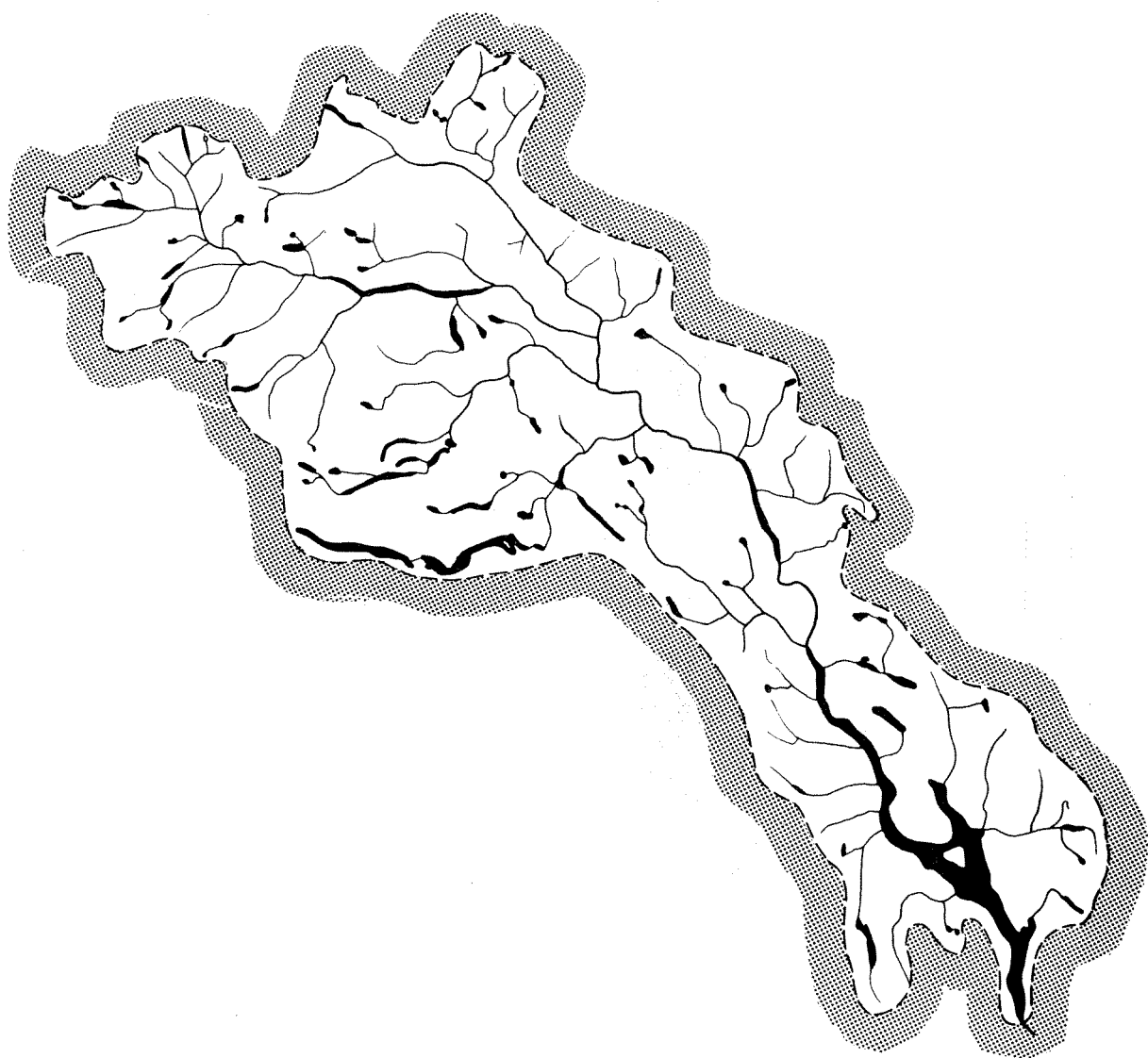


1895

O-86059

Konsekvenser for vannkvalitetsutviklingen i  
Gudbrandsdalslågen/Mjøsa  
av reguleringsinngrep i Øvre Otta



# 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 97 00

Prosjektnr.:

0-86059

Undernummer:

Løpenummer:

1895

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Konsekvenser for vannkvalitetsutviklingen i Gudbrandsdalslågen/Mjøsa av reguleringsinngrep i Øvre Otta.	Dato: 1. september 1986
	Prosjektnummer: 0-86059
Forfatter (e):  Hans Holtan	Faggruppe: Miljøteknikk
	Geografisk område: Oppland fylke
	Antall sider (inkl. bilag): 120

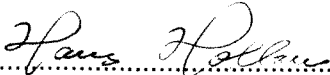
Oppdragsgiver: Miljøverndepartementet, Ressursavdelingen/ Oppland Energiverk.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Til tross for forurensningsbegrensende tiltak er Mjøsa fortsatt betydelig forurenset og sommeren 1985 var algemengden (angitt som klorofyll) henimot av samme størrelsesorden som i 1976 (før Mjøsaksjonen). Algeveksten synes å være størst i våte somre - når det relativt sett er stor utspyling av gjødselstoffer fra jordbruksaktiviteter. En utbygging i Øvre Otta hvor en tilleggsregulering av Rauddalsvatn inngår, vil medføre økt fosforkonsentrasjon i de totale vannmasser som tilføres Mjøsa i sommerhalvåret, tilsvarende 7-16 tonn fosfor. Reguleringsinngrep som medfører små vannføringsendringer i Gudbrandsdalslågen har mindre betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa. Ytterligere undersøkelser i Mjøsa og Gudbrandsdalslågen bør gjennomføres med sikte på å styrke beslutningsgrunnlaget.

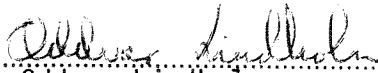
4 emneord, norske:
1. Vassdragsregulering
2. Eutrofiering
3. Fosfortilførsler
4. Gudbrandsdalslågen/Mjøsa

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

Prosjektleder:

  
Hans Holtan

For administrasjonen:

  
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1114-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-86059

KONSEKVENSER FOR VANNKVALITETSUTVIKLINGEN I  
GUDBRANDSDALSLAGEN/MJØSA AV REGULERINGSINNGREP I  
ØVRE OTTA

Oslo, september 1986

Hans Holtan

FORORD

Denne utredning er kommet i stand etter initiativ fra Miljøverndepartementet (Ressursavd.) og Opplands fylkeskommune. Utredningen som er finansiert av Miljøverndepartementet og Oppland Energiverk, er et ledd i arbeidet med Oppland fylkes flerbruksplan for vassdrag i Gudbrandsdalen og videreføringen av Samlet Plan.

Hensikten med utredningen er å vurdere konsekvensene for vannkvalitetsutviklingen i hovedvassdraget og Mjøsa som følge av kraftverksreguleringer i Øvre Otta samt visse reguleringsinngrep i Nedre Otta og Gudbrandsdalslågen.

Utredningen bygger på foreliggende data og kunnskap om vassdraget som er fremkommet gjennom tidligere undersøkelser og igangværende overvåkingsundersøkelser som finansieres av Statens forurensningstilsyn. Vannføringsdata - målte/simulerte - er fremskaffet av Oppland energiverk. Data om forurensningstilførsler er skaffet til veie av Institutt for Georessurs- og forurensningsforskning (GEFO) og Sivilingeniør Elliot Strømme A/S som ledd i overvåkingsundersøkelsen. Datagrunnlaget for utredningen er til dels av eldre dato og/eller av teoretisk karakter - noe som er en svakhet ved etterprøving av de teoretiske vurderinger.

For oppdragsgiverne har det rådgivende kontaktutvalg for Samlet Plan i Oppland fungert som styringsgruppe. Denne oppnevnte følgende personer som har fungert som arbeidsutvalg:

Fylkesing. Magne Drageset, Miljøvernavd. Oppland  
Overing. Odd Kjærem, Miljøvernavd. Oppland  
Overing. Hans Korsvold, Oppland E.verk  
Overing. Lasse Bræin, Oppland fylkeskommune  
Overing. Tor Nordhagen, Miljøvernavd. Hedmark.

Ved NIVA har undertegnede hatt hovedansvaret som prosjektleder, cand.real Torulv Tjomsland, NIVA, har utført visse statistiske beregninger. Fil.-cand Gøsta Kjellberg og cand.real Sigurd Rognerud, NIVAs Østlandsavdeling, har bidratt med grunnlagsmateriale og deltatt i faglige diskusjoner bl.a. ved gjennomlesning av rapportutkastet.

Prosjektleder takker for den positive holdning og kritikk som er kommet til uttrykk fra alle hold under møter og ved de henvendelser som er gjort i forbindelse med utredningen.

Oslo, september 1986

  
Hans Holten

## KONKLUSJON

- Sammenlignet med de nærmest foregående år, ble forurensningssituasjonen i Mjøsa med hensyn til algevekst forverret i 1984 og spesielt i 1985. Innsjøen er i en økologisk ubalanse.
- Vannkvaliteten i de dypere lag av Mjøsa bl.a. med hensyn til oksygeninnhold, har vært stabile i tidsperioden fra 1966 til 1985.
- Forurensningstilførslene til Mjøsa synes å ha økt i de to siste år, spesielt antas dette å gjelde jordbrukets bidrag. Dette kan i noen grad skyldes nedbørrike somre og derfor stor utspyling av bl.a. gjødselstoffer fra landarealene. Økt overløp og lekkasjer i kloakksystemene spiller også under slik situasjoner en viss rolle.
- Forurensningssituasjonen i Gudbrandsdalslågen har forbedret seg i tidsperioden 1974-1985, men fortsatt er vassdraget moderat forurenset, spesielt i de nedre deler.
- De eksisterende reguleringsinngrep i Gudbrandsdalsvassdraget innvirker på algeproduksjonen i Mjøsa på grunn av mindre tilgang på fortykning og utspylingsvann i sommersesongen. I henhold til våre vurderinger og beregninger tilsvarer minsket fortykningsvann (høyere fosforkonsentrasjon) en fosforbelastningen i sommerhalvåret (1/5-30/9) på 12-18 tonn fosfor avhengig av vannføringen.
- Reguleringen av selve Mjøsa (regh. 3,61 m) har betydning for forurensningssituasjonen i innsjøen fordi forurensningstilførslene fra de nærliggende jordbruksområder er spesielt stor under oppfyllingen av magasinet om våren.
- Planlagt kraftutbygging i Øvre Otta etter B2-alternativet innvirker i liten grad på vassdragets vannføring og følgelig antar vi at forurensningssituasjonen i Mjøsa blir lite påvirket av dette inngrep.
- I henhold til modellbetraktninger medfører en utbygging i Øvre Otta etter B2b-alternativet, en reduksjon av sommervannføringen (1/5-30/9) i Gudbrandsdalslågen ved Losna på ca. 44 m<sup>3</sup>/s i middel. Denne

reduksjon i fortynningsvann, kan kompenseres med en reduksjon i fosfortilførselen over sommeren. Vi er kommet frem til at det reduserte fortynningsvann tilsvarer en fosformengde av størrelsesorden 7 til 16 tonn fosfor avhengig av nedbør- og avrenningsforholdene, spesielt i Mjøsområdet.

- Planlagt utbygging i Nedre Otta/Gudbrandsdalslågen etter B2-alternativet innvirker i liten grad på vannføringen og vil derfor ha liten betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa.
- Ingen av utbyggingsalternativene vil i vesentlig grad endre på den årlige stoff- og vanntilførsel til Mjøsa. Teoretisk skulle man derfor ikke forvente at de planlagte utbyggingsalternativene i vesentlig grad skulle innvirke på forurensningsutviklingen i Mjøsa på lang sikt, men økt fosforkonsentrasjon om sommeren (se ovenfor) vil imidlertid teoretisk øke algeproduksjonen i forhold til nå, dvs. at man hver sommer vil få en noe høyere algevekst med regulering enn uten. Det skal understrekes at så lenge en innsjø er i økologisk ubalanse, er det vanskelig å ha noen klar (sikker) formening om utviklingen på lang sikt som følge av en eller annen forstyrrelse i økosystemet.
- Hvis deler av tilsigsområdet til økt reguleringsmagasin i B2b-alternativet holdes utenfor magasinering (f.eks. sidevassdragene Tora-Føysa), vil dette ha en gunstig virkning med hensyn til alternativets betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa.
- Slipp av vann fra reguleringsmagasiner kan ha positiv virkning med hensyn til utspyling og fortynning av forurensninger i Otta - Gudbrandsdalslågen.
- Slipp av vann fra reguleringsmagasiner (Rauddalsmagasinet) i den hensikt å dempe virkningen av en spesiell forurensningssituasjon som allerede er oppstått i Mjøsa, f.eks. en plutselig oppblomstring av blågrønnalger, vil kunne medføre noe bedre forhold i de nordlige deler av Mjøsa, men neppe innvirke i noen vesentlig grad på forholdene i de midtre og sydlige områdene.

- Slipp av minstevannføring på de nyutbygde elvestrekninger bør bestemmes på bakgrunn av nærmere undersøkelser. Dette gjelder alle alternativer.
  
- Det knytter seg alltid usikkerhet til denne type vurderinger. Dette fordi at økosystemets funksjon hviler på en rekke både fysiske, kjemiske og biologiske faktorer som er vanskelig å overskue effekter av i en syntesebetraktning. På bakgrunn av erfaringer og teoretiske vurderinger og beregninger, mener vi at de angitte standpunkter (verdier), kan betraktes som retningsgivende ved vurdering av skadevirkninger av de foreliggende utbyggingsplaner. Bedre vurderingsgrunnlag vil kreve omfattende undersøkelser av de ulike deler av økosystemet.



INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
KONKLUSJON	4
1. OPPDRAGSBESKRIVELSE	13
1.1. Oppdraget	13
1.2. Nærmere beskrivelse av oppdraget	13
2. SAMMENDRAG	15
2.1. Utvikling/tilstand	15
2.2. Virkninger av eksisterende reguleringer	17
2.3. Virkninger av de planlagte kraft-utbygginger	19
2.4. Tiltak	23
2.5. Datakvalitet/usikkerhet	24
2.6. Undersøkellesbehov	25
3. KORI BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	27
4. FORURENSNINGSKILDER OG AKTIVITETER I GUDBRANDSDALSLAGEN OG MJØSA'S NEDBØRFELT	30
4.1. Jordbruk	30
4.1.1. Fosfor i naturgjødsel og handelsgjødsel	31
4.2. Boligbebygelse	32
4.3. Industriaktiviteter	33
5. FORURENSNINGSTILFØRSLER - FORURENSNINGSBELASTNING	34
5.1. Fosfortilførsler til Mjøsa i 70-årene	34
5.2. Fosfortilførsler til Gudbrandsdalslågen og Mjøsa i 1985	37
5.2.1. Gudbrandsdalslågen	38
5.2.2. Fosfortilførsler til Mjøsa fra nærområdet	39
5.2.3. Total fosfortilførsel til Mjøsa i 1985	42
5.3. Konklusjon	42
6. FORURENSNINGSTILSTANDEN I GUDBRANDSDALSLAGEN OG MJØSA	43
6.1. Gudbrandsdalslågen	43
6.1.1. Konklusjon	45
6.2. Mjøsa	46
6.2.1. Generelt om forurensningsutviklingen	46
6.2.2. Kjemiske forhold i 1985	48
6.2.3. Biologiske forhold i 1985	49
6.2.4. Bakteriologiske forhold i 1985	50
6.2.5. Konklusjon	50

Innholdsfort. forts.	Side
7. KONSEVENSER AV FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK	52
8. EKSISTERENDE REGULERINGSSINNGREP I GUDBRANDSDALSVASSDRAGET	56
9. EKSISTERENDE REGULERINGERS BETYDNING FOR FORURENSNINGSSITUASJONEN I MJØSA	59
9.1. Eksisterende reguleringer i Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag	59
9.1.1. Konklusjon	62
9.2. Vurdering av eventuelle forurensningsvirkninger av reguleringen av Mjøsa	62
9.2.1. Reguleringshøyde, magasinvolym, vannbalanse	63
9.2.2. Forurensningseffekt ved utvasking fra strandområdene	64
9.2.3. Betydningen av oppfyllingstidspunktet	64
9.2.4. Konklusjon	66
10. KORT BESKRIVELSE AV DE PLANLAGTE INNGREP I ØVRE OTTA	67
10.1. Øvre Otta, alternativ B2	67
10.2. Øvre Otta, alternativene B2b	69
10.3. Nedre Otta, alternativ B2	71
11. FORURENSNINGSVIRKNINGER AV PLANLAGTE REGULINGER I ØVRE OTTA	74
11.1. Øvre Otta. B2-alternativet	74
11.1.1. Innvirkning på vannføringen	75
11.1.2. Forurensningsvirkninger ovenfor kr.v.området	75
11.1.3. Forurensningsvirkninger nedenfor kr.v.området	76
11.2. B2b-alternativene	76
11.2.1. Vannføring	76
11.2.2. Reguleringssinngrepets innflytelse på vannføringen	78
11.2.3. Otta og Gudbrandsdalslågen	
Forurensningskonsekvenser	79
11.2.4. Mjøsa. Forurensningskonsekvenser	80
11.2.4.1. Beregningsmåte 1. - Fortynningsbetraktninger	81
11.2.4.2. Beregningsmåte 2. - Fosforbalansebetraktninger	82
11.2.4.3. Beregningsmåte 3. - Modellbetraktninger	85
11.2.4.4. Betydning av "tørr, middel og våt" sommer	86
11.2.4.5. Konklusjon	87
11.3. Nedre Otta. B2-alternativet	87
11.3.1. Konsekvenser for forurensningssituasjonen i Otta - Gudbrandsdalslågen	88

Innholdsfort. forts.	Side
11.3.1.1. Inntaksdam - Lalmsvatnet	88
11.3.1.2. Elvestrekningen Lalm - Prillarguri kraftverk	88
11.3.1.3. Elveavsnittet Prillarguri kr.verk - Harpefoss kr.verk	88
11.3.1.4. Konklusjon	89
11.3.2. Konsekvenser for forurensningssituasjonen i Mjøsa	89
11.3.2.1. Konklusjon	89
12. TILTAK FOR Å REDUSERE EVENTUELLE SKADEVIRKNINGER	90
12.1. Generelt	90
12.2. Størrelsen på de regulerte felter, totalt magasin og årsmagasin	91
12.2.1. Betydningen av størrelsen på de regulerte felter	92
12.2.1.1. Konklusjon	93
12.2.2. Betydningen av magasinenes størrelse - fler-årsmagasin	93
12.2.2.1. Konklusjon	94
12.3. Behov for og nytte av såkalt fleksibelt manøvreringsreglement	94
12.3.1. Behovet for "tilskuddsvann" i resipientsammenheng for Otta - Gudbrandsdalslågen	95
12.3.2. Behovet for "tilskuddsvann" for å dempe forurensningseffekter i Mjøsa	96
12.3.3. Konklusjon	97
12.4. Bruk av eventuelt reservevolum i magasiner samt vannføringen i Gudbrandsdalslågen som mulig tiltaksvariable	97
13. USIKKERHET I DATA- OG KUNNSKAPSGRUNNLAG	99
13.1. Vannføring/vannføringsvariasjoner	99
13.2. Kjemiske data	101
13.3. Biologiske data	102
13.4. Bruk av modeller	103
13.5. Konklusjon	104
14. BEHOV FOR UNDERSØKELSER OG FORSKNING	105
15. REFERANSER	107
VEDLEGG: 1. Tabeller I - VIII	109
2. Generell vannkvalitetsklassifisering for elver og innsjøer	118

TABELLER

	Side
1. Oversikt over jordbruksarealer i Gudbrandsdalslågens og Mjøsas nedbørfelt 1984	30
2. Forbruk av fosfor i vinterlagret naturgjødning og handelsgjødning i ulike områder av nedbørfeltet	31
3. GEOFs beregninger av siloer og melkerom som fosforkilder	32
4. Oversikt over bosetting og tilknytning til renseanlegg i Gudbrandsdalslågens og Mjøsas nedbørfelt 1984	33
5. Fosfortilførsel til Mjøsa under årene 1976, 1977, 1978 og 1979	35
6. Fosfortilførsel til Gudbrandsdalsvassdraget fra menneskelige aktiviteter	38
7. GEF0s og Strømmes (1985) verdier for fosfortilførsel til vassdrag i Mjøsaområdet i et middelår	41
8. Middelværdier for sommersesongen av en del biologiske og kjemiske parametre observert i overflatelagene (0-10 m) i Mjøsas sentrale (dypeste) områder	48
9. Fosforproduksjon og rensegrad	54
10. Oversikt over fosfortilførsler til vassdrag fra de ulike kommuner i Mjøsas nedbørfelt	55
11. Oversikt over eksisterende (1986) kraftverker i Gudbrandsdalsvassdraget	56
12. Eksisterende (1986) reguleringsmagasiner i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt	58
13. Midlere vannføring ved Losna, m <sup>3</sup> /s, før regulering, ved nåværende regulering og ved regulering etter B2b-alternativet	60
14. Beregningsresultater angående nåværende regulerings innflytelse på fosforbelastningen av Mjøsa for 1976-1979	61
15. Vannføring (Q) inn og ut av Mjøsa i april og mai for årene fra 1976 til 1979	63
16. Fosfortransport til og fra Mjøsa i april - mai under årene 1976 - 1979	65
17. Fosfortilførsler i april - mai sammenlignet med årstilførselen fra lokale elver og diffuse tilførsler	65
18. Data for kraftverkene - Samlet Plan, alt. B2	69

Tabeller forts.	Side
19. Data for kraftverk/pumpest. - Samlet Plan, alt. B2b	70
20. Data for kraftverk - Samlet Plan B2 (N. Otta)	71
21. Arsvannføring i mill. m <sup>3</sup> i Gudbrandsdalslågen, 13 øvrige tilløpselver til Mjøsa og i Vorma for årene 1976, 1977, 1978 og 1979	77
22. Fylling/tapping som følge av tilleggsregulering i Rauddalen slik det arter seg ved Losna vannmerke	79
23. Midlere fosforkonsentrasjon i tilløp over sommersesongen før og etter eventuell regulering etter B2b-alternativene	81
24. Fosfortilførsler, uttransport og tilbakeholdelse i Mjøsa i sommerperioden 1. juni - 30. september	83
25. Vann og fosfortransport ut av Mjøsa før og etter regulering (1. juni - 30 september)	84
26. Minsket uttransport i tonn og økt fosforkonsentrasjon (µg P/l) i Mjøsas overflatelag som følge av reguleringen etter B2b-alternativet	84
27. Arsverdier for vannføring, magasinering (1/5-30/9) teoretiske oppholdstider, midlere fosforkonsentrasjoner i tilløp samt målt og beregnet klorofyllverdier	86

VEDLEGG:

I Mjøsa. Vannføring, mill. m <sup>3</sup> pr. mnd/år i tidsperioden 1976-1979	110
II Simulert (Enmag) fylling og tapping av reguleringsmagasin, ved B2b-alternativene, slik dette innvirker på vannføringen ved Losna. Tidsperiode 1976-1979	111
III Fosfortilførsler til Mjøsa, tonn fosfor pr. mnd. og år. Tidsperiode 1976-1979	112
IV Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. mai - 30. september. Tidsperiode 1976-1979	113
V Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juni - 30. september. Tidsperiode 1976-1979	114
VI Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juli - 30. september. Tidsperiode 1976-1979	115
VII Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. august - 30. september. Tidsperiode 1976-1979	116
VIII Stipulert vann - og fosfortilførsel til Mjøsa i sommermånedene 1/5 - 30/9 for et vannfattig, middels og vannrikt år.	117

FIGURER

	Side
1. Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag og nedbørfelt	28
2. Fallforholdene i Gudbrandsdalslågen	29
3. Forurensningsgrad basert på benthos-undersøkelser i Gudbrandsdalslågen i 1974 og 1985	45
4. Vassdragsreguleringer langs Gudbrandsdalslågen	57
5. Øvre Otta. B2-alternativet	68
6. Øvre Otta. B2b-alternativene	70
7. Nedre Otta. B2-alternativet	72
8. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1979. Sort: Sum vannføring i lokale elver + avrenning fra nærområdet ÷ Gudbrandsdalslågen	78
9. Vannføring i m <sup>3</sup> /s i Otta ved Kittilstad med og uten Tora og Føysa og under forutsetning av at Ånstad kr.st. skulle bygges	92

## 1. OPPDRAGSBESKRIVELSE

### 1.1. Oppdraget

Som grunnlag for det videre arbeid med Samlet Plan for vassdrag (SP) og Flerbruksplan for vassdrag i Gudbrandsdalen (FG) skal Norsk institutt for vannforskning (NIVA) vurdere konsekvensene for vannkvalitetsutviklingen i hovedvassdraget og Mjøsa som en følge av tilleggsregulering i Rauddalsmagasinet. Mulige aktuelle kompensasjonstiltak skal også vurderes. Revurdering av tidligere uttalelser om nåsituasjonen og utbygginger uten tilleggsreguleringer inngår også i oppdraget.

