

## **Konsekvensutredning av regionale miljøvirkninger av et framtidig økende fiskeoppdrett i Norge**

av

**Arne Ervik**

**Jan Aure**

**Hein Rune Skjoldal**

**Jon Alvsvåg**

**Havforskningsinstituttet**

**Februar 2005**



## Forord

Utredningen er laget på oppdrag fra SFT. Den gir en kortfattet vurdering av regionale (fylkesvise) miljøvirkninger av utslipp av næringssalter og organisk stoff ved økt oppdrettsaktivitet. Beregningene tar sikte på å skalere påvirkningene og å klargjøre hvilke påvirkninger som har størst betydning i de ulike deler av landet. Miljøvirkningene som er vurdert er økt algevekst (eutrofiering), transport i kyststrømmen, oksygenforbruk i terskelbassenger og bunnpåvirkning. Beregningene er konservative, det vil si at virkningene som er beregnet trolig er større enn de reelle. På slutten gir utredningen synspunkter på tilpassning til bæreevne.

## Innledning

Oppdrett kan ha ulike miljøvirkninger, slik som genetisk påvirkning av ville bestander, spredning av smitte og parasitter, effekt av fremmedstoffer og organisk påvirkning. Hver av disse påvirkningene har sin egen tålegrense som kan begrense omfanget av oppdrettsaktiviteten. Kriterier for å vurdere betydningen av påvirkningene er blant annet reversibilitet, sårbarheten til de miljøverdiene som blir berørt, hvor store områder som blir berørt og økonomisk betydning av påvirkningen. Ut fra disse kriteriene anser Havforskningsinstituttet genetiske interaksjoner mellom vill og oppdrettet laks for å være den alvorligste på landsbasis, mens lakselus trolig har mest betydning på deler av Vestlandet. Innsatsen for å løse disse problemene er betydelig, og en må tro at de er løst innen 20-års perspektivet for denne konsekvensutredningen.

Utslipp av næringssalter og organisk stoff er uløselig knyttet til oppdrett av akvatiske organismer og kan ikke elimineres. Den målbare organiske påvirkningen har så langt vært lokal, og overbelastning av bunnen i anleggsområdene har tidvis vært et problem. Denne påvirkningen reguleres nå ved overvåkning etter Norsk standard 9410. Ved en videre utbygging av oppdrettsnæringen kan den organiske påvirkningen også få regional betydning. Vurdert etter kriteriene ovenfor må betydningen av potensielle regionale miljøvirkninger vurderes ut fra at de kan påvirke sårbare områder, har stor geografisk spredning og kan ha økonomiske konsekvenser. Organisk påvirkning fra oppdrett vil forøvrig i noen grad øke produktiviteten i kystsonen og derved mulighetene for økt uttak av økonomisk utnyttbare arter.

Rapporten bruker to ulike måter til å beregne hvordan økt produksjon av fisk påvirker primærproduksjonen. Den første beregner hvor mye primærproduksjonen i det enkelte fylke øker dersom vi beholder dagens fylkesvise fordeling av produksjonen, men øker produksjonen til henholdsvis 2, 4, 6 og 10 millioner tonn fisk. En slik modell innebærer at mesteparten av produksjonen finner sted i Sørnorge. Den andre beregning viser hvor mye vi kan produsere i det enkelte fylke dersom vi tillater primærproduksjonen å øke med henholdsvis 4, 8, 12.5 og 25 %. Denne beregningsmåten tilsier at Nordnorge vil produsere mest fisk. Rapporten sammenligner følsomheten av fjordbassenger i Sør- og Nordnorge for ekstra oksygenbelastning fra fiskeoppdrett og utreder hva disse økninger i primærproduksjon betyr for transport av nitrogen i kyststrømmen. Den gir også en vurdering hvordan miljøvirkningene kan reguleres.

### **Beregning av eutrofiering**

Økt primærproduksjon som følge av utslipp av næringssalter fra fiskeoppdrett er beregnet for kystfylkene fra Vest-Agder til Finnmark og beregnet på grunnlag av utslipp av nitrogen. Nitrogen er valgt fordi det normalt er begrensende faktor for primærproduksjon i marine systemer, eventuelt er nitrogen og fosfor i ballanse. Innerste del av fjorder med sterk ferskvannsavrenning er et unntak fra denne regelen, her kan fosfor være begrensende. Videre blir en stor del av metabolisert nitrogen skilt ut som ammonium over fiskens gjeller og er derfor direkte tilgjengelig for algene. Fosfor er i motsetning til nitrogen i hovedsak bundet til partikler som synker ut av produksjonslaget. Innholdet av nitrogen i fiskefôret er videre proporsjonalt med innholdet av protein og bestemmes av fiskens ernæringsmessige behov. Utslippene av nitrogen ligger derfor relativt fast, og en fortsatt betydelig nedgang av fôrfaktoren kan ikke forventes. Fosforinnholdet i fôret er derimot vesentlig høyere enn det fisken trenger, og kan reduseres dersom det er ønskelig. Utslipp av fosfor følgelig ikke så konservativt som utslipp av nitrogen og derfor mindre egnet som grunnlag for en konsekvensanalyse med langt tidsperspektiv.

