

Tiltaksanalyse for Mjøsa -
Endring av fiskebestand.

Åge Brabrand

Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI),
Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo,
Sarsgate 1,
0562 Oslo 5.

FORORD

Innenfor prosjektet "Planlegging av lokalt tilpassete forurensningstiltak" ønsker Statens forurensningstilsyn (SFT) å gjennomføre en tiltaksanalyse for Mjøsa. Målsettingen er å gjennomgå alle mulige tiltak som kan begrense forurensningssituasjonen, og rangere disse ut fra en kostnads/effektivitetsmessig vurdering. En av disse mulige tiltak benevnes "Tiltak i resipienten/tilløpselvene", og et deltiltak her er "Endring av fiskebestand".

Forsker Bjørn Faafeng (NIVA) og undertegnede har arbeidet med fisk som manipuleringsobjekt innenfor NTNFS Program for eutrofieringsforskning. Statens forurensningstilsyn ønsket en vurdering av om man på nåværende tidspunkt hadde tilstrekkelig viten om fisk i Mjøsa og mulighetene til å påvirke bestandene med tanke på å påvirke vannkvaliteten. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) ved Universitetet i Oslo har etter forespørsel fra SFT påtatt seg å vurdere mulighetene for redusert fiskebestand som tiltak mot alger i Mjøsa. I dette arbeidet er det tatt kontakt med de vannbiologiske forskningsmiljøer i Norge som enten har arbeidet med Mjøsa spesielt, eller mer generelt med fisk i forurensningssammenheng: Direktoratet for naturforvaltning (DN), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og med enkeltforskere innenfor NTNFS Program for eutrofieringsforskning. Videre har det vært av betydning å samordne tiltaksanalysen med den aktiviteten Direktoratet for Naturforvaltning (DN) planlegger i Mjøsa når det gjelder økt utsetting av Mjøsørret. Det er i dette notatet lagt vekt på en vurdering av endring av fiskebestand som metode for å bedre vannkvaliteten i Mjøsa, mens kostnadsaspektet i mindre grad er berørt.

Oslo 15.1.1987

Åge Brabrand

SAMMENDRAG

Det er i det foreliggende notatet foretatt en vurdering av kunnskapsgrunnlaget når det gjelder bruk av endret fiskebestand som tiltak for å redusere algemengdene i Mjøsa og derved bedre vannkvaliteten. Tidligere studier i innsjøen viser dominans av krøkle i de pelagiske områdene, som sammen med Mysis antas å være av stor betydning i reguleringen av mengden algespisende zooplankton. De positive resultater som er oppnådd mht. bedret vannkvalitet ved endring av fiskebestand i innsjøer med færre pelagiske fiskearter og uten forekomst av Mysis kan ikke uten videre overføres til Mjøsa, siden Mysis i andre store innsjøer selv er vist å være en viktig i regulering av mengden algespisende zooplankton. Tiltak som skal ta sikte på å øke forekomsten av algespisende zooplankton må derfor være rettet både mot Mysis og de fiskearter og aldersgrupper som har stor nedbeitingskapasitet på zooplankton.

Forholdene i Mjøsa vurderes derfor slik at bedring av vannkvaliteten ved endring av fiskebestanden er usikker, hvis det ikke samtidig settes iverk tiltak som også reduserer mengden Mysis.

Den økte utsetting av Mjøsørret som planlegges av Direktoratet for naturforvaltning (DN) gir en spesiell anledning til å følge utviklingen av dette tiltaket på de pelagiske fiskeartene sik, lagesild og krøkle, og Mysis. Tiltaket bør følges både med hensyn til økt utnyttelse av fiskeproduksjonen og vannkvalitet.

Tiltak som reduserer avrenningen til avgrensede deler av Mjøsa bør vurderes spesielt, for å hindre utvikling av vekstområder for karpefisk. Furnesfjorden og Akersvika nevnes her spesielt.

Reduksjon av avrenning av næringsalter fra landbruk ved etablering av biodammer bør vurderes.

INNLEDNING

Det er idag bred enighet om at zooplankton og fisk i innsjøer kan modifisere vannkvaliteten ved å endre omsetningen av organisk stoff gjennom næringskjedene (Andersson et al. 1975, Shapiro et al. 1982). Derved kan det ofte observeres store avvik i forholdet mellom fosforbelastningen og den algebiomasse dette resulterer i, slik det fremgår i enkelte empiriske modeller.

