

Eutrofiutviklingen i Mjøsa i relasjon til forurensningsbelastningen

Av Hans Holtan

Hans Holtan er cand. real. fra Universitetet i Oslo 1961. Han er nå seksjonsleder ved Norsk institutt for vannforskning.

Foredrag holdt i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene 13. mai 1976.

— sprangsjiktets beliggenhet
— vindforholdene

Innledning.

Norge er et land rikt på innsjøer — noe over 200 000 alt i alt. De fleste større innsjøer er langstrakte, smale og dype og kalles gjerne fjordsjøer. Mjøsa, som er Norges største innsjø, er med sin lengde på 12 mil, bredde på 14 km og største dyp på 449 m, et typisk eksempel på denne innsjøtype.

Henimot 80 % av vannmassene i Mjøsa har sin opprinnelse i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt som i vesentlig grad er et høyfjells- og isbreområde. Disse vannmasser må passere innsjøen i hele dens lengderetning. Mjøsa kan derfor særlig hva de nordlige deler angår, betraktes som en gjennomstrømningssjø. Vannmassenes oppholdstid og strømningsmønster er avhengig av mange faktorer, hvorav følgende 4 er av størst betydning.

- vannføringen i Lågen
- temperaturforholdene i Lågen kontra i Mjøsa

På grunn av snø og issmelting i høyfjellet er vannføringen i Lågen stor hele sommeren igjennom, med spesielle høye flomtopper i varme- og regnværsperioder. Ca. 60 % av årsvannføringen tilføres i perioden juni — august. På grunn av reguleringsinngrep er det relativt stor vannføring også om vinteren.

Forurensningskilder (aktiviteter).

I Mjøsas nedbørfelt bor det ca. 190 000 mennesker som tilsvarer en befolkningstettset på 12 personer /km². I innsjøens lokale nedbørfelt (områdene rundt innsjøen) bor det ca. 150 000 personer som tilsvarer 30 personer/km². Ca. 95 000 personer er tilknyttet avløpsanlegg (uten renseanlegg) med direkte utslipp i Mjøsa eller dens tilløp — av disse bor ca. 55 000 i Mjøsas nærområder.

Blant industriforetakender rundt Mjøsa er flere bransjer eller typer representert: treforedlingsindustri, næringsmiddelindustri, metallurgisk industri osv. Ved siden av komponent-

ter som organisk stoff, fosfater etc., kan det industrielle avløpsvannet også inneholde giftstoffer, sterkt fargede stoffer og stoffer som kan skade bunn og strender eller stoffer med sterk lukt og smak.

Mjøsa ligger i et av Norges viktigste jordbruksområde. Ca. 1000 km² eller ca. 6 % av det totale nedbørfelt er dyrket mark, hvorav ca. 750 km² eller ca. 75 % ligger i Mjøsas umiddelbare nærhet. Jordbruket blir drevet etter de mest moderne prinsipper. Jordbrukets betydning som forurensningskilde i dette område henger sammen med:

- Generell bruk av natur- og kunstgjødsel.
- Uheldig gjødslingsrutiner, f.eks. gjødsling på frossen mark.
- Erosjonsprodukter fra bakkede jordbruksarealer.
- Utette gjødselkummer eller lagerplasser for gjødsel.
- Press-saft fra førsiloer.
- Skyllvann fra halmlutingsanlegg.

Forurensningsutviklingen i Mjøsa.

Helt fra slutten av forrige århundre har Mjøsa vært gjenstand for betydelige vitenskapelige undersøkelser (Holmboe (1900), Huitfeldt Kaas (1906, 1946), Braarud et al. (1928) Lindstrøm et al. (1973)). I løpet av av den siste tiårsperiode er det gjennomført en større undersøkelse av forurensningssituasjonen i Mjøsa av Norsk institutt for vannforskning.

Det foreliggende observasjonsmateriale synes å tyde på at innsjøen frem til ca. 1950 var en harmonisk oligo-

trof innsjø. Utover i 50-årene ble det rapportert at algevekst og forskjellige typer forurensning var til betydelig sjenanse for den praktiske bruk av vannet og vannforekomsten. En eutrofierende utvikling synes å ha startet for alvor i begynnelsen av 60-årene. Algemengden økte da betydelig samtidig som det inntraff store forandringer i planktonfloraens sammensetning.

I de senere år har det i sommerhalvåret vært betydelig oppblomstring av alger over hele Mjøsa.

