

Norskekysten har gode naturlige forutsetninger for fiskeoppdrett, og det er forventet at oppdrettsnæringen vil vokse betydelig i årene framover. Artikkelen diskuterer miljøkonsekvensene av økt fiskeoppdrett, og hva vi kan gjøre for å holde miljøpåvirkningene under kontroll.

Figur 3.2.1

Norskekysten er særdeles godt egnet til akvakultur. Bildet viser et oppdrettsanlegg i Herdlefjorden, nord for Bergen.

The Norwegian coastline has a lot of extraordinary good sites for aquaculture facilities. The picture shows a fish farm in the Herdlefjord, north of Bergen.

Arne Ervik

arne.ervik@imr.no

Jan Aure

jan.aure@imr.no

Norskekysten er lang, med et utall av fjorder og øyer. Kystsonen omfatter både grunnhav og mange hundre meter dype fjordbassenger. Utenfor ligger den svære kontinentalsokkelen, overskytt av sørlige havstrømmer som er langt varmere enn breddegraden skulle tilsi. Alt dette skaper et produktivt område med stor biodiversitet. Viktige oseaniske fiskebestander som norsk vårgytende sild, lodde og torsk har kysten som gyte- og oppvekstområde. Men også vi mennesker trenger kysten og fjordene. De er våre viktigste ferdselsårer, her foregår det store fiskerier, og fjordene er våre fremste turistmål. I de seinere tiårene har oljeaktiviteten kommet til, og det høye bruksnivået har aktualisert spørsmålet om naturvern og naturreservater. Det er altså et mangfold av interesser som

er knyttet til bruk av kystsonen, og de er delvis i konflikt med hverandre. En trenger ikke å være synsk for å se at det i framtiden fortsatt vil bli kamp om retten til å bruke kyst- og fjordområdene.

Betingelser for fortsatt vekst

Dersom havbruk skal ha en framtid i Norge, må havbruksnæringen holde seg framme i denne kampen. Norskekysten er særdeles godt egnet til fiskeoppdrett, og vi produserer nå om lag like mye laks og regnbueørret som vi fisker norsk vårgytende sild (0,6 mill. tonn). Næringen har også et stort potensial for videre vekst, men det forutsetter at den får tilgang til de nødvendige arealene og at den bruker kysten både rasjonelt og bærekraftig. Det innebærer at vi må ha forsvarlige og omforente grenser for miljøpåvirkning. Næringen må også dokumentere at den overholder disse grensene, og den må utnytte bæreevnen i de områdene som er avsatt til havbruk.

Dersom vi sammenligner mulige organiske utslipp fra oppdrett med utslipp som ikke er menneskeskapt, kan vi få et begrep om hvilke påvirkninger vi snakker om. Norsk vårgytende sild kommer hvert år inn til kysten for å gyte, og bestanden er på rundt 7 mill. tonn. Vi regner med at gyteproduktene utgjør 20 % av bestandsvekten, det betyr at silda legger igjen 1,4 mill. tonn egg og melke inne på kysten. Til sammenligning produserte vi i 2004 0,6 mill. tonn laks og regnbueørret, og vi regner med utslipp av 200 kg fekalier (avføring) og spillfôr for hvert tonn som blir produsert. Utslippene fra oppdrett på 0,12 mill. tonn partikulært materiale er derfor relativt små i forhold til de mengdene organisk materiale silda transporterer inn til kysten fra Norskehavet.

Tenker vi oss så 30 år fram i tid og antar at havbruksnæringen har tidoblet produksjonen og at de relative utslippene er de samme, vil utslippene ha økt til 1,2 mill. tonn. De er da av samme størrelsesorden som tilførslene fra silda. Sammenligningen er noe haltende fordi sildegytningen er konsentrert til visse områder, mens oppdrettsanleggene er plassert langs hele kysten fra Agder og nordover, og vi vet selvsagt ikke hvordan anleggene blir lokalisert om 30 år. Dersom de er plassert slik som i dag, vil utslippene finne sted inne i fjordene eller inne mellom øyer og holmer langs kysten. Disse områdene er langt mer følsomme for



Foto: Harald E. Tørrisen

organiske tilførsler enn de åpne kystområdene hvor silda gyter.