### 1.2. Nærmere beskrivelse av oppdraget

- NIVA gjennomgår og eventuelt revurderer tidligere uttalelser om virkninger av nåværende reguleringsinngrep i vassdraget, herunder også hvilke betydning reguleringen av selve Mjøsa har for vannkvaliteten i innsjøen, jfr. tidligere NIVA-rapport, 0-79079.
- NIVA utfører en konsekvensanalyse for vannkvalitetsutviklingen i hovedvassdraget/Mjøsa med en utbygging etter alternativ B2 i Øvre Otta og alternativ B2 i Nedre Otta. Alternativbetegnelse refererer seg til Samlet Plan.
- NIVA utfører en konsekvensanalyse for vannkvalitetsutviklingen i hovedvassdraget/Mjøsa som følge av en tilleggsregulering i Rauddalsvatnet.

Grunnlaget for disse analyser er de utbyggingsplaner som er gitt i Samlet Plan (beskrivelse av videreføringsprosjekt for alt. B2b for Øvre Otta) og de hydrologiske simuleringer som utføres i forbindelse med Flerbruksplanen for vassdrag i Gudbrandsdalen/Samlet Plan. Denne tilleggsreguleringen forutsetter en utbygging av Nedre Otta, alternativ B2 i SP.

Utgangspunkt for konsekvensanalysene er vannføring og forurensningssituasjon i et normalår, et vannfattig år og år med spesielle regionale klima/nedbørforhold. Betydningen av vannføringen i Gudbrandsdalslågen beskrives som en av flere parametre for vannkvalitetsutviklingen i Mjøsa.

Analysen av effekter på vannkvalitetsutviklingen må omfatte:

- a) Langsiktige effekter av foreslåtte regulerings tiltak
  - b) Effekter for spesielle situasjoner og år.
- NIVA skal gi en vurdering av hvordan ulike tiltak kan redusere eller hindre uønskede virkninger for vannkvalitetsutviklingen, herunder skal medtas betydningen av:
- a) Størrelsen på regulerte felter, totalt magasin og årsmagasin
  - b) Behov for og nytte av såkalt fleksibelt manøvreringsreglement og synspunkter på hvordan manøvreringsreglement kan innrettes
  - c) Bruk av evt. reservevolum i magasinet samt vannføringen i Gudbrandsdalen som mulig tiltaksvariabel.
- NIVA skal vurdere den usikkerhet og evt. risiko som måtte ligge i de fremsatte vurderinger, herunder:
- a) Manglende kunnskapsgrunnlag/ data for vassdraget
  - b) Evt. manglende grunnlandskunnskap om eutrofieringsutviklingen i Mjøsa
  - c) Forholdet til forurensningskilder og forurensningsbegrensende tiltak.

Detaljeringsnivået for analyser og vurderinger må fastsettes i samråd med oppdragsgiver.



## 2. SAMMENDRAG

### 2.1. Utvikling/tilstand

#### Gudbrandsdalslågen

Forurensningssituasjonen i Gudbrandsdalsvassdraget ble undersøkt i 1974 og 1985. På bakgrunn av de foreliggende resultater kan det konstateres at forurensningstilstanden i vassdraget er blitt bedre i løpet av dette tidsrom. Med forankring i det biologiske og bakteriologiske datamateriale må imidlertid vassdraget fortsatt karakteriseres som moderat forurenset. Dette gjelder spesielt de nedre deler. Vi antar at forurensningsvirkningen kan variere noe fra år til år i samsvar med variasjon i vannføring, klima og forurensningstilførsler.

#### Mjøsa

Forurensningssituasjonen i Mjøsa er undersøkt/overvåket kontinuerlig siden 1971. I første halvdel av 1970-årene, dvs. før forurensningsbegrensende tiltak var gjennomført, var Mjøsa betydelig forurenset med bl.a. sterk algevekst om sommeren. Forholdene var spesielt ille i 1975 og 1976 da blågrønnalger dominerte planteplanktonsamfunnet på sensommeren og høsten.

Etter at forurensningsbegrensende tiltak - Mjøsaksjonen - ble satt ut i livet i siste halvdel av 70-årene bedret forholdene seg, bl.a. har blågrønnalger (*Oscillatoria*) vært tilstede i beskjedne mengder siden 1976.

Denne positive utvikling har i de senere år endret seg og sammenlignet med de nærmest foregående år, økte algeveksten i produksjonslaget betydelig sommeren 1984 og spesielt i 1985. Verdiene for klorofyll (algemengde) og algevekst (primærproduksjon) var i 1985 langt på vei av samme størrelsesorden som i 1976, men i motsetning til i 1976 var blågrønnalger sparsomt representert i planteplanktonet sommeren 1985.

I 1985 var vannets innhold av tarmbakterier høyere enn i de nærmest foregående år, men dog ikke så høyt som før Mjøsaksjonen.

Ut fra de foreløpige observasjoner synes forholdene denne sommer, 1986, å være noe bedre forurensningsmessig sett enn i 1985. Observasjonsmaterialet fra 1986 er imidlertid ennå ikke bearbeidet og ytterligere utsagn om forurensningssituasjonen dette år kan derfor ikke gis. Svingninger og variasjoner i planktonproduksjon og planktonets artsammensetning viser at Mjøsa fortsatt er i ubalanse biologisk/økologisk sett.

Det bør føyes til at oksygenforholdene i de sentrale dypvannsmasser har, bortsett fra årstidsvariasjoner, vært omtrent uendret i tidsrommene 1966-1985. Dette viser at produksjonen av organisk stoff (alger) foreløpig er liten i forhold til vannmassenes størrelse dvs. det er god tilgang på oksygen for nedbrytning av organisk stoff.

#### Arsakssammenhenger

Arsaken til algeproduksjonen i vassdraget innbefattet Mjøsa, er tilførsel av plantenæringsstoffer, spesielt fosfor. Eksperimentelle undersøkelser har vist at fosfor er begrensende for algeveksten i Mjøsa.

Med bakgrunn i teoretiske utredninger om fosfortilførsler fra jordbruk (GEFO, 1985) og bebyggelse (Strømme, 1985) samt algeveksten i Mjøsa, er vi kommet frem til at den totale fosfortilførsel til Mjøsa i 1985 var ca. 260 tonn (NIVAs overvåkingsrapport for 1985, under utarbeidelse). Dette gir en arealbelastning på ca. 0.7 g pr. m<sup>2</sup> innsjøoverflate.

Nær 2/3 av det tilførte fosfor skyldes menneskelige aktiviteter fordelt på 80-90 tonn fra jordbruksaktiviteter, rundt 60-70 tonn via avløpsvann fra husholdninger og industri tilknyttet kloakkrenseanlegg samt 10-15 tonn fra industri med egne utslipp. Mesteparten, ca. 3/4, kommer fra Mjøsas nærområde.

Tilførsler fra arealer, spesielt jordbruksarealer varierer fra år til år avhengig av nedbør- og avrenningsforhold. De store nedbørmengder i 1985 bidro til at såvel de naturgitte som de menneskelige bidragene

økte dette år. Vi vil i denne forbindelse spesielt nevne den intensive jordbruksvirksomheten i Mjøsas nærområde samt overløp og lekkasjer i kloakkeringsystemene.

Målsettingen for "Mjøsaksjonen" (175 tonn fosfor pr. år) innebærer at innsjøen ikke må ha en årlig fosforbelastning som overstiger 0,5 gram pr. m<sup>2</sup> innsjøoverflate. For å oppnå denne målsetting (for 1985) må belastningen som skyldes menneskelige aktiviteter omtrent halveres, dvs. ytterligere ca. 85 tonn fosfor må fjernes. På bakgrunn av senere års erfaring og undersøkelsesresultater er det ikke fremkommet noe som skulle tilsi en endring av målsettingen (175 tonn fosfor/år).

Det har i perioden 1971 til 1985 vært en viss økning i nitrogenkonsentrasjonen i Mjøsa, men vi mangler datagrunnlag for å beregne belastningsendringen av dette stoff.

## 2.2. Virksomheter av eksisterende reguleringer

### Reguleringer i Gudbrandsdalsvassdraget

På bakgrunn av tidligere opplysninger fra Statskraftverkene har sommervannføringen (1/5-30/9) som følge av de eksisterende reguleringer avtatt med ca. 58 m<sup>3</sup>/s i middel. Da vannet som holdes tilbake er høyfjellsvann med bl.a. lave fosforkonsentrasjoner, må vi anta at vannføringsreduksjonen i liten grad influerer på den totale fosfortilførselen til Mjøsa og variasjoner i denne. Dette betyr at på grunn av mindre fortynningsvann øker den midlere fosforkonsentrasjonen i den totale vannmengde som tilføres Mjøsa i sommerperioden (konsentrasjon = stoffmengde : vannmengde). Ifølge våre beregninger representerte den reduserte sommervannføring (mindre fortynningsvann) i tidsperioden 1976-1979 en konsentrasjonsøkning på fra 1,7 til 3,7 µg fosfor pr. l i middel (tabell 14).

Grunnen til at vi har anvendt somrene 1976-1979 i våre beregninger, er at fosfortilførselene via tilløpselvene ble målt i disse år. Ellers foreligger bare teoretiske overslag og betraktninger.

Resultatene er likevel beheftet med betydelig usikkerhet som bl.a. skyldes prøvetakingshyppighet og vannføringsvariasjoner.

Rent matematisk kunne man under naturlige forhold (uten regulering) ha økt sommerbelastningen (1/5-30/9) i perioden 1976-1979, med 12-18 tonn fosfor avhengig av vannføringen uten at fosforkonsentrasjonen i de tilførte vannmasser ble endret i forhold til det som ble registrert dvs. med de eksisterende reguleringer.

Da vannføringen om vinteren er tilsvarende høyere (ca.  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  fra 1/10 til 30/4) vil fosforkonsentrasjonen bli tilsvarende lavere på denne tid slik at på årsbasis vil reguleringsinngrepene teoretisk ha mindre betydning for fosforbelastningen.

Betraktningene ovenfor er av teoretisk karakter hvor mange usikkerheter gjør seg gjeldende. Bl.a. er det store vannføringsvariasjoner i løpet av sommeren og følgelig også i den vannmengde som holdes tilbake på grunn av regulering - dette influerer på stoffkonsentrasjonen i tilløpene. Dessuten vil inngrepene ha ulik betydning fra år til år avhengig av vannføringen og fosfortilførslenes størrelse og variasjonsmønster.

#### Reguleringen i Mjøsa

Forurensningstilførslene deriblant fosfortilførslene til Mjøsa varierer sterkt i løpet av året. Konsentrasjonene i lokale tilløp er spesielt høye om våren under snøsmeltingen i lavlandet. Dette skyldes erosjon og utvasking av forurensninger fra jordbruksaktiviteter. Spesielt er åpne åkerarealer av stor betydning i denne sammenheng.

Før lavlandsflommen setter inn, er Mjøsa nedtappet (reguleringshøyde 3,61 m), og oppfyllingen tar til under lavlandsflommen når bl.a. fosforkonsentrasjonen i de lokale tilløp er spesielt høy. Dette er uheldig sett i forurensningssammenheng idet en større del av de tilførte fosformengder vil bli holdt tilbake i Mjøsa under oppfyllingsperioden enn hva tilfelle ville ha vært hvis Mjøsa ikke hadde vært regulert.

På bakgrunn av det foreliggende observasjonsmateriale kan det konstateres at denne oppdemningseffekten varierer betydelig fra år til år avhengig av snømengde, avsmeltingens forløp og nedbørsituasjon. I 1979 som var et vannrikt år ble hele 45 % av den totale årstilførsel

av fosfor via de lokale elver, tilført i perioden april-mai, mens tilsvarende tilførsler i 1976 utgjorde 16 % av årstilførselen. Data-materialet gir imidlertid ikke grunnlag for noen nærmere kvantifisering av denne "oppdemningseffekt".

### 2.3. Virkninger av de planlagte kraft-utbygginger

#### Øvre Otta, B2-alternativet

En utbygging i Øvre Otta i samsvar med B2-alternativet i Samlet Plan, vil i henhold til foreliggende datagrunnlag, ha liten innvirkning på vannføringsforholdene i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa og følgelig også på forurensningssituasjonen i vassdraget nedenfor kraftverksområdet innbefattet Mjøsa.

#### Øvre Otta, B2b-alternativene

##### Langtidsvirkninger

En utbygging i Øvre Otta i samsvar med B2b-alternativene i Samlet Plan vil i liten grad virke inn på årsvannføringen i vassdraget. Mindre endringer i vannføringen kan oppstå på grunn av variasjoner fra år til år når det gjelder fylling/tapping av flerårsmagasinet i Rauddalen.

Tilførslene av forurensninger deriblant av fosfor, vil stort sett bli uendret på årsbasis. Det er mulig endringer i den partikulære materialtransporten vil ha en viss innflytelse, men denne effekt ansees som liten. Det partikulære "erosjonsfosfor" fra breområdene er dessuten i vesentlig grad apatittfosfor som er lite tilgjengelig for algevekst.

Vi antar at endret vannføringsvariasjoner i løpet av året kan, som vi vil komme tilbake til nedenfor, medføre at algeveksten i Mjøsa øker i sommerhalvåret. Det er imidlertid vanskelig å se at dette vil få noen vesentlig betydning når det gjelder tilbakeholdelse av fosfor i innsjøen.

Algeveksten i Mjøsa har hittil hatt liten innvirkning på dypvannsmassene i Mjøsa, bl.a. har oksygenforholdene i dyplagene ikke endret seg i tidsrommet 1966-1985. Vi ser da bort fra lokale områder med stor tilførsel av organisk stoff fra industrivirksomhet.

På bakgrunn av det som er nevnt ovenfor skulle man anta at reguleringsinngrepet i mindre grad vil innvirke på forurensningsutviklingen eller utviklingstrenden i Mjøsa på lang sikt. Teoretisk skulle ikke algeveksten i innsjøen i vesentlig grad øke fra år til år som følge av den planlagte utbygging, men om sommeren vil produksjonsvilkårene for vekst av alger bli noe bedre etter reguleringen enn før (se nedenfor). Vi vil imidlertid understreke at det er meget vanskelig å forutsi langtidsvirkninger av økosystemforstyrrelsen i innsjøen som er i økologisk ublans idet mange faktorer kan gripe inn i hverandre på en uheldig måte.

#### Virkninger for spesielle situasjoner og år

I henhold til foreliggende simuleringsdata for vannføring, medfører B2b-alternativene at den midlere sommervannføring (1/5-30/9) målt ved Losna, avtar med  $44 \text{ m}^3/\text{s}$  (fra 451 til  $407 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sammenlignet med nåværende forhold. Midlere vintervannføring (1/10-30/4) øker tilsvarende ( $32 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Da det er høyfjellsvann med lave konsentrasjoner bl.a. av fosfor som holdes tilbake i magasinene om sommeren, antar vi at det blir små endringer i forurensningstilførslene i forhold til nåværende variasjonsmønster.

For å belyse betydningen av dette for forurensningssituasjonen i Mjøsa har vi anvendt årene 1976-1979 som studieår. Dette fordi vi har relativt gode observasjoner av forurensningstilførsler fra disse år. Vanntøringen før og etter en eventuell utbygging er simulert for tidsperioden 1975-1980. Det var betydelig variasjon i årsvannføringen under de ulike studieår. Årsvannføringen i 1976 kan betraktes som situasjonen under et normalår, mens vannføringene i 1977 og 1978 var betydelig lavere og i 1979 betydelig høyere enn i et normalår. Det er en svakhet for vurderingene at "studieårene" faller sammen med den periode Mjøsaksjonen pågikk og fosforbelastningen var under stadig endring.

Betydningen av endret sommervannføring for produksjonsvilkårene og algeveksten i Mjøsa er forsøkt beregnet på 3 forskjellige måter:

1. Ved fortynningsbetraktninger hvor minsket fortynningsvann settes i fokus.
2. Ved fosforbalansebetraktninger i Mjøsa hvor fosfortilførslene settes opp mot uttransport og sedimentasjon.
3. Ved modellbetraktninger; modifisert Vollenweider-modell (erfaringsmodeller).

De fremkomne resultater angir nødvendig fosforreduksjon som kompensasjon for redusert sommervannføring under forutsetning av at de tilførte vannmengder om sommeren ikke skal ha høyere midlere fosforkonsentrasjon etter reguleringsinngrepet enn før.

De ulike beregningsmåter gav noe forskjellige resultater for "kompen- serende belastningsreduksjon" slik følgende oppstilling viser (tal- lene viser nødvendig reduksjon i fosforbelastningen gjennom sommer- sesongen (1/5-30/9) i tonn fosfor (avrundede verdier):

	1976	1977	1978	1979
1. Fortynningsbetraktninger	10	7	6	13
2. Fosforbalansebetraktninger	6	2	4	16
3. Modellbetraktninger	16	10	7	16

Ut fra disse betraktninger vil vi anslå at det i et normalår (1977 og 1978) vil være nødvendig å redusere sommerbelastningen (1/5-30/9) med 7-10 tonn fosfor for å kompensere for vannføringsreduksjon. I et "vått" år (1979) er tilsvarende verdi 13-16 tonn. For 1976 som var et "tørt" år i Mjøsområdet, men med relativt høy vannføring i Gudbrandsdalslågen, varierte nødvendig "reduksjonsverdi" fra 6 til 16 tonn fosfor. 1976-verdiene gjelder forøvrig situasjonen før Mjøsaksjonen.

For å etterprøve betydningen av valg av studieår, har vi i tillegg til de angitte år foretatt en skjønsmessig fastsettelse av sommervannføring og fosforbelastning for et "tørt" år, et "middels" år og et "vått" år. Denne beregning gav som "nødvendig kompensierende fosforreduksjon" i sommersesongen (1/5-30/9):

Tørt år:	ca. 7 tonn fosfor
Middels år:	ca. 9 " "
Vått år:	ca. 13 " "

Alle betraktningmåter er matematiske og unyanserte. De fremkomne resultater må derfor bare betraktes å være av orienterende karakter ved vurdering av eventuelle skadevirkninger av de planlagte reguleringer.

I hvilken grad en redusert vannføring innvirker på blandingsforholdene i Mjøsa er usikkert, men vi antar at ytre krefter som vind og indre bølger vil dominere blandingsprosessene i hvertfall i de midtre og sydlige områder av innsjøen.

Som nevnt gjelder de beregnede verdier konsentrasjonsøkninger i sommerperiodene. Om vinteren blir vanntilførselen større etter reguleringen enn før og teoretisk skulle derfor fosforkonsentrasjonen bli lavere etter reguleringen enn før på denne tid.

#### Nedre Otta, B2-alternativet

Utbyggingsplanene etter B2-alternativet for Nedre Otta, vil isolert sett ha liten innflytelse på vannføringen og vannføringsvariasjonene i Gudbrandsdalslågen. Det er reguleringsinngrepets størrelse i Øvre Otta som er avgjørende. Inngrepet i Nedre Otta kan imidlertid ha en viss innflytelse på vannkvaliteten som følge av endret erosjon og partikkeltransport, kvalitetsmessige innvirkninger av tunneloverføringer og endret biologisk omsetning i inntaksmagasiner o.l. Dette er forhold som bør undersøkes nærmere, men i utgangspunktet antar vi at eventuelle kvalitetsendringer blir så små at de ikke vil ha vesentlig innflytelse på forurensningssituasjonen i Mjøsa.



### Elvestrekninger

Elveavsnittet fra Breidalsvatn til Ottavatn (utløp fra Kraftverket) med berørte sideelver vil, avhengig av eventuelle utbyggingsalternativ, få redusert vannføring. I hvilken grad dette vil innvirke på forurensningssituasjonen på elvestrekningene og i den forbindelse på behovet for minstevannføring, bør bli gjenstand for undersøkelser.

Det samme gjelder elvestrekningene i nedre Otta og Gudbrandsdalslågen hvor vannføringen reduseres som følge av en eventuell utbygging i henhold til B2-alternativet for Nedre Otta. Vi vil i den forbindelse spesielt nevne Otta fra Lalm til samløp Gudbrandsdalslågen samt elvestrekningen fra Sjoa til utløp Tårud kr.v.

På de ikke utbygde elvestrekninger i Otta og Gudbrandsdalslågen, vil sannsynligvis resipientinteressen bli tilgodesett ved avrenningen fra restnedbørfeltet samt driftsvannføringen. Dette forutsetter forurensningsbegrensende tiltak. Forurensningssituasjonen og behov for tiltak bør vurderes nærmere på bakgrunn av observasjonsresultater fra den igangværende overvåkingsundersøkelse og eventuelle nye undersøkelser.

## 2.4. Tiltak

### Forurensningsbegrensende tiltak

En reduksjon i sommervannføringen, vil etter våre beregninger og vurderinger kunne resultere i en viss økning av fosforkonsentrasjoner eller stimulering av algeproduksjonen i Mjøsa. Denne effekt synes teoretisk å kunne kompenseres ved å redusere fosfortilførselen i sommerhalvåret med fra 7 til 16 tonn fosfor avhengig av avrenningsforholdene. Når det gjelder utviklingstrenden i Mjøsa på lang sikt, synes ikke de aktuelle utbygginger teoretisk sett å ha noen avgjørende innflytelse, men Mjøsas nåværende forurensningstilstand er her en usikkerhet.

### Betydning av reguleringsområdets størrelse

Å minske de foreslåtte nye regulerte felter f.eks. ved å holde Tora-Føysa utenfor reguleringen vil medføre at sommervannføringen i Gudbrandsdalslågen blir betydelig større (periodevis 30-50 m<sup>3</sup>/s) enn det som er angitt for B2b-alternativene. Dette vil virke gunstig som forebyggende tiltak i forurensningssammenheng.

### Fleksibel manøvreringstiltak

Hvis en prekær situasjon f.eks. oppblomstring av blågrønnalger i Mjøsa først er inntruffet, vil påslipp av vann fra Raudalsmagasinet kunne ha en viss positiv betydning for de nordlige områdene av innsjøen. For de midtre og sydlige områder vil et slikt påslipp neppe ha noen vesentlig betydning. Årsaken til dette er produksjonslagenes størrelse i Mjøsa (4.600 mill. m<sup>3</sup>) i forhold til maks tilgjengelig vannmengder i Raudalsmagasinet (1.400 mill. m<sup>3</sup>).

Et flerårsmagasin i Rauddalen kan ha verdi for påslipp av fortynnings- og utspylingvann i Otta eventuelt Gudbrandsdalslågen hvis en ugunstig forurensningssituasjon skulle utvikle seg der.

### Minstevannføring

På de regulerte vassdragsstrekninger vil det bli behov for minstevannføring. Denne bør imidlertid fastsettes etter nærmere undersøkelser og innrettes slik at den til enhver tid tilfredsstillende ulike bruksinteresser.

## 2.5. Datakvalitet/Usikkerhet

Gudbrandsdalslågen og Mjøsa er et stort og komplisert økosystem med store variasjoner både når det gjelder fysiske, kjemiske og biologiske forhold. Selv om det foreligger et betydelig datagrunnlag for vurdering av den generelle forurensningssituasjonen i vassdraget, er det meget vanskelig å vurdere betydningen forstyrrelser i økosystemet i dette tilfelle vannføringen. Spesielt vanskelig er det for vassdrag hvor økosystemet er i ubalanse.