Relative utslipp av nitrogen settes til 45 kg per tonn produsert laks (Klev 2000), det antas at utslippene er de samme for regnbueørret. Tallet er noe høyere enn beregnet med MOM-modellen som gir 38 kg per tonn (Stigebrandt et al. 2004). Torskefôr har et noe høyere innhold av protein en laksefôr, men vi har ikke tall for utskillelse av nitrogen fra torsk. Beregningene skiller derfor ikke mellom produksjon av laksefisk og torsk. MOM-modellen angir at 60 % av nitrogenet skilles ut som ammonium, og dette tallet brukes ved beregning av eutrofiering. Det antas at all utskilt ammonium går inn i primærproduksjon og at produksjonen skjer i det fylket utslippet finner sted. Beregningene tar ikke hensyn til at primærproduksjonen er lysbegrenset i vinterhalvåret. Det er heller ikke tatt hensyn til at fortynningen av nitrogenet kan begrense tilgjengeligheten for algeproduksjon.

*I beregning av eutrofiering har vi benyttet en midlere naturlig årlig primærproduksjon på 100 gram karbon per m<sup>2</sup> per år (se nedenfor). Utslippet av nitrogen per tonn fisk per år er satt til 45 kg \*0.6 som forklart ovenfor. Vi har antatt at en del nitrogen produserer 5.7 deler karbon (alger) under primærproduksjonen ( Redfield et. al. 1963).*

*I tilknytning til beregning av tilførsler av næringssalter til kyststrømmen fra fylkene har vi ikke tatt i betraktning tilbakeholdelse (sedimentering) av næringssalter (karbon) i fjorder og indre kystområder. Det samme er tilfelle for beregning av sedimentering av næringssalter (karbon) i fjorder og nære kystområder hvor vi ikke heller har tatt hensyn til eksport av næringssalter (karbon) til kystvannet.*

### **Årlig primærproduksjon og sedimentasjon i norske kystområder**

Wassmann (1990 a, b) sammenfattet de tilgjengelige beregningene av årlig primærproduksjon basert på målinger i norske kystområder. Verdiene ligger stort sett i området 100-150 g C m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>, med en tendens til noe høyere verdier for åpne fjordlokaliteter. Vi har brukt en verdi på 100 g C m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup> for årlig primærproduksjon som grunnlag for beregningene i denne rapporten. Denne verdien er i det nedre området av de rapporterte verdiene og vi kan betrakte den som et konservativt (minimum) anslag.

Den totale årlige primærproduksjonen kan deles i to bidrag: ny produksjon og regenerert produksjon. Ny produksjon er produksjon basert på vinter-akkumulerte næringsalter eller næringsalter som tilføres det øvre vannlaget gjennom den produktive periode, enten ved avrenning fra land eller ved blanding og oppstrømming av dypere vannmasser.

Om vinteren er primærproduksjonen sterkt begrenset pga. lite lys. Dette gjelder en ca. 4 måneders periode (November - Februar) hvor lysbegrensning er så sterk at det er nesten ingen primærproduksjon. I denne perioden anrikes det øvre vannlaget i kyststrømmen og fjorder til et maksimalt vinternivå. For nitrogen (nitrat) kan dette nivået variere mellom 5 og 10  $\mu\text{mol l}^{-1}$  avhengig av ferskvannstilførsel (som er fattig på næringsalter) og lagdeling i vannmassene. Vanligvis er de laveste verdiene ved lav saltholdighet i indre kystområder. Atlantisk vann utenfor kyststrømmen har en vinterverdi på ca. 12  $\mu\text{mol NO}_3 \text{ l}^{-1}$ .

I løpet av våren når lyset øker og vannmassene stabiliseres, skjer det en kraftig økning i veksten av planteplankton. Denne våroppblomstringen av alger kommer vanligvis i mars eller første del av april, med litt tidsforsinkelse fra sør til nord. Våroppblomstringen fører til nedsatt sikt i vannet ("groe" i sjøen). Den begrenses og stoppes ved at næringsaltene som er akkumulert i overflatelaget i løpet av vinteren, blir brukt opp. Våroppblomstringen er i hovedsak ny produksjon og mye av denne sedimenteres ut fra det øvre vannlaget når blomstringen kulminerer (Wassmann 1990a, Skjoldal & Wassmann 1986).

