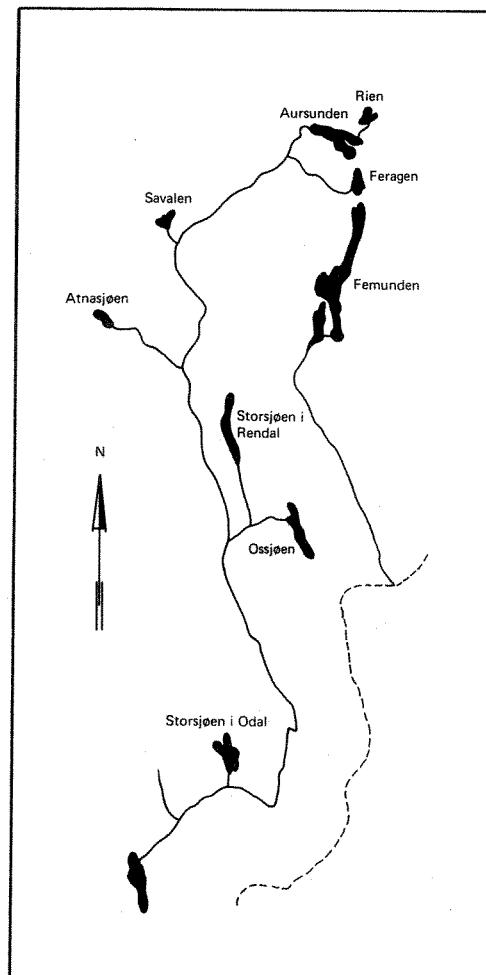


O-78045

NIVA's
Siste exemplar
UTLÅN

Glåma i Hedmark

Delrapport om innsjøer
Undersøkelser i tidsrommet
1978~80



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80
Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-78045
Undernummer: IV
Løpenummer: 1397
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: GLAMA I HEDMARK Delrapport om innsjøer Undersøkelser i tidsrommet 1978-1980	Dato: 9. juli 1982
	Prosjektnummer: 0-78045
Forfatter(e): Hans Holtan Pål Brettum Brynjar Hals Gjertrud Holtan	Faggruppe: Hydroøkologisk div.
	Geografisk område: Hedmark, Sør-Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 96

Oppdragsgiver: Glommens og Laagens Brukseierforening, Hedmark fylke, NVE; SFT og Hedmark kraftverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

I treårsperioden 1978, 1979 og 1980 ble det gjennomført en undersøkelse av 9 innsjøer i/langs Glåmavassdraget, nemlig Rien, Aursunden, Feragen, Femunden, Savalen, Atnasjøen, Storsjøen i Rendal, Ossjøen og Storsjøen i Odal. Undersøkelseresultatene viser at de fleste innsjøer er næringsfattige, oligotrofe innsjøer. Både Storsjøen i Rendal og Storsjøen i Odal er markert påvirket av kulturaktiviteter, og en fortsatt sanering av avløpsforholdene i nedbørfeltet til disse innsjøer synes påkrevet. For Storsjøen i Rendals vedkommende gjelder dette spesielt hvis eventuelle reguleringsplaner skal settes ut i livet.

4 emneord, norske:
1. Forurensningstilførsler
2. Eutrofiering
3. Regulering
4. Innsjøer
Glåma

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.

Hedmark
Delrapport

Prosjektleder:

Hans Holtan

Divisjonssjef:

Hans Holtan

For administrasjonen:

P. E. Sandel

ISBN 82-577-0516-0

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Oslo

0-78045

GLÅMA I HEDMARK

Delrapport om innsjøer
Undersøkelser i tidsrommet 1978-80

9. juli 1982

Saksbehandler: Hans Holtan

Medarbeidere : Pål Brettum

Brynjar Hals

Gjertrud Holtan

Else Øyvor Sahlqvist

For administrasjonen:

J.E. Samdal

Lars N. Overrein

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	4
2. KONKLUSJON	7
3. GENERELL BESKRIVELSE AV DE UNDERSØKTE INNSJØER MED NEDBØRFELT	13
4. UNDERSØKELSESRESULTATER	30
4.1 Generelt	30
4.2 Fysisk-kjemiske forhold	31
4.3 Biologiske forhold	56
5. FORURENSNINGSKILDER - FORURENSNINGSTILFØRSLER	69
5.1 Generelt	69
5.2 Tilførselskoeffisienter	70
5.3 Næringssalttilførsler til innsjøer i/langs Glåmavassdraget	73
5.4 Modellbetraktninger	81
6. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	88
LITTERATUR	96

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Enheter og analysemetoder for kjemiske analyser.	32
2. Oksygenmetning sommer og vinter i 1 meters dyp og i de bunnære vannmasser 1979-1980 (prosent).	35
3. Geologisk sammensetning i nedbørfeltene. Variasjonsbredde og middelverdier for konduktivitet og silisium.	38
4. "Glåmasjøene". Middelverdier for pH, konduktivitet og hovedkomponentene.	38
5. Middelverdier (mg/l) for noen kjemiske komponenter i innsjøer i Europa og Amerika.	39
6. Farge, mg Pt/l (1978-1980).	40
7. Turbiditet, FTU (1978-1980).	40
8. Tørrstoff, gløderest (uorganisk) og glødetap (organisk) mg/l. Aritmetisk middel.	41
9. Kaliumpermanganat, mg O/l (1979-1980).	42
10. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for totalfosfor ($\mu\text{g P/l}$) 1978-1980.	44
11. Ortofosfat ($\mu\text{g P/l}$), blandprøve 0-10 m 1978-1980.	45
12a-c. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for totalnitrogen og nitrat ($\mu\text{g N/l}$) 1978-1980.	47
13. Silisium, mg SiO_2/l , 1978-1980	47
14. Tungmetaller. Middelkonsentrasjoner.	52
15. Siktedyp på de ulike stasjoner.	53
16. Klorofyll <u>a</u> ($\mu\text{g/l}$) (blandprøver 0-10 m), 1978-1980.	58
17. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for klorofyll <u>a</u> ($\mu\text{g/l}$) 1978-1980.	58
18. Innsjøer i/langs Glåmavassdraget. Arealfordeling og befolkning.	74
19. Innsjøer i/langs Glåmavassdraget. Forurensningstilførsler teoretisk beregnet (tonn/år) (naturlig nedbørfelt).	76
20. Midlere transport av næringssalter i Glåma v/Høyegga, tonn/år.	77
21. Analyseresultater for totalfosfor i $\mu\text{g P/l}$. Glåma v/Bellingmo, Rena v/Akerstrømmen, Rena v/utløpet Storsjøen.	80
22. Årsvannføring, teoretisk oppholdstid, fosforbelastning, beregnet sommerklorofyll og målt sommerklorofyll (mai-okt.) i Mjøsa i 1976, 1977, 1978, 1979, 1980.	84
23. Innsjødata, beregnet fosforbelastning samt beregnet og målt fosfor og klorofyllkonsentrasjon for "Glåmasjøene".	87

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Nåværende fosforbelastning i forhold til "akseptabel belastning".	8
2. Rørosområdet med Rien, Aursunden og Feragen.	14
3. Rien-Hyllingen. Uregulert og simulert regulert avløp. Månedsmidler, m ³ /s.	15
4. Innsjøer i Glåmavassdraget. Vannstandsvariasjoner før og etter event. regulering.	16
5. Innsjøer i Glåmavassdraget. Avløp (m ³ /s) før og etter event.reg.	17
6. Feragen - Håelva v/Tørresdal bro. Observert månedsavløp april 1970-mars 1975. Antatt månedsavløp etter regulering (m ³ /s).	20
7. Undersøkte innsjøer i/langs Glåma 1978-1980.	23
8. Osavassdraget.	27
9. Storsjøen i Odal med nedbørfelt.	28
10. Vinter- og sommertemperatur (ned til 100 m) i de undersøkte innsjøer.	34
11. Konduktivitet, $\mu\text{S}/\text{cm}$, v/20 °C. Middelerverdier og variasjonsbredde.	37
12a-c. Innsjøer i Glåmavassdraget. Totalfosfor og totalnitrogen $\mu\text{g}/\text{l}$. Analyseresultater fra blandprøver (0-10 m), mai-okt (1978-1980).	48-50
13. Middelerverdier og variasjonsbredde for fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner i innsjøer i Glåmavassdraget.	51
14. Siktedyp i Storsjøen (Rendal) i sommerperioden 1978.	54
15. Siktedyp i Ossjøen i sommerperioden 1978.	54
16. Middelerverdier og variasjonsbredde for siktedyp, klorofyll <u>a</u> og phytoplankton i innsjøer i Glåmavassdraget.	55
17. Innsjøer i/langs Glåmavassdraget. Klorofyll <u>a</u> ($\mu\text{g}/\text{l}$) 1978-1980.	62
18a-b. Variasjoner i totalvolum og sammensetning av plantep plankton i innsjøer i Glåmavassdraget.	63-64
19. Framstilling av algemengde i en del innsjøer på Østlandet sommeren 1978.	65
20. Sammenhengen mellom årsmiddelerkonsentrasjonen av fosfor i hele sjøen [P] λ og gjennomsnittlig algebiomasse [kl <u>a</u>] i epilimnion i sommerhalvåret .	82
21. Totalfosfor i $\mu\text{g P}/\text{l}$, beregnet og målt.	93
22. Klorofyll <u>a</u> i $\mu\text{g kl a}/\text{m}^3$, beregnet og målt.	93

1. INNLEDNING

I brev av 8. juni 1976 fra Fylkesmannen i Hedmark ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) bedt om å utarbeide et program for en omfattende undersøkelse av Glåma i Hedmark, innbefattet 9 innsjøer i/langs vassdraget. I den anledning kan det vises til møte i Glommens og Laagens Brukseierforening 29. mars 1976, hvor representanter fra Brukseierforeningen, Vassdragsdirektoratet, Statens forurensningstilsyn, Hedmark fylke og NIVA diskuterte en eventuell vassdragsundersøkelse av Glåma. NIVA presenterte et programforslag 17. mars 1977. Dette program ble diskutert på møter i Statens forurensningstilsyn (SFT) 27. mars og 8. juni 1978, og det ble bestemt at Hedmark fylkeskommune, Vassdragsdirektoratet, Statens forurensningstilsyn og Glommens og Laagens Brukseierforening i fellesskap skulle finansiere undersøkelsen. Det ble oppnevnt en styringsgruppe bestående av:

Dir. A. Lieungh, Glommens og Laagens Brukseierforening
Overing. P. Mellquist, Vassdragsdirektoratet, NVE
Overing. E. Hauan, Statens forurensningstilsyn
Ingeniør V. Sandbæk, Hedmark fylkeskommune (formann)
Overing. T. Nordhagen, " " (sekretær)

Styringsgruppens mandat har vært følgende: "Ivaretagelse av hver enkelt oppdragsgivers særinteresser, godkjenne NIVAs program, eventuelt trekke inn andre institusjoner, ut fra egen bakgrunn være NIVA behjelpelig med faglige problemer, samt å påse at undersøkelsene gjennomføres i henhold til vedtatt program og budsjett" (Ref. fra styringsgr. møte 9. juni 1978).

Glåmaundersøkelsen har bestått av til dels en undersøkelse av selve Glåma og til dels av 9 innsjøer i/langs Glåmavassdraget, nemlig Rien, Aursunden, Feragen, Femunden, Savalen, Atnasjøen, Storsjøen i Rendal, Ossjøen og Storsjøen i Odal. Denne rapport omhandler innsjødelen.

Undersøkelsens primære mål var å skaffe til veie grunnlagsmateriale for bedømmelse av (NIVAs programforslag av 17. mars 1977):

- Glåmavassdragets generelle forurensningstilstand
- eksisterende og eventuelle fremtidige reguleringsinngreps betydning for vassdragstilstanden og øvrige bruksinteresser som knytter seg til vassdraget
- en utviklingsprognose for vassdragstilstand, vannkvalitet og endringer i den biologiske status
- vassdragets minstevannføring sett i forurensningssammenheng
- nødvendige rensetekniske og andre forurensningsbegrensende tiltak.

Styringsgruppen fant av økonomiske grunner å måtte redusere undersøkelsens varighet fra 5 til 3 år. Til tross for dette er hensikten med undersøkelsen slik den er formulert ovenfor oppnådd. Innenfor de økonomiske rammer har det ikke vært mulig å fremskaffe pålitelige observasjonsdata om forurensningstransport på de ulike strekninger. Slike data kan bare fremskaffes ved tette prøvetakinger, helst kontinuerlige. Det er innsamlet et stort materiale angående forurensningsaktiviteter langs vassdraget (egen fagrapport). På bakgrunn av dette materialet og innsamlede opplysninger fra Hedmark fylkeskommune om kloakkeringen langs Glåma er forurensningsbelastningen på de ulike innsjøer beregnet (denne rapport) ved hjelp av bl.a. relevante avrenningskoeffisienter. En må imidlertid være klar over at forurensningstilførslene varierer fra år til år. De beregnede verdier må derfor bare betraktes som middelverdier.

Som del av et større forskningsprosjekt (finansiert av NIVA) ble det i 1978 samlet inn et stort observasjonsmateriale fra Storsjøen i Rendal og Ossjøen. Dette materialet er ikke fullstendig bearbeidet ennå, men alle relevante data er blitt benyttet i denne rapporten. Forholdene i Ossjøen er beskrevet i egen rapport.

Fil.cand. Lars Lingsten har vært NIVAs saksbehandler for hele undersøkelsen. Cand.real. Hans Holtan har hatt hovedansvaret for innsjøundersøkelsen. Feltarbeidet i innsjøene er blitt ledet av cand.mag. Gjertrud Holtan som også i vesentlig grad har bearbeidet materialet. Ingeniør Brynjar Hals har deltatt i feltarbeidet og ellers vært ansvarlig for bearbeidelse av hydrologiske data. Cand.real. Pål Brettum og cand.mag. Else Øyvor Sahlqvist er ansvarlige for bestemmelsene av planteplankton.

Brettum har også skrevet kapitlet om planteplanktonet. G. Holtan og distrikthøgskolekandidat Jarl Eivind Løvik har bestemt og bearbeidet dyreplanktonet, som er kommet ut i egen rapport. Fil.cand. Gösta Kjellberg har hatt ansvaret for og gjennomført "den utvidede" undersøkelse (forskningsprosjektet) i Storsjøen i Rendal og Ossjøen.

Primærdataene fra undersøkelsen er gitt ut i egen rapport.

2. KONKLUSJON

Alle de undersøkte innsjøer i eller langs Glåmavassdraget kan karakteriseres som saltfattige, og saltholdigheten målt som konduktivitet varierer fra ca. 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Atnasjøen) til 44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Savalen). I forbindelse med sur nedbørproblematikken er det grunn til å merke seg vannets lave bufferevne i noen av de undersøkte innsjøer, spesielt Storsjøen i Odal, Ossjøen, Femunden og Atnasjøen.

Ved siden av Storsjøen i Odal og Ossjøen som er sterkt påvirket av humusstoffer (høye fargeverdier, høyt innhold av løst og partikulært organisk materiale), fremstår også Feragen og Storsjøen i Rendal som innsjøer med noe humuspåvirket vann. Bortsett fra betydelig oksygensvikt nær bunnen i Storsjøen i Odal om vinteren, må oksygensituasjonen i alle innsjøer betraktes som gode.

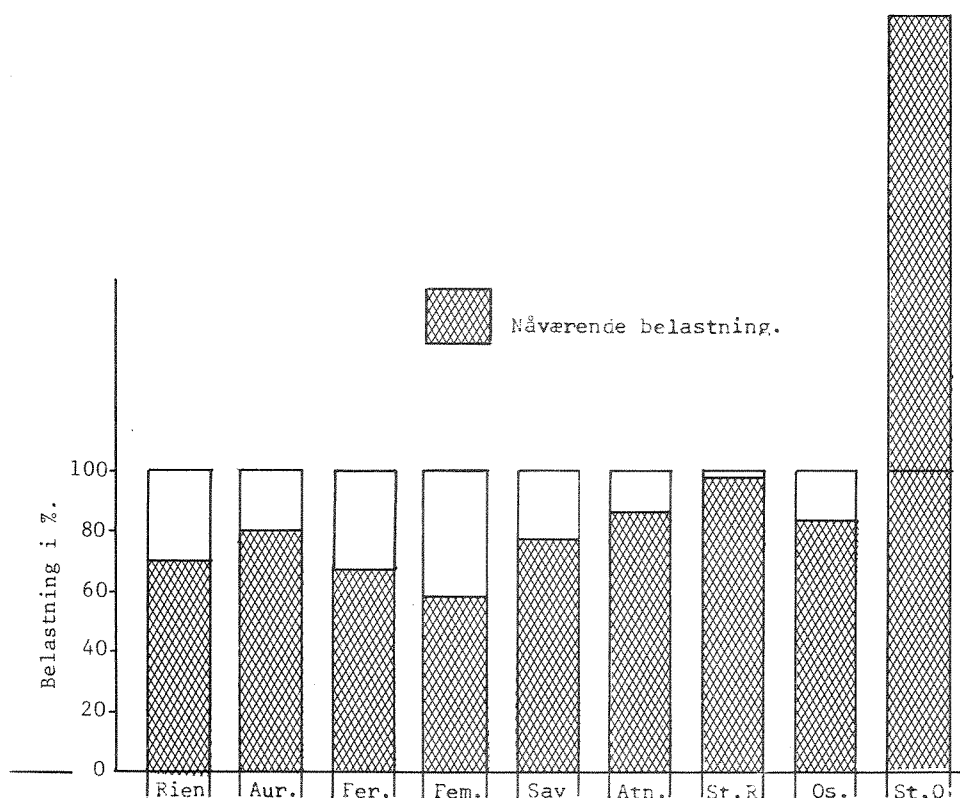
Turbiditet- så vel som tørrstoffverdiene (tørrstoff på filter) som viser vannets innhold av partikulært materiale, var generelt sett relativt lave i alle innsjøer. Verdiene var høyest om våren, spesielt i de regulerte innsjøer Aursunden, Savalen og Storsjøen i Rendal. Dette kan ha sammenheng med en viss utvasking av partikulært materiale fra strandsonene under magasinoppfyllingen om våren.

Hva konsentrasjoner av næringssalter og mengde planteplankton angår, peker Storsjøen i Odal seg ut som den mest produktive. Dernest kommer Storsjøen i Rendal, Atnasjøen og Ossjøen. Vannets midlere fosforkonsentrasjon, klorofyllkonsentrasjon og siktedyp i de ulike innsjøer går frem av følgende oppstilling:

Innsjø	Tot. fosfor, $\mu\text{g P}/\text{l}$			Klorofyll, $\mu\text{g}/\text{l}$			Siktedyp i m		
	1978	1979	1980	1978	1979	1980	1978	1979	1980
Rien		3,7	2,4		1,1			9,9	
Aursunden		4,7	3,8		1,4	1,7		8,0	8,6
Feragen		5,2	3,4		1,6			5,3	
Femunden	4,7	4,4	3,3	0,8		1,0	12,2		10,4
Savalen		5,7	3,0		1,3			6,2	
Atnasjøen	6,0	7,0	4,4	1,9		1,8	7,9		7,9
Storsjøen i Rendal	8,6	6,8	5,4	2,2	2,2	2,0	7,2	5,5	4,9
Ossjøen	9,1	5,6		1,5			4,2		
Storsjøen i Odal	10,7	9,8	6,7	3,5	3,6	3,6		3,4	3,4

Erfaringsmessig er produksjonsforholdene i en innsjø "tilfredsstillende" så lenge den midlere klorofyllkonsentrasjonen over vekstsesongen i vesentlig grad ikke overstiger 2 mg kla/m^3 .

I den senere tid er det på bakgrunn av et stort observasjonsmateriale fra både utenlandske og innenlandske innsjøer, utviklet enkle relasjoner mellom fosfortilførsler og algemengde (som klorofyll) som har vist seg å være et godt hjelpemiddel ved slike vurderinger. Ved hjelp av slike modeller er innsjøenes nåværende belastning i forhold til deres "resipientpotensial" (hva de sannsynligvis vil kunne tåle uten at større skade inntreffer) stilt opp i figuren nedenfor.



Figur 1. Nåværende fosforbelastning i forhold til "akseptabel belastning".

Selv om modellen for akseptabel belastning av forskjellige grunner neppe kan anvendes på Storsjøen i Odal, er det liten tvil om at innsjøen i dag er altfor sterkt belastet med forurensninger. Storsjøen i Rendal er i henhold til modellen på grensen av det akseptable. Figuren viser også at Aursunden, Ossjøen og Atnasjøen er markert belastet.

De bakteriologiske forhold i innsjøene er ikke undersøkt, men bortsett fra Storsjøen i Odal antas vannkvaliteten hygienisk sett å være tilfredsstillende som råvann for vannverk. Dette forutsetter imidlertid at det foretas spesielle undersøkelser for plassering av hensiktsmessig inntaksdyp og inntakssted.

Kommentarer til den enkelte innsjø

Rien

Innsjøen Rien skal i henhold til foreliggende reguleringsplaner reguleres 11,7 m med 0,2 m heving og 11,5 m senkning. I henhold til de kvartærgeologiske undersøkelser kan dette medføre en viss utvasking av erosjonsmateriale fra strandområdene i oppfyllingsperioden. I så fall kan man i det minste i en overgangsperiode forvente en viss tilslamming av vannet både i selve innsjøen, i Glåma oppstrøms Aursunden og i Aursunden. En kvantifisering av denne ulempe kan ikke gis uten nærmere opplysninger om erosjonsmaterialets mengde og kvalitet (partikkelstørrelse o.l.). Ved Rien ligger 5 nedlagte sætre, ett bebodd gårdsbruk og 18 hytter. Innsjøen er næringsfattig (oligotrof).

Aursunden

Innsjøen mottar i noen grad kloakkvann og forurensningstilførsler fra omkringliggende bebyggelse og jordbruk. Den er i dag en næringsfattig (oligotrof) innsjø, og den vil kunne "tåle" nåværende belastning forutsatt at innsjøens egenart og dynamikk blir tatt hensyn til ved eventuell resipientbruk og ved igangsettelse av forurensningsbegrensende tiltak. Tilførsler av forurensning til overflatelagene under vekstperioden (sommeren) bør unngås. Innsjøen bør inngå i Statlig program for forurensningsovervåking.

Bortsett fra en noe senere magasinifylling om sommeren, vil ikke Aursunden bli berørt av de foreliggende reguleringsplaner. Det antas derfor at reguleringsinngrepet i liten grad vil innvirke på denne innsjø som resipient. Som nevnt, er det mulig at inngrepet kan medføre noe tilførsel av erosjonsmateriale fra Rien spesielt i den første tiden, og dette vil i noen grad nedsette vannets bruksverdi i praktisk sammenheng samtidig som den biologiske produksjon kan bli noe berørt (dårligere lysforhold o.l.).

Feragen

Innsjøen Feragen skal i henhold til foreliggende kraftverksplaner reguleres 4,9 m (senkning). Det er 4-5 gårdsbruk i drift i nedbørfeltet, og det bor totalt ca. 100 personer i området. Innsjøen blir i liten grad brukt til resipient for avløpsvann og den har en næringsfattig (oligotrof) karakter. Feragens resipientevne er svak. Den planlagte regulering vil ventelig i liten grad påvirke de biologiske forhold i innsjøen. Reguleringen vil imidlertid ytterligere forringe innsjøens resipientevne.

Femunden

Femunden er en lavproduktiv (oligotrof) innsjø som i liten grad er belastet med forurensninger. Femunden og Femundsmarka er et meget viktig turist- og friluftsområde. Deler av Femundsmarka er lagt ut som naturpark. Det er fra universitets- og forskerhold stor interesse for å bevare innsjøen og nedbørfelt som referanseområde for forskning og vitenskapelig arbeid. Slike aktiviteter/interesser tilsier at man bør være varsom med en eventuell bruk av innsjøen som resipient for avløpsvann. Vi vil anbefale at innsjøen inngår i Statlig program for forurensningsovervåking som "referansesjø".

Savalen

Innsjøen er lavproduktiv (oligotrof) og med liten forurensningsbelastning. Den er regulert for kraftforsyningsformål, og på grunn av overføring av vann fra Fundinmagasinet og Einunna har den endret karakter fra en stabil innsjø med teoretisk oppholdstid på 9 år til en mer ustabil lokalitet med oppholdstid på knapt 1 år. Det er betydelig turist- og friluftsinnteresser knyttet til innsjøen og dens nedbørfelt. Innsjøen er dårlig egnet som resipient for avløpsvann, og det bør stilles strenge krav med hensyn til forurensningsskapende aktiviteter i nedbørfeltet så fremt man ønsker å bevare innsjøens nåværende trofigrad.

Atnasjøen

Atnasjøen er i motsetning til de andre undersøkte innsjøer i Glåmavassdraget en typisk gjennomstrømningssjø med teoretisk oppholdstid på 1,5 mndr. Innsjøen har til tross for lav forurensningsbelastning relativt

høy produksjon av planktonalger, men den må likevel betegnes som en oligotrof, dvs. næringsfattig innsjø. Næringssalttilbudet er i det vesentligste naturlig betinget. Innsjøen har stor rekreasjons- og vitenskapelig interesse som betinger at den i liten grad brukes som resipient for avløpsvann. Eventuelt avløp fra hyttebebyggelse bør saneres. Vi vil anbefale at innsjøen inngår i det statlige program for forurensningsovervåking som "referansesjø".

Storsjøen i Rendal

Storsjøen i Rendal er i henhold til forurensningsbelastning og algemengde (uttrykt som klorofyll a) på grensen av hva som ansees som akseptabelt i eutrofierings- eller forurensningssammenheng. Strendene er til tider bevokst med fastsittende alger. Sanering av avløpsforholdene både i Rendal og langs Glåma er påkrevet hvis man ønsker å unngå faren for en uheldig utvikling.

Da Rena kraftverk ble satt i drift i 1972 økte vannføringen ved utløpet av Storsjøen på grunn av tilførsel av Glåmavann fra 33,8 m³/s til 76,4 m³/s i middel. Dette medførte at fosforbelastningen økte fra ca. 13,2 tonn/år til ca. 31,4 tonn/år. I den første tiden etter reguleringen ble det rapportert at strendene var sterkt begrodd med fastsittende alger samt at vannet var brunt og siktedypet lavt på grunn av store algemengder (NIVA-notat av 27/8 1975). I henhold til modellbetraktninger økte klorofyllinnholdet fra ca. 1,2 µg kl.a/l til ca. 2,0 kl.a/l, dvs. at innsjøen endret karakter fra en utpreget næringsfattig (oligotrof) innsjø til en tilstand som i henhold til våre erfaringer eutrofieringsmessig sett må betraktes som betenkelig. I henhold til de nye reguleringsplaner for Øvre Glåma, vil det bli overført ytterligere ca. 287 mill. m³ vann pr. år fra Glåma til Storsjøen (midlere vannføring ved utløpet 85,6 m³/s). Vi må anta at dette vil medføre at algeproduksjonen øker ytterligere. For å hindre at en uheldig eutrofiering skal finne sted i Storsjøen, bør effektive forurensningsbegrensende tiltak iverksettes både i Rendalen og langs Glåma. Dette er nødvendig under dagens forhold og enda mer påkrevet ved en eventuell ny regulering. Omfanget av tiltakene bør vurderes ut fra forholdene i innsjøen så vel som forvaltningsmyndighetenes målsetting for bruken av vassdragene

(Rena og Glåma). Konsekvensanalytiske vurderinger bør gjennomføres. Dessuten bør forurensningssituasjonen i innsjøen og dens tilløp overvåkes.

Ossjøen

Innsjøen er relativt næringsfattig (oligotrof). I de senere år er det til tider observert betydelige mengder fastsittende alger langs strendene - første tegn på eutrofiutvikling. Det er nødvendig at avløpsforholdene saneres. Rundt innsjøen er det betydelig hytte- og campingaktiviteter. Avløpet fra slike aktiviteter bør renses. Innsjøen er regulert 6,6 m og i perioder forekommer utvasking av erosjonsmateriale fra gruntområdene. Innsjøen bør overvåkes. Det er nylig utarbeidet en egen rapport om forurensningstilstanden i Ossjøen (NIVA-rapport 0-77084).

Storsjøen i Odal

I henhold til belastning og algevekst (også blågrønnalger) er Storsjøen i Odal i en markert eutrofierende utvikling. På grunn av dybdeforholdene skiller denne innsjøen seg fra de øvrige bl.a. ved en hurtigere omsetning av tilført forurensningsmateriale. Sedimentene deltar mer aktivt i stoffomsetningen enn i de øvrige innsjøene. Sanering av avløpsforholdene i nedbørfeltet er sterkt påkrevet. Innsjøen bør bli gjenstand for en mer inngående undersøkelse med påfølgende rutinemessig overvåking.

3. GENERELL BESKRIVELSE AV DE UNDERSØKTE INNSJØER MED NEDBØRFELT

Rien

Rien (748 m o.h.) figur 2, ligger i Røros kommune i Sør-Trøndelag fylke. Nedbørfeltet er åpne fjellvidder med til dels store myrområder og med bjerkeskog i de lavereliggende partier. Utløpselven, Glåma, har et konsentrert fall inntil den renner sammen med Hydda (avløp fra Hyllingen). Nedstrøms dette punkt og til Aursunden er fallet minimalt. Fjellgrunnen består av omdannet kambro-silur bergarter (Rørosskifer med kvartsrik glimmerskifer) som i vesentlig grad er dekket med morenemateriale (sand og grus). I nedbørfeltet finnes 18 hytter og 5 nedlagte sætre - ingen fastboende. I området er det en utpreget tamreindrift med vår-, sommer- og høstbeiting.

