



# Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 336|88

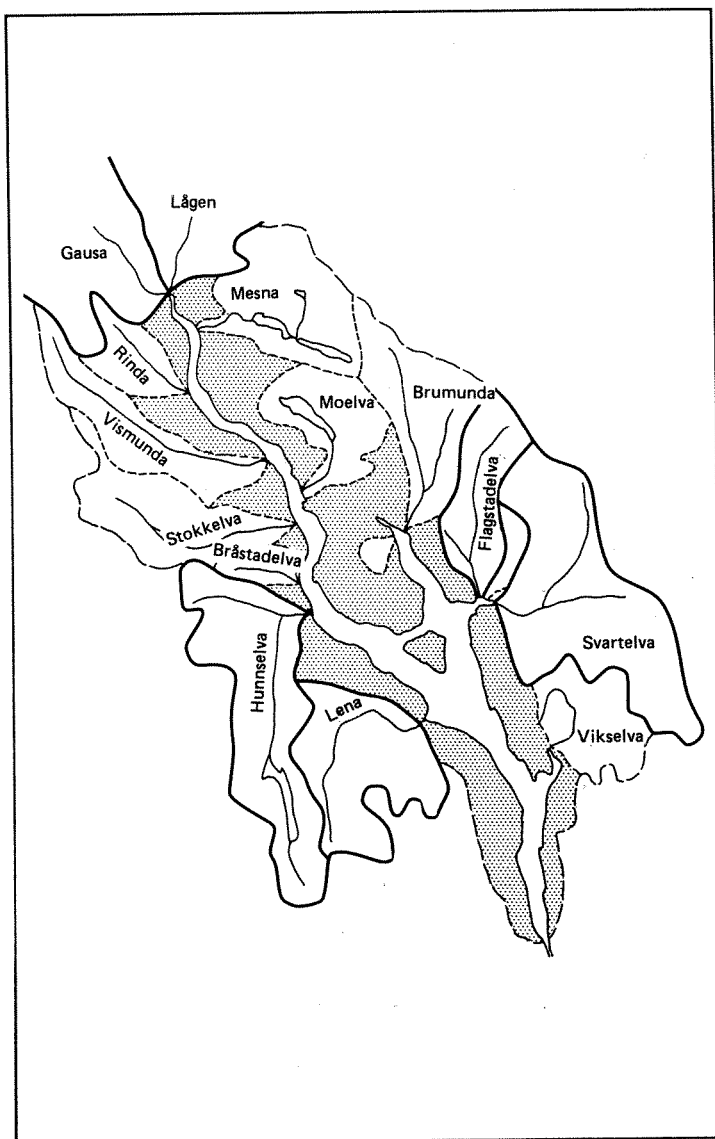
Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

## Fosfortransport til Mjøsa i perioden 1973-87.





## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)  
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)  
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)  
Norsk institutt for luftforskning (NILU)  
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)  
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	0-86053
Undernummer:	
Løpenummer:	2170
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:	Dato:
Fosfortransport til Mjøsa i perioden 1973-87. (Overvåkingsrapport nr. 336/88)	mai 1988
Forfatter (e):	Rapportnr.
Sigurd Rognerud	0-86053
	Faggruppe:
	VASSDRAG
	Geografisk område:
	Hedmark/Oppland
	Antall sider (inkl. bilag):
	56

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Fosfortransporten i tilløpselvene sommerstid spiller en stor rolle for algeutviklingen i innsjøen. Mjøsaksjonen ga klare forbedringer i Mjøsene der spesielt andelen løst fosfor ble redusert. Hunnselva og Lena har fortsatt høge næringsstoffsaltkonsentrasjoner og er de Mjøsene som forurenses innsjøen mest. En økt vannføring i Lågen sommertid vil redusere epilimnions fosforkonsentrasjon, mens en økt vannføring i småelvene rundt vil bygge den opp. Transporten i nedbørrike år er høg og kan føre til utvikling av betenkelige tilstander i innsjøen dersom ikke forurensningsbegrensende tiltak gjennomføres. De største ressursene bør settes inn i Lena og Hunnselva's nedbørfelter, men "diffuse utslipp" slik som direkteutslipp og industriutslipp må også reduseres. Utviklingen i elvenes fosfortransport og middelkonsentrasjon vil være nøkkelen til forklaring på den fremtidige utviklingen av algemengden i Mjøsa's vannmasser.

4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking ;
2. Mjøsa
3. Fosfortransport 1973-87
4. Fosforbelastning-algeutv. Fosfor og nitrogenkonsen- trasjoner i tilløpselvene

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring ;
2. Mjøsa
3. Phosphorus loading 1973-87
4. Phosphorus loading- algal biomass.
Phosphorus and nitrogen conc. in inlet rivers

Prosjektleder:

*Sigurd Rognerud*

For administrasjonen:

*Bjørn Frølich*

ISBN - 82-577-1458-5

O-86053

Fosfortransport til Mjøsa i  
perioden 1973 - 87.

Saksbehandler: Sigurd Rognerud

Medarbeider : Gøsta Kjellberg  
Hans Holtan

## FORORD

I følge programforslaget skulle denne rapporten kun omhandle transportberegningene for 1986 og 1987 i de 6 viktigste tilførselselvene til Mjøsa. Den undersøkelsen er en del av programmet "Statlig program for forurensningsovervåkning" som administreres av Statens Forurensningstilsyn (SFT). Den nye aksjonsplanen for Mjøsa og reguleringsplanene i Lågen har imidlertid aktualisert data omkring den tidsmessige utvikling av fosfortransporten til innsjøen. Transportmålinger fra 1986 og 1987 har gjort det mulig å foreta de første transport-estimatene i elvene også for tidsperioder det ikke foreligger konsentrasjonsmålinger. Den presenterte utviklingen i transporten av fosfor i elvene er basert på disse resultatene og en kritisk gjennomgang av tidligere målinger fra perioden 1973-79. Ved hjelp av en empirisk modell er totalbelastningen og derved også de direkte tilførselene kvantifisert.

Hans Holtan (NIVA) har velvilligst stilt primærdata fra 1973-79 til disposisjon for beregningene. Vannføringsdata og råd i forbindelse med endel hydrologiske betraktninger er gitt av K. Schultz ved NVE's hydrologiske avdeling. Gøsta Kjellberg (NIVA) har sammenstilt og beregnet middelkonsentrasjoner av klorofyll som er datagrunnlaget for modellberegningene.

Mai 1988

Sigurd Rognerud

Innholdsfortegnelse		side
1.	Formål .....	1
2.	Innledning .....	3
2.1	Generell informasjon .....	3
2.2	Områdebeskrivelse .....	3
2.3	Målsetning .....	4
3.	Vurdering av benyttede analysemetoder.....	5
4.	Generell vurdering av vannføringsmålingene .....	6
5.	Resultater .....	11
5.1	Svartelva .....	11
5.1.1	Fosfortransport .....	11
5.1.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen.....	14
5.2	Flagstadelva .....	15
5.2.1	Fosfortransport .....	15
5.2.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen .....	17
5.3	Lena .....	18
5.3.1	Transportmålinger .....	18
5.3.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen .....	19
5.4	Hunnselva .....	20
5.4.1	Transportmålinger .....	20
5.4.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen .....	21
5.5	Gausa .....	22
5.5.1	Transportmålinger .....	22
5.5.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen .....	23
5.6	Lågen .....	24
5.6.1	Transportmålinger .....	24
5.6.2	Tidsutvikling av fosfor- og nitrogen .....	26
5.7	Elvetransport til Mjøsa 1979-87 .....	26
5.8	Kjellbergs "miljøorgel" og kvantitative belastningsmodeller som beregningsgrunnlag for Mjøsa's totalbelastning. ....	28
5.9	Totalbelastning og direkte utslipp til Mjøsa 1976-86	31
5.9.1	Valg av beregningsmåte .....	31
5.9.2	Datagrunnlaget for belastningsberegningen .....	32
5.9.3	Belastningsberegninger .....	33
5.9.4	Relasjonen mellom algemengde tilført vannmengde og fosforbelastningen .....	35
6	Litteraturliste .....	40
	Vedlegg	

## 1. Formål - Konklusjoner - Tilrådninger

### 1.1 Formål

Hovedformålet med undersøkelsen er å beregne transporten av fosfor til Mjøsa etter Mjøsaksjonen, og å fordele denne på ulike kildeområder (delnedbørfelter). Dernest å undersøke effektene av aksjonen på bakgrunn av tidligere undersøkelser i de viktigste tilløpselvene, og å følge effekten avseinere tiltak. Til slutt skal algeutviklingen i Mjøsa sees i sammenheng med tilførselene.

### 1.2 Konklusjoner

I Svartelva førte Mjøsaksjonen til en ca 30% reduksjon i middelkonsentrasjonen av fosfor. I perioden etter Mjøsaksjonen har middelkonsentrasjonen av totalnitrogen økt med ca 30%. Begrensninger i punktutslippene ga reduksjoner i fosforutslippet, men de var ikke betydelige nok til å gi reduksjoner i nitrogenkonsentrasjonen. Antagelig har en eventuell forbedring blitt kamuflert av en økt nitrogenavrenning fra jordbruksarealene.

Mjøsaksjonen førte til en nær halvering av midlere fosforkonsentrasjon i Flagstadelva, mens reduksjonen og totalnitrogenverdiene var noe mindre. Siden 1980 har konsentrasjonen av begge næringssaltene vist en økning som indikerer økte forurensninger. Den markerte økningen i nitrogenverdiene gjør at arealavrenning fra jordbruket kan antas å være en av hovedkildene.

Lena var svært forurenset av næringssalter før 1977. Mjøsaksjonen førte til en reduksjon spesielt i den løste fraksjonen, men den videre utvikling har vist små endringer. Nitrogenverdiene har vist en gradvis økning i hele perioden. Det er rimelig å anta at økt nitrogengjødsling i jordbruket samt økte industriutslipp har overskygget eventuelle reduksjoner i punktutslipp under Mjøsaksjonen.

Konsentrasjonene av næringssalter i Lena er i dag flere ganger høyere enn naturlig for et slikt vassdrag, og sammen med Hunnselva har Lena de høyeste konsentrasjonene av Mjøsa's tilløpselver.

Hunnselva var svært forurenset av næringssalter perioden før Mjøsaksjonen. Etter aksjonen, og spesielt i forbindelse med nedleggelsen av Toten Cellulose i 1981, har konsentrasjonene sunket med ca 50%. Likevel er Hunnselva fortsatt betydelig forurenset og middelkonsentrasjonen av fosfor er ca 10 ganger høyere enn verdiene i Mjøsa. Sammen med Lena er Hunnselva den av Mjøselvene som forurenser innsjøen mest.

I Gausa har fosforverdiene ikke endret seg betydelig siden 1970-tallet, muligens med en reduksjon i den løste fraksjonen. Nitrogenverdiene har økt og dette ses i sammenheng med bl.a. en økt nitrogen gjødsling i landbruket.

Det har ikke vært noen store variasjoner eller klare trender i utviklingen av fosforverdiene i Lågen siden 1979. Middelkonsentrasjonen er nær 8 ug/l som er nær middelkonsentrasjonen i Mjøsa. Verdiene for nitrogen har vist en svak nedgang for totalverdiene, mens den løste fraksjonen har økt noe.

Det mangler målinger av totalbelastningen for hele perioden 1972-87, men totalbelastningen kan også beregnes ut fra en empirisk modell. På bakgrunn av denne kan "diffuse tilførsler" direkte til innsjøen estimeres som en differanse mellom den beregnede totalbelastningen og målt elvebelastning. Verdiene ligger nær 70 tonn for et år med normal nedbørmengde. Denne verdien stemmer godt overens med teoretiske beregninger. Variasjonene fra år til år er imidlertid betydelige (ca 50-150) som en direkte følge av nedbørforholdene.

Før Mjøsaksjonen utviklet innsjøen de høyeste algemengdene i år med varme og nedbørfattige somre. Årsaken til dette var at de direkte utslippene til Mjøsa utgjorde en dominerende del av totalbelastningen. Etter Mjøsaksjonen er denne andelen blitt



redusert slik at utviklingen av algemengden i Mjøsa etter 1980 til stor del er styrt av fosfortransporten i tilløpselvene og stabiliteten i vannmassen i sommerperioden.

Derfor har mønsteret i utviklingen av algemengden endret karakter fra en situasjon med mest alger i tørre og varme somre før Mjøsaksjonen, til mest alger i nedbørrike somre etter aksjonen. Utviklingen i elvenes fosfortransport blir derfor en nøkkel til forklaring på den fremtidige utviklingen av algemengden i Mjøsa.

De vannmasser som Lågen transporterer ut i Mjøsa i sommerperioden virker fortynnende på fosforkonsentrasjonen i de øvre vannlag i Mjøsa, mens vannet fra de andre elvene; Lena, Hunnselva, Flagstadelva og Svartelva fører til en økning av konsentrasjonen.

### 1.3 Tilrådninger

Da nøkkelen til forklaringen av den fremtidige utviklingen i algemengden i Mjøsa ligger i utviklingstrenden i tilløpselvenes fosfortransport, og middelkonsentrasjon, vil vi anbefale at det løpende overvåkningsprogrammet i elvene fortsetter i årene framover. Transportberegningene gjør det mulig å kvantifisere de relative bidrag til totalbelastningen slik at tiltak kan settes inn i de feltene som forurenses mest.

Resultatene av undersøkelsene viser at Lena og Hunnselva er de betydeligste forurensere blandt Mjøsa's tilløpselver. Disse elvene er mye mer forurenset enn elvene på østsiden av innsjøen. Med tanke på algeutviklingen i Mjøsa så vil vi anbefale at de største ressursene settes inn på forurensningsbegrensende tiltak i disse nedbørfeltene.

Dersom det gjøres en ekstra innsats på de overnevnte områdene er det rimelig å anta at Mjøsa's vannkvalitet kan holdes på et akseptabelt nivå også i regnrrike somre i årene framover.

## 2. Innledning

### 2.1 Generell informasjon

Rapporten omhandler konsentrasjoner og transporter av fosfor og nitrogen. For at teksten skal bli enklere, og rapporten mer oversiktlig, er betegnelsene transport og konsentrasjon benyttet i stedet for totalfosfortransport (eller total-nitrogentransport) og totalfosforkonsentrasjon (eller total-nitrogenkonsentrasjon). Løst reaktivt fosfor og summen av nitrat og nitritt omtales i rapporten som henholdsvis løst fosfor og løst nitrogen.

Datagrunnlaget er i hovedsak publisert tidligere i forbindelse med Mjøsundersøkelsen og overvåkingen av Hunnselva og Lågen. Alle disse undersøkelsene er utført av NIVA. Det som er nytt og ikke tidligere publisert er gitt i vedlegget (1986 og 1987-data). Tidligere data er spredt over mange rapporter og det ville ha gått ut over oversikten og lesbarheten dersom alle disse til stadighet skulle refereres. Det er derfor valgt å utelate disse helt i teksten, men en komplett oversikt er gitt sammen med annen benyttet litteratur bak i rapporten.

### 2.2 Områdebeskrivelse

En oversikt over Mjøsa med tilløpselver og nærområder er gitt i fig 1. Med hensyn til detaljerte opplysninger om de ulike delnedbørfeltene henvises til Mjøsundersøkelsens rapporter på 70-tallet.

I perioden 1973-79 omfattet avrenningsundersøkelsen de 14 delfeltene som er vist i fig.1. Fra og med 1986 utføres målinger og transport beregninger kun i Lågen, Gausa, Flagstad-elva, Svartelva, Lena og Hunnselva. Tidligere målinger har vist at disse 6 elvene står for 90-95% av elvetransporten til Mjøsa. Det ble derfor valgt å øke presisjonen i disse transportestimaterne framfor å gjøre målinger i de øvrige 8 delfeltene som betyr lite for belastningen av innsjøen.

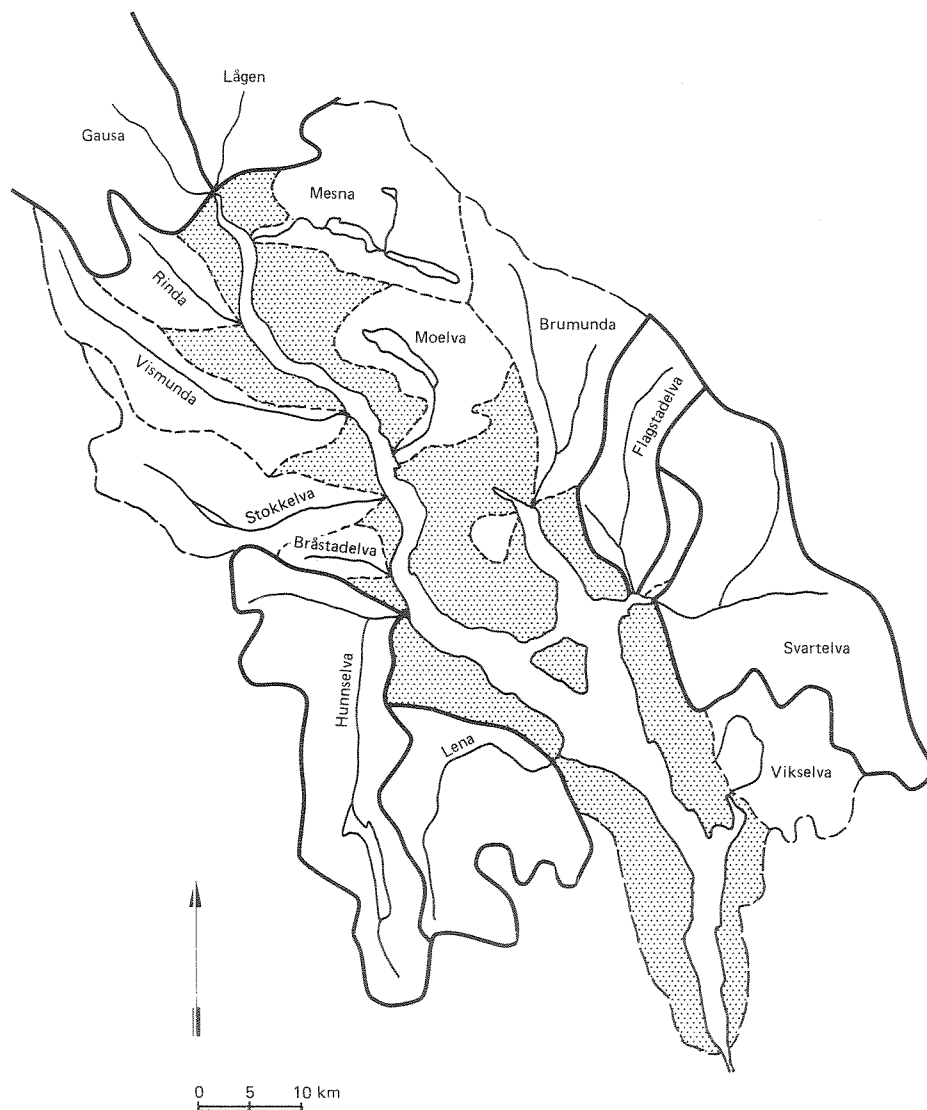


Fig.1 Oversikt over delnedbørfeltene og nærrområder (rasterlagt) til Mjøsa. Tykk strek angir feltene som måles fra og med 1986. De øvrige ble kun målt i perioden 1973-79.

