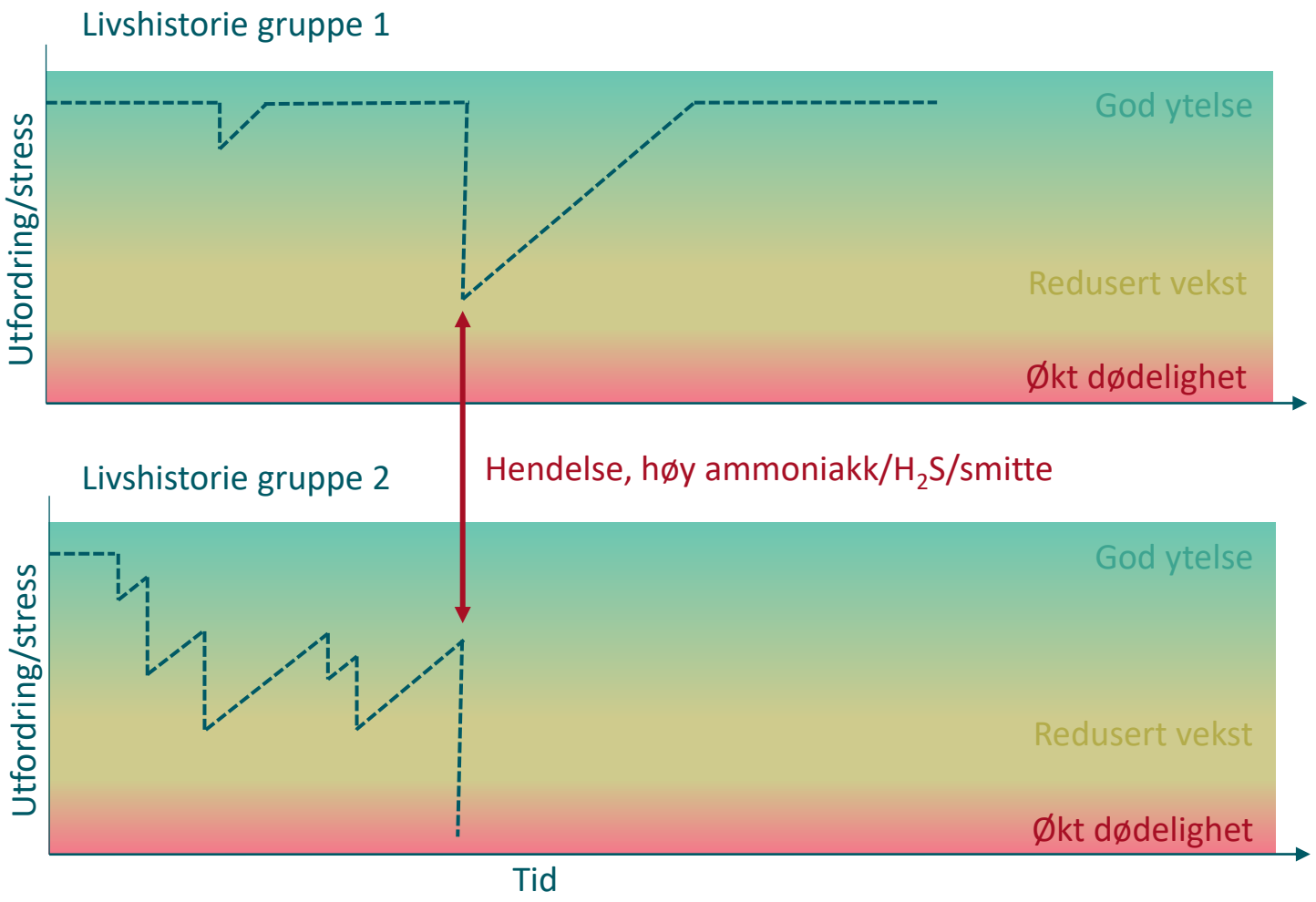
- Fiskens energistatus
- Fiskens egen mikrobiota
- Patogen - type og mengde
- Immunsystem
- Intakte barrierer
- Stress



Individ: livshistorie er viktig for mottagelighet



Individ: livshistorie betyr mye for effekt og utfall av stressor



Effekt av mikroorganismer i landbaserte anlegg

	Positive effekter	Negative effekter
På systemnivå	Omdanning av ammoniakk, nitritt, nitrat Nedbrytning av organisk materiale Motstand mot invasjon av nye mikroorganismer	Oksygenforbruk CO_2-produksjon Ammoniakkproduksjon
På individnivå	God vekst og overlevelse pga.: • God vannkvalitet • God sykdomsmotstand • Godt fungerende immunsystem • Godt fungerende fordøyelsessystem	Dødelighet og redusert vekst pga.: • Patogener • Opportunister • Dårlig vannkvalitet (H_2S, CO_2, TAN) Redusert produktkvalitet pga. off-flavour

(Inspirert av S.W. Dahle, 2022)