Klimamessig hører Rienområdet mer til Trøndelag enn Østlandet, og det spesifikke avløp er oppgitt til $24,8 \text{ l/s/km}^2$. Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

Høyde over havet	748 m
Overflateareal (NMV)	$14,6 \text{ km}^2$
Største dyp	46 m
Middeldyp (volum/overfl.)	18 m
Volum	275 mill m^3
Nedbørfelt	172 km^2
Midlere vannf. utløp	$4,3 \text{ m}^3/\text{s}$
Teoretisk oppholdstid	2 år

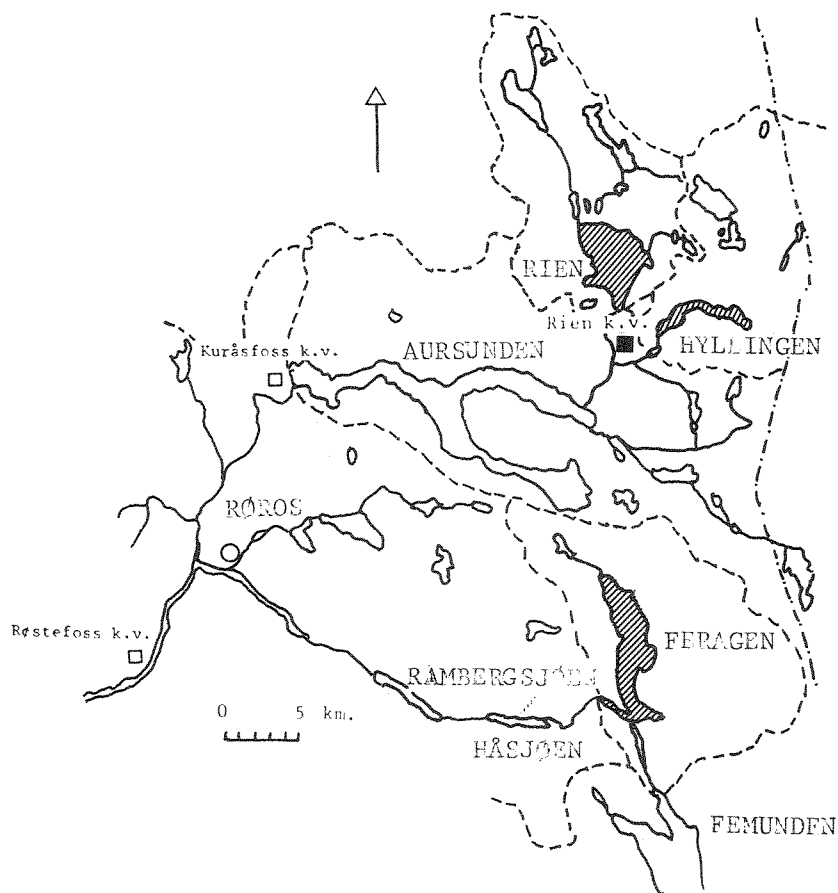
Rien inngår i de nye reguleringsplanene til Glommens og Laagens Bruks-eierforening. I henhold til planene vil innsjøen bli regulert mellom kotene 736,9 (LRV) og 748,6 (HRV), dvs. 11,7 m vesentlig senkning. Det tørrlagte areal ved nedtapping blir $5,6 \text{ km}^2$ eller ca. 40 % av innsjøens nåværende areal.

Reguleringsplanene forutsetter også at avløpet fra en nærliggende innsjø Hyllingen (753,6 m o.h.) overføres enten til Rienmagasinet i oppfyllingsperioden og ellers til kraftverket (figur 2). Hyllingen forutsettes ikke å bli brukt som reguleringsmagasin.

Den regulerte vannføring gjennom kraftverket oppgis til $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$ - magasinprosenten 47 % medregnet Hyllingens felt. Uregulert og regulert vannføring fra Rien - Hyllingen er vist i figur 3. Vannstandsvariasjoner er angitt i figur 4.

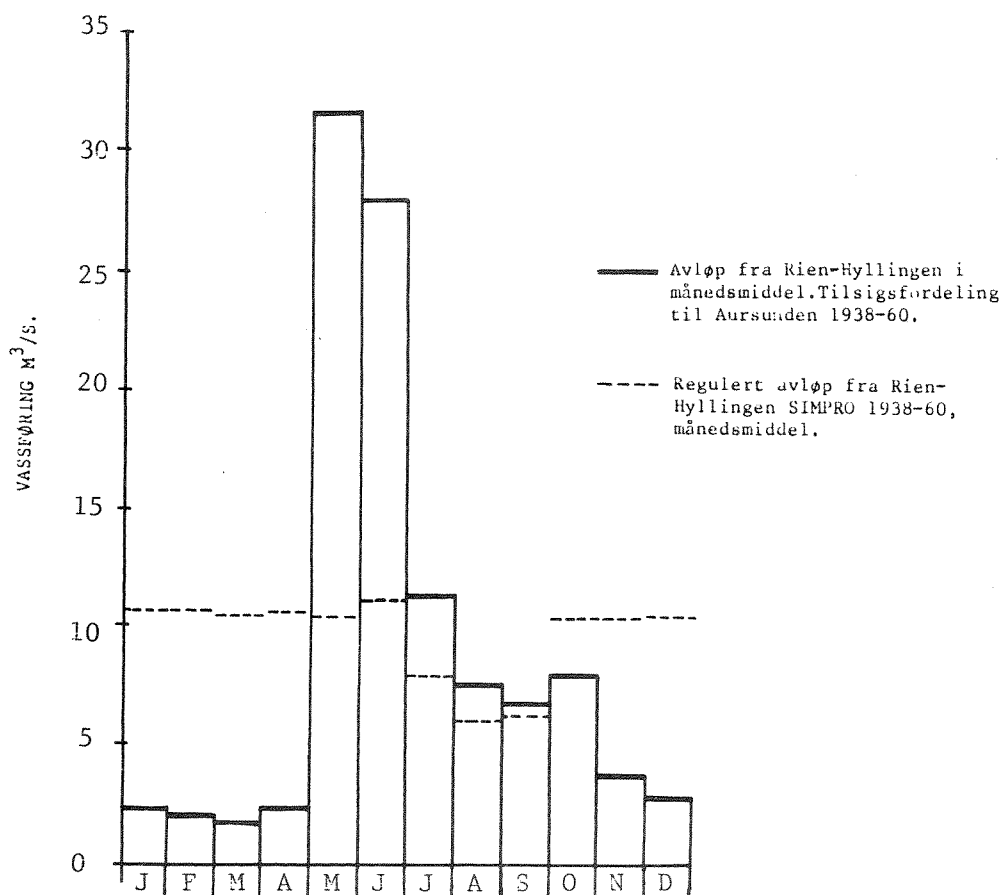
Aursunden

Aursunden (689 m o.h.), figur 2, ligger i Røros kommune i Sør-Trøndelag fylke. Berggrunnen i nedbørfeltet består i stor del av Trondheimfeltets omvandlede kambro-silur (sedimentære) bergarter som fyllitter, kvartsglimmer-skifer m.m. Terrenget er overveiende dekket med morenemateriale og torvjord.



Figur 2. Rørosområdet med Rien, Aursunden og Feragen.
(Etter Gl. og Laagen 1974.)

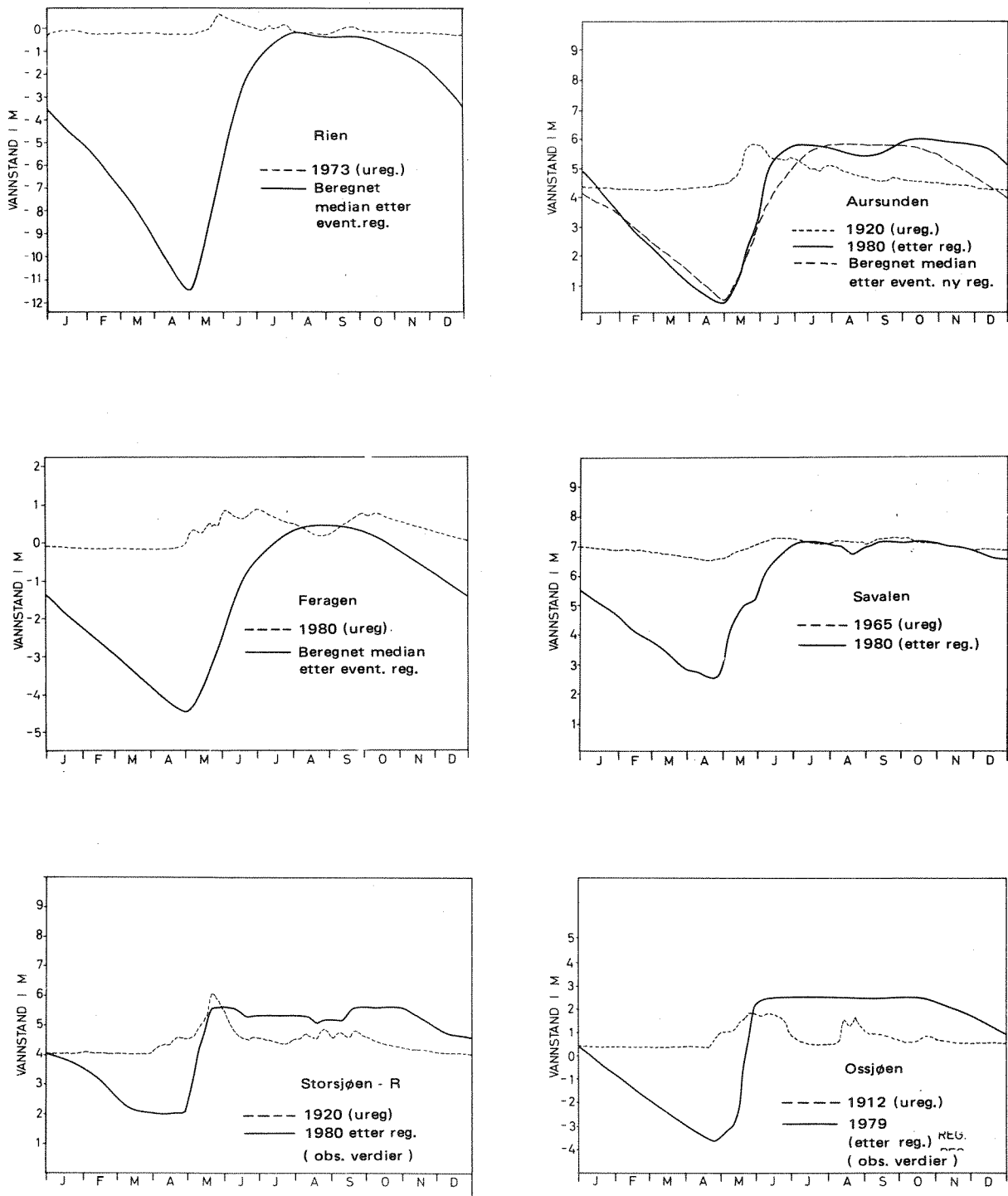
- Fremtidige kraftverk
- Eksisterende kraftverk
- ▣ Fremtidige reg. magasiner



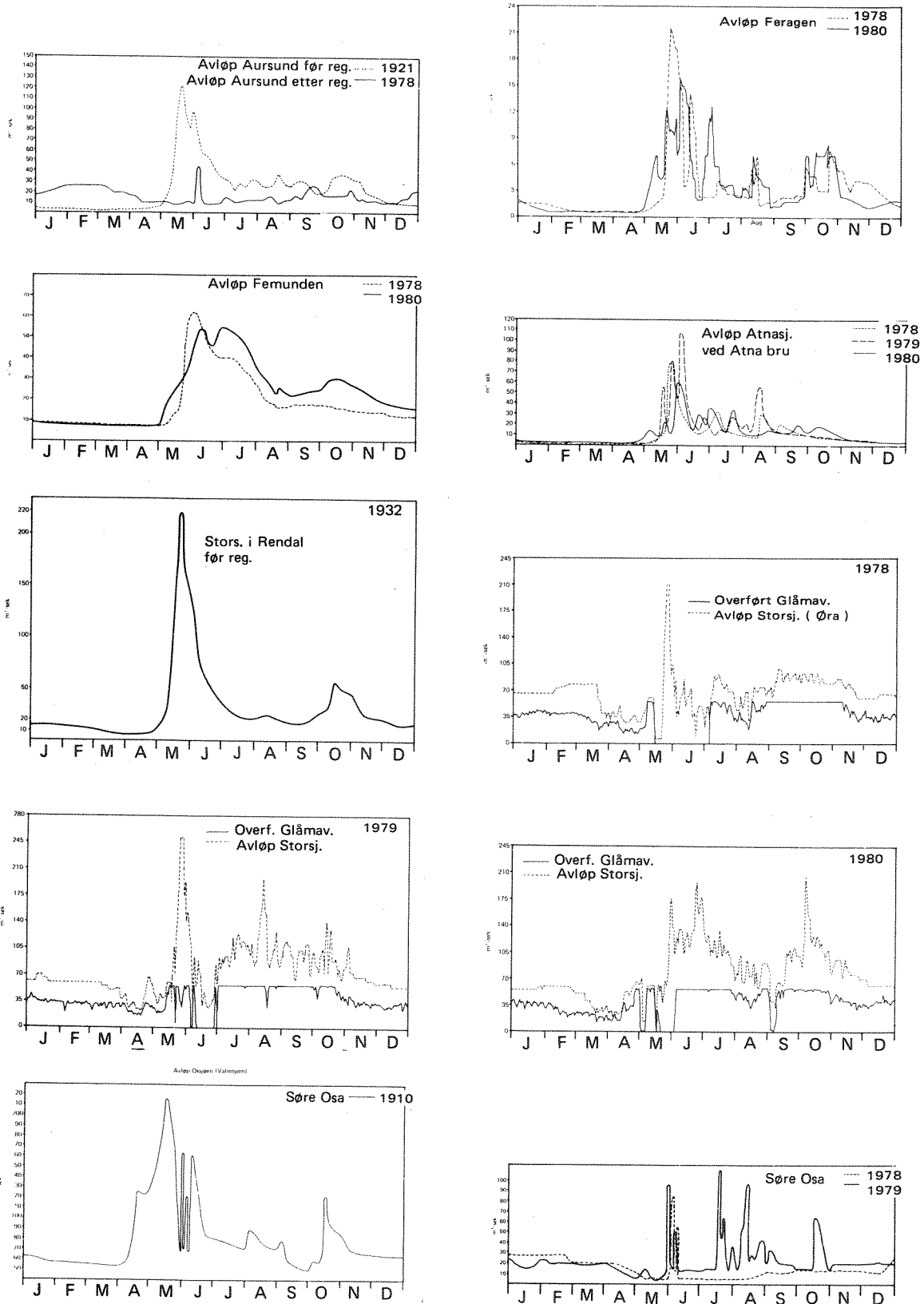
Figur 3. Rien - Hyllingen. Uregulert og simulert regulert avløp. Månedsmidler, m³/s (1938-60).

I fjellområdene (dvs. 5 % av nedbørfeltet) er det til dels store myrer og lengre nede bjerkeskog (ca. 34 %). Rundt innsjøen og særlig ved østenden (Brekken), er det dyrket mark (totalt ca. 7,7 km², dvs. 0,9 % av nedbørfeltet) og for øvrig frodig vegetasjon. I feltet bor det ca. 820 personer - de fleste i innsjøens umiddelbare nærhet. I Brekken er det et biologisk-kjemisk kloakkrensaneanlegg dimensjonert for 400 p.e. og med 120 p.e. tilknyttet. Avløpet føres til Borga som er tilløpselv til Aursunden.

Området har innlandsklima med lange kalde vintre og kjølige somre, men innimellom med varme perioder. Nedbøren fordeler seg jevnt over året, men med en topp i juni, juli og august måned.



Figur 4. Innsjøer i Glåmavassdraget. Vannstandsvariasjoner før og etter event. regulering.



Figur 5. Innsjøer i Glåmavassdraget. Avløp (m^3/s) før og etter event. regulering.

Glåma, som kommer fra Rien, munner ut i den østre enden av innsjøen. Her munner også Borga, som renner gjennom Brekken, ut. Den midlere arealavrenning er $24,2 \text{ l/s/km}^2$. Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

Høyde over havet	:	689 m
Overflateareal (MNU)	:	$44,0 \text{ km}^2$
Største dyp	:	60,0 m
Middeldyp	:	14,0 m
Volum	:	610 mill. m^3
Nedbørfelt	:	841 km^2
Midlere vannføring, utløp	:	$20,1 \text{ m}^3/\text{s}$
Teoretisk oppholdstid	:	1 år

Aursunden er kraftverksregulert og dette har bl.a. ført til en utjevning av vannføringen (figur 5) ut av innsjøen.

Aursunden er regulert mellom kotene 684,1 og 690,0 m o.h., dvs. 5,9 m, hvorav det vesentligste er senkning (figur 4). Det tørrlagte areal ved nedtapping er $20,8 \text{ km}^2$ ($44,1 \text{ km}^2 \div 23,3 \text{ km}^2$), dvs. 47 % av overflateareal ved normal vannstand.

De foreliggende reguleringsplaner omfatter ikke endring av regulerings- høyden i Aursunden, men innsjøen vil fylles noe senere - ca. 11. juli i median mot ca. 28. juni nå.

Feragen

Feragen (655 m o.h.), figur 2, ligger i Røros kommune i Sør-Trøndelag fylke. Innsjøen ligger i et område av furu- og bjerkeskog med snaufjell særlig i øst. Det er store myrpartier ved utløpet. Bergarter angis å tilhøre Rørosfeltets sparagmittformasjoner i skyvedekket over og nær overgangen til yngre skifrige bergarter.

Ved nordenden av Feragen ligger grenda Feragen med 4-5 gårdsbruk i drift. Totalt bor det ca. 100 personer i nedbørfeltet. På østsiden av innsjøen ligger en nedlagt gård og én sæter. I nedbørfeltet er det viktige vinterbeiter for rein.

Klimaet er typisk innlandsklima med lange, kalde vintre og vanligvis kjølige somre. Årsnedbøren er 480 mm i middel og arealavrenningen ligger i området 16-18 l/s/km². Feragen er på grunn av tømmerfløting regulert ca. 2 m og tilføres av samme grunn noe vann ca. 0,5 m³/s som middel på årsbasis fra Femunden. Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

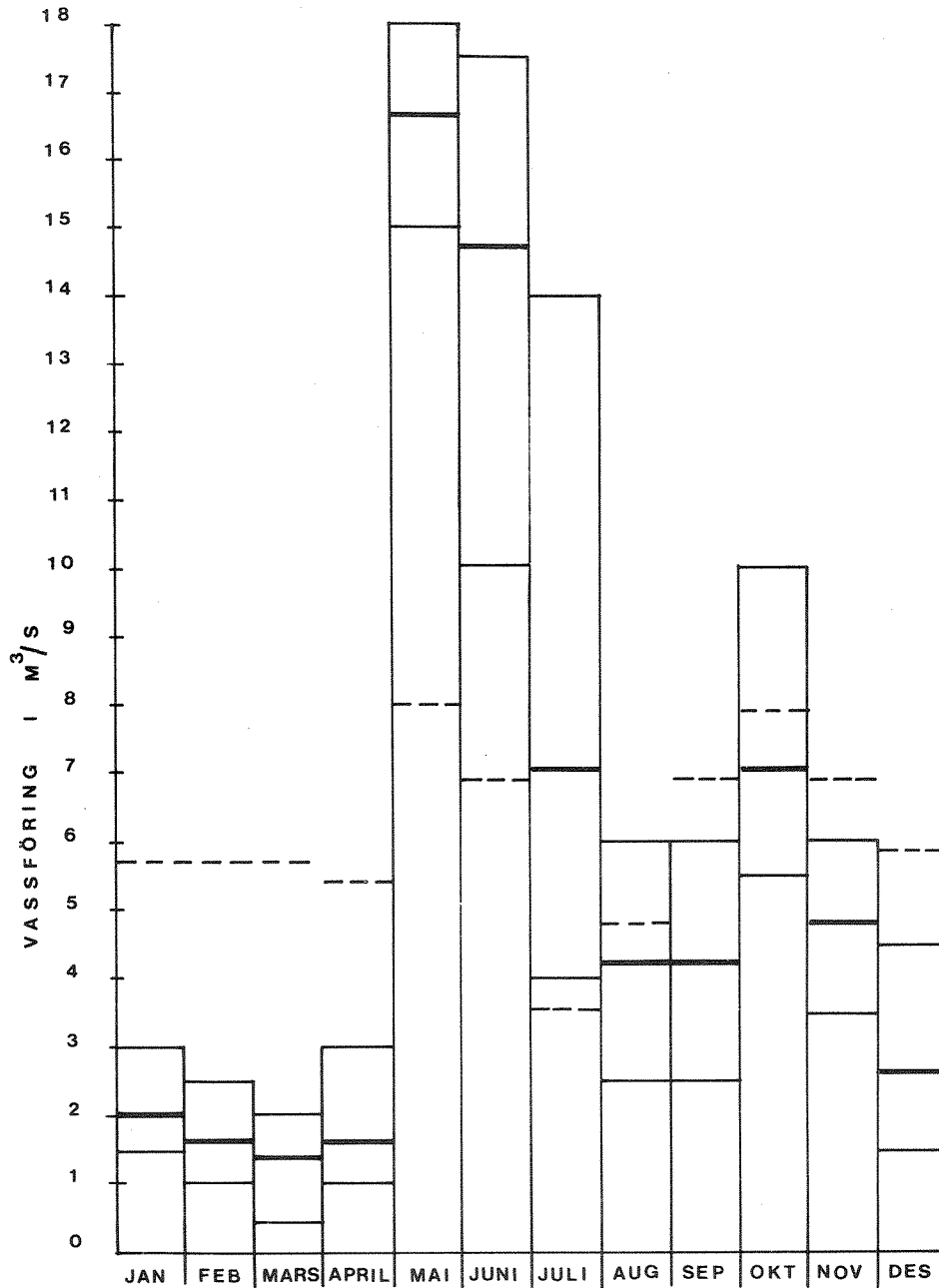
Høyde over havet	:	655 m
Overflateareal (MNU)	:	15,1 km ²
Største dyp	:	43 m
Middeldyp	:	16 m
Volum	:	310 mill.m ³
Nedbørfelt	:	198 km ²
Midlere vannføring, utløp	:	3,6 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	:	2,7 år

Feragen inngår i reguleringsplanene til Glommens og Laagens Brukseierforening. Innsjøen vil bli regulert mellom kotene 649,9 og 654,8 dvs. en reguleringshøyde på 4,9 m. Det tørrlagte areal blir ca. 2 km² (15,1 km² ved HRV og 13,1 ved LRV) som tilsvarer ca. 13 % av innsjøarealet. Vannstandsvariasjonene før og etter regulering er angitt i figur 4. Minstevannføring ved utløpet vil bli 0,5 m³/s. Reguleringens innvirkning på utløpselvets vannføring nedstrøms Tørresdal bro er vist i figur 6.

Femunden

Størstedelen av Femunden ligger innenfor grensene til Engerdal kommune, Hedmark fylke (figur 7). Berggrunnen består i vesentlig grad av sandstein (sparagmitt). I den nordlige delen er det presset sandsteinkvart-sitt som dominerer, og dette gir en næringsfattig jordbunn. I de sydlige områder finnes morenemateriale av stor mektighet.

385 km² av Femundmarka er fredet som naturpark. Hele 62 % (1060 km²) av nedbørfeltet er fjellvidder, 26 % (450 km²) er skog, 12 % (210 km²) er vann og 0,2 % (3,5 km²) er dyrket mark. I nedbørfeltet bor det ca.



————— STØRSTE VASSFØRING OBSERVERT, april 1970 - mars 1975
 ————— MIDDEL " "
 ————— MINSTE " "

- - - - - ANTATT MÅNEDSAVLØP
 ETTER REGULERING AV
 FERAGEN, 1938-60

Observert månedsavløp
 april 1970 - mars 1975.
 Antatt månedsavløp
 etter regulering av
 Feragen.

Figur 6. Feragen - Hælvå v/Tørresdal bro.

200 personer fast og ved Femundsenden ligger 2 hoteller med overnattingshytter. Hotellene har ordnet sine avløp ved slamavskillere for 700 personekvivalenter. Avløpet blir pumpet opp i åsen og infiltrert i grunnen. Anlegget vil bli utvidet og komplettert om nødvendig.

Området har typisk innlandsklima, med stor forskjell på sommer- og vintertemperatur. Nedbøren er sparsom og arealavrenningen er i middel 14 l/s.km². De største tilløp er Elgåa på østsiden og Tufsinga på vestsiden. Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

Høyde over havet	:	663 m
Overflateareal	:	201 km ²
Største dyp	:	132 m
Middeldyp	:	30 m
Volum	:	6000 mill. m ³
Nedbørfelt	:	1723 km ²
Midlere vannføring, utløp	:	24,8 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	:	7,7 år

Savalen

Savalen (706,6 m o.h.), figur 7, ligger i Alvdal og Tynset kommuner i Hedmark fylke. Nedbørfeltet er hovedsakelig bygd opp av omdannede sedimentbergarter (kambro-silur) tilhørende Trondheimsfeltet. Berggrunnen er dekket av bregrus og morenemateriale med varierende mektighet.

Innsjøen med omliggende skog og fjellvidder er viktige rekreasjonsområder både sommer og vinter. Rundt innsjøen finnes ca. 250 hytter og ved innsjøens nordende ligger Savalen Fjellstue. I henhold til opplysninger fra kommunen bor det 20 personer i nedbørfeltet. Avløpet fra Savalen Fjellstue (72 senger) blir ført til slamavskiller og videre til synkegrøfter. Et vaskeri er kommet til slik at anlegget oppgis å være overbelastet.

Siden 1976 er Savalen blitt benyttet som reguleringsmagasin for Savalen kraftverk (figur 7). Reguleringshøyden (vesentlig senkning) er 4,7 m mellom kotene 702,5 og 707,2 m o.h. Det tørrlagte areal ved nedtapping er 4,5 km², dvs. 29 % av innsjøens overflate (figur. 4). Reguleringen omfatter tilførsel av vann via en tunnel nedstrøms Einunna kraftverk fra de regulerte innsjøer Elgsjøen, Fundin og Marsjøen. Utløpet fra Savalen, Sevilla, er av samme grunn tørrlagt. Reguleringen har ført til at vanntilførselen har økt fra 28 mill. m³/år (ca. 0,9 m³/s) til 300 mill.m³/år (9,5 m³/s). Magasinet fylles raskt opp i løpet av mai-juni.

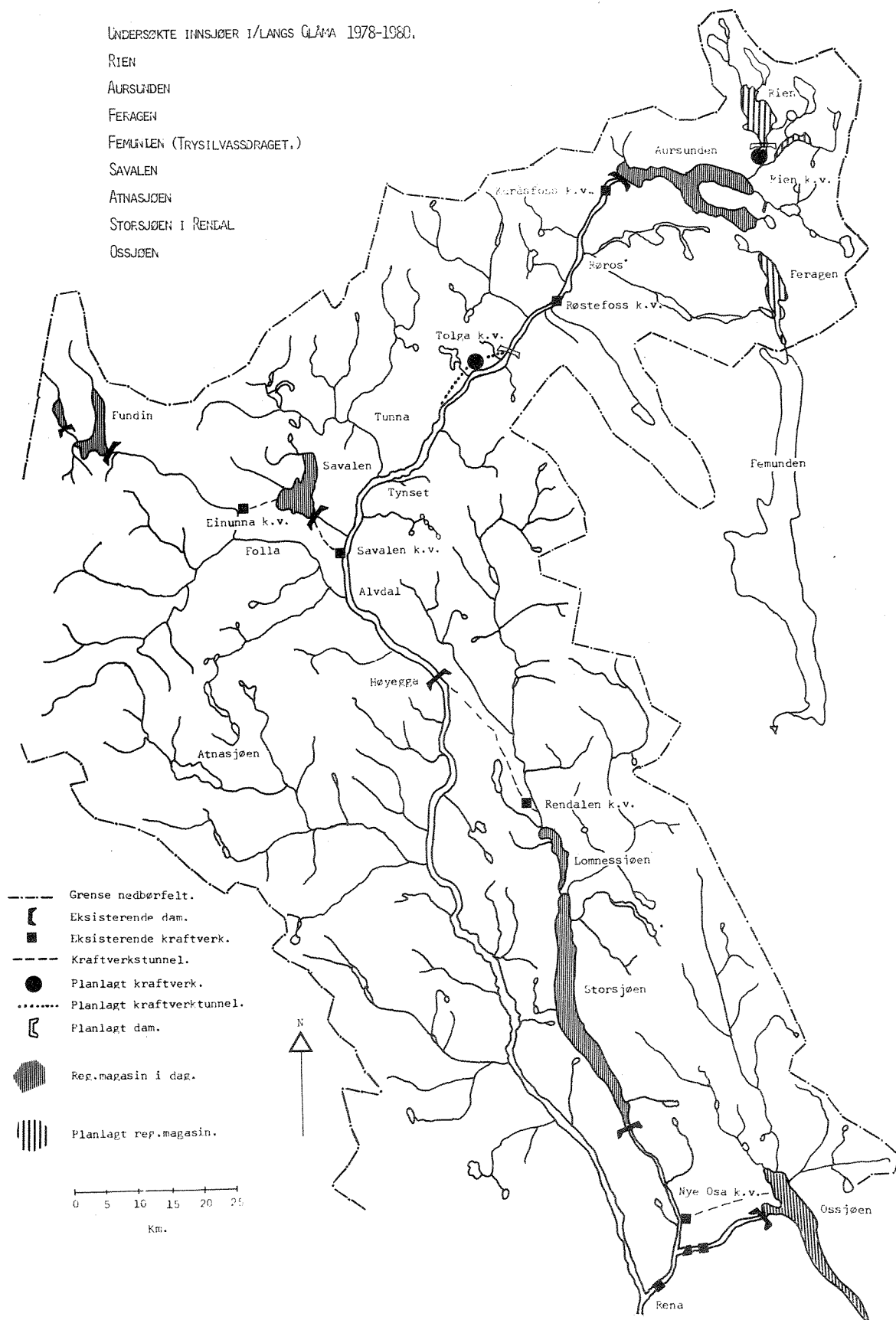
Det regulerte nedbørfelt (667,2 km²) består i vesentlig grad av fjellvidder (over tregrensen 850 m o.h.) - hele 76 %. Rundt Savalen er det en del furu- og bjerkeskog (ca. 13 %). Bare 1,2 km² (0,2 %) er dyrket jord, men det oppgis å være 36,5 km² dyrkningsjord i området.

