

3.12.2 OPPDRETT STIMULERER DYRELIV I FJORDENE

En tur med miniubåt i de dype norske fjordbassengene kan være en ganske kjedelig opplevelse – store, flate muddersletter med få dyr i sikte. Det er fordi tilgangen på mat der nede er liten. Drives et fiskeoppdrettsanlegg på riktig måte kan avfallet stimulere til økt aktivitet på fjordbunnen. Bilder fra Uggdalsfjorden viser et yrende dyreliv i området under et lakseanlegg med et titalls tusen kråkeboller, mengder av krepsdyr og millioner små mark.

Tina Kutti
tina.kutti@imr.no

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

Det er velkjent at oppdrett av fisk medfører utslipp av store mengder organisk stoff til omkringliggende vannmasser. Ved maksimum utføring kan det på et middels stort oppdrettsanlegg daglig slippes ut 1 500 til 3 000 kg. Avfallet består først og fremst av fiskens fekalier (avføring), men selv i dag forekommer også noe forspill. På grunne og skjermede lokaliteter, som var vanlig i laksenæringens spede barndom, oppstod ofte problemer på grunn av opphopning av organisk stoff under anleggene etter et

par års drift. I dag foregår det meste av produksjonen på lokaliteter med større dyp og bedre vanngjennomstrømming, slik at avfallet spres over større områder.

Tilførsel av organisk materiale

I kystsonen der oppdrettsanleggene kan ligge tett, ser vi nå heller lokale (100 m-skala) og regionale (km-skala) effekter som følge av økt tilførsel av næring og organisk stoff til bunnen. De dyr som lever på bunnen i norske fjorder er vanligvis begrenset av lav tilgang på mat. Tilførslene av næring i form av fekalier og spillfor fra akvakultur utgjør et ekstra næringstilbud, og kan dermed øke tettheten av bunnlevende dyr. I vestlige og nordlige kystområder er oppdrettsnæringen i dag den største kilden til utslipp av næringssalter. Med tanke på at næringen fremdeles er i vekst og er forventet å øke ytterligere de nærmeste årene, er det viktig å undersøke hvordan økt tilgang på næringssalter og organisk materiale påvirker de kystnære bentiske økosystemene slik at negative effekter kan minskes og produksjonen av laks kan opprettholdes på et ønskelig nivå.

Bilde 3.12.2.1

Nærbilde av bunnen 250 m (A, B og C) og 1 500 m (D) nord for anleggets fortøyningspunkt ett år etter utsett av smolt. På bildene ser man de store forekomstene av den irregulære kråkebollen *Brissopsis lyrifera* og små børstemark på sedimentoverflaten nær anlegget, og som kontrast den ørkenlignende bunnen lenger ut i fjorden.

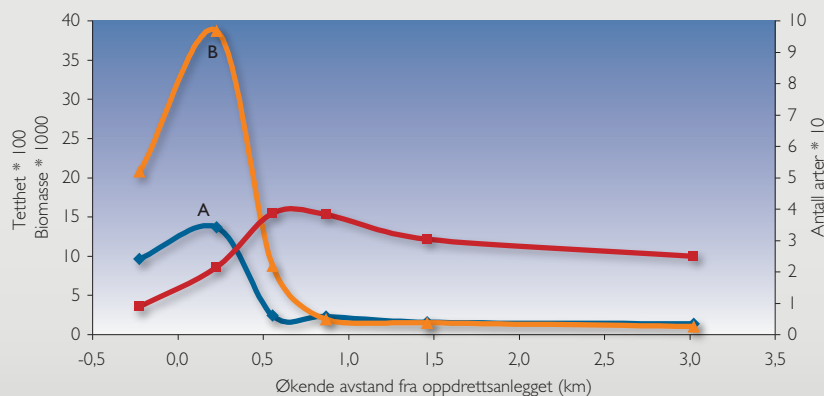
*Snap shots from ROV video investigation of one station 250 m north (A, B and C) and one station 1 500 m north (D) of the mooring point of the salmon farm one year after the start of production. The pictures show the huge abundances of the sea urchin *Brissopsis lyrifera* and small polychaets within the footprint of the farm and the desert like surroundings in the unaffected area of the fjord.*