Effekter på mikrobesamfunnet i landbaserte anlegg

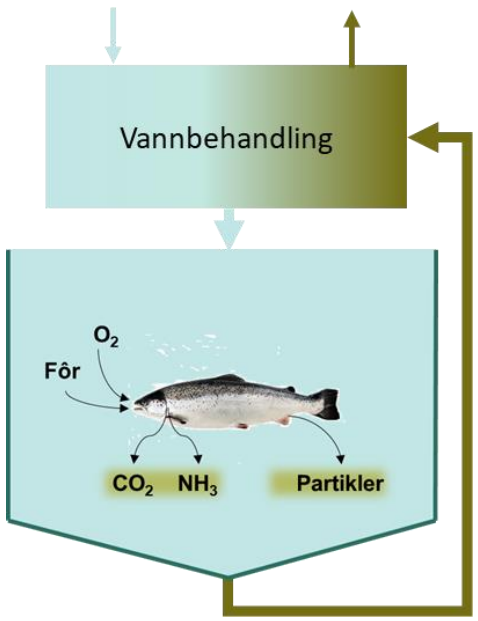
Systemdesign

- Biofilter
- Partikkelfjerning
- Desinfeksjon

Internt i systemet

- Biofilterbiofilm
- Filterspisere

- Biofilm på overflater
- Mikrober i vannet



Eksterne kilder

- Fisk/egg
- Vann
- Fôr
- Luft
- Personell og besøk

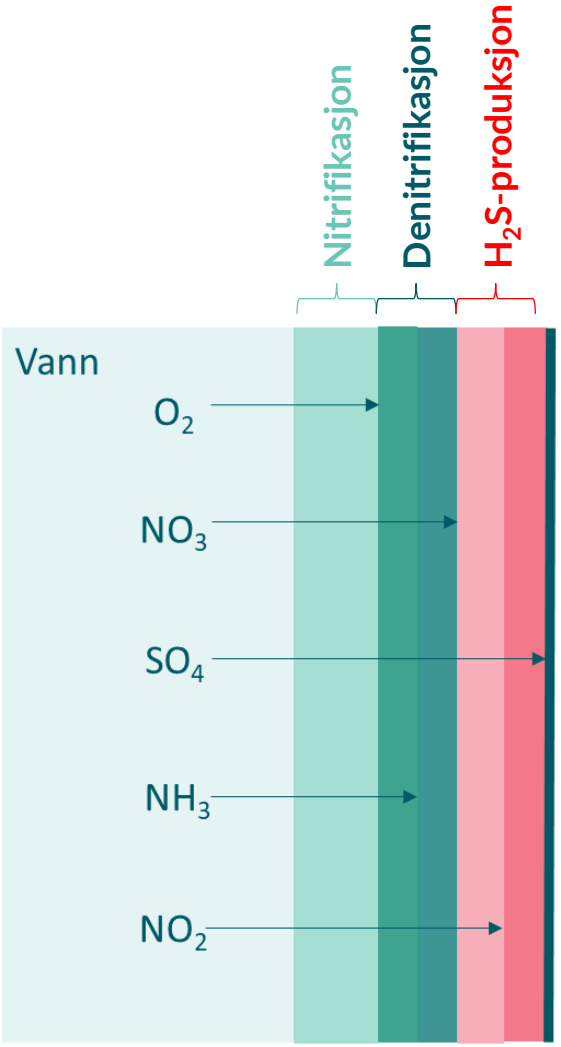
Drift

- Vannutskiftning i kar og system
- Biofilterdrift
- Vask og desinfeksjon
- Fysiokjemiske forhold

(Inspirert av S.W. Dahle, 2022)

Systemdesign/drift: biofilmtykkelse

- Bakteriene sitter i en struktur bundet sammen av «klister» som de lager
- Tykkelsen påvirker hvilke stoffer som når inn til de ulike bakterielagene
- Noen stoffer brukes opp i de ytterste lagene og er derfor utilgjengelige lenger inn i biofilmen selv om de finnes i vannet utenfor
- De nitrifiserende bakteriene må ha oksygen for å omdanne ammoniakk
- Det er kun oksygen i de ytterste 200 µm av biofilmen
- Tykkere biofilm gir ikke mer omdanning av ammoniakk, men øker risiko for H_2S-produksjon
- Hyppig vask/moving bed biofiltre holder biofilmen tynn uten å drepe alle bakteriene
- Bakterier i biofilmen kan dra ut i vannet, og bakterier i vannet kan etablere seg i biofilm
- Bakterier i biofilm er ganske godt beskytta mot desinfeksjon

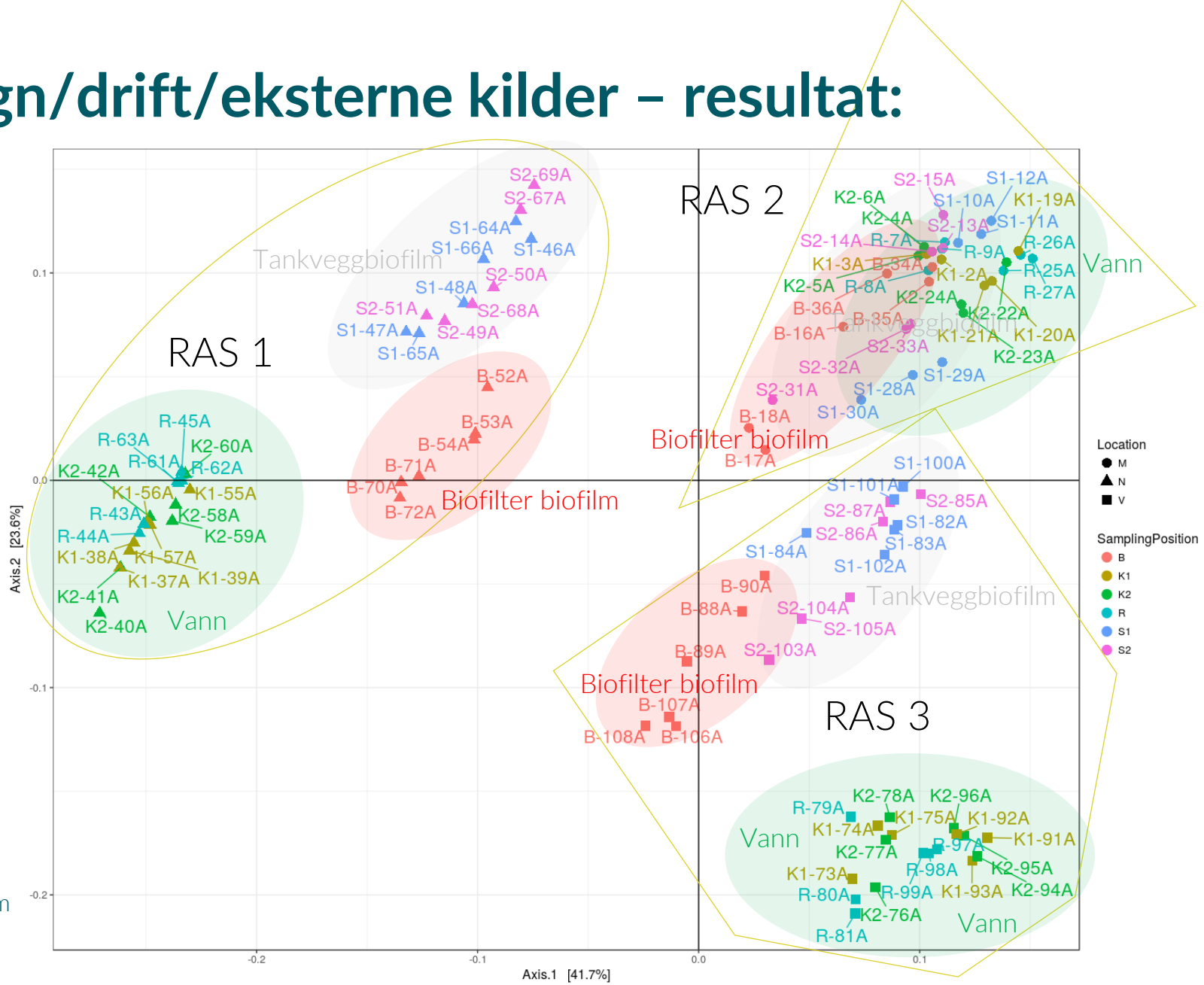


Ulikt systemdesign/drift/eksterne kilder – resultat:

Program for overvåkning av mikrobiota i lukkede oppdrettsanlegg (MonMic)

SINTEF Ocean, FHF prosjektnr.: 901392

- Bakterieprofilen er forskjellig mellom ulike RAS
- Relativt stabilt "fingeravtrykk"
- Profilen er forskjellig mellom vann og biofilm
- 5 kommersielle RAS med god produksjon over 15 mnd - mange forskjellige normaltilstander kan fungere bra!