Som ellers i fjellområdene er vinteren lang og kald og sommeren kort med juli som varmeste måned (maks. temp. opp mot 30 °C). Nedbøren i et normalår oppgis å være 373 mm. Arealavrenningen (sp. avløp) for hele feltet oppgis til ca. 16 l/s. km². Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

	Før regulering	Etter regulering
	-----	-----
Høyde over havet	: 706,6 m	707,2 - 704,2 m
Overflateareal	: 14,8 km ²	15,4 - 10,9 km ²
Største dyp	: 62 m	62,6 m
Middeldyp	: 17,2 m	17,2 - 18,4 m
Volum	: 255 mill.m ³	265 - 200 mill.m ³
Nedbørfelt	: 100,2 km ²	667,2 km ²
Midlere vannføring, utløp	: 0,9 m ³ /s	9,5 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	: 9 år	0,9 år

UNDERSØKTE INNSJØER I/LANGS GLÅMA 1978-1980.

- RIEN
- AURSUNDEN
- FERAGEN
- FEMUNDEN (TRYSLVASSDRAGET.)
- SAVALEN
- ATNASJØEN
- STORSJØEN I RENDAL
- OSSJØEN



Figur 7. Undersøkte innsjøer i/langs Glåma 1978-1980.

Atnasjøen

Atnasjøen (701 m o.h.), figur 7, ligger i Storelvdal kommune i Hedmark fylke. Mesteparten av nedbørfeltet (88 %) består av fjellområder og bare i de lavereliggende områder rundt innsjøen er det skog - blanding av løv og barskog. 0,5 km² er dyrket mark.

Oppå grunnfjelllets krystallinske bergarter ligger lag av sandstein (sparragmitter). Berggrunnen er dekket av bre- og forvittringsmateriale av til dels stor mektighet.

Fjellviddene - Rondane - og rundt Atnasjøen er utpregede turistområder og i nedbørfeltet finnes i alt ca. 700 hytter, hvorav ca. 200 oppgis å ha problemer med hensyn til vann og kloakk. I alt finnes ca. 100 fastboende i innsjøens nedbørfelt.

Som ellers i fjellområdene på Østlandet er sommersesongen kort med juli som den varmeste måned (middeltemperatur 12,2 °C), mens vintrene er lange og kalde. Normalnedbøren ved Sør-Neset meteorologiske stasjon ved Atnasjøen er 562 mm i året.

Elven Atna som renner inn i innsjøen på nordsiden er den dominerende tilløpselv. Arealnedbøren (sp. avrenning) er i middel 22,4 l/s.km² og i perioden 1911-1950 var midlere avløp fra innsjøen ved Atna bru 10,2 m³/s. Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

Høyde over havet	:	701 m
Overflateareal	:	10 km ²
Største dyp	:	72 m
Middeldyp	:	31 m
Volum	:	44,5 mill.m ³
Nedbørfelt	:	455 km ²
Midlere vannføring, utløp	:	10,2 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	:	0,14 år

Storsjøen i Rendal

Storsjøen i Rendal (251 m o.h.), figur 7, ligger i Rendalen kommune i Hedmark fylke. Mesteparten av Storsjøens naturlige nedbørfelt er bygd opp av sandstein eller sparagmitter. Enkelte steder forekommer kalksteinsinnslag. Løsavsetningene består i det vesentligste av et tynt lag bregrus og lynghumus, men i dalførene er det til dels morenevoller, gruskjegler og elveavsetninger av betydelige dimensjoner.

Ca. 65 % (1476,4 km²) av det naturlige nedbørfeltet er skog, 31 % (706,9 km²) er fjellområder, 15 % (34,3 km²) er dyrket mark og 2,4 % (54,9 km²) er åpen vannflate. 3900 mennesker bor i dette området, hvorav 3390 bor spredt og resten 510 personer bor i mindre tettsteder (Åkerstrømmen, Otnes og Bergset). Ved Bergset er bygd et biologisk kloakkrensaneanlegg (Selco-anlegg) som har en tilknytning på 300 personer.

Storsjøen er regulert 3 m (vesentlig senkning) for kraftverksformål (figur 4). Innsjøen har steile strender og reguleringen medfører at det tørrlagte areal ved nedtapping bare er 1,5 km² eller ca. 3 % av innsjøens overflateareal. Reguleringen innbefatter overføring av vann fra Glåma v/Høyegga til Rendalen kraftverk, og dette har medført at vanntilførselen til Storsjøen er omtrent fordoblet fra 33,8 m³/s til 76,4 m³/s (Hovedstyrets innst. av 26/6-78). Konesjonsbetingelsene går ut på at når forholdene i Glåma tillater det, kan det overføres opp til 55 m³/s til Rendalen kraftverk. På årsbasis vil overført vannmengde dreie seg om 1345 mill.m³ i middel eller 41,4 % av Glåmas vannføring ved Høyegga. I forbindelse med de nye reguleringsplaner for Øvre Glåma, kan maks. overføring økes til 60 m³/s. Totalt har man beregnet en ytterligere overføring på 287 mill.m³ pr. år.

Klimatisk har Rendalen kalde vintrer og relativt varme somrer. Normalnedbøren er oppgitt til 473 mm og spesifikk avrenning til 12-16 l/s.km². Tilsiget er størst under snøsmeltingsperioden i mai. Data angående innsjøen og vannbalanse er følgende:

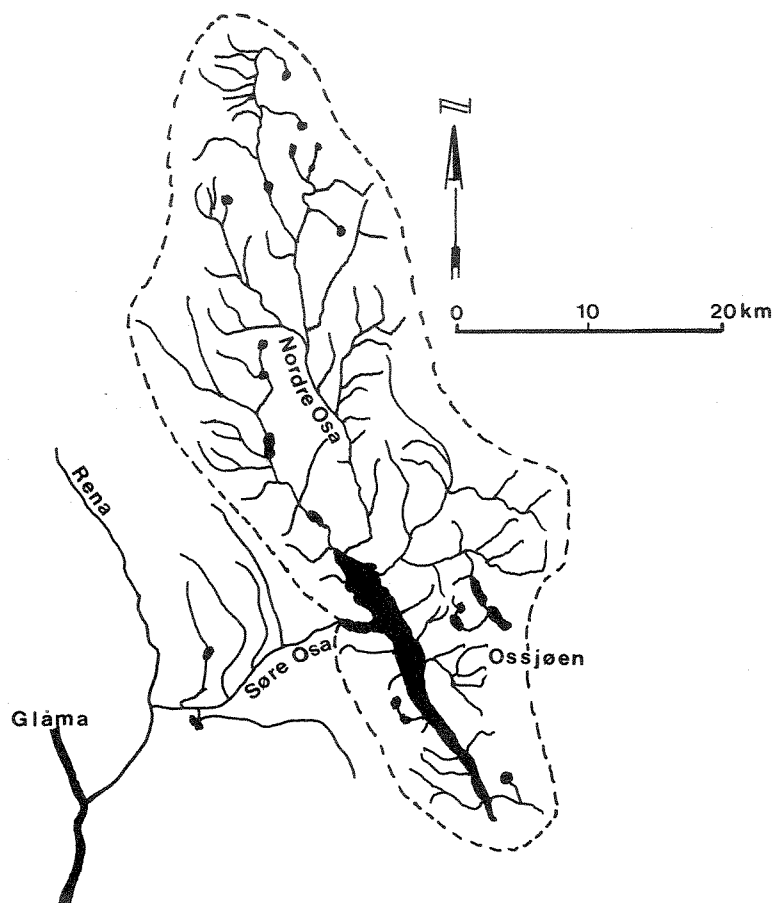
	Før regulering	Etter reg. 1972	Etter ny reg.
Høyde over havet	: 251 m	-	-
Overflateareal	: 48,6 km ²	-	-
Største dyp	: 309 m	-	-
Middeldyp	: 145 m	-	-
Volum	: 7070 mill.m ³	-	-
Nedbørfelt	: 2273 km ²	Glåmaoverføring	
Midlere vannføring, utløp	: 33,8 m ³ /s	76,4 m ³ /s	85,6 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	: 6,6 år	2,9 år	2,6 år

Ossjøen

Ossjøen (437,5 m o.h.), figurene 7 og 8, ligger i Åmot og Trysil kommuner i Hedmark fylke. Sandsteinsbergartene (sparagmitt) dominerer nedbørfeltet og disse er i vesentlig grad dekket av morenejord. I enkelte dalfører er løsavsetningenes mektighet større og enkelte steder finnes kalkstein og skiferområder. Dette gjelder spesielt syd-, vest- og østsiden av innsjøen, hvor det også finnes jordbruksområder.

Nedbørfeltet utgjør et skoglandskap og hele 82 % (1046,7 km²) av feltet er skog, 11 % (144 km²) er fjellområder og ca. 2 % (25 km²) er dyrket mark. De fleste av en totalbefolkning på 1700 bor spredt. Spesielt om sommeren er området viktig i turistsammenheng, og flere store campingplasser ligger rundt innsjøen (ca. 80 000 gjestedøgn). 370 hytter finnes i området.

Innsjøen er regulert 6,6 m mellom kotene 430,9 og 437,5 m o.h. Magasinet fylles opp i løpet av kort tid i mai måned og tappes i løpet av tidsperioden fra november til slutten av april. Det tørrlagte areal ved nedtapping er ca. 10 km² eller 22 % av innsjøens overflateareal. Til tross for at innsjøen har vært regulert lenge (ca. 40 år) er det fortsatt problemer med utvasking i strandområdene.



Figur 8. Osavassdraget.

Klimatisk har området lave vintertemperaturer og relativt høye sommer-temperaturer. Innsjøen er islagt i perioden desember-mai. Årsnedbøren ved Ossjøen er lav og spesifikk avrenning er oppgitt til 15 l/s.km^2 . Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

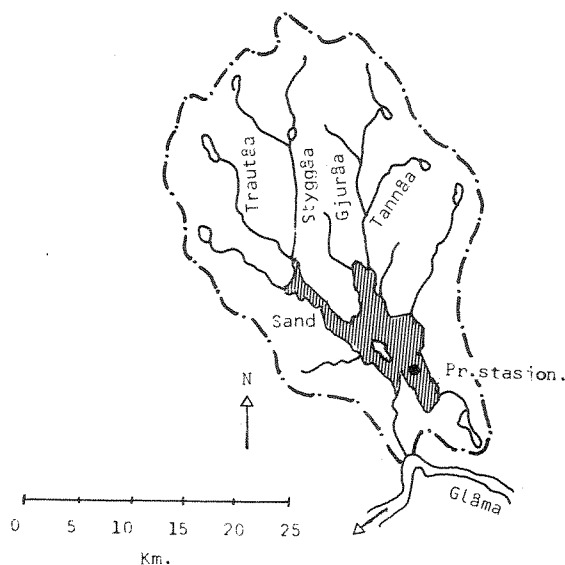
	Før regulering	Etter regulering
Høyde over havet	: 437,5 m	437,5-430,9 m
Overflateareal	: $45,1 \text{ km}^2$	$45,2-35,2 \text{ km}^2$
Største dyp,	: 117 m	117 m
Middeldyp	: 37 m	37-48 m
Volum	: 1960 mill.m^3	$1960-1695 \text{ mill.m}^3$
Nedbørfelt	: $1276,6 \text{ km}^2$	
Midlere vannføring, utløp	: $23 \text{ m}^3/\text{s}$	
Teoretisk oppholdstid	: 2,7 år	

(Reguleringsmagasinet er på 265 mill.m^3 .)

Storsjøen i Odal

Storsjøen ligger i Nord- og Sør-Odal kommuner i Hedmark fylke (figur 9). Innsjøen er uregelmessig utformet og består av flere bassenger som er skilt fra hverandre med terskler, tanger og øyer. Det største dyp (17 m) finnes i det syd-østlige basseng.

Nedbørfeltet ligger i det øst-norske grunnfjellsområde og berggrunnen består i det vesentligste av gneiser og gneisgranitter med enkelte forekomster av kopper og jernmalm. Løsavsetningene består i stor utstrekning av sandholdig bregrus, men enkelte steder rundt innsjøen og ved utmunningsområdene for tilløpselvene er det betydelige mengder leire, sand og grus. Innsjøen ligger i et typisk skog- og jordbruksområde og hele 76 % (588 km²) er skog, 7 % (54,2 km²) er jordbruksareal og 11 % (86,5 km²) er fjellområder. Ca. 7000 personer bor i nedbørfeltet til Storsjøen. De fleste bor i nord langs tilløpselvene Gjuråa/Tannåa og nord-vest rundt Råsen og spesielt tettstedet Sand. Sanering av kloakkforholdene pågår og det er bygd flere kjemiske fellingsanlegg. Midlere arealavrenning oppgis å være 13-14 l/s.km². De største og mest forurensete tilløp munner ut i de nordlige og nord-vestlige deler av inn-



Figur 9. Storsjøen i Odal med nedbørfelt.

sjøen. Styggåa og Trautåa renner sammen og munner ut i Råsen som via et kort stilleflytende elveparti renner ut i Storsjøen ved Sand. Tannåa og Gjuråa forenes og renner ut i de nordlige deler. Ved oppstuing i Glåma under flom tilføres innsjøen også Glåmavann. Etter at Funnefoss ble kraftverksutbygd er muligens denne effekt større, men dette er ennå ikke dokumentert.

Data angående innsjøen og dens vannbalanse er følgende:

Høyde over havet	:	130 m
Overflateareal	:	44,3 km ²
Største dyp	:	17 m
Middeldyp	:	7 m
Volum	:	308 mill.m ³
Nedbørfelt	:	774 km ²
Midlere vannføring, utløp	:	10 m ³ /s
Teoretisk oppholdstid	:	1 år

Da "vannutskiftingen" med Glåma ikke er kjent, er de angitte data for vannføring og teoretisk oppholdstid usikre.

4. UNDERSØKELSERESULTATER

4.1 Generelt

I henhold til programmet for "Glåmaundersøkelsen" er det i 1978, 1979 og 1980 blitt samlet inn observasjonsmateriale fra innsjøene:

INNSJØER	1978:	1979:	1980:
Rien		x	
Aursunden		x	x
Feragen		x	
Savalen		x	
Atnasjøen	x		x
Femunden	x		x
Storsjøen i Rendal	x	x	x
Ossjøen	x		
Storsjøen i Odal	x	x	x

I 1978 ble det samlet inn prøver fra Ossjøen og Storsjøen i Rendal 11 ganger i produksjonsperioden, mens det i samme periode ble foretatt prøvetaking i Atnasjøen, Femunden og Storsjøen i Odal i alt 4 ganger, nemlig 14/6, 20/7, 23/8 og 25/10. I 1979 og 1980 foregikk prøvetakingen ca. 1 gang pr. måned fra mai til oktober (5 ganger begge år) og 1 gang om vinteren (24. mars 1980).

Prøvetakingen ble i det vesentlige utført ved hjelp av fly. Vannets temperatur, siktedyp og farge ble målt i felt, og oksygenprøvene konservert i henhold til Winklers modifiserte metode. Alle prøver ble transportert til NIVAs laboratorier samme dag prøvetakingen fant sted, hvor de ble lagret kaldt inntil analyse- og konserveringsarbeidet kunne ta til, som regel dagen etter.

Prøvene er blitt analysert på fosfor- og nitrogenforbindelser, farge, turbiditet, organisk stoff, tørrstoff på filter (partikulært organisk og uorganisk materiale), surhetsgrad (pH), konduktivitet og oksygen. Vannets innhold av tungmetaller og andre sentrale stoffer er blitt bestemt

en gang. Planteplanktonet er bestemt kvalitativt og kvantitativt (klorofyll, algevolum) og dyreplanktonet kvalitativt. Analysemetoder og enheter for fysisk-kjemiske analyser går frem av tabell 1, mens de biologiske bearbeidingsmetoder er nærmere omtalt i de respektive avsnitt.

4.2 Fysisk-kjemiske forhold

Temperatur

Vannets temperatur i en innsjø er bestemt av flere faktorer, hvorav den geografiske beliggenhet, høyde over havet, vindpåvirkning, dybde og vanngjennomstrømming er de viktigste. Norske innsjøer (bortsett fra innsjøer i de aller høyeste fjellpartier, f.eks. Juvatn) gjennomløper fire forskjellige termiske perioder pr. år: vinterstagnasjon, vårsirkulasjon, sommerstagnasjon og høstsirkulasjon. Dette har sammenheng med at vannet er tyngst ved 4 °C.

Om vinteren er overflatevannet kaldt (0 °C) og innsjøene er vanligvis islagte. Temperaturen øker på denne tid mot dypet. De klimatiske forhold under avkjølingen om høsten er bestemmende for dypvannets temperatur som ligger i området 2-4 °C. I høytliggende innsjøer, hvor vindpåvirkningen gjør seg sterkt gjeldende, som f.eks. Femunden og Rien, blir dypvannet avkjølet mer enn i innsjøer som ikke er så utsatt for vind (som f.eks. Ossjøen). I alle innsjøer unntatt Storsjøen i Rendalen, legger isen seg vanligvis i løpet av desember (opplysninger: Is-kontoret NVE). Enkelte kalde vintre er Storsjøen isfri, men vanligvis legger isen seg her i januar/begynnelsen av februar. Årsaken til dette er innsjøens store dyp og volum og følgelig store varmemagasineringssevne. Isløsningen foregår vanligvis i løpet av mai i alle innsjøer, men først i de lavereliggende. De bunnære vannmasser i grunne innsjøer kan få en temperaturøkning utover vinteren som følge av frigivelse av lagret sommervarme i sedimentene og/eller frigjort kjemisk reaksjonsvarme. En slik effekt gjør seg tydelig gjeldende i Storsjøen i Odal.

Om våren etter isløsningen varmes innsjøenes overflatevannmasser opp. Vi får en labil situasjon med ensartet temperatur gjennom hele vannsøylen. Vi sier at innsjøen sirkulerer, dvs. vannmassene blandes og eventuelt oksygenfattig vann i dyplagene blir skiftet ut med oksygenrikt.

Tabell 1. Enheter og analysemetoder for kjemiske analyser.

Parameter	Enhet	Analyseinstrument - metode
Temperatur	°C	Målt ved hjelp av vendetermometer og termistor.
Oksygen	mg O ₂ /l	Modifisert Winkler metode.
pH	NS 4720	Målt med glasselektrode Orion pH-meter, modell 801.
Konduktivitet	µS/cm	Norsk Standard 4721. PHILIPS PW 9501.
Silisium	mg SiO ₂ /l	Bestemt kolorimetrisk med Autoanalysator. Prøven tilsettes svovelsur ammonium-molybdatløsning, hvorefter det dannede silisiummolybdat reduseres til molybdenblått med en blanding av sulfitt og 1-amino-2-naftol-4-sulfonsyre.
Farge	mg Pt/l	Norsk Standard 4722. Metode C.
Turbiditet	FTU	Norsk Standard NS 4723.
Kalium-permanganat	mg O/l	Norsk Standard 4732.
Jern	µg Fe/l	Jern er bestemt kolorimetrisk med Autoanalysator. Oppvarming med thioglykolsyre frigjør jern til en "reaktiv" form. Hydroxylamin hydroklorid reduserer treverdig jern til toverdig. 2,4,6 tripyridyl-s-triazine (TPTZ) danner en blå farge med toverdig jern som måles ved 590 mµ.
Mangan	µg Mn/l	Mangan bestemmes med Perkin Elmer Atomabsorpsjonsspektrofotometer, modell 560.
Kalsium	mg Ca/l	Disse metallioner er bestemt med Perkin Elmer Atomabsorpsjonsspektrofotometer, modell 560. Det ble benyttet caetylenluftblanding til flammen.
Magnesium	mg Mg/l	
Natrium	mg Na/l	
Kalium	mg K/l	
Klorid	mg Cl/l	Klorid er bestemt kolorimetrisk med Autoanalysator. Klorid reagerer med kvikksølvthiocyanate, som danner udisosiert kvikksølvklorid. Det frigjorte thiocyanateionet reagerer med jern III og danner det røde jernthiocyanate som måles ved 480 nm.
Sulfat	mg SO ₄ /l	Bestemt kolorimetrisk med Autoanalysator. Prøven tilsettes en bestemt mengde bariumperklorat løst i isopropanol. Det dannes BaSO ₄ og overskudd av barium bestemmes v.h.a. bariums reaksjon med thorin.
HCO ₃	mg/l	Beregnet på grunnlag av pH og alkalitet.
Nitrogen	µg N/l	Bundet nitrogen overføres til en blanding av nitrat, nitritt og ammonium ved bestråling av ultravioletlys i surt miljø i nærvær av hydrogenperoksyd. Den bestrålte prøven overføres til Autoanalysator hvor den går gjennom en sink-kolonne som reduserer nitrat-nitritt til ammonium. Ammonium bestemmes etter indofenolmetoden.
Fosfor	µg P/l	Prøven for totalfosfor-analyser er tatt på glassflasker og konservert. Bundet fosfor overføres til ortofosfat ved oksydasjon v.h.a. ultravioletlys i surt miljø i nærvær av hydrogenperoksyd.
Kobber	µg Cu/l	Disse metallioner er bestemt med Perkin Elmer Atomabsorpsjonsspektrofotometer, modell 560.
Sink	µg Zn/l	
Kadmium	µg Cd/l	
Bly	µg Pb/l	

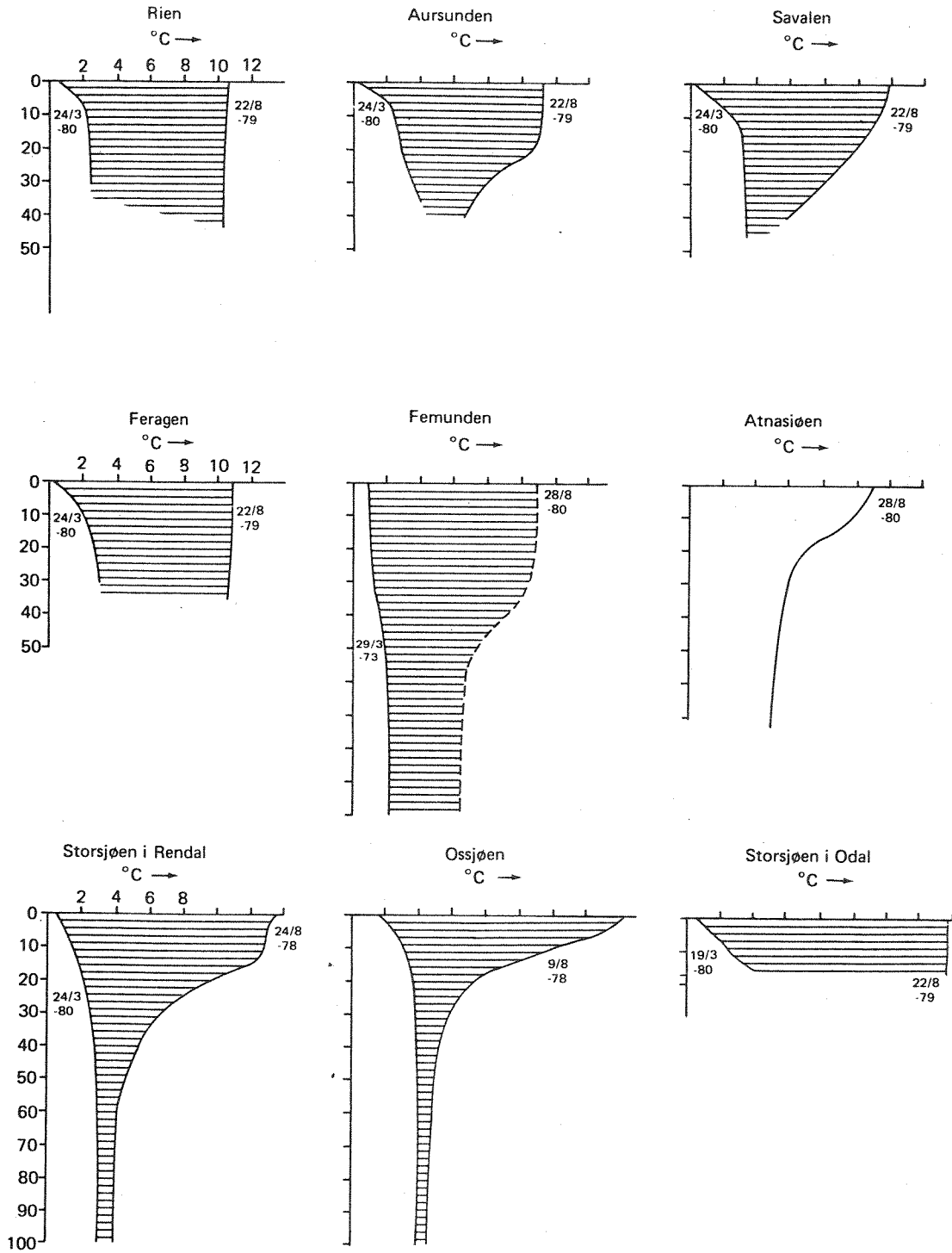
Det vil innstille seg en likevekt mellom luftens og vannets innhold av gasser i henhold til gassenes løselighet i vann under de gitte betingelser. Sirkulasjonsperiodens varighet er avhengig av innsjødyp, vindpåvirkning og vanngjennomstrømning. I mindre innsjøer som ligger beskyttet for vind er sirkulasjonsperioden av kort varighet i motsetning til store vindpåvirkede innsjøer hvor sirkulasjonen kan vare til langt ut på forsommeren.

På grunn av at vannet er tyngst ved 4 °C, vil den videre oppvarming utover våren/forsommeren føre til en termisk sjiktning av vannmassene med det varmeste vannet øverst. I hvilket dyp skillet mellom overflate- og dyplag (sprangsjiktet) vil befinne seg er avhengig av vindpåvirkning og vanngjennomstrømning (figur 10). I grunne og/eller sterkt vindpåvirkede innsjøer som Rien, Savalen og spesielt Storsjøen i Odal, vil en sjiktning ikke finne sted, da kraftig vind forårsaker en sirkulasjon hele sommeren. I høyfjellsområdene varmes innsjøenes overflate- lag opp til bare 10-12 °C midtsommers, mens i de låvereliggende innsjøer kan overflatetemperaturen bli 15-20 °C på denne tid. Utover sensommeren og høsten avkjøles vannmassene. Det blir igjen satt i gang en omblending og sirkulasjon som når til stadig større dyp og til slutt sirkulerer hele vannmassen ut på høsten en gang. Den videre avkjøling fører etter hvert til en delsirkulasjon (øverste vannmasser) inntil isen legger seg.

Oksygen

Vannets innhold av oksygen er avhengig av:

- Gassutveksling med atmosfæren. (Vannets evne til å oppta gasser avtar med stigende temperatur.)
- Tilførsel av oksygen via tilløpsvannet.
- Planteplanktonets og den høyere vannvegetasjonens fotosynteseaktivitet. (Plantene bygger opp organiske stoffer av karbondioksyd under frigivelse av oksygen.)
- Ånding og mikrobiell nedbrytning av organisk stoff. (Frigivelse av karbondioksyd ved forbruk av oksygen.)



Figur 10. Vinter- og sommertemperatur (ned til 100 m) i de undersøkte innsjøer (skravert: temp.variasjon).

Vannets innhold av oksygen går frem av tabell 2. Temperatur og varighet av de forskjellige termiske perioder har avgjørende betydning for oksygenets variasjonsmønster. Bortsett fra Storsjøen i Odal er vannmassene til alle tider godt mettet med oksygen (90-100 %), men mengden i mg/l kan variere i henhold til vannets temperatur. I flere innsjøer (Atnasjøen, Ossjøen, Savalen) kan imidlertid et visst avtak mot dypet gjøre seg gjeldende i stagnasjonsperiodene sommer og vinter. Dette skyldes oksygenkrevende nedbrytningsprosesser av organisk stoff samt manglende sirkulasjon. I Storsjøen i Odal er avtakende oksygeninnhold mot dypet i stagnasjonsperiodene meget markert. Dette viser at bunn-sedimentenes og vannets innhold av organisk materiale er stort i denne innsjøen. Sirkulasjonsprosessen, og følgelig oksygentilførsel, motvirker effekten av de oksygenkrevende reduksjonsprosesser, slik at oksygenavtaket ikke blir så markert på denne årstid. Høy temperatur og kontinuerlig oksygentilførsel bevirker imidlertid en effektiv nedbrytning av organisk stoff. På grunn av lavere temperatur vil nedbrytningsprosessene ikke være så omfattende om vinteren, men likevel tilstrekkelig til å senke oksygeninnholdet i de bunnære vannmasser betydelig, slik tabellen viser.

Tabell 2 . Oksygenmetning sommer og vinter i 1 meters dyp og i de bunnære vannmasser 1979-1980 (prosent).

