

### 3.9.3 EFFEKTER AV ORGANISKE UTSLIPP OG MILJØSYSTEMBASERT FORVALTNING AV AKVAKULTUR

Etter mange år med oppdrett kan vi oppsummere det vi vet om miljøvirkningene av de organiske utslippene fra akvakultur. Det gjelder særlig effekter på bunnen og vekst av alger. Denne kunnskapen er viktig, fordi det i dag stilles krav om at naturen skal forvaltes på egne premisser og at vi setter de menneskelige påvirkningene inn i en større sammenheng. Slik økosystembasert forvaltning forutsetter at vi forstår prosessene i naturen og hvordan vi påvirker dem.

**Figur 3.9.3.1**

Siktet bunnprøve fra oppdrettsanlegg. De røde "trådene" er børstemakk og de største rundingene er irregulære kråkeboller. Sieved benthic sample from under a fish farm. The red "treads" are polychaets and the largest objects are irregular sea urchins.

Arne Ervik  
arne.ervik@imr.no

Tina Kutti  
tina.kutti@imr.no

Siri Aaserud Olsen  
siri.aaserud.olsen@imr.no

Pia Kupka Hansen  
pia.kupka.hansen@imr.no

Jan Aure  
jan.aure@imr.no

Et oppdrettsanlegg er et åpent system. Bare notveggen skiller vannet inne i merdene fra vannet utenfor. Med unntak av den fisken vi høster, havner alt som kommer ut i merdene i omgivelsene, og vil i større eller mindre grad påvirke miljøet. Som annen menneskelig aktivitet har også oppdrett en kostnad i forhold til miljøet, og det er viktig at vi kan tallfeste miljøpåvirkningen og holde den innenfor forsvarlige og akseptable rammer. De påvirkningene som myndighetene for tiden anser som de viktigste, er genetisk påvirkning av ville bestander, smittespredning, effekter av legemidler og kjemikalier samt miljøvirkninger av organisk stoff. Viktige spørsmål er om

påvirkningene er varige eller ikke, hvilke systemer som blir berørt og hvor stor utstrekning påvirkningene har.

#### Effekter av organisk utslipp

De siste 35 årene har mye endret seg i norsk oppdrettsnæring, også miljøpåvirkningene. De første anleggene var små og lå på grunt vann med dårlig vannutskiftning. Den lave produksjonen – mellom 50 og 250 tonn per år – begrenset mengden organisk utslipp (spillfôr og fekalier) fra hvert anlegg, men förfaktoren (antall kg fôr som trengs for å produsere en kg fisk) var høy og lokalitetene plassert slik at det organiske materialet ofte akkumulerte i hauger under merdene. Under slike forhold blir en stor del av det organiske materialet omsatt av bakterier. Dersom det tilføres store mengder organisk materiale, forbrukes alt oksygenet. Deretter produseres det giftig hydrogensulfid, og dermed forsvinner bunndyrene. Andre bakterier produserer metan og karbondioksid som kan boble opp fra sedimentet. Boblene inneholder hydrogensulfid, og bakterier og andre partikler kan klebe til utsiden. Slike dårlige bunnforhold får konsekvenser for fisken i merdene, og derfor ble merdene flyttet ut på dypere og mer eksponerte lokaliteter,

Foto: Arne Ervik



**Figur 3.9.3.2**

Måling av redokspotensial i bunnen under oppdrettsanlegg som en del av miljøovervåking.

*Measurement of redox potential in sediment as part of monitoring.*

tang og tare fra grunnere områder. Organisk materiale danner grunnlaget for dyrelivet på bunnen, men de naturlige tilførslene er små, og dyrene er vanligvis begrenset av næringsmangel. Rundt matfiskanlegg er tilførselen både mer konsentrert og relativt stabil, og lokalt kan det gi en sterk økning i mengde og biomasse av bunndyr.