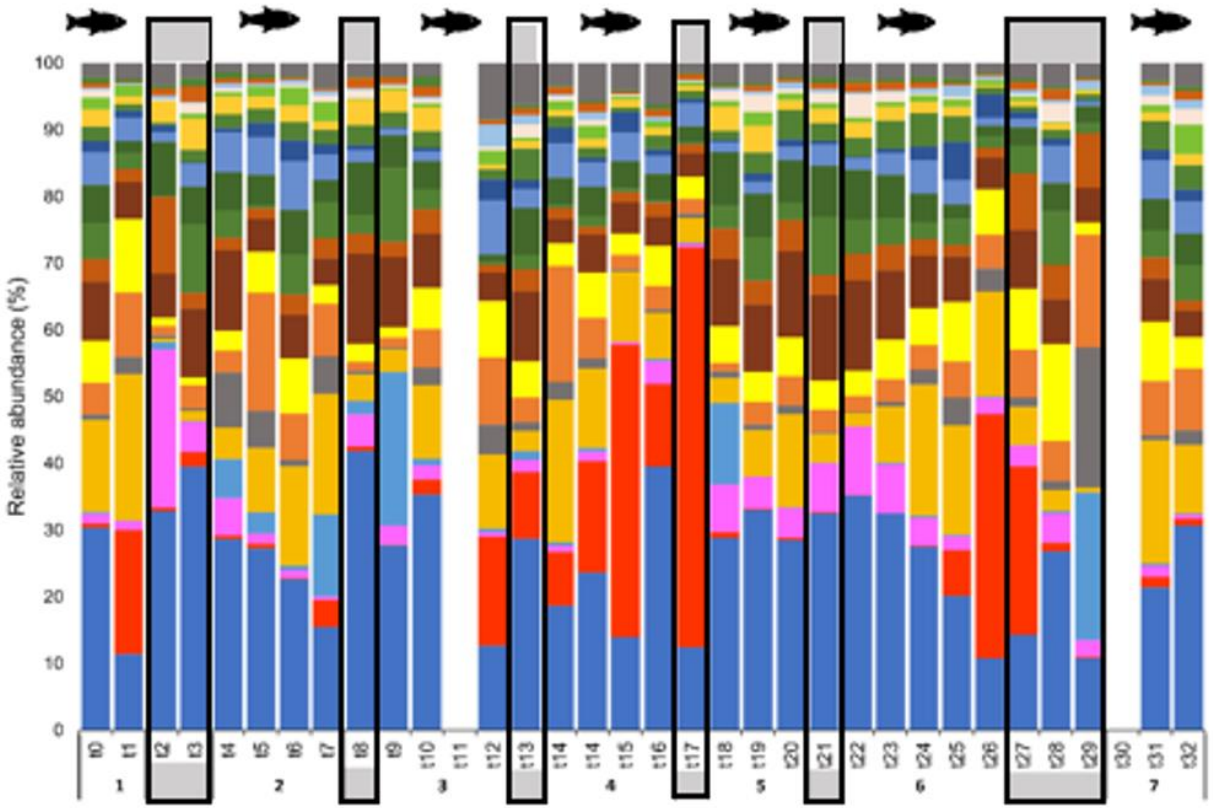
Multidimensjonal analyse av likheten mellom bakterieprofiler i forskjellige vannprøver

Ulike forhold i samme anlegg

Program for overvåkning av mikrobiota i lukkede oppdrettsanlegg (MonMic)

SINTEF Ocean, FHF prosjektnr.: 901392

- Sammensetning av mikrobiota i biofilteret for 7 fiskegrupper i samme anlegg (15 mnd)
- Stor endring av mikrobiota når det ikke er fisk og fôring i systemet (tomt i 8-40 dager)
- Rask retur til noenlunde samme profil for hver ny fiskegruppe
- Godt modna biofiltre gav en mer stabil mikrobiota enn biofiltre som nettopp var desinfisert



(Dahle et al., 2023)

Desinfeksjonseffektivitet

- Ulike desinfeksjonsmetoder kan ha forskjellig effektivitet avhengig av hvilken organisme man ønsker å stoppe
- Samme desinfeksjonsmetode kan ha ulik effektivitet for ulike typer mikrober
- Konsentrasjon/intensitet av desinfeksjonsmiddel
- Eksponeringstid
- Vannstrøm gjennom reaktor
- Temperatur
- Partikler og farge i vannet

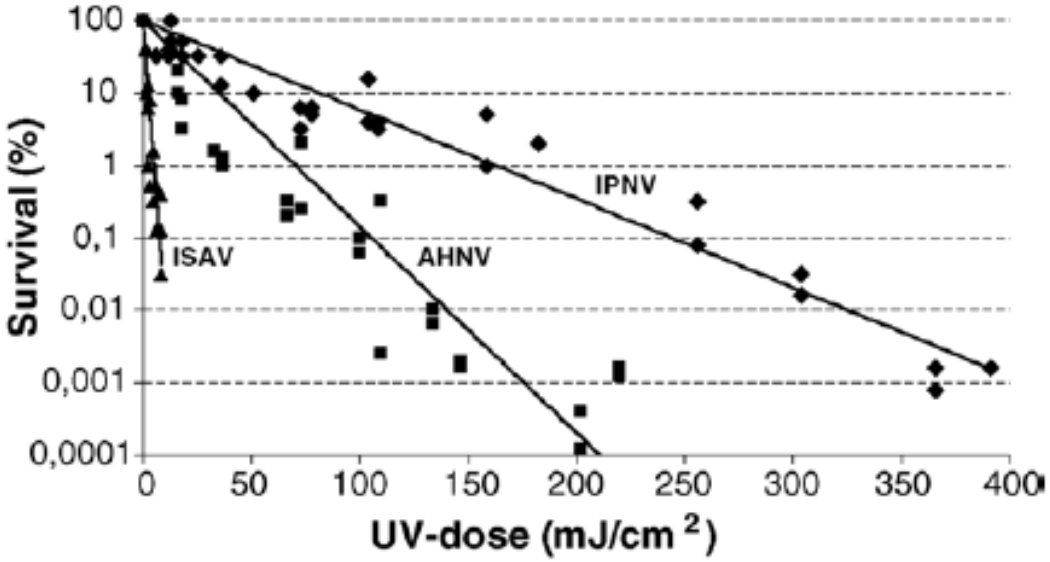


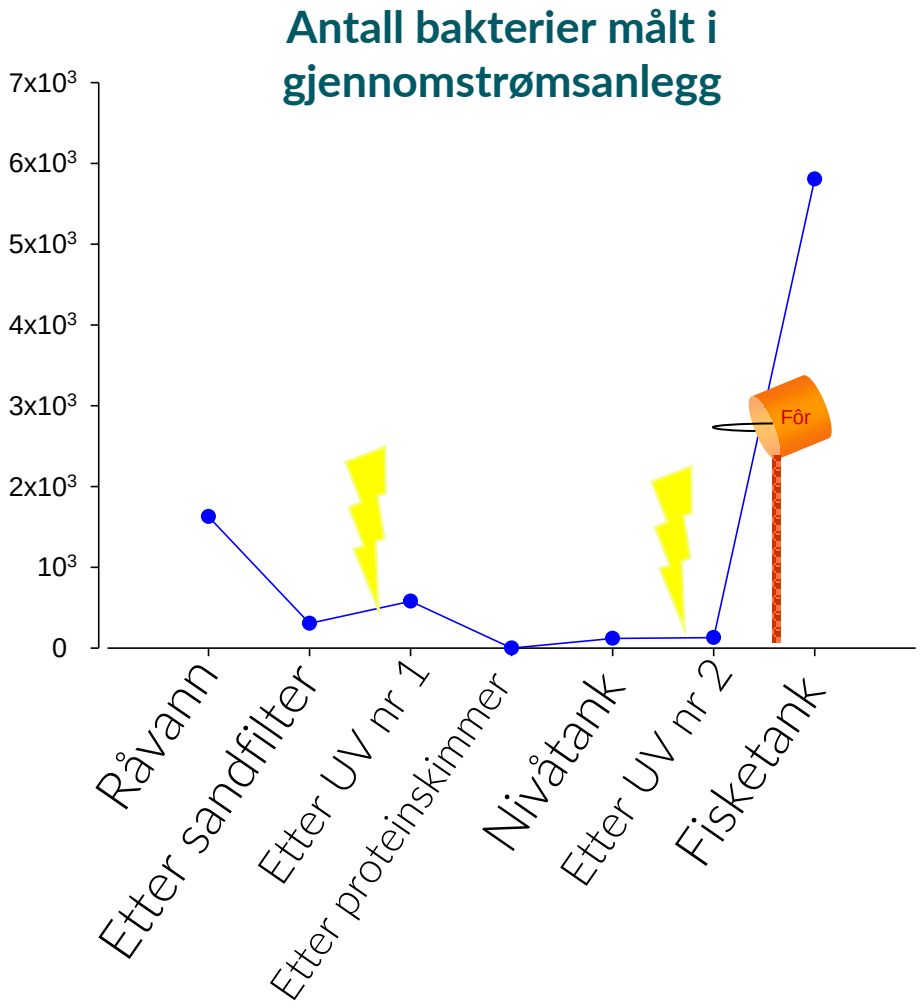
Fig. 1. Dose–survival curves of UV irradiated viruses. *Symbols:* (▲) infectious salmon anaemia virus (ISAV); (■) Atlantic halibut nodavirus (AHNV); (◆) infectious pancreatic necrosis virus (IPNV).