Det er i regi av NTNFS Utvalg for eutrofieringsforskning og i utlandet utført forsøk med fjerning/reduksjon av fiskebestander for å kontrollere algeproduksjonen. Dette har gitt ny innsikt om reguleringsmekanismene på ulike nivå i næringskjeden, og om muligheten for en biologisk kontroll av algeoppblomstringer (NTNF 1986). Fra de deltagende forskningsmiljøene og fra NTNFS er det et uttrykt ønske om at disse forskningsresultatene utnyttes optimalt i forvaltningen av våre innsjøer, og at forskningsmiljøene brukes i vurderingen av mulige tiltak i de enkelte tilfeller. Det er klart demonstrert at endring av fiskebestanden kan ha en dramatisk gunstig virkning på vannkvaliteten. Det må imidlertid presiseres at ethvert tiltak må vurderes ut fra de forhold som er i hver enkelt innsjø.

VIRKNINGSMEKANISMER

Fisk kan påvirke algemengder ved å beite på algespisende (filtrerende) zooplankton og ved å endre omsetningen av algenæringsstoffer. I en og samme innsjø kan en fiskeart påvirke algemengdene gjennom en eller begge disse virkningsmekanismene.

Beiting av algekonsumentene.

I innsjøer der pelagiske fiskearter hovedsakelig ernærer seg av zooplankton kan zooplanktonsamfunnet endres på grunn av dette og være dominert av små former som i liten grad kan beite ned alger. Zooplankton i gruppen Daphnia står her i en særstilling, fordi de er meget attraktive som næring for fisk, og samtidig svært effektive algespisere. En reduksjon av mengden zooplanktonspisende fisk kan derfor føre til økt tetthet av filtrerende zooplankton. Høy tetthet av store daphnier vil som regel ha en meget positiv effekt på vannkvaliteten, idet "beitbare alger" beites ned og dominansen av "ikke beitbare alger" (blågrønnalger) erfaringsmessig reduseres eller uteblir, trolig p.g.a. endret fosfatomsättning.

Resirkulering av fosfat.

Fisk kan resirkulere fosfor fra sedimenter gjennom ekskresjon. Mengden fosfor som resirkuleres er særlig avhengig av fiske-tetthet og fisken ernæring. Endel fiskearter (karpefisk, mest spesielt) kan i tillegg foreta horisontale vandringer mellom strandsonen der de kan ernære seg av sedimenter (detritus), og de pelagiske deler av innsjøer. Karpefisk kan også være tilstede i meget høye tettheter, og har dessuten også stor nedbeitingskapasitet på zooplankton. I eutrofieringssammenheng er dette derfor meget viktige fiskearter. Fisk med dette næringsopptaket og vandring mellom strandnære og pelagiske områder gir derfor en netto tilførsel av fosfat fra sedimenter.

I Gjersjøen i Oppegård kommune er dette fosfatbidraget fra fisk av samme størrelsesorden som den eksterne tilførsel (Brabrand et al. in press). Undersøkelser fra andre eutrofe innsjøer med karpefisk indikerer fosfatbidrag fra fisk i samme størrelsesorden. Fisk som lever utelukkende av zooplankton, tilfører ikke "nytt" fosfat, men øker omsetningshastigheten på det som er i sirkulasjon.

Ved begge mekanismer virker fisk som pådriver i eutrof retning, og redusert biomasse og produksjon av alger kan oppnås ved å redusere fiskebiomassen. Dette vil øke mengden filtrerende zooplankton som kan kontrollere algeproduksjonen. En reduksjon av sedimentspisende fiskebestand vil resultere i både redusert resirkulering av sedimentert fosfat og mindre predasjon på filtrerende zooplankton.

FORHOLD I MJØSA

Hvorvidt de generelle eutrofieringspådrivende effekter som er beskrevet ovenfor har gyldighet i de enkelte innsjøer er avhengig av om næringskjeden har de funksjonelle elementer som er beskrevet. Når Mjøsa skal vurderes som en innsjø i dette bildet, må de dominerende elementer i næringskjeden være kjent, og muligheten for tiltak vurderes ut fra muligheten til å påvirke fiskebestandene i ønsket retning.