For å angripe de foreliggende problemstillinger har det vært nødvendig å foreta store forenklinger. Vi har bygd opp våre resonnementer på det faktum at fosfor er nøkkelelementet for algeveksten i Mjøsa, vel vitende om at også en rekke andre faktorer som f.eks. temperatur, lys, ulike sporstoffer, endringer i næringskjeder osv. kan spille en viss rolle.

Bruk av økologiske modeller med hensyntagen til alle økologiske faktorer, har ikke vært mulig på grunn av datamangel. Dessuten er denne type modellbetraktninger meget tidkrevende særlig med tanke på de mangeartede kombinasjonsmønstre mellom de ulike faktorer som foreligger.

Dataene angående forurensningstilførslene er mangelfulle, spesielt gjelder dette jordbrukets bidrag under de ulike klimatiske situasjoner.

Vi mener imidlertid at til tross for de forenklinger som er foretatt kan de angitte standpunkter anvendes som retningsgivende når skadevirkninger av eventuelle utbyggingsalternativ skal vurderes.

## 2.6. Undersøkellesbehov

Det er uavhengig av kraftverksutbygging, fortsatt stort behov for undersøkelser angående forurensningstilførslene til Mjøsa og variasjoner i disse. Spesielt er det behov for studier angående transportmekanismer og fosforomsetning og eventuell tilbakeholdelse av fosfor i tilløpselvene. Kunnskap om dette er nødvendig for bl.a. å kunne vurdere betydningen av fjerntliggende kilder i forhold til nærliggende samt den innbyrdes størrelse av de ulike kilder.

En større grad av sikkerhet med hensyn til utbyggingsprosjektene betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa, krever omfattende og grunnleggende undersøkelser av vassdraget som økosystem. Bl.a. er det behov for grunnforskning angående planteplanktonets suksesjonsforløp og konkurranseforhold, samt betydningen av de ulike ledd i næringskjeden.

På de planlagt utbygde strekninger i Gudbrandsdalslågen og Otta, vil det også være behov for undersøkelser hvis man ønsker å avklare hvilken betydning vannføringsendringer har for vassdraget som økosystem. Dette er spesielt viktig hvis betydningen av reguleringene sett i relasjon til andre økosystemforstyrrelser, f.eks. vei- og forbygnings-tiltak i/langs vassdraget, skal avklares.

I Øvre Otta er det behov for undersøkelser for å avklare resipientproblematikken i et friluft- og rekreasjonsområde. Bestemmelse av minstevannføring, terskler etc. inngår i denne problemstilling.

### 3. KORT BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

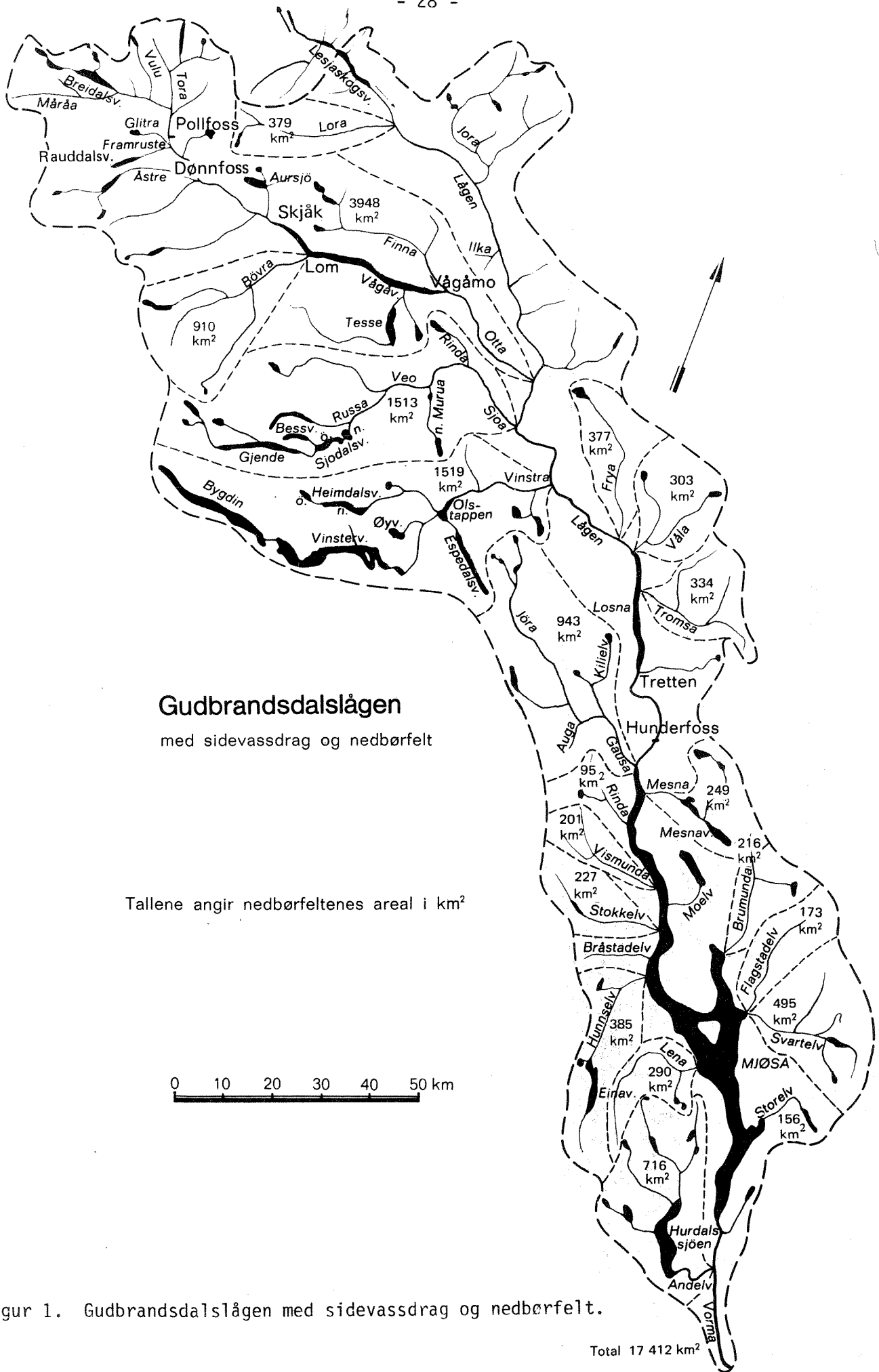
Et oversiktskart over vassdrag og nedbørfelt er fremstilt i figur 1. Fallforholdene i Gudbrandsdalslågen fremgår av figur 2, hvor et lengdeprofil av vassdraget er skissert.

Gudbrandsdalslågens lengde fra Lesjaskogsvatn til utløp i Mjøsa er 197 km. Vassdragets totale fall er på 487 m og et midlere fall på ca. 1,5 m pr. km. Nedbørfeltet strekker seg fra Dovrefjell i nord, Rondane i øst og Jotunheimen i vest. Gudbrandsdalslågen med sideelver går som en buktet, dypt nedskåret revne i fjellheimen. De største sideelvene er Otta, Sjoa og Vinstra fra vest og Jora, Frya og Tromsa fra øst.

Otta er 135 km lang og har et nedbørfelt på 3948 km<sup>2</sup>. Elven kommer fra Djupvatnet (1016 m o.h.) og passerer på sin vei Breidalsv. (10,4 km<sup>2</sup>) før den stuper ned i Ottadalføret. Nedover mot Ottavatn fanger elven inn en rekke sidevassdrag bl.a. Måråa, Vulua, Tora og Føysa, Glitra, Framrusta fra Rauddalsv., Astre, Tundra, Sjøli og Aura (reg.). Bøvra munner ut i Ottavatn ved Lom. Herfra går Ottavatn over i innsjøen Vågåvatn som mottar tilløpet Tesse fra syd. Finna munner ut i Otta ved Vågåmo. Ved Lalm har Otta en midlere vannføring på 108 m<sup>3</sup>/s. Dette er knapt halvparten av middelvannføringen i Gudbrandsdalslågen ved Losna: 249 m<sup>3</sup>/s.

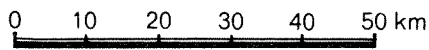
Gudbrandsdalslågen munner ut i Mjøsa som er en lang, smal og dyp innsjø. De viktigste innsjødata er følgende (kilde: NVE):

Største lengde:	117	km
Største bredde	9	km
Overflateareal	362	km <sup>2</sup>
Volum	56240	mill. m <sup>3</sup>
Middeldyp	153	m
Største dyp	449	m
Nedbørfelt til utløp	16420	km <sup>2</sup>
Høyeste obs. vannst. 10.7.27	125,89	m o.h.
Laveste " " 27.4.40	119,11	m o.h.
Midlere årlig avløp (1931-1982)	9959	m <sup>3</sup> /s
Teoretisk oppholdstid	5,6	år



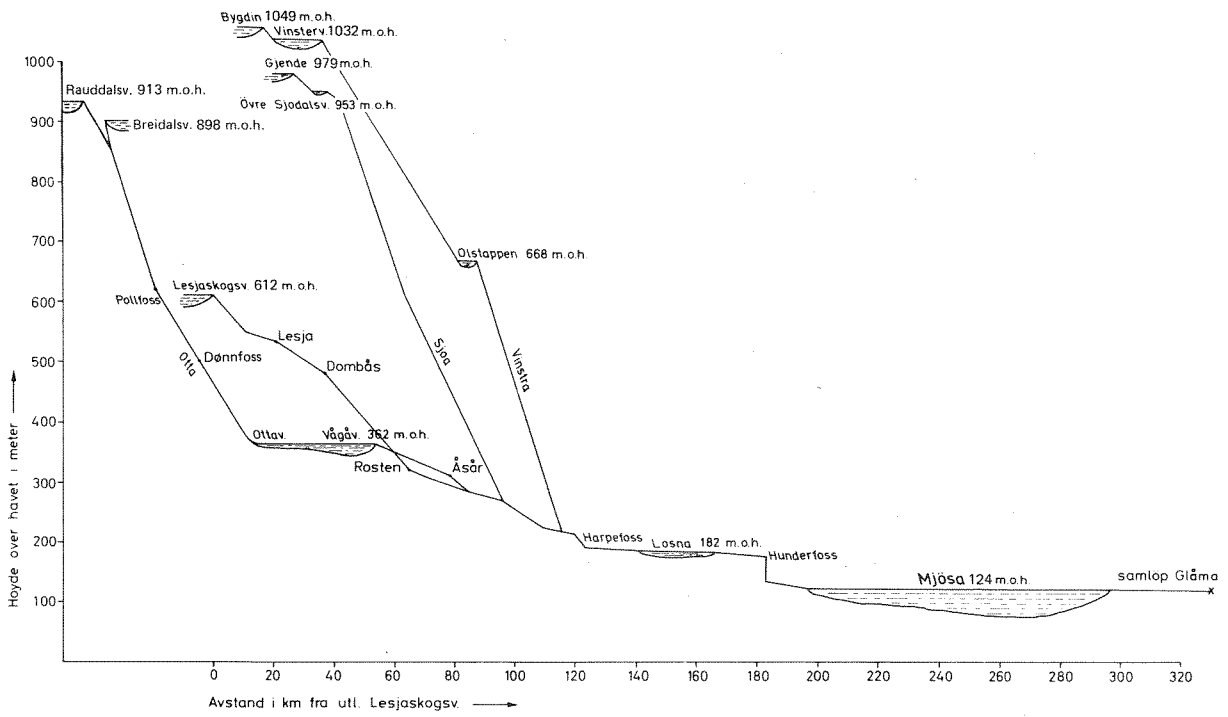
**Gudbrandsdalslågen**  
med sidevassdrag og nedbørfelt

Tallene angir nedbørfeltens areal i km<sup>2</sup>



Figur 1. Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag og nedbørfelt.

Total 17 412 km<sup>2</sup>



Figur 2. Fallforholdene i Gudbrandsdalslågen.

#### 4. FORURENSNINGSKILDER OG AKTIVITETER I GUDBRANDSDALSLAGENS OG MJØSAS NEDBØRFELT

I det følgende er det gitt en kort oppsummering av forurensningskilder og aktiviteter ut fra nylig utarbeidede rapporter og utredninger. Rapportene er ledd i den utvidede overvåkingsundersøkelsen av Gudbrandsdalslågen og Mjøsa, som er finansiert og administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT).

##### 4.1. Jordbruk

Når det gjelder jordbruksarealer og aktiviteter henvises til rapport fra Institutt for Georessurs og forurensningsforskning (GEFO 1985).

Tabell 1 som bygger på nevnte rapport, gir en oversikt over jordbruksarealer i 1984.

Tabell 1. Oversikt over jordbruksarealer i Gudbrandsdalslågens og Mjøsas nedbørfelt 1984. Benevning da (Etter GEFO 1985).

Område	Eng	Rot-vekster	Poteter	Korn/frø	Grønnsaker	Totalt
Oppstrøms Otta	121.586	7.561	625	13.024	45	142.841
Otta - Lillehammer	160.290	14.406	897	34.358	16	209.967
G.lågens nedbørfelt	281.876	21.967	1.522	47.382	61	352.808
Vestsiden av Mjøsa (Oppland)	66.684	12.270	13.697	118.058	3.5186	214.295
Østsiden av Mjøsa (Hedm.)	75.042	15.046	12.492	227.133	4.234	333.942
Totalt Mjøsområdet	141.726	27.311	26.189	345.191	7.820	548.237
Mjøsas tot. nedbørfelt*	423.602	49.278	27.711	392.573	7,881	901.045

\* Jordbruksområder i Akershus fylke ikke medregnet

Ifølge GEFO (1985) er det i de senere år frem til 1984 skjedd en økning i det samlede jordbruksareal på 42.000 da eller hele 5 %. De største arealene gjelder eng, men den prosentvise økningen har vært størst for korn og frøarealer (7 %). Videre nevnes det at i Oppland har det dyrkede arealet i fjellområdene økt med 10 % i samme tidsrom.



Etter Mjøsaksjonen var det en økning i storfeholdet frem til innføringen av kvoteordningen for melk, deretter har det vært en svak nedgang frem til 1984. Både antall gris, sauer og fjærfe har økt betraktelig etter at Mjøsaksjonen var avsluttet (GEFO 1985).

#### 4.1.1. Fosfor i naturgjødsel og handelsgjødsel

GEFO (1985) har på bakgrunn av husdyrtellinger beregnet mengde fosfor i innelagret husdyrgjødsel pr. år - følgelig tilføres dette kvantum jordbruksarealene. I tillegg kommer gjødsel fra husdyr på beite.

Forbruk av handelsgjødsel (1/7-84 - 30/6-85) er beregnet ut fra oppgaver fra hovedleverandører av handelsgjødsel i distriktet.

Den totale fosfortilførsel til jordbruksarealene blir etter dette følgende (tabell 2):

Tabell 2. Forbruk av fosfor i vinterlagret naturgjødsel og handelsgjødsel i ulike områder av nedbørfeltet. Benevning tonn fosfor/år.

Område	Naturgjødsel	Handelsgjødsel	Totalt
Oppstrøms Otta	295,2	447,7	742,9
Otta - Lillehammer	426,7	461,2	887,9
G.lågens nedbørfelt	721,9	908,9	1630,8
Mjøsa vest (Oppland)	263,6	715,0	978,6
Mjøsa Øst (Hedmark)	267,2	844,1	1111,3
Totalt Mjøsområdet	530,8	1559,1	2089,9
Mjøsas totale nedbørfelt	1252,7	2468,0	3720,7

På bakgrunn av disse gjødselmengder samt gjødsel fra husdyr på beite har GEFO (1985) kommet til at den midlere fosforbelastningen pr. da og år er 2,2 kg i Oppland og 1,9 kg i Hedmark. Det totale fosforpotensialet i handelsgjødsel og husdyrgjødsel er tilsammen 4385,8 tonn pr. år.

Ved siden av gjødsling av arealer er det flere forhold i tilknytning til jordbruksvirksomheten som kan betraktes som forurensningskilder (GEFO 1985):

- Utette gjødselkjellere/gjødsellagre. GEFO opererer her med tapsprosjenter fra 0,15 til 10 %. Ca. 2 % er mest vanlig.
- Fosfor i silomasse. GEFO regner med at ca. 66 % av silosafta tilføres gjødselkjellere, mens 34 % føres ut på bakken og spres på engarealer (tabell 3).
- Fosforproduksjon i melkerom. GEFO har regnet med at 75 % av avløpet fra melkerom tilføres gjødselkjellere (tabell 3).

Tabell 3. GEFOs beregninger av siloer og melkerom som fosforkilder.  
Benevning: tonn/år.

Område	Siloer	Melkerom	Totalt
Oppstrøms Otta	18,2	1,74	19,94
Otta - Lillehammer	23,4	1,91	25,31
G.lågens nedbørfelt	41,6	3,65	45,25
Mjøsa vest (Oppland)	11,6	0,93	12,53
Mjøsa Øst (Hedmark)	14,1	1,10	15,20
Mjøsområdet	25,7	2,03	27,73
Mjøsas totale nedbørfelt	67,3	5,68	72,98

I hvilken grad disse fosformengdene tilføres vassdrag er behandlet i kapittel 5.

#### 4.2. Boligbebyggelse

Som ledd i den utvidede overvåkingsundersøkelse av Gudbrandsdalslågen og Mjøsa, har sivilingeniør Elliot Strømme A/S, Lillehammer, utarbeidet en rapport om bosetting, kloakkrenseanlegg etc. i Oppland og Hed-

mark fylker, som har betydning for forurensningssituasjonen i det aktuelle vassdrag (Strømme, 1985). Arbeidet ble i vesentlig grad basert på tilgjengelig informasjon i kommuner, fylker og stat. Undersøkelsen ble gjennomført i perioden mai - oktober 1985. Tabell 4 som bygger på Strømmes resultater, gir en oversikt over befolkningsantall og kloakkrenseanlegg i Mjøsas nedbørfelt (Akershus ikke medregnet).

Tabell 4. Oversikt over bosetting og tilknytning til renseanlegg i Gudbrandsdalslågen og Mjøsas nedbørfelt 1984 (Etter Strømme 1985). Benevning personekvivalenter (pe).

Område	Tot. befolkn.	Tettsted	Mini-tettsted	Spredt.	Ikke tilkn. renseanl.	Industri inst.	Totalt pe	Tot. pe ik. tilkn. renseanl.
Oppstrøms Otta	21.154	10.664	180	10.310	11.439	6.996	28.150	13.270
Otta - Lilleh.	48.334	27.371	293	20.670	21.560	16.986	65.320	23.725
G.lågens nedb.felt	69.488	38.035	473	30.980	32.999	23.982	93.470	36.995
Mjøsa vest (Oppland)	53.630	36.385	1.070	16.175	18.945	9.260	62.890	19.640
Mjøsa øst (Hedm.)	80.050	44.650	6.715	28.685	27.850	18.520	98.570	28.400
Tot. Mjøsomr.	133.680	81.035	7.785	44.860	46.795	27.780	161.460	48.040
Mjøsa totalt	203.168	119.070	8.258	75.840	79.794	51.762	254.930	85.035

Av tabellen går det frem at inklusiv småindustri tilsvarer den totale befolkningmengde i Mjøsas nedbørfelt 254.930 pe hvorav 85.035 eller ca. 33 % ikke er tilknyttet kloakkrenseanlegg. Ca. 37 % (75.840) bor spredt og de fleste av de spredte boliger har infiltrasjonsanlegg/-sandfilteranlegg.

### 4.3 Industriaktiviteter

De viktigste forurensende industribedrifter i Mjøsas nedbørfelt finnes innen bransjene næringsmiddel- og treforedlingsindustri. Fra slike bedrifter er det først og fremst utslipp av organisk stoff som kan skape problemer, men fosforutslippene kan også være betydelige. Den metallbearbeidende industri var tidligere også betydningsfull med hensyn til utslipp av fosfor (MD 1979).

Det foreligger ingen rapport eller oversikt fra de senere år over industrien som fosforkilde.

## 5. FORURENSNINGSTILFØRSLER - FORURENSNINGSBELASTNING

Da eutrofiering eller stor produksjon av planteplankton er hovedproblemet med hensyn til forurensningssituasjonen i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa, har forskningen i vesentlig grad vært knyttet til tilførsler og virkningen av gjødselstoffer - i første rekke fosfor.

I den senere tid er det blitt klart at Mjøsas sedimenter inneholder betydelige mengder kvikksølv (Rognerud 1985). Imidlertid er det åpenbart at eventuelle reguleringsinngrep har liten innflytelse på kvikksølvforurensningene og vi vil derfor i denne rapporten konsentrere våre vurderinger om tilførsel av gjødselstoffer og eventuelle effekter av disse.

Det er tidligere dokumentert (bl.a. NIVA 1979) at fosfor er det styrende element hva eutrofiutviklingen i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa angår, og vi vil derfor i vesentlig grad konsentrere våre vurderinger i tilknytning til dette element, samt sammenhengen fosfortilførsel/-biologisk respons i vassdraget.

### 5.1. Fosfortilførsler til Mjøsa i 70-årene

Da det gjennom lengre tids undersøkelser er slått fast at fosfor er begrensende for algeveksten i Mjøsa, er tilførselen av dette element blitt satt i fokus ved alle undersøkelser og tiltak for å redusere algeveksten i innsjøene. I henhold til teoretiske beregninger var fosfortilførselen til Mjøsa i 1972, før forurensningsbegrensende tiltak ble satt i verk, 459 tonn fosfor pr. år. I 1976 viste beregningsverdiene 383 tonn pr. år (MD, 1979). Skjønsmessig vurdert var de teoretiske tilførsler 225 tonn pr. år i 1981. Disse reduksjoner skyldes Mjøsaksjonen som hadde som mål å redusere tilførslene til 175 tonn fosfor pr. år i 1980 (MD 1979).

I tilknytning til NIVAs Mjøsundersøkelse i tidsrommet 1973-1979, ble tilførslene via de 14 største tilløpselvene målt ved ukentlige prøvetakinger i sommerhalvåret og månedlige om vinteren (de fire siste år). Tilførselen fra nærområdet (utenom elvenes nedbørfelt) ble beregnet. Resultatene er gjengitt i tabell 5 (NIVA 1980):

Tabell 5. Fosfortilførsel til Mjøsa under årene 1976, 1977, 1978 og 1979. Benevning tonn total fosfor (P) pr. år. Kilde: NIVA 1980.

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen, Faaberg	58	42	58	110
13 lokale tilløp	62	48	49	56
Diffuse tilf. fra næromr.	31	24	25	28
Punktutslipp	157	116	87	59
<b>Totale tilførsler</b>	<b>308</b>	<b>230</b>	<b>219</b>	<b>252</b>

De målte verdier er noe lavere enn de teoretisk beregnede. Dette kan ha flere årsaker:

- Teoretiske beregningsresultater bygger på antatte verdier for arealavrenning og fosforproduksjon (bebyggelse, industri), antatt rensegrad etc. Verdiene gjelder et middelår.
- Måleresultatene kan være unøyaktige som følge av usikkerhet i vannføringsmålinger, kjemiske analyseresultater, kortvarige konsentrasjonsvariasjoner o.l.

De målte transportverdier er beregnet ved å multiplisere veid middelverdi for konsentrasjon med den totale vannføring for hver enkelt måned:

$$\text{Transport} = \frac{\sum c_i q_i}{\sum q_i} \cdot Q$$

hvor  $c_i$  er den målte konsentrasjonen på de ulike observasjonsdager (ukentlig) og  $q_i$  er vannføringen ved de samme tidspunkt.  $Q$  er den totale månedsvannføring.

Resultatene av disse undersøkelser for Gudbrandsdalslågen, 13 lokale tilløpselver og Vormå er vist i tabell III i Vedlegg.

Undersøkelsene ble gjort mens Mjøsaksjonen pågikk og tilførslene fra punktutslipp avtok gradvis - de ble redusert med over 60 % i løpet av disse 4 år. Når det gjelder tilløpselvene som i vesentlig grad drenerer og transporterer materiale fra landområdene, ikke minst jordbruksarealer, var det ingen markert reduksjon, transportverdiene synes å variere fra år til år avhengig av nedbør og avrenningsforhold. I 1979 som var et nedbørrikt år var således tilførsler fra de diffuse kilder langt høyere enn i de foregående år som var nedbørfattige.