(Liltved et al., 2006)

Desinfeksjon og gjenvekst

Når desinfeksjonen slutter vil mikroorganismer raskt vokse opp igjen dersom det er mat tilgjengelig

Selv om biosikkerheten inn i anlegget er god, vil det alltid være gjenvekst av bakterier inne i anlegget

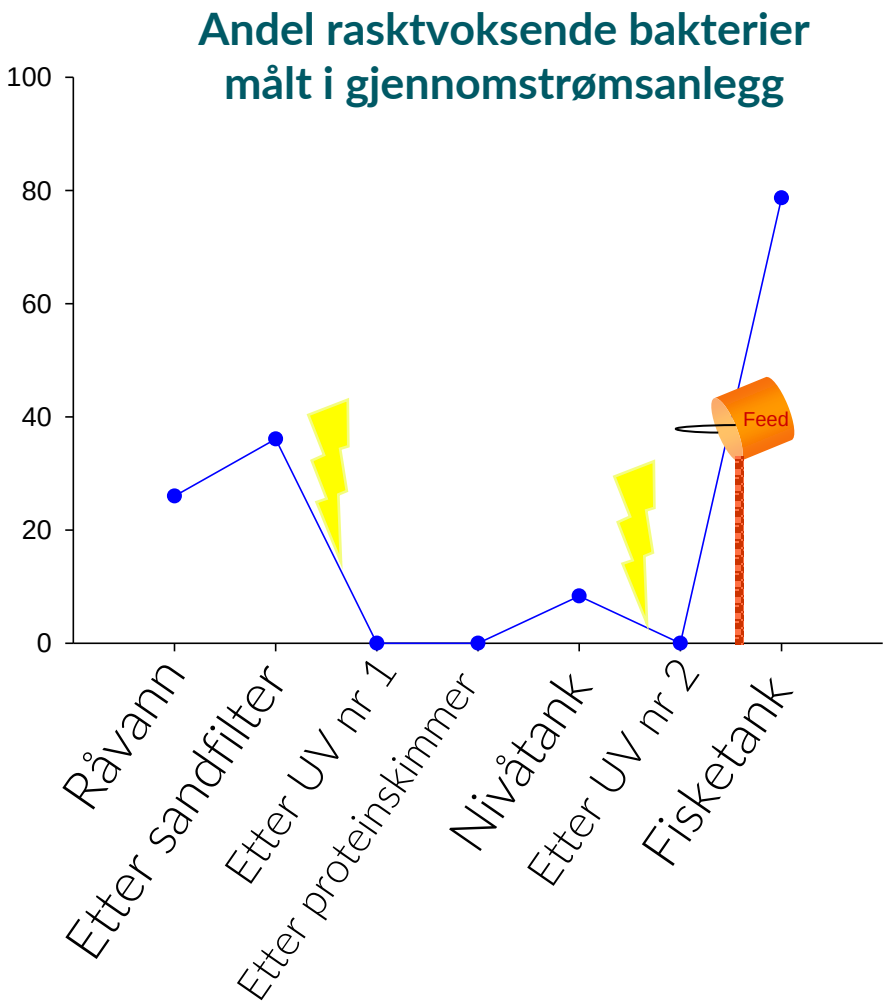


Gjenvekst favoriserer opportunister

Mikrobene konkurrerer om tilgjengelig mat og plass

Rett etter desinfeksjon vil det være en kaotisk konkurransesituasjon der de raskest voksende først dominerer

De uønskede opportunistiske bakteriene som *kan* skade fisken hører til den rasktvoksende gruppa