Positiv vekselvirkning mellom oppdrett og fiskeri?

Oppdrett er en biologisk produksjon og påvirker miljøet på en rekke forskjellige måter. De påvirkningene som til nå har fått størst oppmerksomhet, er genetiske interaksjoner med ville bestander, spredning av smitte, effekter av medisiner og kjemikalier og miljøvirkninger av organisk stoff og næringssalter. I framtiden kan en anta at virkningene på økosystemene på kysten kommer mer i fokus, slik som effekter på villfauna som fugl, fisk og sjøpattedyr, betydning for marine verneområder etc. Et spennende moment som hittil har vært lite påaktet er hvordan organisk stoff og næringssalter fra oppdrettsanleggene påvirker den biologiske produktiviteten i nærområdet. Til tross for at norskekysten er produktiv, er mengden alger og dyr begrenset av mangel på næring. Tilførselene fra anleggene vil kunne gi grunnlag for økt biologisk produksjon i kyst- og fjordområder, og derved også bedre oppvekstforhold for yngel og økt fiske. Disse sammenhengene er ennå lite undersøkt, men de kan åpne for en positiv vekselvirkning mellom fiskeoppdrett og fiske på ville bestander.

Det er ikke slik at miljøvirkningene fra oppdrett nødvendigvis er uforanderlige. På åttitallet var bakterielle infeksjoner og høyt forbruk av antibiotika et alvorlig problem som ble løst ved hjelp av effektive vaksiner og forbedret hygiene. På samme måte vil for eksempel de genetiske interak-

sjonene mellom oppdrettet fisk og villfisk opphøre dersom oppdretterne bruker steril fisk, og lakselus vil ikke lenger være noen trussel mot villfisken dersom vi kan lage en effektiv lusevaksine. På den andre siden er det noen miljøvirkninger som er uløselig knyttet til fiskeoppdrett. Smitteoffer har gode muligheter for å formere og spre seg i monokulturer, og vi kan aldri eliminere sykdom og smittespredning fra oppdrett. Anleggene vil også fortsette å slippe ut næringssalter og organisk stoff, og utslippene kommer til å stige med økende produksjon. Før som er bedre tilpasset fiskens behov og bedre føringssystemer kan likevel redusere de relative utslippene.

Arbeidet med å fastsette tålegrenser og å utvikle reguleringsystemer er kommet lengst når det gjelder miljøvirkninger av næringssalter og organisk stoff. Denne artikkelen legger derfor slike påvirkninger til grunn for vurderingene av hvor mye fiskeoppdrett vi kan ha i Norge, og nytter delvis matematiske modeller til å beregne miljøvirkningene. Det må imidlertid understrekes at alle de viktige miljøeffektene oppdrett har på miljøet har sin egen bæreevne som hver for seg kan begrense produksjonen. Det hjelper for eksempel lite at vi har stor kapasitet til å omsette organisk stoff fra matfiskanleggene hvis samfunnet ikke godtar den påvirkning næringen har på de ville laksestammene.

Organiske utslipp

Med organiske utslipp menes her utslipp av næringssalter og organiske partikler. Næringssaltene, i første rekke nitrogen og fosfor, tas opp av algene som produserer

organisk stoff i fotosyntesen. Mengden utslipp per mengde produsert fisk kan på en enkel måte uttrykkes som förfaktor, det er tørrvekt för dividert på våtvekt fisk. Förfaktoren har avtatt sterkt siden åttitallet, men har de siste årene vært relativt stabil og ligger omkring 1.2. Utslippene av nitrogen og fosfor er i dag ca. 45 og 10 kg per tonn produsert fisk. Som nevnt foran regner vi med at utslippet av organisk stoff, dvs. fekalier og spillför, er omkring 200 kg per tonn fisk.