I en forvaltningsmessig sammenheng er det ønskelig å identifisere de ulike tilførslene av organisk stoff for å spore hvordan de fordeler seg og påvirker det marine systemet. Det gjelder særlig tilførslene fra oppdrett, fordi vi her langt på vei kan regulere miljøvirkningene ved å bestemme hvor anleggene skal ligge og hvor mye de skal slippe ut. Fiskefôr inneholder flere forbindelser som kan brukes til å spore hvor utslippene fra oppdrettsanlegg tar veien. Sink og fosfor vil for eksempel akkumulere i sedimentet, og mengden eller forholdet mellom dem vil kunne indikere om et område er påvirket av fiskeoppdrett. Videre skiller sammensetningen av fettsyrer i fiskefôr seg fra de som finnes i marine systemer, og det kan brukes til å spore avfall fra anlegg både i sedimenter og i bunndyr (Figur 3.9.3.3.). En annen mulighet er å bruke forholdet mellom stabile karbon- og nitrogenisotoper. Fordelen med denne metoden er at det organiske stoffet kan følges gjennom flere trinn i næringskjeden. Resultatene viser at ulike bunndyr og fisk nyttiggjør seg avfall fra oppdrettsfisk, og at det er flere og større dyr nær anleggene sammenlignet med prøver tatt lenger borte. Disse dyrene inngår i et næringsnett der ryggradløse dyr spiser fekalier fra laksen og deretter blir bytte for andre dyr, og der spillfôr har liten betydning.

der de organiske partiklene blir spredt over et større område. Slike spredte utslipp kan føre til en kraftig stimulering av dyrelivet (Figur 3.9.3.1). Det har også vært en betydelig utvikling av fiskefôret, slik at förfaktoren ble redusert fra verdier over 2 til dagens nivå på 1,1 til 1,15, dermed er også de relative utslippene fra anleggene redusert. Produksjonen på den enkelte lokalitet har imidlertid økt sterkt, nå er det vanlig å produsere mellom 1 000 og 5 000 tonn fisk per produksjonssyklus. Det har i mange tilfeller oppveid fordelene en fikk ved å flytte til dypere og mer eksponerte lokaliteter.

#### Regulering av bunnpåvirkningen

For å hindre uønsket påvirkning, er det nødvendig med et forvaltningssystem som hindrer overbelastning og sikrer at produksjonen på lokalitetene er tilpasset bæreevnen. Havforskningsinstituttet tok initiativet til å utvikle et slikt system, kalt MOM (Matfiskanlegg–Overvåking–Modellering). Ved hjelp av matematiske modeller beregnes bæreevnen, eller hvor mye som kan produseres på en lokalitet

uten at bunnen blir overbelastet. MOM beskriver også hvordan bunnpåvirkningen skal overvåkes, og hvilke grenseverdier (miljøstandarder) som skal brukes for å vurdere om påvirkningen er akseptabel. Overvåkingen er tilpasset etter hvor mye bunnen er påvirket, slik at den øker med økende belastning.

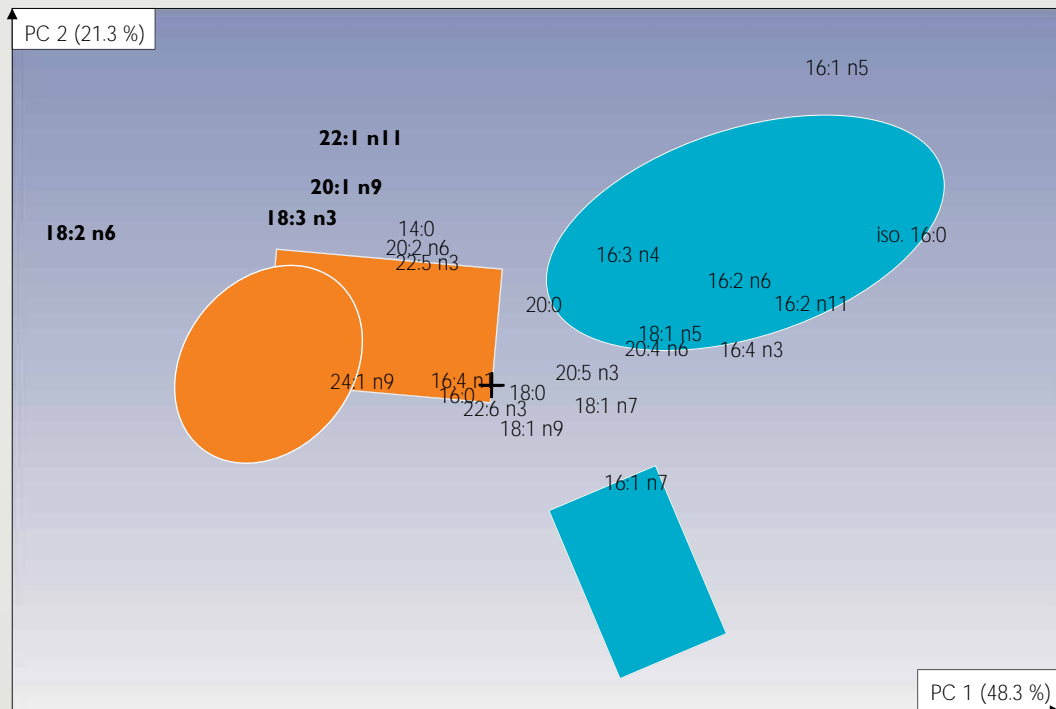
På grunnlag av overvåkingsprogrammet fra MOM er det laget en norsk standard for overvåking av bunnen under matfiskanlegg (NS 9410 "Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg"). Overvåking etter denne eller tilsvarende standard er obligatorisk for norske matfiskanlegg. Overvåkingen viser at de fleste anleggene har gode bunnforhold, men også at det finnes anlegg som overbelaster lokalitetene.