For statistisk å underbygge denne antakelse har vi foretatt visse korrelasjonsanalyser mellom fosfortilførsel og vannføring i Gudbrandsdalslågen og de lokale tilløp samt nedbøren på Kise for tidsperioden 1976-1979. Denne analyse som gjelder sommermånedene juli-sept., gav følgende resultater:

- Det er god sammenheng mellom vann- og fosfortransport i Gudbrandsdalslågen. Korrelasjonskoeffisient,  $r = 0,92$ .
- Det er ingen sammenheng mellom nedbør på Kise og vannføring i Gudbrandsdalslågen.  $r = 0,16$ . Snø- og issmelting i høyfjellet er i vesentlig grad bestemmende for vannføringen i Gudbrandsdalslågen.
- Det er god sammenheng mellom nedbør på Kise og målt fosfortilførsel i de 13 lokale tilløpselver.  $r = 0,78$ .
- Korrelasjonskoeffisienten mellom fosfortransport og vannføring i de 13 lokale tilløpselver er beregnet til  $r = 0,54$ , dvs. dårligere enn for nedbøren. Dette kan skyldes at kraftige regnværsperioder som vi ofte har på Østlandet om sommeren, har stor "utspykende" effekt, men vannet går i noen grad med til å fylle opp grunn- og markvannsmagasiner.

På bakgrunn av disse analyseresultater kan vi slå fast at:

- Fosfortilførslene fra landområdene (diffuse tilførsler) øker med økende nedbør/vannføring. Fosfortilførslene vil bli spesielt store ved stor nedbør i Mjøsområdet.
- Den verste situasjon med hensyn til forøket fosforkonsentrasjon i Mjøsas overflatelag om sommeren, antar vi vil inntreffe ved kraftig nedbør i Mjøsområdet kombinert med liten vannføring (lite snø og isavsmelting) i Gudbrandsdalslågen.
- Under kraftig nedbør må vi anta at en viss overbelastning av kloakknettene finner sted og følgelig større tilførsler enn normalt av "kloakk-fosfor".

Vi vil understreke at de målte verdier ikke må forveksles med de teoretisk beregnede som tar utgangspunkt i et middelår. Vi vil påpeke at de teoretiske verdier for punktutslipp for årene 1976 og 1978 var 137 og 89 tonn pr. år. Dette er av noenlunde samme størrelsesorden som "måleresultatene". Tilførslene fra landarealene inklusiv jordbruksområdene var imidlertid meget avvikende. Dette viser bl.a. at hvis man skal kunne vurdere forurensningseffekter fra eventuelle reguleringsinngrep i Øvre Otta for spesielle år, kan ikke dette baseres på teoretiske beregninger av forurensningstilførsler - direkte målinger i vassdragene er nødvendig.

## 5.2. Fosfortilførsler til Gudbrandsdalslågen og Mjøsa i 1985

Denne oversikt bygger til dels på GEF0s og Strømmes (1985) utredninger og til dels på vurderinger ut fra de biologiske forhold i Mjøsa.

GEF0 og Strømme (1985) har beregnet fosfortilførslene til vassdrag kommunevis fra henholdsvis jordbruksaktiviteter og boligområder. Deres beregninger gjelder et "normalår" - og ikke for spesielt 1985 som var et vått år.

Det skal her poengteres at de teoretiske beregningsverdiene gjelder tilførsler til vassdrag og ikke til Mjøsa. Det er nemlig grunn til å tro at fosfor i noen grad holdes tilbake i vassdrag (sedimentasjon og biologisk omsetning i innsjøer, tjern, løner o.l.) og tilførslene til vassdragene er derfor større og varierer på en annen måte enn det som etter hvert kommer frem til Mjøsa.

I den følgende diskusjon har vi skilt mellom fosfortilførselen til Gudbrandsdalslågen ned til Faaberg og tilførslene fra det øvrige nedbørfelt til Mjøsa.

#### 5.2.1. Gudbrandsdalslågen

Tabell 6 viser GEFO og Strømmes (1985) verdier for fosfortilførsel til vassdraget fra henholdsvis jordbruk og kommunalt avløpsvann.

Tabell 6. Fosfortilførsel (tonn P/år) til Gudbrandsdalsvassdraget (teoretiske verdier for et middelår) fra menneskelige aktiviteter.

Aktivitet Kommune	Landbruk		Bosetting	Totalt
	Punktkilder	Arealer		
Lesja	0,5	1,6	0,7	2,8
Dovre	0,4	0,9	1,0	2,3
Sel	0,4	1,4	2,8	4,6
Skjåk	0,5	0,8	0,5	1,8
Lom	0,4	0,7	1,2	2,3
Vågå	0,4	1,0	1,1	2,5
Nord-Fron	0,6	1,8	1,7	4,1
Sør-Fron	0,4	1,6	0,9	2,9
Øyer	1,1	1,7	1,4	4,2
Ringebu	1,0	2,2	1,3	4,5
	5,7	13,7	12,6	32,0



I henhold til disse resultater utgjør fosfortilførsler via kloakkvann fra bosettingen ca. 40 % av det totale fosforbidrag fra menneskelige aktiviteter til Gudbrandsdalsvassdraget, mens jordbrukets bidrag er ca. 60 %. Industrien er her ikke medregnet.

Ved å vurdere/beregne en viss tilbakeholdelse (sedimentasjon, biologisk omsetning) av fosfor først og fremst i Vågåvatn (teoretisk oppholdstid : 50 døgn) Losna m.fl. er vi kommet frem til at fosfortilførselen fra menneskelige aktiviteter til Mjøsa via Gudbrandsdalslågen (målt ved Faaberg) er ca. 26 tonn total fosfor pr. år.

Fosforkonsentrasjonen i Gudbrandsdalslågen ved Faaberg er i de senere år målt månedlig i forbindelse med Statlig overvåkingsprogram. Resultatene er rapportert i de årlige "overvåkingsrapporter".

I rapportutkastet for 1985, heter det at variasjonsmønsteret for fosforkonsentrasjonen ikke avvek stort fra tidligere års måleresultater - det var store variasjoner over året avhengig av vannføring, klima og sesongbetonte aktiviteter i nedbørfeltet. Ut fra vannføringsmålingene og de foreliggende analyseverdier ble Mjøsa i 1985 tilført ca. 96 tonn fosfor via Gudbrandsdalslågen målt ved Faaberg.

Med utgangspunkt i de målte transportverdier og de teoretiske beregnede fosfortilførsler til Gudbrandsdalsvassdraget fra menneskelige aktiviteter, utgjorde det naturlige bidraget fra nedbørfeltet ca. 70 tonn i 1985. Dette svarer til en arealkoeffisient på ca. 6,1 kg fosfor/km<sup>2</sup> · år, som er i god overensstemmelse med tidligere erfaringer (Vennerød, 1984). Det "menneskelige" bidraget (antropogent fosfor) var altså ca. 27 % av den totale transport.

#### 5.2.2. Fosfortilførsler til Mjøsa fra nærområdet (nedstrøms Faaberg)

I utkast til overvåkingsrapport for Mjøsa for 1985 er man kommet fram til at den totale fosforbelastning på Mjøsa i 1985 var ca. 260 tonn fosfor pr. år. I denne beregning er det tatt utgangspunkt i de biologiske forhold i innsjøene, og disse er anvendt som input i visse økologiske erfaringsmodeller om sammenhenger mellom fosfortilførsler og biologisk respons i innsjøen. Trekker vi fra bidraget via Gudbrandsdalslågen blir de totale tilførsler fra Mjøsområdet ca 164 tonn fosfor pr. år.

I henhold til Hovedrapporten fra Mjøsundersøkelsene 1971-1976 (NIVA 1979), var arealkoeffisienten for det naturlige fosforbidrag langt lavere (ca. halvparten) i Mjøsområdet enn for Gudbrandsdalslågen. Dette skyldes at Gudbrandsdalslågen i sommerhalvåret transporterer store mengder apatittfosfor (inaktivt fosfor) fra isbreområdene. Hvis vi i det følgende regneeksperiment setter den naturlige arealkoeffisient i Mjøsområdet til 3 kg fosfor/km<sup>2</sup> og år (NIVA, 1979), og at det atmosfæriske fosforbidrag til Mjøsas overflate er ca. 15 kg fosfor pr km<sup>2</sup> innsjøoverflate (NIVA 1979), får vi at det naturgitte fosforbidraget til Mjøsa fra nærområdet og atmosfæren blir ca. 20 tonn/år.

Følgelig vil det "menneskelige" bidraget fra samme område bli ca. 144 tonn fosfor pr. år.

I henhold til opplysninger fra Statens forurensningstilsyn antas industriens fosforbidrag (egne utslipp) til Mjøsa å være 10-15 tonn/år. Bidraget fra jordbruk og kommunalt avløpsvann skulle således bli ca. 130 tonn fosfor pr. år fra Mjøsas nærområde (nedbørfelt nedstrøms Faaberg).

Hvordan stemmer dette med GEF0s og Strømmes (1985) beregningsresultater (tabell 7).

Tilsynelatende er GEF0s og Strømmes verdier av samme størrelsesorden som de vi er kommet frem til. Imidlertid må vi være klar over at mens GEF0s og Strømmes verdier gjelder et middelår klimatisk sett, gjelder våre verdier for 1985 som var et meget nedbørrikt år, spesielt i sommerhalvåret. GEF0s og Strømmes verdier gjelder dessuten tilførsel til vassdrag og ikke til Mjøsa.

Da det rapporteres om betydelige lekkasjer og overløp på kloakknettet, vil vi anta at kloakkvannstilførselen var noe høyere i 1985 enn det Strømme (1985) kom frem til i et middelår.

Tabell 7. GEFOs og Strømmes (1985) verdier for fosfortilførsel til vassdrag i Mjøsområdet i et middelår (tonn fosfor/år).

Kommune	Jordbruksaktiviteter		Bosetting	Totalt
	Punkt- kilder	Areal- avr.		
Gausdal	2,0	4,2	1,6	7,8
Lillehammer	0,8	2,5	5,0	8,3
Gjøvik	1,6	5,6	6,7	13,9
Østre Toten	1,0	11,3	5,9	18,2
Vestre Toten	1,0	5,6	5,0	11,6
Ringsaker	3,6	19,0	8,4	31,0
Vang	0,5	4,2	1,8	6,5
Stange	1,1	10,0	5,5	16,6
Løten	0,8	4,1	2,1	7,0
Hamar			3,6	3,6
SUM	12,4	66,5	45,6	124,5

GEFOs arealkoeffisienter synes imidlertid å være høye, i hvertfall for et år med normal nedbør. Soneinndelingen synes også noe grov og unyansert. Vi antar derfor at jordbrukets fosforbidrag antakelig er noe lavere enn det GEFO oppgir. Som et foreløpig estimat vil vi angi at det "menneskelige" fosforbidrag til Mjøsa fra nærområdet i 1985 var:

fra industriaktiviteter	ca. 10	tonn fosfor/år
fra bosetting og småindustri	" 50-60	" " "
fra jordbruksaktiviteter	" 60-70	" " "

Det skal poengteres at disse verdier er teoretiske og vi ser derfor frem til resultatene av de igangsatte målinger i de viktigste tilførselvene. Når disse måleresultater foreligger, bør det gis muligheter for en revurdering av tilførselsberegningene. Målingene må gå over flere år slik at variasjoner i nedbør og vannføring kan fanges inn i beregningene.

### 5.2.3. Total fosfortilførsel til Mjøsa i 1985

Den totale fosfortilførsel til Mjøsa i 1985 fordelt på kilde/aktivitets-typer var i henhold til foreliggende rapporter omtrent av følgende størrelsesorden:

Naturlig bidrag:	ca. 90 tonn
Jordbruks "	" 90 tonn
Bidrag fra bebyggelse:	" 70 tonn
Bidrag fra industri:	<u>" 10 tonn</u>
Total tilførsel:	<u>ca. 260 tonn</u>

### 5.3. Konklusjon

*Før Mjøsaksjonen utgjorde tilførsel av kloakkvann og industrielt avløpsvann direkte til Mjøsa den største forurensningsbelastning. Disse tilførsler medførte størst algevekst i tørre somre når vanntilførselen var liten. På grunn av temperatursprangskiktet ble i første rekke overflatelaget (produksjonslaget) berørt. Avløp fra renseanlegg blir idag tilført dypereliggende vannmasser.*

*Etter Mjøsaksjonen synes avrenning fra jordbruksarealer/aktiviteter relativt sett å ha større betydning enn tidligere. Dette gjelder spesielt våte somre med stor utvasking av erosjonsprodukter og gjødselstoffer. I f.eks. 1985 som var en uvanlig våt sommer, må vi anta at utspyling av fosfor fra landområdene var spesielt stor. I slike år vil bidraget fra overløp i kloakk-nettet etc. også være stor.*

## 6. FORURENSNINGSTILSTANDEN I GUDBRANDSDALSLÅGEN OG MJØSA

Vannkvaliteten i de nedre deler av Gudbrandsdalslågen og i Mjøsa har vært under stadig overvåking og undersøkelser siden begynnelsen av 1970-årene (De biologiske forhold i Gudbrandsdalslågen er undersøkt 1974 og 1985/86). Det ble tidlig slått fast at hovedproblemet i vassdraget hva forurensninger angår var eutrofiering eller massiv algeproduksjon. I Gudbrandsdalslågen var (i 1974) dessuten vekst av bakterier (kolonier) og sopp et problem mange steder. I det følgende blir det gitt en kort oppsummering av forholdene, for mer detaljerte utredninger henvises til overvåkingsrapportene for 1985.

### 6.1. Gudbrandsdalslågen

Vannets kjemiske forhold ved Faaberg er undersøkt siden 1971. De biologiske forhold i vassdraget ble undersøkt i 1974 og i 1985/86.

Vannkvaliteten i Gudbrandsdalslågen har lavt innhold av mineralsalter (bløt vanntype) og har omtrent nøytral reaksjon. Særpreget for vassdragets vannkvalitet er stor transport av erosjonsprodukter fra isbreområder sommerstid. Vannets innhold av partikulært materiale er høyt på denne tid - en effekt som avtar nedover i vassdraget. Det partikulære materiale tilføres i vesentlig grad via Bøvra, men vannet i Øvre Otta er også til tider i noen grad påvirket (NIVA, 1975 og 1986 under utarbeidelse).

Næringssaltkonsentrasjonene viser markerte sesongvariasjoner med de høyeste verdier under lavvannsføringer og i perioder med stor aktivitet innenfor jordbruksnæringen (vår, høst). Selv om det er store variasjoner fra år til annet, synes konsentrasjonene å ha avtatt siden midten av 70-årene antakelig som følge av Mjøsaksjonen. Det bør også tilføyes at en stor del av det naturlige fosforbidrag kommer fra breområder i form av appatittfosfor (inaktivt fosfor) som i mindre grad er tilgjengelig for algevekst.

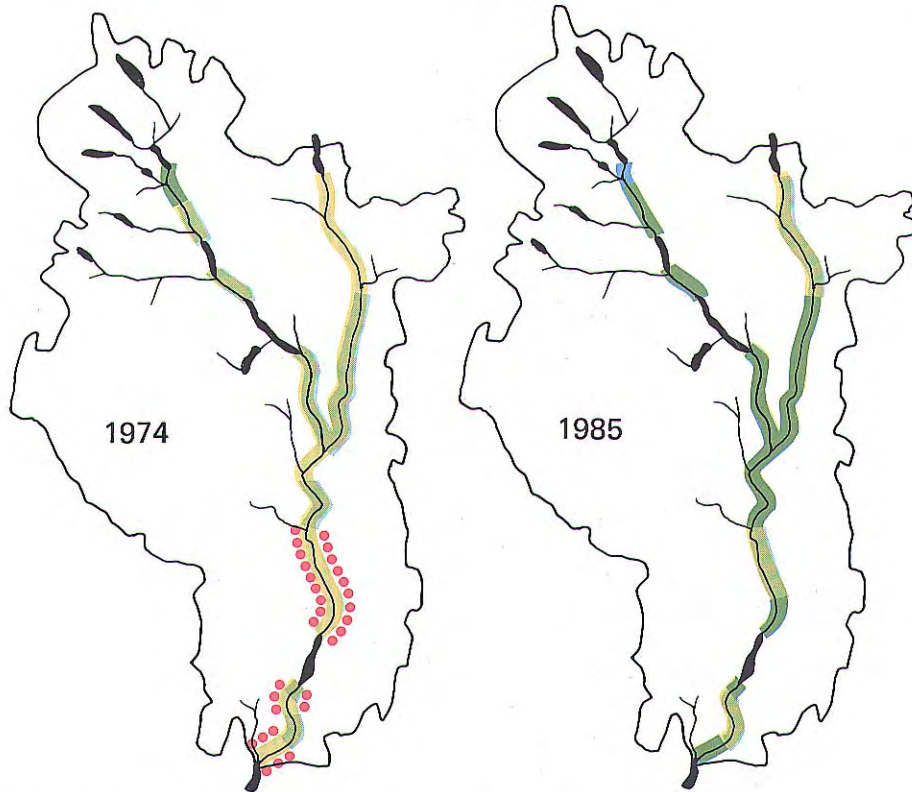
De biologiske forhold i Gudbrandsdalslågen er, særlig hva organisme-samfunnenes sammensetning angår, først og fremst betinget av de

naturgitte forhold. Smeltevannet fra høyfjellsområdene bidrar til høy vannføring og stor transport av erosjonsprodukter hele sommeren igjennom. Dette senker produksjonsnivået.

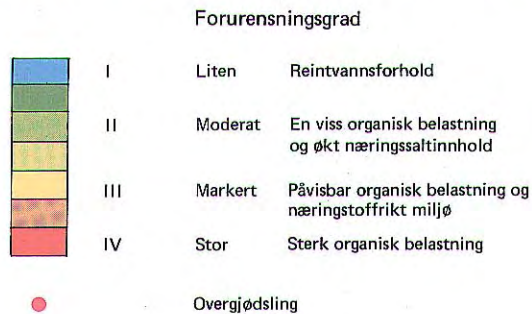
Tilførsel av næringsalter fra menneskelige aktiviteter i dalføret høyner produksjonsgrunnlaget for organismelivet. Denne påvirkningseffekt gjorde seg tidligere (før Mjøsaksjonen) markert gjeldende ved betydelig begroingsutslag, spesielt nedstrøms tettsteder som Dombås, Otta, Vinstra, Tretten, Faaberg etc. (NIVA, 1975).

I 1985 indikerte begroingssamfunnet en liten til moderat forurensningsbelastning. Ingen organismer som er typisk for forurensede vassdrag ble observert, men en viss tilbakegang av enkelte typiske rentvannsformer kunne spores. Gulalgen Hydrurus foetidus var mest fremtredende om våren, mens grønnalgen Ulothrix zonata og kiselalgen Didymosphenia geminata og Gomphonema spp. dominerte senere på sommeren og om høsten.

Bunndyrsamfunnet som i midten av 1970-årene var markert påvirket (NIVA 1975), var i 1985 sammensatt av arter som i liten grad indikerer menneskelig påvirkning. Arter som direkte indikerer forurensning ble ikke funnet i 1985 (Kjellberg, pers. med.). Gode rentvannsindikatorer som steinfluene Diura nanseni og Dinocras cephalotes og vårfluen Micrasema sp. var vanlig forekommende. Forurensningsgrad basert på benthosundersøkelser er vist i figur 3. Forklaringer til figuren finnes i Vedlegg 2.



Figur 3. Forurensningsgrad basert på benthosundersøkelser i Gudbrandsdalslågen i 1974 og 1985. (Se vedlegg)



Elvevannet var imidlertid også i 1985 betydelig forurenset av tarmbakterier. I perioder var forekomsten av tarmbakterier så stor (95 termostabile ( $44^{\circ}\text{C}$ ) og 850 koliforme ( $37^{\circ}$ ) pr. 100 ml) at tilførsel av kloakkvann og husdyrgjødsel må være betydelig.

### 6.1.1. Konklusjon

Vannkvaliteten i Gudbrandsdalslågen er betraktelig bedre nå (1985) enn før Mjøsaksjonen (1976), selv om det fortsatt er forurensningsproblemer når det gjelder overgjødsling og hygieniske forhold. Vassdraget, spesielt de nedre deler må derfor fremdeles betraktes som moderat forurenset.

Som en generell betraktning skal tilføyes:

- Stor sommervannføring i Gudbrandsdalslågen har betydelig innvirkning på vannkvaliteten. De utslipp som finner sted blir ved høye vannføringer fortynnet og får en redusert effekt - derved dempes den biologiske responsen.
- Effektive forurensningsbegrensende tiltak også hva drift og kontroll angår, er nødvendig hvis målet er å opprettholde den nåværende vannkvalitet. Det skal her føyes til at forurensningssituasjonen i Mjøsa er sentral i denne problemstilling.

## 6.2. Mjøsa

### 6.2.1. Generelt om forurensningsutviklingen

Forurensningssituasjonen i Mjøsa har vært undersøkt og overvåket siden begynnelsen av 1970-årene. Det ble tidlig slått fast at det viktigste forurensningsproblem i innsjøen var eutrofiering eller massiv begroing og algeproduksjon. Senere er det foretatt undersøkelser som viser at Mjøsas sedimenter er betydelig forurenset av kvikksølv (Rognerud 1985).

I midten av 1970-årene hadde eutrofieringen grepet så om seg og produksjonen av alger, spesielt blågrønnalger, var så stor at vannet ikke kunne anvendes i praktisk sammenheng til f.eks. drikkevann på grunn av ubehagelig smak og lukt. Dette gjaldt vannverk som anvendte selve Mjøsa og vassdraget nedstrøms som råvannskilde. Selv om smak- og luktulempene ble bedre mot dypet var de likevel markerte selv ved inntak på 50-60 meters dyp - særlig utover høsten når innsjøen sirkulerte.

På grunn av at overflaten (produksjonssjiktet) er liten i forhold til innsjøens volum, ble de produserte organiske stoffmengder (alger) effektivt brutt ned og nådde i liten grad bunnen under sedimentasjon. Oksygenforholdene i dyplagene har derfor vært uendret i tidsperioden 1966-1985.



Det ble tidlig dokumentert at hovedårsaken til forurensningen av Mjøsa var stor tilførsel av næringssalter, spesielt fosfor. Det bør imidlertid nevnes at bakterieinnholdet i de frie vannmasser var meget høyt i store områder av Mjøsas overflatelag.

Oppryddings- og saneringsaksjonen - Mjøsaksjonen - som ble satt i verk for å motvirke denne utvikling, resulterte i stadig bedre tilstander hva algeproduksjon angår:

- Total planteplankton som biomasse (g våtvekt/m<sup>3</sup>) under produksjonsperioden avtok fra 1,7 i 1976 til 0,8 i 1980 - altså vel en halvering.
- Den midlere klorofyllverdi (et annet mål for planteplanktonets biomasse) avtok fra 4,8 µg/m<sup>3</sup> som middel over sommersesongen i 1976 til 2,5 µg/m<sup>3</sup> i 1980.
- Produksjonen av planteplankton pr. tidsenhet (primærproduksjonen) avtok fra 570 µg C/m<sup>2</sup>·døgn som middel over sommersesongen i 1976 til 111 µg C/m<sup>2</sup>·døgn i 1980 - dvs. en reduksjon med ca. fire femdeler.
- Blågrønnalgenes innsalg i planktonfloraen avtok stadig og utgjorde etter 1978 ikke noe vesentlig problem.
- De bakteriologiske forhold ble stadig bedre og allerede i 1978 var innholdet av koliforme bakterier (37°C) mindre enn 10/100 ml i store deler av de sentrale og sydlige områder av Mjøsa. I 1972 varierte bakterietallet fra 100 - 1000/100 ml i de samme områder - i Furnesfjorden ble det sogar målt over 16.000/100 ml.

Siden 1980 har forurensningssituasjonen i Mjøsa variert noe fra år til år, men med en markert forverring i 1984 og 1985. Dette går klart frem av tabell 8 som viser middelveidier over produksjonssesongen for en del sentrale biologiske og kjemiske parametre. Forholdene i 1985 er mer inngående behandlet i egen overvåkingsrapport for dette år. I det følgende er forholdene mer summarisk behandlet.