Organiske utslipp fra oppdrett påvirker omgivelsene på tre måter; det er eutrofiering (se neste avsnitt), videre økt forbruk av oksygen i de dypere delene av vannsøylen når organisk materiale synker og brytes ned og endelig er det påvirkning av bunnen fra spillför og fekalier som sedimenterer under og omkring anleggene. Eutrofiering er knyttet til de frie vannmassene og spres utover. Følgelig er den regional, og virkningen over større områder kan vurderes samlet. Dette i motsetning til virkningen på oksygenforholdene i dypere vannlag og effekten på bunnen. Disse påvirkningene er bestemt av lokale topografiske og hydrografiske forhold, og hvert enkelt område eller vannvolum må vurderes særskilt. En slik vurdering er omfattende og krever inngående opplysninger om lokale forhold. Det er så langt ikke gjort noen samlet analyse av norskekystens bæreevne for oppdrett med hensyn til oksygenforhold i dypet eller for bunnpåvirkning.

Eutrofiering

Med eutrofiering mener vi økt algevekst som følge av økte tilførsler av næringssalter. Primærproduksjonen i havet er vanligvis begrenset av mangel på nitrogen, og vi beregner her eutrofieringen fra fiskeoppdrett innen hvert enkelt fylke på grunnlag av nitrogen som begrensende faktor. Vi regner altså med utslipp av 45 kg nitrogen per tonn produsert fisk, og antar videre at 60 % av nitrogenet skilles ut over fiskens gjeller som ammonium. Ammonium kan direkte nyttes av algene. Vi antar at all ammonium går inn i primærproduksjonen, og videre at produksjonen skjer i det fylket der utslippet finner sted. Vi regner videre med at en del nitrogen produserer 5,7 deler karbon i alger, slik som det i sin tid ble beskrevet av Redfield og medarbeidere. Vi tar ikke hensyn til at primærproduksjonen er lysbegrenset over en firemånedersperiode om vinteren, og setter den midlere naturlige årlige primærproduksjon på norskekysten til 100 g karbon per m². På grunnlag av sjøarealet innenfor grunnlinjen (med unntak av de åpne områdene av Vestfjorden) i det enkelte fylke fra Vest-Agder til Finnmark, beregner vi så den fylkevisen naturlige marine primærproduksjonen og hvor stor produksjon vi kan ha i oppdrett innen

Tabell 3.2.1

Venstre del av tabellen viser produksjon av oppdrettsfisk innen hvert fylke dersom vi tillater at primærproduksjonen øker med henholdsvis 4, 8, 12,5 og 25 %. Høyre del av tabellen viser hvor mange ganger dette vil øke den fylkevisen produksjonen sammenlignet med produksjonen i 2003. The left hand side of the table shows the hypothetical production of farmed fish in each county if we allow an increase in the primary production of respectively 4, 8, 12.5 and 25 %. The right hand side shows how many times this will increase the production per county compared with the production in 2003.

Økning i primærproduksjon (%)	Produksjon i tonn fisk (tonn)				Ganger økning av produksjon i 2003			
	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
Nord-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
Total fiskeproduksjon (tonn)	1 879 680	3 056 400	5 730 750	11 461 500				