Dyreplanktonets sammensetning har også endret karakter siden århundreskiftet. Enkelte oligotrofindikerende arter er forsvunnet, mens andre mer eutrofitilpassede arter er kommet til.

Både forurensningstilførsler og algevekst berører i første rekke innsjøens overflatelag (epilimnion), og det er først og fremst disse vannmasser som i fysisk-kjemisk sammenheng har endret karakter.

Plantep planktonets fotosynteseaktivitet medfører en markert overmetning av oksygen og høye pH-verdier i det øverste vannsjikt om sommeren. Flere steder har stor algevekst i kombinasjon med betydelig tilførsel av organisk materiale (treforedling, næringsmiddelindustri og boligkloakk) medført betydelig oksygenforbruk i de dypere lag (bl.a. syd for Lillehammer, innerst i Furnesfjorden, utenfor Hamar og Gjøvik). Rent lokalt har det ført til oksygenfrie tilstander i visse bunnområder. Totalt sett er imidlertid oksygenforholdene i bunnområdene og de dypere partier tilfredsstillende (80—90 %). Algeproduksjonen sammen med det tilførte

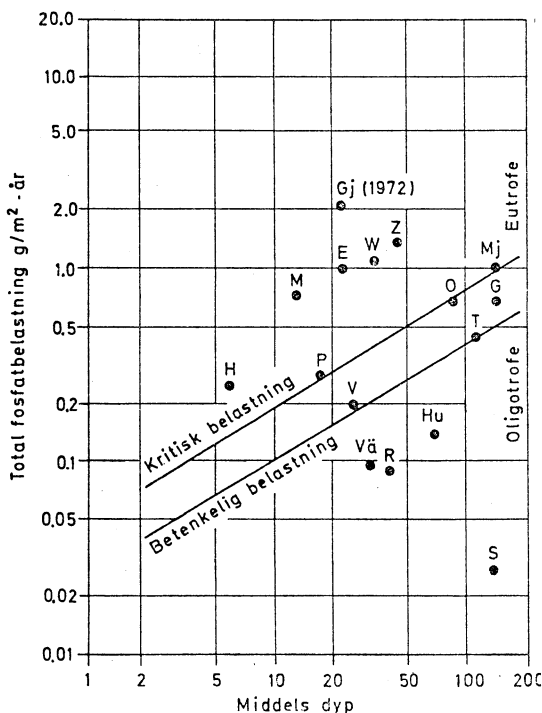
organiske materiale har til sine tider medført høye farge- og turbiditetsverdier i overflatelagene.

Mjøsas nåværende forurensningssituasjon.

Det alvorligste problem i forbindelse med Mjøsas forurensningssituasjon er eutrofiutviklingen. Denne utvikling har sin årsak i stadig økende tilførsel av næringssalter og andre vekstfremmende stoffer til innsjøens overflate. Om våren er den midlere totale fosforkonsentrasjon (under

vårsirkulasjonen) ca. $10 \mu\text{g P/l}$ og midlere totale nitrogenkonsentrasjon ca. $400 \mu\text{g N/l}$. Laboratorieforsøk med algekulturer har vist at det er fosfor som er begrensende for algeveksten. I dag tilføres Mjøsa ca. 400 tonn fosfor pr. år, eller $1,1 \text{ g P/m}^2$ innsjøoverflate og år, hvorav ca. 300 tonn akkumuleres i Mjøsa.

Algesamfunnene i Mjøsa har hittil i vesentlig grad vært dominert av kiselalger, men i den senere tid har det blitt et stadig større innslag av blågrønnalger. Sammenlignet med forholdene i andre innsjøer (tab. 1)



- Gj.; Gjersjøen, Norge
- Z. Zürichsjøen, Sveits
- W. Washington, Amerika
- E. Erie, Amerika
- M. Mälaren, Sverige
- P. Päijänne, Finland
- Mj. Mjøsa, Norge
- O. Ontario, Amerika
- G. Genfersjøen, Sveits
- V. Vänern, Sverige
- T. Tyrifjorden, Norge
- Vä. Vättern, Sverige
- Hu. Huron, Amerika
- R. Randsfjorden, Norge
- S. Superior, Amerika

Fig. 1. Fosforbelastning i relasjon til middel dybde for noen større innsjøer i Sveits, Nord-Amerika, Finland, Sverige og Norge. (Etter Vollenweiders (1968) eutrofimodell).

Tabell 1. Produksjonsdata fra noen norske immsjøforekomster.