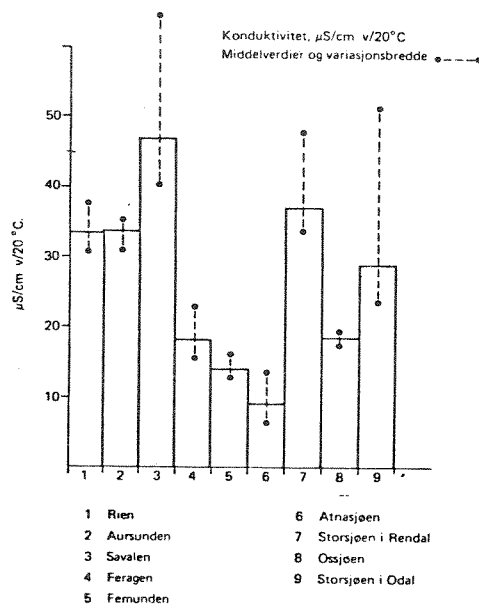
	Rien	Aursunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Dato	22.8	22.8	22.8	22.8	22.8	28.8	22.8	29.8	22.8
1 m dyp	91	93	96	91	92	92	99	86	92
v/bunnen	89	83	95	89	91	78	88	77	87
Dato	24.3	24.3	24.3	24.3	15.4 ^x		24.3	19.4	19.3
1 m dyp	91	89	105	98	92		103	83	94
v/bunnen	84	81	75	84	84		85	73	32

^x 1972

Mineralsalter og pH

Mineralsaltene omfatter i første rekke de såkalte hovedkomponenter: Kationene (positivt ladet), kalsium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), natrium (Na^+), og kalium (K^+), og anionene (negativt ladet), hydrogenkarbonat (HCO_3^-), sulfat (SO_4^{--}) og klorid (Cl^-). Vannets evne til å lede elektrisk strøm er i første rekke avhengig av konsentrasjonene av disse ioner. Konduktivitetsverdiene eller den elektrolytiske ledningsevne er derfor tilnærmet proporsjonal med vannets innhold av mineralsalter og derfor kan denne komponent anvendes som en summasjonsparameter. Vannets innhold av mineralsalter er den vesentligste bestanddel av TDS (total dissolved solids), som er en betegnelse for den totale mengde oppløste stoffer - både organiske og uorganiske. De geologiske forhold i nedbørfeltet til den enkelte sjø er bestemmende for mengde oppløste salter. Kalkrike og kjemisk lett eroderbare bergarter avgir således mer salter enn harde bergarter (f.eks. sparagmitter og grunnfjell). Variasjonsbredde og middelverdier for konduktivitet går frem av tabell 3 og figur 11. Verdiene er relativt konstante i de forskjellige sjøer, men varierer fra ca. 9 i Atnasjøen og 14 i Femunden til i underkant av 40 og 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i henholdsvis Storsjøen i Rendal og Savalen. I denne sammenheng kan bemerkes at konduktiviteten i Storsjøen i Rendal har økt fra ca. 25 til bort imot 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ som følge av Glåmaoverføringen. Glåma drenerer nemlig i vesentlig grad områder som geologisk er bygd opp av kambro-silur-bergarter, men er noe mer kalkrike enn bergartene (sparagmitt) i Storsjøens naturlige nedbørfelt. Dette medfører at særlig kalsium og hydrogenkarbonatinnholdet i vannet øker.

Av tabell 3 går det frem at konduktiviteten eller den totale saltholdighet i Storsjøen i Rendal er omtrent dobbelt så høy som f.eks. i Ossjøen, selv om de geologiske forhold i nedbørfeltene til de to innsjøene er omtrent det samme. Saltholdigheten i Ossjøen har stor likhet med forholdene i Storsjøen før reguleringen. I overflatelagene i Storsjøen i Rendal og Savalen er det en viss variasjon i konduktiviteten med tiden, i Savalen også mot dypet. For Storsjøens vedkommende er snøsmelting og betydelig gjennomstrømming av vann i innsjøens overflatelag på grunn av Glåmaoverføringen medvirkende årsak til dette.



Figur 11. Konduktivitet, $\mu\text{S}/\text{cm}$, v/20 °C
Middelverdier og variasjonsbredde

Vårprøven fra Ossiøen (1978), Rien, Aursunden, Feragen, Savalen, Storsjøen i Rendal, Storsjøen i Odal (1979), Femunden og Atnasjøen (1980) ble analysert på de såkalte hovedkomponenter. De midlere konsentrasjoner av disse stoffer er sammen med tilsvarende verdier for pH og konduktivitet satt opp i tabell 4.

I alle de undersøkte innsjøer varierte pH omkring nøytral reaksjon, dvs. $\text{pH} = 7$. Vannet er surt ved $\text{pH} < 7$ og basisk ved $\text{pH} > 7$. Atnasjøen, Ossiøen, Feragen og Femunden synes ved siden av Storsjøen i Odal å ha de laveste pH-verdier (surest vann). Dette kan ha sammenheng med at bufferevnen er lavest i disse lokaliteter, noe som går frem av konduktivitetsverdiene og hovedkomponentenes konsentrasjonsnivå. I de andre innsjøer som i større grad tilføres avrenningsvann fra kambro-silur-områder (kalkholdig bergart), er bufferevnen til dels betydelig høyere. Det er spesielt grunn til å merke seg de lave konsentrasjoner av hydrogenkarbonat (alkalitet) i de nevnte innsjøer. I Storsjøen i Odal er derimot sulfatkonsentrasjonen relativt høy.

Tabell 3. Geologisk sammensetning i nedbørfeltene. Variasjonsbredde og middelv verdier for konduktivitet og silisium.

Komponent Lokalitet	Gneisgranitt %	Sandstein/ sparagmitt fra eokambrium	Kambrosilur %	Konduktivitet $\mu\text{S/cm}$, 20°C			Silisium mg SiO_2/l		
				Variasjonsbredde	Aritm. middel	Antall analyser	Variasjonsbredde	Aritm. middel	Antall analyser
Rien			100	30,9 - 38,6	33,5	21	1,1 - 2,7	1,4	10
Aursunden			100	30,8 - 35,5	33,7	42	1,1 - 1,6	1,4	18
Savalen			100	40,7 - 64,4	47,1	22	2,6 - 3,5	2,9	10
Feragen		100		16,0 - 23,1	18,2	22	2,4 - 2,8	2,6	10
Femunden		91	9	13,5 - 16,4	14,2	20	1,8 - 2,2	2,0	5
Atnasjøen		100		7,4 - 13,9	9,2	20	2,0 - 2,6	2,3	5
Storsjøen i Rendal		100 ^{x)}							
Storsjøen i Rendal		50 ^{xx)}	50 ^{xx)}	33,9 - 47,7	37,1	50	3,2 - 4,1	3,6	22
Ossjøen	75		25	18,2 - 18,9	18,7	9	3,4 - 4,3	3,8	8
Storsjøen i Odal	100			24,5 - 51,3	28,9	49	1,5 - 5,6	2,2	21

x) før Glåmaoverføringen.

xx) etter Glåmaoverføringen.

Tabell 4. "Glåmasjøene". Middelv verdier for pH, konduktivitet og hovedkomponentene 24/5-1978 i Ossjøen, 30/5-1979 i Storsjøen i Rendal og Storsjøen i Odal, 12/6-1979 i Rien, Aursunden, Feragen og Savalen, og 11/6-1980 i Femunden og Atnasjøen.

	Rien	Aursunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
pH	7,91	7,25	7,33	6,87	6,77	6,14	7,17	6,3	6,43
Konduktivitet, $\mu\text{S/cm}$, 20°C	30,9	32,4	43,7	16,9	14,1	8,6	37,2	18,6	25,5
Alkalitet, mekv. /l	0,430	0,311	0,394	0,128	0,113	0,071	0,313	0,087	0,079
Klorid, mg Cl/l	1,4	1,3	0,7	1,0			-	0,7	-
Sulfat, mg SO_4/l	1,9	2,4	4,4	1,8			4,7	3,2	5,5
Kalsium, mg Ca/l	4,0	4,1	7,9	1,2			7,8	2,4	3,4
Magnesium, mg Mg/l	0,8	0,8	0,9	0,9			0,9	0,42	0,7
Natrium, mg Na/l	0,99	1,05	0,81	0,88			1,01	0,91	1,26
Kalium, mg K/l	0,62	0,54	1,17	0,35			0,59	0,33	0,55

I forbindelse med SNSF-prosjektet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk) er det påvist at vannkvaliteten i Østlandsområdet i noen grad er påvirket av sur nedbør - en forsureningsprosess er på gang. Av innsjøene som omhandles i denne rapporten gjelder dette særlig Storsjøen i Odal, Ossjøen og i noen grad Femunden. Overvåking av virkningen av sur nedbør på vannets kvalitet inngår i Statlig program for forurensningsovervåking.

I samtlige innsjøer er vannets innhold av mineralsalter som vanlig i norske overflatevann, dvs. meget lavt (tabell 5). Vannet har derfor dårlig bufferkapasitet og vil lett kunne påvirkes ved endringer i stoffbelastningen.

Tabell 5. Middelverdier (mg/l) for noen kjemiske komponenter i innsjøer i Europa og Amerika.

Komponent	Mjøsa	Vättern	Zürichensee	Bodensee	Lake Ontario
Konduktivitet µS/cm	39	110	214	243	272
Kalsium	5,5	13	39	44	39
Magnesium	0,7	1,9	6	8	9
Sulfat	5,2	15	13	39	32
Klorid	1,4	6,9	3	3	24

Farge

Aritmetisk middel og variasjonsbredde for de forskjellige innsjøer går frem av tabell 6.

Tabell 6. Farge, mg Pt/l.

1) 1978. 2) 1979. 3) 1980.

Innsjø	Rien	Aur- sunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atna- sjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Varia- sjons- bredde	1 2 3	6-12	8-38 8-30	10 - 37	7 - 51	8 - 32 12-41	15 - 52 15 - 30 15 - 58	41 - 82	38 - 138 39 - 64
Arit- metisk middel	1 2 3	8	16 17	19	24	13 17	22 21 28	57	55 49

Av oppstillingen går det frem at Storsjøen i Odal og Ossjøen er sterkest påvirket av fargestoffer. Det er i første rekke stor tilførsel av humus-
stoffer fra nedbørfeltet (avrenning fra myr og skog) som er årsak til de
høye fargeverdier. De observerte fargeverdier kan derfor brukes for gra-
dering av innsjøene i henhold til deres humuspåvirkning. Imidlertid må
også innsjøenes oppholdstid tas i betraktning, idet nedbrytningsproses-
senes effektivitet øker med vannets oppholdstid i en innsjø. I Stor-
sjøen i Odal var verdiene spesielt høye (variasjon 81-138) 30. mai 1979.

Turbiditet

Turbiditetsverdiene er et mål for vannets innhold av partikler. En
sammenstilling av resultatene fra de ulike innsjøer går frem av opp-
stillingen nedenfor.

Tabell 7. Turbiditet, FTU

1) 1978. 2) 1979. 3) 1980.

Innsjø	Rien	Ausunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Varia- sjons- bredde	1 2 3	0,1-0,6	0,3-4,8 0,2-1,6	0,2-2,9	0,2-0,9	0,1-1,2	0,2 - 0,5 0,2 - 1,6 0,2 - 1,5	0,2-0,8	0,3 - 2,4 0,3 - 1,4
Arit- metisk middel	1 2 3	0,4	0,8 0,5	0,6	0,6	0,4	0,3 0,6 0,5	0,4	0,9 0,6

Turbiditetsverdiene er vanligvis relativt lave i alle innsjøer, bortsett fra enkelte høye verdier i de bunnære vannmasser (antakelig oppvirvling). Generelt sett ble de høyeste verdier observert om våren da en må forvente størst utspyling av partikulært materiale under flomsituasjoner. Dette gjelder spesielt regulerte innsjøer som fylles opp i denne tidsperiode (f.eks. Aursunden) eller innsjøer hvor strandområdene blir satt under vann (f.eks. Storsjøen i Odal) - utvasking av partikulært materiale.

Tørrstoff, gløderest og glødetap (partikulært uorganisk og organisk materiale).

Ved alle prøvetakinger er vannets partikulære materiale som tørrstoff på filter (105 °C) blitt analysert fra en blandprøve 0-10 m. Gløderesten (590 °C) er også blitt bestemt. Resultatene er gjengitt i tabell 8.

I flere av innsjøene var verdiene høyest i slutten av juni. Dette gjelder spesielt Savalen, Storsjøen i Rendal og Storsjøen i Odal. Som tidligere nevnt, skyldes sannsynligvis dette utvasking av partikulært materiale under vårflommen. Det kan i denne forbindelse nevnes at Storsjøen i Rendal og Savalen, som begge tjener som reguleringsmagasiner, fylles opp på denne tiden.

Tabell 8. Tørrstoff, gløderest (uorganisk) og glødetap (organisk) mg/l.
Aritmetisk middel.

Innsjø	Rien	Aursunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Storsjøen i Odal
<u>Tørrstoff</u>								
Aritmetisk 1979	0,61	0,84	0,80	1,00			0,76	1,42
middel 1980		1,01			0,92	1,20	0,96	2,08
<u>Gløderest</u>								
Aritmetisk 1979	0,28	0,39	0,38	0,40			0,43	0,23
middel 1980		0,42			0,16	0,39	0,20	0,97
<u>Glødetap</u>								
Aritmetisk 1979	0,33	0,45	0,42	0,60			0,33	1,19
middel 1980		0,59			0,76	0,81	0,76	1,11

En kan således heller ikke se bort fra utvasking av partikulært materiale fra strandsonen i denne perioden. Fordelingen mellom organisk og uorganisk partikulært materiale varierer noe fra tid til tid og fra innsjø til innsjø. Det er spesielt grunn til å merke seg den høye organiske fraksjon i Storsjøen i Odal, hvor for øvrig tørrstoffinnholdet alltid var høyt.

Organisk stoff som $KMnO_4$ -forbruk

$KMnO_4$ -tallet er et mål for vannets innhold av organisk stoff. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for de forskjellige innsjøer går frem av oppstillingen nedenfor.

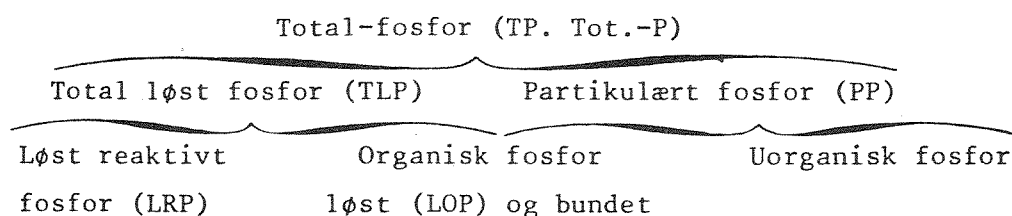
Tabell 9. Kaliumpermanganat, mg O/l

1) 1979. 2) 1980.

Innsjø	Rien	Aursunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Storsjøen i Odal
Varia- sjons- bredde	1	1,2-1,9	1,1-6,0	1,5-3,3	2,9-4,3		2,5-4,0	6,0-8,0
	2		1,0-2,6			1,5-2,8	1,2-2,8	4,2-8,3
Aritme- tisk middel	1	1,6	2,0	2,5	3,4		3,0	6,9
	2		1,8			1,9	1,7	6,9

Næringsalter

Fosfor og nitrogen er viktige næringsstoffer for planteproduksjon, og både fosforets og nitrogenets kretsløp i vann er spesielt knyttet til de biologiske prosessene i vannet eller på bunnen. Imidlertid finnes det også en rekke andre stoffer som har betydning for planteveksten, men normalt finnes disse i tilstrekkelige mengder. I ferskvann er vanligvis fosfor minimumsfaktor eller den styrende faktor for planteproduksjon (algevekst), dvs. at fosforet blir først oppbrukt av de foreliggende næringsstoffer. Fosforet forekommer i ulike fraksjoner som er av varierende tilgjengelighet for planter:



Det er i første rekke den løste reaktive fraksjon (LRP) som er direkte tilgjengelig for plantene, men den løste organiske fraksjon er også lett tilgjengelig. Partikulært fosfor - såkalt apatittfosfor - er i liten grad tilgjengelig for algevekst. I enkelte sterkt forurensede innsjøer kan nitrogenet i visse perioder bli begrensende for algeveksten. Vannets innhold av silisium kan bli brukt opp og således begrensende for vekst av visse algearter som anvender dette stoff for oppbygging av kiselskall - kiselalger. I så fall kan andre algearter, f.eks. blågrønnalger som ikke har behov for dette stoff, bli dominerende. Dette var antakelig medvirkende årsak til blågrønnalgeoppblomstringen i Mjøsa i 1975-1976.

Fosfor

Da næringssaltene er bestemmende for planktonproduksjonen, er det i første rekke overflatevannets (produksjonssonens) innhold av slike stoffer som har størst betydning. I figur 12 er analyseresultatene fra blandprøver 0-10 m fremstilt. Variasjonsbredde og aritmetiske middelveidier fra de ulike innsjøer er gjengitt i tabell 10. Middelveidene som er angitt på figur 12a-c avviker således fra verdiene i tabell 10, idet disse omfatter hele analyse materialet og ikke bare overflatelagene. Forskjellen skyldes antakelig at den partikulære fosforfraksjon gjør seg mer gjeldende i det gjennomstrømmende overflatevannet enn i dypvannet.

Tabell 10. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for totalfosfor
($\mu\text{g P/l}$).

1) 1978. 2) 1979. 3) 1980.

Innsjø	Rien	Aursunden	Feragen	Femunden	Savalen	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Varia- 1				3,1-7,0		4,7-7,4	2,0-18,0	4,3-6,3	
sjons- 2	2,5-11,5	2-7,0	3,5-9,0		3,5-17,5		4,0-10,5		6,5-15,5
bredde 3		2-6,5		2,0-9,5		1,5-9,5	2,0-11,0		1,5-11,5
Aritme- 1				4			8,6	5,6	
tisk 2	3,7	4,7	5,2		5,7		6,8		9,8
middel 3		3,8		3,3		4,4	5,4		6,7

Tilførsler som skyldes menneskelige aktiviteter (jordbruk, bebyggelse, industri) gir seg klart til kjenne i Storsjøen i Odal og Storsjøen i Rendal, men effekter av nevnte aktiviteter kan også spores i noen av de andre innsjøer. Ved tolkning av resultatene må det tas hensyn til vannets kvalitet for øvrig. De forholdsvis høye verdier i Ossjøen og Storsjøen i Odal kan således i noen grad skyldes at disse innsjøer er sterkere belastet med organisk materiale (humusstoffer) enn de øvrige, og en del fosfor foreligger således som organisk (løst og partikulært).

Aritmetiske middelveier av resultatene for totalfosfor, totalnitrogen og nitrater er fremstilt i figur 13.

Overflatelagenes (0-10 m) innhold av ortofosfat på de ulike observasjonsdager varierte i henhold til oppstillingen gitt i tabell 11.

Tabell 11. Ortofosfat ($\mu\text{g P/l}$), blandprøve 0-10 m 1978-1980.

1978:

Innsjø \ Dato	24/5	2/6	14/6	30/6	14/7	28/7	15/8	24/8	8/9	28/9	19/10
Storsjøen i Rendal	<2,0	<2,0	<2,0	<0,5	<0,5	<0,2	<1,0	<1,0	1,0	1,0	<1,0
Innsjø \ Dato	22/5	1/6	13/6	29/6	13/7	27/7	9/8	29/8	7/9	26/9	17/10
Ossjøen	<2,0	<2,0	<2,0	<0,5	<0,5	<2,0	1,0	<1,0	<1,0	1,5	<1,0

1979:

Innsjø \ Dato	12/6	28/6	25/7	22/8	1/10
Rien	1,0	1,5	<0,5	0,5	<0,5
Aursunden	2,0	0,5	1,0	<0,5	4,5
Feragen	2,0	0,5	1,0	0,5	3,5
Savalen	9,0	8,0	<0,5	1,0	<0,5
Storsjøen i Rendal	4,0	2,5	<0,5	1,0	2,0
Storsjøen i Odal	2,0	4,5	2,0	1,0	<0,5

1980:

Innsjø \ Dato	24/3	12/5	11/6	1/7	29/7	28/8	30/9
Rien	1,5						
Aursunden	1,0		2,5	2,0	1,0	2,0	1,5
Savalen	3,0						
Feragen	1,0						
Femunden			1,5	4,0	0,5	1,0	<0,5
Atnasjøen			1,5	4,5	1,0	2,0	3,0
Storsjøen i Rendal	3,5		1,5	1,5	1,5	1,5	1,0
Storsjøen i Odal	5,0	4,0	3,5	2,0	1,0	1,0	0,5

Oppstillingen viser at i alle innsjøer er det en tendens til høyere verdier vår, høst og vinter enn om sommeren. Dette skyldes planteplanktonets forbruk av den løste fosfatfraksjon under produksjonsperioden. Tilfeldige høye verdier som f.eks. i Savalen 12. og 28. juni 1979 skyldes sannsynligvis stor tilførsel av partikulært materiale på dette tidspunkt (adsorbent fosfor). Forholdet mellom totalfosfor og totalnitrogen som er fremstilt nedenfor, synes å tyde på at fosfor er begrensende for algevekst i alle de undersøkte innsjøer (forholdet mellom fosfor og nitrogen som tas opp av planteplankton er 1:7).

Innsjø	Rien	Aur- sunden	Feragen	Savalen	Storsjøen i Rendal	Storsjøen i Odal
Total fosfor, $\mu\text{g P/l}$	1	1	1	1	1	1
Total nitrogen, $\mu\text{g N/l}$	58	51	48	49	39	42

Nitrogen

Nitrogennivåene i de ulike innsjøer de forskjellige år går frem av tabell 12, hvor variasjonsbredde og aritmetisk middel for totalnitrogen og nitrat er fremstilt. Variasjonsmønsteret for vannets innhold av totalnitrogen i overflatelagene (blandprøve 0-10 m) er fremstilt i figur 12a-c. Bortsett fra Storsjøen i Odal er nitrogenkonsentrasjonene lave i alle innsjøer - lavest i nord. Nitratverdiene er som vanlig lavest om sommeren på grunn av algeproduksjonen. De noe høyere nitrogenverdier i Storsjøen i Odal viser at denne innsjø i betydelig grad mottar avrenningsvann fra jordbruk. Det samme kan i noen grad sies om Storsjøen i Rendal og Ossjøen.

Silisium

Midlere silisiumkonsentrasjoner for de forskjellige år er satt opp i tabell 13.

Silisiuminnholdet i Ossjøen, Savalen og Storsjøen i Rendal er relativt høyt i forhold til de andre innsjøer. Til sammenlikning kan nevnes at silisiuminnholdet i Mjøsa i de senere år har vært ca. $1,5 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$ og henimot 0 i overflatelagene under vekstsesongen ut på sommeren. Bortsett fra i Storsjøen i Odal, hvor konsentrasjonen var nede i $1,5 \text{ mg SiO}_2/\text{l}$ 1. oktober 1979, var det liten variasjon i vannets silisiuminnhold med tiden i de undersøkte innsjøer.

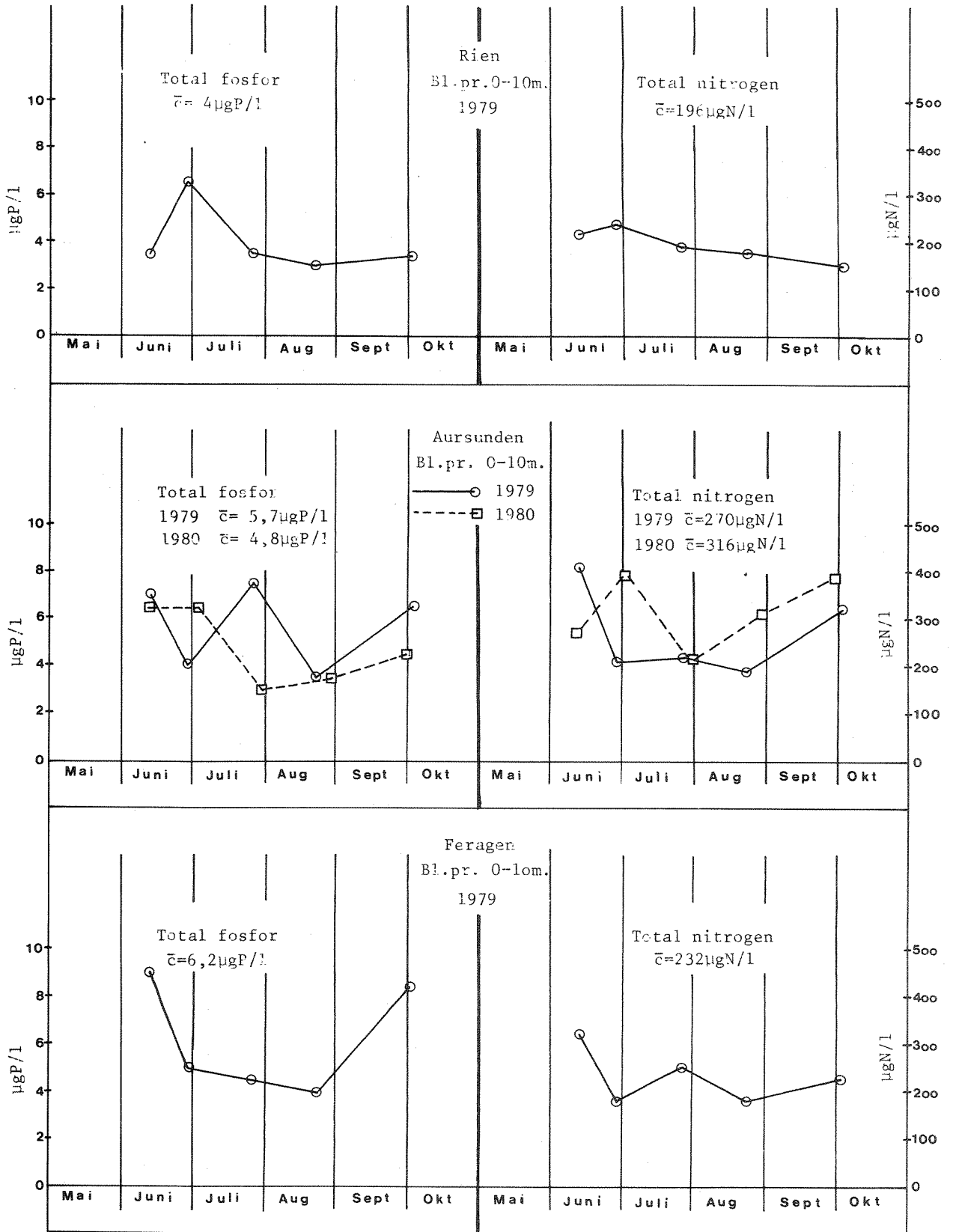
Tabell 12. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for totalnitrogen og nitrat ($\mu\text{g N/l}$).

1) 1978. 2) 1979. 3) 1980.

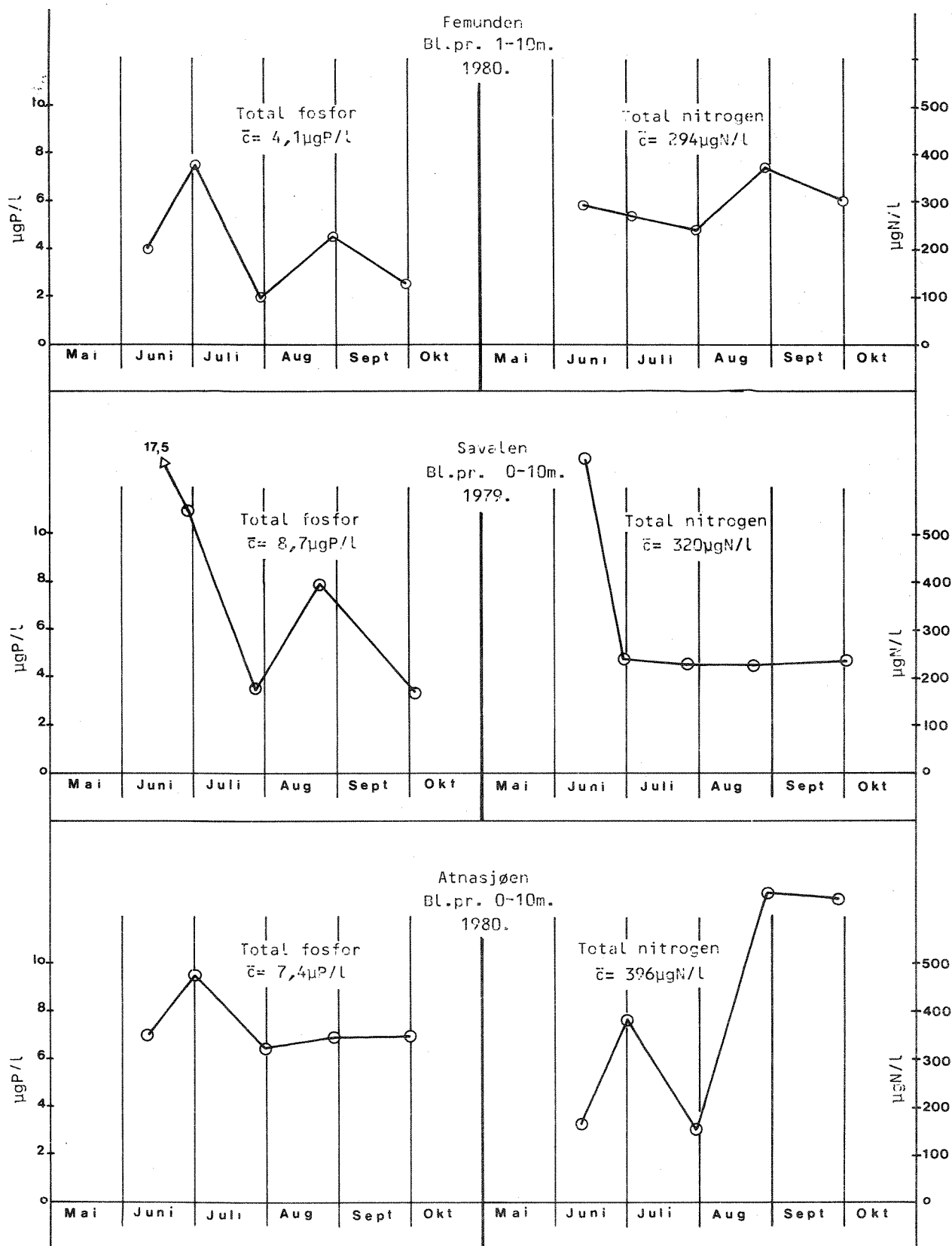
Innsjø	Rien	Aursunden	Savalen	Feragen	Femunden	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
<u>TOT N</u>									
Varia- 1							150-310	210-320	
sjons- 2	140-480	180-620	180-590	160-660			200-580		290-630
bredde 3		150-590			160-550	110-650	170-470		270-740
Arit- 1							220	275	
metisk 2	205	256	283	255			280		420
middel 3		240			240	210	255		415
<u>NO₃-N</u>									
Varia- 1							10-110	45-95	
sjons- 2	30-50	40-65	35-70	25-70			45-120		70-120
bredde 3		10-95			70-95	20-80	40-120		70-140
Aritme- 1							75	75	
tisk 2	45	55	65	52			75		90
middel 3		45			85	50	75		100

Tabell 13. Silisium, mg SiO₂/l, 1978-1980.