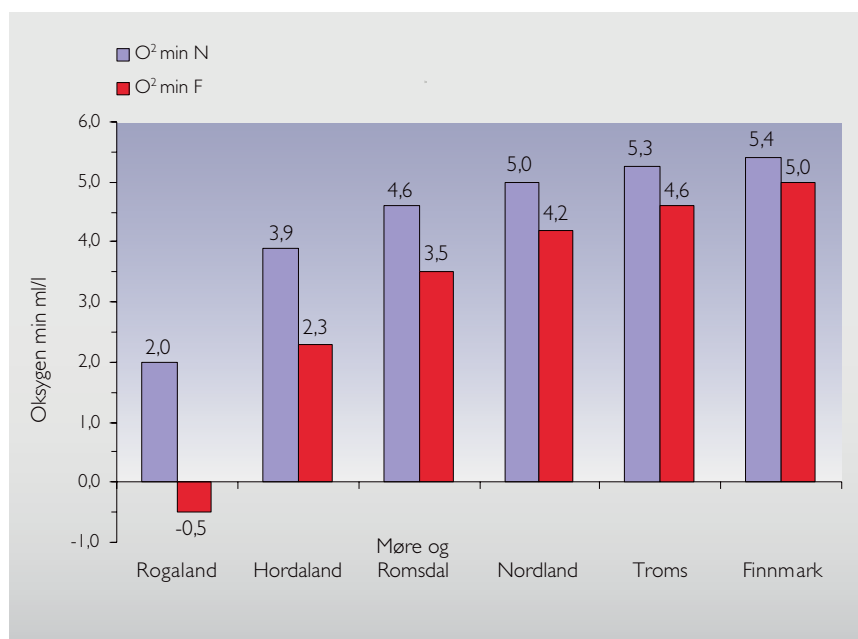
hvert fylke dersom vi tillater at primærproduksjonen øker med henholdsvis 4, 8, 12,5 og 25 % (Tabell 3.2.1).

Tabellen viser at selv relativt beskjedne økninger av primærproduksjonen gir rom for en stor oppdrettsnæring, og at vi kan produsere 11 millioner tonn fisk dersom vi godtar at primærproduksjonen øker med en fjerdedel. Potensialet er størst i de store fylkene i Nord-Norge, og fordi Troms og Finnmark har forholdsvis lite oppdrett i dag, er det her grunnlag for en mangedobling av dagens produksjon. Det forutsetter imidlertid en teknologi som gjør det mulig å legge anleggene ut i sterkt eksponerte områder.

Norskekysten, med unntak av Skagerrakkysten, er ikke eutrofiert. Det vil være vanskelig å påvise at primærproduksjonen øker med 4 eller 8 %. Det er verd å merke seg at oppdrettsaktiviteten i Hordaland allerede i 2003 ga en eutrofiering på over 4 %, slik som det er beregnet her, jf. Tabell 3.2.1. En økning på f.eks. 25 % vil redusere det gjennomsiktige siktedypet, (dvs. så langt ned i sjøen vi kan se en hvit skive med diameter 25 cm) med ca. 0,5 meter eller ca. 10 %. Eutrofieringen vil imidlertid ikke bli spredt jevnt utover slik som i dette regneeksemplet, og i noen regioner vil konsentrasjon av oppdrettsanlegg og lang oppholdstid på overflatevannet resultere i større økning av primærproduksjonen. I følsomme områder som fjorder og poller med dårlig utskiftning av bassengvannet kan oksygenforholdene i dypet bli dårligere, mens i andre områder vil den økte produksjonen stimulere dyrelivet og øke mengden av de artene vi er interessert i å høste.

Organisk belastning i terskelområder

Et terskelområde er et basseng som er avstengt fra områdene utenfor med en grunnet terskel. Eksempler på slike områder er poller som har svært grunne terskler og fjorder som kan ha terskler som er et par hundre meter dype, men der bassengene innenfor kan ha dyp på mange hundre meter. Det er et særtrekk for terskelområder at vannutskiftningen i bassengene er hemmet av tersklene, og at de er følsomme for tilførsler av organisk stoff. Oksygennivået i bassengvannet er derfor lavere enn på tilsvarende dyp utenfor terskelen. Innblandingen av vann fra tidevannstrømmene i innløpet av terskelområder er med på å bestemme hyppigheten av innstrømning av nytt vann i bassenget, og dermed oksygenminimum i bassengvannet. Tidevannet øker betydelig fra sør til nord (tidevannsforskjellen øker med en faktor på 7 fra Rogaland til Finnmark). Det naturlige oksygenminimum i fjordbassenger vil derfor øke fra sør mot nord.