Etter våroppblomstringen skjer det fortsatt vekst av alger i det øvre vannlaget. Næringssaltene for denne veksten kommer i hovedsak fra ekskresjon (utskillelse i urin og fekalier) fra beitende dyreplankton og mikroorganismer som bryter ned dødt organisk materiale. Dyreplankton som copepoder (hoppekreps) skiller i hovedsak ut ammonium. Når dyreplanktonet beiter på planteplankton er det bare en mindre fraksjon (ca. 20 %) av nitrogenet som bindes opp i ny biomasse; resten (ca. 80 %) blir metabolisert og skilt ut igjen tilbake til vannet (Skjoldal et al. 2004). Her kan disse regenererte næringssaltene (mesteparten ammonium) brukes om igjen til ny produksjon av planteplankton. Derfor kalles denne produksjonen basert på gjenbruk for regenerert produksjon.

Som et gjennomsnitt over tid og over større områder vil det være likevekt mellom ny produksjon og den delen av primærproduksjonen som synker ut (sedimenterer) fra det produktive overflatelaget. Denne delen betegnes som eksport-produksjon fordi den eksporteres ut fra det produktive lag og representerer input av organisk materiale og energi til dypere vannlag og bunn. Wassmann (1990 a, b) undersøkte sammenhengen mellom eksport-produksjon og total primærproduksjon i norske kystområder basert på empiriske data. Han fant at for verdier av primærproduksjon i området 100-200  $\text{g C m}^{-2} \text{ år}^{-1}$  utgjør eksport-produksjonen 30-40 % av total primærproduksjon. Ca. 1/3-del av primærproduksjonen synker derfor ut fra det øvre belyste vannlaget og ned i underliggende vannlag. Her utgjør det mat for dyr i vannsøylen og på bunnen og noe brytes også ned av bakterier og andre mikroorganismer. Dette fører til forbruk av oksygen, og sedimentasjon av organisk materiale kan føre til redusert oksygeninnhold i terskelbassenger med liten vannutskifting.

### Sjøareal i det enkelte fylke

Sjøarealet innenfor grunnlinjen i det enkelte fylke og totalt sjøareal fra Vest-Agder til Finnmark er beregnet som sum av segmenter i "Fjordkatalogen" (Tabell 1). De åpne områdene av Vestfjorden er ikke inkludert. Som en ser skiller de tre nordligste fylkene seg ut med Nordland som det arealmessig klart største. Samlet har disse tre fylkene 60 % av det totale sjøarealet nord for Vest-Agder.

**Tabell 1** Sjøarealene innenfor grunnlinjen og totalt sjøareal i kystfylkene på strekningen Vest-Agder – Finnmark. Åpne områder av Vestfjorden er ikke inkludert. Kilde: Fjordkatalogen.

Fylke	sjøareal (km <sup>2</sup> )	% sjøareal
Vest-Agder	803	1
Rogaland	2 723	4
Hordaland	3 959	5
Sogn og Fjordane	4 532	6
Møre og Romsdal	6 271	8
Sør-Trøndelag	7 262	10
Nord-Trøndelag	4 996	7
Nordland	19 906	26
Troms	11 354	15
Finnmark	14 604	19
Totalt	76 410	100