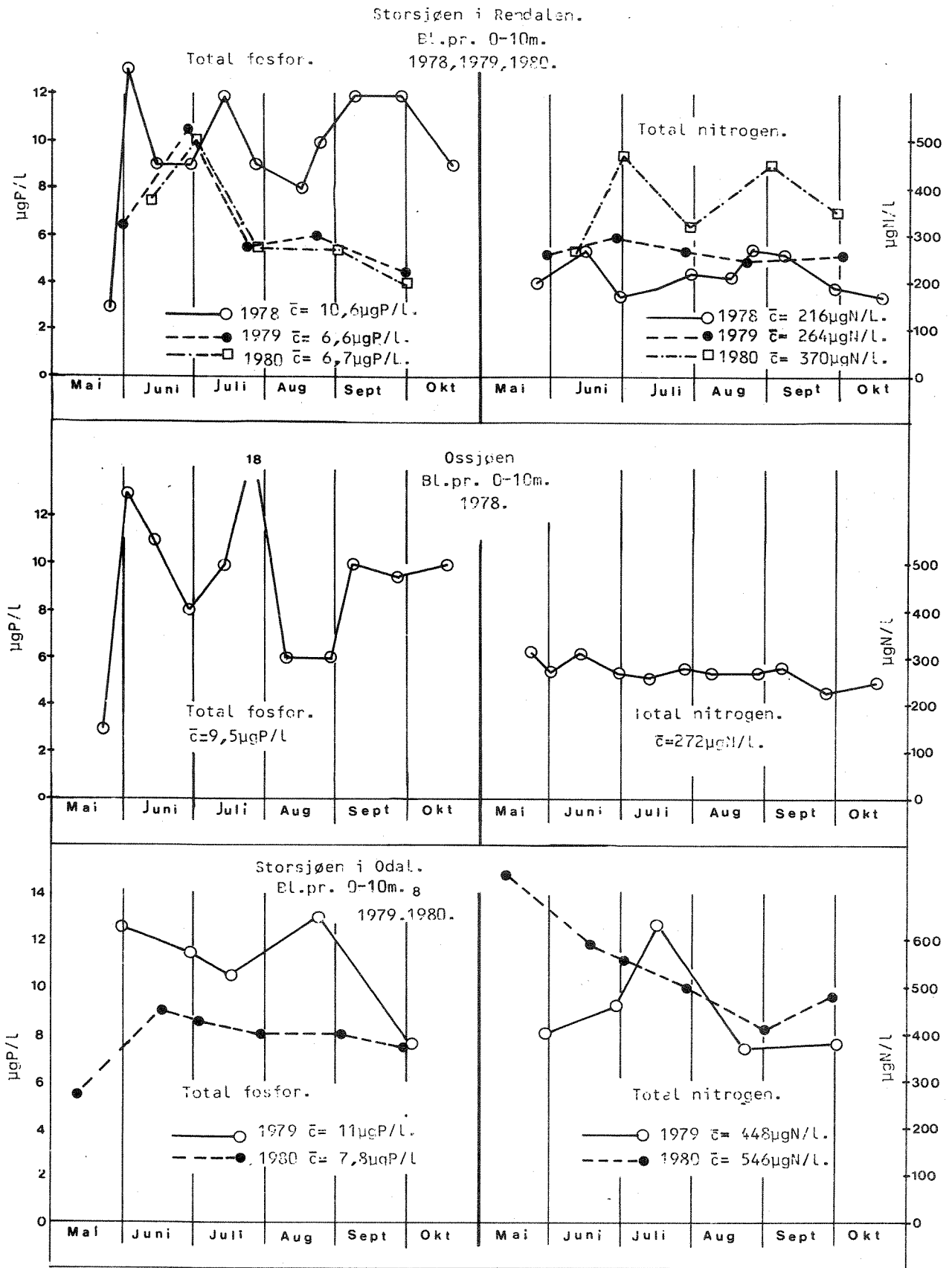
Innsjø	1978	1979	1980
Rien		1,4	
Aursunden		1,4	1,3
Savalen		3,0	
Feragen		2,6	
Femunden			2,0
Atnasjøen			2,3
Storsjøen i Rendal	4,2	3,7	3,6
Ossjøen	4,9		
Storsjøen i Odal		2,1	2,1



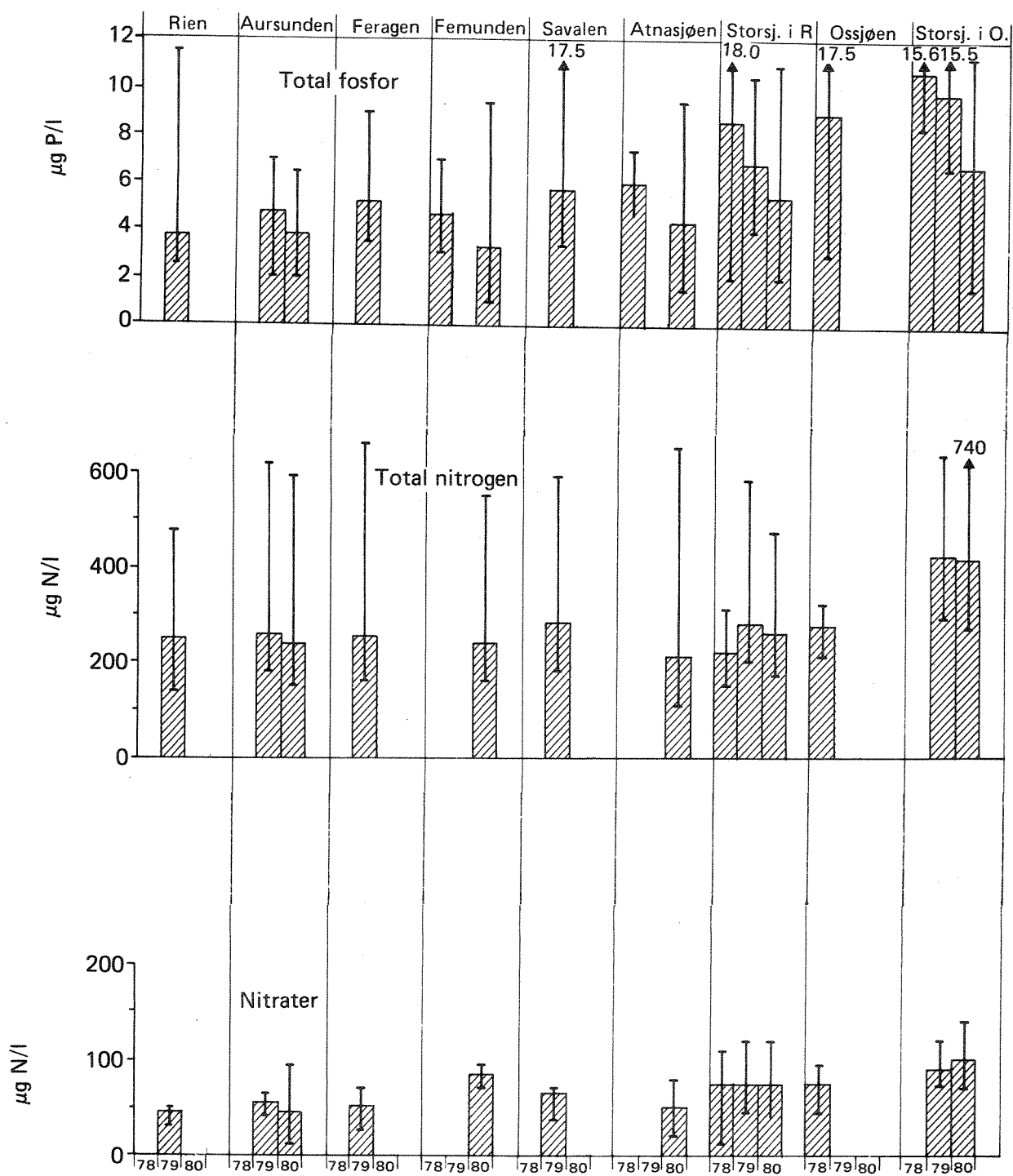
Figur 12a-c. Innsjøer i Glåmavassdraget. Totalfosfor og totalnitrogen, µg/l. Analyseresultater fra blandprøver (0-10 m), mai-oktober (1978-1980).



Figur 12 b.



Figur 12 c.



Figur 13. Middelerdier (skravert) og variasjonsbredde for fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner i innsjøer i Glåmavassdraget.

Tungmetaller

Vannets innhold av tungmetaller er undersøkt ved en enkelt anledning. Aritmetiske middelverdier av analyseresultatene er fremstilt i tabell 14.

Tabell 14. Tungmetaller. Middelkonsentrasjoner.

Komponent	Rien	Aur- sunden	Femunden	Savalen	Atna- sjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Jern, µg Fe/l	15	25	-	70	-	25	74	134
Mangan, µg Mn/l	56	24	-	16	-	6	8	45
Kopper, µg Cu/l	5	14	7	3	3	8	-	7
Sink, µg Zn/l	20	30	< 10	20	< 10	12	-	29
Bly, µg Pb/l	3,1	4,3	2,6	7,0	0,6	1,3	-	2,6
Kadmium, µg Cd/l	0,4	0,3	1,1	0,2	0,4	0,2	-	0,6

Vannets innhold av tungmetaller er lavt i de fleste innsjøer, men variasjonsmønsteret avslører visse trekk ved vannkvaliteten som kan tilbakeføres til spesielle forhold i nedbørfeltet. Jerninnholdet er høyest i vannforekomster hvor farge og KMnO_4 -tallet er høyest. Dette skyldes at jern er komplekst bundet til humusstoffer. Rien har høyere manganinnhold enn jern. Dette er uvanlig i overflatevann og har antakelig sammenheng med berggrunnens mineralsammensetning. Ikke uventet har Aursunden høyeste konsentrasjon av kopper og sink som har sin opprinnelse i nedbørfeltets bergarter.

Siktedyp og vannets (visuelle) farge

Siktedypet er målt med en hvit sirkulær (diameter 25 cm) skive som senkes ned i vannet. Avstanden fra overflaten til det punktet hvor skiven ikke lenger er synlig kalles siktedypet. Bølgeskulp og dårlige lysforhold (vinter) kan virke forstyrrende på måleresultatet som dessuten er av subjektiv karakter.

Resultatene er fremstilt i figurene 14-16 og tabell 15.

Tabell 15. Siktedyp på de ulike stasjoner.

x) 19/3 xx) 17/6

Dato Innsjø	1978				1979						1980							
	23/5	14/6	20/7	23/8	30/5	12/6	28/6	16/7	25/7	22/8	1/10	24/3	13/5	11/6	1/7	29/7	28/8	30/9
Rien						8,5	9,5		9,0	11,0	11,0							
Aursunden						5,5	9,0		5,8	9,5	9,0	3,0		7,0	8,5	10,0	7,5	10,0
Feragen						5,5	5,5		4,8	6,0	5,5	2,5						
Femunden		13,5	12,3	10,8										10,0	11,0	9,8	10,5	10,5
Savalen						4,0	5,0		5,8	7,5	8,5	4,0						
Atnasjøen		6,3	9,7											9,0	7,5	6,8	7,7	8,5
Storsjøen i Rendal	10,9		6,0	6,2	5,6		4,0		4,4	7,5	6,0	5,0		4,5	5,0	4,1	4,5	6,5
Ossjøen	6,4	4,2	3,8	4,0														
Storsjøen i Odal					2,0		3,3	3,0		3,8	4,0	2,0 ^x	3,0	3,5 ^{xx}	3,5	3,8	3,5	3,1

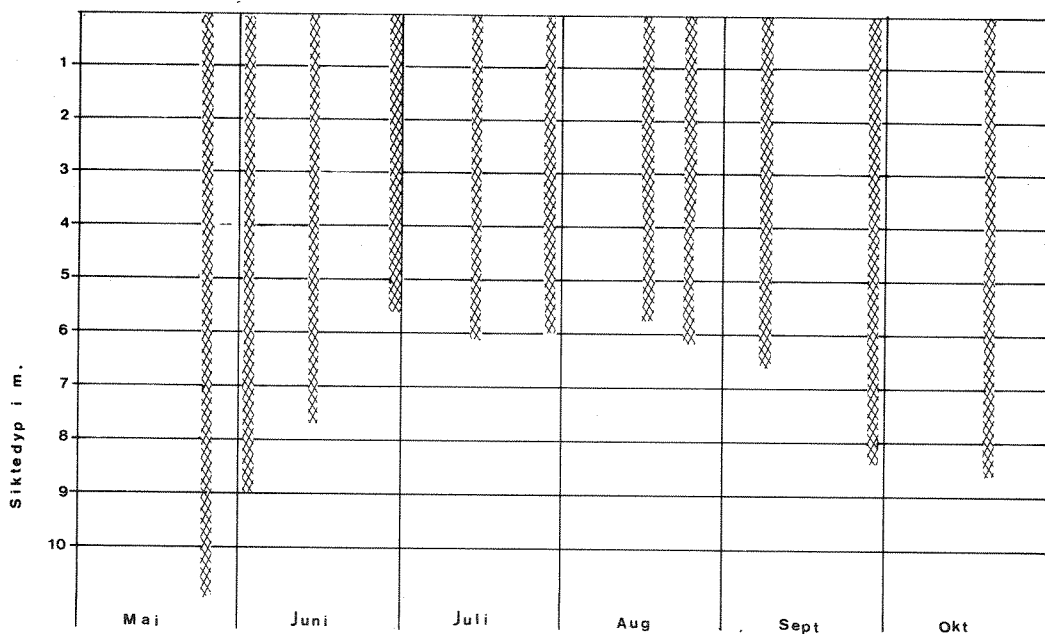
Siktedypet influeres av flere forhold ved vannets kvalitet som turbiditet (partikkelinnhold), humusinnhold og algevekst. Siktedypet kan brukes som et mål for algevekst i innsjøer som er lite influert av humus og ikkelevende partikulært materiale.

I alle innsjøer er siktedypet størst om våren før vårflommen og før vannmassene er påvirket av algevekst. Vårverdiene viser således innsjøenes individuelle påvirkning av partikulært materiale og spesielt humusstoffer. I henhold til dette er Storsjøen i Odal, Ossjøen og Feragen mest humuspreget, noe som også er påvist ved farge og KMnO_4 - (organisk stoff) målingene. I flere av innsjøene og spesielt de mest humusbelastede, avtar siktedypet når vårflommen setter inn. Dette skyldes stor tilførsel av humusbelastet vann fra nedbørfeltet. I Savalen og Aursunden, og i noen grad Storsjøen i Rendal, vil tilførsel og utvasking av partikulært materiale under oppfyllingen av reguleringsmagasinene spille en viss rolle.

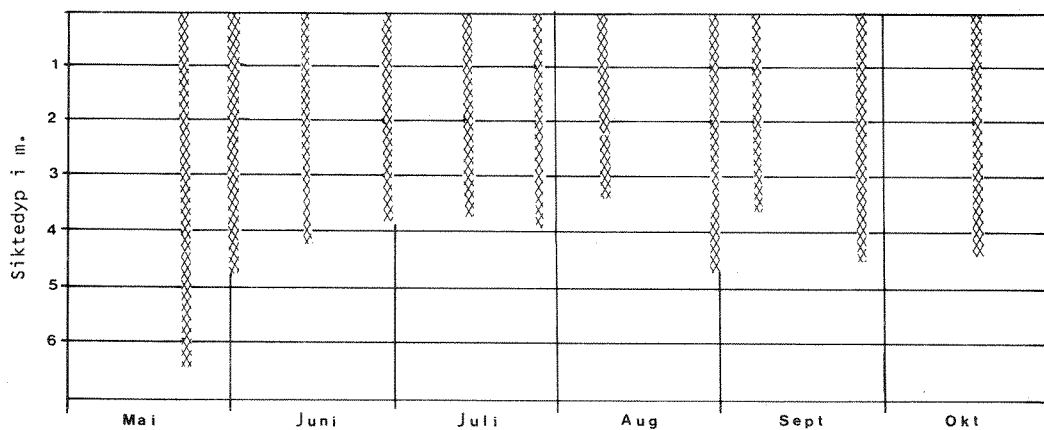
I Storsjøen i Rendal var siktedypet lavt under de varmeste sommermånedene (juni, juli og august). På denne tid ble det målt bare 4-5 meter, mens vårverdien var 10-12 meter. Ved siden av noe tilførsel av humusstoffer er det i første rekke planteplanktonet som er årsak til dette. Selv om tilsvarende effekt også gjorde seg gjeldende i andre innsjøer som Storsjøen i Odal og Ossjøen, ble dette delvis overskygget av det høye humusinnhold i disse innsjøer.

Utover sensommeren og høsten økte igjen siktedypet i de fleste innsjøer, dette som følge av avtakende algevekst og avtakende tilførsler av humus-stoffer og partikulært materiale etter hvert som vannføringen avtok.

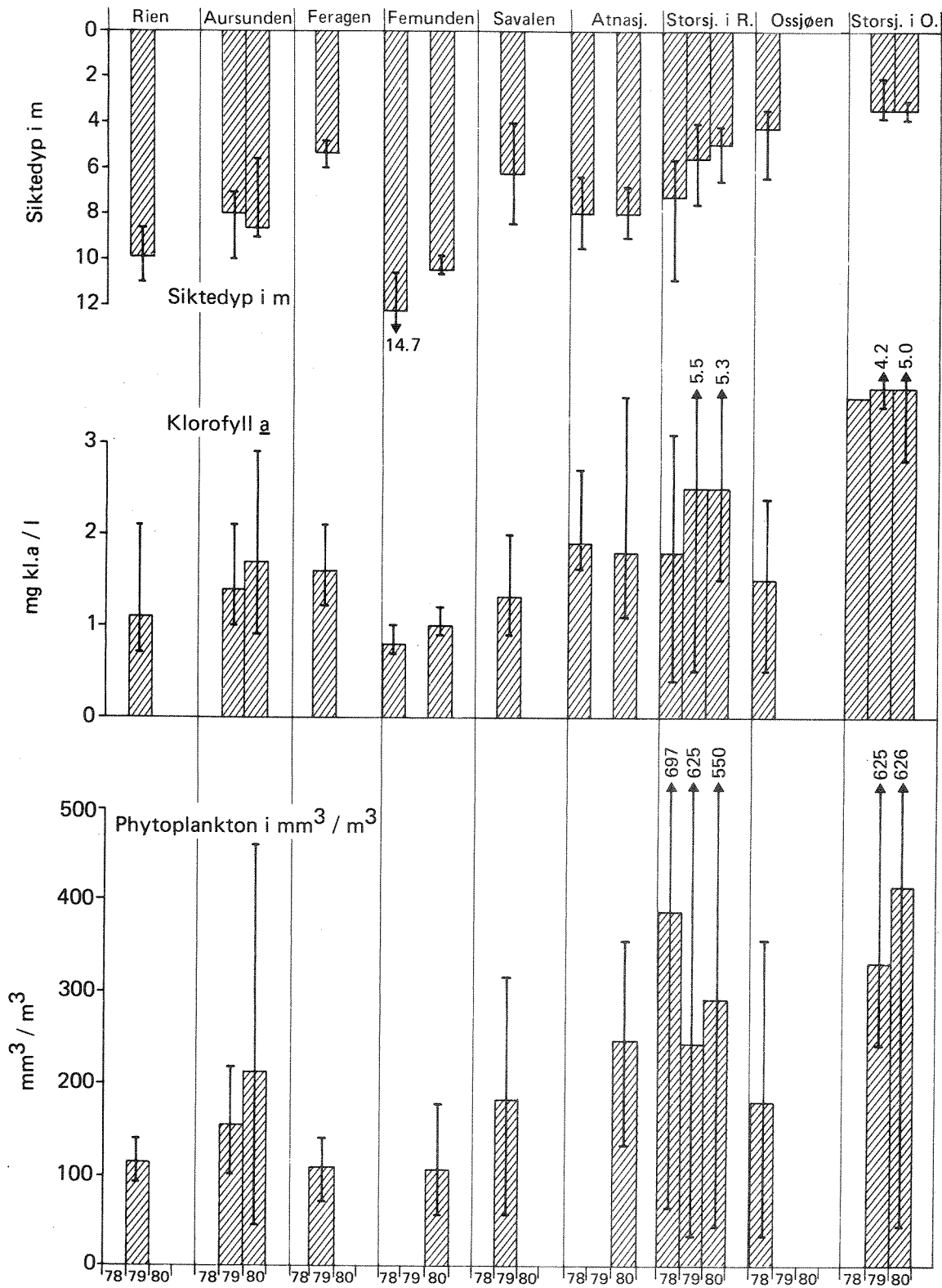
Innsjøenes egenfarge (visuelt bedømt) bestemmes ved å se mot siktedypskiven i halvt siktedyp. I de minst humuspåvirkede innsjøer var fargen grønn eller grønnlig gul, mens det i de andre innsjøer var et mer eller mindre brunaktig innslag, avhengig av humustilgangen.



Figur 14. Siktedyp i Storsjøen (Rendal) i sommerperioden 1978.



Figur 15. Siktedyp i Ossjøen i sommerperioden 1978.



Figur 16. Middelerverdi (skravert) og variasjonsbredde for siktedyp, klorofyll a og phytoplankton i innsjøer i Glåmavassdraget.

4.3 Biologiske forhold

Plantep plankton

Plantep planktonet i innsjøer består av små, frittsvevende alger (primærprodusenter) som reagerer raskt på de fleste miljøendringer. Små forandringer i tilført mengde næringsstoffer, f.eks. biologisk tilgjengelig fosfor, vil ofte gi signifikante endringer i planktonsamfunnet lenge før forskjellene kan registreres med dagens kjemiske analysemetodikk. Plantep planktonets artssammensetning, mangfold, biomasse og årssuksesjon gir derfor god informasjon om innsjøens tilstand og eventuelle utvikling.

Store, dype, næringsfattige (oligotrofe) innsjøer vil foruten relativt mye gulalger (Chrysophyceae) også gjerne inneholde en god del fureflagellater (Dinophyceae) og cryptomonader (Cryptophyceae). En del kiselalger (Bacillariophyceae) kan også forekomme. Artsantallet vil være relativt stort, og algevolumet, basert på analyser av blandprøver, vil i vekstsesongen vanligvis være mindre enn $700-800 \text{ mm}^3/\text{m}^3$. Etter hvert som konsentrasjonen av næringsstoffer øker, vil algesamfunnet utvikles i mer "mesotrof" retning. Dette innebærer at kiselalgene vil bli relativt mer dominerende, mens mengden av gulalger og fureflagellater reduseres. Ved ytterligere eutrofiering vil algevolumet øke til $2-3000 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ eller mer. I slike innsjøer vil gjerne en eller noen få arter dominere, og enkelte stavformete kiselalger og blågrønnalger (Cyanophyceae) vil opptre i så store mengder at vannkvaliteten forringes merkbart. De fleste "oligotrofe" artene er små og de vokser raskt, mens de mer "eutrofe" kisel- og blågrønnalgene vokser senere og blir mye større. Ved økende eutrofiering får vi således en kraftig produksjon av alger som er for store til å bli spist av dyreplanktonet. Det blir ubalanse i det pelagiske økosystemet med en opphoping av alger som etter hvert dør, synker til bunns i store mengder og så forårsaker oksygenvinn. Foruten det nevnte utviklingsmønster vil begynnende eutrofiering i store innsjøer (f.eks. Mjøsa) også gjerne resultere i en relativt rask skifting i artssammensetningen utover i vekstsesongen, dvs. forskjellige arter vil dominere til ulike tider. Dessuten kan noen arter (indikatorarter) gi varsel om enkelte miljøforandringer.

Tabellene 16 og 17 viser at planteplanktonets biomasse er lav i Rien, Aursunden, Feragen, Femunden, Savalen og Ossjøen, mens verdiene for Storsjøen i Rendal og Storsjøen i Odal er av en størrelsesorden som er vanlig i flere markert forurensningspåvirkede innsjøer i Østlandsområdet (Tyrifjord, Heddalsvatn, Norsjø m.fl.). Det er grunn til å merke seg at i flere av innsjøene, særlig Storsjøen i Rendal, er klorofyllinnholdet eller algemengden størst om våren/forsommeren. Dette viser forskjellen i den latente basiskonsentrasjonen av algetilgjengelig fosfor i de ulike innsjøer. Når temperatur og lys er gunstig for algevekst vil nemlig næringstilbudet være avgjørende for algeproduksjonens størrelse. Som figur 19 viser, er dette fenomen spesielt markert i Mjøsa hvor klorofyllinnholdet på denne tid kan være 8-9 $\mu\text{g kl a/l}$, mens den høyeste observerte verdi i Storsjøen er 5,5 $\mu\text{g kl a/l}$.

Rien

Figurene 17-18 viser at totalvolumet av alger i Rien var meget lavt hele vekstsesongen. Algesammensetningen viser at denne tidlig i sesongen var dominert av arter innen gruppen gulalger (Chrysophyceae). Dette er ofte vanlig i oligotrofe innsjøer. Midt i og mot slutten av sesongen var kiselalgene (Bacillariophyceae) den dominerende gruppen, først og fremst representert ved arter innen slekten *Cyclotella*. Rien er en oligotrof innsjø.

Aursunden

Figurene 17-18 viser at totalvolumet av planteplankton ved prøvetidspunktene i 1979 var meget lavt, maksimalt litt over $200 \text{ mm}^3/\text{m}^3$.

Sammensetningen var det meste av perioden relativt jevn mellom de viktigste gruppene, selv om gruppen gulalger (Chrysophyceae) var mer fremtredende tidlig i sesongen, og gruppen kiselalger (Bacillariophyceae) senere i sesongen. Viktigste art innen denne gruppen var *Tabellaria fenestrata*.

For øvrig viser både variasjonene i totalvolum og sammensetning i Aursunden den oligotrofe (næringsfattige) karakter denne innsjøen har.

Tabell 16. Klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) (blandprøver 0-10 m), 1978-1980.

1978	Dato	22/5	1/6	13/6	29/6	13/7	27/7	9/8	29/8	7/9	20/9	17/10	
Ossjøen		0,5	1,1	0,6	1,5	2,4	1,9	2,4	2,3	1,7	1,1	0,7	
1978	Dato	24/5	1/6	14/6	30/6	14/7	20/7	28/7	16/8	24/8	8/9	28/9	19/10
Storsjøen i Rendal		0,7	0,6	0,5	3,1	2,2	2,6	2,3	2,4	2,5	2,7	1,7	0,8

Innsjø	Dato	1979							1980								
		18/4	30/5	12/6	28/6	16/7	25/7	22/8	1/10	19/3	24/3	11/6	1/7	29/7	28/8	2/9	30/9
Rien				2,1	1,0		0,8	0,7	1,2			0,3					
Aursunden				2,1	2,0		1,0	1,1	1,3			0,5	2,9	0,9	1,1	2,2	1,7
Feragen				2,1	1,9		1,3	1,2	1,8								
Femunden												0,7	1,1	1,2	0,9	1,0	0,9
Savalen				1,7	2,0		1,0	1,4	0,9			0,3					
Atnasjøen												3,5	1,6	1,5	1,1		1,4
Storsjøen i Rendal		0,5	0,4		5,5		1,6	1,7	1,6			0,7	5,3	2,1	2,0	1,8	1,5
Storsjøen i Odal			3,6		3,5	3,5		3,4	4,2	0,5	5,0 ^x	4,0	4,4	2,9		2,4	2,8

Tabell 17. Variasjonsbredde og aritmetisk middel for klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) 1978-1980. 1) 1978 2) 1979 3) 1980.