Figur 3.2.2

Beregnet naturlig oksygenminimum, sammenlignet med oksygenminimum i bassengvannet ved en fiskeproduksjon på 25 000 tonn per år for en middels stor fjord. Blå søyle angir oksygenminimum uten og rød søyle oksygenminimum med oppdrett.

Calculated natural oxygen minimum in the basin water of a medium sized Norwegian fjord without fish farming and with an aquaculture production of 25 000 metric tonnes per year. Blue column shows oxygen minimum without and the red column oxygen minimum with fish farming.

Den organiske belastningen fra oppdrett i terskelområder skyldes særlig spillfôr og fekalier som synker ned under terskeldyp. Tidligere var oppdrettsanleggene vanligvis små og lagt langs land, slik at partiklene bunnfelle over terskelnivå. Oksygenbelastningen på bassengene var derfor liten. I dag er trenden store anlegg som ligger ute i fjordene eller i bratte skrånninger, slik at spillfôret og fekalierne havner nede i bassengene. Figur 3.2.2 viser beregnet oksygenminimum i bassengvannet i en middels stor fjord med og uten fiskeoppdrett i Sør- og Nord-Norge. Den tenkte fjorden har et areal på 100 km², terskeldyp på 50 m og dybden av bassenget er 100 m. Produksjonen i fjorden er satt til 25 000 tonn fisk per år. Anleggene ligger over fjordbassenget, og alt det organiske materialet omsettes inne i bassenget. I forhold til oksygenforbruket i bassengene er det altså den verst tenkelige situasjonen.

Figuren viser at oksygenminimum uten oppdrett øker fra sør til nord, og at effekten av oppdrett slår mye hardere ut i sør enn i nord. Dersom fjorden lå i Rogaland ville oppdrettsaktiviteten ført til oksygenmangel, og bassengvannet ville blitt anoksisk, mens oksygenmengden i Finnmark bare ville bli redusert med 0,4 ml l⁻¹. Dersom vi setter som krav at oksygenminimum i fjordbassenget ikke skal være under 3,5 ml oksygen l⁻¹, kan vi ikke produsere 25 000 tonn verken i Rogaland eller Hordaland, i Møre og Romsdal vil vi ligge akku-

rat på grensen og i Nord-Norge er det god margin.

På samme måte som med eutrofiering, viser påvirkningen på fjordbassenger at bæreevnen for oppdrett er størst i Nord-Norge. Bæreevnen er imidlertid stor også i sør. En perspektivanalyse for oppdrett i Rogaland basert på oksygeninnhold i de dypere delene av vannsøylen, viser en årlig kapasitet på 100 000 tonn laks i de sentrale delene av fylket. Til sammenligning var den totale produksjonen i fylket 30 000 tonn i 2003. En produksjon av 100.000 tonn i Rogaland er beregnet å øke primærproduksjonen med om lag 8 %. På landsbasis vil en slik økning av primærproduksjonen gi en samlet produksjon på ca. 3 mill. tonn.

Områder uten terskler eller områder over terskelnivå har god oksygentilgang mot bunnen, og er lite følsomme for organisk belastning. Kapasiteten for oppdrett med hensyn til oksygentilgang i de dypere delene av vannsøylen er derfor stor ute på kysten og i store fjorder med dype terskler.

Bunnpåvirkning

Vi regner med at 30 til 40 % av primærproduksjonen sedimenterer, det gjelder også den økte produksjonen som skyldes utslippene av næringssalter fra fiskeoppdrett. Det betyr ekstra belastning på bunnen, og denne påvirkningen er regional på



Foto: Pia Kupla Hansen

Figur 3.2.2

Miljøovervåkingen må styrkes vesentlig dersom vi ønsker å bygge oppdrettsnæringen videre ut.

The monitoring of environmental impact must be significantly strengthened if we want to expand the fish farming industry.

samme måte som eutrofieringen. Virkningen av de økte tilførslene vil imidlertid bli bestemt av lokale forhold. I storparten av den norske kystsonen er oksygentilgangen ved bunnen god, og under slike forhold vil tilførslene øke produktiviteten. Omvendt vil områder med lite oksygen ved bunnen få dårligere forhold med mindre oksygen og avtakende produktivitet.