Beskrivelse av fiskebestanden i Mjøsa er basert på rapporter av Sandlund (1980 a, 1980 b, 1981, 1983). Rapportene tar for seg et omfattende prøvefiske fra 1979 og 1980, beskrivelse av fiskesamfunnet, pelagiske næringsnett og vurdering av mulige eutrofierende effekter fra fisk. I tillegg foreligger det beskrivelse av alderssammensetningen og dannelse av sterke og svake årsklasser hos lagesild i Mjøsa av Aass (1972), og det samme fenomen mer generelt forklart av Hamrin og Persson (1986). Mjøsa har i tillegg til pelagiske fiskearter også krepsdyret Mysis relicta. Mysis er et ca. 2 cm stort krepsdyr som selv lever av zooplankton, og derfor funksjonelt er å betrakte som en predator på lik linje med fisk. Det har derfor vært av vesentlig betydning å inkludere effekten av Mysis på det pelagiske næringsnettet, og å vurdere hva som regulerer forekomsten av Mysis.

Det har vært hevdet at den betydelige bedring av vannkvaliteten som er oppnådd med redusert fiskebestand skyldes at forsøk bare er utført i små innsjøer, og at de samme prinsipper ikke nødvendigvis gjelder i store innsjøer. Det er ingenting som tyder på at innsjøenes størrelse er av betydning i seg selv. Tvert imot viser nyutsetninger og innvandring av Mysis i flere store innsjøer at predasjon på filtrerende zooplankton kan være helt avgjørende (Fürst et al 1984).

Imidlertid øker ofte antall fiskearter med innsjøenes størrelse, og det blir derfor vanskeligere å kontrollere de ulike deler av næringskjeden. Problemet er særlig knyttet til begrenning av en art og samtidig hindre økt forekomst av konkurrerende arter.

For å kunne vurdere effekten av tiltak, vil det derfor også i store innsjøer være nødvendig å inkludere overvåking av zooplankton og fisk, idet disse leddene vil være av stor betydning for algeutviklingen. Dette gjelder uansett om tiltak på fiskesiden gjennomføres eller ikke.

Mjøsas generelle status og de dominerende fiskearter tilsier at det er virkningsmekanismen gjennom nedbeiting av zooplankton som kan betraktes som den vesentligste, muligens med unntak av oppvekstområder som Furnesfjorden og Akersvika. Her kan også resirkulering av fosfat fra fisk ha en viss betydning. Betydningen av resirkulering av fosfor fra sedimenter er imidlertid avhengig av høy tetthet av karpefisk. De vurderinger som er gjort nedenfor knytter seg derfor vesentlig til mulighetene for å endre nedbeitingen av filtrerende zooplankton i Mjøsa's mer åpne deler, mens forholdene i områder som Furnesfjorden og Akersvika behandles separat.

De pelagiske områder av Mjøsa domineres antallsmessig av fiskearten krøkle (Sandlund et al. 1981). I prøvefiske fra perioden 1978/79 utgjorde denne arten 38% av den totale fangsten, mens lagesild, sik og abbor hver utgjorde ca. 8%. Uten å gå nærmere inn på årstidsvariasjoner i fordeling for de ulike fiskearter,

betraktes sik, lagesild og krøkle som de vesentligste pelagiske fiskearter. Deres livssyklus er skjematisk beskrevet i Fig. 1, tatt fra Kjellberg & Sandlund (1983). De ernærer seg alle av zooplankton. Til tross for dette karakteriseres ikke zooplanktonsamfunnet som spesielt "nedbeitet", uten at årsakene til dette er klarlagt.

