

Kan oppdrett av røye bedre produksjonen av villfisk i det regulerte Røssvatn, Norges nest største innsjø?

Av Dag Berge, Henning André Urke og Torstein Kristensen

Seniorforsker *Dag Berge* (dag.berge@niva.no) er seniorforsker ved NIVA. *Henning Andre Urke* og *Torstein Kristensen* er begge forskere samme sted.

Summary

Hydropower regulation of a water course normally implies that the lakes are dammed to store water for el-production in periods with low runoff. The watercourse will then get a larger volume, which results in increased retention of phosphorus, and consequently oligotrophication of the lake. Almost without exception, this oligotrophication results in decreased fish production and catches. In Norway, aquaculture production has not been applied to counteract the effects of hydropower regulation on nutrient status, although this is quite common in developing countries where freshwater fish protein constitutes an important part of the diet. Experience from fertilization experiments in regulated lakes indicates a significantly increased fish production, and in Alaska and Canada fertilization is now used on a regular basis as a measure to increase the production of salmonid fish in both lakes and rivers. Cage based fish farming gives a fertilization effect to

the lake in the same way as addition of chemical fertiliser. Model calculations indicate that Lake Røssvatn has the capacity to tolerate a cage based production of char of approximately 3000 tonnes per year and still be within the acceptable recipient capacity calculated according to the guidelines of the Norwegian Climate and Pollution Directorate. A fish farm production of this size will enhance the production of wild fish stocks up to the pre-regulation level due to the fertilization effect on the aquatic food web.

Sammendrag

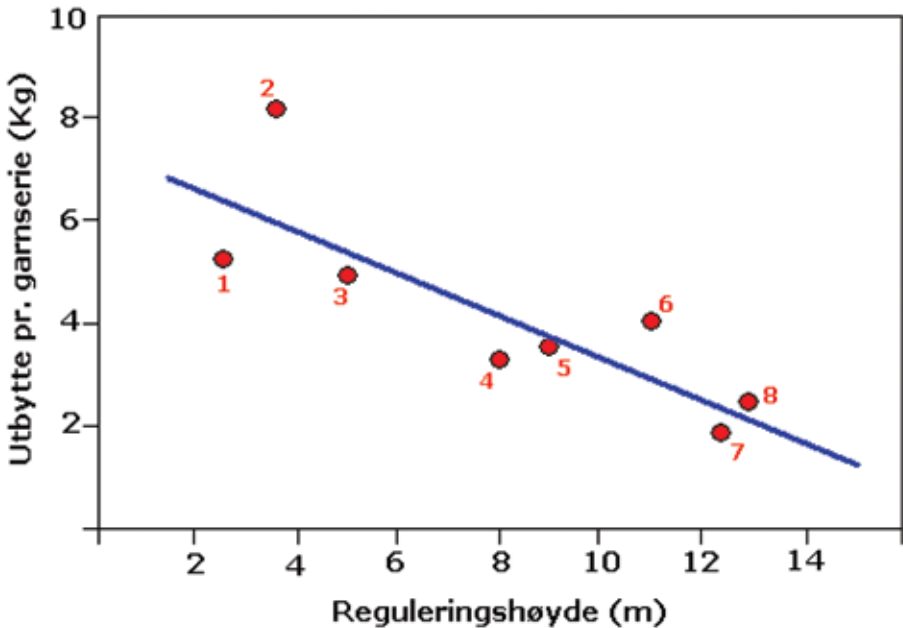
Nesten uten unntak resulterer vannkraftreguleringer i at de berørte innsjøer får redusert fiskeproduksjon, eller redusert fiskeavkastning som er det de lokale fiskerne observerer. En del av denne nedgangen skyldes redusert tilgang på næringssaltet fosfor. Når man regulerer et vassdrag demmer man vanligvis opp noen av vassdragets innsjøer for å ha