### 2.3 Målsetning

Hovedmålsetningen er å undersøke transporten til Mjøsa etter Mjøsaksjonen (1976-81). Dernest å undersøke effektene av aksjonen ved hjelp av tidligere undersøkelser. Den tidsmessige utvikling i de årlige belastninger skal tilslutt ses i sammenheng med forholdene i Mjøsa for derved å få et best mulig estimat på betydningen av direkte utslipp til innsjøen.

### 3. Vurderinger av benyttede analysemetoder.

#### a) Totalfosfor

Analysene for perioden 1973 til og med 1978 ble utført ved NIVA's laboratorium i Oslo etter at prøvene først ble konserverert hos byveterinæren i Hamar (BVH). Metoden som ble benyttet var den såkalte UV-metoden ( $H_2O_2$  tilsetning + UV-bestråling).

I 1979 ble prøvene analysert av BVH etter persulfatmetoden (Norsk Standard). Denne metoden er siden brukt på alle analysene fra Mjøsa og Mjøselvene. De er imidlertid analysert på ulike steder. I perioden 1980-84 ble de analysert på Vannlaboratoriet for Hedmark (VHL). Etter 1984 er alle elveprøver fra Hedmarksiden sammen med Mjøsprøvene analysert ved VLH, mens elveprøvene i Oppland er analysert ved Sør-Gudbrandsdal Kjøtt og Næringsmiddelkontroll (SKN).

Det har vært en god del problemer med fosforanalysene i den tiden Mjøsundersøkelsene har pågått. Ulike metoder, laboratorier, personell og analyseapparat er medvirkende årsaker til dette. En har ved diskusjonen forsøkt så godt som mulig å ta hensyn til disse forholdene.

For å teste sammenlignbarheten av UV-metoden og persulfatmetoden ble prøver av ulik kvalitet fra Mjøselvene samlet inn og analysert høsten 1987. Disse ble tatt fra Lågen som er breslampåvirket, Gausa som hadde merkbar transport av partikulært materiale, Svartelva som er humusrik og en algesuspensjon fra laboratoriet i Oslo. Resultatene er gitt i vedlegget og konklusjonen var at ingen av prøvene viste signifikante forskjeller mellom fosforanalysene utført med UV-metoden og persulfatmetoden.

Resultatene fra denne enkle testen kan ikke ekstrapoleres til alle mulige situasjoner i elvene. Det er imidlertid rimelig å anta at det under de fleste forhold ikke ha vært store ulikheter ved bruk av disse to metodene.

Det er imidlertid et spørsmålstegn ved UV-metoden som en vet har vært et problem ved laboratoriet. Dette gjelder effektiviteten av UV-lampene som avtar med tiden. Det har i tidligere perioder vært manglende rutiner for sjekk av lampens effektivitet og dette kan ha resultert i for lave verdier i enkelte perioder (H. Hovind pers.medd.)

Nitrogenanalysene ble i hovedsak analysert etter samme metode hele tiden. Laboratoriene som ble benyttet er de samme som for totalfosfor til de respektive tider. Det antas at nitrogenverdiene i perioden ikke har såvidt mange analysetekniske usikkerheter som totalfosfor.

#### 4. Generell vurdering av vannføringsmålingene.

I forbindelse med NIVA's Mjøsundersøkelse ble det gjort vannføringsmålinger i en rekke av tilførselselvene til Mjøsa i perioden 1973-79. Disse data sammen med NVE's målinger i Lågen danner bakgrunn for NIVA's belastningsberegninger som er publisert i Mjøsundersøkelsens rapporter. Målestasjonene sto nær utløpet og de representerer derfor hele avrenningen fra de respektive felter. I enkelte felter var det imidlertid problemer med å finne gode bestemmende seksjoner.

Fra og med 1986 har NVE, etter oppdrag fra NIVA, satt opp vannføringstasjoner nær utløpet i Svartelva, Flagstadelva, Lena og Hunnselva. Data fra disse stasjonene danner grunnlaget for transportberegningene etter 1986. NVE har imidlertid også foretatt målinger i delfelter til disse elvene i hele perioden 1973-86. Disse data gir muligheter til å beregne avrenningen også i perioden 1979-86. Hele feltets arealavrenning ( $Q_N$ ) beregnes da etter formelen

$$(1) \quad Q_N = Q_D \times A_N/A_D \times f$$

$Q_D$  = delfeltets arealavrenning  
 $A_N$  = totale areal av nedbørfelt  
 $A_D$  = delfeltets areal  
 $f$  = "isohydatfaktor"

Formel (1) brukes også som beregningsgrunnlag for (dags, ukes og månedstransporter i de år det foreligger konsentrasjons-

målinger.

Faktoren  $f$  er en korreksjonsfaktor som beregnes ut fra NVE's isohydatlinjer i feltet. Dette er nødvendig da avrenningen f.eks. i høgereliggende områder er større enn lavereliggende.  $f$ -faktorens verdi blir da beregnet på følgende måte.

$$(2) f = \frac{\text{midlere arealavrenningen i restfelt } (A_N - A_D)}{\text{hele feltets midlere arealavrenning } (A_N)}$$

NVE's isohydatkart er konstruert på bakgrunn av 30 års middel og det antas å gi et brukbart estimat på de relative forskjeller m.h.t. avrenning innen feltet.

For å få et begrep om kvaliteten av vanntransportberegninger, sammenlignes de årlige arealavrenninger for NIVA og NVE målingene.

I fig.2 er arealavrenningen beregnet etter ligning (1) for årene 1973-86 (heretter kalt NVE-data) fremstilt som funksjon av årlig nedbørmengde ved nærmeste meteorologisk stasjon. I samme figur er også NIVA's avrenningstall tegnet inn.

Resultatene gir grunnlag for følgende vurderinger:

a) Det er god sammenheng mellom årlig nedbør og arealavrenning (på årsbasis) med bakgrunn i NVE-data for Flagstadelva, Svartelva, Lena og Gausa. Sammenhengen er dårligere i Hunnselva.

b) NIVA's arealavrenning korrelerer godt med nedbørmengden for Lena og Hunnselva og dårligst i Svartelva og Flagstadelva.

Det antas at problemer med å finne gode bestemmende seksjoner for vannføringsmålingene i Flagstadelva og Svartelva er en av hovedårsakene til den dårlige sammenhengen for disse elvene. Andre årsaker er store flommer og isoppstuinger som ga store praktiske problemer med målingene.

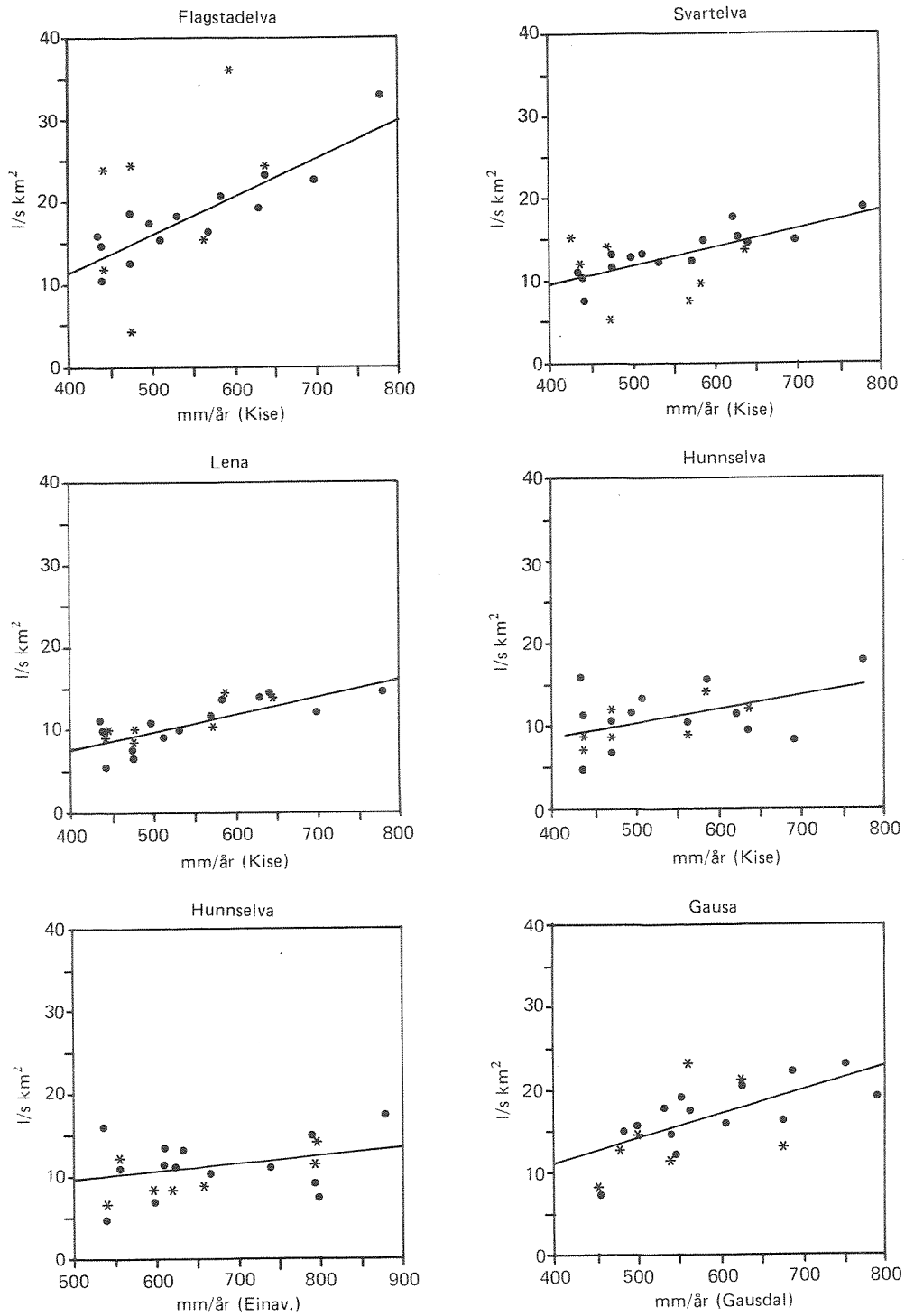


Fig.2 Sammenhengen mellom arealavrenning og nedbørsmengde på nærmeste meteorologiske stasjon for NVE (\*) data og NIVA-data (X)

Det synes rimelig å anta at NVE's målinger gir et brukbart grunnlag for vanntransportberegningene i Mjøselvene for perioden 1973-86. NIVA's målinger gjelder kun for perioden 1973-79 og har dessuten hatt problemer med målestasjonene spesielt i to av elvene. For å få en kontinuerlig oversikt over avrenningen i Mjøsa's nedbørfelt i hele perioden 1973-87 er det nødvendig å bruke samme beregningsgrunnlag. Da beregninger av NVE-baserte målinger tilfredstiller dette krav og dessuten korrelerer bra med meteorologiske målinger og andre nærliggende nedbørfelts avrenninger, blir disse data benyttet som bakgrunn for transportberegningene i denne rapporten.

#### De enkelte nedbørfelt:

I Svartelva er målepunkter Fura (VMR 1812, V-overløp.) og Rokoelva (VMR 861) begge beliggende i de øvre deler av nedbørfeltet benyttet.

For Flagstadelva er også VMR 1812 i nabonedbørfeltet benyttet da begge feltene ligger i Vangsåsen og er svært like. VMR 1812 antas å gi et godt bilde på avrenningen i Flagstadelva's øvre deler. De beregninger som er foretatt for Flagstadelva viser også en god overenstemmelse med arealavrenninger i andre relevante nedbørfelt i regionen.

Vanntransporten i Lena fram til 1982 er basert på vannmerke ved Skreia (VM 2246). For perioden 1982-86 foreligger ikke data, men en korrelasjonsanalyse mellom Aulestad VM (423) i Gausa og Lena VM (2246) for perioden 1973-80 viser en god korrelasjon på årsbasis (doble-mass analyse utført av NVE). Transporten i denne perioden lar seg derfor beregne utfra VM-423.

Hunnselva's vannføring er basert på målinger ved Einavatn (VM 851), men dette er ingen god målestasjon i følge NVE. En justering mot VM 423 er derfor foretatt etter samme resonement som for Lena. De beregnede arealavrenninger etter denne betraktningmåten viser rimelig god overenstemmelse med andre nedbørfelt i regionen. Da Hunnselva er regulert må VM 851 benyttes for den relative fordeling over året.



Gausa's vannføringer er basert på Aulestad VM (423) og Lågens på stasjon 412-12 ved Losna som anses bedre enn den tidligere benyttede Hunderfossen.

## 5. Resultater

Rapporten legger hovedvekten på situasjonen i tilløpselvene etter Mjøsaksjonen. På grunn av utviklingen i Mjøsa ble dagens transportverdier også forsøkt sett i sammenheng med tidligere målinger. Det skal imidlertid understrekes at hensikten med dette er å vise en trend i utviklingen og ikke gi bakgrunn for en detaljdiskusjon om verdiene. Til dette er flere av de eldre beregningene for usikre. De mellomliggende perioder det ikke finnes målinger fra (enkelte år i perioden 1980-86) estimeres transporten ut fra det generelle prinsipp at transporten er korrelert til vannføringen. Dette gjelder iallefall i Mjøs- elvene etter Mjøsaksjonen.

### 5.1. Svartelva

#### 5.1.1 Fosfortransport

Antall konsentrasjonsmålinger pr. år varierer mellom 13 og 41. Datagrunnlaget er dårligst i 1975 og 1976, da antall observasjoner (13,14) er på grensen til det en kan akseptere for transportberegninger. De andre årene er datagrunnlaget godt. Resultatene er gitt i fig.3 .

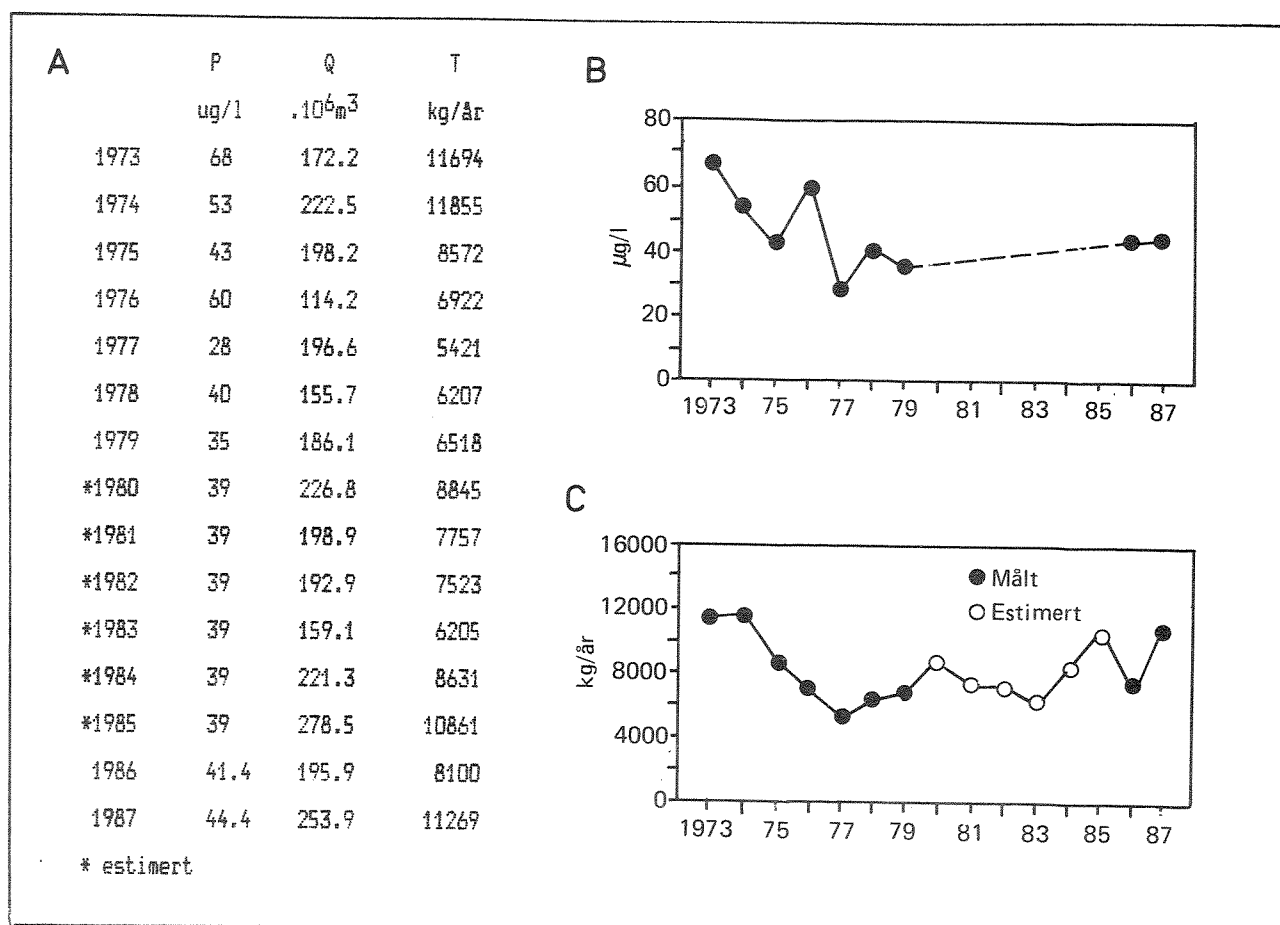


Fig.3. Fosfortransport i Svartelva 1973-86.

