

Sporing av akvakulturpåvirkning i marine sedimenter

–

smakebiter fra METOMILO prosjektet

FHF-prosjekt 901902

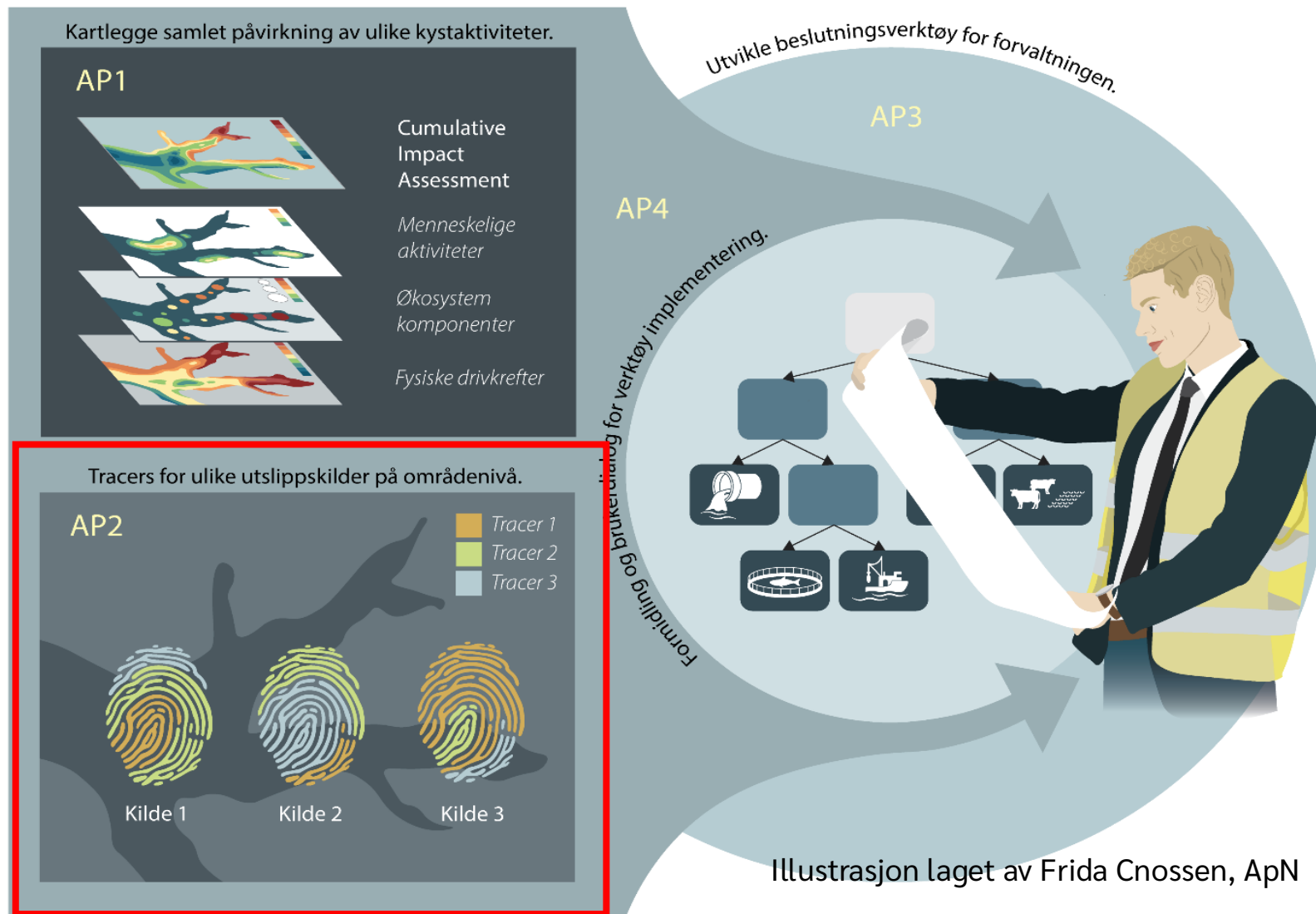
Dialogmøte 25.08.2026

Presentert av Trine Dale, NIVA

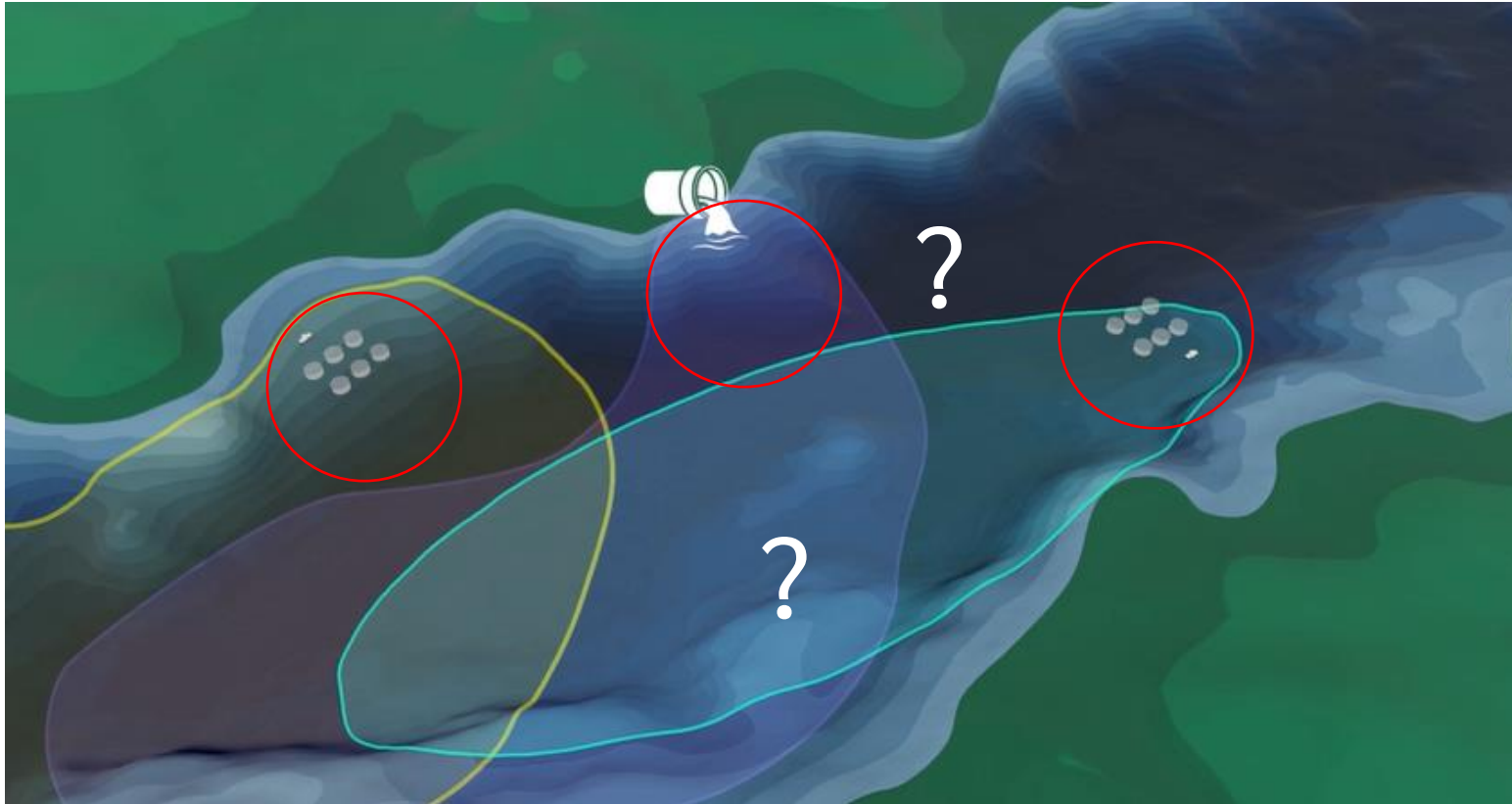


Hovedformål

Å **utvikle, evaluere** og verifisere metoder (modeller og *in situ*-tilnærminger) som kan identifisere “hotspots” med **stor samlet miljøpåvirkning** og gjøre det mulig å **identifisere hovedkilder** til påvirkning på områdenivå.