Innsjø	Rien	Aursunden	Feragen	Femunden	Savalen	Atnasjøen	Storsjøen i Rendal	Ossjøen	Storsjøen i Odal
Varia- Sjons- Bredde	1 2 3	0,7-2,1	1,0-2,1 0,9-2,9	1,2-2,1	0,7-1,0 0,9-1,2	0,9-2,0	1,6-2,7 0,5-5,5 1,1-3,5	0,4-3,1 0,5-5,5 1,5-5,3	0,5-2,4 3,4-4,2 2,8-5,0
Aritme- tisk middel	1 2 3	1,1	1,4 1,7	1,6	0,8 1,0	1,3	1,9 2,2 1,8	2,2 2,2 2,0	1,5 3,5 3,6 3,6

Feragen

Figurene 17-18 viser at totalvolumet i Feragen hele vekstsesongen 1979 var meget lavt, og det er ingenting som tyder på at det var vesentlig høyere på tidspunkter utenom prøvetakingstidene.

Av figur 18 går det også frem at ingen algegruppe var spesielt dominerende på noe tidspunkt av vekstsesongen.

Både totalvolumet og sammensetningen viser at Feragen er en oligotrof innsjø.

Femunden

Fra Femunden ble det samlet inn planteplanktonprøver i 1980 i alt 5 ganger. Algevolumet var hele sommeren igjennom meget lavt. Chrysophyceae (gulalgen) var den mest fremtredende gruppen hele sesongen. Dette viser at Femunden er en oligotrof (næringsfattig) innsjø (figurene 17-18).

Savalen

Figurene 17-18 viser at det på prøvetakingstidspunktene ikke ble registrert høyere totalvolum av alger i Savalen i 1979 enn ca. $300 \text{ mm}^3/\text{m}^3$.

De mest fremtredende gruppene hele sesongen var gulalger (Chrysophyceae) og fureflagellater (Dinophyceae). De enkelte artene innen disse gruppene var imidlertid arter som indikerer oligotrofi. Heller ikke totalvolumet indikerer noe annet enn at Savalen må betegnes som en oligotrof innsjø.

Atnasjøen

Fra denne innsjø ble det samlet inn prøver i alt 5 ganger i 1980. Sammensetning av gruppene, de enkelte artene og totalvolumet viser at innsjøen er næringsfattig (oligotrof) (figurene 17-18).

Storsjøen i Rendal

Av figurene 17-18 går det frem at totalvolumet i denne innsjøen nådde et maksimum på over $600 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ på prøvetakingstidspunktene i 1979. Den vik-

tigste algegruppen på dette tidspunkt var Cryptophyceae, en gruppe som i 1979 var den mest fremtredende i Storsjøen hele sesongen. Viktigste arter innen gruppen var ulike arter av slekten *Cryptomonas* og *Rhodomonas lacustris*.

Senere i sesongen var gruppen kiselalger (Bacillariophyceae) mer fremtredende, først og fremst ved arten *Asterionella formosa*. Denne arten har vært dominerende i prøvene store deler av vekstsesongen de senere årene, og totalvolumene har nok vært betydelig høyere tidligere i 70-årene. Det innsamlede prøvematerialet fra overflatelagene (1 m dyp) tidligere år synes å tyde på dette. Ved sammenlikning må det tas hensyn til at i de senere år er det blitt samlet inn blandprøver fra 0-10 m dyp.

Så sent som i 1978 var *Asterionella formosa* den dominerende arten i prøvene det meste av sesongen. Totalvolumet av planteplankton i 1978 var heller ikke mer enn $600-700 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ maksimalt, men totalvolumet var høyt store deler av vekstsesongen dette året. De lavere verdiene av totalvolumet, vekstsesongen sett under ett i 1979 og 1980, kunne kanskje tyde på en bedring i vannkvaliteten. Maksimumsverdier i sesongene 1979 og 1980 var imidlertid like høye som i 1978, og disse verdier, sammen med sammensetningen, tyder på at innsjøen er en god del påvirket av tilførsler av plantenæringsstoffer ut over det som er naturlig.

De registrerte forskjeller i 1978, 1979 og 1980 er antakelig først og fremst forårsaket av variasjoner i vannføring og klimatiske forhold, noe som også ble registrert i andre tilsvarende innsjøer i 1979 og 1980. Forholdene i Storsjøen i Rendal viser at innsjøen er inne i et tidlig stadium av en mesotrof fase, eller en overgang mellom en oligotrof og mesotrof fase.

Ossjøen

Analyser av kvantitative planteplanktonprøver fra Ossjøen 1978 viser at totalvolumet for sjiktet 0-10 m ikke overskrider $400 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ i vekstsesongen. Cryptomonadene var den mest dominerende algegruppen og utgjorde 30-70 % av totalvolumet i perioden medio juni - medio oktober. Gulalgene (Chrysophyceae) spilte også en vesentlig rolle.

I begynnelsen av juni utgjorde kiselalgene (Bacillariophyceae) 20-40 %

av totalvolumet og besto vesentlig av *Tabellaria fenestrata*. Senere i sesongen var gruppen representert ved sentriske diatomeer.

Totalvolumet av alger og sammensetningen viser at vannmassene i Ossjøen er oligotrofe (næringsfattige, med lavt produksjonspotensial).

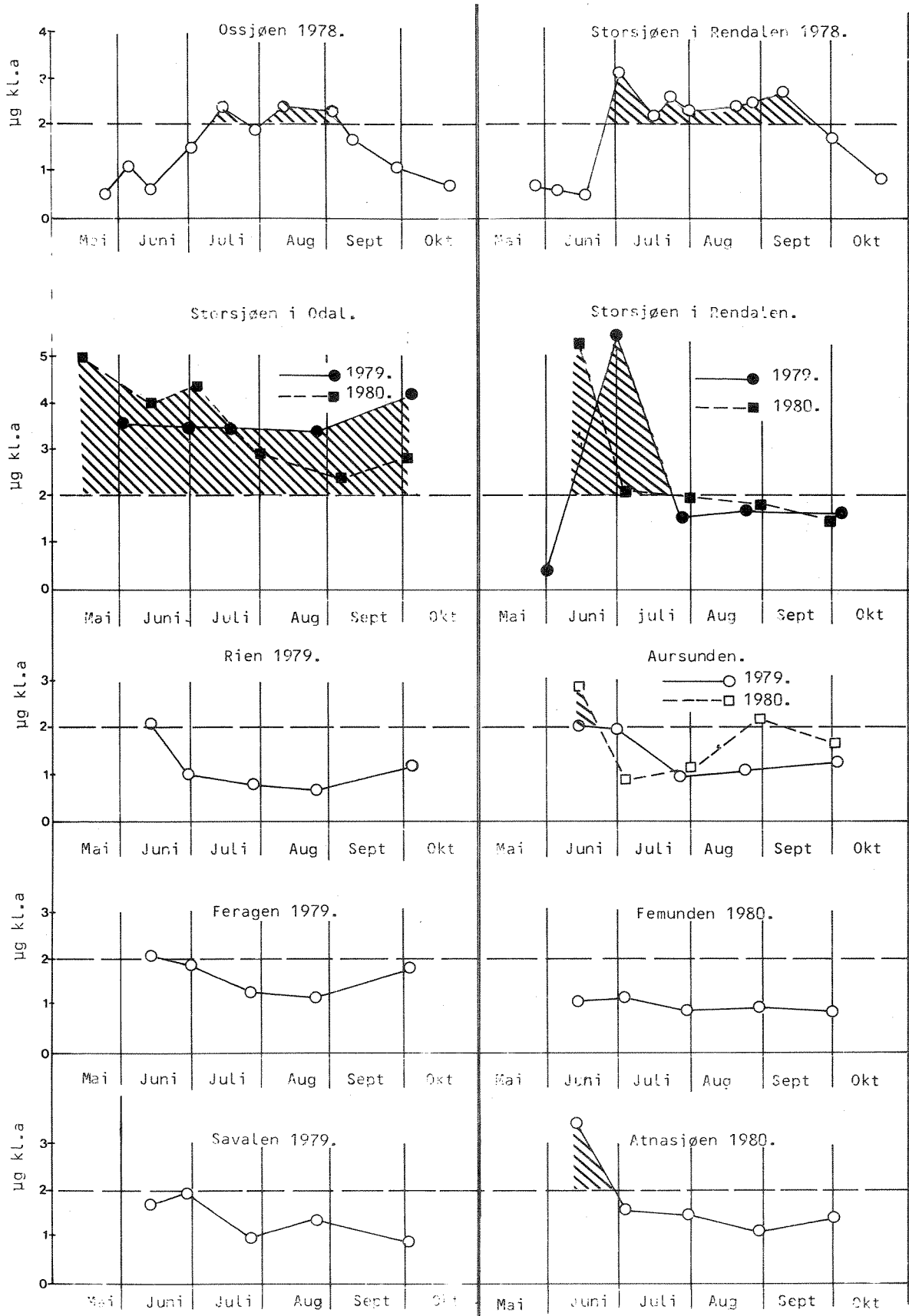
Storsjøen i Odal

Som figurene 17-18 viser, ble det maksimale totalvolm i Storsjøen i Odal i de innsamlete prøver registrert i månedsskiftet september-oktober. Det er mulig at det tidligere i september var større mengder enn de drøyt $600 \text{ mm}^3/\text{m}^3$ som ble registrert som maksimum, men dette kommer ikke frem på grunn av de relativt store prøvetakingsintervallene.

I resten av vekstsesongen var algevolumet relativt lavt, under $300 \text{ mm}^3/\text{m}^3$.

Kiselalgene (Bacillariophyceae) var den dominerende gruppen i den senere delen av vekstsesongen, og den mest fremtredende innen denne gruppen var *Tabellaria fenestrata*. Den registrerte maksimumsverdien for totalvolumet og den sterke dominansen av *Tabellaria fenestrata* mot slutten av vekstsesongen kan tyde på at Storsjøen i Odal på samme måte som Storsjøen i Rendal er inne i et tidlig stadium av en mesotrof fase eller i en overgangsfase mellom et oligotroft og et mesotrof stadium. At ikke algemaksimum inntrådte tidligere i vekstsesongen i 1979, er vanskelig å forklare, men kan f.eks. henge sammen med at et stort humusinnhold i innsjøen og invasjon av Glåmavann tidligere i sesongen gjorde lystilgangen til vannmassene dårligere.

I figur 19 er algemengden (biomassen) utover sommeren 1978 i en del innsjøer på Østlandet fremstilt. Algemengden i Storsjøen i Rendal var på de faste observasjonsdager betydelig høyere enn i Tyrifjorden, hvor eutrofiutviklingen er under overvåking.

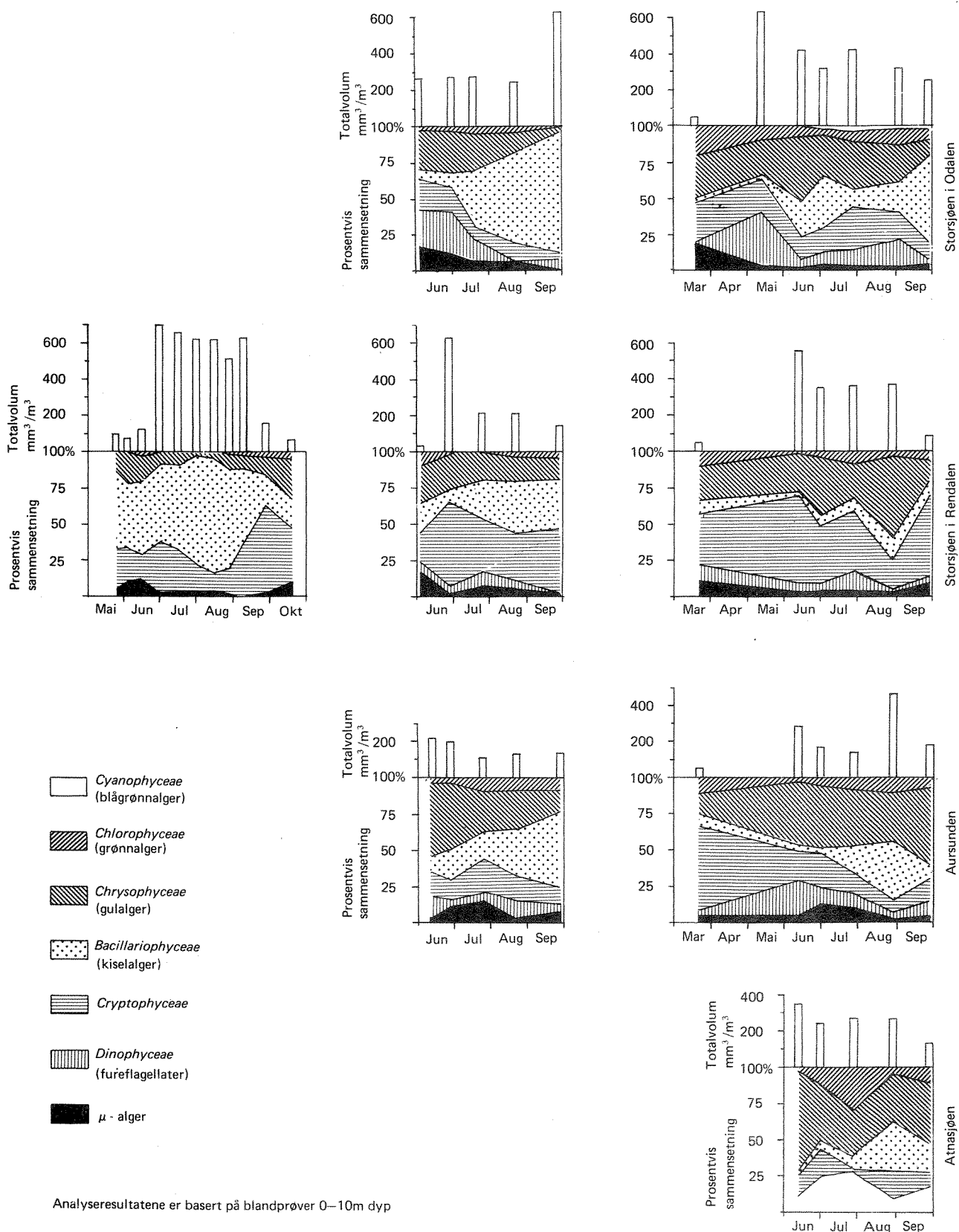


Figur 17. Innsjøer i/langs Glåmavassdraget. Klorofyll a (µg/l) 1978-1980.

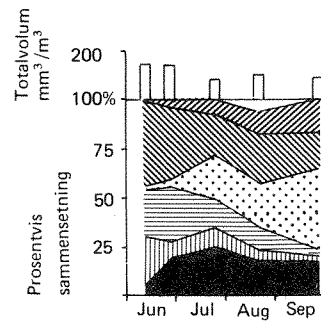
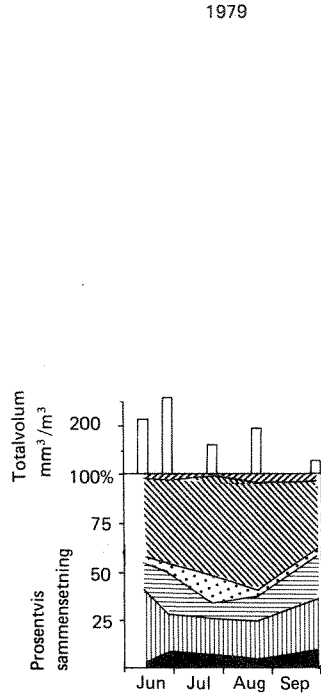
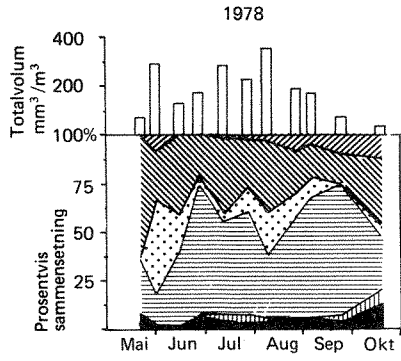
1978

1979

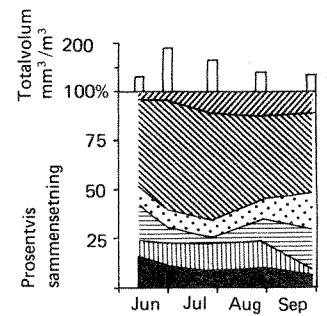
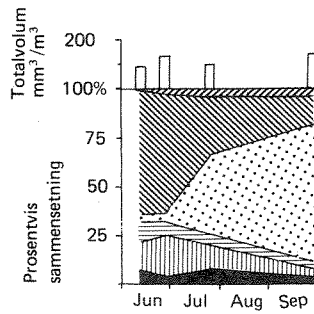
1980



Figur 18a-b. Variasjoner i totalvolum og sammensetning av planteplankton i innsjøer i Glåmavassdraget.



- Cyanophyceae* (blågrønnalger)
- Chlorophyceae* (grønnalger)
- Chrysophyceae* (gulalger)
- Bacillariophyceae* (kiselalger)
- Cryptophyceae*
- Dinophyceae* (fureflagellater)
- μ -alger



Ossjøen

Savalen

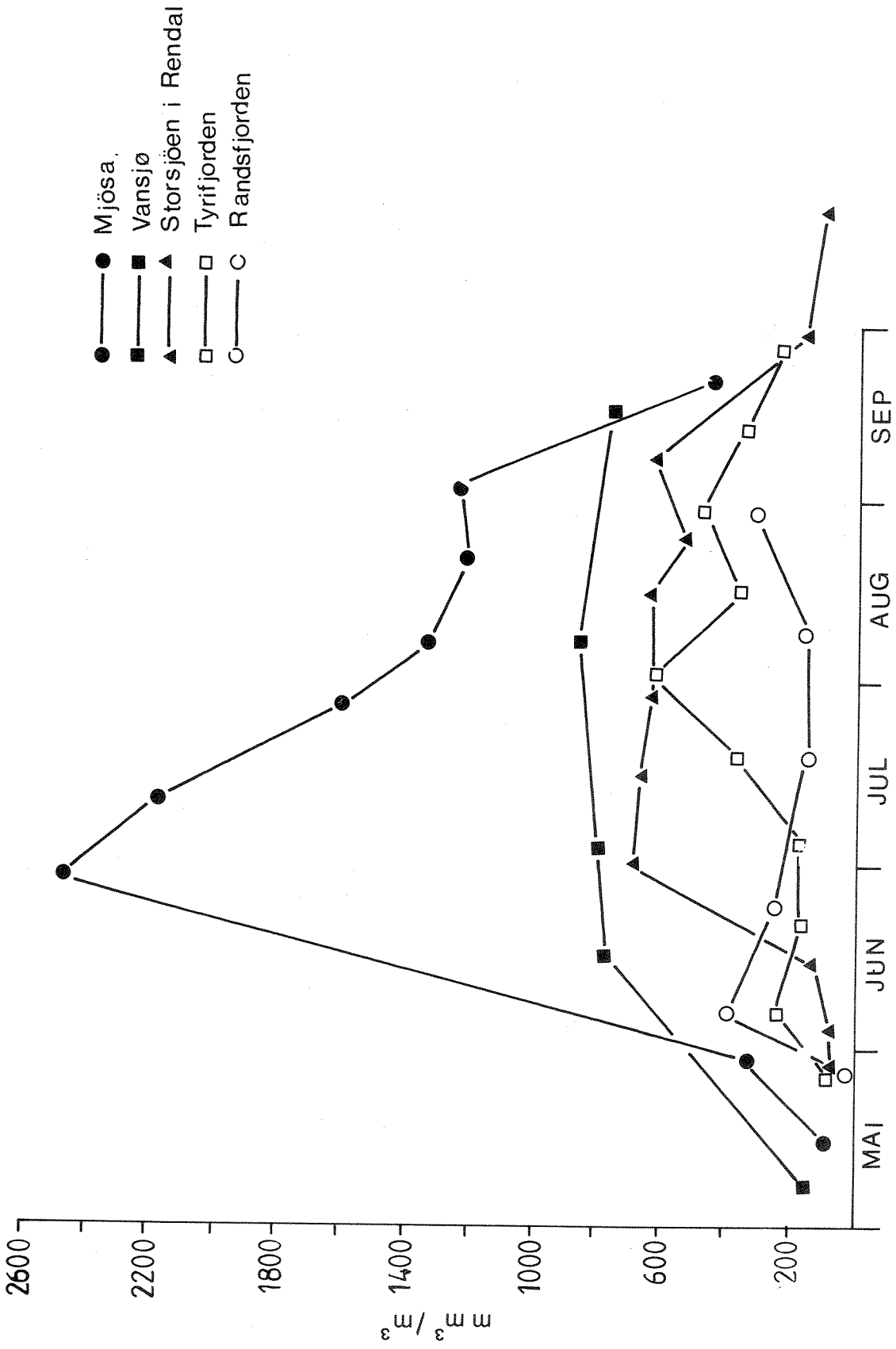
Feragen

Rien

Femunden

Analyseresultatene er basert på blandprøver 0–10m dyp

Figur 18b.



Figur 19. Framstilling av algemengde i en del innsjøer på østlandet sommeren 1978.

Dyreplankton

I 9 innsjøer i Glåmavassdraget er det foretatt undersøkelser av dyreplankton, og da med hovedvekt på krepsdyrplankton. Prøvene ble samlet inn ved hjelp av håv (kvalitative prøver) i tidsrommet 1978-1980.

I Ossjøen ble det dessuten tatt kvantitative prøver sommeren 1978 og i februar og april 1979. Materialet er behandlet i egen fagrapport, og her skal bare de viktigste konklusjoner tas med.

Rien

Rien hadde et *Cyclops scutifer*-dominert krepsdyrsamfunn og for øvrig en sammensetning som tyder på næringsfattige vannmasser og et visst beite-trykk fra planktonspisende fisk.

Aursunden

Krepsdyrplanktonet i Aursunden var sterkt dominert av *C. scutifer*, mens calanoide hoppekreps og vannlopper stort sett forekom i små antall. Arts-sammensetningen og frekvensen av de forskjellige artene synes å være nokså typisk for relativt næringsfattige fjellvann med et til dels betydelig predasjonspress fra planktonspisende fisk.

Feragen

I Feragen var dyreplanktonet i likhet med de to forannevnte innsjøene dominert av hoppekreps og da spesielt *C. scutifer*. Større hoppekreps som *Arctodiaptomus laticeps* og *Heterocope saliens* forekom i beskjedne antall. Det samme gjaldt vannlopper av slekten *Daphnia*, mens *Bosmina longispina* var forholdsvis bra representert. Sammensetningen tyder på lite påvirkede vannmasser og et til dels betydelig beitetrykk fra planktonspisende fisk.

Femunden

Krepsdyrsamfunnet i Femundens frie vannmasser var under hele prøvetakingsperioden ensidig dominert av hoppekrepsen *Cyclops scutifer*. Artssammensetningen for øvrig indikerer næringsfattige forhold og antakelig et sterkt predasjonspress fra planktonspisende fisk som f.eks. sik.

Savalen

I Savalen fulgte artssammensetningen et utviklingsmønster nokså likt det som gjaldt Rien og til dels Aursunden og Feragen. Det indikerer oligotrofe forhold og et betydelig beitetrykk fra fisk.

Atnasjøen

Planktonets sammensetning i Atnasjøen var karakterisert ved ensidig dominans av *C. scutifer*, små antall calanoide hoppekreps og vannlopper, med unntak av *B. longispina*. Sammensetningen og utviklingen av krepsdyrplanktonet tyder på næringsfattige forhold og antakelig et sterkt predasjonspress fra planktonspisende fisk.

Storsjøen i Rendalen

Her ga de to undersøkelsesårene nokså forskjellige resultater med hensyn til hvilke arter som var mest dominerende. Det er vanskelig å peke på noen bestemt faktor som kan være årsak til dette. Det kan imidlertid se ut som krepsdyrsamfunnet kan være noe ustabil, og det synes å ha et svært lite innslag av store effektive planteplanktonspisere som dahpnier, muligens på grunn av kraftig beiting fra planktonspisende fisk.

Ossjøen

Dyreplanktonet indikerer at Ossjøen er en oligotrof (næringsfattig) innsjø. Forekomst av *Holopedium gibberum*, *Limnospida frontosa* og *Arctodiaptomus laticeps*, samt relativt stor forekomst av *Bythotrephes longimanus* viser dette. Da Ossjøen har en stor bestand av så vel sik som lågåsild, kan man regne med at det foreligger et betydelig beitetrykk på krepsdyrplanktonet. Dette vil gi seg utslag i at antallet større former reduseres til fordel for mindre former som tåler fiskebeiting bedre. Krepsdyrplanktonets sammensetning med dominans av små arter som *Cyclops scutifer*, *Daphnia cristata* og *Bosmina longispina* og sparsom forekomst av større arter som spesielt vannloppene *Daphnia longispina* og *Daphnia galeata* skulle bekrefte dette. Noen direkte indikasjon på forurensningseffekter i Ossjøens frie vannmasser har ikke kunnet påvises på grunnlag av dyreplankton.

Storsjøen i Odal

Det innsamlete materialet viser en dyreplanktonsammensetning som mest likner på det en finner i mer eller mindre oligotrofe innsjøer. Blant annet forekomstene av arter som *Limnospira frontosa*, *Holopedium gibberum* og hjuldyret *Ploesoma hudsoni* indikerer dette. Samtidig synes dyreplanktonet å være utsatt for et til dels betydelig beitetrykk fra planktonspisende fisk. Det forhold at små vannloppearter (*D. cristata* og *B. longispina*) og hoppekreps dominerte i planktonet kan trolig være et resultat av en slik påvirkning. Dyreplanktonmaterialet gir foreløpig ingen direkte indikasjon på en utvikling mot mer eutrofe tilstander i Storsjøen i Odal.

5. FORURENSNINGSKILDER - FORURENSNINGSTILFØRSLER

5.1 Generelt

Vannets kvalitet i elver og innsjøer avspeiler avrenningsområdets karakter og et integrert kompleks av biologiske (inkl. mennesket) og ikke biologiske komponenter og deres aktiviteter og samspill. De ulike vanntyper har sitt karakteristiske næringsalternativ som ved siden av de øvrige økologiske faktorer, særlig klimatiske og topografiske, bestemmer flora (planter) og fauna (dyr) både kvantitativt og delvis kvalitativt. Når mennesket med et kompleks av utfoldelsesaktiviteter kommer inn i bildet ved jord- og skogbruk, vassdragsreguleringer, bruken av vassdragene som mottaker for avfall osv., blir den naturlige økologiske balanse mellom vannet og omgivelsene forstyrret. Vannets kvalitet avspeiler ikke lenger omgivelsenes naturlige karakter.

De mangeartede menneskelige aktiviteter kan medføre en rekke forskjelligartede endringer i vannets kvalitet, f.eks. endret biologisk produksjon, endringer i vannets innhold av tungmetaller, organiske mikroforurensninger, partikulært materiale, organisk stoff, osv. Når det gjelder innsjøene i/langs Glåmavassdraget er det eutrofieringen eller biologisk produksjon som er av størst interesse. De forurensningskomponenter som i denne forbindelse står sentralt er fosfor- og nitrogenforbindelser. Med utgangspunkt i forholdet mellom fosfor, nitrogen og karbon i alger:

1 P (fosfor) : 7 N (nitrogen) : 40 C (karbon) (vektenheter),

kan man få en formening om hvilket stoff som er begrensende for algevekst ut fra konsentrasjoner av disse stoffer i vannet. I de aktuelle innsjøer varierer forholdstallet mellom fosfor og nitrogen fra 1:39 i Storsjøen i Rendal til 1:58 i Rien. Dette betyr at vannets fosforinnhold synes å være bestemmende for algeproduksjonen i de aktuelle innsjøer. I det følgende er imidlertid også nitrogentilførselen tatt med.

De viktigste kilder for forurensningsbelastning generelt og fosforbelastning spesielt kan inndeles på følgende måte:

- tilførsel fra atmosfæren (nedbør og tørravsetninger)
- tilførsel fra fjellområder
- tilførsel fra skogområder
- tilførsel fra jordbruksområder
- tilførsel fra avløpsvann fra boligområdene (spredt bebyggelse, tettsteder)
- avrenning fra tettstedarealer (dagvann)
- industriavløp
- turisme

5.2 Tilførselskoeffisienter

Tilførsler fra atmosfæren

Undersøkelser har vist at nedbørens innhold av næringsalter har økt betydelig i løpet av de siste årtier. Når det gjelder fosfor er det kun nedbøren (tørravsetninger) som faller ned på vannoverflaten, som har interesse - fosfortilførsel til landoverflaten via nedbøren blir i vesentlig grad holdt tilbake av jordsmonnet. På bakgrunn av finske, svenske og norske undersøkelsesresultater har vi her anvendt følgende koeffisienter (for tilførsler til vannoverflaten): Totalfosfor: 15 kg P/km².år. Totalnitrogen: 429 kg N/km².år. (Ahl 1977: Eutrofierende ämnen).

Fjellområder (lite produktive områder)

Tilførsler av næringsalter fra slike områder varierer i henhold til berggrunn, løsavsetningenes mektighet og sammensetning, og nedbørens mengde og kvalitet. På bakgrunn av resultater fra en rekke undersøkelser på Østlandet, bl.a. i Mjøsområdet, synes det som om fosfortilførselen fra slike områder varierer fra 2 til 4 kg P/km².år. I våre beregninger har vi brukt 3 kg P/km².år. For nitrogen har vi på bakgrunn av erfaringsverdier brukt en koeffisient på 110 kg N/km².år.

I Rien - Aursundenområdet samt i området Atnasjøen er det regnet med 6 kg P/km².år på grunn av mer nedbør og større utvasking (erfaringstall for områder med tilsvarende nedbør).