- A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P) (volum og tidsveid), årlig vanntransport (Q) og årlig fosfor transport (T). P for perioden 1980-1985 er estimert i henhold til utviklingen vist i B.
- B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon (P).
- C. Tidsutvikling i årstransport av fosfor (T).

Årlig middelkonsentrasjon varierte i området 43-68 ug/l før Mjøsaksjonen og sank til 28-40 ug/l under aksjonen. Etter aksjonens avslutning (1980) synes det ikke å ha skjedd noen markerte endringer. Dette hendelsesforløpet samsvarer godt med de biologiske observasjonene og nedtegnelser av feltobservasjoner.

De månedlige middelkonsentrasjoner viste en økende trend ved lave månedlige vanntransporter før Mjøsaksjonen, mens den ble mer uavhengig av vanntransporten under og etter aksjonen (fig.4). Dette viser at de betydeligste punktutslippene ble fjernet under aksjonen og at annen arealbetinget transport dominerer etter Mjøsaksjonen.

Transportberegningene som er vist i fig.3.C viser at belastningen fra Svartelva til Mjøsa sank fra 1974 til 1977 og steg siden svakt mot 1980. I de regnrrike årene 1985 og 1987 var transporten i Svartelva antagelig av samme størrelse som i 1973-74 dvs 10-11 tonn. I mer normale nedbørsår synes transporten i 1980 årene å ha ligget nær 8 tonn.

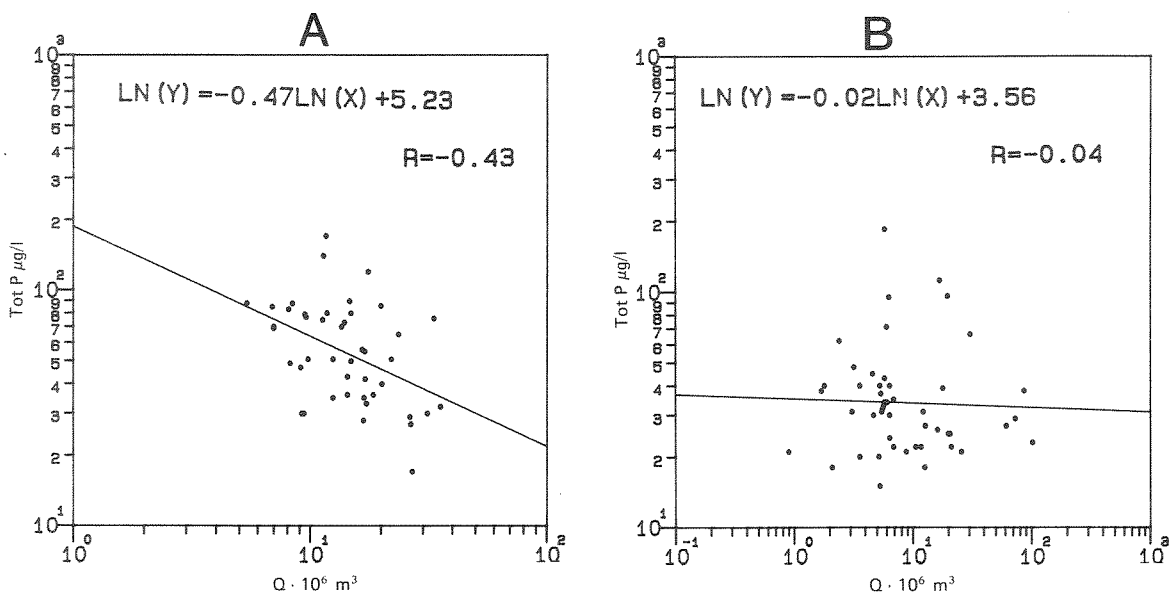


Fig.4 Sammenhengen mellom midlere månedelig fosforkonsentrasjon og månedlig vanntransport før Mjøsaksjonen, 1973-76 (A) og under og etter Mjøsaksjonen 1977-79, 1986 (B).

## 5.1.2. Tidsutvikling i fosfor- og nitrogenfunksjoner.

Denne utviklingen er vist i fig.5 med den hensikt å vise situasjonene før, under og etter Mjøsaksjonen

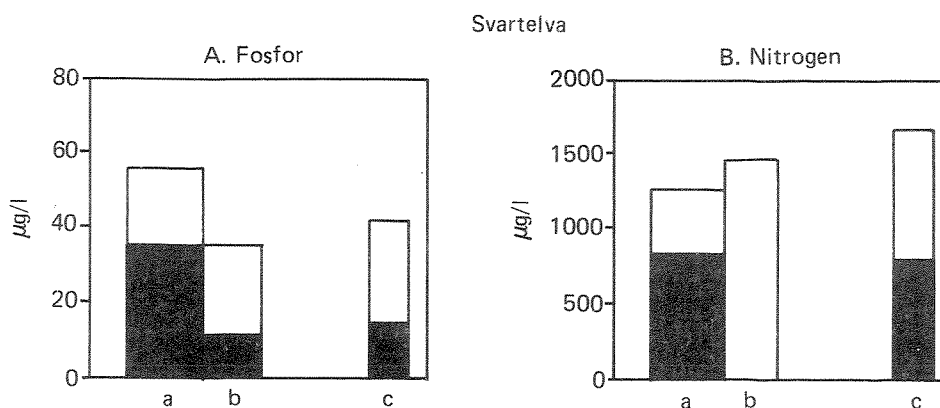


Fig.5 Middelkonsentrasjonen av A) totalfosfor og løst reaktivt fosfor og B) totalnitrogen for tre ulike tidsperioder i Svartelva. Nitrat kun i periode a) og c)  
a) 1973-76 b) 1977-79 c) 1986-87

Mjøsaksjonen medførte nær en 30% reduksjon i middelkonsentrasjon av fosfor. Etter 1977 synes konsentrasjonene å ha vært relativt konstant og i hovedsak variert mellom 35-45 µg/l for totalfosfor. Den løste fraksjonen har også blitt lavere noe som må ses i sammenheng med utslippsaneringen i perioden 1977-79. Totalnitrogen synes å ha økt i perioden og er i dag signifikant høyere enn før Mjøsaksjonen. Et økt nitrogenforbruk i jordbruket er en sannsynlig forklaring på denne utviklingen. Den løste fraksjonen har også økt selv om økningen er mer beskjeden enn for tot.N.

## 5.2 Flagstadelva

## 5.2.1 Fosfortransport

Antall konsentrasjonsmålinger er færrest i 1975 og 76 (13,14) og på grensen til det som kan aksepteres for årstransportberegninger. De andre årene er datagrunnlaget godt. Resultatene av beregningene er gitt i fig.6.

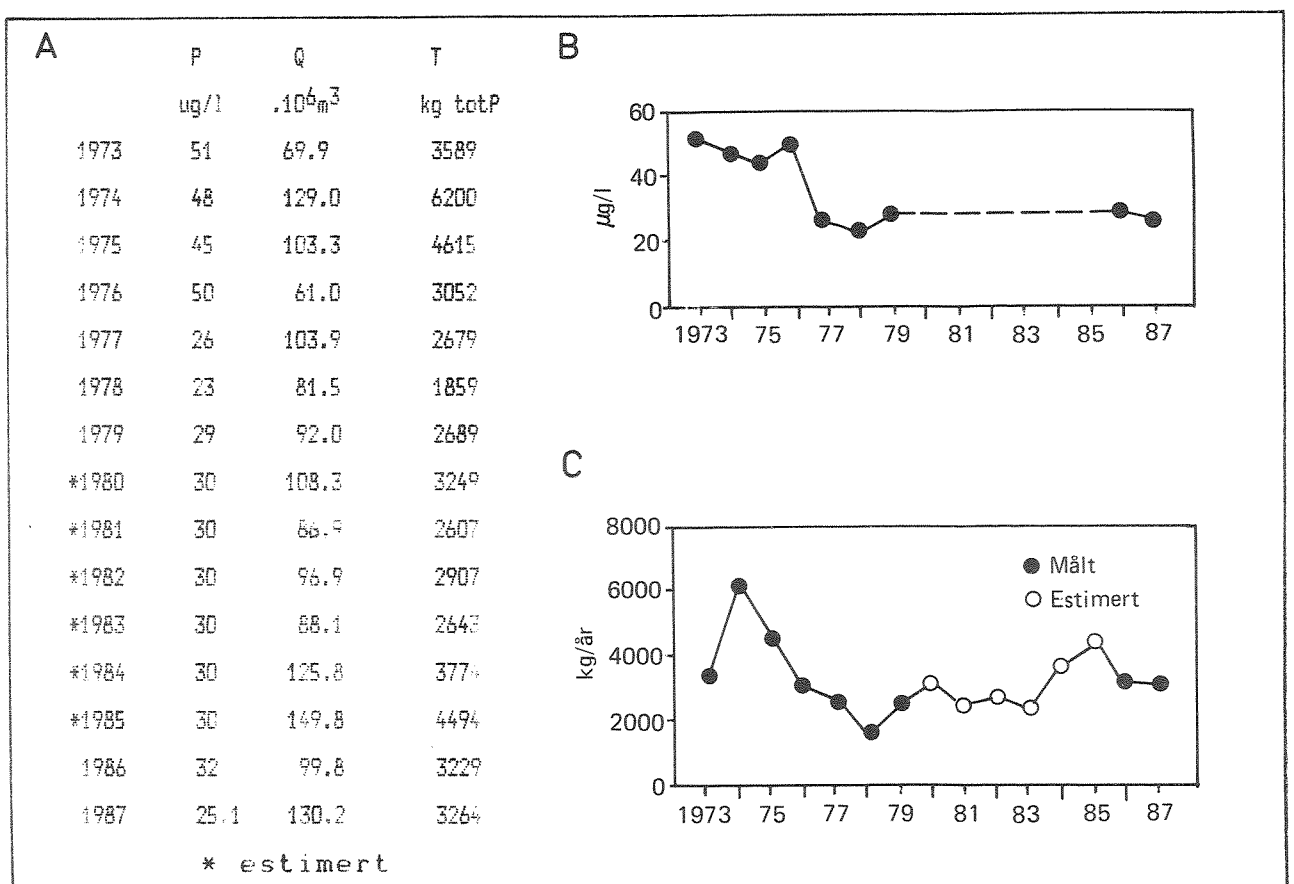


Fig.6 Fosfortransport i Flagstadelva 1973-86.

- A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P), volum og tidsveid, årlig vanntransport (Q) og årlig fosfortransport (T). P i perioden 1980-85 ble estimert etter utvikling gitt i B.
- B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon av total fosfor (P).
- C. Tidsutvikling i årstransporten av totalfosfor (T).

Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor varierte i området 40-50 ug/l før Mjøsaksjonen og sank til 20-30 ug/l under aksjonen. Etter aksjonens avslutning synes ingen markerte endringer å ha funnet sted. De biologiske observasjonene stemmer meget godt med den beskrevne utvikling i 2B (Kjellberg pers.medd).

Som for Svartelva viser de månedlige middelkonsentrasjoner i Flagstadelva også en økende tendens ved lave vannføringer før Mjøsaksjonen, mens de blir mer uavhengige av vanntransporten under og etter aksjonen (se fig.7). Dette viser at de betydeligste punktkildene ble fjernet under aksjonen og at arealbetinget belastning ble dominerende for konsentrasjonen og transporten etter aksjonen.

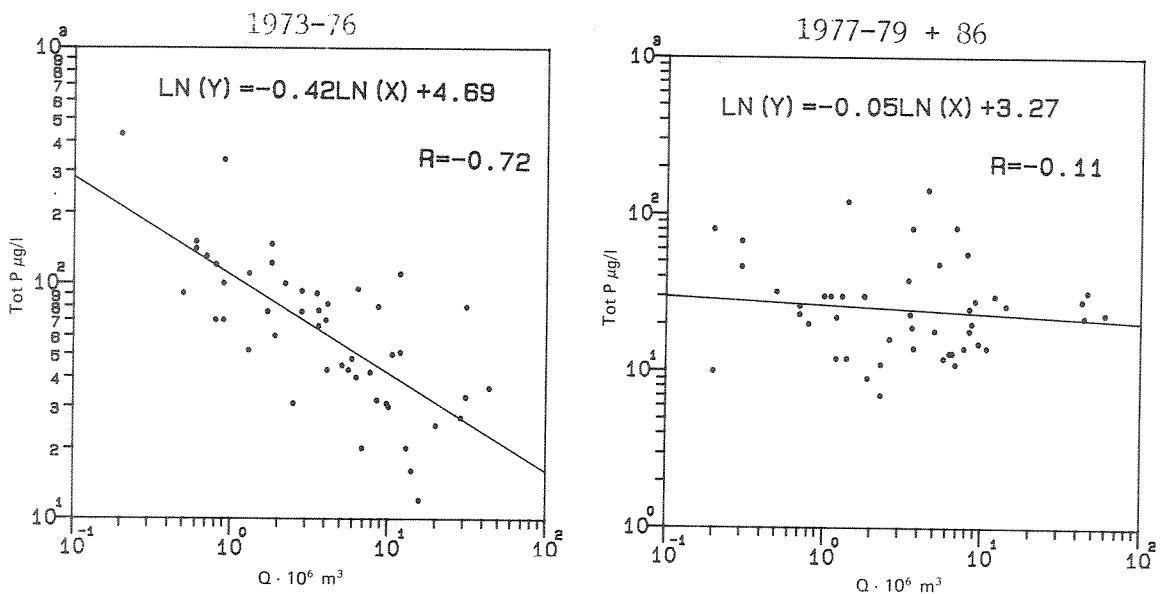


Fig.7 Sammenhengen mellom midlere månedlig fosforkonsentrasjon og månedlig vanntransport før Mjøsaksjonen (1973-76) og under/etter aksjonen (1977-79 + 1986).

Da konsentrasjonen er blitt mindre avhengig av vannføringen og den beregnede utvikling gitt i fig.6 B synes det rimelig å anta en midlere årskonsentrasjon på 30 ug/l for perioden 1980-85 i Flagstadelva. Transporten av fosfor, gitt i fig.6 C, blir

således en funksjon av vanntransporten. Flagstadelvas årlige fosfortransport til Mjøsa var størst før Mjøsaksjonen, sank under aksjonen og har vist en økning etter aksjonen. Belastningen i det nedbørrike året 1985 var på nivå med belastningen før aksjonen (1975).

### 5.2.2. Tidsutvikling i fosfor- og nitrogenfraksjoner.

Denne er vist i fig.8 for de tre ulike tidsperiodene som før nevnt.

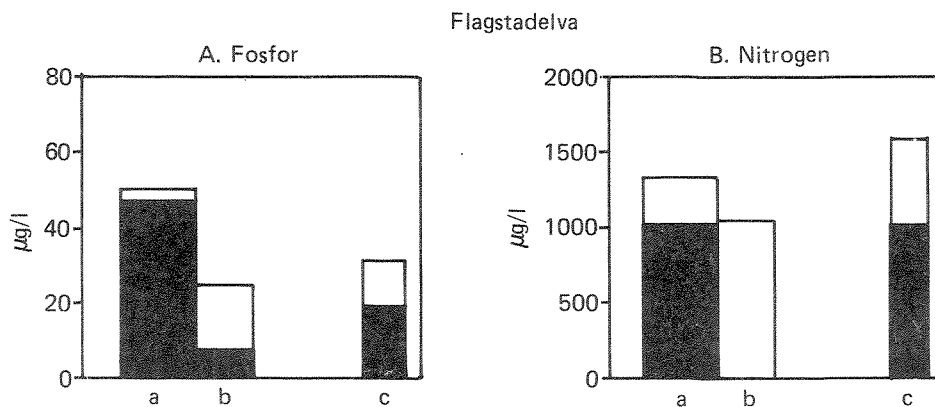


Fig.8 Middelkonsentrasjon av A) totalfosfor og løst reaktivt fosfor og B) totalnitrogen for tre ulike tidsperioder a) 1973-76 b) 1977-79 c) 1986-87  
Nitratverdier kun for periodene a) og c).

Den generelle reduksjonen i totalfosfor som følge av Mjøsaksjonen er allerede kommentert. Fraksjonen av løst fosfor har også sunket sjøl om andelen før Mjøsaksjonen virker urimelig høy. Siden 1977-79 har fraksjonen steget igjen og sammen med nitrogenverdiene økning indikerer dette økte forurensninger. Mjøsaksjonen ga en mindre relativ reduksjon i totalnitrogenverdiene enn tilfellet var for Svartelva. Verdiene har siden steget signifikant slik at de idag er høyere enn som før Mjøsaksjonen. Den løste fraksjon har vært tilnærmet konstant hvilket antyder at nitrogenkildene har endret karakter fra punktkilder mot mer arealavrenning.