Områdenivå hva er det ?



- «**Område**» - ingen klar definisjon.
- Valgt å bruke **inndelingen i vanddirektivet** (vannregion, vannområde, vannforekomst etc)(far-field)
- Mindre fokus på anlegg-og indre deler av overgangssonen (det som dekkes av C1, C3- Cn)
 - mindre tvil om kilde her
 - dekket av mange tidligere studier

Kildefingeravtrykk



Det er vanskelig å dokumentere spredningsveier og ulike kilders bidrag med tradisjonelle overvåkingsteknikker.

«**Kildefingeravtrykk**» eller sporingsprosedyre kan være en tilnærming - men krever gode **tracers (sporingstoffer)** for ulike påvirkningskilder

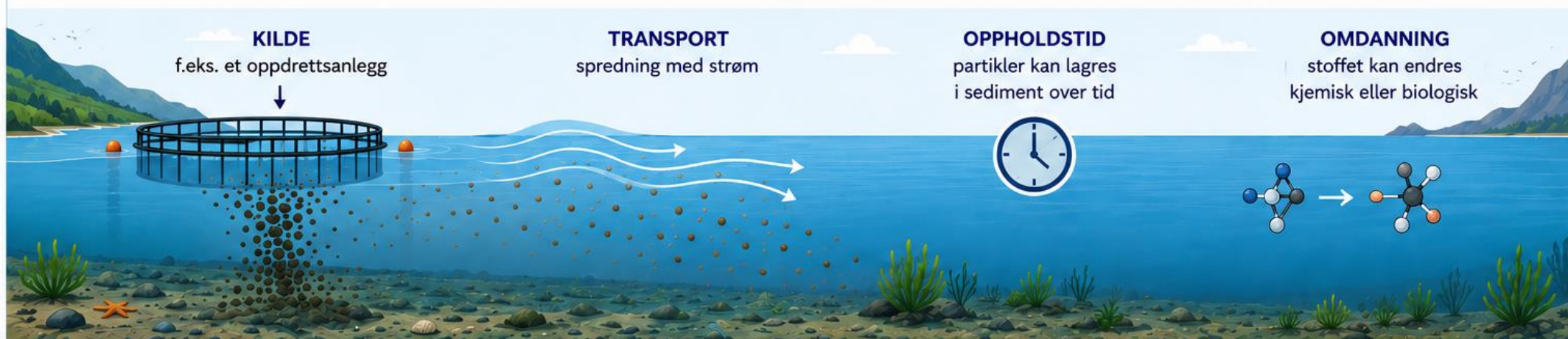
I METOMILO har vi jobbet med å:

- Sammenstille litteratur om **tracers fra fiskeoppdrett og fra andre viktige påvirkningskilder** som kan tenkes å overlappe med påvirkning fra fiskeoppdrett.
 - kommunalt avløp, jordbruk, fiskeforedlingsindustri og skipsfart
- Finnes det tracers som enkeltvis eller i kombinasjon som utgjør **et unikt fingeravtrykk for oppdrett**? For andre overlappende kilder?
- Omfattende feltstudie for å teste mulige tracers for fiskeoppdrett



Hva er en tracer?

En tracer er et stoff, signal eller egenskap som kan brukes til å spore **opprinnelse, transport, oppholdstid** eller **omdanning** i et system.