### Produksjonsøkning uten å endre fordelingen mellom fylkene.

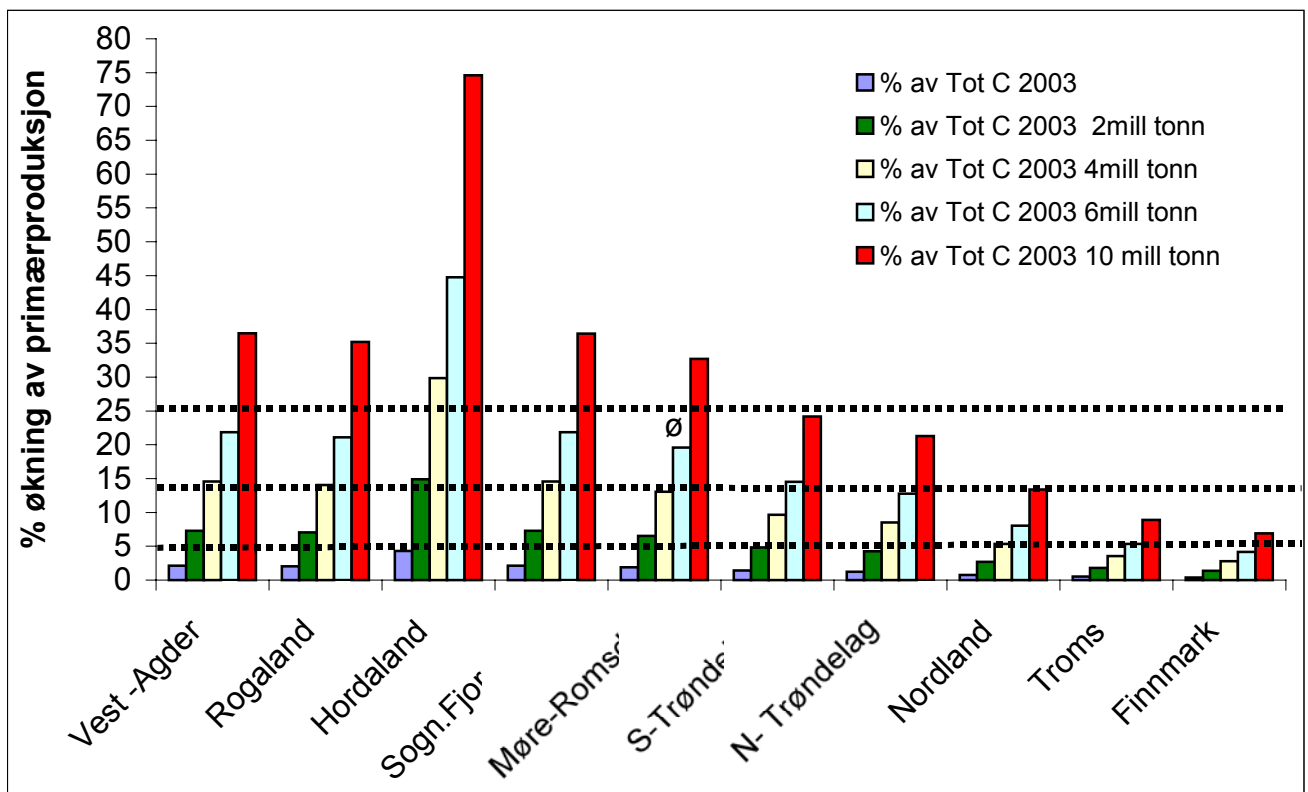
Denne beregningen viser hvordan primærproduksjonen endres med økt fiskeproduksjon dersom vi beholder dagens fylkesmessige fordeling av produksjon (fordeling i 2003). Beregningene er gjort for totalproduksjon på henholdsvis 2, 4, 6 og 10 millioner tonn per år. Tabell 2 viser produksjonen i det enkelte fylke og hvor mye nitrogen som slippes ut.

**Tabell 2** . Venstre del av tabellen viser fylkesvis og total fiskeproduksjon i det enkelte fylke ved total produksjon på 0,6, 2, 4, 6 og 10 millioner tonn per år. 0,6 millioner tonn er produksjonen i 2003. Den prosentvise fordelingen mellom fylkene er den samme som i 2003. Høyre del viser fylkesvis utslipp av nitrogen ved disse produksjonsmengdene.

Total fiskeproduksjon (tonn)	0,6 mill	2 mill	4 mill	6 mill	10 mill	Fylkesvise utslipp av nitrogen (tonn)				
						0,6 mill	2 mill	4 mill	6 mill	10 mill
						Fylkesvis produksjon av fisk (tonn)				
Østlandet/Vest -Agder	11 000	37 997	75 993	113 990	189 983	298	1 028	2 056	3 085	5 141
Rogaland	36 000	124 352	248 705	373 057	621 762	974	3 365	6 730	10 095	16 825
Hordaland	111 000	383 420	766 839	1 150 259	1 917 098	3 004	10 375	20 751	31 126	51 877
Sogn og Fjordane	62 000	214 162	428 325	642 487	1 070 812	1 678	5 795	11 590	17 386	28 976
Møre og Romsdal	77 000	265 976	531 952	797 927	1 329 879	2 084	7 197	14 395	21 592	35 987
Sør - Trøndelag	66 000	227 979	455 959	683 938	1 139 896	1 786	6 169	12 338	18 507	30 846
Nord - Trøndelag	40 000	138 169	276 339	414 508	690 846	1 082	3 739	7 478	11 217	18 694
Nordland	100 000	345 423	690 846	1 036 269	1 727 116	2 706	9 347	18 694	28 041	46 736
Troms	38 000	131 261	262 522	393 782	656 304	1 028	3 552	7 104	10 656	17 760
Finnmark	38 000	131 261	262 522	393 782	656 304	1 028	3 552	7 104	10 656	17 760

De arealmessig små fylkene i Sørnorge har i dag høy produksjon. En proporsjonal økning av produksjonen gir derfor svært store kvanta og store utslipp av nitrogen ved de scenariene som gir størst vekst. Ved en total produksjon på 6 og 10 millioner tonn vil Hordaland produsere henholdsvis 1.1 millioner tonn og 1.9 millioner tonn fisk. De tilsvarende tallene for Troms og Finnmark er 400 000 og 600 000 tonn.

Utslippene av nitrogen fra oppdrett sør for Stad er beregnet til 20 000, 40 000, 60 000 og 100 000 tonn dersom vi produserer 2, 4, 6 eller 10 millioner tonn. Til sammenligning er de antropogene utslippene i samme område (unntatt oppdrett) omlag 10.000 tonn (Skjoldal et al. 1997).