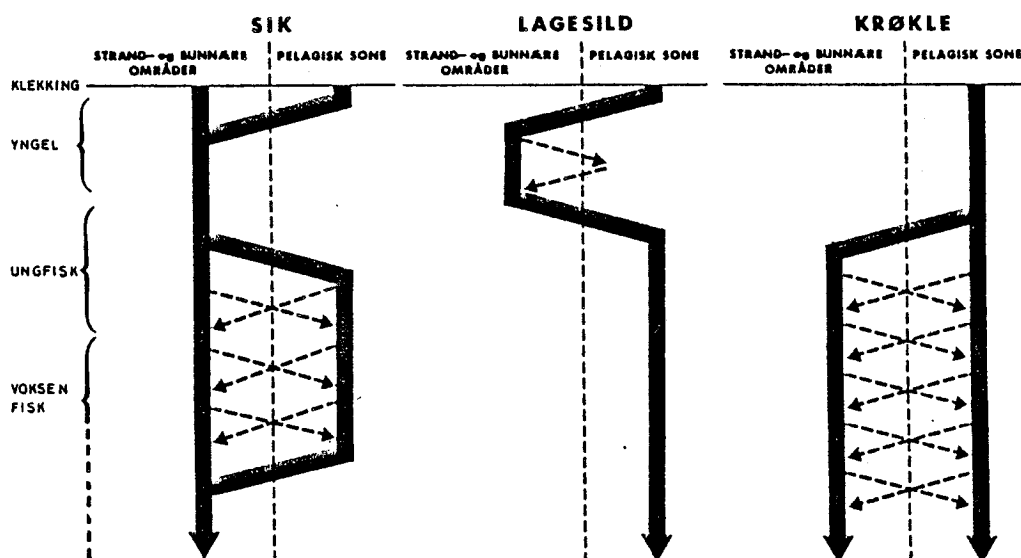


Fig.1. Skjematisk fremstilling av fordelingen av sik, lagesild og krøkle mellom littorale og pelagiske områder. Etter Kjellberg & Sandlund (1983).

I tillegg til de pelagiske fiskeartene, anses forekomsten av Mysis, og relasjonen Mysis-krøkle som svært viktig for forekomsten av filtrerende zooplankton.

Det foreligger idag et godt erfaringsmateriale som beskriver effekten av Mysis etter utsetninger og spredning. Den dominerende konklusjon er at forekomst/introduksjon av Mysis reduserer mengden zooplankton vesentlig, tildels dramatisk (Langeland 1981, Først et. al 1984, Langeland et al. 1986) og at algebiomassen deretter øker (Først et. al 1984). I

Selbusjøen er nedgangen i biomassen av cladocerer beregnet til 87%, og konklusjonen her er at dette skyldes utsetting av Mysis (Langeland et al. 1986). Årsaken til dette er at Mysis selv er en predator på de øvrige zooplankton (cladocerer), og funksjonelt er å betrakte som en predator på linje med fisk. At Mysis selv har denne funksjon i Mjøsa er dokumentert i Kjellberg og Nilssen (i manuskript), der Mysis er vist å kunne ta et stort spekter av zooplankton, men at det er en sterk seleksjon for Daphnia galeata, foruten Bosmina longispina.

Imidlertid er det vanskelig å vurdere betydningen av Mysis bare på grunnlag av ernæringen til Mysis, idet Mysis og filtrerende zooplankton til en viss grad holder til i forskjellige dybdesjikt. Filtrerende zooplankton over sprangsjiktet kan i Mjøsa være utsatt for begrenset predasjon fra Mysis, da Mysis, bare foretar vandring opp i dette sjiktet om natta.

Forholdene kompliseres ytterligere ved at krøkle også opererer som predator på Mysis. De helt sentrale spørsmål med henblikk på regulering av fiskebestanden i Mjøsa for å redusere algebiomassen er derfor:

1. Betydningen av Mysis som regulerende faktor for filtrerende zooplankton.
2. Betydningen av krøkle som regulerende faktor for Mysis.

I store innsjøer som Mjøsa, spiller sannsynligvis krøkle en helt sentral rolle, dels som førfisk for stor-ørret, dels som regulerende faktor for zooplankton og Mysis. Stor krøkle er en viktig predator på Mysis, mens småkrøkle nesten utelukkende ernærer seg av zooplankton.

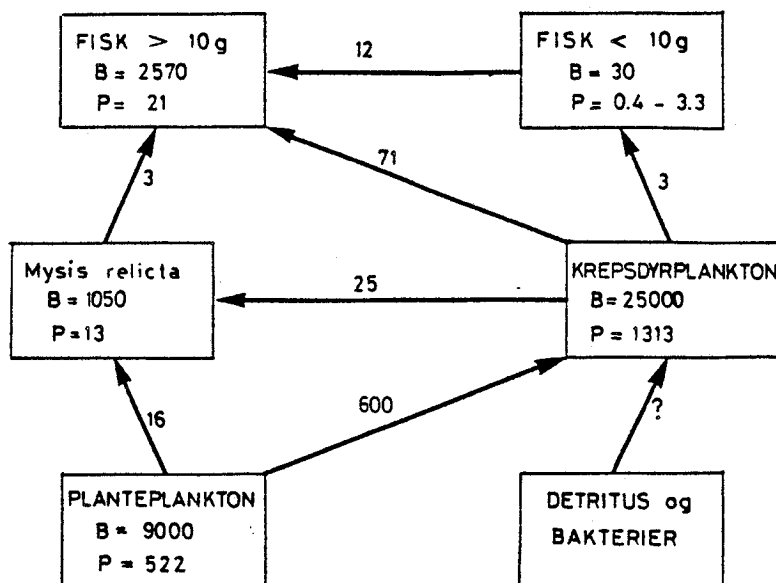
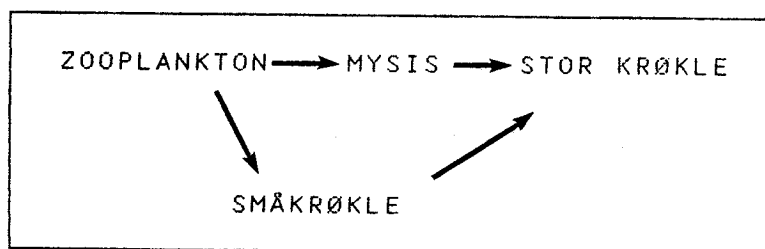