Tracere kan være:



Kjemiske forbindelser og grunnstoffer

(f.eks. pesticider, legemidler og kroppsspleieprodukter, antibegroingsmidler, narkotiske stoffer)



Isotoper (stabile isotoper)



Fysiske egenskaper (f.eks. partikkelstørrelse og/eller form)



Biologiske markører (f.eks. DNA/eDNA, fettsyrer, artsammensetning)

Egenskaper ved en god tracer for å spore opprinnelse



1

Kildespesifikk: Tydelig knyttet til kilden av interesse og skiller seg fra andre kilder



2

Stabil (eller forutsigbart reaktiv): Består lenge nok til å spores, eller endrer seg på en kjent måte



3

Lav bakgrunn: Forekommer i lave nivåer i miljøet, eller har godt kjent bakgrunnsnivå



4

Kvantiserbar sammenheng: Klar sammenheng mellom tracer og kildestyrke



5

Begrenset påvirket av prosesser: Signal gjenspeiler primært opprinnelse



Kort sagt: En tracer er et spor i miljøet som gjør det mulig å finne ut hvor påvirkningen kommer fra, hvordan den transporteres, hvor lenge den blir lagret og hvordan den endres.

Feltstudier- uttesting av tracers for fiskeoppdrett i bunnsedimenter

- Undersøkt et utvalg tracers for fiskeoppdrett identifisert fra litteraturstudiet. Hvordan fungerer de under **norske forhold** ?
- Med norske forhold mener vi bla:
 - Stort spenn i eksponeringsgrad
 - Stort spenn i breddegrad (og vanntemp)
 - Ytre kyst- indre fjord = gradient i påvirkning «fra land»
 - Større dyp enn i sammenliknbare land (og dermed andre studier)
- Valgte **tre vannområder som studieområder** - antatt ulik grad og type menneskelig påvirkning, fanger naturlige gradienter
- Valgte stasjoner i spennet 100-3500m fra oppdrettsanlegg

Nord-Salten Vannområde



Lite menneskelig aktivitet utover fiskeoppdrett

Vannområde Vest



Industri, kommunalt avløp, skipsfart

Vannområde Sunnhordaland



Industri, kommunalt avløp, jordbruk

Design av feltstudien

- Inkluderte antatt påvirkede og antatt upåvirkede stasjoner
- Modellering + plassering av «gamle» stasjoner

Stasjonsplassering



Prøvetakning

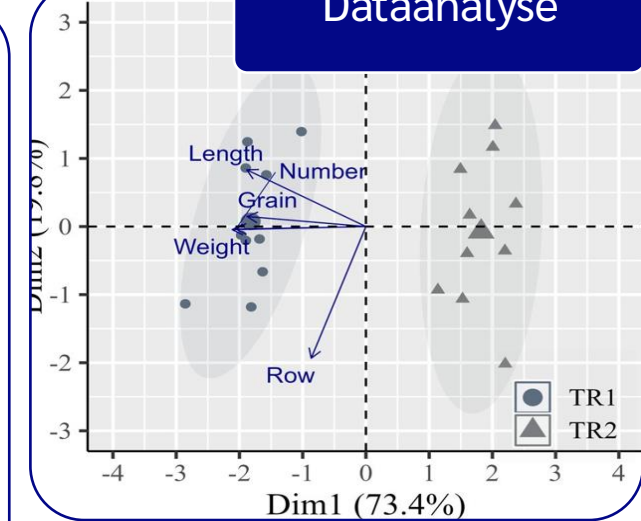
- 76 stasjoner



- Kornstørrelse
- TN, TOC, P
- Grunnstoffer (22 stk)
- Stabile isotoper (^{13}N & ^{15}N)
- Fettsyrer (27 stk)
- Legemidler (di-og teflubenzuron, emamektin benzoat)
- Antibegroingsmidler (Cu, tralopyril)

Laboratorieanalyser

Dataanalyse

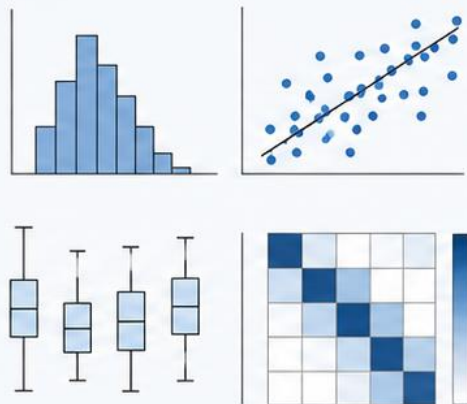


Dataanalyse

Multivariat datasett - mange variable (50 +) per observasjonspunkt (76 stasjoner). Vanskelig å se mønstre.....