Tabell 8. Middelerverdier for sommersesongen av en del biologiske og kjemiske parametre observert i overflatelagene (0-10 m) i Mjøsas sentrale (dypeste) område.

Parameter	År	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Plantoplankton g/våttvekt/m <sup>3</sup>		1,7	1,4	1,05	1,0	0,8	1,35	1,06	0,57	0,73	0,86
Plantoplankton g/våttvekt/m <sup>3</sup> maksverdier		3,3	3,4	2,5	2,8	1,7	3,7	2,4	1,4	2,7	1,6
Total klorofyll a µg k1a/l		4,8	4,3	3,6	3,5	2,5	3,4	3,1	2,9	3,4	4,5
Total klorofyll a µg k1a/l maksverdier		12,5	6,7	6,8	8,5	4,1	6,3	5,0	5,8	10,5	8,2
Primærprod., mg C/m <sup>2</sup> ·døgn		570	370	136	112	111	135	126	202	202	303
Primærprod., mg C/m <sup>2</sup> ·døgn maks døgnprod.		1425	750	362	279	218	346	236	511	661	1010
Tot. fosfor*om våren mg P/m <sup>3</sup>		10,0				7,0	6,5	8,8	6,5	7,0	8,0
Tot. nitrogen om våren mg <sub>3</sub> N/m <sup>3</sup>		400				425	425	430	370	500	580
Silisium om våren g SiO/m <sup>3</sup>		1,7				1,5	1,4	1,2	1,3	1,4	1,5

#### 6.2.2. Kjemiske forhold i 1985

Vannets generelle kjemiske kvalitet var i 1985 i god overstemmeelse med forholdene i tidligere år - også før Mjøsaksjonen. Vannets innhold av tungmetaller var også i overensstemmelse med tidligere observasjonsresultater, men konsentrasjonene av bly, kadmium og spesielt kobber var noe høyere enn hva som er vanlig i norske innsjøer. Oksygenforholdene i dyplagene er fortsatt gode med oksygenmetning på over 80 %.

Vannets innhold av fosfor og nitrogen i de øverste vannlag (produksjonslaget) var til dels meget høyt våren og forsommeren 1985. Verdier på opp mot 20 µg P/l ble målt. Som middel ved produksjonsperiodens start ble de høyeste verdier målt i Furnesfjorden med 9 µg P/l mens verdiene i Mjøsas sentrale område (Skreia) var også høy - 8 µg P/l. Det er grunn til å merke seg at forholdet mellom nitrogen og fosfor har økt fra ca. 40 i begynnelsen av 70-årene til ca. 70 i 1985. Dette skyldes i første rekke økt nitrogentilførsel fra jordbruksvirksomheten. Nitrogenkonsentrasjonen i Mjøs vannet er likevel lav og har foreløpig mindre betydning for eutrofieringen, bortsett fra at den muligens øker den biologiske omsetningshastighet.

### 6.2.3. Biologiske forhold i 1985

I likhet med tidligere år var planteplanktonet i 1985 karakterisert ved stor forekomst av stavformede kiselalger som gjorde Mjøsvannet uklart og tydelig grønnfarget. På grunn av god tilgang på nærings-salter og liten vindaktivitet kom algeveksten tidlig i gang. Allerede i begynnelsen av juni var det stor algeforekomst med en biomasse på omkring  $1 \text{ g/m}^3$  (våtvakt) og et klorofyllinnhold (et mål for algemengde) på omkring  $5 \text{ mg/m}^3$  i Furnesfjorden og de sentrale deler av Mjøsa. Algemengden varierte noe og representerte som middel over sommeren ca.  $0,9 \text{ g våtvekt/m}^3$  ( $1,7 \text{ g/m}^3$  i 1976). Middelerdien for klorofyll var i 1985  $4,5 \text{ mg/m}^3$  mot  $4,8 \text{ mg/m}^3$  i 1976. Sommeren 1985 hadde Mjøsvannet i middel et klorofyllinnhold av samme størrelsesorden som i 1976.

Algeproduksjonen pr. tidsenhet (primærproduksjonen) var betydelig høyere -  $303 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$  i middel - enn i tidsperioden 1978-1984 der tilsvarende verdier varierte fra  $111\text{-}202 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ . Verdien for 1976 var 570 mens verdien for 1977 var  $370 \text{ mg C/m}^2 \cdot \text{døgn}$ , dvs. noe høyere enn i 1985.

Algenes artsammensetning var som i tidligere år dominert av kiselalger, først og fremst Asterionella formosa. Mer forurensningsindikerende arter som Fragilaria crotonensis, Melosira italica og spesielt Tabellaria fenestrata tiltok ut over sommeren og høsten. Blågrønnalgene som var så fremherskende i 1975-1976 (Oscillatoria borne-tii f. tenuis) hadde beskjeden forekomst i 1985. Rundt slutten av juli - begynnelsen av august var det en mindre oppblomstring av blågrønnalgen Anabaena sp. Denne alge kan til tider være sjenerende for badevirksomheten, men da den oppholder seg helt i overflaten har den mindre betydning f.eks. i drikkevannssammenheng. Som biomasse (mengder) betraktet utgjør Anabaena bare en liten del.

Med hensyn til krepsdyrplankton var mengde og artssammensetning i god overensstemmelse med tidligere års observasjoner.

#### 6.2.4. Bakteriologiske forhold i 1985

Sammenlignet med de nærmest foregående år var vannets innhold av tarmbakterier høyt i 1984 og spesielt i 1985. Dette gjelder innsjøens sentrale deler. Forholdet mellom koliforme bakterier ( $44^0$ ,  $37^0$ ) og kimtall skulle tilsi at den bakterielle forurensning i hovedsak stammer fra kloakkvann.

#### 6.2.5. Konklusjon

*Sammenlignet med de nærmest foregående år, har algeveksten (mengde og produksjon) i Mjøsa økt betydelig i 1984 og spesielt 1985. Dette kommer tydeligst til uttrykk ved høye verdier for klorofyll og primærproduksjon. Samtidig har vannets innhold av tarmbakterier økt.*

*Det er nærliggende å knytte denne utvikling sammen med de våte, regnfylte sommerer, spesielt i 1985. Under slike forhold må vi regne med stor utspyling av erosjonsprodukter og gjødselstoffer fra jordbruksaktiviteter. Mer tilførsel av kloakkvann som følge av at kloakkenettet blir overbelastet har antakelig også større betydning under slike forhold enn hva som er tilfelle ved lavere nedbørintensiteter. De høye bakterietall tyder på at dette er tilfelle.*

*Dette forløpet er et tydelig varsko om at intensivering med hensyn til forurensningsbegrensende tiltak er nødvendig under forutsetning av at Mjøsaksjonens mål (175 tonn fosfor pr. år) skal opprettholdes. Et annet generelt problem vi må være klar over, er at den potensielle fosforkilde landbruksarealene representerer stadig øker. Dette som følge av at en god del kanskje 50-60 %, av den årlige tilførte fosformengde holdes tilbake i jordsmonnet. Utspyling og tilførsel av f.eks. erosjonsprodukter fra slike arealer, antas derfor fremtidig å medføre økt fosfortilførsel til vannforekomsten. I hvilken grad denne form for tilførselsøkning vil komme gradvis eller periodevis foreligger det lite kunnskaper om. Dette er imidlertid en usikkerhet man bør være oppmerksom på når effekten av andre inngrep f.eks. kraftverksutbygging skal vurderes.*

*Tilførsel av næringsalter fra jordbruksområdene er størst under nedbørrike somre. Dette betyr at vi kan forvente den største algeveksten under våte år, (forutsatt at tilførselen av næringsalter fra boligområder og industri ikke øker).*

## 7. KONSEKVENSER AV FORURENSNINGSBEGRENSENDE TILTAK

I dette kapitlet har vi forsøkt å beregne hvilke reduksjoner i fosfortilførselen vi kan oppnå ved ulike former for tiltak.

Vi har benyttet data fra de teoretiske beregningene av fosfortilførsler (Tot-P) fordelt på kommuner som ble utført av Strømme A/S (1985) og GEFO (1985) for fosforproduksjon i henholdsvis boligområder og jordbruk (tabell 9).

På bakgrunn av disse data var fosfortilførslene til vassdrag (ikke Mjøsa) i 1985 omlag 156 tonn fra jordbruk og bebyggelse tilsammen hvorav ca. 63 % skyldes jordbruksaktiviteter og resten ca. 37 % kloakkvann fra boligområdene (tabell 10). Tilførselen fra industri er ikke medregnet. (GEFO 1985 og Strømme 1985).

Manglende målinger av fosfortilførslene gjør det vanskelig å vurdere resultatenes pålitelighet. Resultatene er mest usikre, når det gjelder tilførsler fra jordbruket. Videre vil tilførslene naturlig variere fra år til år som følge av klimatiske endringer m.m.

Dersom vi antar en usikkerhet på 25 % vil sluttresultatet ligge mellom 120 tonn og 195 tonn. Ifølge tidligere målinger, kombinert med teoretiske anslag i 70-årene (NIVA, 1979), er imidlertid de totale fosfortilførslene til Mjøsa som skyldes menneskelige aktiviteter neppe særlig lavere enn vårt anslag på ca. 170 tonn pr. år (se avsnitt 5). Ut fra de biologiske forhold i Mjøsa, ble den totale fosforbelastningen for 1985 anslått til ca. 260 tonn hvorav ca. 90 tonn skyldes naturlig avrenning.

Bidraget fra befolkningen i tettsteder er på ca. 36 tonn pr. år (Strømme, 1985). Ut fra dette medfører de eksisterende renseanordningene en reduksjon på ca. 105 tonn pr. år fra tettstedene teoretisk sett. Hvis vi forutsetter at ingen kloakkanlegg skal ha lekkasjer på ledningsnettet på over 10 % og at rensegraden ikke må være lavere enn 85 %, vil tilførslene kunne reduseres ytterligere med ca. 10 tonn fosfor pr. år.

Bidraget fra spredt bosetning er ifølge beregningene på ca. 23 tonn fosfor pr. år. Det er muligens realistisk å iverksette tiltak som reduserer disse tilførslene med 20 % dvs. med 5 tonn fosfor pr. år.

Tilførslene fra punktkilder innen jordbruket utgjør nær 20 tonn fosfor pr. år. Tiltak som reduserer lekkasjene med 25 % utgjør i så fall 5 tonn fosfor pr. år.

Avrenning fra dyrket mark er stipulert til ca. 80 tonn fosfor pr. år (GEFO, 1985). Tiltak som fører til 25 % reduksjon utgjør 20 tonn fosfor pr. år, dvs. har omtrent samme effekt som de øvrige nevnte tiltakene tilsammen.

Avrenningen fra dyrket mark varierer mye med klimatiske endringer fra år til år. I nedbørrike somre er disse tilførslene antakelig borti- mot dobbelt så store som i nedbørfattige somre (dette bør undersøkes).

Dersom de nevnte tiltak blir iverksatt vil fosfortilførslene til vassdrag bli redusert med 35-40 tonn pr. år i et middelår, dvs. fra ca. 170 til 125 tonn fosfor pr. år.

Den totale årsbelastningen vil i så fall bli ca. 200 tonn fosfor pr. år (middelår). For å sikre en god vannkvalitet i Mjøsa er det satt som mål å redusere de totale fosfortilførslene til 175 tonn pr. år.

Tabell 9. Fosforproduksjon og rensegrad (beregningsgrunnlag).

Nr	Kommune	Tettsteder/byer			Spredt bosetn.			Jordbruk			
		Prod. kg/år	Rense- grad	Nettets tilførings- grad	Prod. kg/år	Rense- grad	Overfl. avr. kg/år	Jordb. areal da	Avr. koeff. kg/km <sup>2</sup> .år	Prod. punkt- kild. kg/år	Rense- grad
1											
2	Lesja	530	.68	.80	1380	.64	0	32.376	50	1767	.70
3	Dovre	2270	.88	.84	1220	.70	90	19.369	50	1233	.70
4	Skjåk	655	.93	.90	1805	.77	25	17.219	50	1500	.70
5	Lom	1140	.79	.60	2230	.69	30	18.102	50	1200	.70
6	Vågå	1855	.91	.91	2165	.63	65	25.903	50	1433	.70
7	Sel	5385	.90	.64	2105	.62	175	30.368	50	1200	.70
8	Nord-Fron	3705	.93	.78	2905	.76	135	34.867	70	1425	.60
9	Sør-Fron	1200	.93	.89	2340	.71	40	28.328	70	1100	.60
10	Ringebu	2695	.98	.87	2785	.68	125	41.492	70	2475	.60
11	Oyer	1475	.90	.69	3165	.65	65	26.424	90	1750	.40
12	Gausdal	2815	.95	.81	3350	.76	105	51.894	90	3333	.40
13	Lillehammer	22100	.96	.81	4950	.87	450	28.715	90	1400	.40
14	Gjøvik	20450	.84	.83	5550	.84	560	62.224	90	2633	.40
15	Østre Toten	7120	.86	.65	6720	.54	310	102.848	110	1980	.50
16	Vestre Toten	8190	.74	.66	3860	.69	280	51.295	110	1940	.50
17	Hamar	20600	.96	.84	0	0	550	0	110	0	.50
18	Løten	3580	.98	.72	2190	.47	100	37.707	110	1660	.50
19	Ringsaker	16250	.94	.82	9985	.51	525	172.774	110	7100	.50
20	Stange	12840	.96	.72	3700	.40	350	90.692	110	2220	.50
21	Vang	5810	.95	.90	1830	.54	250	38.502	110	1040	.50

Kilder: GEFO 1985 og Strømme A/S 1985.



Tabell 10. Oversikt over fosfortilførsler til vassdrag (kg fosfor/år) fra de ulike kommuner i Mjøsas nedbørfelt.

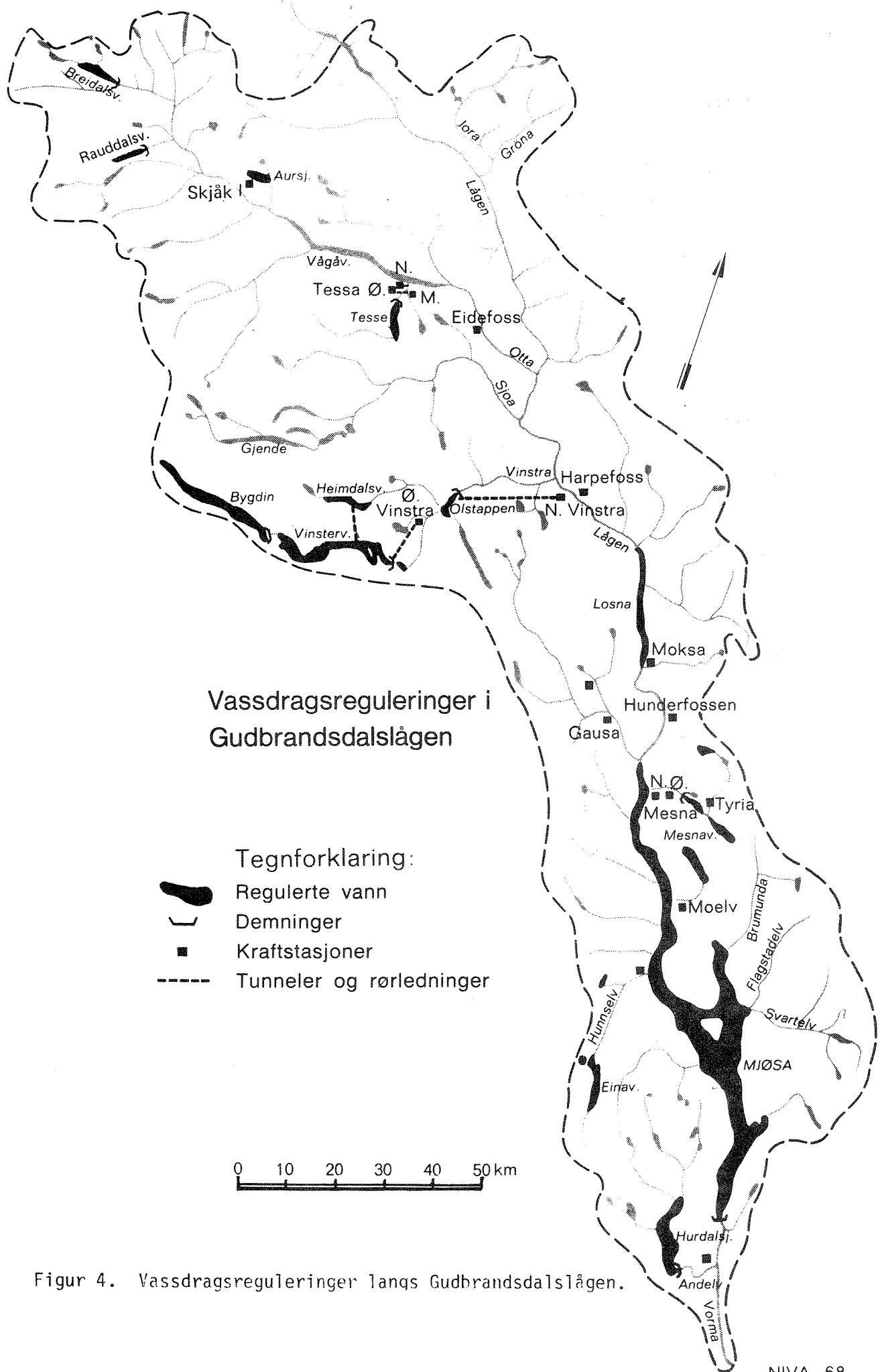
Kommune	Utslipp renseanl. kg/år	Lekkasje transport kg/år	Utslipp fra spredt bosetn. kg/år	Avr. fra tettst. kg/år	Punktutslipp fra jordbruk kg/år	Jordbruk arealer kg	Sum kg
Lesja	135	80	495	0	530	1.610	2.850
Dovre	225	275	370	90	370	900	2.230
Skjåk	40	50	415	25	450	820	1.800
Lom	140	345	695	30	360	740	2.310
Vågå	150	120	765	65	430	970	2.500
Sel	350	1.465	810	175	360	1.370	4.530
Nord-Fron	200	600	695	135	570	1.770	3.970
Sør-Fron	80	100	689	40	440	1.600	2.940
Pingebu	30	265	880	125	990	2.200	4.449
Øyer	100	340	1.095	65	1.050	1.680	4.330
Gausdal	120	400	805	105	2.000	4.190	7.620
Lillehammer	750	3.200	620	450	840	2.470	8.330
Gjøvik	2.670	2.630	870	560	1.580	5.600	13.910
Østre Toten	630	1.870	3.070	310	990	11.310	18.180
Vestre Toten	1.400	2.105	1.185	280	970	5.640	11.580
Hamar	660	2.400	0	550	0	0	3.610
Løten	60	760	1.160	100	830	4.140	7.050
Ringsaker	860	2.155	4.860	525	3.550	18.950	30.900
Stange	325	2.670	2.200	350	1.110	9.970	16.625
Vang	275	440	845	250	520	4.220	6.550
	9.200	22.270	22.515	4.230	17.940	80.150	156.305

8. EKSISTERENDE REGULERINGSINNGREP I GUDBRANDSDALSVASSDRAGET

Langs Gudbrandsdalslågen og dens sideelver finnes ialt 12 kraftstasjoner (figur 4). Tabell 11 gir oversikt over fallforhold, nedbørfelt etc. for de ulike kraftverkene.

Tabell 11. Oversikt over eksisterende (1986) kraftverker i Gudbrandsdalsvassdraget. (Kilde: NVE-Vassdragsdirektoratet).

Kraftverk	Satt i drift	Nedbørfelt, km <sup>2</sup>	Reg.mag <sub>3</sub> mill. m <sup>3</sup>	Midlere årstilljøp mill m <sup>3</sup>	Brutto fallhøyde m	Best.års. prod. GWh
Skjåk I	1965	110	56	69,9	680	72
Øvre Tessa	1956	377	130	200,3	175	109
Midtre Tessa	1954	427	130	222,3	159	39
Nedre Tessa I	1942	427	130	222,3	148	109
Nedre Tessa II		427	130	222,3	310	
Eidefoss	1917	4142	422	3493,3	16	11
Øvre Vinstra	1959	744	548	756,5	330	437
Nedre Vinstra	1953	1295	578	1123,0	448	800
Harpefossen	1965	9450	1000	7125,0	34	366
Moksa	1921	92	7	50,1	275	9
Hunderfossen	1963	11265	1007	7991,6	46	514
Raua	1940	13	5	7,6	390	5,3



Figur 4. Vassdragsreguleringer langs Gudbrandsdalslågen.

Tabell 12 gir en oversikt over eksisterende reguleringsmagasiner i nedbørfeltet.

Tabell 12. Eksisterende (1986) reguleringsmagasiner i Gudbrandsdalslågens nedbørfelt. (Kilde: NVE-Vassdragsdirektoratet).

Magasin	HRV	LRV	Reg.høyde i m	Magasinøvl mill. m <sup>3</sup>
Breidalsv.	900,4	887,4	13	70
Rauddalsv.	912,7	882,4	30,3	166
Aursjøen	1097,5	1085,0	12,5	60
Tessevatn	853,9	841,5	12,4	130
Bygdin	1057,4	1048,25	9,15	336
Vinsteren	1031,5	1027,5	4,0	100
Sandv.-Kaldfj.-Øyvatn	1019,0	1013,1	5,9	76
Heimdalsv.	1052,2	1050,0	2,2	15
Øyangen	998,0	996,0	2,0	7
Olstappen	668,0	655,0	13,0	31
Våssjøen (Moksa)	868,0	865,0	3,0	2,1
Gopollen (Moksa)	985,5	983,3	2,2	2,6
Grunnesv. (Moksa)	961,0	860,0	1,0	0,5
Djupen (Moksa)	916,85	913,85	3,0	1,8
Rausjøen (Raua, Gausa)	720,5	714,0	6,5	5,0

## 9. EKSISTERENDE REGULERINGERS BETYDNING FOR FORURENSNINGSSITUASJONEN I MJØSA

Når forurensningseffekten av nye kraftverksreguleringer i Øvre Otta skal vurderes, er det naturlig å ta utgangspunkt i de eksisterende og om mulig anslå virkningen av disse i forurensningssammenheng. Dette gjelder reguleringsinngrep i Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag så vel som reguleringen i selve Mjøsa.

Dessverre er det ikke foretatt undersøkelser før reguleringsinngrepene ble satt ut i livet. Vi er derfor ved våre vurderinger henvist til teoretiske beregninger og kvalifisert skjønn uten muligheter for å etterprøve resultatene ved undersøkelser.

På årsbasis vil både vann og forurensningsmengde som tilføres Mjøsa være av samme størrelsesorden enten vassdraget er regulert eller ikke. Problemet er å avklare hva endringen i vannføringsvariasjonen/regulerings høyden i Mjøsa som følge av reguleringer i vassdraget betyr i forurensningssammenheng.

### 9.1. Eksisterende reguleringer i Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag

Som antydnet i kapittel 8 er Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag betydelig regulert, og det finnes flere store magasiner som innvirker på vassdragets vannføringsmønster. I henhold til grunnlagsopplysninger fra Flerbruksplanen (Enmag) er den midlere sommer- og vintervannføringen ved Losna som følge av de ulike reguleringsinngrep følgende (tabell 13):

Tabell 13. Midlere vannføring ved Losna, m<sup>3</sup>/s, før regulering, ved nåværende regulering og ved regulering etter B2b-alternativet

Inngrep	År	Vinter 1/10-30/4 (7 mnd.)	Sommer 1/5-30/9 (5 mnd.)
Naturlig vannføring	250	64	509
Nåværende vannføring	249	104	451
Etter B2b-alternativet	249	136	407

I henhold til dette er differansen mellom den naturlige og nåværende sommervannføring 58 m<sup>3</sup>/s i middel, mens differansen mellom den nåværende midlere sommervannføring og "fremtidige" etter B2b-alternativet er 44 m<sup>3</sup>/s. Etter et eventuelt B2b-alternativ blir den midlere sommervannføringen 102 m<sup>3</sup>/s mindre enn den naturlige.