Fig. 2. Næringsnett for de pelagiske områder av Mjøsa beskrevet av Kjellberg og Sandlund (1983). Tallene viser gjennomsnittlig biomasse (B - mg/m^2) og produksjon (P - mg/m^2). Pilene viser stofftransport og teoretisk konsum ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{døgn}$).

Uten at det er tilstrekkelig dokumentert, kan årsaken til at zooplanktonsamfunnet ikke er spesielt nedbeitet i Mjøsa nettopp ligge i at stor krøkle begrenser forekomsten av Mysis. Næringsnett fra de pelagiske deler av Mjøsa er gitt i Fig. 2, mens de antatt dominerende ledd er trukket ut og forenklet tegnet nedenfor:



Denne næringskonstellasjonen må betraktes som meget stabil, og har stor "bufferkapasitet" når det gjelder å opprettholde et relativt konstant predasjonspress på zooplankton. Det kan spekuleres på hvorledes dette systemet vil reagere på ulike påvirkninger. Uansett vil resultatet av tiltak rettet mot krøkle og effekten av dette på filtrerende zooplankton være vanskelig å forutsi, og tiltak rettet mot krøkle og Mysis kan ikke sees isolert, idet sik og lagesild sannsynligvis vil øke sin forekomst.

Direktoratet for naturforvaltning (DN) vil i de kommende år gjennomføre tiltak som tar sikte på en vesentlig økning av Mjøsørretbestanden. Tiltakene vil bestå i bedring av potensielle gyteområder og utsettinger. Dersom ørret i Mjøsa vil kunne opptre som en betydelig predator både på krøkle og Mysis, vil forsøket være meget interessant. Innenfor den virksomhet som blant annet drives i regi av DN foreligger det idag vesentlige forskningsresultater når det gjelder effekten av Mysis på zooplankton. Effekten av økt utsetting av ørret på Mysis og pelagiske fiskearter bør derfor inngå som en del av den generelle overvåkingen av Mjøsa som også er rettet mot vannkvalitet. Før effekten på Mysis og krøkle er klarlagt bør imidlertid masseutsetting av ørret i Mjøsa først og fremst begrunnes ut fra sportsfiskehensyn og sekundæreffekter av dette.

Erfaringsgrunnlaget med endret fiskebestand for å bedre vannkvaliteten i innsjøer som har flere pelagiske fiskearter og i tillegg Mysis må derfor vurderes å være sparsomt, og ikke tilstrekkelig til at dette idag kan anbefales som tiltak mot algeutvikling i selve Mjøsa.

I de betraktninger som er gjort ovenfor, er Mjøsa stort sett behandlet under ett. Imidlertid viser både biologiske og kjemiske parametre at Furnesfjorden har et mer eutroft preg enn de mer åpne deler av Mjøsa. Dette bekreftes også av fiskeundersøkelsene fra 1979/80, idet det i Furnesfjorden er større dominans av mort, brasme og laue enn i Ringsakerfjorden

(Sandlund et al. 1981). Sannsynligvis gjelder dette også for Akersvika ved Hamar. Slike områder kan være vekstområder for pelagisk karpefisk, der fiskens resirkulering av fosfat og fortsatt nedbeiting av zooplankton har stor lokal betydning. Dette vil igjen kunne ha en ugunstig virkning på vannkvaliteten utover disse lokale områdene. Det bør derfor rettes særlig oppmerksomhet mot slike vekstområder, og tiltak som både retter seg mot tilførsel av næringssalter og mot karpefisk bør her vurderes nærmere. Spesielt mortens evne til å virke som en eutrof pådriver er sterkt avhengig av innsjøens generelle trofiske status, og det vil være av mer enn lokal betydning at Furnesfjorden og liknende områder holdes under den "terskelbelastning" som skal til før mort (eventuelt andre karpefisk) opptrer som dominerende pelagisk fiskeart.