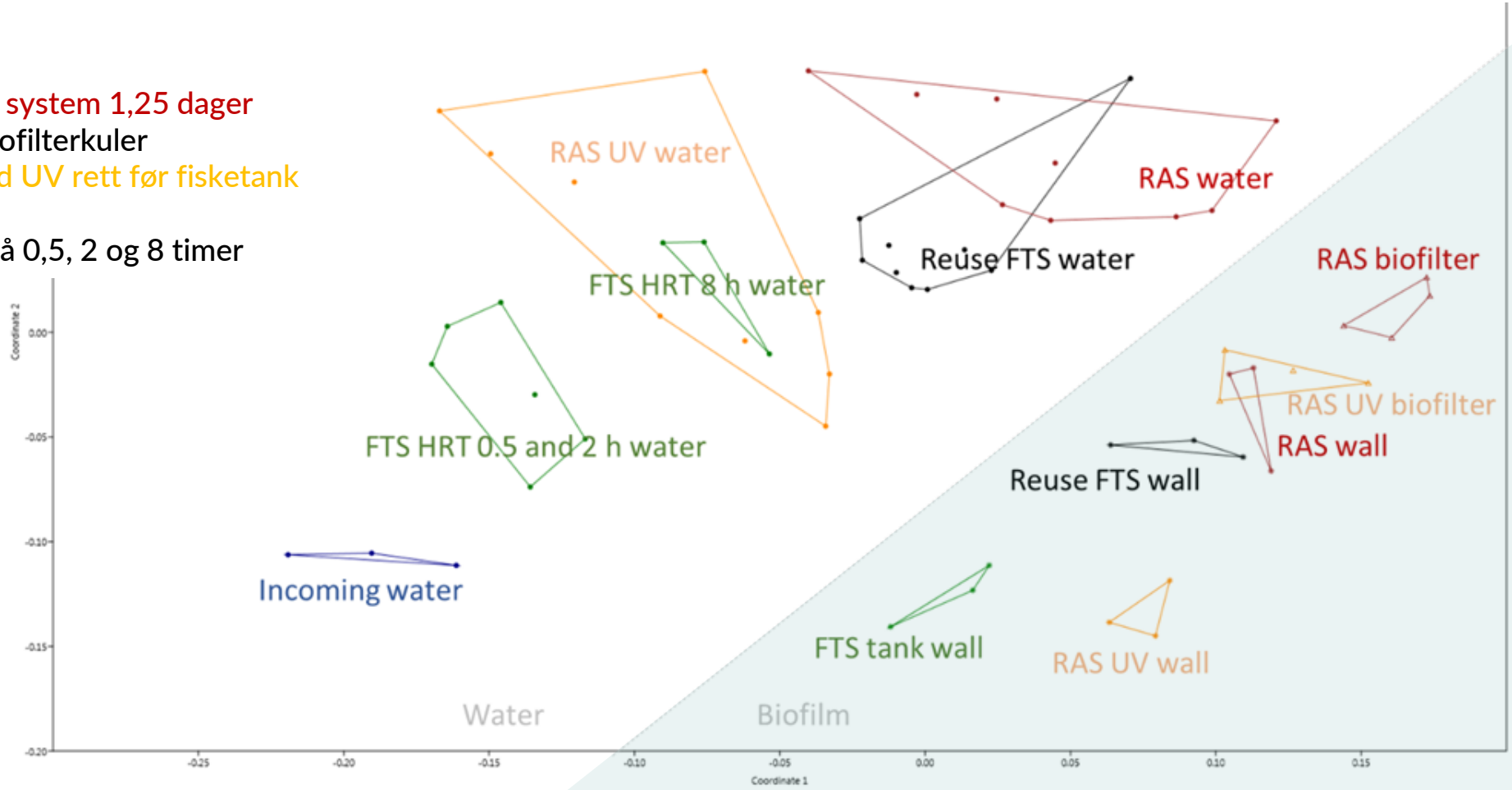
Ulike metoder for mikrobiell kontroll

Type	Eksempler	Effekter
Punktdesinfeksjon som kun virker på desinfeksjonsstedet	UV, membranfiltrering eller desinfeksjon av overflater	Effektiv barriere inn, ustabilt mikrobesamfunn med gjenvekst, virker ikke på biofilm i etterfølgende rør
Kjemikalier som blir med vannet videre i systemet	Ozon, formalin og antibiotika	Effekten følger med vannet, virker på biofilm, fare for resistensutvikling
Metoder som dreper/inaktiverer mikrobene, men lar restene av dem være igjen i vannet eller på overflater	UV	Fare for reparasjon og reaktivering av bakterier, tilførsel av partikler og bakteriemat
Metoder som fjerner mikrobene fysisk fra vannet eller overflater	Membranfiltrering, proteinskimming	Reduserer mengde og gjenvekst
Indirekte metoder som gjør at det blir mindre bakterievekst ved å fjerne bakteriemat og som øker effektiviteten av påfølgende behandling	Partikkelfjerning, korrekt fôring og vask av overflater	Reduserer mengde og gjenvekst

Effekt av systemdesign/valg av vannbehandling for bakteriesamfunnet

- Inntaksvann
- Gjennomstrøm
- RAS med biofilter og HRT i system 1,25 dager
- Gjenbruk, som RAS uten biofilterkuler
- RAS UV, som RAS men med UV rett før fisketank

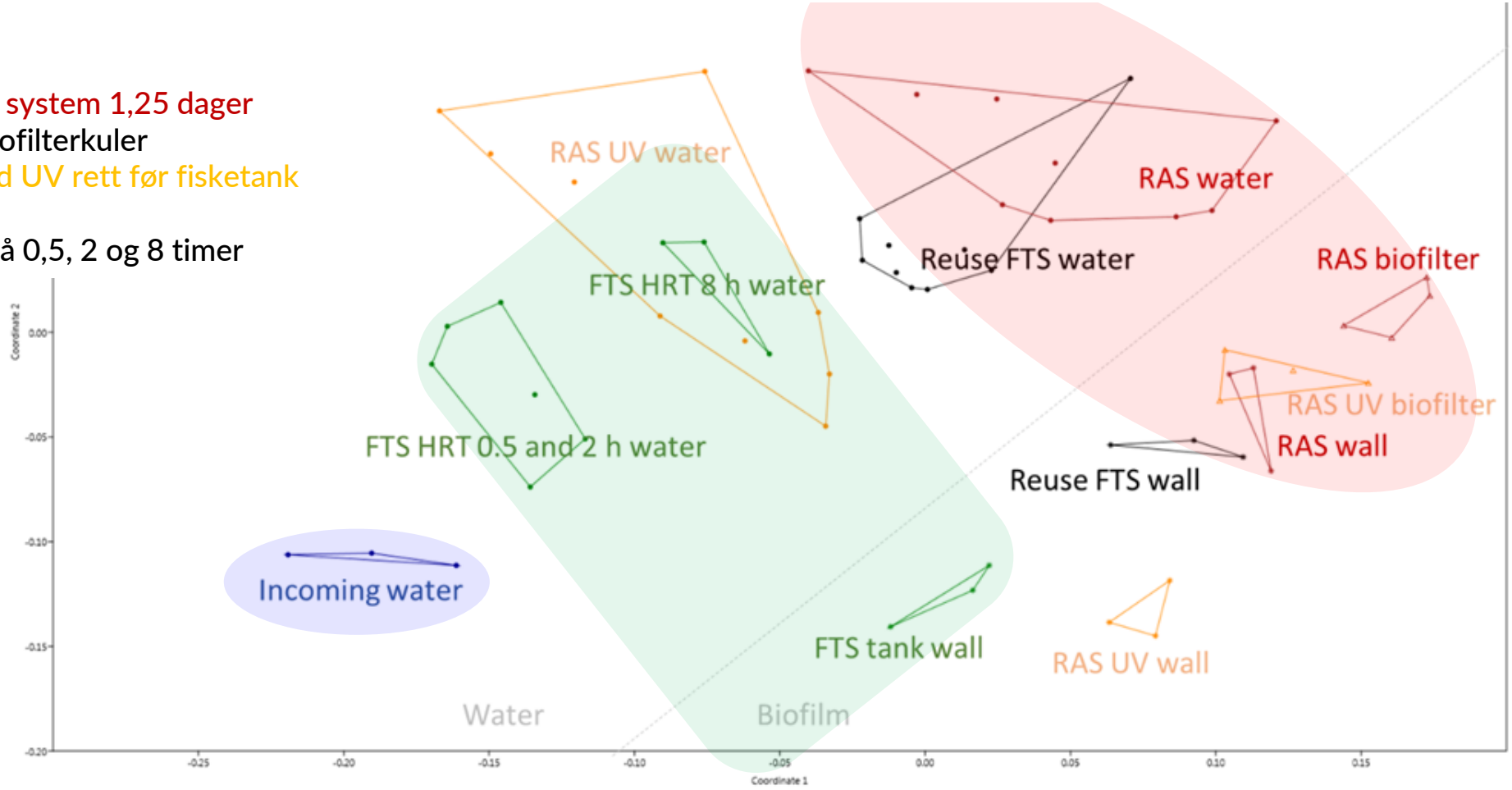
- Tre fisketanker med HRT på 0,5, 2 og 8 timer



Effekt av systemdesign/valg av vannbehandling for bakteriesamfunnet

- Inntaksvann
- Gjennomstrøm
- RAS med biofilter og HRT i system 1,25 dager
- Gjenbruk, som RAS uten biofilterkuler
- RAS UV, som RAS men med UV rett før fisketank