Vintervannføringen ved Losna vannmerke har som følge av nåværende regulering økt med 40 m<sup>3</sup>/s, og ved et eventuelt B2b-alternativ øker den ytterligere med 32 m<sup>3</sup>/s (middelverdi).

Som behandlet i tidligere rapporter (NIVA 1975 og 1980) er det uheldig med hensyn til fortykning og utspyling av forurensningsmateriale at sommervannføringen til innsjøen reduseres. Det er selvfølgelig meget vanskelig å kvantifisere effekten av en slik reduksjon. Vi må dessuten anta at virkningens størrelse varierer fra år til år særlig på grunn av av klimatiske faktorer, vanntilgang og variasjon i belastning fra de ulike deler av Mjøsas nedbørfelt.

I det følgende regneeksperiment har vi tatt utgangspunkt i årene fra 1976 til 1979 fordi vi har forholdsvis gode data for vannføring og fosforbelastning fra disse år (tabell 1 i bilag). Imidlertid savner vi data for magasinert vann under disse år og vi har derfor i vårt regneeksperiment anvendt den midlere reduksjon i sommervannføringen, 58 m<sup>3</sup>/s.

I tabell 14 er fosforbelastningen og observert vannføring for sommermånedene fra 1. mai til 30. september angitt. Videre er den naturlige vannføring beregnet ved å addere til den midlere vannføringsreduksjonen som skyldes nåværende reguleringer ( $58 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Den midlere fosforkonsentrasjon over sommeren før og etter nåværende regulering er beregnet som kvotienten mellom fosforbelastning og vannføring.

Konsentrasjon = fosformengde:vannføring. Våre beregninger tar sikte på å avklare hvor store fosformengder som må reduseres for å oppveie reduksjonen i vannføringen, forutsatt at fosforkonsentrasjonen skal være den samme før som etter reguleringen. Beregningene gjelder bare sommermånedene.

Tabell 14. Beregningsresultater angående nåværende regulerings innflytelse på fosforbelastningen av Mjøsa for 1976-1979. Sommerperioden regnes fra 1/5 til 30/9.

	1976	1977	1978	1979
Fosforbelastning: 1/5-30/9, tonn	137,5	107,4	121,5	160,8
Obs. vannføring: 1/5-30/9, mill $\text{m}^3$	4966,9	5878,4	5613,2	8083,7
"Magasinert" sommerv. 1/5-30/9, mill. $\text{m}^3$	766,7	766,7	766,7	766,7
Beregnet naturlig vannf. 1/5-30/9, mill. $\text{m}^3$	5733,6	6645,1	6379,9	8850,4
Målte midlere fosforkons. sommer $\mu\text{g P/l}$	27,7	18,3	21,7	19,9
Sommerkons. for fosfor uten reg. $\mu\text{g P/l}$ (beregnet)	24,0	16,2	19,0	18,2
Differanse i konsen- trasjon $\mu\text{g P/l}$	3,7	2,1	2,7	1,7
"Nødvendig fosfor- reduksjon", tonn	18,4	12,4	14,6	14,0

Selv om det knytter seg usikkerheter til en slik betraktningsmåte, spesielt med hensyn til magasinert vannmengde, innblandingsprosesser og oppholdstider osv., gir resultatene en viss forståelse av størrelsesorden av hva reguleringsinngrepene betyr. Betydningen varierer fra år til år avhengig av klima og hydrologiske forhold. De fremkomne fosformengder gjelder bare sommerhalvåret (1/5-30/9) når magasineringer pågår.

Reguleringseffekten hadde sannsynligvis større betydning tidligere på grunn av at belastningen var større. Dette går frem av verdien for 1976.

I og med at fosfortilførselen om sommeren i vesentlig grad skjer til innsjøens overflatelag hvor algeproduksjonen pågår, får "fortynnings eller utspylingsvannet" større betydning jo større belastningen er. På grunn av temperaturforholdene får endringer i vannføringsmønsteret mindre betydning for de dypereliggende vannmasser (under sprangsjiktet).

#### 9.1.1. Konklusjon

*Med utgangspunkt i beregningsresultatene vil vi anslå at effekten av nåværende reguleringer i Gudbrandsdalslågen (reduert vannføring) for forurensningstilstanden i Mjøsa tilsvarer en fosforreduksjon på 12-18 tonn i sommerperioden 1/5-30/9. Det knytter seg imidlertid store usikkerheter til beregningsmåten og verdiene må bare betraktes som retningsgivende. "Nødvendig fosforreduksjon" vil variere fra sommer til sommer avhengig av klimatisk forhold og den totale fosforbelastningens størrelse.*

#### 9.2. Vurdering av eventuelle forurensningsvirkninger av reguleringen av Mjøsa

Reguleringen av Mjøsa kan tenkes å innvirke på forurensningssituasjonen i innsjøen av to grunner:

1. Erosjon og utvasking av stoffer fra blottlagte strandområder.



2. Oppfyllingen av Mjøsa tar til under snøsmeltingen i lavlandet. Dette vannet som teoretisk sett lagres i Mjøsa, er i stor grad avrenningsvann fra jordbruksområder og fører derfor med seg store mengder erosjonsprodukter og gjødselstoffer.

Det er ikke foretatt undersøkelser for å avklare disse spørsmål og følgende vurdering er derfor av teoretisk karakter.

### 9.2.1. Reguleringshøyde, magasinivolum, vannbalanse

Siden midten av forrige århundre er Mjøsa blitt regulert flere ganger, først i forbindelse med båttrafikk og transport, senere på grunn av elektrisk kraftproduksjon. Siste regulering fant sted i 1961 da reguleringshøyden ble bestemt til 3,61 m. Dette gir et magasin på 1312 mill m<sup>3</sup>. Laveste regulerte vannstand (LRV = 199,58 m o.h.) svarer omtrent til den naturlige lavvannsstand, mens høyeste regulerte vannstand (HRV = 123,19 m o.h.) er noe lavere enn medium flomhøyde som er 124,2 m o.h. Under flom kan vannstanden stige høyere enn HRV selv om alle flomløp holdes åpne - høyeste flomvannstand er oppgitt til 125,89 m o.h.

Mjøsmagasinet tappes ned i løpet av vinteren og laveste vannstand inntreffer like før snøsmeltingen som regel i slutten av april. Oppfyllingen av magasinet foregår hovedsakelig i tidsperioden april-mai.

På bakgrunn av foreliggende observasjonsmateriale fra 1976 til 1979, har vi i tabell 15 satt opp en oversikt over vanntilførsel og avløp fra Mjøsa for månedene april og mai. Vi antar at vannbalansen i disse måneder har størst relevans til problemstillingen.

Tabell 15. Vannføring (Q) inn og ut av Mjøsa i april og mai for årene fra 1976 til 1979. Benevning: mill. m<sup>3</sup>.

Ar	G.lågen	Nærområde	Vorma	Q <sub>inn</sub> -Q <sub>ut</sub>	Avr. næromr. i % av tot. tilf.		Vanntilf. i apr.-mai % av årstilf.
					Apr.-mai	Hele året	
1976	1563,8	459,4	984,1	1039,1	22,7	15,0	24,6
1977	1295,4	1232,8	1357,9	1170,3	48,8	31,0	30,8
1978	1280,5	909,8	1133,2	1057,1	41,5	22,5	27,3
1979	1108,3	741,6	899,8	950,1	40,1	17,4	17,4

Tabellen viser at under oppfyllingen av Mjøsamagasinet i den betrakte perioden varierte det lokale bidrag fra 22 til henimot 50 prosent av den totalt tilførte vannmengde i denne periode. Tilsvarende prosent for hele året varierte fra 15 til 31 prosent.

#### 9.2.2. Forurensningseffekt ved utvasking fra strandområdene

Det er som nevnt ikke foretatt undersøkelser i Mjøsa med sikte på å avklare hvilken betydning utvasking av erosjonsprodukter fra blottlagte strandområder har for forurensningssituasjonen i Mjøsa.

Med erfaring fra andre innsjøer, antar vi at eventuelle slike forurensninger i vesentlig grad vil dreie seg om partikulært materiale og eventuelt næringsalter knyttet til disse (resuspensjoner). I områder hvor det er store blottlagte strandområder kan utvasking av erosjonsprodukter være betydelig særlig i perioder med kraftig bølgeaktivitet ved lav vannstand. Vi har imidlertid ingen mulighet for å kvantifisere denne effekt.

Mjøsamagasinet kan sammen med andre magasiner i nedbørfeltet (under oppfyllingen) redusere flomvannstanden i Mjøsa og dermed motvirke utvasking av f.eks. forurensende stoffer som måtte være henlagt i strandområdene.

#### 9.2.3. Betydningen av oppfyllingstidspunktet

Som vist i tabell 15 foregår oppfyllingen av Mjøsamagasinet i vesentlig grad i tidsrommet april-mai. En vesentlig del av tilsiget i denne periode kommer som følge av snøsmelting og avrenning fra Mjøsa's nærområde hvor de forurensende aktiviteter er størst.

I tabell 16 er fosfortilførselen i april og mai via Gudbrandsdalslågen og fra de lokale områder rundt Mjøsa fremstilt for årene 1976-1979. Fosfortilførselen via Vormå er også tatt med.

Tabell 16. Fosfortransport til og fra Mjøsa i april-mai under årene 1976-1979. Benevning tonn og µg P/l (kons.).

År	G.lågen tonn	Lokale elver tonn	Diffuse tilf. tonn	Punkt- kilder tonn	Vorma tonn	Fosforkons. i Lågen µg/l	Fosforkons. i Vorma µg/l	Fosforkons. i tilf. fra næromr. µg/l
1976	15,1	11,3	3,8	26,2	12,4	9,7	12,6	32,9
1977	10,1	18,0	6,1	19,3	8,6	7,8	6,3	19,5
1978	10,9	23,1	7,9	14,5	7,5	8,5	6,6	34,1
1979	17,6	28,0	9,5	9,9	7,4	15,9	8,2	50,6

Tilførsler fra punktkilder (kloakkutslipp og industriutslipp) direkte til Mjøsa, har vi her regnet er konstant for hele året. Fosforkonsentrasjonen er beregnet ved å dele fosfortilførslene med de aktuelle vannføringer. Ved beregning av fosforkonsentrasjonen i tilførslene fra nærområdene er punktutslippene ikke tatt med.

Da det er tilførslene via de lokale tilløpselver samt diffuse tilførsler fra nærområdene som her er av interesse har vi i tabell 17 angitt hvor mange prosent april-mai-tilførslene utgjør av hele årets tilførsler.

Tabell 17. Fosfortilførsler i april-mai sammenlignet med årstilførselen fra lokale elver og lokale diffuse tilførsler. (Benevning tonn fosfor. Konsentrasjon µg P/l).

År	Diffuse årstilf. i tonn	Diff. tilf. april-mai tonn	Prosent	Midlere P-kons. totalt for april-mai µg/l	Midlere årskons. µg/l-totalt
1976	92,7	15,1	16,3	27,9	36,2
1977	72,2	24,1	33,4	21,2	26,1
1978	74,4	31,0	41,7	25,7	25,0
1979	82,6	37,5	45,4	35,1	22,9

Av tabell 17 går det frem at i løpet av april-mai i de utvalgte årene ble Mjøsa tilført fra 16 til 45 % av årstilførselen av fosfor fra de lokale elver og områder (diffuse tilførsler). Imidlertid er også vanntilførselen stor på denne tid (17-30 % av årstilførselen) slik at

fosforkonsentrasjonen alle tilførsler sett under ett (Gudbrandsdalslågen + lokale elver + diffuse tilf. + punktutslipp) vanligvis er lavere på denne tid enn middelveiden for hele året - forholdene i 1979 er her et unntak. Situasjonen i 1979 viser at "oppdemnings-effekten" kan være betydelig avhengig av avrenningsmønster kombinert med jordbruksaktivitet.

#### 9.2.4. Konklusjon

*Den midlere fosforkonsentrasjon i alle tilløp sett under ett, er klart-høyere når oppfyllingen av Mjøsmagasinet tar til. Det vil derfor teoretisk sett være fordelaktig å utsette oppfyllingen av magasinet inntil høyfjellsflommen kommer. Det magasinerte vannet ville da få en lavere fosforkonsentrasjon. Ut fra de foretatte beregninger varierer gevinsten betydelig fra år til år, de største effekter inntreffer i år med stor avrenning (mye nedbør). Det må taes i betraktning at innsjøen sirkulerer under oppfyllingsperioden, slik at de tilførte vannmasser blir blandet med det øvrige vannet i Mjøsa. Fosforkonsentrasjonen i utløpsvannet (Vorma) vil derfor i liten grad endres (se tabell 16).*

## 10. KORT BESKRIVELSE AV DE PLANLAGTE INNGREP I ØVRE OTTA

I forbindelse med Samlet Plan ble det fremlagt flere ulike utbyggingsalternativ for Øvre Otta og for Nedre Otta/Gudbrandsdalslågen. I tråd med oppdragsgivers anmodning (pkt. 2 i avtalen) og Samlet Plans prioriteringer, skal NIVA utføre konsekvensanalyser for følgende alternativ:

B2 i Øvre Otta

B2b i Øvre Otta

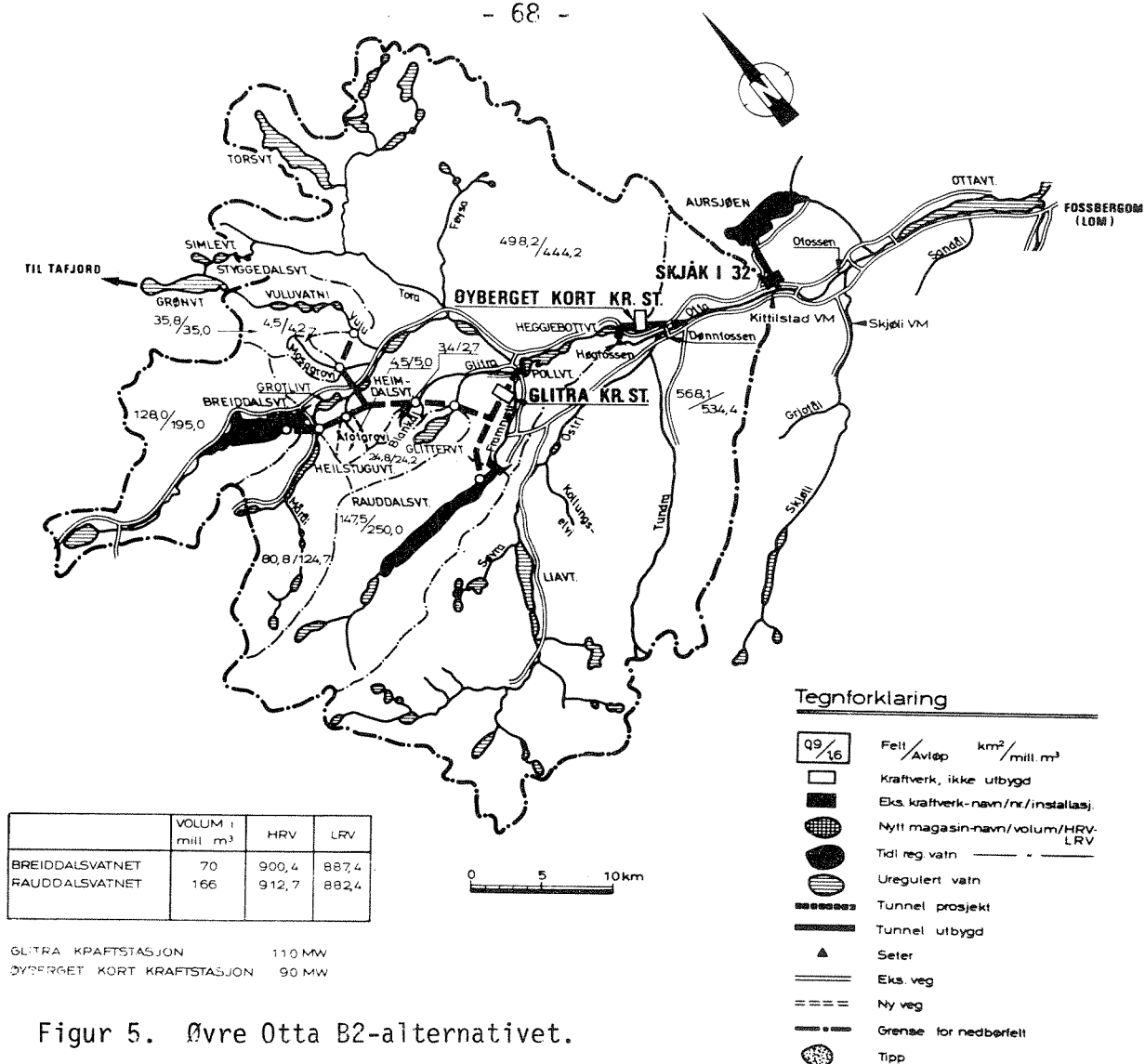
B2 i Nedre Otta/Gudbrandsdalslågen.

Alternativ B2 i Nedre Otta vil bli realisert delvis under forutsetning av at B2 kommer, eller i sin helhet hvis B2b kommer til utførelse i Øvre Otta. Alle alternativ er utførlig beskrevet i Oppland fylkes rapporter for Samlet Plan, henholdsvis Øvre og Nedre Otta. Nedenfor er de 3 aktuelle utbyggingsforslag kort omtalt.

### 10.1. Øvre Otta, Alternativ B2

Utbyggingsalternativet B2 for Øvre Otta er vist på kartskisse (figur 5) som er hentet fra Samlet Plan - fylkesrapporten. Ved dette alternativ vil det bli bygget to kraftverkstasjoner, nemlig Glitra høy kr.st. og Øyberget kort kr.st.

Glitra høy kr.st. utnytter fallet mellom Rauddalsvatnet/Pollvatnet og Breidalsvatn/Pollvatn ved vekselkjøring da fallhøyden er noe forskjellig. Reguleringshøyden i Rauddalsvatn blir som nå 30,3 m (6,6 m senkning og 23,7 m heving), og i Breidalsvannet som nå, 13 m (11 m senkning og 2 m heving). Magasinvolumentene blir på henholdsvis 166 og 70 mill m<sup>3</sup>. Vanligvis vil begge magasinene være tomme på slutten av vinteren. Under vårflommen vil de fylles relativt raskt. Utover sommeren og høsten vil magasinene om mulig bli holdt noe under HRV for å ha et flomdempningsmagasin. Utover vinteren vil magasinet bli tappet ned slik at man mest mulig unngår isproblemer i vassdraget nedstrøms.



Figur 5. Øvre Otta B2-alternativet.

Utbyggingsplanen omfatter overføring av Vulu og Mosagrovi til tilløpstunnelen fra Breiddalsvatn. Videre vil tilløpene Måråi, Afotgrovi, Blankåi og Glitra tas inn i tilløpstunnelen gjennom sjakten. Bortsett fra Måråi og Afotgrovi legges alle inntakene over HRV i Raudalsvatn.

Øyberget kort kr.st. omfatter utbygging av fallet mellom Heggjebottvatnet og foten av Dønnfossen. Kraftverket får ikke noe inntaksmagasin av betydning og må derfor kjøre i takt med tilløpet.

Utenom perioder med flomoverløp vil Høgfossen bli tørrlagt. Dønnfossen vil få redusert sin vannføring med den vannmengden som til enhver tid går gjennom kraftverket. Ostri og Tundra som løper sammen med Otta på toppen av Dønnfossen, vil sørge for at Otta her beholder

ca. 1/3 av sin naturlige vannføring i tillegg til minstetapping. Nedenfor Øyberget kr.st. vil forøvrig Alternativ B2 ikke medføre endrede vannføringsforhold i vassdraget. Noen data for kraftverkene (uten restriksjoner) er gitt i tabell 18.

Tabell 18. Data for kraftverkene - Samlet Plan, alt. B2.

	Glitra høy kr.st.	Øyberget kort kr.st.
Nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	429,3	927,5
Magasin (mill. m <sup>3</sup> /%)	236/37	236/22
Midlere tilløp inkl. flomtap ved inntakene (mill m <sup>3</sup> /Gwh)	640,8/487,0	1085,6/377,8
Spesifikt avløp (l/s·km <sup>2</sup> )	47,3	37,1
Midlere bruttofallhøyde (m)	317	112

#### 10.2. Øvre Otta, Alternativene B2b

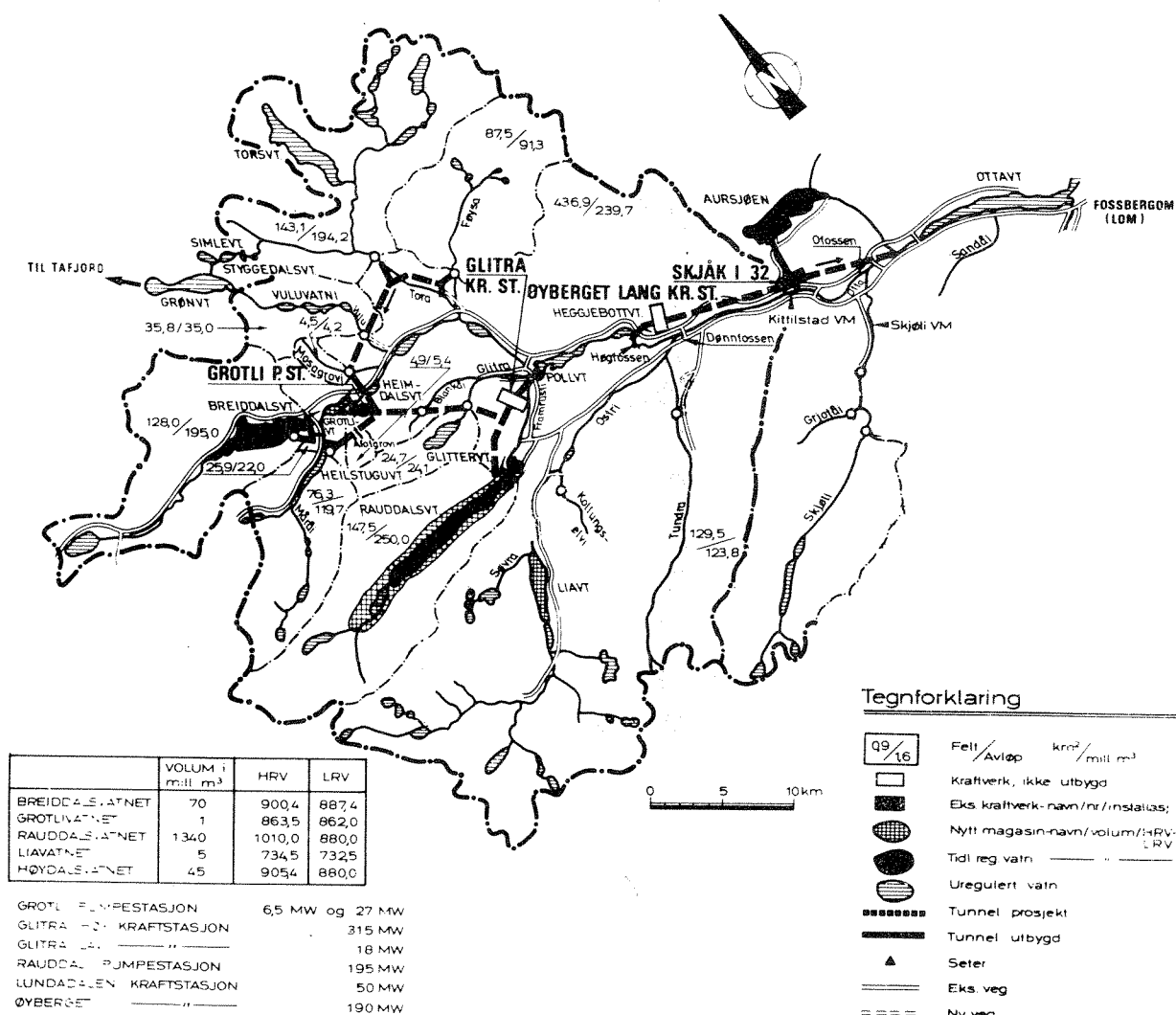
Hovedforskjellen mellom B2 og B2b alternativene er at B2b forutsetter en utvidet regulering av Raudalsvatn og at Tora og Føysa tas med i reguleringen (figur 6) Raudalsvatn reguleres 130 m, hvorav nåværende 30 m er inkludert. Reguleringen av Breidalsvatn blir som nå (13 m). Grotlivatnet reguleres 1,5 m. Denne regulering ligger innenfor de naturlige vannstandsvariasjoner i innsjøen. Ved Grotlivatn bygges en pumpestasjon som gjør det mulig å pumpe vann opp i Raudalsmagasinet når dette er nødvendig.