**Figur 1.** Prosent økning i primærproduksjonen fra oppdrett med totalproduksjon på 0.58 (2003), 2, 4, og 10 mill tonn fisk. Produksjonen er fordelt ut fra dagen produksjon (2003) i de enkelte fylkene. Horisontale prikkete linjer viser tålegrensene for henholdsvis 8, 12.5 og 25 % økning av primærproduksjonen.

Den fiskemengden vi kan produsere i innen en region bestemmes av hvor stor økning av primærproduksjonen vi vil godta. Disse grensene for miljøpåvirkning kaller vi miljøstandarder, og hvor mye fisk vi kan produsere uten å bryte miljøstandarder kaller vi bæreevnen. Figur 1 viser hvordan primærproduksjonen øker med økte utslipp av nitrogen, og har lagt inn miljøstandarder for 4, 12.5 og 25 % økning i primærproduksjonen. Det framgår det er rom for en moderat produksjonsøkning i alle fylker ved en miljøstandard på 4 % økning av primærproduksjonen. Det må understrekes at det ikke er påvist økt vest av planktonalger i Hordaland som i dag har størst produksjon av oppdrettsfisk og størst tetthet av anlegg. Ved en økning på 12.5 % begrenses produksjonen i alle fylker sør for Nord-Trøndelag. Det innebærer

at vi med dagens fylkesvise fordeling ikke kan produsere 4 millioner tonn fisk ved 12.5 % økning av primærproduksjonen fordi fylkene i sør når taket, slik at de ikke kan ta sin relative del av produksjonen. Figuren viser videre at bæreevnen i sør i enda større grad overskrides når miljøstandarden settes til 25 % økning av primærproduksjonen, samtidig som det bæreevnen lenger nord ikke er utnyttet.

Beregningene viser at dagens fylkesmessige fordeling av fiskeproduksjonen ikke er hensiktsmessig ved en større utbygging av oppdrettsnæringen. I neste kapittel ser vi derfor bort fra nåværende struktur i oppdrettsnæringen og beregner den naturgitte bæreevnen for oppdrett.

### Beregning av naturgitt bæreevne

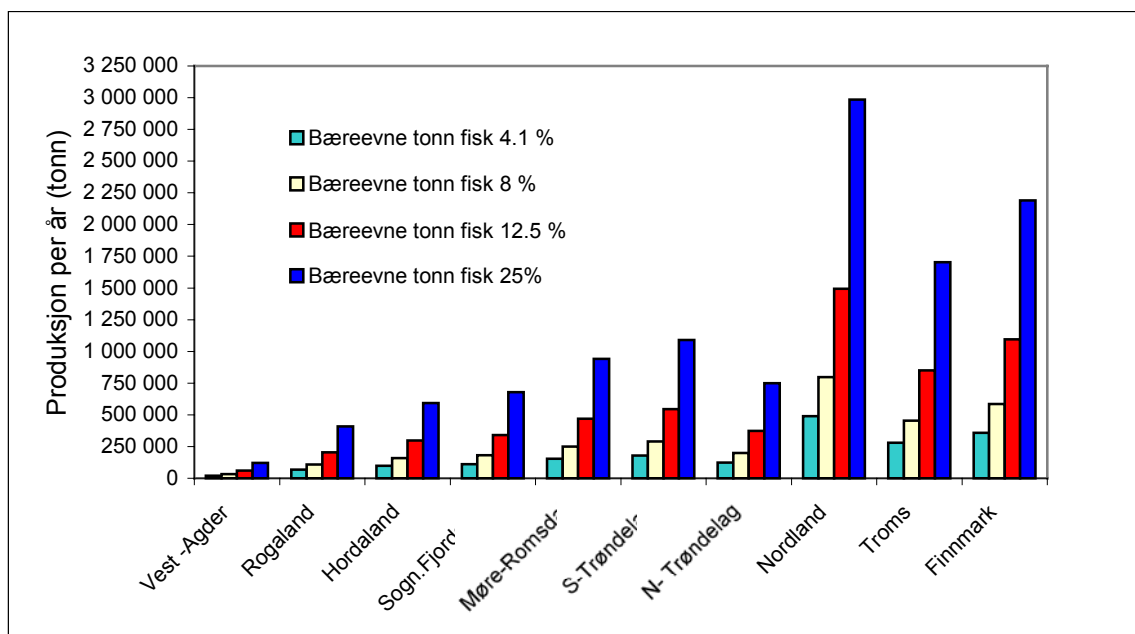
Beregningene tar utgangspunkt i sjøarealet i det enkelte fylke og regner ut hvor nye fisk vi kan produsere (bæreevnen) dersom vil tillate at primærproduksjonen øker med 4, 8, 12.5 og 25 %.