Utklipp fra ROV videoopptak, foto: Arne Skaar, ROV & Dykker service AS

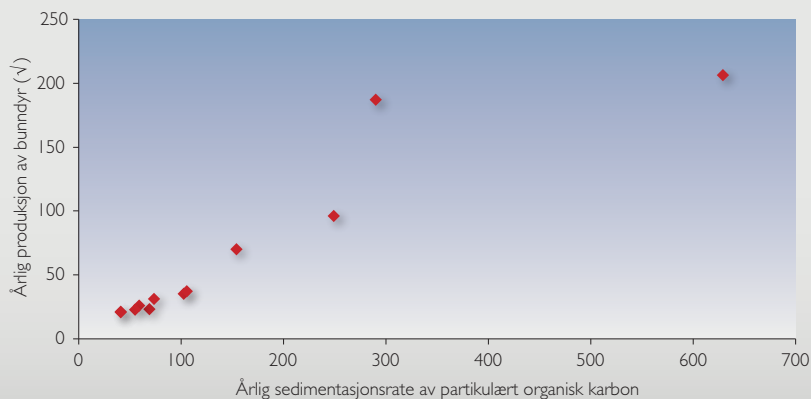


Figur 3.12.2.2

Tetthet (A), biomasse (B) og antall arter (S) av bunndyr større enn 1 mm på seks stasjoner langs en 3 km lang gradient ut fra anlegget ved maksimum utføring (september og desember 2004). Virkningen på bunndyrssamfunnet av økende organisk belastning langs gradienten ut fra anlegget samsvarer med SAB-kurven (species/abundance/biomass) beskrevet av Pearson og Rosenberg, 1978 (Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16, 229-311). Abundance (A), biomass (B) and number of benthic species (S) larger than 1 mm from six stations along the 3 km gradient away from the fish farm at peak production (September and December 2004). The effects of the increased organic loading along the gradient on the benthic community correspond with the SAB-curve (species/abundance/biomass) described by Pearson and Rosenberg, 1978 (Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16, 229-311).

**Figur 3.12.2.3**

Den toårige studien påviste en tydelig sammenheng mellom den årlige sedimentasjonsraten av partikulært organisk karbon og årlig produksjon av små bunndyr i sedimentet ($\sqrt{\text{transformerte data}}$). The two-year study showed a significant correlation between annual sedimentation rates of particulate carbon and the annual production of infauna along the investigated gradient ($\sqrt{\text{transformed data}}$).



Havforskningsinstituttet har gjennomført en toårig studie over en produksjonssyklus og undersøkt spredning av organisk materiale, sedimentasjonsrater og bunndyr langs en tre km lang gradient ut fra et lakseanlegg på en dyp lokalitet i Hordaland. Det undersøkte anlegget er et middelsstort norsk matfiskanlegg. I løpet av produksjonssyklusen ble det produsert 2 910 tonn laks og det ble sluppet ut 300 tonn organisk avfall. Anlegget ligger fortøyd til et punkt på 230 m dyp og forflytter seg avhengig av vindens og strømmens retning og styrke. Området det sveiper seg over er 30 ganger større enn området merdene dekker, og avfallet får derfor en relativt stor spredning. Til tross for at anlegget har produsert laks i mer enn ti år er lokaliteten ikke forurenset, men det er det observert store endringer på bunnen og sterk økning i mengden av bunndyr.