For å unngå isproblemer mellom Dønnfossen og Ottavatnet medfører alternativ B2b bygging av Øyberget lang kr.st. som utnytter fallet fra Heggjebottvatnet helt ned til Ottavatnet.

Noen data for kraftverkene og pumpestasjon er gitt i tabell 19.

Tabell 19. Data for kraftverk/pumpest. - Samlet Plan, alt. B2b.

	Grotli pumpest.	Glitra høy kr.st.	Øyberget lang kr.st.
Nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	24,7	681,7	927,5
Magasin (mill. m <sup>3</sup> /%)	1/1	1411/150	1411/130
Midlere tilløp inkl. flomtap ved inntakene (mill.m <sup>3</sup> /Gwh)	134,6/53,8	943,7/849,3	1085,6/518,9
Spesifikt avløp (l/s·km <sup>2</sup> )		43,8	37,1
Midlere bruttofallhøyde (m)	107	392/317	207



Figur 6. Øvre Otta - B2b-alternativene.



### 10.3. Nedre Otta, Alternativ B2

Alternativ B2 i Nedre Otta, medfører bygging av flere kraftverk. Ved toppen av Eidefossen, ca. 100 m ovenfor inntaksdammen til Eidefoss kraftverk, bygges en demning som demmer opp Otta til nivå med Lalmsvatnet. Denne dammen brukes som inntaksmagasin for Prillarguri kraftverk som skal ligge ved Gudbrandsdalslågen nedenfor Otta Sentrum (figur 7).

Øverste fallet i Gudbrandsdalslågen dvs. ved Sjoa utnyttes i Sjoa kraftverk. Her bygges en dam som demmer opp Lågen til undervannet for Prillarguri kraftverk.

I Gudbrandsdalslågen etter samløpet med Sjoa bygges inntaksdam for Tårud kraftverk (oppstrøms Vinstra). Avløpet fra dette kraftverk slippes ut ved Tårud (ved foten av Eidsfossen i Gudbrandsdalslågen).

Ved Vinstra utnyttes Gudbrandsdalslågen i et elvekraftverk, Odden kraftverk. Her bygges en dam som demmer Gudbrandsdalslågen opp til undervannet for Tårud kraftverk.

Ved Øyom bygges et nytt elvekraftverk, Øyom kraftverk, som utnytter fallet mellom undervannet for Odden kraftverk og overvannet for Harpefoss kraftverk.

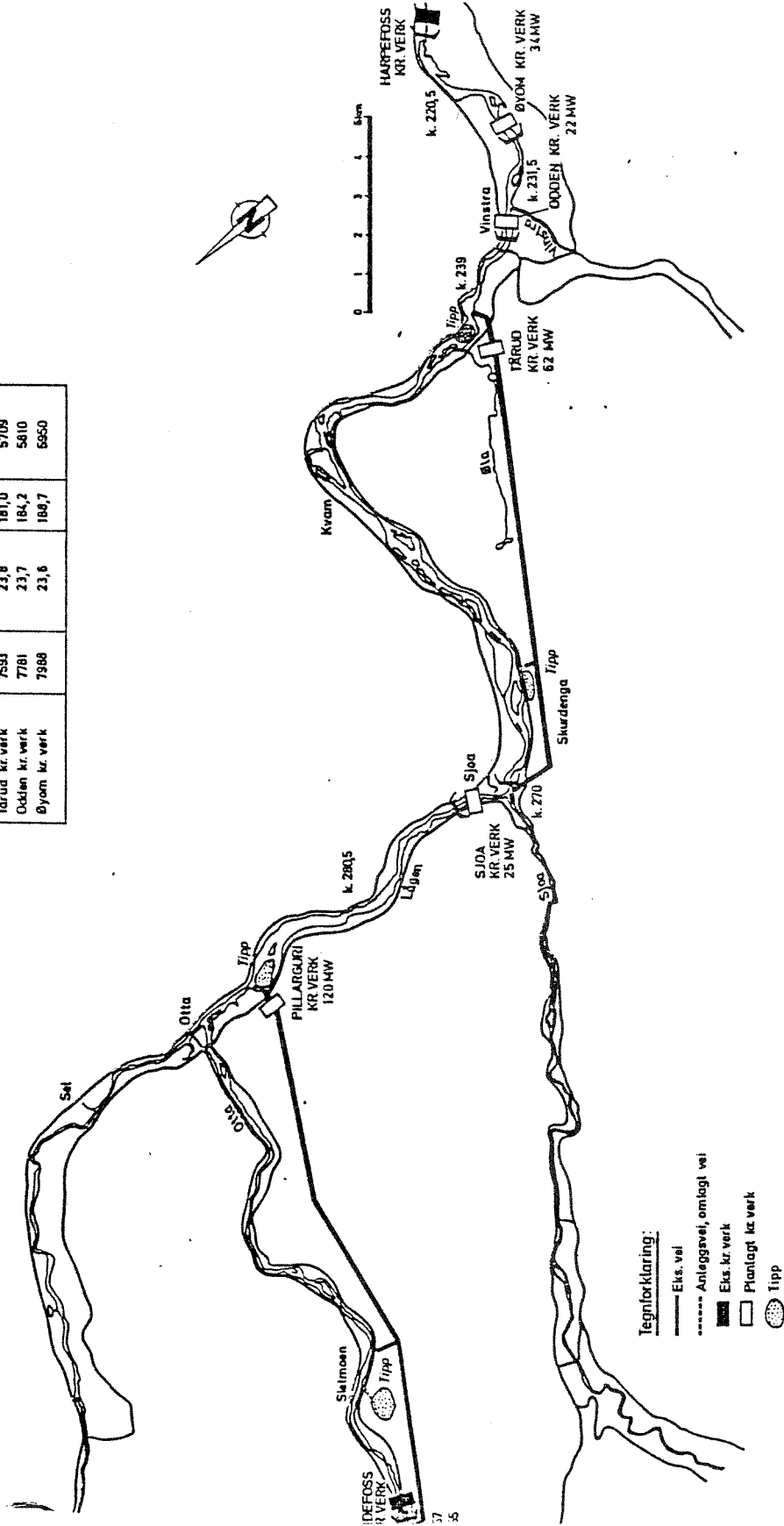
Noen data om kraftverkene (uten restriksjoner) er gitt i tabell 20.

Tabell 20. Data for kraftverk - Samlet Plan B2 (N. Otta).

	Prillarguri	Sjoa	Tårud	Odden	Øyom
Nedbørfelt (km <sup>2</sup> )	4116	6192	7593	7781	7988
Magasin (mill. m <sup>3</sup> /%)	432/12,5	432/9,4	432/7,6	432/7,4	432/7,3
Midlere tilløp inkl. flomtap ved inntakene (mill m <sup>3</sup> /Gwh)	3443/578	4603/115	5709/337	5810/105	5950/155
Spesifikt avløp (l/s·km <sup>2</sup> )	26,5	23,6	23,8	23,7	23,6
Midlere bruttofallhøyde (m)	75,5	10,5	31,0	7,5	11,0

**OVERSIKT TILLØP**

KRAFTVERK	AREAL km <sup>2</sup>	Spes. overløp l/s km <sup>2</sup>	TILLØP	
			m <sup>3</sup> /s	mill.m <sup>3</sup> /år
Pillarguri kr. verk	4116	26,5	109,2	3443
Sjøa kr. verk	6192	23,6	146,0	4603
Tårud kr. verk	7593	23,8	181,0	5709
Øyom kr. verk	7781	23,7	184,2	5810
Øyom kr. verk	7988	23,6	186,7	5860



Figur 7. Nedre Otta. B2-alternativet.

I forbindelse med utbyggingen er det planlagt å slippe minstevannføring på de utbygde strekninger, foreløpig med unntak for Sjoa kr.v. I Samlet Plan er det antydnet slipp av minstevannføring forbi Eidefoss (i Otta) på  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  om sommeren (1/5-30/9) og  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  om vinteren (1/10-30/4). I tillegg kan det bli aktuelt med bygging av terskler. Endelig fastsettelse av minstevannføring, terskler osv. bør skje på bakgrunn av undersøkelser og vurderinger (under eventuell konsesjonsbehandling).

## 11. FORURENSNINGSVIRKNINGER AV PLANLAGTE REGULERINGER I ØVRE OTTA

Et reguleringsinngreps virkninger på forurensningssituasjonen i et vassdrag, har i første rekke sammenheng med endringer i vannføringsforholdene, men endrede temperaturer, partikkeltransport og kjemiske forhold forøvrig, kan også tenkes å innvirke på vannets kvalitet og biologiske forhold.

Som det ble redegjort for i kaptittel 6 kan de biologiske forhold i vassdraget variere fra år til annet avhengig av klimatiske forhold som lufttemperatur og nedbør. Eventuelle reguleringsvirkninger kan derfor tenkes variere, avhengig av bl.a. vassdragets vannføring som innvirker på fortynningsforholdene og variasjoner i utvasking av forurensninger (fosfor) fra landområdene.

Et eventuelt reguleringsinngrep i Øvre Otta er i henhold til planene "en regulering til eget vassdrag" slik at årsvannføringen i Gudbrandsdalslågen blir, bortsett fra eventuelle magasinendringer, omtrent den samme som før. Det samme gjelder forurensningstilførslene. Problemet er i hvilken grad vannføringsendringene som betyr lengre perioder med lavere sommervannføring og høyere vintervannføring enn nå, innvirker på forurensningssituasjonen både på lang sikt og under spesielle år. Da vi antar at vannets temperatur, partikkeltransport (breslam) og de kjemiske forhold i mindre grad endres, vil vi se bort fra dette i denne sammenheng da nyanser i disse forhold er meget vanskelig å vurdere.

I det følgende vil både langsiktige virkninger og virkninger for spesielle år bli vurdert og diskutert for hvert enkelt utbyggingsalternativ.

### 11.1. Øvre Otta, B2-alternativet

Utbyggingsalternativet B2 for Øvre Otta omfatter Øyberget kort og Glitra høy kraftverker uten inntak i Tora og Føysa (se kap. 10) og uten nye magasiner.

#### 11.1.1. Innvirkning på vannføringen

Med hensyn til innvirkning på vannføringen, vil ifølge Samlet Plan forholdene fra Heggjebottvatnet og nedover bli følgende:

"Utenom perioder med flomtap vil Høgfossen bli tørrlagt. Dønnfossen vil få redusert sin vannføring med den vannmengden som til enhver tid går gjennom kraftverket. Ostri og Tundra som løper sammen med Otta på toppen av Dønnfossen, vil sørge for at Otta beholder minst 1/3 av sin naturlige vannføring. Utbyggingen vil forøvrig ikke medføre endrede vannføringsforhold i vassdraget."

For elveavsnittet oppstrøms Heggjebottvatn heter det:

"Generelt gjelder at umiddelbart nedenfor inntak vil vassdragene være tørrlagte utenom flomperioder med overløp så sant det ikke tappes vann forbi inntaket. Etter hvert som størrelsen på restfeltet øker, vil dette også gi en viss restvassføring." Som kompensierende tiltak er det ikke regnet med spesielle terskler. Det er antatt at nåværende forbitapping med  $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$  fra Rauddalsmagasinet skal fortsette. Det er også regnet med en forbitapping i Grotliområdet på  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  og ved inntaket i Vulu på  $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### 11.1.2. Forurensningsvirkninger ovenfor kraftverksområdet

Rauddalsvatn og Breidalsvatn vil få samme reguleringshøyde som nå, manøvreringsreglementet vil også bli som nå. Man kan derfor ikke forvente vesentlige endringer i vannkvaliteten og de biologiske forhold i de to innsjøer/magasiner.

Ved at flere tilløpselver (Vulu, Mosagrovi, Måråi, Afotgrovi, Blankåi og Glitra) taes inn i overføringstunnelen blir disse elver nedstrøms inntaktet tørrlagt og således ikke egnet hverken som resipient eller til annen vannrelatert bruk. I Otta på strekningen Breidalsvatn-Dønnfoss vil vannføringsforholdene bli som idag. På denne strekning er det turist (Grotli) og friluftssinteresser som kan komme i konflikt med reguleringsinteressene - spesielt hva resipientbruk og fiske angår.

Framrusti (avl. Rauddalsmagasinet) får en minstevannføring på 0,35 m<sup>3</sup>/s og blir i liten grad egnet som resipient og til annen bruk. I forhold til dagens situasjon blir det lengere perioder med minstevannføring fordi tapping av driftsvann går i tunnel til Glitra kr.v.

Forbi kraftverket, Øyberget kort, blir bl.a. Høgfossen tørrlagt og Dønnfossen får redusert sin vannføring. Såfremt det berørte området ikke benyttes som resipient antar vi at dette ikke vil medføre vesentlige problemer. Forholdene bør imidlertid undersøkes (befares) med konsekvensvurdering for øye under eventuell konsesjonsbehandling.

#### 11.1.2. Forurensningsvirkninger nedenfor kr.v.området

Såfremt vannføringsvariasjonen nedstrøms Heggjebottvatn ikke endres i forhold til dagens situasjon, slik det går frem av Samlet Plan, *vil reguleringsinngrepet etter B2-alternativet ha liten eller ingen innflytelse på forurensningssituasjonen i Otta, Lågenvassdraget og i Mjøsa. Dette gjelder både langsiktige effekter og effekter under spesielle situasjoner og år.*

#### 11.2. B2b-alternativene

Ved vurderingen av forurensningskonsekvensene for Gudbrandsdalsvassdraget med Mjøsa av et eventuelt reguleringsinngrep i Øvre Otta etter Samlet Plan - B2b-alternativene, har vi valgt årene 1976, 1977, 1978 og 1979 som "studieår". Dette er gjort dels på grunn av at det for disse år foreligger simulerte vannføringsdata fra før og etter en eventuell regulering (Simuleringsmodellen "Enmag") og dels fordi at det for disse år foreligger data for vannføring og fosfortransport til Mjøsa via de viktigste tilløpselver (NIVA 1980). Det foreligger også simulerte vannføringsdata for 1975, men dataene for forurensningstilførsler er mangelfulle for dette år.

##### 11.2.1. Vannføring

Under de angitte årene ble vannføringen i Gudbrandsdalslågen ved Losna samt i 13 av de øvrige tilløpselver (Gausa, Rinda, Vismunda, Stokkelva, Bråstadelva, Hunnselva, Lena, Vikselva, Svartelva, Flagstadelva, Brummunda, Moelva og Mesna) målt kontinuerlig. Dessuten

ble vannføringen i Vorma observert. Årsvannføringen i Gudbrandsdalslågen, de øvrige tilløp og Vorma er vist i tabell 21. Med hensyn til månedsvannføringer henvises til tabell I i Vedlegg. Her er det sett bort fra varisjoner i Mjøsmagasinet som også innvirker på vannbalansen.

Tabell 21. Årsvannføring i mill. m<sup>3</sup> i Gudbrandsdalslågen, 13 øvrige tilløpselver til Mjøsa og i Vorma for årene 1976, 1977, 1978 og 1979.

Elver	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen, Losna	7359	6184	6586	9130
13 lokale tilløpselver	970	2030	1435	1476
Vorma	8501	8797	8740	11007

NVE (1958) oppgir midlere årsvannføring ved Losna for perioden 1911-1950 til 7851 mill m<sup>3</sup> eller 249 m<sup>3</sup>/s. Det største og minste årlige avløp er oppgitt til henholdsvis 11147 mill m<sup>3</sup> (353 m<sup>3</sup>/s) og 5608 mill m<sup>3</sup> (178 m<sup>3</sup>/s). I følge dette kan årsvannføringen i 1976 betraktes som situasjonen i et normalår, mens vannføringene i 1977 og 1978 var betydelig lavere og i 1979 betydelig høyere enn i et normalår. I denne sammenheng bør vannføringsvariasjonene over året taes i betraktning, f.eks. var vannføringen på ettersommeren i 1976 og 1977 lav, noe som selvfølgelig virker inn på fortynningsmulighetene.

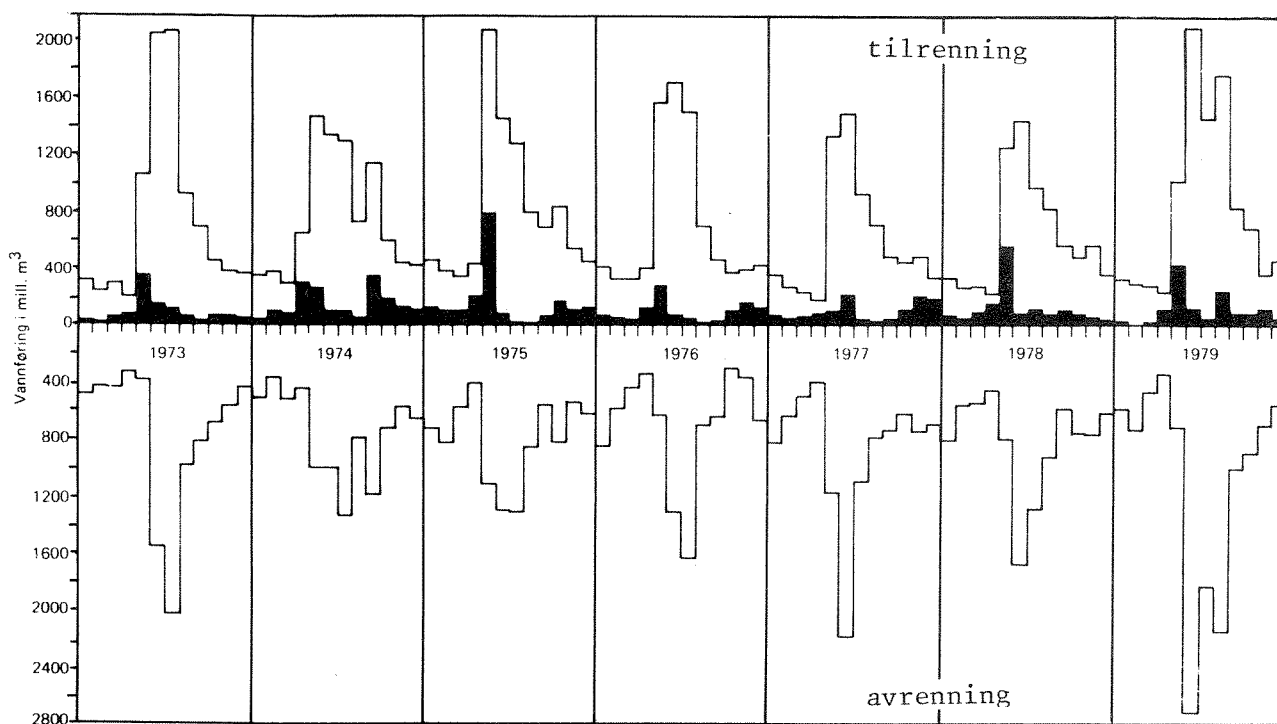
Det er tydeligvis ingen korrelasjon mellom vannføringen i de 13 "Mjøselver" og Gudbrandsdalslågen - noe som antakelig skyldes variasjoner i de regionale nedbør og klimaforhold. F.eks. var sommeren 1976 tørr og varm, og følgelig lite nedbør lokalt rundt Mjøsa. På grunn av is- og snøsmelting i høyfjellet var likevel vannføringen i Gudbrandsdalslågen relativt høy under for- og midtsommer.

En statistisk betraktning av sammenhengen mellom nedbøren på Kise meteorologiske stasjon og vannføringen i Gudbrandsdalslågen i den nevnte tidsperiode gav en korrelasjonskoeffisient på 0,15 som viser at en slik sammenheng ikke eksisterer.

Av figur 8 går det frem at mens vannføringen i Gudbrandsdalslågen er størst i juni, er vannføringen i de lokale tilløpselver størst i mai med begynnende vårflom i april. Bortsett fra variasjoner i vårflommens størrelse, var variasjonsmønsteret noenlunde likt i de 3 første år. I 1979 var juniflommen spesielt stor i Gudbrandsdalslågen - høy vannføring i august samme år gjorde seg gjeldende både i Gudbrandsdalslågen og i de lokale tilløp.

### 11.2.2. Reguleringsinngrepets innflytelse på vannføringen

Vannføringsvariasjonene før og etter reguleringsinngrepet (B2b) er simulert ved hjelp av "Enmag-modellen" for de ovenfornevnte år. "Magasinfylling og tapping" slik det arter seg for vannføringen ved Losna vanmerke under de ulike år, går frem av tabell 22. "Fylling og tapping" av magasiner er betraktet som differansen mellom simulert vannføring før og etter reguleringsinngrepet. Reguleringsinngrepets innflytelse på vannføringen den enkelte måned er vist i tabell II i Vedlegg.



Figur 8. Vannbalanse i Mjøsa 1973-1979. Sort: Sum vannføring i lokale elver + avrenning fra nærområdet - Gudbrandsdalslågen.



Tabell 22. Fylling/tapping som følge av tilleggsregulering i Raud-  
dalen slik det arter seg ved Losna vannmerke. (Tallene  
gjelder altså differansen i vannføring før - etter regule-  
ring) Benevning mill m<sup>3</sup>/år.

	1976	1977	1978	1979
Fylling (hovedsakelig mai-sept.)	442	395	303	721
Tapping (hovedsakelig nov.-apr.)	495	553	453	449

Tabellen viser magasinenes (sum Rauddalsvannet og Breidalsv.) inn-  
flytelse på vannføringen. Vannmengdene som kjøres gjennom kraft-  
verkene må nødvendigvis være høyere (ca. 700 mill. m<sup>3</sup>, H. Korsvold  
pers. med.) fordi tilsiget i den aktuelle periode selvfølgelig også  
regnes med. Magasinprosenten etter tilleggsregulering i Rauddalsv./-  
Breidalsv. er beregnet til 150. Fylling og tapping under ett enkelt  
år kan være svært forskjellig (f.eks. i 1979) fra et annet (f.eks.  
1977) bl.a. ved at deler av flerårsmagasinerne utnytttes. Over hele  
simuleringsperioden fra 1975 til 1980 er magasinert vannmengde =  
tappet (magasinert vann = 0).

### 11.2.3. Otta og Gudbrandsdalslågen. Forurensningskonsekvenser

I og med at Tora - Føysa foreslås overført, vil elvestrekningen fra  
Breidalsvatn til Pollvatn hvor avløpet fra Glitra kr.st. kommer ut,  
bli sterkt berørt ved dette alternativ. En nærmere vurdering av  
bl.a. resipientproblematikken bør skje på bakgrunn av undersøkelses-  
resultater. Vi antar at det her vil bli behov for en viss minste-  
vannføring.

Vannkvalitet og forurensningssituasjonen på elvestrekningen Dønnfoss  
- Ottavatn bør undersøkes bl.a. for å fastslå endelig minstevannfø-  
ring som vi antar vil bli krevet av bl.a. forurensningsmyndighetene.  
I NIVA-rapport (1975), før Mjøsaksjonen, ble det foreslått en minste-  
vannføring ved Gfossen tilsvarende 6 m<sup>3</sup>/s om vinteren og 20 m<sup>3</sup>/s om  
sommeren. Dessuten ble det foreslått at man burde vurdere å holde

Tora - Føysa utenfor reguleringen for derved å oppnå mer naturlige vannføringsvariasjoner som er ønskelig i resipientsammenheng. I hvilken grad vassdragstilstanden har endret seg etter Mjøsaksjonen bør undersøkes nærmere.

Eventuelle forurensningsproblemer i forbindelse med B2 - Nedre Otta, vil bli beskrevet/vurdert i avsnitt 11.3.