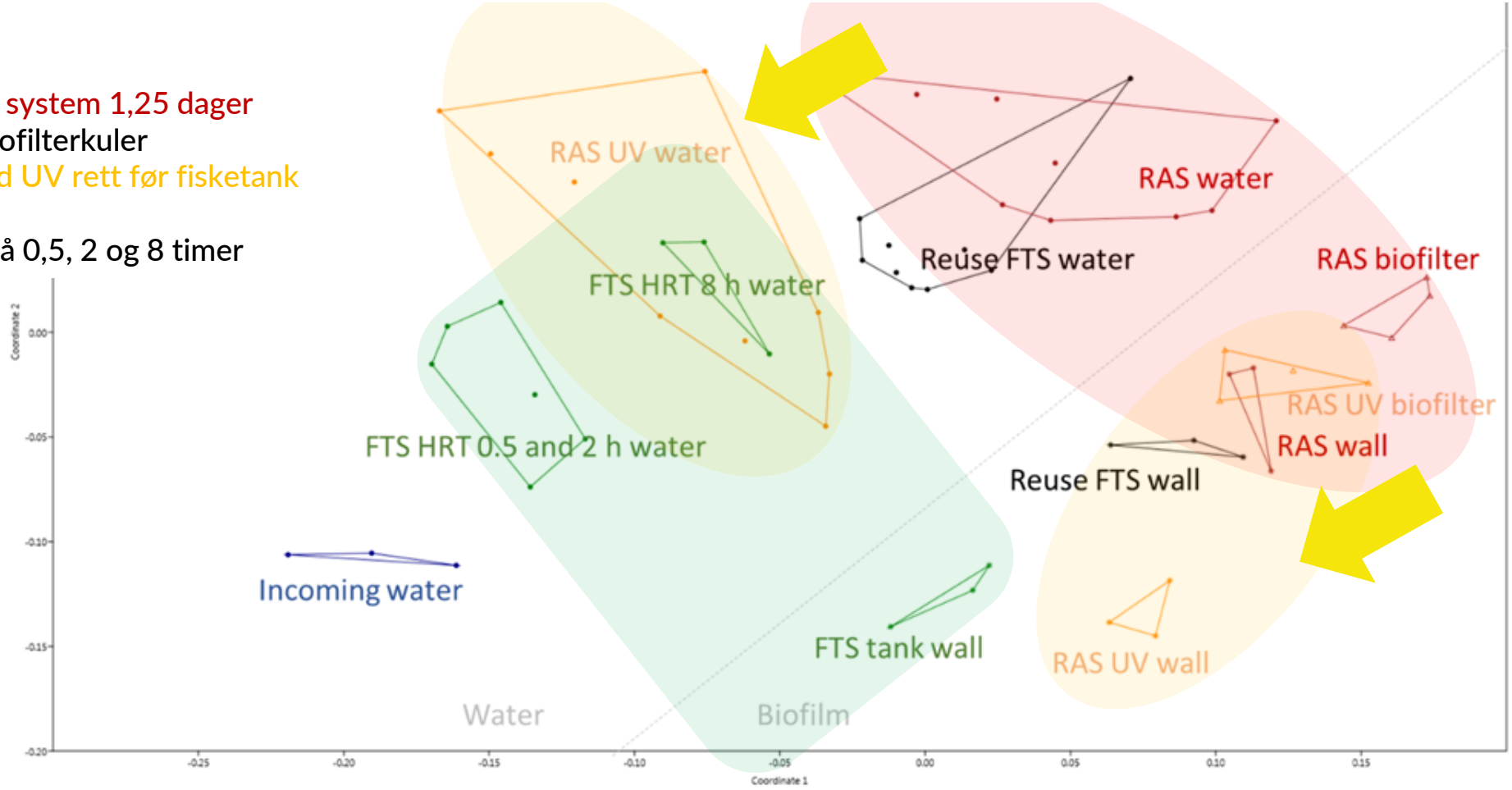
- Tre fisketanker med HRT på 0,5, 2 og 8 timer



Effekt av systemdesign/valg av vannbehandling for bakteriesamfunnet

- Inntaksvann
- Gjennomstrøm
- RAS med biofilter og HRT i system 1,25 dager
- Gjenbruk, som RAS uten biofilterkuler
- RAS UV, som RAS men med UV rett før fisketank

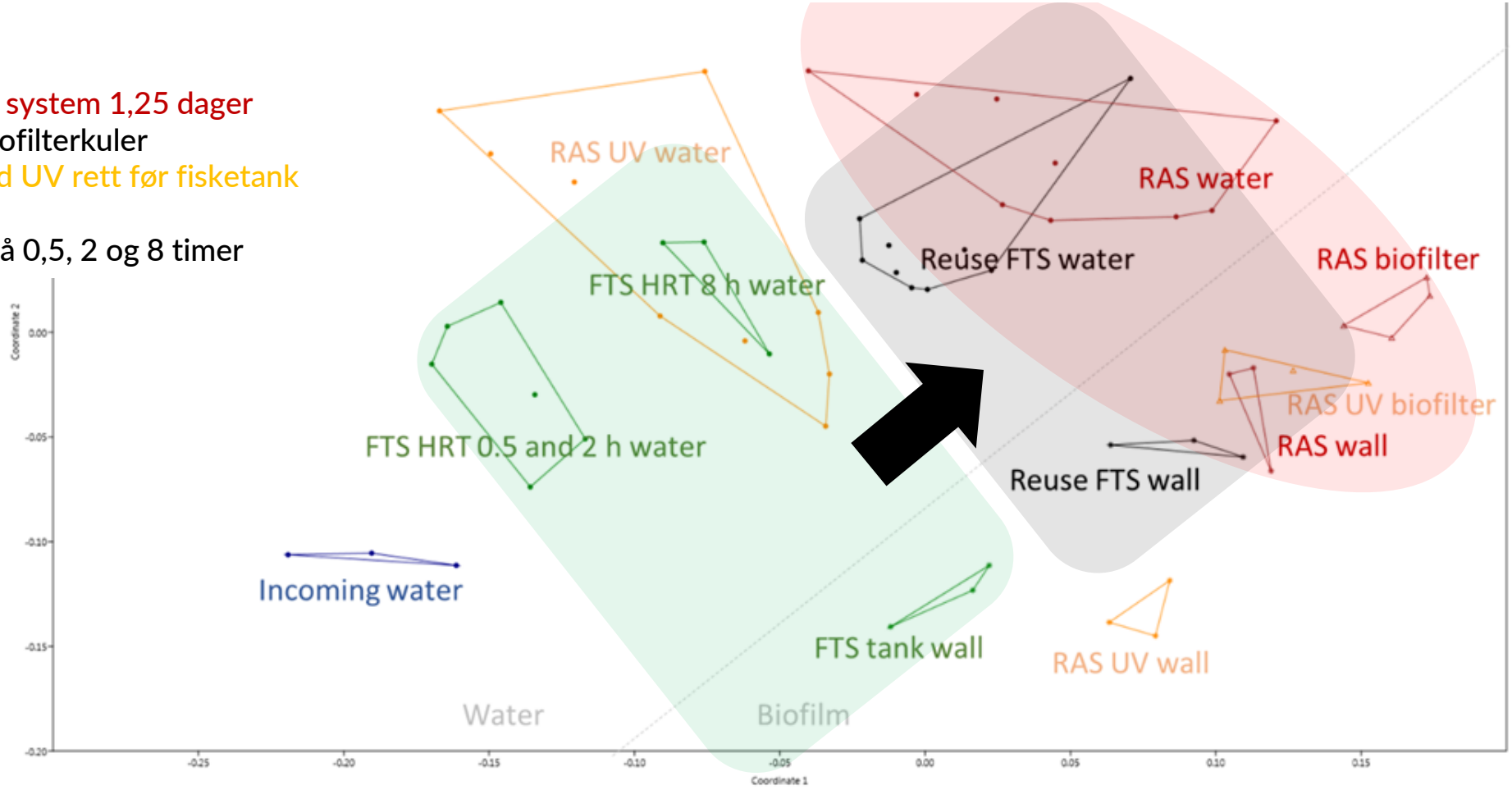
- Tre fisketanker med HRT på 0,5, 2 og 8 timer