De største partikulære utslippene fra oppdrettsanlegg består av spillfôr og fekalier. De synker raskt, pellets opp til 10 cm s^{-1} , og bunnfeller derfor under og nær anleggene. I oppdrettsnæringens første tid, da anleggene ofte lå i grunne og strømsvake bukter, bygget det seg derfor ofte opp hauger av organisk stoff under merdene. Oksygen-

forbruket i slike avfallshauger er så stort at oksygenet blir brukt opp. Nedbrytningen av det organiske stoffet foregår da ved prosesser som ikke trenger oksygen. Slik omsetning er langsommere enn den som bruker oksygen, og det dannes giftige forbindelser som hydrogensulfid. De dyrene som lever og graver nede i bunnen og som sørger for ekstra tilførsler av oksygen til sedimentene blir da borte, og omsetningshastigheten avtar ytterligere. Sedimentet er da inne i en ond sirkel med akselererende akkumulering av organisk stoff.

Etter at oppdretterne flyttet anleggene ut på dypere og mer strømrige lokaliteter, ble avfallet spredt over større områder, og slik opphoping av organisk stoff forekom sjeldnere. Arealet av merdene ble imidlertid holdt uforandret over flere år, samtidig som førkvotene hele tiden har økt. Vi har indikasjoner på at følsomme lokaliteter med kompaktanlegg igjen begynner å bli overbelastet, mens andre undersøkelser viser at anlegg som produserer flere tusen tonn og som ligger på gode lokaliteter bare gir moderat bunnpåvirkning

Utformingen av anleggene betyr mye for bunnbelastningen. Kompaktanlegg der merdene ligger i rekker på begge sider av en midtgang har konsentrerte utslipp der sedimenteringen fra en merd overlapper sedimenteringen fra nabomerdene. Sedimenteringsraten blir derfor høy, med fare for akkumulering av avfall. Dette til forskjell fra anlegg der merdene ligger spredt enkeltvis utover, og der de ligger så langt fra hverandre at sedimenteringen fra forskjellige merder ikke belaster samme område. Modellberegninger av bunnbelastning viser at bæreevnen på en lokalitet kan være dobbelt så stor når merdene ligger spredt, som når de ligger samlet i kompaktanlegg.

Moderate tilførsler av organisk stoff vil stimulere bunndyrfaunaen i områder med god oksygentilgang ved bunnen. Effekten er størst nær anleggene der faunaen er dominert av relativt få såkalte opportunistiske arter som greier å utnytte de spesielle forholdene. Disse artene finnes i stort individantall. Det foreligger få undersøkelser av hvordan tilførslene fra oppdrettsanlegg

forplanter seg i det marine næringsnettet, men bruk av sporstoffer har påvist stoffer fra fiskefôr i reker og fisk omkring anleggene. Det er kjent at særlig sei trekker til anleggene, og smakstester har vist at sei som står ved oppdrettsanlegg er forskjellig fra sei som er fanget i upåvirkede referanseområder.

Det er laget en standard for å overvåke bunnpåvirkning som skal hindre overbelastning av oppdrettslokalteter, den heter NS 9410 "Miljøovervåking av marine matfiskanlegg". Obligatorisk overvåking etter NS 9410 ble innført fra januar 2005. Standarden dekker selve anleggsområdet og områdene omkring (resipienten), og beskriver både hvordan undersøkelsene skal utføres og hvordan resultatene skal vurderes. Parallelt med utviklingen av standarden er det utviklet matematiske modeller som kan beregne eller simulere miljøvirkningene av et planlagt oppdrettsanlegg, og hvor mye vi kan produsere på en gitt oppdrettslokaltet. Simuleringene gjøres på grunnlag av opplysninger om utforming og drift av anlegget og data om strøm og topografi i området, og dekker både vannkvaliteten inne i merdene, oksygenforholdene i de dypere delene av terskelområder og bunnpåvirkning.