### 5.3 Lena

## 5.3.1 Transportmålinger

Antall konsentrasjonsmålinger av totalfosfor er færrest i 1975 og 1976 (13,14) og på grensen til det som kan aksepteres for årstransportberegninger. De øvrige årene er datagrunnlaget godt. Resultatene av konsentrasjons- og transportberegningene er gitt i fig.9.

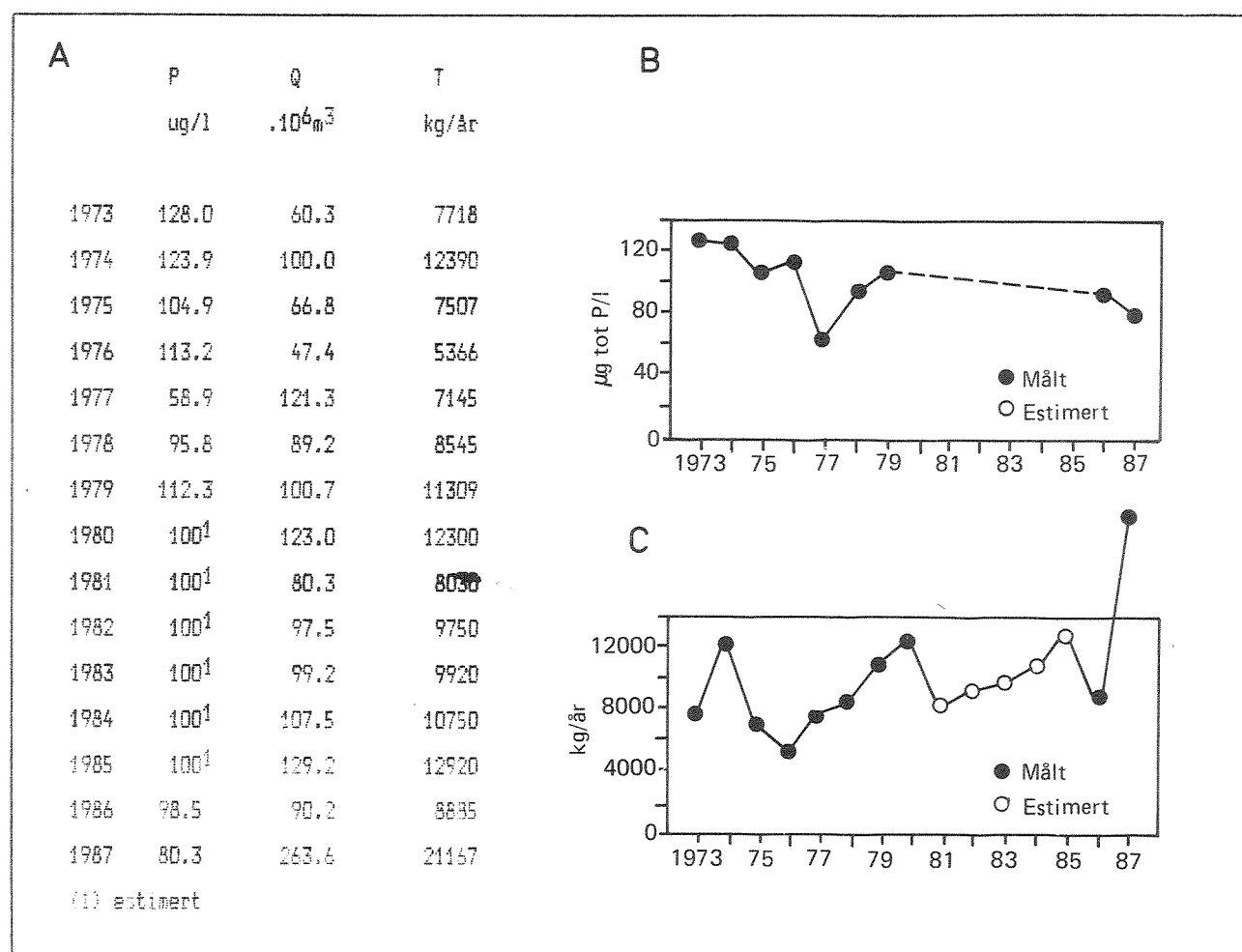


Fig.9 Fosfortransport i Lena 1973-86

A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P) volum og tidsveid, årlig vanntransport (Q) og årlig fosfortransport (T). P for perioden 1980-85 er estimert i henhold til utviklingen vist i B.

B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon (P).

C. Tidsutvikling i årstransport av fosfor (T).

Relativt små endringer har skjedd i Lena med henhold til årlig



middelkonsentrasjon i perioden 1973-79. Mjøsaksjonen har med andre ord hatt mindre prosentvis virkning i dette delnedbørfeltet enn i Flagstad- og Svartelva. Disse beregninger sammen med målingene fra 1986 gjør at en med rimelig grad av sikkerhet kan estimere årlig middelkonsentrasjon i 1980-85 til 100  $\mu\text{g/l}$  (se fig.9 B).

Som følge av at konsentrasjonene på årsbasis varierer mindre enn variasjonene i vanntransporten vil transportene i Lena i hovedsak bli en funksjon av vanntransporten (fig.9 C).

### 5.3.2. Tidsutvikling i fosfor og nitrogenfraksjoner (fig.10).

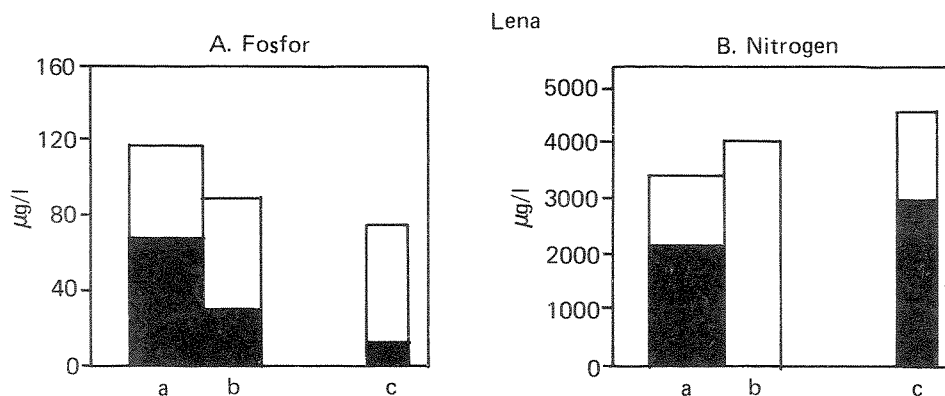


Fig.10 Middelkonsentrasjonen av A) totalfosfor og løst reaktivt fosfor og B) totalnitrogen og nitrat for tre ulike tidsperioder a) 1973-76 b) 1977-79 c) 1986-87

Fraksjonen løst fosfor har gått betraktelig ned som følge av Mjøsaksjonen, mens totalverdiene viser en reduksjon på ca 20%. Konsentrasjonen er imidlertid flere ganger høyere enn naturlig for et slikt vassdrag og sammen med Hunnselva har Lena de høyeste konsentrasjonene av Mjøsas tilløpselver. Verdiene for nitrogen viser en gradvis økning i hele perioden. Det er mulig at økt nitrogengjødsling i jordbruket og økte industriutslipp de siste 10 årene har overskygget eventuelle reduksjoner i punktutslippene under Mjøsaksjonen. I alle tilfeller er verdiene flere ganger høyere enn naturtilstanden.

## 5.4 Hunnselva

## 5.4.1 Transportmålinger

Antall konsentrasjonsmålinger av totalfosfor er færrest i 1975 og 1976 (13,14) og på grensen til det som kan aksepteres for årstransportberegninger. De øvrige årene er datagrunnlaget godt. Resultatene av konsentrasjons- og transportberegningene er gitt i fig.11

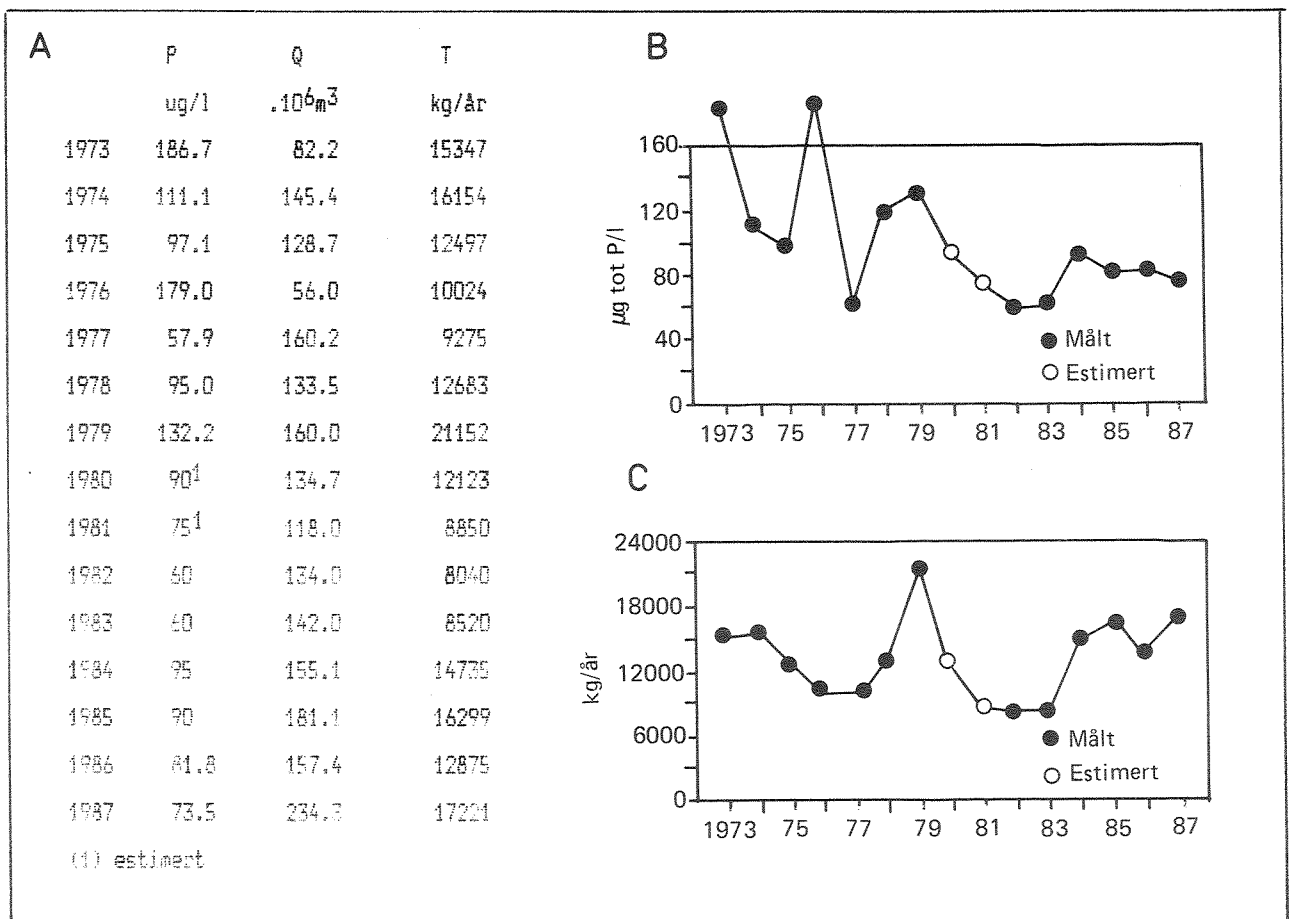


Fig.11 Fosfortransport i Hunnselva 1973-86.

- A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P) volum og tidsveid, årlig vanntransport (Q) og årlig fosfor transport (T). P for perioden 1980-1985 er estimert i henhold til utviklingen vist i B.
- B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon (P).
- C. Tidsutvikling i årstransport av fosfor (T).

Den årlige middelkonsentrasjon av fosfor var høyere i perioden 1973-76 enn i 80-åra. Dette er sansynligvis et hovedresultat av nedleggelsen av Toten Cellulose i 1981 og reduksjon i utslipp fra Norsk Wallboard, men effekter av Mjøsaksjon må også forventes. De laveste konsentrasjoner ble beregnet for 1982 og 1983. De seinere årene synes konsentrasjon å ha vært tilnærmet konstant. Dette er også i overenstemmelse med de biologiske observasjonene.

Årstransporten i Hunnselva har variert mellom 9 og 22 tonn. Transportene var lavest på første halvdel av 80-tallet, men har siden steget slik at den nå i regnrrike år er på samme nivå som på begynnelsen av 70-tallet.

#### 5.4.2. Tidsutvikling i fosfor og nitrogenfraksjoner (fig.12).

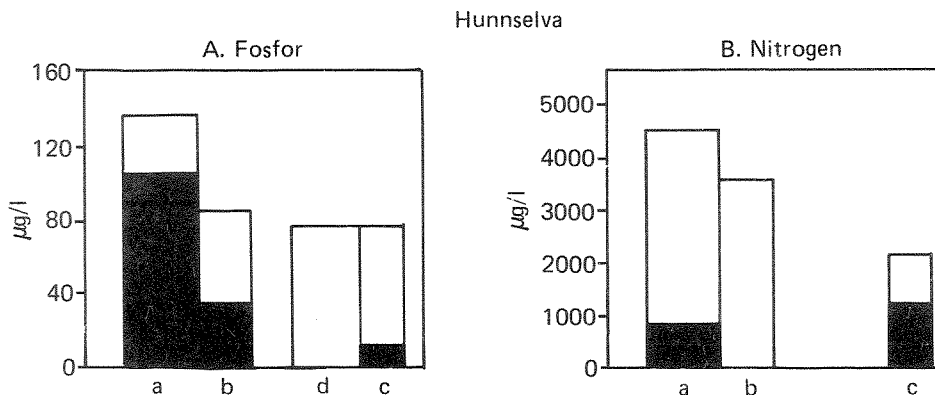


Fig.12 Middelkonsentrasjon av A) totalfosfor og løst reaktivt fosfor og B) totalnitrogen og nitrat for tre ulike tidsperioder a) 1973-76 b) 1977-79 c) 1982-85 d) 1986-87

Utviklingen i totalfosfor er kommentert. Den samme nedgangen ble også registrert i løst fosfor. Konsentrasjonen i dag ligger mellom 10-20 µg/l som er en ca 80% reduksjon fra situasjonen på første halvdel av 1970-tallet.

Til tross for denne registrerte nedgangen i fosforkonsentrasjon er nivå for høgt også i dag. Elvevannet har ca 10 ganger høyere konsentrasjon enn vannet i Mjøsa og er sammen med Lena den av Mjøselvene som forurenses innsjøen mest.

De meget høge verdier på 1970-tallet var et resultat av store industriutslipp. Siden har totalnitrogenverdiene vist en klar nedgang. Det ser også ut som at konsentrasjonen av nitrat har økt over tid. Fortsatt er nitrogenverdiene høge i Hunnselva og betraktelig høyere enn verdiene i Mjøsas vannmasser.

## 5.5 Gausa

### 5.5.1 Transportmålinger

Antall konsentrasjonsmålinger er færrest i 1975 og 76 (13,14) og på grensen til det som kan aksepteres for årstransportberegninger. De øvrige årene er datagrunnlaget brukbart. Resultatene av transportberegningene er gitt i fig.13.

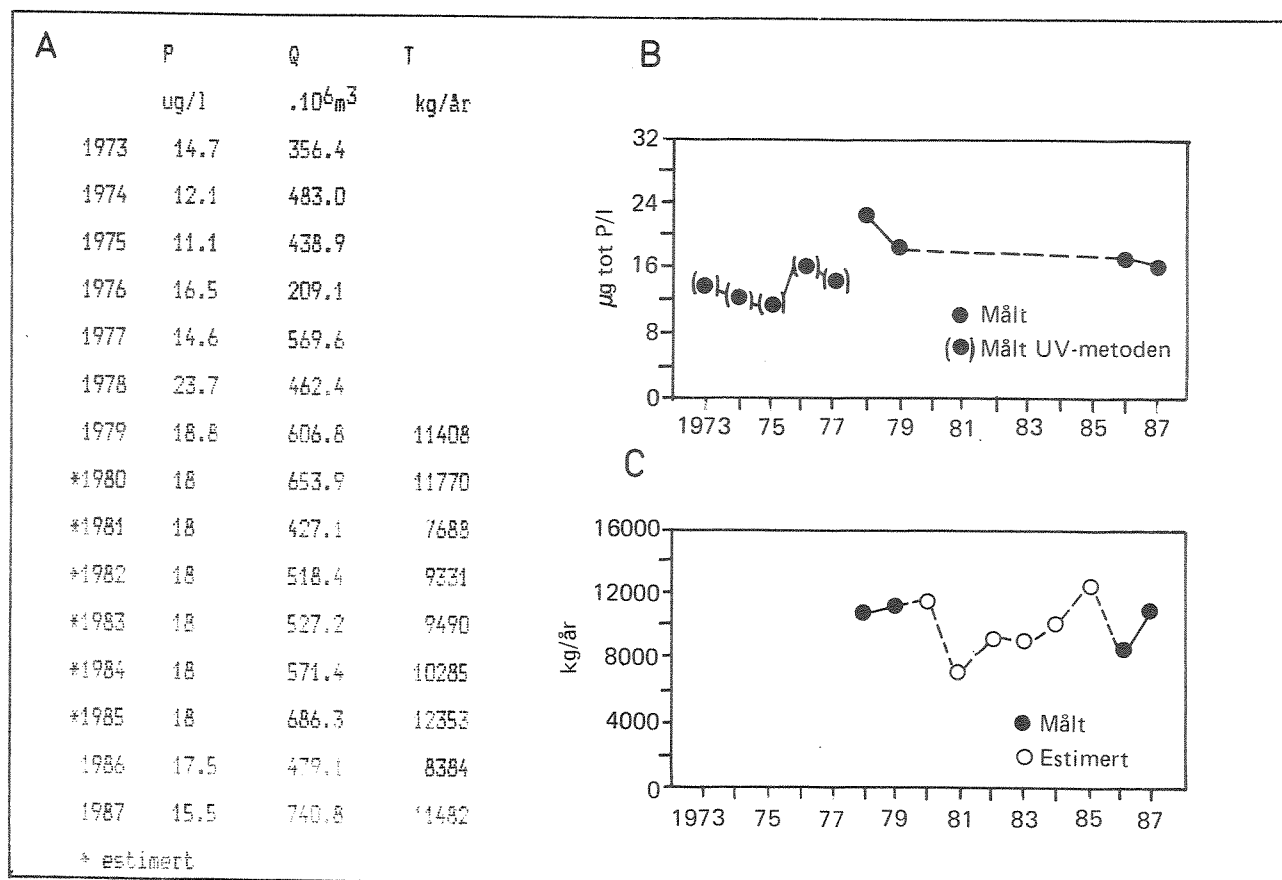


Fig.13. Transportberegninger i Gausa

A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P) volum og tidsveid, årlig vanntransport (Q) og årlig fosfor transport (T). P for perioden 1980-1985 er estimert i henhold til utviklingen vist i B.