magasinert vann til el-produksjon i perioder med liten avrenning. Vassdraget får da større volum, og tilbakeholdelsen av fosfor øker. Dette gjør vassdraget generelt mer oligotroft. I Norge har man ikke brukt fiskeoppdrett som tiltak for å kompensere for redusert fiskeproduksjon, noe som imidlertid er et vanlig tiltak ved vannkraftreguleringer i utviklingsland. I slike land er gjerne innlandsfisk en viktig proteinkilde i det daglige kostholdet til folk, mens dette har liten betydning i Norge. Forsøk med gjødsling av regulerte innsjøer har gitt betydelig bedret fiskeavkastning, og i USA og Canada brukes gjødsling på regulær basis for å øke fiskeproduksjonen av laksefisk i mange innsjøer og elver. Fiskeoppdrett virker

gjødslende på resipienten på samme måte som bruk av kunstgjødsl. Beregninger av resipientkapasitet viser at Røssvatn i Nordland kan tåle en nærbasert røyeproduksjon på ca. 3000 tonn per år og likevel holde seg innenfor innsjøens resipientkapasitet beregnet etter SFTs (nå Klif) veiledere. En produksjon på dette nivået vil kunne bringe produksjonen av villfisk i Røssvatn opp mot gammelt nivå som følge av den gjødslingseffekten det vil ha på næringskjedene i innsjøen.

Innledning

Nesten uten unntak resulterer vannkraftreguleringer i at de berørte elver og innsjøer får redusert fiskeproduksjon, eller redusert fiskeavkastning som er det



Figur 1. Fiskeavkastning (utbytte i kg pr. prøvegarnserie) i reguleringsmagasiner i Hallingdal med ulik reguleringshøyde (etter Garnås og Gunnerød 1981).

de lokale fiskerne observerer. Fisken får ofte også dårlig kondisjon sammenliknet med hva den hadde før regulering. Reguleringer har oftest negative effekter på all biologisk produksjon i vassdraget, men dette merker ikke folk noe til da de stort sett ikke utnytter annet enn fiskeproduksjon. Fisken står øverst i næringskjeden i vann og den merker reguleringseffektene ved at det blir mindre mat og mindre egnede leveområder etter regulering. Menneskene merker at det blir mindre fisk og færre fisk. Nedgangen er avhengig av hvor hardt en innsjø er regulert, dvs. hvor mye vannstanden blir regulert opp og ned over året (reguleringshøyde), se figur 1.

Enkelte ganger kan reguleringen resultere i overbefolkede bestander av små røye, av dårlig kvalitet. I det regulerte Røssvatn er fiskebestanden dominert av en relativt tett røyebestand bestående av saktevoksende individer av forholdsvis dårlig kvalitet, der fisken kjønnsmodnes ved små størrelser (10 cm) og ved lav alder (2-3 år) (Svenning & Kansstad-Hanssen 1998).

Det meste av nedgangen i fiskeproduksjon er vanligvis forårsaket av at vannstandsvariasjonene resulterer i en fysisk ødeleggelse av littoralsonen, som er den sonen som produserer mest fiskemat i en innsjø, se figur 2 som viser littoralsonen i Røssvatn. Denne sonen er



Figur 2. Reguleringen har omdannet littoralsonen i Røssvatn til en uorganisk ørken av sand og stein med sterkt nedsatt biologisk produksjon av bl.a. viktig fiskemat som littorale bunndyr (foto: Torstein Kristensen, NIVA).

ikke mulig å reparere i en regulert innsjø, så dette tapet må man leve med.

En del av den nedsatte fiskeproduksjonen kommer av at fosfor blir mindre tilgjengelig som følge av at reguleringen av et vassdrag som oftest medfører en oligotrofiering. Man demmer opp en del av vassdragets innsjøer for å få magasiner som kan brukes til å produsere strøm i perioder med liten avrenning. Vassdragets får større volum, vannet for lenger oppholdstid, og mer fosfor tapes til sedimentene. Dette tapet kan man kompensere for ved gjødsling.