1 Utforsket data ved å plotte i ulike figurer

Utforsket datasettet for å se fordeling, mønstre, avvik og sammenhenger mellom variabler.



Gir oversikt over data og hjelper til å oppdage mønstre, grupper og avvik.

2 Normaliserte metaller med Li

Cu, Zn og Cd normalisert med Li for å korrigere for naturlige variasjoner i kornstørrelse, mineralogi og geologisk sammensetning.

Normaliserte verdier:

$$\text{Cu/Li} = \frac{\text{Cu}}{\text{Li}}$$

$$\text{Zn/Li} = \frac{\text{Zn}}{\text{Li}}$$

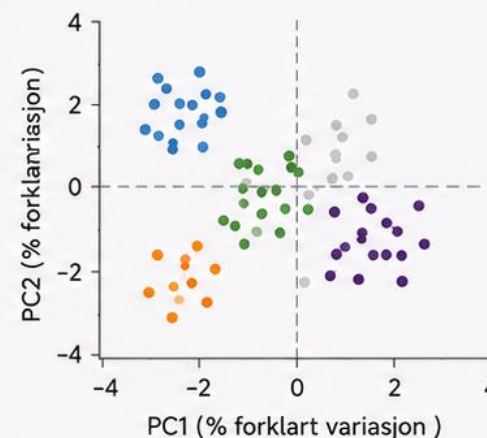
$$\text{Cd/Li} = \frac{\text{Cd}}{\text{Li}}$$



Gir mer sammenlignbare verdier og gjør menneskeskapt metallanrikning mer pålitelig å identifisere.

3 Hovedkomponentanalyse (PCA)

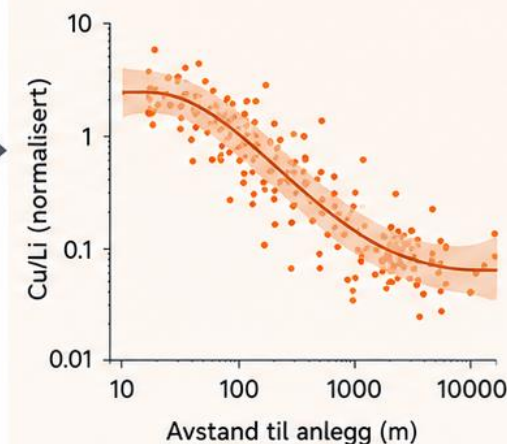
PCA brukes for å identifisere mønstre i det multivariate datasettet og redusere dimensjonaliteten.



Avdekker hvilke variabler som henger sammen og hvilke prosesser/kilder som driver variasjonen.