Bæreevnen for det enkelte fylke og total bæreevne er presentert i tabell 3. Den viser at bæreevnen er stor selv med moderate økninger av primærproduksjonen, og svært stor dersom vi godtar en økning på 25 %. Beregningene samsvarer med resultatene for ”Perspektivanalyse for havbruk i Rogaland”, som basert på oksygeninnhold i bunnvann angir en samlet kapasitet på 100 000 tonn i de sentrale delen av Rogaland. Det tilsvarer 8 % økning av primærproduksjonen dersom den spres over hele fylket. Tabellen viser at det største potensialet ligger i Nordnorge, eksempelvis kan Nordland produsere 800 000 tonn ved 8 % økning av primærproduksjon, og 1.5 millioner tonn ved 12.5 %. Den store bæreevnen i Nordnorge er illustrert i figur 2. Når en beregner en økt framtidig produksjon ut fra naturgitte forhold, vil ca 80 % av produksjonen foregå nord for Møre og Romsdal, mens dagens fordeling er ca 50 %. Resultatene underbygger vurderingen fra forrige kapittel om at det er rom for betydelig produksjonsøkning også i Sørnorge, men at en omfordelings mot nord er nødvendig dersom produksjonen økes utover 3 til 4 millioner tonn.

**Tabell 4.** Høyre del av tabellen viser fylkesvis og total bæreevne ved 4, 8, 12.5 og 25 prosent økning av primærproduksjon, og venstre del hvor mange ganger produksjonen kan økes fra produksjonen i 2003.

Økning i primærproduksjon (%)	Produksjon i tonn fisk (tonn)				Ganger økning av dagens produksjon			
	4	8	12.5	25	4	8	12.5	25
Vest-Agder	19 754	32 120	60 225	120 450	1,8	2,9	5,5	11,0
Rogaland	66 986	108 920	204 225	408 450	1,9	3,0	5,7	11,3
Hordaland	97 391	158 360	296 925	593 850	0,9	1,4	2,7	5,4
Sogn og Fjordane	111 487	181 280	339 900	679 800	1,8	2,9	5,5	11,0
Møre og Romsdal	154 267	250 840	470 325	940 650	2,0	3,3	6,1	12,2
Sør-Trøndelag	178 645	290 480	544 650	1 089 300	2,7	4,4	8,3	16,5
N-Trøndelag	122 902	199 840	374 700	749 400	3,1	5,0	9,4	18,7
Nordland	489 688	796 240	1 492 950	2 985 900	4,9	8,0	14,9	29,9
Troms	279 308	454 160	851 550	1 703 100	7,4	12,0	22,4	44,8
Finnmark	359 258	584 160	1 095 300	2 190 600	9,5	15,4	28,8	57,6
<b>Total fiskeproduksjon (tonn)</b>	<b>1 879 680</b>	<b>3 056 400</b>	<b>5 730 750</b>	<b>11 461 500</b>				



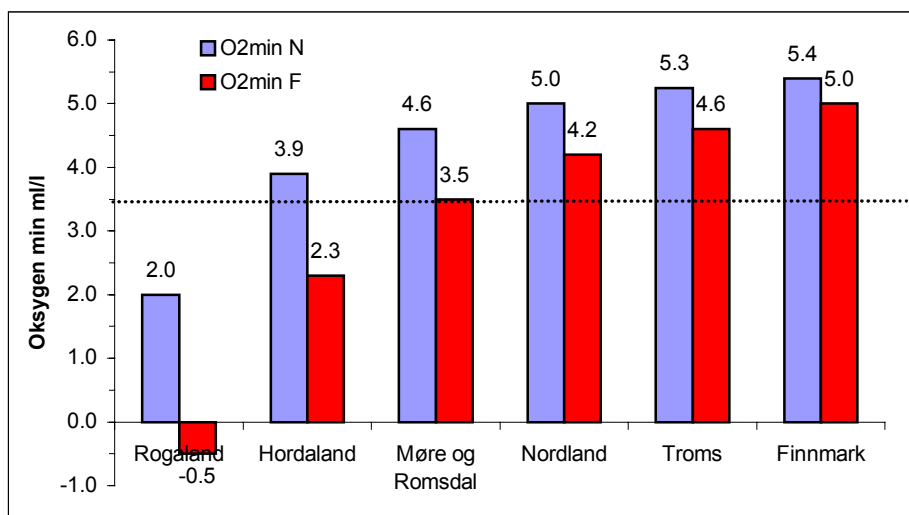


**Figur 3** Bæreevne (tonn) i det enkelte fylke ved økning i primærproduksjon på 4, 8, 12.5 og 25 prosent som følge av utslipp av nitrogen fra fiskeoppdrett.