Vi har erfaring for at fiskeoppdrett i innsjøer gir en gjødslingseffekt, og resulterer i mer alger, som for eksempel i Espelandsvatn i Sogn og Fjordane (kfr. Berge 2000). Gjennom mange års overvåking av mer forurensede innsjøer i Sør-Norge, og gjennom gjødsling av fiskevatn, har vi også lang erfaring med at mer alger gir mer fisk. Det gjelder bare å ikke overbelaste innsjøen slik at arts sammensetningen endres i retning av "ugressalger" som ikke egner seg som mat i neste ledd i næringskjeden. Man må holde seg innenfor det som kalles innsjøens "resipientkapasitet" for fosfor. Til å beregne denne har vi gjennomprøvede empiriske modeller som gjør at det ikke vil være vanskelig å holde fiskeoppdrettet i Røssvatn på et forsvarlig nivå.

Hvor stor mærbasert røyeproduksjon tåler Røssvatn?

Ved produksjon i mærer blir føret dosert rett i vannfasen, og nærmest alt føret tas opp av fisken, slik at det er ekskresjon fra

fisken som gir det meste av fosforbelastningen. Det som akkumuleres i fiskekjøttet tas ut ved slaktning, slik at dette trekkes i fra forurensningsbudsjettet. Fôr som anvendes til røyeoppdrett inneholder i henhold til Skotvold og Tjomsland (2002) ca 1,1 prosent fosfor. Det vil si ca 0,011 kg P/kg fôr. Røye inneholder ca 2,7 prosent fosfor på tørrvektbasis, dvs. 2,7 g P pr kg tørrvekt. Fisk inneholder i gjennomsnitt 80 prosent vann. Det vil si at fisken inneholder 0,54 g P per kg ferskvekt fisk. Hvis man regner fôrfaktor på 1 (Arnason 2009) produseres det 1 kg røye (ferskvekt) per kg fôr (tørrvekt). Gjøres alt om til tørrvektbasis, som egentlig må gjøres for at det skal bli teknisk og vitenskapelig sammenliknbar, er altså fôrfaktoren bare 20 prosent, dvs. det produseres 200 g røye av ett kg fôr, og man har altså 80 prosent tap (vesentlig respirasjonstap). Allikevel er dette dobbelt så høy effektivitet som det som er vanlig i naturen der man gjerne observerer 90 prosent tap ved overgang til neste trofiske nivå. 1 tonn røye krever 1 tonn fôr, som tilsvarer en tilførsel på 11 kg fosfor minus det man fjerner med fisken som er 0,54 kg. Dvs. hvert tonn røye medfører en netto tilførsel av fosfor på 10,46 kg P.

Røssvatn ble undersøkt i 1988 og i 1995 i regi av prosjektet Regional Eutrofi (Faafeng 1999). Gjennomsnittlig konsentrasjon av total fosfor ble funnet å være 1,8 µg P/l. I henhold til SFTs veileder for å estimere innsjøers tåleevne for fosfor (SFT 1997 – veileder 95:01 Sammenhenger mellom utslipp og virkning) vil da innsjøen tåle en tilleggsbelastning med fosfor på 28362 kgP pr år. Regner

man en fosfortilførsel på 10,46 kg per produsert tonn røye får man da en produksjonskapasitet på 2700 tonn røye pr år. SFT veilederen baserer seg på RBJ-modellen (Rognerud, Berge og Johannessen 1979) for store dype sjøer som Røssvatn og øvre akseptable fosforkonsentrasjon er for disse i henhold til modellen 7 µg P/l. Tidligere beregninger (Urke m.fl., 2009) kom fram til at innsjøen kunne tåle 3000 tonn per år og holde seg innen SFTs beste vannkvalitetsklasse, som nettopp benytter 7 µgP/l som grenseverdi. Den vesentligste forskjellen på de to beregningene er at sistnevnte beregning er basert på en teoretisk beregnet fosforkonsentrasjon i Røssvatn på 1,5 µg P/l, mens den foreliggende er basert på observerte konsentrasjoner. Det er godt sikringsmonn i disse beregningene, og innsjøen vil kunne tåle en produksjon på 3000 tonn per år uten å få noen økologiske problemer.