Hvor mye oppdrett kan vi så ha?

Eksemplene med miljøvirkninger av organiske utslipp tilsier at verken eutrofiering eller oksygenforhold i terskelområder vil begrense norsk fiskeoppdrett. Dersom tilgangen på areal til oppdrett blir begrenset, kan bunnpåvirkning nær anleggene imidlertid gjøre det vanskelig å utnytte potensialet med hensyn til eutrofiering og oksygenforhold i de dypere delene av vannsøylen. Det kan tvinge fram en ny lokaliseringsstrategi der produksjonen konsentreres til områder som har stor kapasitet for bunnpåvirkning. Enten fordi de ligger ute på kysten med god strøm nedover i hele vannsøylen, eller på sær-

lig dype lokaliteter der avfallet blir spredt over store bunnområder. I tillegg kan det bli aktuelt å legge restriksjoner på bruk av kompaktanlegg. Samlet vil disse tiltakene gi grunnlag for en mangedobling av dagens produksjon.

Eksemplene viser at en stor oppdrettsnæring kan ha betydelige miljøkonsekvenser, og at kontrollen med miljøpåvirkning må styrkes vesentlig i forhold til det vi har i dag (Figur 3.2.2). Det krever helhetlige kontroll- eller reguleringsystemer som omfatter både planleggings- og driftsfasen av oppdrettsvirksomheten. Planleggingsdelen må stedfeste og kvantifisere naturgitte egenskaper og ulike brukerinteresser innen det enkelte område ved hjelp av geografiske informasjonssystemer (GIS), og kunne nytte simuleringmodeller til å forutsi miljøvirkninger og beregne bæreevne for oppdrett. Et slikt redskap kan brukes til å samordne de ulike aktivitetene på kysten og gi myndighetene helt nye styringsmuligheter. Det vil også bidra til å redusere faren for feilinvesteringer og forurensing. Overvåkningsdelen må inneholde standardprosedyrer for hvordan overvåkingen skal gjennomføres, og også omforente grenseverdier for tillatt påvirkning som resultatene fra overvåkingen skal vurderes i forhold til. Fastsetting av disse grenseverdier er til syvende og sist en politisk beslutning om hvor mye oppdrett vi vil ha. Myndighetene må deretter sette inn passende virkemidler dersom påvirkningen overskrider grenseverdiene.

De viktigste delelementene i et slikt reguleringsystem for miljøvirkninger av organiske utslipp er utviklet, men de er ennå ikke samordnet eller kombinert med GIS. Det er også gjort mye på regulering av smittespredning, mens det gjenstår mer for andre miljøvirkninger. Når det gjelder de marine artene i oppdrett, som for eksempel torsk, er det gjort svært lite.

Fish farming in the coastal zone – aims and measures

The Norwegian coast is suitable for fish farming, but the competition for access to the coastal zone between the potential users is severe. Accordingly the fish farming industry of the future must not exceed its allocated resources and must try to keep the environmental impact within predetermined and acceptable levels. To achieve this, adequate regulatory systems will have to be developed and implemented. The regulation of organic emission is used as an example of such systems. Topics to be covered include eutrophication caused by nutrient release, reduced oxygen concentrations in stagnant basin water due to the decomposition of organic matter and the benthic impact of settling organic particles. Simulations indicate that there is a high carrying capacity for fish farming even with moderate increases in primary production, and that Northern Norway has the highest capacity. The carrying capacity in basins rises from south to north with increasing tidal amplitude and the capacity at the national level is high, but with significant regional variation. Organic overloading of the seabed beneath fish farms is now less severe since the relocation of on-growing fish farms to exposed and deep sites, and the imposition of mandatory monitoring by standard methods. Simulations demonstrate a significantly higher capacity to withstand benthic impact when fish pens are spaced around a site than when they are concentrated in one block. At regional level, it is believed that lack of capacity to absorb benthic impact could become a limiting factor in areas available for fish farming. Holistic regulatory systems that integrate GIS with simulation models and monitoring systems are recommended.