### Organisk belastning i fjordbasseng

Dagens oppdrettsanlegg er vanligvis lokalisert langs land slik at organisk materiale bunnfeller grunnere enn terskeldyp. I fremtiden kan mangel på areal og store anlegg føre til at anleggene plasseres midtfjords, dvs over fjordbassengene slik av de partikulære utslippene sedimenterer på dypt vann. Figur 4 presenterer beregning av oksygenminimum i bassengvannet i et middels stor fjord med og uten fiskeoppdrett. Den tenkte fjorden plasseres i alle fylkene fra Rogaland til Finnmark. Den har et areal på  $100 \text{ km}^2$ , terskeldyp 50 m og dybden av bassenget er 100 m. Produksjonen er 25.000 tonn fisk per år, og anleggene ligger over fjordbassenget. I forhold til oksygenforbruket i bassengene er det "worst case". Oksygenminima er beregnet med modellen "Fjordmiljø" (Aure og Stigebrandt 1990, Stigebrandt 2001).

Tidevannsstrømmene i innløpet av fjorden bestemmer hyppigheten av innstrømning av nytt vann og dermed oksygenminimum i bassengvannet. Tidevanns - strømmen i innløpet av fjorden øker betydelig fra sør til nord (tidevannsforskjellen øker med en faktor på 7 fra Rogaland til Finnmark). Det naturlige oksygenminimum i fjordbassenget vil derfor øke fra sør mot nord, samtidig som oksygenreduksjonen som følge av oppdrett avtar, se figur 4. Hvis vi for eksempel antar at oksygenminimum i fjordbassenget ikke skal være under  $3.5 \text{ ml l}^{-1}$ , vil det ikke kunne drives oppdrett over fjordbassenget i Rogaland, mens det i Møre og Romsdal kan produseres ca 25.000 tonn per år. Dette viser at bæreevnen for oppdrett over fjordbasseng øker betydelig fra sør mot nord, og at begrensninger for fiskeoppdrett i de nordlige regionene i større grad vil være knyttet til økt algeproduksjon.



**Figur 4** . Beregnet naturlig oksygenminimum (O<sub>2</sub>minN) og oksygenminimum ved en fiskeproduksjon på 25.000 tonn per år (O<sub>2</sub>minF) for en middels stor fjord fra Rogaland til Finnmark.

### Fjord - kyst fiskeoppdrett.

Midlere transport av nitrogen i kyststrømmen mellom 0 og 30 m dyp er antatt å øke fra ca 1.5 mill tonn/år utenfor Sørvestlandet til ca 5 mill tonn/år i Troms/Finnmark (Aure og Skjoldal, 2003). Dersom vi tar utgangspunkt i beregnet naturlig bæreevne for fiskeoppdrett i de enkelte fylkene (tabell 4), kan vi beregne de relative tilførslene av nitrogen fra fiskeoppdrett til kyststrømmen ved 4, 8, 12.5 og 25 % økning av primærproduksjonen. Beregningen ser bort fra retensjon av nitrogen i den enkelte region, de er derfor "worst case". Resultatene viser at det er små forskjeller langs kysten og at bidraget til kyststrømmen fra dagens fiskeoppdrett er mindre enn 0.5 %. Ved økt fiskeproduksjon øker bidraget til kyststrømmen, og dersom primærproduksjonen øker 4, 8, 12.5 % og 25 % som følge av oppdrett, er bidraget til nitrogentransporten i kyststrømmen beregnet til henholdsvis ca 0.5 %, 0.5 - 1 %, 1-1,5% og 2 - 3 %. Beregningene viser at selv med den største økning av primærproduksjonen fra fiskeoppdrett (25 %) gir relativt små endringer av nitrogentransportene i kyststrømmen.

### Bunnpåvirkning

Fiskeoppdrett belaster bunnen på to måter, økt sedimentasjon grunnet økt primærproduksjon og partikulære utslipp fra anleggene. Sedimentasjonen fra økt primærproduksjon utgjør 30 - 40 % av primærproduksjonen (se foran), og er regional på samme måten som primærproduksjonen.

Det partikulære utslippene fra fiskeoppdrettsanlegg er lokale og består av spillfôr og fekalier. MOM-modellen beregner utslippene fra et normalt drevet matfiskanlegg til å være i overkant av 200 kg partikler per tonn produsert fisk. Synkehastigheten for intakte fôrepellets varierer med størrelse og sammensetning, men ligger vanligvis omkring 10 cm sek<sup>-1</sup>. De store partiklene bunnfeller derfor vanligvis i selve anleggsområdet. Intakte fekalier synker omlag 3 cm sek<sup>-1</sup>, men de går ofte i stykker. Svevepartikler fra fôrstøv eller rester av fekalier har vesentlig langsommere synkehastighet. Overbelastning av bunnen i områder med oppdrett kan være et problem, og påvirkningen på lokaliteten og resipient blir overvåket etter Norsk standard 9410.

Den regionale bæreevnen kan bare utnyttes dersom det er tilstrekkelig lokal bæreevne innen regionen. Det er mulig at det bunnpåvirkningen på lokalitetene som bestemmer bæreevnen innen er region. Lokal bæreevne er ikke behandlet i denne rapporten. En vurdering av lokal bæreevne er arbeidskrevende og forutsetter omfattende innsamling av data.