B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon (P).

C. Tidsutvikling i årstransport av fosfor (T).

På bakgrunn av observasjonene har Gausa vist en stigende konsentrasjon fra 1973 og fram til i dag. Dette er i motsetning til de biologiske observasjonene fra elva som viste at nærings-saltbelastningen var høyere på 70-tallet enn i 1986/87. Det er mulig at disse motstridende konklusjonene skyldes analysetekniske forhold knyttet til UV-metoden som kan ha gitt for lave konsentrasjoner i enkelte perioder. Det presiseres derfor at beregningene fra 1973-78 ikke direkte kan sammenlignes med resultatene etter i 1979. Den årlige middelkonsentrasjon ligger i dag i underkant av 20  $\mu\text{g/l}$  tilsvarende en transport på ca 8 - 12 tonn P/år. Høyst sannsynlig har denne situasjonen vært slik de siste 10 årene.

#### 5.5.2. Tidsutvikling i fosfor og nitrogenfraksjoner (fig.14)

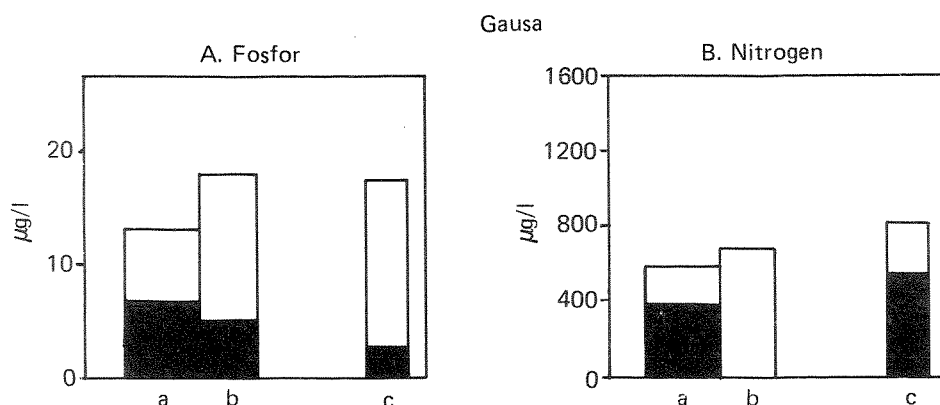


Fig.14. Middelkonsentrasjon av A) totalfosfor og løst reaktivt fosfor og B) totalnitrogen og nitrat for tre ulike tidsperioder a) 1973-76 b) 1977-79 c) 1986-87

Konsentrasjonen av løst fosfor har sunket i den aktuelle tidsperioden. Dette er antagelig et resultat av begrensninger i punktutslippene. Denne utviklingen skulle også antyde at totalfosforverdiene burde vært høyere først på 70-tallet. Konsentrasjonen av både totalnitrogen og nitrat har økt signifikant i perioden. Dette er et forhold som blandt annet kan ha sammenheng med økt nitrogenbruk i landbruket.

## 5.6 Lågen

## 5.6.1 Transportmålinger

Det foreligger konsentrasjonsmålinger fra Lågen ved Fåberg alle år i perioden 1973-86 med unntak av 1980. Antall observasjoner var få i 1975 og 1976, forøvrig er datagrunnlaget brukbart. Resultatene av konsentrasjons- og transportberegningene er gitt i fig.15.

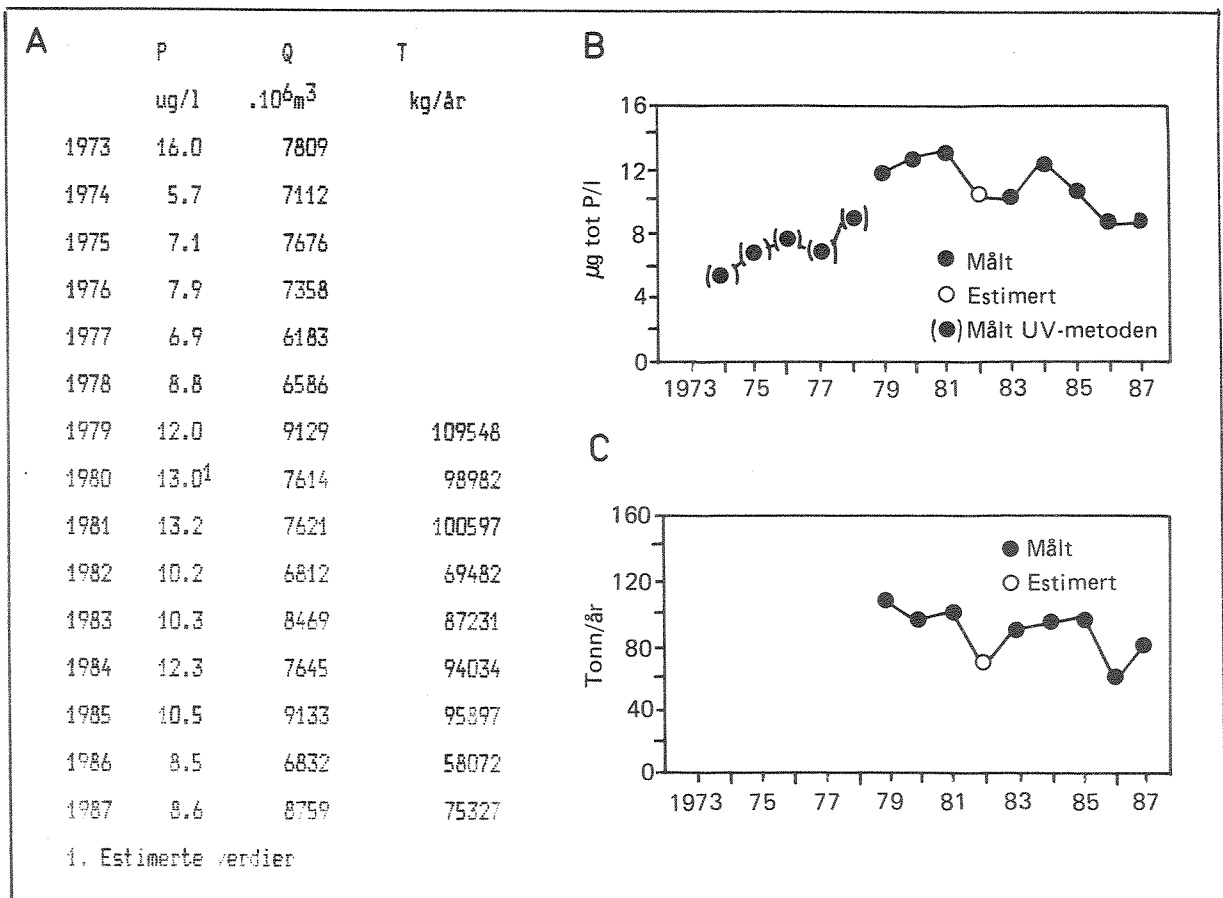


Fig.15. Transportberegninger i Lågen.

- A. Årlig middelkonsentrasjon av totalfosfor (P) volum og tidsveid, årlig vanntransport (Q) og årlig fosfor transport (T). P for perioden 1980-1985 er estimert i henhold til utviklingen vist i B.
- B. Tidsutvikling i årlig middelkonsentrasjon (P).
- C. Tidsutvikling i årstransport av fosfor (T).

De årlige middelkonsentrasjoner som er beregnet for Lågen viser en utvikling fra meget lave verdier i 70-årene mot nesten dobbelt så høge verdier i 1980-årene. Dette er en motsatt utvikling av det som de biologiske undersøkelsene viser. Kvalitative og kvantitative biologiske undersøkelser samt feltobservasjoner viser alle entydig at næringssaltforurensningen i Lågen gradvis ble redusert i perioden 1974-81. Etter 1981 har det skjedd små endringer.

Det er ikke bare de biologiske observasjonene som indikerer at fosformålingene i perioden 1973-78 høyst sannsynlig er for lave. Det er også usannsynlig at den årlige middelkonsentrasjon i en så stor elv som Lågen skal vise så store forskjeller som i dette tilfellet. Lågen er også påvirket av breslam om våren (avsetninger i elva fra året før) og utover sommer og tidlig høst (nye avsmeltninger i Jotunheimen). Breslammet kommer også i forbindelse med flommer slik at konsentrasjonene i disse periodene får relativt stor betydning for en volumveid årsmiddelkonsentrasjon. På bakgrunn av dette er fosforkonsentrasjonen i den overnevnte perioden urimelig lave.

Det er mulig at analysetekniske årsaker med to ulike analysemetoder før og etter årskiftet 1978/79, kan spille inn på observasjonene og at den store brepartikkelpåvirkningen er hovedårsaken til dette. Direkte sammenligninger med resultatene for disse to metodene synes imidlertid lite relevant for Lågen.

### 5.6.2. Tidsutviklingen i fosfor og nitrogenfraksjoner.

Disse forhold er illustrert i fig.16.

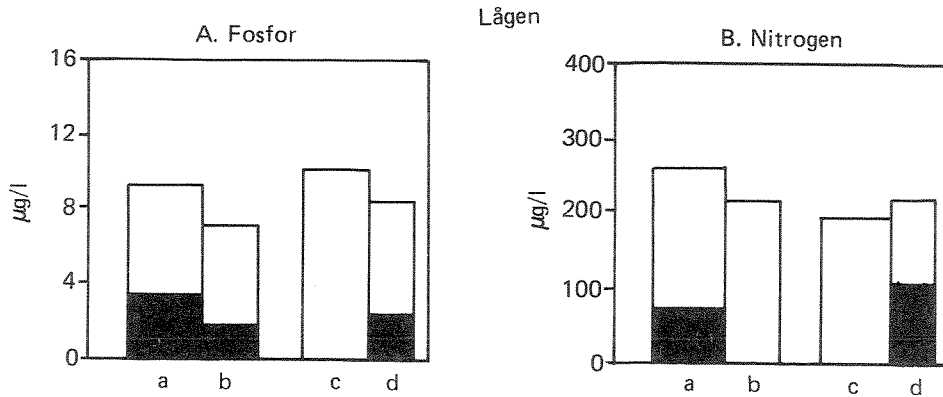


Fig.16. Middelskonsentrasjon av A) totalfosfor og løst fosfor og B) totalnitrogen og nitrat for fire ulike tidsperioder a)1973-78 b)1979-81 c)1983-85 d)1986-87.

Det var ingen store variasjoner eller klare trender i utviklingen av fosforverdiene i Lågen etter 1979. Verdiene for totalnitrogen har vist en svakt synkende tendens i perioden, mens den løste fraksjonen har vist en økning.

### 5.7 Elvetransport til Mjøsa i perioden 1979-87.

På grunn av usikre og lite sammenlignbare analyser for betydningsfulle elver som Gausa og Lågen kan transporten før og etter 1979 ikke relateres direkte. Derfor betraktes kun resultatene av beregningene over de årlige transporter i Lågen, summen av de 6 viktigste elvene og summen av alle 14 elvene (se fig.1) i perioden etter 1979. Dette er vist i fig.17. Beregningsmåten for de 6 viktigste elvene er det redgjort for tidligere i rapporten. Transportene i de resterende 8 elvene ble beregnet på bakgrunn av målinger i 1970-årene. I 1980-årene antas det å ha skjedd små endringer i årlig middelskonsentrasjon i disse elvene da de drenerer vesentlig skogsområder. Et unntak utgjør Mesna da nedleggelsen av Mesna kartongfabrikk i 1981 førte til betydelig nedgang i transporten fra og med 1982.



Transporten i disse 8 mindre betydelige elvene ble derfor estimert som en funksjon av vannføringen (for Mesna 1982-85).

Transporten viser tildels betydelige variasjoner som en funksjon av varierende vanntransport. Det er verd å merke seg at transporten i nedbørrike år som 1979 og 1985 var høy og antagelig av samme størrelse som verdiene før Mjøsaksjonen. En vesentlig forskjell er imidlertid at den løste fraksjon av fosfor er betydelig mindre i 80-årene enn tidlig på 70-tallet.

Middelkonsentrasjonen i elvetilførselene av fosfor viste at variasjonen ikke har vært stor etter Mjøsaksjonen og at nivået ligger mellom 12-18  $\mu\text{g/l}$ .

Lågens store betydning for elvetilførselene er vist i fig.17. Den utgjør ca 60% av elvetilførselen og transporten svinger i takt med summen av alle elvene.

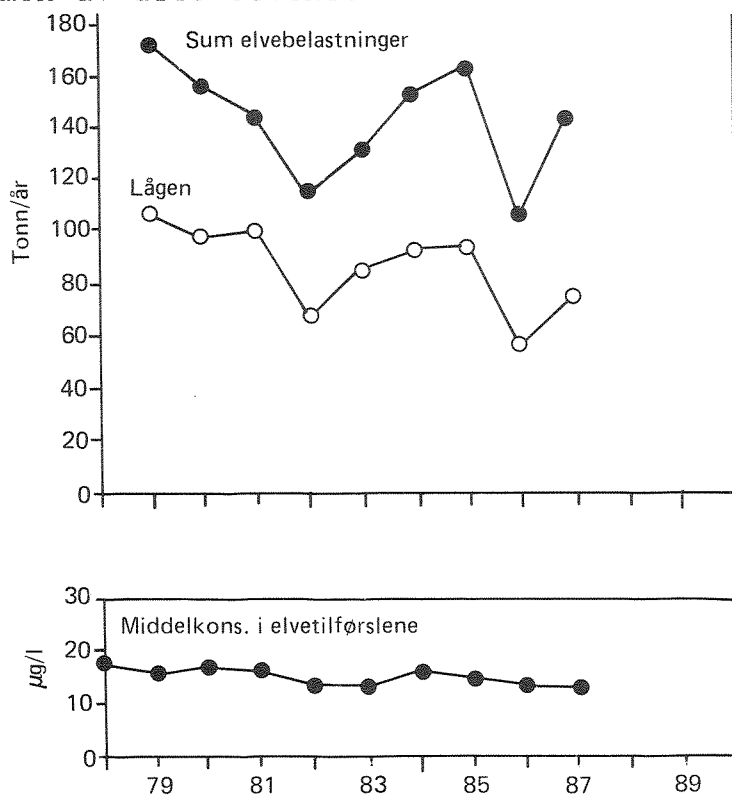


Fig.17 Samlet årlig elvetransport av fosfor til Mjøsa 1973-86

- A. Årlig transport av fosfor i Lågen og for alle 14 tilløpselvene.
- B. Årlig middelkonsentrasjon av fosfor på bakgrunn av samlet elvetransport.

### 5.8. Kjellbergs "miljøorgel" og kvantitative belastningsmodeller som beregningsgrunnlag for Mjøsa's totalbelastning.

Fosforbelastningen til Mjøsa har tidligere blitt vurdert ut fra "Kjellbergs miljøorgel", gitt i tidligere Mjøsrapporter, og Vollenweiders belastningsdiagram fra 1976, senere modifisert i 1979 (vist i fig.18). Vollenweiders utgangspunkt var at observasjoner fra en rekke OECD-land mellom innsjøers trofegrad (subjektivt bestemt), fosforbelastning og middeldyp/vannfornyelse kunne framstilles i et diagram der det kunne trekkes subjektive grenser for kritiske og akseptable tilstander i innsjøene (vist i fig.18 ).

Mjøsa's tilstand eller "trofegrad" ble vurdert ut fra "miljøorgellet" som er en subjektiv syntese av biologiske indikatorer. Denne tilstand ble plassert i diagrammet ved den aktuelle verdi for forholdet mellom middeldyp og oppholdstid ( $z/T_w$ ) i Mjøsa. Ut fra en slik subjektiv vurdering ble fosforbelastningen gitt ut fra diagrammet. I tillegg legges 40 tonn som en korreksjon for årlig transporten av apatitt fosfor i Lågen, da dette antas å være lite biologisk tilgjengelig. På denne måten fremkommer også målsetningen for Mjøsa på 175 tonn fosfor årlig.

Siden har fosforbelastningsmodellene utviklet seg videre og knyttet i dag i hovedsak til algemengden i de fri vannmassene. Spesielt for store innsjøer er det forholdene i de fri vannmassene som dominerer i innsjøens stoffomsetning.