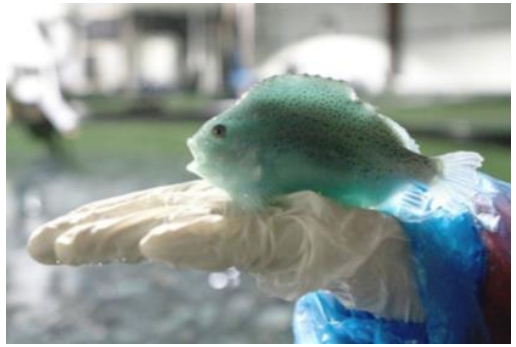
Effekt av systemdesign/valg av vannbehandling for bakteriesamfunnet

- Inntaksvann
- Gjennomstrøm
- RAS med biofilter og HRT i system 1,25 dager
- Gjenbruk, som RAS uten biofilterkuler
- RAS UV, som RAS men med UV rett før fisketank

- Tre fisketanker med HRT på 0,5, 2 og 8 timer



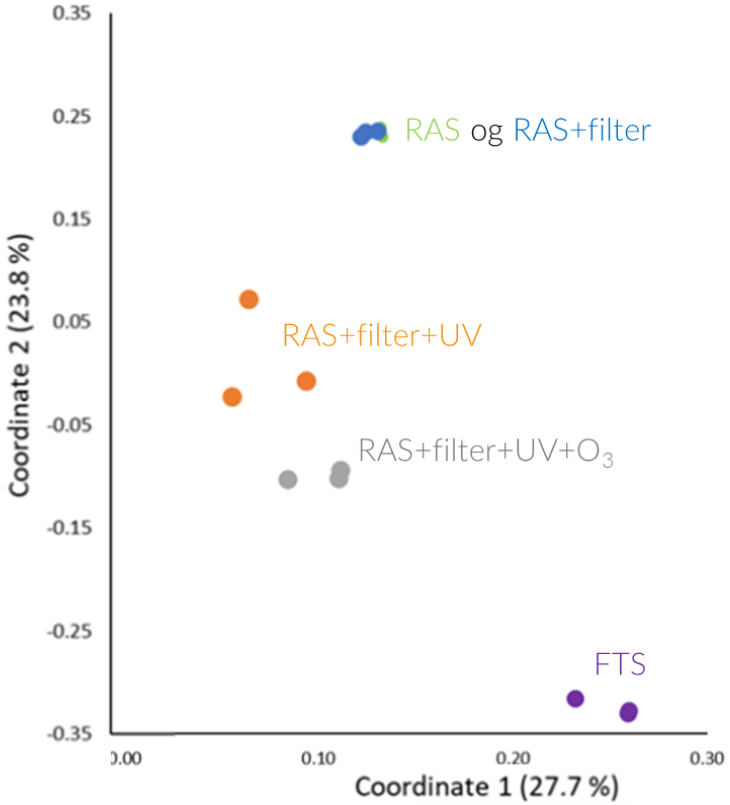
Effekt av inline desinfeksjon av vannet i RAS på fiskehelse



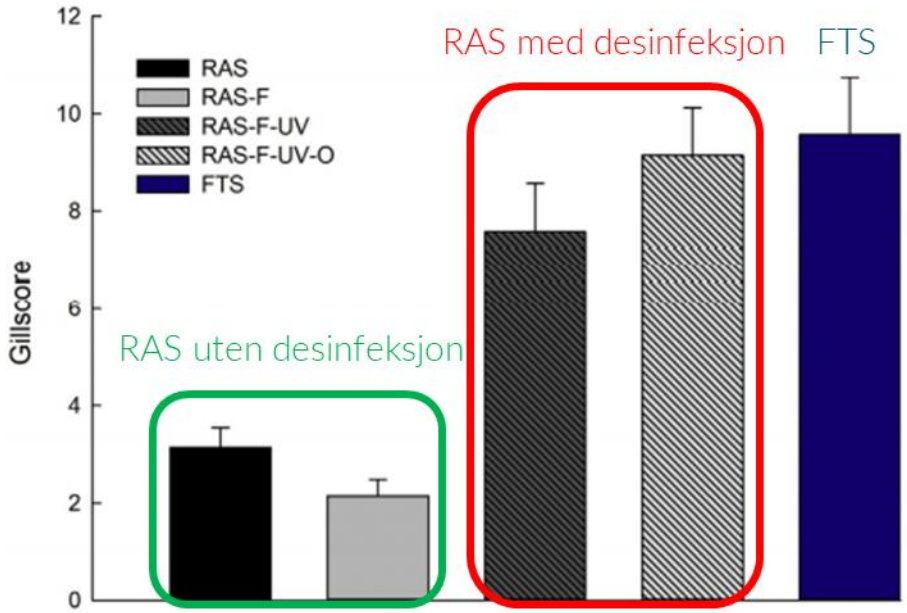
PCA av Bray-Curtis similarity for vannmikrobiota i fiskekar

Gjellehelse

etter 50 dager med ulik vannbehandling i ***samme RAS!***



(Dahle et al., 2020)



Highlights

- We managed to increase survival, growth and health of lumpfish by implementing RAS.
- Disinfection in the RAS loop affected the microbiota and the gill health negatively.
- Filtration of small particles improved gill health of lumpfish.

Drift av biofilter i RAS

- Biofilteret er nødvendig for omdanning av giftig ammoniakk i RAS
- Et godt modnet biofilter tåler bedre variasjoner og endringer i miljøet, som for eksempel en plutselig økning i organisk materiale eller en dropp i temperatur
- Biofilteret påvirker den mikrobielle sammensetningen i oppdrettsvannet
- Et RAS med godt modnet biofilter og vann gir fisken et mikrobielt miljø som er positivt for daglige helse, god vekst og normal utvikling
- Et godt modnet RAS er en god beskyttelse mot invasjon og oppvekst av sykdomsfremkallende mikroorganismer på grunn av den harde konkurransen om ressurser fra allerede lokalt tilpassede mikrober
- Et nylig desinfisert system er sårbart for invasjon og oppvekst av uønskede opportunistiske mikroorganismer
- Full desinfeksjon (sterilisering) av modne RAS er svært vanskelig, selv med gode prosedyrer og topp motivasjon
- Desinfeksjon av RAS tar verdifull tid fra produksjon og koster mye

Desinfeksjon av biofilter mellom fiskegrupper

LandbasedAQ

Aud Skrudland, fagdirektør i Mattilsynet tok for seg det nye dyrehelseregelverket under Nofima og Sunndal Næ
syvende Smoltkonferanse om resirkulering av vann i akvakultur på Sunndalsøra, 26 oktober 2022. Foto: Pål Mug

Mattilsynet om vask og desinfeksjon av biofilteret:

- Ikke et krav, men kommer man utenom?