Økt tetthet og biomasse i nærsonen

De mest markante effektene av utslippet av organisk avfall begrenset seg til de nærmeste 250 m fra anleggets fortøyningspunkt (se 3.12.2.1). I dette området ble sedimentasjonsratene av organisk kar-

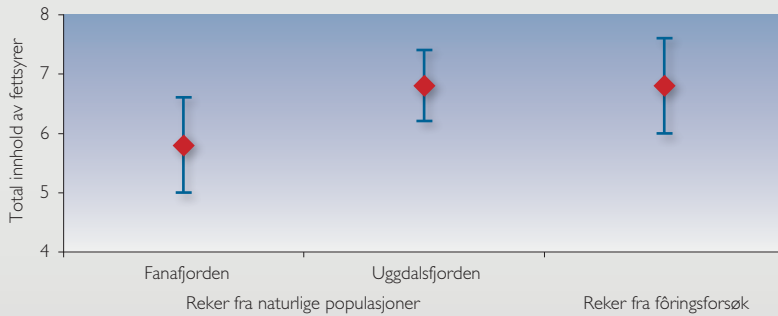
bon målt til $365 \text{ g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, noe som er ni ganger høyere enn det som ble målt tre km ut i fjorden. Til tross for dette fantes det ikke akkumulert organisk materiale i sedimentet, men tettheten, biomassen og produksjonen av små bunnelvende dyr var kraftig forhøyet; henholdsvis 10, 35 og 60 ganger høyere enn i upåvirkede områder i (Figur 3.12.2.2).

I det påvirkede området var det særlig børstemarkene *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis*, *Paramphinome jeffreysii* og *Prionospio steenstrupi*, skjellene *Thyasira sarsii* og *Abra nitida* og den irregulære kråkebollen *Brissopsis lyrifera* som utnyttet den økte tilgangen på mat. Populasjonen av de irregulære kråkebollene under anlegget var så stor at den alene var i stand til å konsumere $1\ 200 \text{ g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$, flere ganger mer enn den årlige sedimentasjonsraten på lokaliteten. I nedfalls-sonen var konsentrasjonen av total fosfor i sedimentet høyt over bakgrunnsnivået for fosfor i marine sedimenter og ble brukt til å markere det primære nedfallsområdet for det partikulære avfallet.

Større mangfold i overgangssonen

Selv om mesteparten av det organiske materialet ble spredt innen 250 m fra anleggets fortøyningspunkt, viste sammensetningen av stabile karbonisotoper ($\delta^{13}\text{C}$) og fettsyrer i sedimentfelle materialet at en del av avfallet ble spredt opptil 550–900 m fra anleggets fortøyningspunkt. Dette materialet har sannsynligvis bunnfelt innen en radius på 250 m fra anlegget og er deretter blitt spredt videre ut i fjorden via oppvirvling fra bunnen (resuspensjon). Gjennomsnittsstrømmene i Uggdalsfjorden var lave ($1,5 \text{ cm s}^{-1}$), men ofte ble det registrert pulser over 10 cm s^{-1} , kraftige nok til å virvle opp bunnsedimentet og dermed øke den horisontale transporten av organisk avfall fra anlegget.

Innen denne overgangssonen (550–900 m) ble samfunnet av bunnelvende dyr karakterisert av arter typiske både for nærsonen og for det regionale bakgrunnsamfunnet, med et kraftig forhøyet antall arter, men minkende tetthet og biomasse av infauna (dyr som lever ned i bunnen – se Figur 3.12.2.2). Da produksjonen av laks var på sitt høyeste, fantes det dobbelt så mange



Figur 3.12.2.4

Gjennomsnittlig innhold av fettsyrer (\pm SD) i reker fra naturlige populasjoner og fra et fôringsforsøk. Reker (*Pandalus borealis*) fra Uggdalsfjorden hadde en høyere konsentrasjon av fettsyrer enn rekene fra Fanafjorden, og like mye som reker fra et fôringsforsøk som hadde hatt ubegrenset mattilgang i 30 dager. *Shrimps (Pandalus borealis) caught near the fish farm in Uggdalsfjorden had a higher total fatty acid content in its muscles than shrimps caught in the near by Fanafjorden, where fish farms are absent, and the same amount as shrimps who had been given unlimited amount of food for 30 days in a feeding experiment. The graph shows mean values \pm SD.*