Skogområder

Som for fjellområdene er det også store variasjoner i tilførselen av næringsalter fra skogområdene avhengig av bl.a. klima, berggrunn, jordsmonn, bonitet og driftsmåte. Erfaringsdata fra Østlandet, bl.a. Mjøsområdet, gir oss grunn til å anta at faktorer på $4 \text{ kg P/km}^2 \cdot \text{år}$ for fosfor er realistisk i dette området. I Rien - Aursunden -området samt i området Atnasjøen, hvor nedbør og avrenning er større, har vi i henhold til erfaring brukt en koeffisient for fosfor på $6,5 \text{ kg P/km}^2 \cdot \text{år}$. En rekke undersøkelser har vist at avrenningsvannets innhold av nitrogen avtar fra sør mot nord. Dette skyldes variasjon i nedbørens innhold av denne komponent. På bakgrunn av erfaringsdata vil vi med rimelig grad av sikkerhet anvende en avrenningskoeffisient for nitrogen fra skogområder på $110 \text{ kg N/km}^2 \cdot \text{år}$ i Østerdalen ned til Renaområdet og gradvis økende videre sydover. For Storsjøen i Odal antar vi at en koeffisient på $220 \text{ kg N/km}^2 \cdot \text{år}$ er realistisk for skogområder.

Jordbruk

Jordbrukets fosforbidrag til vannforekomster stammer både fra punktkilder og fra diffuse kilder. De viktigste punktkilder er gjødselkjellere og andre gjødsellagre, melkerom, forsiloer o.l. De diffuse tilførsler stammer fra avrenning fra jordbruksarealer. Spredning av gjødsel på frossen mark er betydningsfull, særlig når jordbruksområdene ligger tett opp til den aktuelle vannforekomst. Betydningen av jordbrukets fosforbidrag er avhengig av mange faktorer som f.eks. mengde og type gjødselstoffer anvendt pr. arealenhet, jordsmonn, driftsmåte, nedbørintensitet og variasjon, kunstig vanning og jordbruksarealets beliggenhet i forhold til vannforekomsten. Avrenningskoeffisienten fra slike områder må nødvendigvis variere i betydelig grad. I Mjøsområdet ble det funnet at en midlere belastningskoeffisient på $0,50 \text{ kg/ha} \cdot \text{år}$ fra jordbruksområder var realistisk, mens tilførselsmålinger fra 12 mindre jordbruksområder i Telemark gav $0,74 \text{ kg/ha} \cdot \text{år}$ som resultat, dette bl.a. på grunn av større nedbør. Da Østerdalsområdet synes å ha mye til felles med Mjøsområdet hva nedbør angår, har vi i våre beregninger brukt en faktor på $0,50 \text{ kg/ha} \cdot \text{år}$ som tilførselskoeffisient fra jordbruksaktiviteter. Nitrogen tilførselene er ut fra tilsvarende erfaringer satt til $7,2 \text{ kg/ha} \cdot \text{år}$.

Kloakkvann

Undersøkelser har vist at avløpsvann fra boligområder inneholder nærings-salter tilsvarende 2,5 g fosfor og 12 g nitrogen pr. person og døgn. Hvor mye av dette som kommer frem til de aktuelle innsjøer avhenger av hvordan kloakkforholdene er ordnet. I spredt bebyggelse blir avløpsvannet gjerne samlet opp i septiktanker hvorfra det infiltreres i grunnen eller ledes direkte til vassdrag. Statens forurensningstilsyn/Miljøvern-departementet regner ut fra et erfaringsmateriale med at halvparten av forurensningsmengden som produseres i spredt bebyggelse når vassdrag. Dette er lagt til grunn for våre beregninger.

Hvor store forurensningsmengder fra kloakkanlegg i tettsteder som når resipienten er avhengig av type renseanlegg, driften av anlegget og ledningssystemets kvalitet. "Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg" SFT 1978, oppgir følgende renseeffekt i % på de ulike anleggstyper:

Komponent \ Type anlegg	Biologisk	Biologisk	Mekanisk	Mekanisk	Uten rens.
		Kjemisk	Kjemisk		
Totalfosfor	20	90	85	15	0
Totalnitrogen	15	20	20	0	0

Avrenning fra tettsteder

Diffuse forurensningstilførsler fra tettstedarealer er blitt undersøkt i forbindelse med "Prosjekt for rensing av avløpsvann (PRA)". Følgende verdier oppgis (NIVA 1976):

Totalfosfor : 0,1 tonn P/km².år
Totalnitrogen : 0,7 tonn N/km².år

Industri

Tilførsel av næringsalter og forurensninger fra industribedrifter er av mindre interesse for et flertall av de aktuelle innsjøer. Storsjøen i Rendal blir imidlertid berørt på grunn av visse industriaktiviteter (meierier, slakterier o.l.) langs Glåma. Avløpet fra industribedriftene på Røros (Røros meieri og slakteri, Håg A/S og Røros Tweed) blir renset i et mek./biol./kjemisk renseanlegg. Bortsett fra N. Østerdal Pelsdyrførlag blir avløpet fra de øvrige industribedrifter på Tynset (Tynset meieri, A/L Hed-Opp slakteri, N. Østerdal vaskeri og Norø Industri) i dag renset i biol./kjemisk renseanlegg som ble satt i drift i 1980, dvs. etter slutfasen av feltundersøkelsen. Industribedrifter på Os, Tolga, Alvdal og Follidal er ikke tilknyttet kloakkrenseanlegg. Dette gjelder bl.a. Dalsbygda og Os meierier, Tolga og Vingelen meieri, Alvdal meieri og A/L Follidal meieri.

Turisme

Hoteller, campingplasser og andre former for turisme medfører forurensningstilførsler til vassdrag. Ved beregning av slike tilførsler er det tatt hensyn til åpningstider, belegg og avløpsteknisk løsning. Der hvor det ikke har vært mulig å fremskaffe opplysninger om belegget er dette satt til 50 % av kapasiteten. Antall senger pr. campinghytte er satt til 3. Hoteller o.l. på Røros og Tynset antas å være knyttet til kloakkrenseanlegg.

5.3 Næringssalttilførsler til innsjøer i/langs Glåmavassdraget

Med utgangspunkt i arealfordeling, befolkning og industri i nedbørfeltene er næringssalttilførslene til de ulike innsjøer beregnet. De angitte tilførselskoeffisienter og rensegrader er benyttet. Næringssalttilførslene til Storsjøen i Rendal er beregnet som summen av tilførslene fra Rendal og den prosentvise andel i henhold til vannføringen som tilføres fra Glåma ved Høyegga. I henhold til opplysninger fra Glommens og Laagens Brukseierforening, er årsvannføringen (midlere år) ved Høyegga oppgitt til 3247 mill.m³, hvorav 1345 mill.m³ eller 41,4 % overføres til Rendalen kraftverk (Hovedstyrets innst. av 26/6-78). Etter de nye reguleringsplaner skal det i fremtiden overføres 1632 mill.m³/år, dvs. 50,3 %. Vi antar at de overførte andeler vil variere noe i forhold til vannføringsvariasjoner de enkelte år.

Arealfordeling og befolkning i innsjøenes nedbørfelter er angitt i tabell 18.

Tabell 18. Innsjøer i/langs Glåmavassdraget. Arealfordeling og befolkning. * regulert (naturlig 100.2).

Arealer/befolkning	Rien	Aursund- sjøen	Feragen	Femunden	Savalen	Atna- sjøen	Storsjøen i Rendal	Osensjøen	Storsjøen i Odal	Glåma v/ Høyegga
Nedbørfelt, km ²	172	841	198	1723	667,2*	455	2273	1276,6	774	6710,9
Vannareal, km ²	15	88,2	16	210	33,3	10	54,9	60,9	45,3	163,8
Fjellområder, km ²	100	462,4	100	1059,8	510	400	706,9	144,0	86,5	4129
Skog, km ²	57	282,7	81,4	449,7	122,5	44,5	1476,4	1046,7	588,0	2273
Jorbruksareal, km ²	-	7,7	0,6	3,5	1,2	0,5	34,3	25,0	54,2	138,1
By - tettst. areal, km ²	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	7
Antall personer	-	820	100	200	20	100	3900	1700	7000	17166

Ved beregning av fosfortransporten i Glåma er det tatt hensyn til sedimentasjon (retensjon) i Aursunden, Feragen og Savalen. Erfaringsmessig er det vist at retensjonen kan beregnes ut fra følgende uttrykk:

$$R = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{1}{T_w}}}$$

hvor T_w er vannets teoretiske oppholdstid (Vollenweider 1976).

I Røros kommune nedstrøms Aursunden bor det i alt 4420 personer, hvorav 3040 bor i Røros by. I Røros er det fire industribedrifter, nemlig Røros meieri, Røros slakteri, Håg A/S og Røros Tweed. Det foreligger ingen opplysninger om hvor store forurensningsmengder disse representerer, men vi antar her at fosforet fra bedriftene er av samme størrelsesorden som på Tynset, dvs. ca. 2000 omregnet til personekvivalenter.

Både det kommunale så vel som det industrielle avløpsvann er tilknyttet et mekanisk/kjemisk/biologisk renseanlegg. Vi antar at renseeffekten på anlegget er 85 %. Tilføringsgraden antar vi er av størrelsesorden som ellers i landet, 50-60 %. Utslippet fra anlegget er beregnet ut fra følgende ligning:

$$\text{Utslipp} = A \cdot B \cdot \left(\frac{C}{100} \cdot \frac{100-D}{100} + \frac{100-C}{100} \right) \text{ kg/år}$$

hvor A = antall personenheter

B = forurensningsproduksjon/p.e. og år

C = tilføringsgrad i ledningsnett %

D = renseeffekt i renseanlegget %

Utslipp fra Røros renseanlegg =

$$5000 \cdot 0,9 \cdot \left(\frac{60}{100} \cdot \frac{100-85}{100} + \frac{100-60}{100} \right) = 2205 \text{ kg eller } 2,2 \text{ tonn fosfor/år.}$$

Fra spredt bebyggelse i Røros kommune tilføres ca. 0,6 tonn fosfor pr.år. Nitrogentilførselen fra bebyggelse og industri er ca. 10 tonn fra spredt bebyggelse og ca. 18 tonn fra kloakkrenseanlegget.

Langs Glåma fra Røros grense til Høyegga bor det 11930 personer. Hedmark fylkeskommune oppgir at 7160 personer i dette området bor i tettsteder. Hedmark fylkeskommune har også registrert forurensende industribedrifter i samme område. Avløpet fra disse er omregnet til personekvivalenter:

Os meieri	:	265 p.e.
Dalsbygda meieri	:	165 "
Tolga meieri	:	215 "
Tynset meieri	:	750 "
Hed-Opp slakteri	:	1100 "
Pelsförlaget	:	275 "
Folldal meieri	:	265 "
Alvdal meieri	:	<u>765 "</u>
Til sammen		3800 p.e. =====

Resultatene av beregningene for næringssalttransporten i Glåma ved Høyegga er gitt i tabell 20. Her er det som antydnet foran, tatt hensyn til fosforretensjonen i Aursunden, Feragen og Savalen.

Tabell 20. Midlere transport av næringssalter i Glåma v/Høyegga, tonn/år.

Kilde	Tonn fosfor pr. år	Tonn nitrogen pr. år
Nedbør på vannoverflaten	0,4	70
Fjellområder	9,2	454
Skogområder	7,1	250
Jordbruksområder	6,4	99
Avrenning fra tettsteder (dagvann)	0,7	5
Spredt bosetting, Røros nedstr. Aursunden	0,6	6
Avl.vann fra Røros tettsted	2,2	18
Spredt bosetting Røros-Høyegga	2,2	21
Kloakkvann tettsteder	6,5	31
Industri	3,5	17
Turisme	0,4	2
Utløp Aursunden, Feragen og Savalen	4,7	4
Til sammen	43,9	977

I henhold til vannføringen overføres følgende mengder pr. år til Rendalen kraftverk:

Ved nåværende regulering: 41,4 %, dvs. 18,2 tonn fosfor og 404 tonn nitrogen
Ved event. fremtidig reg: 50,3 %, " 22,1 " " " 491 " "

Den totale næringssalttilførselen pr. år til Storsjøen i Rendalen blir da følgende:

		<u>Fosfor</u>	<u>Nitrogen</u>
Før regulering,	tonn/år:	13,2	306
Ved nåværende regulering,	" " :	31,4	710
Ved event. fremtidig reg.,	" " :	35,3	797

Den oppgitte transportverdi i Glåma ved Høyegga tilsvarende en midlere fosforkonsentrasjon på 13,5 µg P/l og 300 µg N/l. Tilsvarende verdier for Rena ved utløp i Storsjøen før regulering er 12,4 µg P/l og 290 µg N/l.

Kommentarer til tilførselsverdiene

Som det bl.a. går frem av analyseresultatene fra Glåma (tabell 21), er det store tidsvariasjoner i de kjemiske forhold i elver, særlig forurenede elver. Dette skyldes ivesentlig grad variasjoner i klima, avrenningsforhold og vannføring. Stofftransporten er spesielt stor i en begynnende flomsituasjon, særlig under smelteperioden om våren. I slike perioder er det betydelig transport av erosjonsprodukter, stoffer som virvles opp fra "sedimentasjonsgrøper" i elvebunnen, og stoffer som skylles ut i elven fra dens bredder. Undersøkelser har vist at i enkelte vassdrag kan over halvparten av årstransporten av stoffer skje i løpet av meget kort tid (noen dager) under slike flomsituasjoner. Eksakte transportdata kan derfor bare fremskaffes ved tilstrekkelig følsomt registrerende utstyr.

Ved tilstrekkelig tette manuelle prøvetakinger (helst daglige) ville det være mulig å frembringe noenlunde brukbare transportverdier under forutsetning av eksakte og kontinuerlige vannføringsobservasjoner og analysemetoder med god presisjon, selv ved lave konsentrasjoner. Dette ville imidlertid bli en meget arbeidskrevende og kostbar undersøkelse. Ved sammenlikning av de aritmetiske middelverdier av analyseresultatene i tabell 21 med de beregnede konsentrasjonsverdier, må det tas hensyn til ovenfor nevnte forhold. De beregnede transportverdier gjelder for øvrig et middelår, mens verdiene i tabell 21 gjelder spesielle år.

Som tabell 21 viser, er det store konsentrasjonsvariasjoner i de målte verdier. I enkelte perioder er de målte konsentrasjoner langt høyere

enn de beregnede (G5: 25/4-79: 88 $\mu\text{g P/l}$), mens i andre perioder langt lavere (G5: 21/11-79: 2,5 $\mu\text{g P/l}$). I 1980 synes for øvrig verdiene å være noe lavere enn i tidligere år, og det var heller ikke da så stor spredning i materialet. Dette kan skyldes avrenningsforholdene, men forholdene (tilfeldigheter) på prøvetakingsdagen spiller også en viss rolle. Prøvene er neppe representative for tverrsnittet av elva, idet de er tatt i et punkt i hovedvannmassene.

I vannmassene ved utløpet av Storsjøen er konsentrasjonene jevnere og lavere enn i Rena oppstrøms Storsjøen. Dette skyldes den effektive blandingsprosess og sedimentasjon som foregår i innsjøen. Retensjonen i Storsjøen er i henhold til formelen foran 63 % under de nåværende forhold, og dette betyr en teoretisk verdi ved utløpet på 4,8 $\mu\text{g P/l}$ - en verdi som er i god overensstemmelse med de observerte.

Det vil alltid knytte seg visse usikkerheter til teoretiske beregninger av forurensningstilførsler til vassdrag. Størst usikkerhet knytter seg til avrenningskoeffisientene fra landområder, men tilførslene av avløpsvann fra husholdninger og industri er også avhengig av hvordan avløpsforholdene er ordnet (direkteutslipp, septiktanker, infiltrasjon o.l.). Tilførsler fra jordbruksområder er avhengig av driftsmåter, jordsmonn, gjødslingsrutiner, nedbørmengder og intensitet osv.

Fosforets tilstandsform er av vesentlig betydning for algeveksten. Fosforet fra jordbruksområder tilføres i stor grad som erosjonsprodukter dvs. som partikulært fosfor. Fra andre kilder som kloakkanlegg og visse industrier som f.eks. næringsmiddelindustrien (meierier, slakterier o.l.) tilføres en vesentlig del av fosforet i løst reaktivt form som er lett tilgjengelig for algevekst. Vaskemiddelfosforet foreligger som lett løselig polyfosfat og vil følgelig i større grad enn mange andre kilder favorisere algevekst. Dette er årsaken til at vaskemiddelfosforet er sterkt i søkelyset ved diskusjoner om eutrofiering.

Ved kloakkeringsplanlegging er det av stor viktighet å ta hensyn til fosforkildens beliggenhet i forhold til vannforekomsten. Fosforkildene i vannforekomstens nærområde har langt større betydning for eutrofieringen enn mer fjerntliggende og perifere kilder. Fosforet som tilføres

Tabell 21. Analyseresultater for totalfosfor i µg P/l.

GLAMA v/Bellingmo

DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L
780415	32.00	790127	12.00	800111	4.00
780613	6.00	790222	9.00	800213	11.50
780725	11.00	790329	6.50	800329	6.00
780905	9.00	790425	88.00	800430	(24.00)
780926	7.00	790528	21.50	800529	8.00
781023	8.50	790702	4.00	800624	10.00
781122	19.00	790807	6.00	800720	6.50
781218	9.00	790913	6.50	800819	15.50
		791011	6.50	800923	4.50
		791121	2.50	801025	4.00
MIDDEL	12.69	791213	6.50	801125	8.50
				801216	21.50
		MIDDEL	15.36	MIDDEL	9.09

RENA v/Akerstrømmen

DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L
780415	16.00	790124	11.00	800109	4.50
780613	(35.00)	790220	6.50	800212	8.50
780726	22.00	790327	7.00	800329	4.50
780905	7.00	790426	36.00	800501	6.50
780905	7.00	790528	19.50	800527	12.50
780926	7.00	790702	5.00	800623	7.00
781023	8.50	790807	5.00	800722	5.50
781120	9.00	790914	12.50	800818	4.50
781216	10.00	791011	6.00	800923	4.00
		791121	5.50	801022	5.00
		791212	4.00	801124	5.00
MIDDEL	13.50			801215	4.00
		MIDDEL	10.73	MIDDEL	5.96

RENA v/utløpet Storsjøen

DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L	DATE	TOTAL-FOSFOR MYG P/L
780926	10.00	790124	9.00	800109	4.00
781023	8.00	790220	3.00	800212	6.00
781120	10.00	790327	6.00	800328	4.50
781216	8.00	790426	5.00	800501	6.50
		790528	6.00	800527	5.00
		790703	6.50	800623	3.50
		790808	4.50	800722	8.00
MIDDEL	9.00	790914	4.00	800818	5.50
		791012	5.00	800924	4.00
		791121	3.50	801022	4.50
		791212	4.00	801124	3.50
				801215	5.00
		MIDDEL	5.14	MIDDEL	5.00

et vassdrag lenge før dette munner ut i den aktuelle vannforekomst, vil i noen grad sedimentere eller biologisk omsettes før det når frem. Spesielt vil fosforet fra fjerne kilder holdes tilbake i sedimenter, kulper og eventuelle innsjøer under lavvannsperioder og i større grad tilføres den aktuelle vannforekomst under flomperioder.

5.4 Modellbetraktninger

Den senere tids forskning har vist at det for mange vannforekomster hersker god overensstemmelse mellom tilført fosfor og biologisk respons. Dette har vært tema for bl.a. et arbeid som er utført innenfor Nordforsk og OECD - eutrofieringsprosjekt.

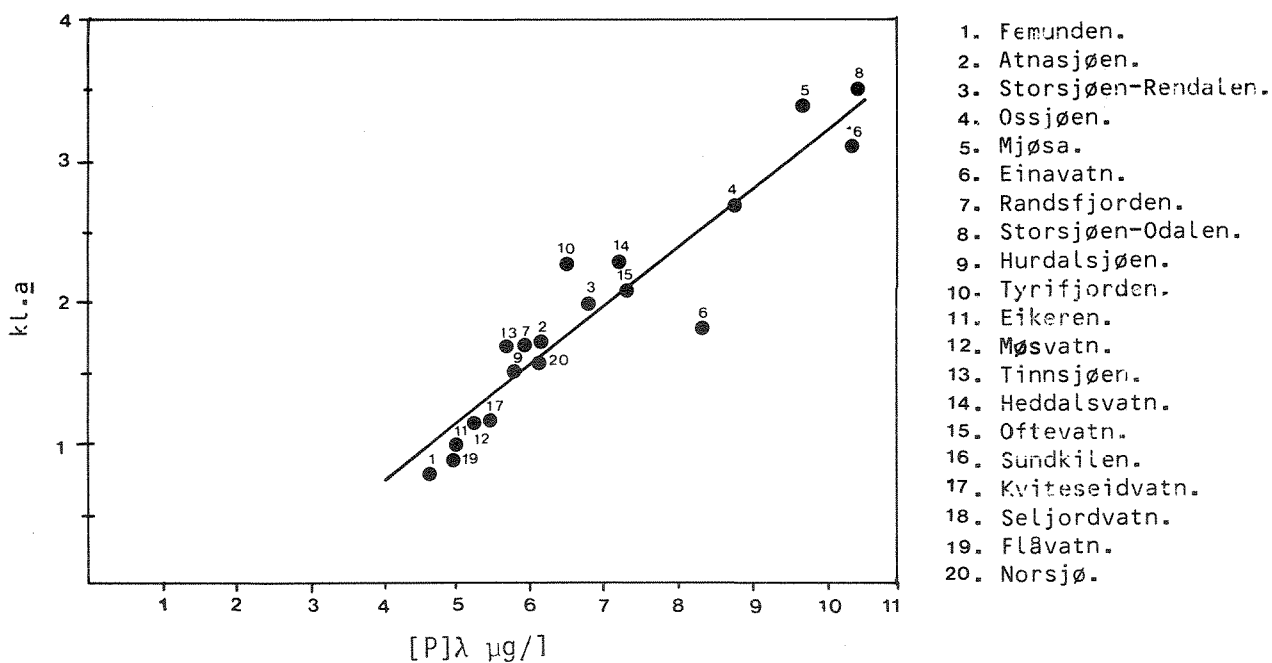
Det er blant forskerne som har deltatt i slikt arbeid liten tvil om at relasjonen mellom fosfor og biologisk respons som er formulert gjennom bl.a. OECD-arbeidet er meget verdifull ved vurdering av fosforbelastning/vannkvalitetskriterier for vannforekomster. Men det er også blitt klart at relasjonene har sin begrensning og at de ikke ukritisk kan brukes ved water-management-arbeid. Det er mange faktorer det her må tas hensyn til, bl.a.

- er fosfor begrensende faktor for algevekst
- innsjøens geografiske beliggenhet
- innsjøens utforming og dybde
- gjennomstrømmingssituasjonen
- i hvilken grad gjør indre belastning seg gjeldende
- sekundær (dyreplankton, bunndyr) og tertiærprodusentenes (fisk) betydning
- i hvilken form foreligger fosforet
- fosforkonsentrasjonens størrelse
- relasjonene gir bare holdepunkter om langtidsutvikling og fanger ikke opp effekten av stor næringsalttilførsel til produksjonsalgene i vekstperioden.

I Norge har vi i den senere tid arbeidet en del med å tilpasse slike modeller (Vollenweiders relasjoner) til store, dype innsjøer. Det er i den sammenheng samlet inn materiale fra 20 innsjøer i østlandsområdet

(Videreutvikling av fosforbelastningsmodeller for store sjiktede innsjøer. NIVA-årbok 1979. Berge, Rognerud og Johannessen 1979.) Dette er innsjøer som er lite til moderat forurenset og har en midlere fosforkonsentrasjon på mellom 4 og 11 $\mu\text{g P/l}$. Vannmassene blir fullstendig blandet vår og høst og sedimentene er fortsatt intakte. Sammenhengen mellom årsmiddelkonsentrasjonen av fosfor og midlere sommerklorofyll (figur 20) er gitt ved følgende relasjon:

$$[\text{Chl } a] = 0,42 [\text{Tot P}] - 0,93 \quad r = 0,94$$



Figur 20. Sammenhengen mellom årsmiddelkonsentrasjonen av fosfor i hele sjøen $[\text{P}]_{\lambda}$ og gjennomsnittlig algebiomasse $[\text{kl } a]$ i epilimnion i sommerhalvåret (etter Berge, Rognerud og Johannessen 1979).

Tidligere arbeider har vist at forhold som fosfortilførsel og innsjøens størrelse, dyp og grad av vannfornyelse er av avgjørende betydning for utviklingen. Ved utarbeidelse av forholdet mellom årlig fosforbelastning L_p og fosforkonsentrasjon $[\text{P}]_{\lambda}$ i innsjøer, benytter man seg av begrepet fosforets teoretiske oppholdstid T_p som er definert som $\frac{P}{L_p}$, hvor P er total mengde fosfor i innsjøen. Nå er $P = [\text{P}]_{\lambda} \cdot V$, hvor V er innsjøens volum og $L_p = [\text{P}]_i \cdot Q$, hvor $[\text{P}]_i$ er middelkonsentrasjonen av fosfor i til-

løp og Q årlig vanntilførsel. Vi får da følgende forhold mellom fosforets (T_p) og vannets (T_w) oppholdstid:

$$\frac{T_p}{T_w} = \frac{\frac{P}{L_p}}{\frac{V}{Q}} = \frac{[P]_{\lambda} \cdot V \cdot Q}{[P]_i \cdot Q \cdot V} = \frac{[P]_{\lambda}}{[P]_i}$$

På bakgrunn av et stort observasjonsmateriale er man kommet frem til at

$$\frac{T_p}{T_w} \text{ er tilnærmet lik } \frac{1}{1 + \sqrt{T_w}}$$

Ved anvendelse av disse relasjoner på det norske materialet viste det seg at klorofyllmengden ble for stor i forhold til fosforbelastningen og det ble derfor nødvendig med visse justeringer. Det viste seg at det var en tilnærmet lineær sammenheng mellom $\frac{T_p}{T_w}$ og T_w som kan uttrykkes ved følgende relasjon:

$$\log \frac{T_p}{T_w} = -0,029 T_w - 0,20 \quad r = -0,98$$

Den fullstendige relasjon mellom belastning (midlere fosforkonsentrasjon)

$[P]_i$ i tilløp, $[P]_{\lambda}$ og Chl a blir da

$$1) \quad [Chl a] = 0,42 \cdot [P]_{\lambda} - 0,93$$

$$2) \quad \log \frac{[P]_{\lambda}}{[P]_i} = -0,029 T_w - 0,20$$

På bakgrunn av disse relasjoner er det midlere klorofyllinnhold og fosforkonsentrasjonen i Mjøsa i tidsperioden 1976 - 1980 beregnet.

Tabell 22. Årsvannføring, teoretisk oppholdstid, fosforbelastning, beregnet sommerklorofyll og målt sommerklorofyll (mai-okt.) i Mjøsa i 1976, 1977, 1978, 1979, 1980.

⊗ = beregnet.

	1976	1977	1978	1979	1980
Årsvannføring (Vorma) i mill. m ³	8501,4	8797,2	8740,7	11007	9646,9
Teoretisk opph.tid i år, T _w	6,6	6,4	6,4	5,1	5,8
Total fosforbelastn. i tonn/år	308	230	219	252	195 ⊗
Midlere fosforkons. i tilløp, µg P/l, [P] _i	36,2	26,1	25,0	22,9	23,3
Midlere fosforkons. i innsjøen µg P/l, [P] _λ	10,3	10,0	10,0	10,2	9,0
Beregnet [P] _λ i µg P/l (2)	14,7	10,7	10,3	10,3	8,6
Beregnet [kl a] (3), mg/m ³	5,2	3,6	3,4	3,4	2,7
Målt [kl a] sommermidler mg/m ³	5,0	3,6	3,6	3,5	2,7

Som det går frem av tabellen, er det relativt god overensstemmelse mellom beregnet og målt sommerklorofyll a. Her må man ta prøvetaking og analysemetodens begrensning med i betraktningen. Det synes således som vi med disse relasjoner har fått et enkelt hjelpemiddel ved bedømmelse av eutrofieringsutviklingen i store norske innsjøer.

I diskusjonen om tolerabel algevekst har vi i Norge ofte anvendt et klorofyllinnhold på 2 mg/m³ som grenseverdi for dype innsjøer (Berge et al. 1979). Verdien må selvfølgelig ikke oppfattes som en absolutt verdi. Anvendes denne verdi som grenseverdi for Mjøsa og den årlige vanntilførselen settes til 8970 mill.m³/år, vil den årlige fosforbelastning ikke måtte overstige en midlere konsentrasjon i tilløpene ([P]_i) på 16-17 µg P/l, som igjen tilsvarer en tolerabel fosforbelastning på Mjøsa på 150-175 tonn fosfor pr. år. Det er denne grenseverdi miljøvernmyndighetene anvender som mål ved sitt arbeid med "Mjøsaksjonen".

Selv om slike relasjoner i store trekk synes å fungere bra, må det være helt klart at en rekke viktige faktorer - ikke minst biologiske - ikke inngår, men som kan ha stor betydning for økosystemet. I mange innsjøer, særlig i de grunne, er sedimentene av stor betydning som forurensningskilde både ved resuspensjon av partikulært materiale fra bunnsedimentene og ved frigjøring av fosfor fra sedimentene under oksygenfrie tilstander og i vanntyper med høy pH.

Det er klart at bunnsedimentene i grunne eutrofe innsjøer er en avgjørende belastningsfaktor. Dette er årsaken til at forurensningsbegrensende tiltak som regel ikke gir den forventede effekt i slike innsjøer, i hvert fall ikke i første omgang. Det er mulig man gjennom effektive tiltak kombinert med tiltak i selve innsjøen, kan bringe slike innsjøer på fote igjen.