4 Statistisk sammenheng mellom traser og avstand til anlegg (GAM/GAMM)

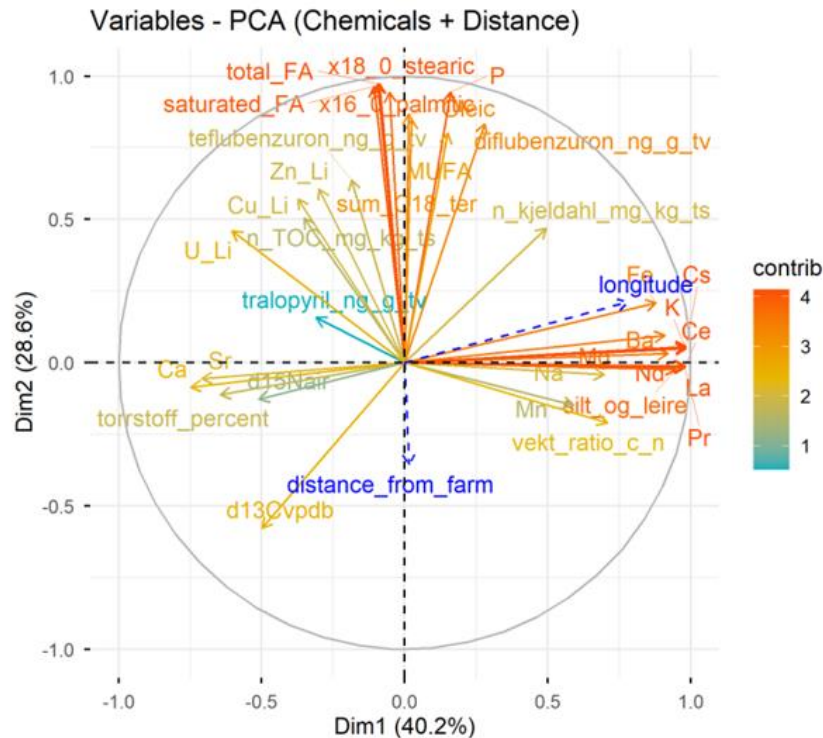
GAM/GAMM brukes for å modellere ikke-lineær sammenheng mellom traser (f.eks. Cu/Li) og avstand til anlegg.



Kvantifisere hvordan påvirkning avtar med avstand.

Resultater – hovedkomponentanalyse (PCA)

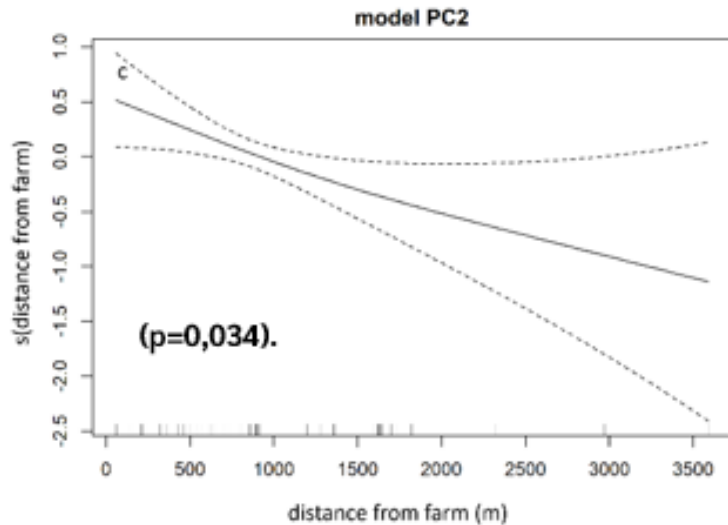
Sunnhordaland & Vest



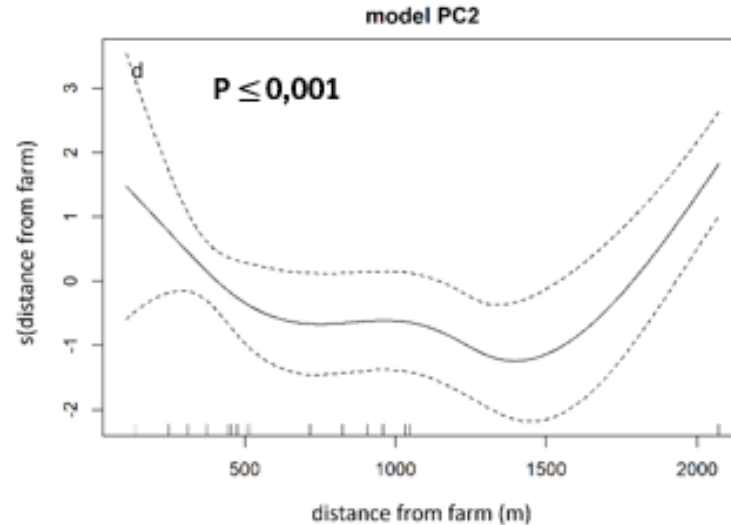
- Variasjonen i datasettene struktureres av **to dominerende gradienter**;
 - Primært geokjemisk/romlig gradient langs PC1.** Reflekterer en overordnet naturlig ytre kyst - indre fjord variasjon,
 - Sekundær gradient langs **PC2 «drevet» av fettsyresammensetning.** Reflekterer en «oppdrettsgradient»
- Lusemidlene **di- og teflubenzuron** tydelig assosiert med **PC2**, samvarierer med fettsyrene **i studieområde Sunnhordaland og Vest-** antyder samme kilde
- Noen metaller og næringsstoffer (Zn, Cu og P) har **også en komponent langs PC2** - indikerer en viss samvariasjon med oppdrettsgradienten (fettsyrer og lusemidler)