Som et mål på algemengden brukes oftes klorofyll a målinger. De fleste modeller viser gode korrelasjoner mellom klorofyllkonsentrasjonene og fosforkonsentrasjonene i vannmassene. Dette er bakgrunn for bl.a. Vollenweiders siste modeller som også er modifisert av Rognerud, Berge og Johannessen (1979) for store norske innsjøer. Det viktigste framskritt fra de tidligere modellene er at tilstanden kan kvantifiseres. Derved kommer en bort fra det subjektive og kan komme fram til mer internasjonale anvendbare modeller. De kvantifiserbare belastningsmodellene har klare fordeler når det gjelder bruksmuligheter. Her skal følgende nevnes.

a) Størrelsen på de "diffuse tilførselene" kan beregnes som en differanse mellom modellert fosforbelastning og målt elvebelastning. Dette estimatet kan videre ses i sammenheng med de teoretiske beregningene av diffuse tilførsler. Dette er spesielt viktig for Mjøsa som har såvidt<sup>stør</sup> andel av diffuse kilder. På denne måten kan en få et realistisk budsjett over forurensningsbidragene til Mjøsa og gjøre tiltak på de områdene som gir størst effekt.

b) I den kvantifiserbare belastningsmodellen korrigeres det ikke for apatittfosfordelen som også høyst sannsynlig varierer fra år til år. Det fosforet som reagerer under fosforanalysen med persulfat i Lågens vannprøver anses også som potensielt tilgjengelig fosfor for biologisk forbruk. Analyser med persulfatmetoden er bakgrunnen for alle benyttede belastningsmodeller. Det apatitt-fosforet som er så sterkt bundet at det ikke reagerer i analysen er også uinteressant i belastningsmodellene.

c) Det kan være uheldig å knytte Mjøsa's målsetning til 175 tonn/år dersom det ikke gis en del tilleggsopplysninger. Som følge av varierende vanntransport til innsjøen i ulike år kan belastningen svinge fra 175 - 300 tonn/år. Eller sagt på en annen måte er 175 tonn/år ingen realistisk målsetning i regnrrike år. Derfor burde målsetningen vært knyttet til en middelkonsentrasjon i tilløpet. Skal målsetningen på 175 tonn opprettholdes så må dette f.eks. refereres til et normalår m.h.t. nedbør eller et gitt tall for total vanntransport til innsjøen. En målsetning med middelkonsentrasjon i tilløpet kan lett beregnes ut fra den kvantifiserbare belastningsmodellen.

Som en oppsummering kan en si at målsetningen for fosforbelastningen til Mjøsa er 175 tonn P/år i et tilnærmet normalår med hensyn til nedbør. I regnrrike år tåler innsjøen en høyere belastning for å holde målsetningstilstanden, mens grensen er noe lavere i et tørt år. Den kvantifiserbare modellbetraktningen er nødvendig for å beregnes de respektive kildene til Mjøsa da en vesentlig andel skyldes diffuse utslipp. Det anbefales at denne betraktningmåten legges til grunn for det videre arbeidet med fosfor-regnskap for Mjøsa.

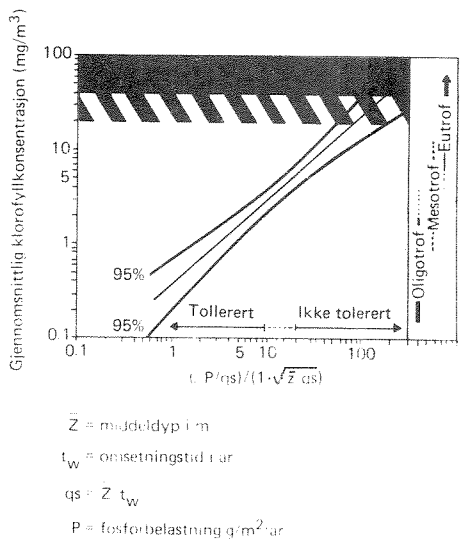
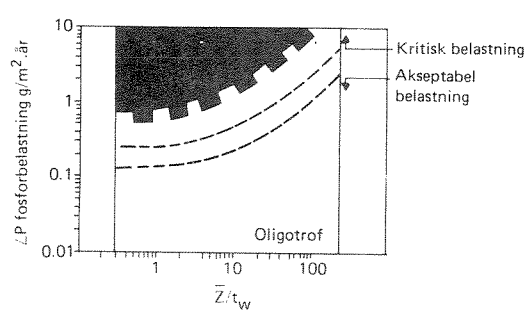
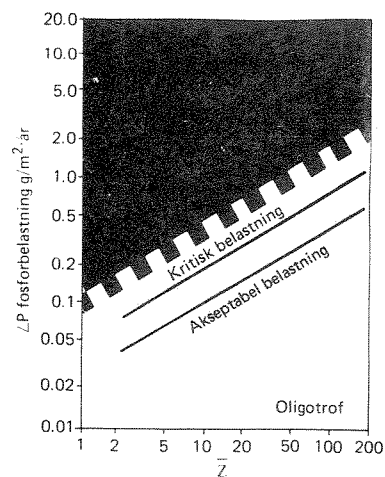
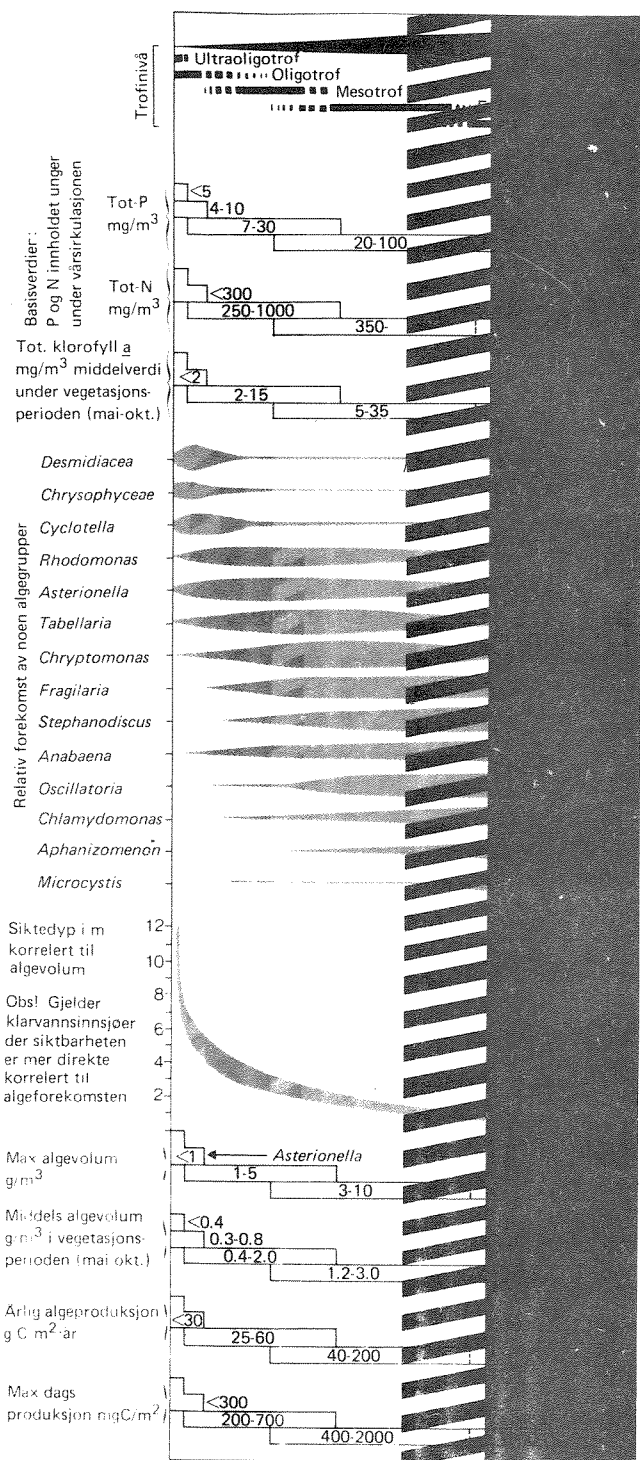


Fig. 18 Vollenweiders eutrofimodeller (1968, 1976) og det såkalte »miljørgel» er gode redskap når det gjelder å bedømme belastning - respons i store og dype innsjøer. Diagrammet har dog sin klare begrensning og må anvendes med varsomhet.

## 5.9 Totalbelastning av Mjøsa 1976-86

### 5.9.1 Valg av beregningsmåte.

En beregning av innsjøens totalbelastning kan gjøres på 2 ulike måter.

1. Summere elvebelastningene og tilførseler fra nærområdene som er skravert i fig.1. Hovedproblemet med denne beregningsmåten er at beregningen av tilførselene fra nærområdene må bli teoretiske og svært usikre. Her inngår både tilførsler fra skogsområder, jordbruk, kloakk vann fra tettsteder og byer samt industriutslipp i den utstrekning de går direkte ut. I tillegg innbefatter posten "nærområder" også utslippene fra alle renseanleggene. Dessuten er beregningen før 1979 lite sammenlignbare med forholdene etter slik som tidligere kommentert.
2. Den andre måten tar utgangspunkt i forholdene i innsjøen. Den biologiske responsen i form av algemengde er det sikreste svaret på størrelsen av belastningen. Ved hjelp av en empirisk belastningsmodell som tar utgangspunkt i algemengden kan totalbelastning de respektive årene estimeres. En annen fordel med denne beregningsmåten er at posten "belastning fra nærområder", også kalt "diffus belastning", kan kvantifiseres som en differanse mellom den modellerte totalbelastning og "elvebelastning". Derved kan en verdi beregnes for belastning fra nærområdene og en har et brukbart grunnlag for en videre separasjon av kilder innen denne posten. Denne fremgangsmåten velges derfor i den videre beregningen.

## 5.9.2 Datagrunnlaget for belastningsberegningen.

På bakgrunn av en empirisk modell utviklet av Rognerud, Berge og Johannessen (1979), gitt i ligningsettene nedenfor, kan belastningen av Mjøsa indirekte beregnes. Modellen er utviklet for store innsjøer på Østlandet, der også Mjøsa er en del av datagrunnlaget. En har følgende relasjoner:

$$(1) \text{kl.a} = 0,42 P - 0,93$$

P = middelkons. i innsjøen  
 kl.a = middelkons. av  
 klorofyll i epilimnion i  
 produksjonsesongen.

$$(2) \log P/P_i = -0,029 Tw - 0,2$$

P<sub>i</sub> = middelkons. i innløpet  
 Tw = teoretisk oppholdsted

Ved beregningen av middelkonsentrasjonen av klorofyll a (kl.a) er innsjøen delt i 5 områder og målinger innen disse er tillagt vekt i henhold til en arealmessig fordeling etter nedenforstående tabell.

Område	Benevnelse	Areal	% av tot.areal	Stasjoner
1	Nordre del	54,3 km <sup>2</sup>	15	Vingrom, Brøttum
2	Ringsakerfj./ Kappfj.	97,7 km <sup>2</sup>	27	Ringsakerfj., Gjøvik, Kise
3	Furnesfj./ Hamarbukta	50,7 km <sup>2</sup>	14	Furnesfj., Hamarfjorden
4	Sentrale del	90,5 km <sup>2</sup>	25	Hovedstasjonen ved Skreia
5	Søndre del	68,8 km <sup>2</sup>	19	Tangenvika, Morskogen

Resultatet av beregningene for både kl.a og P er gitt i tabell i vedlegget. Klorofyll-data foreligger fra og med 1976, men i perioden 1982-86 foreligger kun data fra områdene 3 og 4. I dette sistnevnte tilfelle er en middelkonsentrasjon for innsjøen beregnet ut fra området 3 og 4 multiplisert med en

faktor (0,93) som er vurdert ut fra de år en har data fra alle stasjonene. Det er viktig at middelkonsentrasjonen av klorofyll tar hensyn til situasjonen i hele innsjøen og ikke bare de sentrale områdene.

Verdiene i område 1 er også estimert ut fra vannføringsmønsteret i Lågen da observasjoner har vist at mengden i denne delen er omvendt korrelert til vannføringen på sensommeren.

Fosforanalysene fra Mjøsas vannmasser er svært usikre og lite sammenlignbare (kap. 5.8.2.). De er derfor ikke brukt som grunnlag for belastningsestimaterne. Det antas at presisjonen i klorofyllmålingene er langt bedre over den perioden undersøkelsen har foregått.

### 5.9.3 Belastningsberegninger

Resultatene av belastningsberegningene er gitt i vedlegget, og illustrert i fig.18.

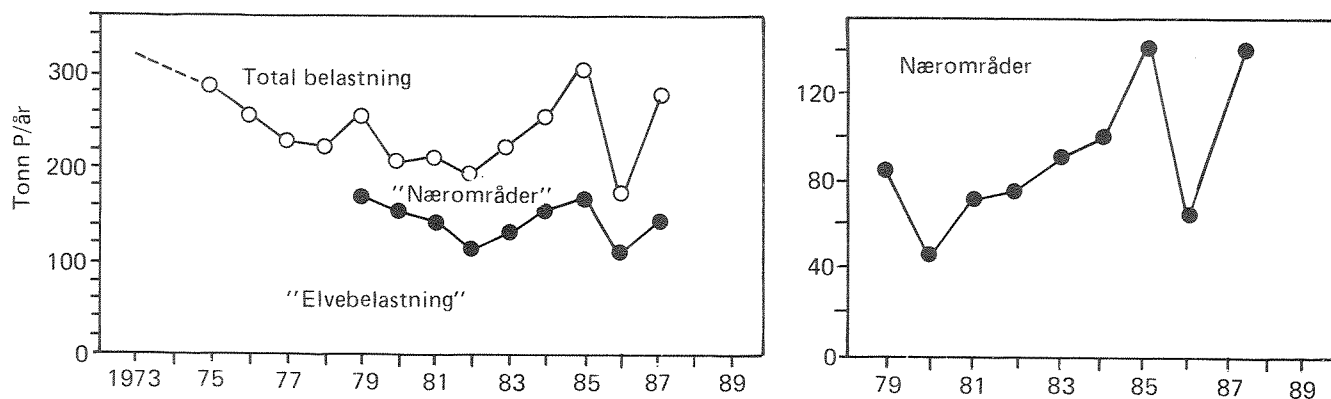


Fig.19. Belastning av Mjøsa 1973-86

- Total belastning modellert ut fra klorofyllkonsentrasjonen, samt elvebelastning og belastning fra nærområdene.
- Belastning fra nærområdene eller "diffus belastning" beregnet som differansen mellom de to kurvene i A.

Andelen "belastning fra nærområdene" økte fram til en topp i det nedbørrike året 1985. En markert nedgang skjedde i 1986 på grunn av en lav årstransport av vann. I 1987 er verdiene igjen på nivå med 1985 som følge av stor vanntransport i nærnedbørfeltet. Årene 1985 og 1986 kan tas som ytterpunkter på denne belastningen i dag. Som en ser er svingningene betydelig fra 60 til 143 tonn. Ut fra utviklingen i 80-årene synes det rimelig å anta en tilførsel på ca 70 tonn fra nærområdene i et år med tilnærmet normal vanntilførsel.

Hvordan samsvarer dette med de verdier en får ved en teoretisk beregning av delkildene fra nærområdene? Transporten fra disse områdene kan splittes i følgende kilder.

a) Skogs/myrareal	595 km <sup>2</sup> * 5 kg/km <sup>2</sup>	= 3 tonn
b) Jordbruksareal	270 km <sup>2</sup> * 60 kg/km <sup>2</sup>	= 16 tonn
c) Industri (Potetmelind. + treforedl.)		= 10-20 tonn
d) Direkte utslipp av kloakk og utslipp renseanlegg		= 25 tonn
e) Belastning på innsjøoverfl.	365 km <sup>2</sup> * 20 kg/km <sup>2</sup>	= <u>7 tonn</u>
	Tilsammen	= <u>60-70 tonn</u>

Beregningene tar utgangspunkt i eksportkoeffisienter målt i Svartelva og Flagstadelva for punkt a) og b). Punkt c) tar utgangspunkt i siste års målinger og beregninger og d) Sivilingeniør Elliot Strømmes A/S rapport om kloakktilførsler (Humberset 1986).

Punkt e) er estimat benyttet i tidligere beregninger.

Med andre ord gir begge beregningsmåter tilnærmet samme resultat i et normalår. I et regnrikt år øker alle ovenforstående poster. Spesielt bør post d) nevnes da erfaringer fra f.eks. HIAS-anlegget viser at relativt mindre kloakkvann tilføres renseanlegget under regnrrike situasjoner.

Vi kan derfor konkludere med at den overnevnte relative fordeling synes rimelig i et tilnærmet normalår, men at denne



høyst sannsynlig endres i regnrike år. Da øker også totalbidraget fra nærområdene på samme måte som for elvetilførslene.

Gitt et normalår med hensyn til vanntransport så er det rimelig å anta at totalbelastningen før Mjøsaksjonen var ca 320 tonn og at denne sank til ca 220 tonn like etter aksjonen og har siden ligget i dette området, dog med en viss økning fra 1983. (fig.18 A). I vannrike år derimot, slik som i 1985, øker belastningen opp til verdier på størrelse med situasjon før aksjonen. Sammenlignes det vannrike året 1979 med 1985 ser vi også at transporten synes å ha økt ved slike situasjoner i den seinere tiden. Dette er igjen et eksempel på at situasjon var best like etter aksjonen.