SFTs vannkvalitetskriterier (SFT veileder 97:04) karakteriserer vannkvaliteten per se og tar ikke hensyn til at ulike innsjøtyper tåler ulike konsentrasjoner. Vanddirektivet, som nå innføres i Norge, tar imidlertid høyde for at ulike innsjøtyper tåler ulike konsentrasjoner før problemer oppstår. Her heter det at ingen innsjøer skal ha dårligere enn klasse 2 – ”god økologisk status”. Røssvatn vil tilhøre innsjøtypen LN5, ”store, klarvannsinnsjøer i skogsområder”. Her er nedre grense for god økologisk status satt nettopp til 7 µg P/l, altså samme grense som anvendt i vår beregning (se klassifiseringsveilederen (www.vannportalen.no)). Nå er Røssvatn regulert

med kunstige vannstandsvariasjoner større enn 3 m, og er i hht vanddirektivet kategorisert som sterkt modifisert vannforekomst (SMVF). Det vil da kunne godtas et mindre strengt miljømål enn god økologisk status for de biologiske kvalitetselementene som er påvirket av regulering (fisk, bunndyr og fastsittende planter). For virkningstypen eutrofiering (gjødslings effekter), som bl.a. omfatter fosfor, vil imidlertid grenseverdien fortsatt være 7 µg P/l. En mærebaseret produksjon på 3000 tonn røye per år vil derfor være en øvre grense for hva man kan akseptere også etter at Vanddirektivet blir basis for vannforvaltningen i området. Man kan imidlertid få en del lokale effekter, som begrodde steiner langs strendene nær anleggene, akkumulering av sediment under mærene, etc. Det første av dette, som imidlertid kun er et visuelt problem, vil man måtte leve med, mens det andre kan man unngå ved å flytte litt på mærene år om annet.

I hvilken grad vil merdoppdrettet øke produksjon av villfisk?

Ved fiskeoppdrett vil man føre nærings-salter og organisk stoff ut i innsjøen, og dette vil virke gjødselende på innsjøen. Dette vil kunne øke produktiviteten på alle trofiske nivåer i innsjøen, også av fisk. På vestkysten av Canada (British Columbia) og i Alaska (USA) har regelmessig gjødsling med fosfor og nitrogen vært i bruk i lang tid (ca 50 år) for å stimulere produksjon av laks, ørret og røye i lokaliteter hvor naturlig produktivitet er nedsatt av forskjellige grunner som

overfiske og regulering (Stokner and MacIsaac 1998, Ashley 1998). Det begynte med at man brukte overskudd av hvete, og strødde det i elva eller strandsonen. Etter hvert fant man ut at man fikk samme effekten ved bruk av små mengder kunstgjødsel, noe som var mye lettere å dosere automatisk. Dette gjøres nå i stor stil, både for å øke verdien av fisket og for miljøoppretting der menneskelig aktivitet har gitt nedsatt fiskeproduksjon. Mange av prosjektene er svært lønnsomme økonomisk med nytte: kostnads-forhold på opp til 11:1 for sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*, anadrom laksetype) og 5:1 for Kokanee (ferskvannsstationær og planktonspisende form av *O. nerka*, med levesett omtrent som røye). Man har gjødslet innsjøene opp fra ultra næringsfattige til næringsfattig nivå, dvs fosforkonsentrasjoner opp fra 1 til 4 µg/l, tilsvarende algemengde opp fra 0,6 til 2 µg kl-a/l. Innsjøene har da fortsatt karakter av klarvannssjøer.

I Skandinavia har man i det alt vesentlige bare drevet gjødsling av fiskevann på forsøksbasis med varighet av prosjektene 3-6 år (Milbrink 1998). Alle disse prosjektene har gitt betydelig økning av fiskebestanden. I Norge er Limnocult-prosjektet til Akvaplan NIVA og NIVA (Dahl-Hansen m.fl., 1998) kanskje det mest kjente. Her ble to vann i Skittenfjordvassdraget på Norkynhalvøya i Finnmark, som hadde bestander av dvergrøye, gjødslet opp fra ultra-oligotroft nivå til oligotroft nivå, dvs. omtrent som de kanadiske sjøene. Man fikk økt biomasse på alle trofiske nivåer, og fisken ble større og av mye bedre kvalitet enn tidligere, se figur 3. Populasjonen ble endret fra bare å inneholde bitte små røyer med ”skiftinøkkelfasjon” til å inneholde røyer av et stort spekter av størrelses-kategorier.