Vurdering av tiltak rettet mot spesielt utsatte deler av Mjøsa bør inkludere reduksjon av avrenning av næringssalter fra landbruk ved etablering av biodammer, eventuelt i kombinasjon med jordvanningsdammer, for styrt algeproduksjon som videre kan utnyttas av zooplankton-fisk. Erfaringene fra slike anlegg i Norge er sparsomme, men det kan her ligge et potensiale for reduksjon av tilførsel som bør vurderes nærmere. Biodammer ga i Kolbotnvann 20 - 30 % reduksjon i fosfat og 30 - 35 % i nitrogen (NTNF 1986).

Utover selve Mjøsa vil dagens kunnskapsnivå kunne forutsi effekten av endret fiskebestand i mindre innsjøer i nedslagsfeltet. Mindre innsjøer i nedslagsfeltet som er middels til sterkt belastet bør derfor kartlegges, og på basis av tilstedeværende fiskearter bør tiltak vurderes. Selvom slike tiltak vil redusere avrenningen til selve Mjøsa, bør de først og fremst vurderes ut fra bedring av vannkvaliteten lokalt.

LITTERATUR

- Aass, P. 1972. Age determinations and year class fluctuations of ciscoe (Coregonus albula) in the Mjøsa hydroelectric reservoir. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 52, 4 - 21
- Andersson, G., H. Berggren, G. Cronberg, and C. Gelin 1978. Effects of planktivorous and benthivorous fish on organisms and water chemistry in eutrophic lakes. Hydrobiologia 59, 9-15
- Brabrand, Å., Faafeng, B.A. and Nilssen, J.P.M. 1986. Juvenile roach and invertebrate predators. Delaying the recovery phase of eutrophic lakes by suppression of efficient filterfeeders. J. Fish. Biol. 29 (1), 99-106
- Brabrand, Å., Faafeng, B.A. and Nilssen, J.P.M. Phosphorus supply to phytoplankton production. Fish excretion versus external supply. Can. J. Fish. Aquatic. Sci. In press.
- Hamrin, S., F. and Persson, L. 1986. Asymmetrical competition between age classes as a factor causing population oscillations in an obligate planktivorous fish species. Oikos 47, 223 - 232
- Kjellberg, G. and Nilssen, J.P.M. Life history and trophic interactions on Mysis relicta in a large, fjord-type lake in Norway. I manuskript.
- Kjellberg, G. og Sandlund, O.T. 1983. Næringsrelasjoner i Mjøsas pelagiske økosystem. DVF-Mjøsundersøkelsen - NIVA/Hamar, rapp. nr. 6, 61 s.

- Langeland, A. 1981. Decreased zooplankton density in two Norwegian lakes caused by predation of recent introduced Mysis relicta. Verh. Internat. Verein. Limnol. 21, 926 - 937
- Langeland, A., Koksvik, J.I. og Nydal, J. 1986. Reguleringer og utsetting av Mysis relicta i Selbusjøen - Virkninger på zooplankton og fisk. K. norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1986-2.
- NTNF 1986. NTNF's Program for eutrofieringsforskning - sluttrapport fase 2, 1983-85. Eds. Olsen, Y. og Reinertsen, H.
- Sandlund, O.T., Klyve, L., Hagen, H. og Næsje, T.F. 1981. Prøvegarnfiske i Mjøsa 1978-79. DVF-Mjøsundersøkelsen, rapp. nr. 1, 48 s.
- Sandlund, O.T., Klyve, L., Hagen, H. og Næsje, T.F. 1981. Krøkle i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. DVF-Mjøsundersøkelsen, rapp. nr. 2, 70 s.
- Sandlund, O.T., Klyve, L., Hagen, H. og Næsje, T.F. 1981. Siken i Mjøsa. Alderssammensetning, vekst og ernæring. DVF-Mjøsundersøkelsen, rapp. nr. 5, 54 s.
- Shapiro, J., B. Forsberg, V. Lamarra, G. Lindmark, M. Lynch and G. Zoto. 1982.- Experiments and experiences in biomanipulation. Studies of biological ways to reduce algal abundance and eliminate bluegreens. Interim Rep., Limnol. Res. Center Univ. Minnesota 19. Rep. EPA-600/3-82-096, Corvallis Env. Res. Lab., Oregon.