#### 5.9.4. Relasjonen mellom algemengde, tilført vannmengde og fosforbelastning.

På bakgrunn av tidligere nevnte empirisk belastningsmodell (Rognerud et.al. 1979) kan endringer i middelkonsentrasjon (basiskonsentrasjon) som funksjon av endrede tilførsler beregnes. For Mjøsa's vedkommende vil en økning på 1 ug/l fosfor i vannmassene tilsvare en økning i belastningen på ca 20 tonn/år i et normalår m.h.t. nedbør i en ny "steady state" situasjon.

En endring av årlig middelkonsentrasjon i vannmassene (basiskons.) vil ha konsekvenser for utviklingen av algemengden. Generelt er det vist at disse har en god positiv sammenheng for mange innsjøer i Europa og Amerika (Vollenweider 1968,1976).

For Mjøsa har det vært et problem å få gode estimater av basiskonsentrasjonen i perioden 1973-87 på grunn av ulik analysemetodikk, forskjellige laboratorier med ulikt analyseapparat og forskjellig kvalifisert analysepersonell. I tillegg har en hatt varierende prosedyrer på konservering av prøver og ulik lagringstid gjort at usikkerheten i analysene er for store til at sikre utviklingstrender i basiskonsentrasjonen kan

dokumenteres. Dette forholdet kan illustreres med et eksempel:

Med utgangspunkt i de antall prøver som hvert år ligger til grunn for beregning av basiskonsentrasjonen, representativitet i prøvetakningen og usikkerheter i analysen er det rimelig å anta en 20% usikkerhet på middelveidien. Dersom vi tar utgangspunkt i en basiskonsentrasjon på 8 ug/l så gir dette en variasjonsbredde på 6,4 - 9,6 ug/l som tilsvarer en variasjon i tilførselene på ca 80 tonn/år i en "steady state" situasjon under et normalår m.h.t. nedbør.

Totalbelastningen av innsjøen er ca 200 tonn i et "normalår" slik at "usikkerhetsområdet" 80 tonn utgjør hele 40% av totalbelastningen.

Med bakgrunn i dette eksemplet og at sammenligningen mellom ulike år introduserer nye usikkerheter (som ovenfor nevnt) er det rimelig at en ikke kan forvente at reduksjonen i belastningen som følge av Mjøsaksjonen ville kunne gi en statistisk signifikant endring i basiskonsentrasjonen i det datamaterialet en har for Mjøsa. Følgelig vil også regresjoner mellom basiskonsentrasjonene og algemengder gi lave korrelasjonskoeffisienter i den databasen en har for Mjøsa i tidsrommet 1973-87.

Langt bedre muligheter for å forklare endringer i algemengden mellom ulike år finnes ved å betrakte forholdene i epilimnion under stagnasjonsperioden. Med dannelsen av den termiske sjiktningen blir kun en liten del av innsjøens volum (ca 1/10) utsatt for tilførselene fra nedbørfeltet og konsentrasjonene av fosfor kan stige til 2-3 ganger basiskonsentrasjonen i dette øvre sjiktet i enkelte år. Dette skjer fordi tilløpselvene og de direkte utslipp er betydelig mer konsentrert enn vannet i innsjøen.

På grunn av en større spennvidde i fosforverdiene og at målingene er mer tidssynkroniserte gir epilimnions fosforverdier og algemengden i Mjøsa en god sammenheng med betydelig høyere

forklaringsgrad enn tilfelle var for basiskonsentrasjonen.

For utviklingen av algekonsentrasjonen i Mjøsa etter Mjøsaksjonen antas tre hovedforhold å kunne spille inn.

- a) tilførselene av næringsrikt vann fra nedbørfeltet under vekstsesongen
- b) stabilitetsforholdene i de øvre vannmasser og utviklingen av termoklinen med en stadig større epilimnion utover sommeren.
- c) biologiske interaksjoner

I denne rapporten skal algemengdens variasjon i de ulike år etter Mjøsaksjonen (fra og med 1979) sees i sammenheng med fosfortilførselene.

Det finnes ikke data om fosfortransporten fra alle de viktigste Mjøsølvne i hele perioden 1979-87. De årene det er foretatt målinger viser det seg at fosfortransporten i Mjøsølvne etter Mjøsaksjonen er godt korrelert til vannføringen. Dette fordi at konsentrasjonene varierer mye mindre enn variasjonene i vannføringen på årsbasis.

Dersom en betrakter vanntransporten til epilimnion fra Mjøsølvne under vekstsesongen så vil dette også være et indirekte mål på fosforbelastningen. Derved er det mulig å se hele perioden under ett for "elvebelastning" og korrelere denne til algekonsentrasjonen for alle årene etter Mjøsaksjonen. Resultatene er vist for alle ølvne eksklusive Lågen i fig. 19A og inklusive Lågen i 19 B.

Årsaken til at perioden juli-september er valgt for vanntransporten er at innsjøen er sjiktet i denne perioden og at den også utgjør den egentlige vekstsesongen for algene. I oktober og november er det fortyninger som følge av sprangsjiktets gradvise nedtrenging og utvisking som er dominerende.

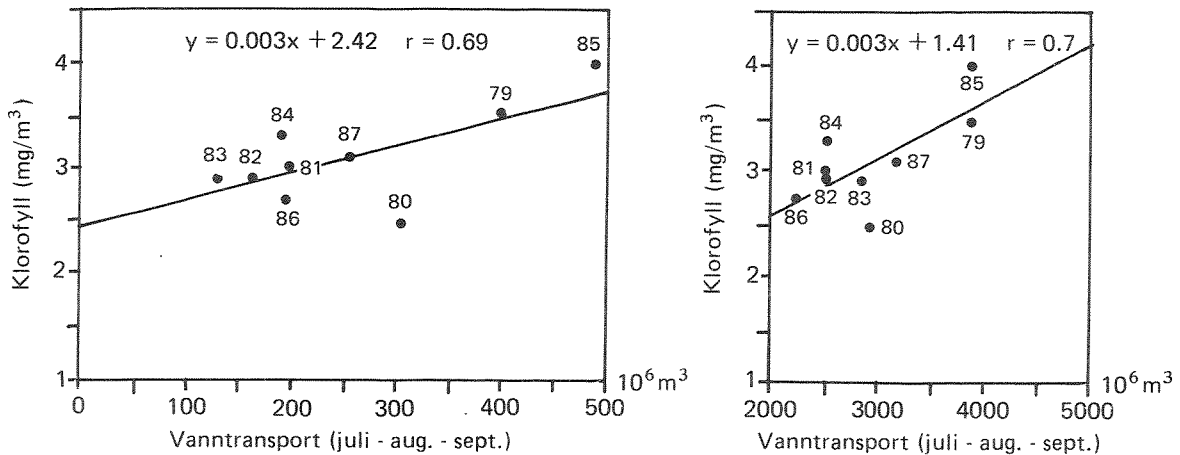


Fig.20 Sammenhengen mellom tids- og arealveid middelkonsentrasjon av klorofyll a i vekstsesongen etter Mjøsaksjonen og vanntransporten i perioden juli-september fra Mjøselvene eksklusive Lågen (19A) og inklusive Lågen (19B)

Relasjonene viser klart at vanntransporten og derved fosfortransporten til epilimnion under sommerperioden kan forklare mye av den algemengden som ble utviklet i innsjøen. Stabiliteten i vannmassene sesongen sett under ett har ikke variert markert i disse årene bortsett fra i 1980. Dette året var preget av ekstremt lite vind med høy stabilitet i vannmassene. Dette førte til at kiselalgene sedimenterte ut av overflatesjiktet og fikk aldri den turbulensen og sirkulasjonen de er avhengig av for å utvikle en høy biomasse utover sommeren. Det er derfor rimelig å anta at de lave algemengdene i 1980 i hovedsak var forårsaket av de uvanlige meteorologiske forholdene denne sommeren. Dersom 1980 utelukkes i regresjonsanalysen (fig.19A) stiger koeffisienten fra  $r=0.69$  til  $r=0.90$ .

Generelt sett ser det ut til at det som skjer med hensyn til fosfortransport i sommer/høstperioden fra nærnedbørfeltet er viktig for den algemengden som utvikles i innsjøen nå etter Mjøsaksjonen. I regnrrike somre er sjansen for utvikling av uønskede tilstander størst. Det gjelder å begrense utslippene og overvåke disse nøye slik at middelkonsentrasjonen i tilførselen ikke stiger i regnrrike år. Da kan en raskt ende opp i situasjoner med uakseptabelt høg algemengde og stort innslag av blågrønnalger.

Lågens vanntransport i sommerhalvåret varierer i hovedsak i takt med vanntransporten i småelvene rundt innsjøen. Dette kalles kovarians og analysen gitt i fig.19B viser at forklaringsgraden ikke endres med Lågen inkludert. Konsentrasjonsmålingene viser at Lågen fungerer som en fortynner av epilimnions fosfor-konsentrasjon, mens småelvene bygger denne opp. Dette er helt avgjørende forhold for forståelsen av tilstandsutviklingen i innsjøen. En økt vannføring i Lågen sommerstid vil bidra til å redusere fosforkonsentrasjonen i Mjøsas epilimnion, mens mye vann i småelvene vil bygge den opp.

Utviklingen etter Mjøsaksjonen er ganske ulik situasjonen før Mjøsaksjonen. De store direkte utslippene til innsjøen før aksjonen førte til de største algeoppblomstringene i varme fine somre med lite nedbør. Dette situasjonsbilde forsvant med saneringen av utslippene. I dag utvikles de høyeste algemengdene under regnrrike somre mens nær akseptable tilstander utvikles i nedbørsfattige varme somre. Mjøsaksjonen har derfor ført til svært positive resultater for innsjøen da den i dag har en mer naturlig rytme der transporten fra nedbørfeltet og ikke direkte utslipp i like stor grad styrer utviklingen i innsjøen.

## 6. LITTERATURLISTE

Hunnselva

- Kjellberg, G. 1983: Rutineundersøkelse i Hunnselva 1982.  
Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT).  
Rapp.nr. 104/83. NIVA 0-8000224
- Kjellberg, G. 1984: Rutineundersøkelse i Hunnselva 1983.  
Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT).  
Rapp.nr. 157/84. NIVA 0-8000224
- Kjellberg, G. og Rognerud, S. 1985: Tiltaksorientert overvåkning  
i Hunnselva 1984. Statlig program for forurensnings-  
overvåkning (SFT). Rapp.nr. 203/85. NIVA 0.8000224.

Gudbrandsdalslågen

- Kjellberg, G. 1982: Rutineundersøkelse i Gudbrandsdalslågen i  
1981. Statlig program for forurensningsovervåkning  
(SFT) Rapp. nr. 53/82. NIVA 0-8000218.
- Kjellberg, G. 1983: Rutineundersøkelse i Gudbrandsdalslågen i  
1982. Statlig program for forurensningsovervåkning  
(SFT). Rapp. nr. 94/83. NIVA 0-8000218.
- Kjellberg, G. 1984: Rutineundersøkelse i Gudbrandsdalslågen i  
1983. Statlig program for forurensningsovervåkning  
(SFT). Rapp. nr. 149/84. NIVA 0-8000218.
- Kjellberg, G. 1985: Tiltaksorientert overvåkning i Gudbrands  
dalslågen ved Fåberg 1984. Statlig program for  
forurensningsovervåkning (SFT). Rapp. nr. 190/85.  
NIVA 0-8000218.

Mjøsa

Holtan, H et.al. Mjøsprosjektet:

1973	Fremdriftsrapport 3a:	Undersøkelser i 1972.	NIVA 0-91/69
1974	- " -	4 : Undersøkelser i 1973.	NIVA 0-91/69
1975	- " -	5 : Undersøkelser i 1974.	NIVA 0-91/69
1976	- " -	6 : Undersøkelser i 1975.	NIVA 0-91/69
1977	- " -	7 : Undersøkelser i 1976.	NIVA 0-91/69
1978	- " -	8 : Undersøkelser i 1977.	NIVA 0-91/69
1979	- " -	9 : Undersøkelser i 1978.	NIVA 0-91/69
1980	- " -	10 : Undersøkelser i 1979.	NIVA 0-91/69

Holmen, A et.al 1977. Teoretisk beregning av forurensnings tilførseler til Mjøsa og Vorma. NIVA 0-91/69

Holtan, H et.al 1979. Mjøsprosjektet. Hovedrapport for 1971-76. NIVA 0-69091.

Holtan, H et.al. 1980. Gudbrandsdalslågen og Mjøsa. Resipient vurderinger i forbindelse med reguleringsinngrep i Jotunheimen. NIVA 0-79079.

Kjellberg, G. 1982. Overvåkning av Mjøsa. Bakgrunnsdata, historikk og videreføring. Statlig program for forurensnings overvåkning (SFT). Rapp. nr. 54/82. NIVA 0-8000203

Kjellberg, G. 1986. Overvåkning av Mjøsa. Sammendrag, trender og kommentarer 1976-85. Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT). Rapp.nr. 241/86. NIVA 0-8000203

Andre rapporter

Rognerud, S et.al 1979. Telemarkvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelser i perioden 1975-79. NIVA 0-70112

Ensby, S et.al 1985. Forurensningstilførseler til Mjøsa. Fosfor avrenning fra jordbruket. Rapp.nr. 0.71.3200.  
Institutt for Geogressurs- og Forurensningsforskning. As.

Humberset, P.O. 1986. Undersøkelse av Mjøsa og Gudbrandsdalslågen 1985. Beregning av fosfortilførsel. Rapp.nr. 3030/POH/EGr. SIVILINGENIØR ELLIOT STRØMME A.S.

Vollenweider, R.A. 1968. Scientific fundamentals of the eutrofication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrofication. Organ.Econ.Coop.Dev. Paris.Tech.Rep. DAS/CSJ/68.27 132 pp.

Vollenweider, R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrofication. Mem.Ist.Ital.Idrobiol. 33 pp. 53-83.



V E D L E G G

FLAGSTADELVA  
1986

MÅNED	PO4-P KG	TOT-P KG	NO3-N KG	TOT-N KG	QMANED mill.m3
1	35.6	45.8	10686.9	12722.5	5.1
2	8.5	14.5	2419.2	2540.2	1.2
3	36.6	68.9	11519.2	12916.9	5.6
4	188.3	639.7	14977.1	19597.6	4.5
5	441.0	1464.3	16597.2	42855.7	46.5
6	18.3	83.5	5070.8	8676.3	6.2
7	0.2	2.3	546.5	704.3	0.2
8	106.2	250.7	2470.9	9699.3	9.1
9	6.8	24.6	2242.5	4146.4	2.3
10	24.2	444.7	1675.4	6161.5	8.0
11	18.6	67.9	3830.4	4833.3	3.6
12	66.2	150.2	19514.8	24396.2	10.7
SUM	950.	3257.	91551.	149250.	103.0

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q*C)/SQ$

MÅNED	PO4-P MYG/L	TOT-P MYG/L	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	QMANED m3/s
1	7.0	9.0	2100.0	2500.0	1.9
2	7.0	12.0	2000.0	2100.0	0.5
3	6.5	12.3	2048.0	2296.5	2.1
4	42.0	142.7	3341.3	4372.1	1.7
5	9.5	31.5	357.2	922.4	17.7
6	2.9	13.4	811.9	1389.1	2.4
7	1.0	9.7	2308.8	2975.6	0.1
8	11.7	27.5	271.4	1065.2	3.5
9	2.9	10.7	975.0	1802.8	0.9
10	3.0	55.6	209.4	770.3	3.0
11	5.2	19.1	1074.8	1356.1	1.4
12	6.2	14.0	1819.0	2274.0	4.1
ÅR	9.2	31.6	888.4	1448.4	3.3

SVARTELVA  
1986

MÅNED	PO4-P KG	TOT-P KG	NO3-N KG	TOT-N KG	QMANED mil.l.m3
1	49.7	212.9	11356.4	35488.7	14.2
2	56.6	174.2	6967.3	21772.7	8.7
3	84.2	343.4	10795.7	25310.9	13.0
4	308.6	1880.6	42758.0	61134.8	16.8
5	1426.2	3304.0	39471.7	106578.3	87.9
6	58.8	184.0	5207.1	9924.9	8.8
7	2.6	18.5	122.9	598.4	0.9
8	104.2	172.3	2243.5	5189.5	5.6
9	10.2	39.2	1164.8	2600.8	2.2
10	23.8	1076.2	1238.6	9569.8	5.8
11	36.9	154.3	5076.7	7149.6	6.3
12	158.0	540.0	27468.5	39571.0	25.6
SUM	2320.	8100.	153871.	324890.	195.9

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q*C)/SQ$

MÅNED	PO4-P MYG/L	TOT-P MYG/L	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	QMANED m3/s
1	3.5	15.0	800.0	2500.0	5.4
2	6.5	20.0	800.0	2500.0	3.3
3	6.5	26.5	833.0	1953.0	4.9
4	18.4	112.1	2549.4	3645.1	6.4
5	16.2	37.6	448.9	1212.1	33.5
6	6.7	20.9	591.0	1126.4	3.4
7	3.0	21.4	142.2	692.6	0.3
8	18.5	30.5	397.7	919.9	2.1
9	4.6	17.8	526.8	1176.3	0.8
10	4.1	185.1	213.0	1645.8	2.2
11	5.8	24.4	801.7	1129.1	2.4
12	6.2	21.1	1071.7	1543.8	9.8
ÅR	11.8	41.4	785.6	1658.7	6.2

HUNNSELVA  
1986

MÅNED	NO3-N KG	TOT-N KG	TOT-P KG	PO4-P KG	QMANED mil.l.m3
1	10927.9	16665.1	1056.4	327.8	9.1
2	7814.0	16039.3	575.8	189.2	8.2
3	170469.0	286300.5	17629.7	6556.5	145.7
4	22097.9	29996.3	1097.9	481.9	7.8
5	81073.6	139520.3	4486.9	556.1	59.2
6	9772.3	17746.9	821.2	84.6	12.0
7	3287.1	8104.8	432.5	38.7	4.7
8	7025.1	10838.8	465.6	64.6	7.5
9	7125.9	11826.4	480.2	47.0	6.6
10	67313.1	127017.4	5819.2	568.0	69.2
11	15355.0	26414.0	730.3	149.6	12.1
12	15834.1	21453.0	705.7	167.4	11.5
SUM	418095.	711923.	34301.	9231.	157.4