### **System for tilpassing til bæreevne**

Scenariene som er vurdert forutsetter av vi er i stand til å regulere miljøpåvirkningene i forhold til de miljøstandardene myndighetene har fastsatt. For å gjøre det trenger vi et system som kan bidra til å tilpasse miljøpåvirkningen etter lokal og regional bæreevne.

Reguleringssystemet må dekke de viktigste miljøvirkningene fra oppdrett, slik som smittespredning og organisk belastning, og det må omfatte både planleggings- og driftsfasen av oppdrett. Det kan baseres på konseptene som ble utviklet gjennom LENKA (NOU 1990: 22) og MOM (Ervik et al. 1997, Hansen et al. 2000, Stigebrandt et al. 2004), men også nytte nyvinninger innen simulering og geografiske informasjonssystemer. Havforskningsinstituttet vurderer å ta initiativet til å utvikle et slikt reguleringssystem. I forbindelse med innføringen av EU's "Rammedirektiv for vann" vurderes det nå hvilke miljøstandarder som skal brukes og hvordan vannkvaliteten skal overvåkes.

### **Referanser**

- Aure J. & A. Stigebrandt. 1990. Quantitative estimation of the eutrofication effects of fish farming in fjords. *Aquaculture* 90: 135-156.
- Aure, J. & H.R. Skjoldal. 2003. OSPAR Common Procedure for Identification of Eutrophication Status: Application of the Screening Procedure for the Norwegian Coast north of 62° N (Stad – Russian border). SFT Report 1997/2003.
- Ervik, A., P.K. Hansen, J. Aure, A. Stigebrandt, P. Johannessen & T. Jahnsen. 1997. Regulating the local environmental impact of extensive marine fish farming. I. The concept of MOM (Modelling - Ongrowing fish farms - Monitoring). *Aquaculture* 158: 85-94.
- Hansen, P., A. Ervik, M. Schaanning, P. Johannessen, J. Aure, T. Jahnsen & A. Stigebrandt. 2001. Regulating the local environmental impact of extensive marine fish farming. II. The monitoring programme of MOM (Modelling - Ongrowing fish farms - Monitoring). *Aquaculture*. 194: 75-92.
- Klev, S.M. 2000. Miljøeffekter av intensivt fiskeoppdrett i kystsonen med hovedvekt på utslipp av nitorgen, forfor og organisk materiale. Hovedoppgave, Institutt for husdyrfag, NLH. 66 pp.
- Redfield. A.C., B.H. Ketchum & F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of sea-water. In M.N. Hill (ed) *The Sea*, pp26-77.
- Skjoldal H.R. & P. Wassmann 1986. Sedimentation of particulate organic matter and silicium during summer in Lindåspollene, Western Norway. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 30:1, pp49-63.

- Skjoldal, H.R., Aure, J., Bakke, T., Dahl, F.E., Fredriksen, S., Gray, J.S., Heldal, M., Røed, L.P., Olsen, Y. & Tangen K. 1996. Ytre Oslofjord. Eutrofitilstand, utvikling og forventede effekter av reduserte tilførsler av næringsalter. SFT, Oslo. (ISBN 82-577-2945-0).
- Skjoldal, H.R., Aure, J., Bakke, T., Dahl, F.E., Fredriksen, S., Gray, J.S., Heldal, M., Røed, L.P., Olsen, Y. & Tangen K. & J. Molvær. 1997. Kyststrekningen Jomfruland - Stad. Rapport fra ekspertgruppe, redaktør H.R. Skjoldal, 129 pp.
- Skjoldal, H.R., Dalpadado, P. & Dommasnes, A. 2004. Food webs and trophic interactions. Pp. 447- 506 i: The Norwegian Sea Ecosystem. Ed. by Skjoldal, H.R., Sætre, R., Færnø, A., Misund, O.A. & Røttingen, I. Tapir Academic Press, Trondheim.
- Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A., Hansen, P.K. 2004. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. III: A model for estimation of the holding capacity in the MOM system (Modelling - Ongrowing fish farm - Monitoring). *Aquaculture*, 234:239-261.
- Stigebrandt, A. 2001. FjordEnv . a water quality model for fjords and inshore waters. Göteborg University, Earth Science Centre, Report C40. 41 pp.
- Wassman, P. & Ådnesen, Aa. 1984. Hydrography, nutrients, suspended organic matter and primary production in a shallow fjord ecosystem on the west coast of Norway. *Sarsia* 69: 139-153.
- Wassmann, P. 1990a. Relationship between primary and export production in the boreal coastal zone of the North Atlantic. *Limnology and Oceanography* 35: 464-471.
- Wassmann, P. 1990b. Calculating the load of organic carbon to the aphotic zone in eutrophicated coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 21: 183-187.