#### Sporing av organiske utslipp

Oppdrett er bare en av mange kilder til organisk materiale. De viktigste bidragene til fjordbassengene kommer fra planktonalger, men tilførslene fra land kan være betydelige, og stedvis vaskes det ned mye

#### Bæreevne for fiskeoppdrett

Når menneskeskapt utslipp av nærings-salter øker algeveksten på en måte som vi oppfatter som negativ, kalles det eutrofiering. I mange områder er fiskeoppdrett den største menneskeskapt kilden til utslipp av nærings-salter. Basert på en årlig produksjon på 600 000 tonn fisk, er de totale tilførslene av nitrogen til fjord- og kystområdene fra fiskeoppdrett om lag 24 000 tonn. For å vurdere effekten av disse utslippene, har Havforskningsinstituttet beregnet gjennomsnittlig primærproduksjon som følge av utslipp av nærings-salter fra fiskeoppdrett fra Rogaland til Finnmark.



Figur 3.9.3.3

Sammensetningen av fettsyrer er forskjellig i reker (*Pandalus borealis*) som er fanget ved oppdrettsanlegg og reker fra områder uten oppdrett. Det gjelder også reker føret på laksepellet sammenlignet med reker føret på fisk. De uthevede fettsyrene er typiske i laksefôr, og finnes i større mengder i reker som er fanget ved anlegget og i reker føret med laksepellet. Prinsipalkomponent en og to (PC 1 og PC 2) viser henholdsvis den største og nest største spredningen i materialet. Den største spredningen (48,3 %) vises langs den horisontale akse og den nest største (21,3 %) vises langs den vertikale.

Reker fanget ved oppdrettsanlegg ■ og reker føret på laksefôr ●  
 Reker fanget i område uten oppdrettsanlegg ■ og reker føret på fisk ●

*The composition of fatty acids is different in shrimp (*Pandalus borealis*) sampled at a fish farm compared to shrimp sampled in an area without any fish farms, and also in shrimp fed salmon feed compared to shrimp fed marine fish. The highlighting fatty acids is typical in salmon feed and are found in larger amounts in shrimp sampled close to fish farms and in shrimp fed fish feed. Principal component one and two (PC 1 and PC 2) represents the largest and second largest variance in the material. The largest variance (48.3%) is presented along the horizontal axis and the second largest (21.3%) along the vertical axis.*

*Shrimp collected at a fish farm ■ and shrimp fed salmon feed ●  
 Shrimp sampled in an area without fish farms ■ and shrimp fed marine fish ●*

Ved å ta utgangspunkt i sjøarealet i hvert fylke, kan vi beregne hvor mye fisk som kan produseres (bæreevnen) dersom vi tillater at primærproduksjonen øker med henholdsvis 4, 8 og 12,5 %. Det understrekes at beregningene gjelder gjennomsnittlig økning i primærproduksjonen, lokalt kan økningene være større. En økning av primærproduksjonen under ca. 10% regnes som relativt liten. Til sammenligning økte konsentrasjonene av næringssalt i Ytre Oslofjord og langs Skagerrakkysten med 50–100 % etter ca. 1980 som følge av økte tilførsler, hovedsakelig fra den sørlige delen av Nordsjøen og Kattegat.