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	QMANED m3/s
1	1200.0	1830.0	116.0	36.0	3.5
2	950.0	1950.0	70.0	23.0	3.1
3	1170.0	1965.0	121.0	45.0	55.5
4	2815.2	3821.5	139.9	61.4	3.0
5	1370.4	2358.4	75.8	9.4	22.5
6	813.6	1477.5	68.4	7.0	4.6
7	701.3	1729.1	92.3	8.2	1.8
8	933.2	1439.8	61.8	8.6	2.9
9	1079.9	1792.3	72.8	7.1	2.5
10	973.4	1836.8	84.2	8.2	26.3
11	1270.5	2185.6	60.4	12.4	4.6
12	1371.1	1857.7	61.1	14.5	4.4
ÅR	1182.2	2013.1	97.0	26.1	11.2

LENA  
1986

MÅNED	NO3-N KG	TOT-N KG	TOT-P KG	PO4-P KG	QMANED mill.m3
1	15684.7	29826.7	222.8	68.6	8.6
2	14795.7	20543.7	345.9	154.3	5.3
3	16887.2	27124.0	842.6	302.9	7.0
4	16278.7	17143.3	290.7	82.8	2.6
5	111455.2	261354.8	6221.6	882.0	72.1
6	8366.7	11063.7	133.3	26.1	5.0
7	263.5	641.5	16.6	7.0	0.2
8	22451.6	33032.1	414.2	106.4	14.5
9	11259.7	15430.7	172.6	43.7	5.1
10	6299.6	10135.8	471.2	17.4	4.4
11	28847.7	39962.4	624.1	79.9	13.8
12	19522.5	26178.4	378.9	36.4	6.7
SUM	272113.	492437.	10135.	1808.	145.2

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	QMANED m3/s
1	1830.0	3480.0	26.0	8.0	3.3
2	2780.0	3860.0	65.0	29.0	2.0
3	2425.0	3895.0	121.0	43.5	2.7
4	6316.2	6651.7	112.8	32.1	1.0
5	1545.2	3623.4	86.3	12.2	27.5
6	1669.6	2207.8	26.6	5.2	1.9
7	1540.0	3749.2	96.8	41.2	0.1
8	1543.3	2270.6	28.5	7.3	5.5
9	2228.1	3053.5	34.2	8.7	1.9
10	1422.4	2288.6	106.4	3.9	1.7
11	2097.5	2905.7	45.4	5.8	5.2
12	2918.6	3913.6	56.6	5.4	2.5
ÅR	1873.8	3391.0	69.8	12.4	4.6

GAUSA  
1986

MÅNED	NO3-N KG	TOT-N KG	TOT-P KG	PO4-P KG	QMANED mill.m3
1	8854.8	9730.1	61.1	20.4	10.2
2	4237.5	7619.1	42.1	14.0	7.0
3	8533.5	15167.9	134.7	52.8	15.0
4	32013.9	33852.7	252.0	79.4	10.0
5	73306.9	181930.6	5733.9	811.3	165.3
6	15614.5	21567.0	236.1	87.1	43.6
7	5989.5	6864.9	40.4	24.9	9.5
8	12936.1	25234.2	494.7	129.6	64.8
9	8768.2	15991.7	221.1	69.2	34.6
10	14440.5	22276.5	473.9	92.9	35.9
11	28388.4	32550.4	354.0	134.5	34.0
12	47717.6	56097.5	343.6	167.4	49.1
SUM	260801.	428882.	8388.	1684.	479.1

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q*C)/SQ$

MÅNED	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	QMANED m3/s
1	870.0	956.0	6.0	2.0	3.9
2	604.0	1086.0	6.0	2.0	2.7
3	567.3	1008.4	9.0	3.5	5.7
4	3186.0	3369.0	25.1	7.9	3.8
5	443.4	1100.5	34.7	4.9	62.9
6	358.4	495.0	5.4	2.0	16.6
7	627.9	719.7	4.2	2.6	3.6
8	199.6	389.3	7.6	2.0	24.7
9	253.3	462.0	6.4	2.0	13.2
10	402.3	620.7	13.2	2.6	13.7
11	834.8	957.2	10.4	4.0	12.9
12	972.0	1142.7	7.0	3.4	18.7
ÅR	544.3	895.1	17.5	3.5	15.2

LÅGEN  
1986

MÅNED	NO3-N KG	TOT-N KG	TOT-P KG	PO4-P KG	QMANED mill.m3
1	47150.6	65374.4	1446.3	578.5	289.3
2	49845.2	74279.1	1466.0	733.0	244.3
3	31048.3	48410.0	1137.0	561.4	227.4
4	28270.8	36734.7	727.2	318.9	159.4
5	233419.8	470329.4	23366.1	3452.9	1362.5
6	142357.2	270481.2	10870.4	2899.0	1449.5
7	45984.3	91719.7	3282.6	1263.3	631.6
8	71060.4	138412.7	7481.2	1923.0	961.5
9	30258.4	71358.4	1914.1	813.3	406.7
10	39303.1	79495.9	2221.6	820.8	410.4
11	43911.3	67571.6	1988.5	1444.6	321.9
12	60760.8	84379.2	1838.6	897.3	367.7
SUM	823370.	1498546.	57740.	15706.	6832.3

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	NO3-N MYG/L	TOT-N MYG/L	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	QMANED m3/s
1	163.0	226.0	5.0	2.0	110.1
2	204.0	304.0	6.0	3.0	93.0
3	136.5	212.9	5.0	2.5	86.6
4	177.3	230.4	4.6	2.0	60.7
5	171.3	345.2	17.1	2.5	518.8
6	98.2	186.6	7.5	2.0	551.9
7	72.8	145.2	5.2	2.0	240.5
8	73.9	144.0	7.8	2.0	366.1
9	74.4	175.5	4.7	2.0	154.8
10	95.8	193.7	5.4	2.0	156.3
11	136.4	209.9	6.2	4.5	122.5
12	165.2	229.5	5.0	2.4	140.0
ÅR	120.5	219.3	8.5	2.3	216.7

FLAGSTADELVA  
1987

MÅNED	TOT-P KG	PO4-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	6.5	2.2	2134.8	1493.3	720.0
2	2.3	1.5	749.7	580.9	290.0
3	14.1	7.7	4011.5	2868.5	1280.0
4	957.4	431.7	52274.2	35888.6	16530.0
5	488.6	137.6	23419.7	11162.9	29640.0
6	457.5	95.4	38975.5	28306.5	21610.0
7	24.6	4.2	7223.5	6120.1	2000.0
8	72.6	25.5	5603.8	2784.5	4920.0
9	287.7	46.8	14971.7	7691.1	13450.0
10	768.3	234.0	46192.3	35245.8	28520.0
11	154.2	34.8	23055.6	18000.9	8550.0
12	30.6	9.8	9131.3	6759.3	2750.0
SUM	3264.	1031.	227744.	156902.	130260.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q*C)/SQ$

MÅNED	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	9.0	3.0	2965.0	2074.0	274.1
2	8.0	5.0	2585.0	2003.0	110.4
3	11.0	6.0	3134.0	2241.0	487.3
4	57.9	26.1	3162.4	2171.1	6293.4
5	16.5	4.6	790.1	376.6	11284.7
6	21.2	4.4	1803.6	1309.9	8227.5
7	12.3	2.1	3611.8	3060.0	761.5
8	14.8	5.2	1139.0	566.0	1873.2
9	21.4	3.5	1113.1	571.8	5120.8
10	26.9	8.2	1619.6	1235.8	10858.3
11	18.0	4.1	2696.6	2105.4	3255.2
12	11.1	3.6	3320.5	2457.9	1047.0
ÅR	25.1	7.9	1748.4	1204.5	4130.5



SVARTELVA  
1987

MÅNED	TOT-P KG	PO4-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	37.4	10.0	3600.5	2211.1	2490.0
2	9.9	4.0	1643.4	751.4	990.0
3	62.0	21.7	4671.7	2157.6	3100.0
4	2380.8	434.5	132841.9	92052.1	42760.0
5	1370.0	302.0	62739.0	32150.9	51960.0
6	1640.4	233.3	87710.7	61535.3	43960.0
7	124.1	24.6	8250.2	5199.5	5800.0
8	138.7	32.8	6667.3	3399.2	6370.0
9	749.8	118.4	33238.5	17474.4	23530.0
10	4289.2	702.8	102431.3	60517.5	53240.0
11	405.0	136.7	34895.0	23240.3	15600.0
12	61.8	26.2	8558.7	6229.9	4120.0
SUM	11269.	2047.	487248.	306919.	253920.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	15.0	4.0	1446.0	888.0	948.0
2	10.0	4.0	1660.0	759.0	376.9
3	20.0	7.0	1507.0	696.0	1180.3
4	55.7	10.2	3106.7	2152.8	16279.8
5	26.4	5.8	1207.4	618.8	19782.5
6	37.3	5.3	1995.2	1399.8	16736.7
7	21.4	4.2	1422.4	896.5	2208.2
8	21.8	5.2	1046.7	533.6	2425.2
9	31.9	5.0	1412.6	742.6	8958.5
10	80.6	13.2	1924.0	1136.7	20269.9
11	26.0	8.8	2236.9	1489.8	5939.3
12	15.0	6.4	2077.3	1512.1	1568.6
ÅR	44.4	8.1	1918.9	1208.7	8051.8

GAUSA  
1987

MÅNED	TOT-P KG	PO4-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	112.4	18.7	17915.4	16397.5	18740.0
2	98.7	65.8	17864.7	9935.8	16450.0
3	112.5	48.2	11699.0	9722.3	16070.0
4	1323.3	281.3	81552.1	70787.4	39650.0
5	4627.4	548.7	70996.6	47899.6	162840.0
6	1866.7	320.0	73227.3	40741.9	143590.0
7	217.8	46.8	14094.6	10808.9	25980.0
8	152.7	45.4	15196.1	11088.3	30260.0
9	837.4	67.4	31313.8	18836.9	57800.0
10	1734.0	257.5	127662.9	106690.5	175700.0
11	293.5	74.3	36333.2	31720.2	34990.0
12	112.4	28.1	19302.2	16678.6	18740.0
SUM	11489.	1802.	517158.	391308.	740810.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	6.0	1.0	956.0	875.0	7134.8
2	6.0	4.0	1086.0	604.0	6262.9
3	7.0	3.0	728.0	605.0	6118.3
4	33.4	7.1	2056.8	1785.3	15095.8
5	28.4	3.4	436.0	294.2	61997.4
6	13.0	2.2	510.0	283.7	54668.5
7	8.4	1.8	542.5	416.0	9891.3
8	5.0	1.5	502.2	366.4	11520.8
9	14.5	1.2	541.8	325.9	22006.0
10	9.9	1.5	726.6	607.2	66893.6
11	8.4	2.1	1038.4	906.6	13321.6
12	6.0	1.5	1030.0	890.0	7134.8
ÅR	15.5	2.4	698.1	528.2	23490.9

LÅGEN  
1987

MÅNED	TOT-P KG	P04-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	1530.5	612.2	69178.6	49894.3	306100.0
2	1629.6	814.8	82566.4	55406.4	271600.0
3	1492.8	995.2	53989.6	37320.0	248800.0
4	2306.4	382.7	80319.2	62015.0	298300.0
5	12396.2	3540.2	298254.2	151484.5	1016100.0
6	17913.9	3514.6	414594.8	133680.7	1951500.0
7	13180.3	4153.9	261857.7	111041.6	1571900.0
8	4944.8	1404.1	109000.7	50759.1	755800.0
9	3537.1	587.3	100065.5	48844.7	587300.0
10	12929.5	1036.8	238532.5	114772.4	1036800.0
11	2166.0	375.3	98891.6	65605.5	375300.0
12	1666.9	501.7	81435.3	63777.2	340100.0
SUM	75694.	17919.	1888686.	944601.	8759600.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / S Q$

MÅNED	TOT-P MYG/L	P04-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	5.0	2.0	226.0	163.0	116540.3
2	6.0	3.0	304.0	204.0	103405.2
3	6.0	4.0	217.0	150.0	94724.7
4	7.7	1.3	269.3	207.9	113570.6
5	12.2	3.5	293.5	149.1	386855.8
6	9.2	1.8	212.4	68.5	742987.0
7	8.4	2.6	166.6	70.6	598463.4
8	6.5	1.9	144.2	67.2	287752.8
9	6.0	1.0	170.4	83.2	223600.5
10	12.5	1.0	230.1	110.7	394736.8
11	5.8	1.0	263.5	174.8	142886.5
12	4.9	1.5	239.4	187.5	129485.0
ÅR	8.6	2.0	215.6	107.8	277765.1

LENA  
1987

MÅNED	TOT-P KG	PO4-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	46.5	14.3	6229.2	3275.7	1790.0
2	78.0	34.8	4632.0	3336.0	1200.0
3	41.9	10.9	3403.4	2730.0	910.0
4	2446.4	463.3	324891.2	270907.4	27110.0
5	6701.0	430.9	112455.7	96301.4	36050.0
6	6334.4	503.7	270839.4	206709.4	41180.0
7	138.1	34.0	29204.9	25121.4	4840.0
8	630.6	177.2	95265.8	59806.4	19360.0
9	1389.8	253.5	84700.6	76365.2	24960.0
10	2878.1	768.2	482396.7	266302.1	93930.0
11	304.1	132.2	33161.2	29591.6	9270.0
12	182.0	41.6	13543.1	12448.5	2990.0
SUM	21171.	2865.	1460723.	1052895.	263590.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q*C)/SQ$

MÅNED	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	26.0	8.0	3480.0	1830.0	681.5
2	65.0	29.0	3860.0	2780.0	456.9
3	46.0	12.0	3740.0	3000.0	346.5
4	90.2	17.1	11984.2	9992.9	10321.5
5	185.9	12.0	3119.4	2671.3	13725.2
6	153.8	12.2	6577.0	5019.7	15678.3
7	28.5	7.0	6034.1	5190.4	1842.7
8	32.6	9.2	4920.8	3089.2	7370.9
9	55.7	10.2	3393.5	3059.5	9502.9
10	30.6	8.2	5135.7	2835.1	35761.6
11	32.8	14.3	3577.3	3192.2	3529.3
12	60.9	13.9	4529.4	4163.4	1138.4
ÅR	80.3	10.9	5541.6	3994.4	8358.4

HUNNSELVA  
1987

MÅNED	TOT-P KG	PO4-P KG	TOT-N KG	NO3-N KG	QMANED 1000M3
1	1114.8	57.7	17586.3	11532.0	9610.0
2	550.2	180.8	15327.0	7467.0	7860.0
3	537.5	57.9	13314.7	6657.3	8270.0
4	2718.4	147.6	87311.4	79543.2	25890.0
5	1878.4	237.9	49862.7	37988.0	34630.0
6	5952.3	306.8	87755.1	46728.2	34180.0
7	393.4	129.2	15540.2	10924.9	9100.0
8	485.6	124.9	23259.5	17331.8	12530.0
9	785.4	97.5	26537.5	20331.1	15520.0
10	1795.7	264.1	77997.8	57816.7	44780.0
11	468.0	178.6	23829.8	17292.3	15390.0
12	544.2	148.4	26466.5	19293.3	16490.0
SUM	17224.	1931.	464788.	332906.	234250.

MIDDELVERDIER :  $C = S(Q \cdot C) / SQ$

MÅNED	TOT-P MYG/L	PO4-P MYG/L	TOT-N MYG/L	NO3-N MYG/L	QMANED L/S
1	116.0	6.0	1830.0	1200.0	3658.8
2	70.0	23.0	1950.0	950.0	2992.5
3	65.0	7.0	1610.0	805.0	3148.6
4	105.0	5.7	3372.4	3072.4	9857.0
5	54.2	6.9	1439.9	1097.0	13184.5
6	174.1	9.0	2567.4	1367.1	13013.2
7	43.2	14.2	1707.7	1200.5	3464.6
8	38.8	10.0	1856.3	1383.2	4770.5
9	50.6	6.3	1709.9	1310.0	5908.9
10	40.1	5.9	1741.8	1291.1	17048.9
11	30.4	11.6	1548.4	1123.6	5859.4
12	33.0	9.0	1605.0	1170.0	6278.2
ÅR	73.5	8.2	1984.2	1421.2	7428.0

Tab. 2 Berregnet middelmåkoncentrasjon av klorofyll ( $kl.a$ ) og modellert midlere innløpskoncentrasjon ( $P_i$ ) og belastning ( $B$ ) ut fra klorofylldata.  $P_p$  er modellert innløpskoncentrasjon og  $R_p$  belastning ut fra målte fosfor konsentrasjoner i innsjøen.

	$kl.a$ ug/l	$P_i$ ug/l	$B$ tonn/år	$P_p$ ug/l	$R_p$
1972	3.0	27.1	271	25.0	234
1973	3.5	25.3	228		
1974	3.6	27.1	245		
1975	4.5	30.2	291		
1976	4.2	29.9	254	25.3	215
1977	3.4	25.3	223	24.5	216
1978	3.4	25.3	221	23.4	205
1979	3.5	23.5	259	22.9	252
1980	3.5	22.1	201	21.3	197
1981	3.0	22.0	215	15.7	153
1982	2.9	21.8	193	21.3	189
1983	2.9	20.4	204	14.1	155
1984	3.3	22.6	250	15.7	176
1985	4.0	25.0	305	15.6	190
1986	2.7	21.6	170	17.6	143