arter her sammenlignet med nærsonen. Studiet bekrefter at det eksisterer en overgangssone med forhøyet mangfold mellom området med betydelig forhøyet tilførsel av organisk stoff, og det med normal bakgrunns sedimentasjon, og at overgangen mellom disse to områdene skjer gradvis. På denne dype lokaliteten hadde overgangssonen stor utstrekning, 1,5 til 3 km unna anlegget var bunndyrssamfunnet relativt upåvirket, men analysene av stabile karbonisotoper viste at det også her var organisk materiale fra anlegget til stede i sedimentet. Ved det undersøkte anlegget var forholdet mellom mengden arter, tetthet og biomasse langs gradienten uforandret gjennom hele studiet, noe som indikerer at samfunnet var stabilt over tid.

Sterkere infaunaproduksjon og effekter på høyere trofiske nivåer

En viktig oppdagelse fra denne studien var den tydelige sammenhengen mellom årlige sedimentasjonsrater av organisk stoff og produksjon av små bunndyr (Figur 3.12.2.3). Den årlige produksjonen av infauna ved anlegget var 40 000 mg askefri tørrvekt m^{-2} , mens den 3 km ut i fjorden bare var på 500 mg. På våre breddegrader er det vanlig å se en produksjon av dyr i bløtbunn på ca. 7 000 mg askefri tørrvekt m^{-2} . Dette viser at fjorder som egentlig er lavproduktive systemer kan skifte regime og bli ekstremt produktive ved at det kommer et oppdrettsanlegg i området. Til tross for at de største effektene på produksjonen av bunndyr var begrenset til de nærmeste 250 m fra anlegget, kan hele den bentske næringskjeden bli påvirket i en mye større skala. Det gjelder særlig for mer bevegelige organismer som bunnavlevende fisk og krepsdyr, som har en diett som hovedsakelig består av infauna.

Avfallet fra anlegget ble utnyttet av dyp-havsreken *Pandalus borealis*, som har norsk økonomisk betydning. Muskulaturen i reker som var fanget ved anlegget inneholdt flere fettsyrer (18:2n6 og 18:3n3) som er typiske i laksefôr. Analyser av stabile karbon- ($\delta^{13}C$) og nitrogenisotoper ($\delta^{15}N$) viste at rekene først og fremst hadde spist infauna, som i sin tur har spist laksefekalier. Reker fanget ved anlegget hadde på vinteren også et høyere innhold av fettsyrer i muskulaturen enn reker fra en nærliggende fjord uten oppdrettsanlegg, noe som indikerer at de gjennom året har hatt en mer stabil mattilgang (Bilde 3.12.2.4). Det foreligger ennå ingen undersøkelser om oppdrettsanlegg trekker til seg flere reker.

Betydning for forvaltningen

Resultatene fra denne undersøkelsen understreker betydningen av å velge lokaliteter med gode resuspensjons- og spredningsforhold, og av å tilpasse produksjonsnivået av fisk til det dyr og mikroorganismer i sedimentet klarer å omsette. Med god lokalisering kan man på dype lokaliteter opprettholde en høy produksjon over lang tid, uten akkumulering av organisk materiale, med en kraftig forhøyet produksjon av bunndyr. Overbelastning av en lokalitet kan unngås ved å øke arealet der det organiske avfallet bunnfeller, enten ved å fortøye anlegget på ett punkt, som i dette tilfellet, eller benytte frittliggende merder i stedet for kompaktanlegg.

Ecological effects of fish farm organic waste

The effects of the release of organic waste from a salmon farm (which produced 2 910 tonnes during 19 months) at a deep-water location were investigated. The study showed that the large-scale effects on the benthos were restricted to the nearest 250 m of the farm. Within this zone the annual vertical flux of particulate organic carbon to the bottom was 365 $g\ m^{-2}$, nine times as high as what was found 3 km away from the farm. Abundance, biomass and production of infauna were highly elevated, i.e. 10, 35 and 60 times higher, respectively, than in the unaffected areas of the fjord. The low and unchanged content of organic matter in the sediment showed that at this site local resuspension and dispersal conditions and the decomposition capacity of the benthos were sufficient to prevent overloading of the locality.