I alle disse forsøkene er det dokumentert at effekten av gjødsling er at næringssaltene stimulerer algevekst, som igjen stimulerer produksjon av dyre-



Figur 3. Typiske røyer i Skittenfjordvatn før og etter 3 år med gjødsling.
Foto: Geir Dahl Hansen, Akvaplan NIVA.

plankton og bunndyr som til slutt stimulerer produksjon av fisk.

Som nevnt tidligere medførte fiskeoppdrettet i Espelandsvannet i Sogn og Fjordane at algemenden økte fra 2 µg kla/l før til over 5 µg kla/l som årsmiddel etter ti år med oppdrett (Berge 2000) og det oppstod algeproblemer i innsjøen. Fosforkonsentrasjonen var oppe i over 20 µgP/l, og Fylkesmannen krevde at fiskeoppdrettet ble redusert til å være innenfor innsjøens resipientkapasitet. Dette fant ikke oppdretteren regningsvarende og oppdrettet ble nedlagt eller flyttet. Det ble ikke foretatt noen vitenskapelige undersøkelser av hvordan oppdrettet hadde påvirket villfiskbestanden, men lokale fiskere sa at fisket etter villfisk var blitt mye bedre, og fisken var av bedre kvalitet enn tidligere.

Et fiskeoppdrett i Røssvatn vil være positivt for villfisken i vannet og vil kunne rette opp deler av den tapte produksjonen som reguleringen har medført. Hvis man utnytter kapasiteten i vannet fullt ut, dvs. 3000 tonn røye per år, vil man tydelig merke et bedret fiske etter villfisk i Røssvatn, både når det gjelder mengde fisk og fiskens kondisjon, samt at man vil få et større størrelsesspekter på fisken. Det kan godt hende at fisket til og med blir bedre enn det var før reguleringen. Vi har ikke grunnlag til å gjøre noe eksakte beregninger av dette, da det er kun ett vatn hvor det er drevet så omfattende merdbasert fiskeoppdrett i Norge at man har sett tydelig eutrofierende effekter. Hvis man derimot setter i gang et lite oppdrett, f.eks. på bare 300 tonn per år i Røssvatn, vil man neppe merke

noen bedring på fisket etter villfisk. Til det blir næringssalttilsatsen for liten. Det meste av bedringen av villfiskproduksjonen vil være som følge av fiskeoppdrettets gjødslingseffekt på vannmassene. Villfisken vil fortsatt leve av naturlige næringsdyr med opprinnelse i den akvatiske næringskjeden. Røya er ganske stedbunden, slik at det er bare lokal fisk rundt mærene som vil kunne nyttegjøres seg eventuelt førspill som direkte føde, mens hele sjøen vil nyte godt av fiskeoppdrettets utslipp av næringssalter.

Konklusjoner

- Fiskeproduksjonen i vannkraftmagasiner reduseres som følge av økt fosforretensjon og nedsatt produktivitet i strandsonen.
- Tiltak for å øke produktiviteten gjennom tilførsel av næringsstoffer er kun gjennomført som forskningsprosjekter i Norge, men er mye benyttet internasjonalt.
- Mærbasert fiskeoppdrett vil tilføre næringsstoffer til innsjøen og øke produktiviteten i innsjøsystemet
- Fiskeoppdrett i Røssvatn vil være positivt for villfisken i vannet og vil kunne rette opp deler av den tapte produksjonen som reguleringen har medført.
- For Røssvatn er beregnet produksjonskapasitet for oppdrettet røye 3000 tonn, og produksjon i en slik skala vil trolig medføre økt produksjon av villfisk.
- Man må imidlertid være nøye med hvor man tar settefisk fra, slik at man ikke kommer i skade for å innføre uheldige parasitter i vassdraget.

- Forurensningsmessig vil et slikt begrenset fiskeoppdrett ikke medføre bruksmessige eller økologiske problemer for Røssvatn.