Romlig respons ? (sammenheng mellom mulige tracers og avstand til anlegg ?)

Nord-Salten



Sunnhordaland & Vest

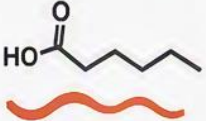
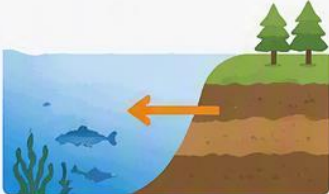
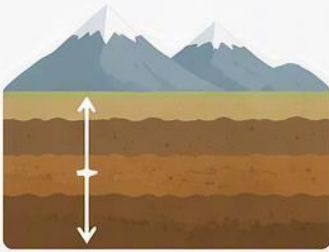


Undersøkte **sammenheng mellom score** på PC2 og **avstand** til nærmeste oppdrettsanlegg

- **Konsentrasjonen** av variablene som er positivt assosiert med PC 2 (fettsyrer, lusemidler, P, Cu og Zn ++), **minker med økende avstand fra anlegget.**

- Signifikant begge områder
- **Tilnærmet lineært** i Nord-Salten,
- Mer komplekst i Sunnhordaland og Vest

Oppsummering uttesting av oppdretts tracers i felt

Tracer type	Kilde spesifikk	Stabil	Lav bakgrunn	Største utfordringer
Lusemidler 	Ja ✓	Ja ✓	Ja (i utgangspunktet men effekt av «legacy» forekomster)	 Kan bare brukes i tilfeller der det faktisk er brukt- bruken på vei ned ? Mindre presis hvis det er lenge siden bruk (Stabilitet også ulempe- har lang tid på å spres (resuspensjon))
Fettsyrer 	Tja ~	Nei ✗	Ikke nødvendigvis	 Baserer seg primært på at fôr og faeces har en «terrestrisk» signatur som er fremmed i marine miljø = utfordring i områder med mye påvirkning fra land
Cu & Zn Cu Zn	Nei ✗	Ja ✓	Ikke nødvendigvis. Geografiske forskjeller i bakgrunn (trolig stor effekt av «legacy» forekomster)	 Både høyt og lavt bakgrunnsnivå er en utfordring
P 	Nei ✗	Nei ✗	Ikke nødvendigvis	 Summen av de tre

Konklusjon

- **Lusemilder (hvis brukt) og fettsyrer** var de **sterkeste** tracerne i METOMILO datasettet
- **Men: ingen tracer er «best» i alle settinger/miljøforhold.** En god forståelse av tracer egenskaper og samspill med miljøet er derfor nødvendig ved valg og tolkning av resultater.
- **Kombinasjoner av tracere** gir mer robust og detaljert informasjon enn bruk av enkelt tracere- anbefales.
- For oppdrettstracere i sediment spesielt- tracers som har fungert godt i enkelt studier nært anlegg (< 2-300 m) **gjør ikke nødvendigvis det på «områdenivå»**

Takk for oppmerksomheten

Rapport på vei; forfattet av: Trine Dale, Nicolas Dupont, Maj
Arnberg, Stian Vikanes, Magnus Drivdal, Gro Harlaug Refseth,
Frida Sol Svendsen