Lokalitet	Gjersjøen 1972-73 ¹⁾				Mjøsa 1975 ⁴⁾				Heddalsvatn 1974 ²⁾	Tyrifjorden 1972-73 ³⁾	Norsjø 1975 ³⁾	Krøderen 1973 ³⁾	Sperillen 1973 ³⁾	Vågsvatn 1972	Randstfjorden 1973 ³⁾	Løsna 1974-75 ⁴⁾	Bandak 1975 ²⁾
	Brøttum	Furnestfjorden	Skreia	Morskøgen	Brøttum	Furnestfjorden	Skreia	Morskøgen									
Karakteristika																	
Middeldyp i m	23	Middel							ca. 25	114	87	33	39	—	44,4	—	121
Høyeste målte dagsprod. mg C/m ² · dag	1900	hele Mjøsa:							550	350	305	300	300	194	150	151	150
Middel dagsprod. mg C/m ² · dag	1130-1420	632	2130	1355	744	550	350	300	200	175	150	150	80	80	74	60	
Årsproduksjon gram C/m ² · dag	200-275	67	113	100	79	40	30	25	25	25	25	25	10-15	15	14	10	

1) Lillevold 1975. 2) Rognerud 1975. 3) Rognerud 1975. 4) Berge, Rognerud 1976.

er algenes årsproduksjon i Mjøsa relativt lav i forhold til maks dagsproduksjon. Dette har sin årsak i at algeproduksjonen i løpet av den egentlige vekstsesongen (mai—oktober) dempes vesentlig av naturgitte faktorer som f.eks. sen oppvarming av vannmassene i løpet av våren sammen med vind- og flompåvirkningen. En til sine tider høy dagsproduksjon indikerer allikevel at næringssalttilførselen i dag er stor nok til å gi en betydelig algeproduksjon i store deler av Mjøsa på tidspunkter da andre faktorer ikke demper algeproduksjonen merkbart.

Mjøsas fosforbelastning må ses i

relasjon til at en innsjø er truet av en hurtig eutrofiutvikling hvis den årlige fosforbelastning tilsvarer 0.2—0.5 g. P/m² innsjø-overflate. (Vollenweider 1968). Innsjøens dybde og morfologi, vannets kjemiske sammensetning, klimatiske og hydrologiske forhold, spiller imidlertid en betydelig rolle i denne sammenheng. På bakgrunn av Vollenweiders modell (fig. 1) og når man tar hensyn til vannmassenes teoretiske oppholdstid (ca. 6 år) bør fosforbelastningen i Mjøsa ikke overskride 175 tonn P/år (dvs. ca. 0,5 g P/m² innsjøoverflate og år) hvis tilfredsstillende forurensningstilstander skal oppnås.

LITTERATUR

- Berge, D., Rognerud, S.:* Primærproduksjon i Mjøsa 1975 og Losna 1974—75. I manuskript (1975).
- Braarud, T., Føyn, B. & Gran, H., H.* Biologische Untersuchungen in einigen Seen den östlichen Norwegens. Avh. D. norske Vidensk.-Akad. Nat.v.sk. kl. nr. 2:1-37 (1928).
- Holmboe, J.* Undersøgelser over norske ferskvandsdiatomæer. Arch. Math. Naturv. 22 1 - 72. (1900).
- Huitfeldt-Kaas, H.:* Planktonundersøgelser i Norske Vande. Christiania 1906.
- Huitfeldt-Kaas, H.:* The plankton in Mjøsa. Nytt Mag. Naturv. 85 : 161—221 (1946).
- Lillevold, L.:* Gjersjøen 1972—1973. En limnologisk undersøkelse med hovedvekt på phytoplanktonproduksjon og fosfor-nitrogenomsetning. Inst. for Marinbiol. og Limno. Avd. Limnologi, Universitetet i Oslo, juli 1975.
- Lindstrøm, E. A., Skulberg, R. & Skulberg O. M.* Observations on Planktonic Diatoms in the Lake. — River System Lake Mjøsa — Lake Øeren — River Glomma. Norway. Norwegian Journal of Botany. Vol. 20 Nor. 2-3. 183—195 1973.
- Rognerud, S.:* Fytoplanktonets struktur og produksjon i Heddalsvatn, Norsjø og Bandak i 1975. Delrapport, Telemarkprosjekt (O-112/70) 1975.
- Rognerud, S.:* Primærproduksjon i Tyrifjorden (Holsfjorden) 1972—73 sammenlignet med Krødern, Sperillen, Randsfjorden og Mjøsa. Eutrofiering, Nordforsk publ. 1975:1 275—281 1975.