Dersom primærproduksjonen øker med 4, 8 eller 12,5 %, vil den totale produksjonen av oppdrettsfisk fra Rogaland til Finnmark øke fra 0,6 millioner tonn (2006) til henholdsvis ca. 1,5, 3 eller 6 millioner tonn. Figur 3.9.3.4 viser at dagens produksjon på ca. 100 000 tonn i Hordaland, om lag tilsvarer bæreevnen med 4 %

økning av primærproduksjonen. Andre beregninger viser at i Hardangerfjorden, som har en forholdsvis stor tetthet av fiskeoppdrett, gir fiskeoppdrett en økning av primærproduksjonen på ca. 6 %. For Nordland må lakseproduksjonen øke fra om lag 100 000 tonn til 490 000 tonn før primærproduksjonen har økt med 4 %. Med 8 % økning i primærproduksjonen øker bæreevnen for Hordaland og Nordland til henholdsvis ca. 160 000 tonn og 800 000 tonn.

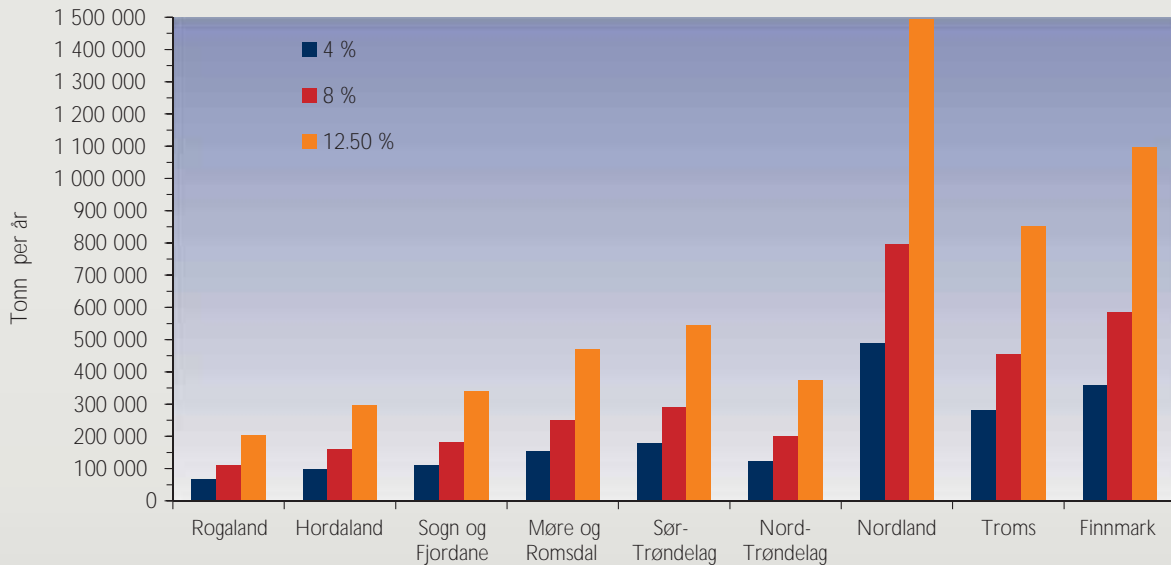
I dag er fiskeproduksjonen nesten like stor nord og sør for Møre og Romsdal. Dersom primærproduksjonen får øke med 8 % slik at totalproduksjonen blir 3 millioner tonn fisk, vil ca. 80 % av produksjonen foregå nord for Møre og Romsdal. Dette viser at det største framtidige potensialet for fiskeoppdrett med hensyn til å tåle utslipp av næringssalter, ligger i Nord-Norge, men det er også rom for en betydelig produksjonsøkning

i Sør-Norge. Resultatene er interessante med tanke på mulige klimaendringer hvor tyngdepunktet av norsk fiskeoppdrett trolig må forskyves nordover pga. økte temperaturer i sommerhalvåret.