Det rapporterte arbeidet er finansiert av Landbruks- og matdepartementet, Hattfjelldal kommune og Partnerskap Indre Helgeland gjennom prosjektet "Hatt-Røye".

Referanser

Arnason, J 2009: Oppdrettsfisk som matråvare., fordrag på konferansen om bærekraftig fiskeoppdrett 8. mai 2009, www.matis.is/.../Jon-Arnason-Baerekraftig-fiskeoppdrett-8-mai-2009.pdf

Ashley, K.I. 1998: Review of provincial lake fertilization experiments in British Columbia, Canada, Restoration of fisheries by enrichment of aquatic ecosystems, International workshop at Uppsala University, March 30-April 1, 1998., Uppsala Universitet, Repro Ekonomikum, Uppsala 1999, 220 pp.

Berge, D., 2000: Vurdering av miljøtilstanden i Espelandsvatn i Hyllestad kommune i Sogn og Fjordane, NIVA-rapport lnr 4181-2000, 26 sider.

Dahl-Hansen, G.A. og medarbeidere 1998: LIMNOCULT 1998 Fase-II: Effekter etter to år med næringsaltanrikning av et næringsfattig røyevassdrag, Akvaplan-niva rapport 5341401.

Faafeng, B. og T. J. Oredalen 1999. Landsomfattende trofiundersøkelse av norske

innsjøer. Oppsummering av første fase av undersøkelsen 1988-1988. NIVA-rapport Lnr 4120-1999, 82 sider.

Garnås, E. og Gunnerød, T.B. 1981: Fiskeribiologiske undersøkelser i regulerte vann i Hallingdal (Stolsmagasinet, Strandavatn, Rødungen, Varaldsetvatn og Bergsjø). Rapport fra DVF Reguleringsundersøkelsene 1981 (8): 1-104.

Grimås, U. 1962: The effect of increased water level fluctuation upon the bottom fauna in Lake Blåsjön, northern Sweden. Report Inst. Freshwater Res. Drottningholm (44): 14-41.

Holtan, H., D. Berge and J. Molvær 1990. Retention of nutrients in lakes and rivers with comments on retention in fjords. Paper prepared for The Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land-based Sources. Ad Hoc Working Group on Methods of Calculation of Nutrient Inputs. NIVA 25-27 Sept. 1990. 13. pp.

Milbrink, G 1998: The Scandinavian experience of nutrient enrichment of aquatic environments., International workshop at Uppsala University, March 30-April 1, 1998., Uppsala Universitet, Repro Ekonomikum, Uppsala 1999, 220 pp.

SFT-veileder 97:04., Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann, SFT-rapport TA-1468/1997, 31 sider.

SFT-veiledning 95:01. Miljømål for vannforekomstene – sammenhenger

mellom utslipp og virkning., SFT-rapport TA-1138/1995, 50 sider.

Skotvold, T. og Tjomsland, T. 2002: Modellering av utslipp fra røyeoppdrett i Røssåga vassdraget., Akvaplan NIVA – rapport APN-523.2375., 30 sider

Stokner, J.G. and MacIsaac, E. A. 1998: Lake fertilization for sockeye salmon enhancement in British Columbia, Canada., International workshop at Uppsala University, March 30-April 1, 1998., Uppsala Universitet, Repro Ekonomikum, Uppsala 1999, 220 pp.

Svenning, M-A og Kanstad Hanssen, Ø. 1998. Fiskebiologisk etterundersøkelse i

Røssvatn 1997. NINA Oppdragsmelding 548: 1-24

Urke, H., Tjomsland, T. og J. Molvær 2009. Merdbasert matfiskproduksjon av røye i Røssvatnet- Vurderinger i forhold til næringssalter, regelverk, rømming av fisk, og fiskehelse., NIVA-rapport 5739-2009, 20 sider.

Vanndirektivet 2009. Klassifiseringsveileder. www.vannportalen.no

Økland, J. og K. Økland, 1996. Vann og vassdrag 2. Økologi., Vett & Viten AS, ISBN 82-412-0160-5., 309 sider.