Kost-nytte-spørsmål: (når) skal man desinfisere biofilteret?

All-in-all-out - bryte kjeden og tid tilgjengelig for mutasjon for sykdomsfremmkallende virus og bakterier

Ingen klare indikasjoner på at det er fordelaktig å desinfisere godt modne filtre

Leverandøransvar at det kan gjennomføres på en ressursvennlig måte: tid, personell, kjemi, miljøbelastning

Hun spør retorisk havnæringens egen risikovurdering er i forhold til dette, og om det finnes kompenserende tiltak som kan redusere den risikoen.

- Kan akvakulturnæringen leve med at store anlegg, både smolt-, postsmolt- og etter hvert matfiskanlegg ikke drives etter ikke alt inn alt ut prinsippet? Man må spørre seg hva slags risiko innebærer dette, ikke bare for fiskevelferd, men også for leveringssikkerhet.

Hun spør videre når vil forsikringsselskapene eller banker som finansierer, stille krav om tiltak som kan redusere risiko under produksjonen.

- Det er noen ganger man ser at store anlegg som opplever dramatiske dødelighet, så sier de til børsen ar de er forsikret. Ja mulig det, men det er ikke sikkert at vil fortsette med.

> *"- Det er jo store kompliserte anlegg, der biofilteret på mange måter er en levende organisme.*
>
> ***Aud Skrudland***

Prosjekter som kan gi oss mer kunnskap om mikrobiota i landbaserte anlegg

- **Smittekontroll**
  Økt biosikkerhet gjennom bedre forståelse for smittestoff og desinfeksjonsmuligheter i systemer for smolt
  SINTEF Ocean, FHF Prosjektnummer: 901734

- **MikroRAS**
  Mikrobiota assosiert med atlantisk laks i overgangen fra ferskvann til sjøvann i RAS: Effekt av høy/lav partikkelbelastning og konsekvenser for fiskevelferd og -helse
  NIVA, FHF Prosjektnummer: 901735

- **BRAS**
  Biosikkerhet i RAS (resirkulerende akvakultursystemer)
  NIVA, FHF Prosjektnummer: 901792

- **PathoRAS**
  Patogendynamikk og desinfeksjon i resirkuleringsanlegg for laks
  Nofima, FHF Prosjektnummer: 901826

Effekt av historikk og miljø på land på fiskehelse i sjø

LimiT
Begrense effekten av tenacibakulose i norsk lakseoppdrett
UiB, FHF prosjektnummer: 901433

- Det kreves en høyere dose av *T. finnmarkense* for å gi sykdom ved 8 °C enn ved 4 °C
- 4 uker på 26 promille sjøvann gir signifikant reduserende effekt på smoltens mottakelighet for tenacibakulose etter overføring til sjø, samt har en positiv effekt på fiskens velferd basert på velferdsscoring (før smitte)
- Dersom laksen holdes på forskjellig salinitet påvirkes skinnet forskjellig
- Skinnet er i kraftig utvikling og hvor i "postsmolt-fasen" skinnet befinner seg påvirker utfallet av infeksjon
- Transkripsjonsanalysene viser at skinnet prioriterer immunresponser som forsvar på bekostning av vedlikehold, og laks som har gått på lav-styrke salinitet ser ut til å kunne ha en bedre evne til å respondere på en infeksjon

fishfarmingexpert Search Login Menu

ADVERTISEMENT

Home News Smolts kept in salt water 'less susceptible to tenacibaculosis'

Smolts kept in salt water 'less susceptible to tenacibaculosis'

Kristense Solheim's thesis showed benefits of keeping smolts in salt water before stocking in pens. Photo: Cermaq

Smolts kept in salt water for four weeks before being stocked in net pens are less susceptible to wound development, new research has confirmed.

By Editors

The tests showed, among other things, that the smolts exposed to 26‰ salt water for four weeks before transfer to sea water and infection with *T. finnmarkense* were less susceptible to tenacibaculosis.

Earlier feeding

It was also found that keeping the smolts in 26‰ salt water had other positive effects, such as a better welfare score and that they started eating earlier than was the case with the smolts that had only been in fresh water after smoltification.

Prosjekter som kan gi oss mer kunnskap om hvordan historikk og produksjonsforhold på land og i sjø påvirker fiskens mottagelighet

Sårbakterier i sjøbasert lakseoppdrett – spesialiserte inntrengere eller tilfeldig forbipasserende?

Veterinærinstituttet, FHF prosjektnummer: 901838

Ulike sårtilstander i sjøfasen er fortsatt blant de største helse- og velferdsutfordringene innen norsk lakseoppdrett. Spesifikke varianter av bakteriene *Moritella viscosa* og *Tenacibaculum finnmarkense*, samt til en viss grad *Aliivibrio wodanis*, påvises ofte i slike sår, gjerne sammen med diverse andre nærbeslektede bakterievarianter/-arter

Tenacibaculum spp. som årsak til atypisk vintersår på norsk oppdrettslaks

Veterinærinstituttet, FHF prosjektnummer: 901434

Temperatur ved sjøsetting har betydning for utvikling av tenacibaculose, med betydelig raskere utvikling i fiskegrupper satt ut ved sjøtemperatur lavere enn 5 ˚C sammenlignet med høyere temperaturer

Identifisering av miljø- og produksjonsrelaterte risikofaktorer knyttet til sårutbrudd i lakseoppdrett (RiskIdent)

Havforskningsinstituttet (HI), FHF prosjektnummer: 901837

Dette prosjektet foreslår å gå tilbake til en mer grunnleggende tilnærming: (i) identifisere og tydelig definere miljø- og produksjonsrelaterte risikofaktorer som øker laksens mottakelighet for sårutbrudd, (ii) utvikle miljøindikatorer for infeksjonsrisiko med tidlig varsling ved å kartlegge forekomsten og distribusjonen av patogener gjennom produksjonen på et kommersielt anlegg, og (iii) sammenstille kunnskapen som er oppnådd i dette prosjektet med tidligere arbeid for å lage retningslinjer for beste praksis til bruk i risiko-kontrollert produksjonsplanlegging

Oppsummert

- Effekt av mikrobiologi i oppdrett er et komplisert bilde med mange variable over tid som inkluderer:
    - Fiskens tilstand og historie
    - Anleggets design og drift
    - Mikrobenes antall og arter
- Hvordan fisken påvirkes kommer an på hva den møter og når, både mikrobiologisk og fysiokjemisk: vannkvalitet og hendelser på land, tidspunkt for utsett, transport fra land til sjø og hva fisken møter i sjøen
- Derfor er det nesten umulig å sammenligne ulike fiskegrupper!
- Og derfor kan folk ha empiri for motstridende effekter av samme tiltak på ulike fiskegrupper…
- Kunstig intelligens er et verktøy for å se hele bildet og dokumentere livshistorien til hver fisk: genetikk, fôr, opplevelser på land, transport og i sjø!