#### Økosystembasert forvaltning

Et økosystem er et system der mikroorganismer, planter og dyr i samspill med det ikke-levende miljøet utgjør en funksjonell enhet. Når det overordnede målet er å forvalte disse systemene slik at struktur, virkemåte og produktivitet bevares, kalles det økosystembasert forvaltning. En slik forvaltning forutsetter at vi forstår spillet mellom de enkelte delene av systemene, og at vi forstår hvordan vi påvirker dem. Økosystembasert forvaltning er basert på kunnskap, og langt mer krevende enn en forvaltning som bare styrer en enkelt aktivitet isolert.

En overgang til økosystembasert forvaltning vil få stor betydning for opp-



**Figur 3.9.3.4**

Maksimal fiskeproduksjon i forskjellige fylker hvis man tillater primærproduksjonen å øke med henholdsvis 4, 8 og 12,5 % som følge av utslipp av nitrogen fra fiskeoppdrett.

*Maximum fish production in different counties if the primary production is allowed to increase 4, 8 or 12.5 % as a consequence of nitrogen release from fish farms.*

drettsnæringen. Dersom næringen bygges videre ut eller velger en lokalisering-modell med klynger av anlegg, kan lokale overlappende påvirkningssoner gå over til å få regionalt omfang. De største utfordringene er imidlertid knyttet til irreversible miljøvirkninger, slik som tap av biodiversitet ved genetisk påvirkning av ville bestander eller at ville bestander utryddes av sykdom eller parasitter.

Vi må altså finne ut hvor mye naturen tåler, eller sagt på en annen måte – hvor stor bæreevne den har. For akvakultur brukes bæreevne i betydningen hvor mye vi kan produsere uten at miljøpåvirkningen overskrider fastsatte grenser for tillatt påvirkning.

En økosystembasert forvaltning av akvakultur krever altså at vi både kan regulere den enkelte miljøvirkning og at vi ser påvirkningene i sammenheng. Det er mange som vil bruke kysten, følgelig må arealene som er tilgjengelig for akvakultur utnyttes effektivt. Fiskeri- og kystdepartementet har derfor bedt Havforskningsinstituttet om å prioritere utviklingen av et helhetlig reguleringsystem for areal- og miljøtilpasning. Systemet kalles MOLO og dekker både plan- og driftsfasen av akvakultur. Det utvikles i samarbeid med Hordaland fylkeskommune og Christian Michelsen Research, og konseptet er beskrevet i "Kyst og havbruk 2007". Til planlegging kombineres stedfestet informasjon om naturgitte forhold og

geografiske informasjonssystemer (GIS) med matematiske modeller som kan beregne eller simulere bæreevne, slik at det er mulig å vurdere hvilken lokalisering av anlegg som gir best utnyttelse av areal og bæreevne. For driftsfasen vil det bli utviklet lokalt tilpassede overvåkingsprogrammer med tilhørende miljøstandarder som kan sikre at miljøpåvirkningen holder seg innenfor fastsatte grenser. I 2007 ble det

utviklet en prototype for lokalisering av blåskjellanlegg, og i 2008 vil MOLO bli utvidet til laksefisk. Hovedvekten vil bli lagt på bunnpåvirkning, fordi vi har modeller som kan simulere bæreevne og et standardisert overvåkingsprogram. Parallelt vil vi arbeide med å inkludere smittespredning, velferd og genetisk påvirkning av villfisk.

#### Experiences with Organic Load from Aquaculture

Norwegian aquaculture started with small fish farms located in shallow, quiescent waters. The amount of organic waste from the farms was high due to low digestibility of the feed and lack of efficient feeding routines. This resulted in severe changes in sediment chemistry and loss of benthic fauna under the farms. By moving to deeper and more dynamic sites and due to improved feeds, the condition in the sediments improved. However, the farms have increased in size, and at some deep sites severe sediment impact is observed. Regular inspection of the sediment is therefore important, and monitoring is required at all Norwegian fish farm sites. The waste from fish farms may not necessarily lead to overloading of the sediments

but might be directed into the marine food chain. Nutrients from fish farms comprise the largest anthropogenic source of nutrients to the coast but the contributions are still small compared to natural reservoir. Regarding eutrophication the potential for accommodating an expansion of the industry is highest in the northern parts of Norway. Ecosystem based management is demanding and requires much more information and understanding than traditional management. Therefore a management system (MOLO) is under development which will utilize many sources of information to determine the best localization of fish farms taking into consideration both the carrying capacity (the natural limit for production) and other users (the area limit for production).