Som regel er det innsjøenes overflatelag som utsettes for fosforbelastningen. Dette betyr at under vekstperioden om sommeren er det i første rekke produksjonslagene som utsettes for fosforbelastningen. Dette er en vesentlig årsak til høy algevekst i mange dype innsjøer som i utstrakt grad brukes som resipient, selv om den midlere fosforkonsentrasjon i innsjøen er relativt lav. I slike innsjøer vil en avlastning gi hurtig respons med hensyn til redusert algevekst (jevnfør utv. i Mjøsa).

Modellen anvendt på "Glåmasjøene"

Med utgangspunkt i de beregnede fosforbelastningsverdier er fosforkonsentrasjon og midlere sommerklorofyllverdier beregnet for de ulike innsjøer (tabell 23). Til sammenlikning er målte fosforkonsentrasjoner (aritmetisk middel av hele materialet, aritmetisk middel av overflatefosforet, 0-10 m, og vårkonsentrasjonene) i innsjøene samt veide middelverdier for klorofyll a over vekstsesongen angitt.

Ved sammenlikning av de beregnede og målte konsentrasjoner av totalfosfor og klorofyll med unntak av Storsjøen i Odal, synes det å være en rimelig grad av overensstemmelse (figurene 21-22). Dette gjelder spesielt vannets klorofyllinnhold.

Ved vurdering av resultatene må det tas hensyn til at de beregnede verdier er middelverdier for hele innsjøen, mens de observerte gjelder et sentralt punkt (dypeste område) i innsjøen. Dette er sannsynligvis den vesentligste årsak til den store uoverensstemmelse mellom beregnet og målte verdier i Storsjøen i Odal. Denne innsjø er grunn og har en uregelmessig utforming. De vesentligste forurensninger tilføres innsjøens nordligste bukter (Sand), mens prøvene er tatt i det sydligste området. Dessuten tilføres sannsynligvis denne innsjø i perioder betydelige vannmengder fra Glåma (vannbalansen er ikke kjent). Modellen egner seg også dårligere for grunne innsjøer.

For de andre innsjøene antar vi imidlertid at den anvendte stasjon er noenlunde representativ. Dette gjelder også Storsjøen i Rendal, selv om denne innsjø antakelig er sterkt påvirket av bl.a. vindinduserte strømmer og indre bølger (vi antar at stasjonen ligger i eller i nærheten av en knutlinje, nodul).

Et annet moment som også har stor betydning er fosforanalysemetodens nøyaktighet. Særlig er den anvendte UV-oppslutningsmetoden uheldig for humuspåvirket vann - noe som spesielt berører Storsjøen i Odal og Ossjøen.

Overføringen av Glåmavann til Rendalen kraftverk, som fant sted i 1972, resulterte, ifølge modellen, i en økning av algeproduksjonen tilsvarende en økning i klorofyllinnholdet fra 1,2 $\mu\text{g kl/l}$ til 1,9 $\mu\text{g kl/l}$. Inngrepet førte med andre ord innsjøen, som før 1972 var klart oligotrof (næringsfattig), over i en langt mer produktiv og ubalansert tilstand. Ifølge opplysninger fra oppsittere rundt innsjøen og spredte observasjoner førte dette bl.a. til sterk begroing av fastsittende alger langs strendene og i perioder høy planktonproduksjon. Forholdene har muligens forbedret seg noe i løpet av de senere år - bedre økologisk balanse. En ytterligere økning av vanntilførselen fra Glåma slik de nye reguleringsplaner antyder, vil ifølge modellen øke innsjøens algeproduksjon ytterligere.

Tabell 23. Innsjødata, beregnet fosforbelastning samt beregnet og målt fosfor og klorofyll-konsentrasjon for "Glåmasjøene".

Innsjø	Teor. opph.tid år, T_w	Belast. tonn P pr. år	Vannf. m^3/s	Beregnet		Målt P-kons., $\mu g/l$		Beregnet klorof. $\mu g/l$	Målt klorofyll		
				P-kons. i tilløp $[P]_i, \mu g/l$	P-kons. i innsj. $[P]_\lambda, \mu g/l$	Aritm. middel	Overflate		Vår	1978	1979
Rien	2	1,2	4,3	8,8	4,9	3,5	4,0	4,0	1,1		
Aursunden	1	6,0	20,1	9,5	5,6	5,1	5,7/4,8*	7,0/6,5	1,4	1,4	1,7
Feragen	2,7	1,0	3,6	8,8	4,6	4,6	6,2	5,0	1,0	1,6	
Femunden	7,7	8,4	24,8	10,7	4,0	4,8	4,1	4,0	0,8		1,0
Savalen	0,9	2,7	9,5	9,0	5,3	5,4	8,7	6,5	1,3	1,3	
Atnasjøen	0,14	3,1	10,2	9,6	6,0	4,2	7,4	7,0	1,6	1,9	1,8
Storsjøen i Rendal før reg.	6,6	13,2	33,8	12,4	5,0				1,2		
Storsjøen i Rendal nå	2,9	31,4	76,4	13,0	6,8	6,3	6,6/6,7	7,5**	1,9	2,2	2,2 2,0
Storsjøen i Rendal ny reg.	2,6	35,3	85,6	13,1	6,9				2,0		
Ossjøen	2,7	8,0	23,0	11,0	5,8	7,7	9,5	8,0	1,5	1,5	
Storsjøen i Oda	1	9,6	10,0	30,4	17,9	8,0	11/7,8	12,5/8*	6,6	3,5	3,6

* 1979/1980

** Både 1979 og 1980 i overfl.

6. SAMMENFATTENDE DISKUSJON

I tilknytting til en større beskrivende undersøkelse av Glåmavassdraget i tidsrommet 1978 til 1980, er den fysisk-kjemiske og biologiske vannkvalitet i 9 innsjøer i/langs Glåma undersøkt. Dette gjelder Rien, Aursunden, Feragen, Femunden (Trysilvassdraget), Savalen, Atnasjøen, Storsjøen i Rendal, Ossjøen og Storsjøen i Odal.

Flere av de undersøkte innsjøer (Rien, Feragen, Savalen, Atnasjøen, Femunden) ligger i fjellområder med liten menneskelig aktivitet i nedbørfelt. I nedbørfeltene til Storsjøen i Rendal og spesielt Storsjøen i Odal, er det betydelig jordbruksvirksomhet og bosetting. Langs Glåma, som delvis (41,4 % i middel) overføres til Øvre Rendal (Rendalen kraftverk) er det også en del forurensende industri, bl.a. flere meierier og slakterier.

Aursunden (reg.h. 5,9 m), Savalen (reg.h. 4,7 m), Storsjøen i Rendal (reg.h. 3 m) og Ossjøen (reg.h. 6,6 m) brukes som reguleringsmagasin for elektrisk kraftproduksjon. Dette betyr at innsjøene tappes ned i løpet av vinteren, hvorved store strandområder tørrlegges. Dette har antakelig alvorlige konsekvenser for plante- og dyrelivet langs strendene. Dessuten har slike inngrep betydning med hensyn til erosjon og utvasking av partikulært materiale. Innsjøene fylles opp i løpet av 1-2 måneder om våren/forsommeren. Det foreligger nye planer om ytterligere reguleringer i Øvre Glåma. Disse planer går bl.a. ut på å benytte Rien (planl. reg.h. 11,7 m) og Feragen (planl. reg.h. 4,9 m) som reguleringsmagasiner. Oppfyllingen av Aursunden vil ved den nye regulering ta noe lengre tid.

Alle de undersøkte innsjøer kan karakteriseres som saltfattige. Saltholdigheten målt som konduktivitet varierer fra ca. 9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Feragen til ca. 44 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i Savalen. I Storsjøen i Rendal er konduktiviteten henimot 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Før Glåmaoverføringen var konduktiviteten i Storsjøen vel 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (NIVA-notat av 27/8 1975). Økningen har sin årsak i at Glåmavannet ved overføringsstedet i middel er mye saltrikere enn Renavannet. Saltfattig vann har liten bufferevne og lar seg lett påvirke av bl.a. sur nedbør. En viss forurningsprosess er tydeligvis også på

gang i flere av innsjøene, men ingen av dem er foreløpig i faresonen for "forsurningsdøden". Lavest pH ble målt i Atnasjøen (pH = 6,1) og Ossjøen (pH 6,3). I Rien, Aursunden, Savalen og Storsjøen i Rendal varierte pH mellom 7 og 8.

Vannforekomster i skogs- og myrterreng i Østerdal- og Trysiltraktene er til dels sterkt brunfarget på grunn av påvirkning av nedbrytnings- eller forråtnelsesprodukter av planter, løv, moser o.l. (humus). Storsjøen i Odal og Ossjøen er særlig utsatt for slike tilførsler, og vannet er av denne grunn sterkt farget (farge > 40 mg Pt/l). Storsjøen i Rendal og Feragen er også i noen grad humuspåvirket (farge > 20 mg Pt/l). I praksis anvendes ofte følgende "tommelfingerregel" ved vurdering av en vannforekomst som drikkevannskilde: farge < 15 µg Pt/l ~ brukbart som drikkevann uten fargereduksjon (SIFFs krav), farge > 20 men < 30-35 mg Pt/l betenkelig som drikkevann (selv ved små vannforsyninger) uten fargereduksjon, farge > 40 mg Pt/l ubrukelig som drikkevann uten fargereduksjon (Statens institutt for folkehelse angir en grenseverdi på 15 mg Pt/l for drikkevann). Vannets oppholdstid har for øvrig betydning med hensyn til nedbrytning av denne type fargestoffer - nedbrytningsprosessen (fargereduksjon) effektivitet øker med økende oppholdstid av vannet. Dette er antakelig årsaken til relativt lave fargeverdier i Femunden, til tross for store myr- og skogområder i nedbørfelt og følgelig brunt tilløpsvann. Det er også grunn til å tro at fargeverdiene i Storsjøen i Rendal av samme grunn var betydelig lavere før reguleringen (1972) enn etter.

Nedbrytning av organisk stoff reduserer innsjøenes oksygeninnhold i dyp-lagene. Dette kommer klart til syne i Storsjøen i Odal om vinteren, men en slik tendens gjør seg også gjeldende i Ossjøen og flere andre innsjøer både vinter og sommer. Likevel er ikke lavt oksygeninnhold noe stort problem i de undersøkte innsjøer.

Vannets innhold av partikulært materiale (turbiditet, tørrstoff) tyder på at en viss utvasking av slikt materiale og tilslamming gjør seg gjeldende i flere innsjøer under flomsituasjoner om våren. Tilslammingen gjør seg gjeldende i reguleringsmagasiner på grunn av utvasking av erosjonsprodukter under oppfyllingsperioden samt tilførsel av slikt materiale

fra reguleringsområdet (Savalen, Storsjøen i Rendal, Ossjøen), men også i uregulerte innsjøer hvor landarealer settes under vann på grunn av flom vil tilførselene av partikulært materiale være betydelig i visse perioder (Storsjøen i Odal, Atnasjøen).

Vannets innhold av tungmetaller synes å være lavt og således ikke noe problem i noen av innsjøene, men for å stadfeste dette bør sedimentenes og/eller organismenes (fisk) innhold av slike komponenter (tungmetaller, org. mikroforurensninger) undersøkes.

Flere innsjøer ligger i fjellområder med liten eller ingen forurensningskapende aktiviteter i nedbørfeltet. Som man må forvente, gjenspeiler dette seg i vannets innhold av plantenæringsstoffer som i fjellsjøene er meget lavt. Forskjell i nedbør og avrenning, ulik geologi og vegetasjonsdekke o.l., kan imidlertid skape visse variasjoner. I henhold til det forholdet mellom fosfor og nitrogen man vanligvis finner i algematerialet (1:7 vektenheter), er fosfor begrensende for algevekst i alle innsjøer. Storsjøen i Odal og Storsjøen i Rendal er utsatt for betydelige forurensningstilførsler fra menneskelige aktiviteter i nedbørfeltet, og nærings-saltkonsentrasjonen er av denne grunn høyere her enn i de øvrige innsjøer. Men fosforkonsentrasjonene i Aursunden og Ossjøen tyder på at også disse innsjøer er noe utsatt for forurensningstilførsler. Ved så lave konsentrasjoner som det her er snakk om hva fosfor angår (normalt < 10 µg P/l), må analysemetodens presisjonsnivå tas i betraktning ved vurdering av resultatene. Det kan her bemerkes at selv i Mjøsa, som har vært betydelig eutrofiert, har midlere fosforkonsentrasjon aldri vært større enn 10 µg P/l. I et flertall av innsjøer er fosforkonsentrasjonen høyest om våren under flomperioden. Variasjonen videre utover sommeren er avhengig av avrenningsforholdene og de dynamiske forhold i innsjøene. Dette, ved siden av varierende klimatiske betingelser, er av stor betydning for algeproduksjonen både kvantitativt og kvalitativt.

Algemengden i de forskjellige innsjøer er observert både som klorofyll a og ved algetellinger. I fjellsjøene er algemengden og klorofyllinnholdet lavt. Artssammensetningen er dominert av arter innen gruppen gulalger, men i enkelte lokaliteter øker kiselalgemengden (særlig *Cyclotella*) utover sommeren. Et tilsvarende variasjonsmønster finner man også i Aur-

sunden og Ossjøen, men her er algemengden noe større. Ut på sommeren har kiselalgen *Tabellaria fenestrata* et betydelig innslag i disse innsjøer.

I Storsjøen i Rendal og spesielt Storsjøen i Odal kan algemengden og algenes artssammensetning tyde på at disse innsjøer er inne i et tidlig stadium av en mesotrof (produktiv) fase. Først i sesongen er algesamfunnet dominert av Cryptophyceae, mens kiselalgene *Asterionella formosa* og *Tabellaria fenestrata* har dominerende forekomst senere på sommeren. I 1978 var *Asterionella formosa* den dominerende arten i Storsjøen i Rendal, og algevolumet var jevnt høyt hele sommeren. I 1979 og 1980 var algevolumet høyt (klorofyllinnhold = 5-6 µg kl.a/l) tidlig på sommeren, men avtok raskt og fra juli var klorofyllinnholdet lavere enn 2 µgkl.a/l. En tilsvarende avtakende tendens gjorde seg også gjeldende i Storsjøen i Odal, men nivået var imidlertid høyere her enn i Storsjøen i Rendal.

De registrerte endringer i algemengder og artssammensetning fra 1978 til 1979 og 1980 i Storsjøen i Rendal skyldes antakelig endringer i vannføring og klimatiske forhold. Bortsett fra renseanlegget på Tynset som ble satt i drift i 1980, var forurensningsbelastningen den samme hele perioden. Vannføringen i vekstsesongen var betydelig høyere både i 1979 og 1980 enn i 1978. Etter en kortvarig flomtopp i slutten av mai 1978 lå vannføringen ved Storsjøens utløp på ca. 70 m³/s resten av sommeren. I 1979 var det i slutten av mai en høy flomtopp (ca. 250 m³/s) som raskt avtok, delvis på grunn av stans i Rendalen kraftverk, og i slutten av juni var vannføringen ved utløpet av Storsjøen bare 35 m³/s. Deretter økte vannføringen raskt til over 100 m³/s, og lå på dette nivået resten av sommeren. Den høye klorofylltoppen (store algemengder) ble observert under lavvannføringen i juni. I 1980 var vannføringen under vekstsesongen omtrent av samme størrelsesorden eller noe høyere enn i 1979, men dette år hadde ingen lavvannsperiode i juni. Både i 1979 og 1980 var det kjølige og fuktige somrer. Sommeren 1978 var også noe kjøligere enn normalt. Det er derfor grunn til å anta at algeveksten ville ha gjort seg mer gjeldende under tørre og varme somre som f.eks. i 1975 og 1976.

Når algeveksten øker på utover sommeren avtar siktedypet. I Storsjøen i Rendal avtok siktedypet fra ca. 11 m om våren til under 5 m om sommeren. Siktedypet i de øvrige innsjøer er i vesentlig grad bestemt av vannets humusinnhold og partikulært materiale. De laveste verdier ble observert i Ossjøen og Storsjøen i Odal (3-4 m), mens de høyeste verdier ble observert i Rien og Femunden (10-12 m).

Dyreplanktonet er blitt undersøkt ved håvtrekk. Hjuldyrfaunaen varierte fra 5 (Atnasjøen) til 9 (Ossjøen og Storsjøen i Rendal) slekter. Arts sammensetningen av disse organismer var som ventet ut fra forholdene i de ulike innsjøer. Artsantallet krepsdyr varierte fra 7 (Feragen) til 16 (Ossjøen). De vanligste arter var hoppekrepsene *Cyclops scutifer*, *Arctodiaptomus laticeps* og vannloppene *Holopedium gibberum*, *Daphnia galeata* og *Bosmina longispina*. En beskrivelse av zooplanktonet vil bli gitt i egen rapport.

Vannkvalitet og biologisk produksjon i vannforekomster avhenger av mengde og type av tilførte stoffer. Kildene for slike tilførsler kan være nedbør (tørravsetninger), fjellområder, skog, jordbruk, tettsted-arealer, bosetting, industri og turisme. Tilførslene til de undersøkte innsjøer er beregnet ut fra avrenningskoeffisienter som vi gjennom en rekke undersøkelser fra tilsvarende områder er kommet frem til. Opplysninger om kloakkanlegg og industriutslipp er innhentet fra Hedmark fylkeskommune, Røros kommune og Statens forurensningstilsyn. Tilførselsdataene som gjennom disse beregninger er fremkommet gjelder et "middelår". Tilførslene vil nødvendigvis variere med nedbørens mengde og variasjonsmønster. Avrenning fra bosettingen avhenger av hvordan kloakkforholdene er ordnet osv. Tilførslene til Storsjøen i Rendal er beregnet som summen av tilførslene fra Storsjøens naturlige nedbørfelt, og tilførsler via Glåmavann i henhold til overført vannmengde (41,4 % nå og 50,3 % etter reg. - Opplysninger fra Glommens og Laagens Brukseierforening). Da undersøkelsen har vist at fosfor er begrensende for algeveksten i de undersøkte innsjøer, knytter det seg størst interesse til denne parameter.

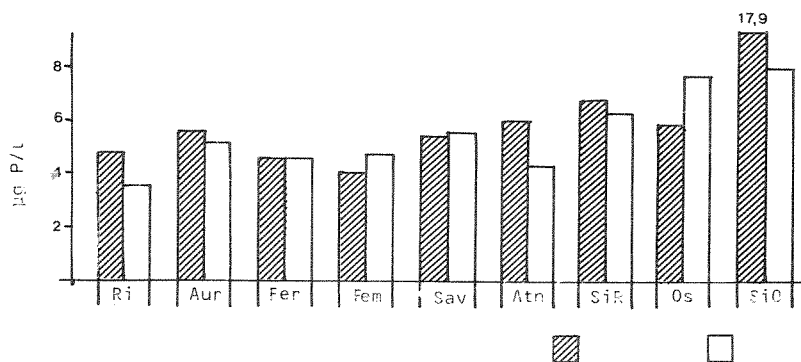
Med forankring i de beregnede tilførselsdata for fosfor er algevolument i de ulike innsjøer beregnet ved hjelp av anerkjente empiriske modeller tilpasset norske innsjøer. Resultatene for de beregnede og målte fosfor-

konsentrasjoner og klorofyllinnhold er angitt i figurene 21 og 22. Bortsett fra Storsjøen i Odal synes det å være en tilfredsstillende grad av overensstemmelse mellom de målte og beregnede verdier. Avviket, Storsjøen i Odal, har i første rekke sammenheng med innsjøens form og dybde, forurensningskildenes (utslippenes) beliggenhet (i nord) i forhold til prøvetakingsstedet (i syd) samt at Glåma i perioder strømmer inn i innsjøen.

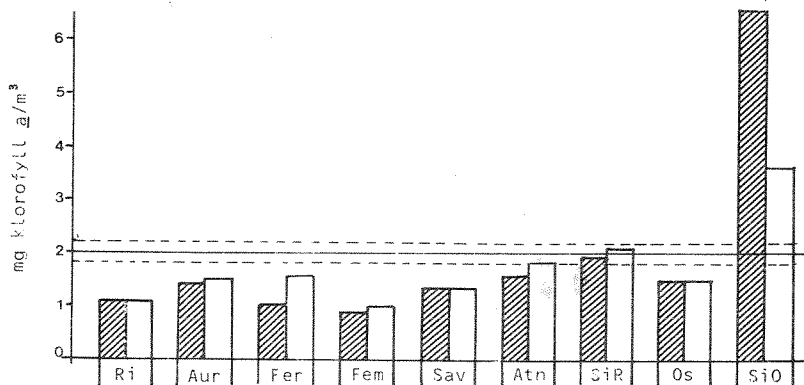
Av figurene 16-18 går det for øvrig frem at ved siden av Storsjøen i Odal er algevolumet som klorofyll a høyt også i Storsjøen i Rendal. I Aursunden, Feragen, Atnasjøen og Ossjøen er algevolumet noe høyere enn i de øvrige "fjellsjøer", men ligger likevel på et betryggende lavt nivå.

På bakgrunn av et stort erfaringsmateriale fra en rekke innsjøer i Norge, er vi kommet frem til at hvis man ønsker å holde eutrofieringen under kontroll, bør ikke algemengden som klorofyll a bli større enn ca. 2 $\mu\text{g kl. a/l}$. Dette gjelder uregulerte innsjøer. Ved en regulering innføres det en usikkerhetsfaktor som det bør tas hensyn til. I figur 22 er dette grenseområdet (1,8 - 2,2 $\mu\text{g kl. a/l}$) tegnet inn.

Figur 21. Totalfosfor i $\mu\text{g P/l}$, beregnet og målt.
■ Beregnet □ Målt



Figur 22. Klorofyll a i $\mu\text{g kl. a/m}^3$, beregnet og målt.
■ Beregnet □ Målt



Det er uten videre klart at Storsjøen i Odal overskrider grenseområdet. Av de øvrige innsjøer er det Storsjøen i Rendal som er i faresonen. Det er grunn til å anta at under gunstige klimatiske betingelser og gunstige vannføringsforhold vil klorofyllinnholdet overstige det anvendte grenseområdet. En ytterligere økning av vannoverføringen fra Glåma, slik de nye reguleringsplaner for Øvre Glåma antyder, vil øke algeveksten i Storsjøen. Etter våre vurderinger vil dette tiltak være betenkelig hvis ikke fosforbelastningen til Øvre Glåma og Øvre Rena reduseres.

I 1980 ble Tynset kloakkanlegg satt i drift, og i henhold til opplysninger fra Hedmark fylkeskommune ble derved fosforbelastningen til Glåma redusert med 2,6 tonn fosfor/år. Følgelig ble fosfortilførselen til Storsjøen i middel redusert med 1,1 tonn fosfor/år under nåværende reguleringsforhold og 1,3 tonn/år etter at de nye planer er satt ut i livet. (Beregnet ut fra overført vannmengde.) Dette tilsvarer en fosforbelastning på Storsjøen på 30,3 tonn fosfor/år og 34,0 tonn etter ny regulering.

I henhold til den anvendte modell betyr dette en midlere klorofyllkonsentrasjon i Storsjøen på henholdsvis ca. 1,8 $\mu\text{g kl.}_a$ nå og ca. 1,9 $\mu\text{g kl.}_a$ etter ny regulering. Etter vår mening er ikke dette betryggende med hensyn til eutrofiutviklingen i Storsjøen. Vi må også forvente en viss økning i forurensende aktiviteter i nedbørfeltet. Vi vil derfor anbefale at man søker å redusere fosfortilførselene ytterligere. Ved gjennomføring av saneringsplanene som er skissert av Hedmark fylkeskommune vil fosfortilførselen til Glåma fra Røros grense til Høyegga og til Rena reduseres med henholdsvis 5,6 og 0,7 tonn fosfor/år. Fosforbelastningen på Storsjøen vil da bli ca. 27,3 tonn/år nå og ca. 30,5 tonn/år etter ny regulering. Dette vil tilsvare et klorofyll a -innhold i Storsjøen på 1,5 og 1,6 $\text{kl.}_a/\text{l}$ for situasjonen henholdsvis før og etter en eventuell ny regulering. Dette er verdier som ligger godt under de anvendte grenseområder (1,8 - 2,2 $\mu\text{g kl.}_a/\text{l}$). En fremtidig økning av forurensningsskapende aktiviteter i nedbørfeltet vil øke belastningen på innsjøen, men ved en normal aktivitetsutvikling i nedbørfeltet vil en sanering som antydnet av Hedmark fylkeskommune antakelig være tilstrekkelig for lang tid fremover. Dette er imidlertid avhengig av bruksplanene for vassdraget og vannet.

En sanering av avløpsforholdene langs Glåma og Rena er etter vår mening nødvendig både på grunn av forurensningssituasjonen i Storsjøen i Rendal så vel som av forurensningsforholdene i de to elver. Dette gjelder

elvenes hovedvannmasser så vel som forurensningssituasjonen lokalt rundt utslippsstedene. Vi anser det som spesielt nødvendig at slike saneringsplaner gjennomføres langs Glåma, idet denne elven har, og spesielt etter Øvre-Glåma-utbyggingen, vil få en sterkt regulert vannføring. Sommervannføringen vil i henhold til planene bli noe redusert på hele elvestrekningen. Tolgafallene vil få en sterkt redusert vannføring. Dette betyr at en eventuell forurensning av elvevannet oppstrøms kraftverksinntaket, kan få store følger for begroings-situasjonen i selve Tolgafallene.

Ved iverksettelse av oppryddingstiltak (avløpssanering) vil det alltid være diskusjon om hvor omfattende tiltakene bør være. Dette kan bare bestemmes ut fra hvilket mål forvaltningsmyndighetene (politikerne) har for vassdraget og dets vannkvalitet samt kunnskaper om hvilke følger ulike tiltak vil få for den allsidige praktiske bruk av vassdraget.

Etter vår mening bør det gjennomføres en grundig konsekvensanalytisk vurdering av Glåmavassdraget hvor vannkvalitet og den allsidige bruken av vassdraget blir satt i sentrum. Dette er en oppgave som bare kan løses av lokale og sentrale forvaltningsmyndigheter sammen med vannfaglig ekspertise.

Med hensyn til Storsjøen i Odal, er det foreliggende materialet for lite til å vurdere hvilke tiltak som bør utføres og hvilke konsekvenser slike vil ha for innsjøens vannkvalitet. Vi vil derfor anbefale at det gjennomføres en grundig undersøkelse av denne innsjø - en undersøkelse som kan gi tilstrekkelige bakgrunnsdata ved vurdering av forvaltningsmessige tiltak.

Selv om det foreløpig ikke er noen forurensningsfare på ferde når det gjelder de øvrige innsjøers hovedvannmasser (÷ Storsjøenes), kan det også her være lokale problemer rundt utslippssteder o.l. Det bør derfor også her foretas konsekvensanalytiske vurderinger for å finne frem til nødvendige og tilstrekkelige tiltak.

Vassdraget bør under alle omstendigheter overvåkes, slik at tiltak kan iverksettes i tide hvis en uheldig utvikling skulle finne sted. Det forutsettes at overvåkingen tilpasses problemenes art og omfang.

LITTERATUR

- Ahl, T. og Wiederholm, T. 1977: Svenska Vattenkvalitetskriterier. Eutrofierande ämnen. Statens Naturvårdsverk. SNV PM 918. 124 pp.
- Alsaker-Nøstdahl, B., Kristoffersen, T. 1981: Undersøkelser av Glomma i Hedmark. Delrapport om forurensningstilførsler (NIVA-rapport 0-78045). 75 pp.
- Berge, D., Rognerud, S. og Johannessen, M. 1979: Videreutvikling av fosforbelastningsmodeller for store sjuktede innsjøer. NIVAs årbok for 1979. pp. 39-48.
- Holtan, H. 1978: Fysisk-kjemisk vannkvalitet og utviklingstendenser i store øst-norske innsjøer. NIVAs årbok for 1977. pp. 21-41.
- Holtan, H., Holtan, G. og Hals, B. 1978: Oversikt over fosfortilførsler til innsjøer (NIVA-rapport 0-92/78). 51 pp.
- Holtan, H. 1980: Vassdragsregulering. Miljøeffekter og behov for forskning. Rapport. Norsk institutt for vannforskning. 74 pp.
- Lien, L., Bakketun, A., Bendiksen, E., Halvorsen, R., Kjellberg, G., Lindstrøm, E.-A., Mjelde, M., Sandlund, O.T., Tjomsland, T., Aanes, K.J. 1981: Vurderinger av reguleringer i Osensjøen og Søre Osa (NIVA-rapport 0-77084). 112 pp.
- Lingsten, L., Holtan, H. 1981: Glåma i Hedmark. Hovedrapport. Undersøkelser i tidsrommet 1978-80. 2. utgave (NIVA-rapport 0-78045). 115 pp.
- Løvik, J.E., Hals, B., Holtan, G., Justås, G., Kjellberg, G. 1982: Glåma i Hedmark. Delrapport om dyreplankton. Undersøkelser i tidsrommet 1978-80 (NIVA-rapport 0-78045). 58 pp.
- Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen. Vassdragsdirektoratet. 1978: Hovedstyrets innstilling av 26. juni 1978.
- Norsk institutt for vannforskning. 1975: Notat av 27. august 1975 om forholdene i Storsjøen i Rendal.
- Norsk institutt for vannforskning. 1976: PRA 47. Forurensning i overvann (NIVA-rapport 0-57/74). 55 pp.
- Norsk institutt for vannforskning. 1977: Programforslag av 17. mars 1977.
- Sosialdepartementet. I-2026. 1975. Kvalitetekrav til vann. 49 pp.
- Statens forurensningstilsyn. 1978: Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg. TA-525. 78 pp.
- Styringsgruppen for Glåmaundersøkelsen 1978: Referat fra møte 9. juni 1978.
- Vollenweider, R.A. 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorous in lake eutrophication. Mem.Ist.Ital.Idrobiol. Vol. 33, pp. 53-83.