#### 11.2.4. Mjøsa. Forurensningskonsekvenser

Ved denne konsekvensvurdering har vi anvendt 3 beregningsmåter for å anslå reguleringsinngrepets effekt på forurensningssituasjonen i Mjøsa:

- Ved 1. beregningsmåte har vi tatt utgangspunkt i høyfjellsvannets fortynningsevne. Ved å redusere sommervanntøringen fra høyfjellet hvor fosforkonsentrasjonene er lave, vil den midlere fosforkonsentrasjon i den totale vannmengde som tilføres til Mjøsa i sommerhalvåret (1/5-30/9) øke. Vi har her sett bort fra høyfjellvannets fosforkonsentrasjon i det vi anser den som lav sammenlignet med konsentrasjonen i drensvannet fra de lavere-liggende og kultur-påvirkede områder.
- Ved 2. beregningsmåte har vi tatt for oss fosforbalansen i Mjøsa om sommeren: tilførsler = netto sedimentasjon + utførsel. Pga. mindre vanntilførsler vil uttransporten via Vorma bli mindre, både hva vann og fosformengder angår. Konsentrasjonen av fosfor i det utstrømmende vann, vil nemlig i liten grad endres fordi det tar ca. 3 - 4 måneder før de øverstliggende vannmasser i Mjøsa er skiftet ut. For å beregne nødvendig fosforreduksjon som kompensasjon for redusert fortynningsvann, har vi anvendt Vollenweiders (1976) modell (teoretisk burde sedimentert fosfor bli høyere om sommeren og lavere om vinteren på grunn av endret oppholdstid).
- Ved 3. beregningsmåte har vi anvendt Vollenweiders (1976) erfaringsmodeller i det vi forutsetter at magasinert sommervann går tapt i biologisk sammenheng.

Ved alle tre betrakningsmåter er det tatt utgangspunkt i at fosfortiltørslene om sommeren i mindre grad blir fortynnet etter regulering enn før. Det er således ikke tatt hensyn til andre økologiske faktorer som temperatur, lys, endringer i næringskjeden, dynamiske forhold osv.

#### 11.2.4.1 Beregningsmåte 1 - Fortynningsbetraktninger

Med hensyn til algevekst og biologiske forhold i Mjøsa er fosfortilførselen i sommerhalvåret dvs. fra begynnelsen av mai til slutten av september (produksjonsperioden) av størst interesse. På bakgrunn av måleresultatene har vi derfor i tidsperioden 1. mai - 30. september, 1. juni - 30. september, 1. juli - 30. september og 1. august - 30. september for alle de fire observasjonsår (1976-1979) beregnet vann- og fosfortilførsler/fosforkonsentrasjoner til Mjøsa før og etter regulering i henhold til B2b. Resultatene er gitt i tabell IV, V, VI og VII i Vedlegg.

Det mest naturlige er å vurdere magasinifyllingens betydning for konsentrasjonsøkningen (tap av fortynningsvann) over hele vekstsesongen dvs. fra 1. mai til 30. september. I våre beregninger har vi latt fosforbelastningen være uendret før og etter reguleringen selv om det magasinerte vannet inneholder noe fosfor - antakelig 3-4 µg P/l. Dette vil ikke ha noen avgjørende innflytelse på resultatet. En stor del av den naturlige fosfortilførsel fra disse fjellområder består forøvrig av apatittfosfor som er lite tilgjengelig for algevekst.

Fosforkonsentrasjonen før og etter regulering er kommet frem ved å dividere total fosforbelastning på total vannføring i det angjeldende tidsrom (tabell 23).

Tabell 23. Midlere fosforkonsentrasjon i tilløp over sommersesongen (1/5-30/9) før og etter eventuell regulering etter B2b-alternativene. Benevning µg P/l.

	1976	1977	1978	1979
Fosforkons. før reg., µg P/l	23,1	18,3	21,6	19,9
Fosforkons. etter reg., µg P/l	24,9	19,5	22,8	21,7
Differanse, µg P/l	1,8	1,2	1,2	1,8

Hvis vi forutsetter at fosforkonsentrasjonen i de tilførte vannmengder til Mjøsa om sommeren ikke skal endres ved regulering, må de tilførte fosformengder reduseres med henholdsvis 9,9; 6,6; 6,4 og 13,3 tonn i forhold til før-reguleringen (dvs. nåværende forhold). De angitte fosformengder er fremkommet ved å multiplisere konsentrasjonsøkningen med gjeldene vannføringsverdier.

Betrakter vi andre tidsintervaller 1. juni - 30. september, 1. juli - 30. september og 1. august - 30. september, får vi tilsvarende resultater (se tabell V, VII og VII i Vedlegg), men variasjonene er anderledes avhengig av når magasinbefyllingen finner sted. "Nødvendig fosforreduksjon" varierer noenlunde i samsvar med den betraktede perioders lengde. Stort sett synes reguleringsalternativene B2b å bevirke en midlere økning i fosforkonsentrasjonen, alle tilløp (tilførsler) sett under ett, på mellom 1 og 2 µg P/l - noe som svarer til en fosformengde på fra 6 til 13 tonn fosfor. Ut fra denne betraktningssmåte representerer reguleringsinngrepet i Øvre Otta, B2b-alternativene, minsket fortynningsvann om sommeren, tilsvarende 6-13 tonn fosfor, avhengig av klima og nedbørforhold.

Denne konklusjon bygger på teoretiske betraktninger som det er vanskelig å etterprøve gjennom det foreliggende observasjonsmateriale. Dette pga. ulik variasjon i vann og fosfor-tilførsler. I hele perioden vi har fullstendig observasjonsmateriale fra pågikk Mjøsaaksjonen som stadig endret fosfortilførselen. Sammenligner vi imidlertid årene 1978 og 1979 (tabell IV i Vedlegg) ser vi at en vannføringsøkning (1/5- 30/9) fra 5614 til 8084 mill.m<sup>3</sup> medførte en reduksjon i midlere fosforkonsentrasjon på 1,7 µg P/l. Forskjellen i konsentrasjonen (1978-1979) er mer markert i tabell VII i Vedlegg, som gjelder perioden 1. aug til 30. sept. Denne viser at en vannføringsøkning på 1252 mill.m<sup>3</sup> medførte et avtak i konsentrasjonen på 7 µg P/l.

#### 11.2.4.2 Beregningsmåte 2 - Fosforbalansebetraktninger

Som et eksperiment har vi også foretatt en beregning av fosforbalansen i Mjøsa ut fra følgende enkle resonnement:

$$\text{Fosfor}_{\text{inn}} = \text{fosfor}_{\text{ut}} + \text{netto sedimentasjon}$$

I følgende regneeksempel betrakter vi bare tidsperioden 1. juni - 30. september som er den viktigste produksjonsperioden i denne innsjø.

I tabell 24 er fosfortilførsler, uttransport og sedimentasjon (tilbakeholdelse) i tidsperioden 1. juni - 30. september satt opp. Vi har valgt denne periode i det vi anser den å være den egentlige produksjonsperiode i Mjøsa.

Tabell 24. Fosfortilførsler, uttransport og tilbakeholdelse i Mjøsa i sommerperioden 1. juni - 30. september. Benevning: tonn. (Se tab. III og V i Vedlegg).

År	Tilførsler	Uttransp. Vorma	Tilbake- holdelse	Tilbakeh. i %
1/6-30/9-76	94,9	53,3	41,6	43,8
1/6-30/9-77	66,6	38,4	28,2	42,3
1/6-30/9-78	79,4	47,2	32,2	40,6
1/6-30/9-79	116,2	82,4	33,8	29,1

Magasinering av vann i Øvre Otta-magasinene antas å medføre at transporten av vann og fosfor ut av Mjøsa avtar. I de fortsatte beregninger har vi antatt at konsentrasjonen av fosfor ut av Mjøsa er av samme størrelsesorden etter regulering som før. Dette er tilnærmet riktig fordi vannmengdene over sprangskiktet som ligger i ca. 15 meters dyp, er på ca. 4600 mill. m<sup>3</sup> og det er disse vannmengdene som i løpet av sommermånedene (1. juni - 30. september) blir skiftet ut ca. en gang (teoretisk). Vanntilførselen til Mjøsa i den nevnte periode varierte fra ca. 3600 til 6600 mill. m<sup>3</sup> (se tabell V i Vedlegg).

Under disse forutsetningene blir vann og fosfortransporten ut av Mjøsa via Vorma før og etter regulering følgende, tabell 25.

Tabell 25. Vann og fosfortransport ut av Mjøsa før (målt) og etter (beregnet) regulering (1. juni - 30. september). Benevning: vannføring i mill. m<sup>3</sup>, fosfor i tonn og µg P/l.

År	Vannf. før reg.	Fosforkons. µg P/l før reg.	Vannf. etter reg.	Fosfortransp. før reg.	Fosfortransp. etter reg.	Diff. i tonn
1976	4285	12,4	3906	53,3	48,4	4,9
1977	4139	9,3	3830	38,4	35,6	2,8
1978	3960	11,9	3710	47,2	44,1	3,1
1979	6685	12,3	6043	82,4	74,3	8,1

Teoretisk vil noe av denne differansen sedimentere i henhold til tilbakeholdelseskoeffisientene som er angitt i tabell 24, mens resten vil bidra til en konsentrasjonsøkning av fosfor i Mjøsa - fortrinnsvis i overflatelagene der gjennomstrømmingen foregår. Konsentrasjonsøkningen er teoretisk beregnet i tabell 26. Fosforkonsentrasjonen i tilløp er beregnet ved hjelp av erfaringsmodell ved å ta utgangspunkt i fosforkonsentrasjonen i innsjøen. Fosformengde (nødv. fosforred.) = konsentrasjonsøkning i tilløp x vannføring".

Tabell 26. Minsk uttransport i tonn og økt fosforkonsentrasjon (µg P/l) i Mjøsas overflatelag som følge av reg. etter B2b-alternativet. (Tidsperiode 1. juni - 30. september).

År	Diff. i tonn	Tilbakeholdelse tonn	Økt belastning i overfl. tonn	Økt P-kons. i Mjøsas overfl. µg P/l	"Økt" midlere P-kons. i tilløp µg P/l	Nødv. fosforred. pga.reg. tonn
1976	4,9	2,1	2,8	0,6	1,5	6,0
1977	2,8	1,2	1,6	0,3	0,7	2,3
1978	3,1	1,3	1,8	0,4	1,0	3,6
1979	8,1	2,4	5,7	1,2	2,7	16,1

Som tabellen viser vil nødvendig midlere fosforreduksjon (i sommerperioden 1/6-30/9) være noe avvikende i forhold til det vi fant ved å betrakte endringer i vann- og fosfortilførsler etter beregningsmåte 1 (fortynningsmetoden). Nødvendig (kompenserende) reduksjon er noe lavere i vannfattige år og høyere i vannrike år. Her må vi imidlertid ta usikkerheten med i betraktning.

#### 11.2.4.3 Beregningsmåte 3 - Modellbetraktninger

Vi har endelig forsøkt å beregne reguleringsinngrepets (B2b) betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa ved å forutsette at det magasinerte vannet som tilføres Mjøsa i vinterhalvåret, strømmer igjennom Mjøsa i overflatelagene (på grunn av temperatureffekt) på et tidspunkt da økt fortynningsvann har liten betydning for forurensningsforholdene. Dvs. magasin vannet går i biologisk sammenheng tapt. Under denne antakelse kan vi anvende Vollenweiders (se NIVA 1980) erfaringsmodell som er basert på årsverdier for vann- og fosfortilførsler for å beregne hva B2b kan bety med hensyn til økt algevekst i Mjøsa. Nødvendig beregningsgrunnlag og resultater er vist i tabell 27.

Tabell 27. Arsverdier for vannføring, magasinering (1/5-30/9) teoretiske oppholdstider, midlere fosforkonsentrasjoner i til løp samt målt og beregnet klorofyllverdier (mål for algemengder).

	1976	1977	1978	1979
Målt årsvannf. i Vorma, mill m <sup>3</sup>	8501	8797	8741	11007
Magasinering (1/5-30/9), " "	442	376	282	677
Årsvannf., Vorma etter reg." "	8059	8421	8459	10330
Ny teor. opph.tid, år (etter reg.)	7,0	6,7	6,6	5,4
Fosforbelastning, tonn/år	308	230	219	252
Midl.fosf.kons. i elvene etter reg., µg P/l	38,2	27,3	25,9	24,4
Midl.fosf.kons. i elvene før reg., µg P/l	36,2	26,1	25,1	22,9
Konsentrasjonsdiff. µg P/l	2,0	1,0	0,8	1,5
Nødv. fosforred. pga. tap av fortynningsv. tonn fosfor pr. år	16	10	7	16
Målt klorofyll a, middel, µg kla/l	5,0	3,6	3,6	3,5
Beregnet klorofyll a, middel før reg. µg kla/l	5,2	3,6	3,4	3,4
Beregnet klorofyll a, middel etter reg. µg kla/l	5,4	3,7	3,5	3,6

Også ifølge denne betrakningsmåten, representerer B2b-alternativet tapt fortynningsvann om sommeren tilsvarende en fosformengde på fra 7-16 tonn under de aktuelle observasjonsår (1/5-20/9) som er lagt til grunn.

#### 11.2.4.4 Betydning av "tørr, middel og våt" sommer

For å etterprøve i hvilken grad de valgte studieår (1976-1979) med gradvis redusert belastning influerer på resultatene, har vi skjønsmessig (på bakgrunn av foreliggende observasjoner, NVE) valgt vannmengder, magasinerte vannmengder og fosforbelastningsverdier, for vannfattige år, middelår og vannrike år. Disse anslag er vurdert i henhold til fortynningsmetoden. Resultatene av disse betraktningene er vist i tabell VIII i bilag. I dette tilfelle varierte fosformengden som må reduseres for å kompensere minsket vannføring i sommerhalvåret (1/5-30/9), fra ca. 7 tonn i et vannfattig år til ca. 13



tonn i et vannrikt (tallene gjelder altså nødvendig fosforreduksjon i tidsperioden 1/5-30/9).

#### 11.2.4.5 Konklusjon

##### Langtidsvirkninger:

*Forurensingsutviklingen i Mjøsa er på sikt avhengig av utviklingen med hensyn til forurensningsbelastning-spesielt hva fosfor angår.*

*Reguleringsinngrepet B2b-alternativene innvirker i liten grad på årsvannføringen til Mjøsa så vel som på den årlige forurensningstilførsel. Teoretisk skulle derfor reguleringsinngrepet i mindre grad endrer forurensningsutviklingen dvs. reguleringsinngrepet skulle i mindre grad øke utviklingstrenden på lang sikt. En reguleringseffekt vil imidlertid gjøre seg gjeldende i form av økt algevekst om sommeren sammenlignet med situasjonen under nåværende forhold - slik det er redegjort for nedenfor. Vi vil imidlertid understreke at Mjøsa fortsatt er i økologisk ubalanse, og det er derfor vanskelig å vurdere langtidseffekter både uten og med reguleringer.*

##### Virkingen under spesielle situasjoner og år:

*Med forankring i 3 forskjellige teoretiske betraktningmåter er vi kommet frem til at en utvidet regulering av Rauddalsvatn vil redusere vanntilførselen til Mjøsa om sommeren (1/5-30/9) slik at fosforkonsentrasjonen i de tilførte vannmengder øker med fra 1 til 2 µg P/l i de angjeldende perioder, avhengig av de ulike års vann- og fosfortilførsel. Denne økning tilsvarer fosformengder på fra 7 til ca. 16 tonn fosfor. De høyeste "konsentrasjonsøkninger" synes å inntreffe under kjølige somre med stor nedbør i Mjøsområdet. En må imidlertid ikke se bort fra at endringer i andre økologiske faktorer også kan spille en viss rolle. De angitte verdier må derfor bare betraktes som retningsgivende ved vurdering av reguleringsinngrepets betydning.*

#### 11.3. Nedre Otta, B2-alternativet

Utbyggingsplanene for dette alternativet er beskrevet i avsnitt 10.3.

Bortsett fra inntaksdammen oppstrøms Eidefoss (Lalm) og tilsvarende ovenfor de øvrige kraftverkene, inbefatter disse reguleringsplaner

ikke ytterligere oppdemninger. Vannføringen i Gudbrandsdalslågen utenom de utbygde strekninger blir derfor i liten grad berørt av inngrepet.

### 11.3.1. Konsekvenser for forurensningssituasjonen i Otta - Gudbrandsdalslågen

#### 11.3.1.1 Inntaksdam - Lalmsvatnet

Ca. 100 m ovenfor inntaksdammen til Eidefoss kraftverk, demmes Otta opp i nivå med Lalmsvatnet. De biologiske forhold i det neddemmede område vil bli berørt ved dette inngrep. Man må anta at selve Lalmsvatnet ved dette inngrep også vil bli utsatt for unaturlige vannstandsvariasjoner. Dette vil i seg selv kunne få betydning for plante- og dyrelivet i strandområdene. I hvilken grad endrede vannstandsvariasjoner innvirker på Lalmsvatn som resipient bør undersøkes og utredes nærmere.

#### 11.3.1.2 Elvestrekningen Lalm - Prillarguri kraftverk

Skadevirkningenes størrelse av dette inngrep er avhengig av hvilken minstevannføring og vannføringsreglement som blir bestemt. I NIVA-rapport (1975), ble det foreslått en minstevannføring på  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  om sommeren og  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  om vinteren. I Samlet Plan (1984) blir det foreslått minstevannføringer på  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  om sommeren og  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  om vinteren.

#### 11.3.1.3 Elveavsnittet Prillarguri kr.verk - Harpefoss kr.verk

På strekningen Prillarguri - Sjoa kraftverk vil Gudbrandsdalslågen få full vannføring. På grunn av inntaksdammen til Sjoa kraftverk vil strykepartiene bli demmet ned slik at elva blir stilleflytende. Dette vil innvirke på plante- og dyrelivet i vassdraget. Vi må også anta at elvens "resipientkapasitet" endres. Dette er forhold som krever nærmere undersøkelser før endelig uttalelser kan gis.

Ved inntak for Tårud kraftverk kan også Sjoa tas inn i kraftverkstunnelen og restvannføringen i Gudbrandsdalslågen vil bli minimal forbi Kvam uten slipp av minstevannføring. I Samlet Plan blir det foreslått at det opprettholdes en minstevannføring på strekningen

tilsvarende 15 m<sup>3</sup>/s om vinteren og 30 m<sup>3</sup>/s om sommeren. I hvilken grad dette er i overensstemmelse med resipientbehovet og andre bruksinteresser bør undersøkes og vurderes før konsesjon gis.

Resipientproblematikken i Vinstraområdet må undersøkes og vurderes i forbindelse med kraftverksplanene.

#### 11.3.2.4 Konklusjon

*Ved en eventuell kraftutbygging i tråd med Samlet Plan B2 for Nedre Otta, er det på grunn av resipientproblematikken nødvendig med påslipp av minstevannføring. Minstevannføringen størrelse bør avklares etter nærmere undersøkelser og på bakgrunn av de øvrige interesser som knytter seg til vassdraget. Konsekvensene av anlegg av inntaksdammer og dermed neddemning av områder bør også undersøkes i forurensningssammenheng. Eventuelle endringer i vannets temperatur og generelle kjemiske forhold (tunneleffekt) samt eventuelle biologiske effekter av disse bør undersøkes.*

#### 11.3.2. Konsekvenser for forurensningssituasjonen i Mjøsa

Som nevnt influerer reguleringsplanen for Nedre Otta i liten grad på vannføringsvariasjonene ved utløpet av Gudbrandsdalslågen.

Selv om store vannmengder på lange strekninger føres gjennom kraftverkstunneler, vil vi anta at vannets temperatur ved innløp i Mjøsa i liten grad endres, (jfr. egen rapport fra NVE - Iskkontoret). Det er en viss mulighet for at vannets generelle kjemiske kvalitet i noen grad påvirkes av tunnelgjennomgangen, spesielt i dette området hvor berggrunnen i stor grad består av til dels kalkholdig leirskifer, men på grunn av de store mengder "fortynningsvann" fra restnedbørfeltet antar vi at elvas vannkvalitet ved innløp i Mjøsa i liten grad vil bli påvirket.

#### 11.3.2.1 Konklusjon

*Utbyggingsplanene etter B2-alternativet for Nedre Otta vil isolert sett ha liten innflytelse på forurensningssituasjonen i Mjøsa. Dette gjelder uansett om B2 eller B2b-alternativene for Øvre Otta kommer til utførelse. Det er reguleringsinngrepets størrelse i Øvre Otta som er avgjørende.*

## 12. TILTAK FOR Å REDUSERE EVENTUELLE SKADEVIRKNINGER

En flerbruksplan for Gudbrandsdalslågen krever bl.a. at enhver vannrelatert aktivitet - tiltak som innvirker på vassdragets vannmengde og kvalitet - vurderes i sammenheng med annen prioritert bruk av vassdraget. I denne forbindelse ønsker Oppdragsgiver å få bl.a. følgende punkter diskutert og vurdert i forbindelse med de aktuelle planer om nye reguleringsinngrep i Øvre Otta:

- Størrelse på de regulerte felter, totalt magasin og årsmagasin.
- Behov for og nytte av såkalt fleksibelt manøvreringsreglement.
- Bruk av et eventuelt reservevolum i magasinet samt vannføringen i Gudbrandsdalslågen som mulig tiltaksvariabel.

### 12.1. Generelt

NIVAs Mjøsprosjekt i tidsrommet 1971-1980 og senere overvåkingsundersøkelser, har dokumentert at forurensningssituasjonen i Mjøsa og Gudbrandsdalslågen skyldes stor forurensningsbelastning først og fremst hva fosfortilførsler angår.

Før Mjøsaksjonen ble satt ut i livet i midten av 70-årene, ble alt kloakk- og avløpsvann tilført vassdrag uten vesentlig rensing. Forurensningene ble tilført Mjøsas overflatelag enten som punktutslipp eller via tilløpsbekker og som diffuse tilførsler fra nærområdene. Om sommeren etter at temperatursprangsjiktet var etablert, var det først og fremst innsjøens øverste ca. 15 meter som ble mest berørt. Dette førte til kraftige algeoppblomstringer med bl.a. blågrønnalger, spesielt i 1975 og 1976.

Under denne situasjon var det stort behov for renere vann som til dels ville fortynne forurensningene og til dels påskynde transporten av alger og forurensninger ut av innsjøen.

Dette var bakgrunnen for at vi advarte mot reguleringsinngrep som i vesentlig grad reduserte vannføringen i Gudbrandsdalslågen.

Tidligere konsesjonsøkte planer av 1973 hadde et betydeligere større omfang av tilsigsfelter (1560 km<sup>2</sup>) som kunne føres til magasinering enn de nåværende planer som omfatter ca. 680 km<sup>2</sup> som kan føres til magasinering (se kap. 19).

#### Hvordan er situasjonen idag?

Pr. idag (1986) forutsettes punktutslipp av kommunalt avløpsvann og industriavløpsvann i vesentlig grad å være tatt hånd om ved renses- tekniske anlegg. Fosfortilførslene fra jordbruksvirksomheten er i mindre grad redusert (ca. 70-80 tonn pr. år i 1985). Dette gjelder et normalår med hensyn til klima og nedbør. I nedbørrike år med stor utspyling av bl.a. erosjonsprodukter og gjødselstoffer fra jordbruks- virksomheten antar vi at fosforbelastningen blir langt større. Under slike forhold antar vi at overløp i kloakksystemet, lekkasjer fra kloakkledninger o.l. også er større enn under et middelår.

Dette betyr at under forutsetning av at punktutslippene dvs. kloakk- vann og industrielt avløpsvann (både renselanlegg og ledningssystem) er tatt hånd om på en forsvarlig måte, er forholdene antakelig mest bekymringsfulle i "våte" somre med store tilførsler av fosfor fra landområdene. Imidlertid er vår kunnskap om fosfortilførslenes stør- relse og variasjon over tid for mangelfull til at vi kan trekke noen sikre konklusjoner. Ved fastsettelse av et manøvreringsreglement for kraftverksmagasiner med hensyntaken til forurensningssituasjonen i Mjøsa, er mer eksakt kunnskap om slike forhold nødvendig.

Under alle omstendigheter er sommervannføringens størrelse fortsatt et springende punkt når det gjelder å vurdere effekten av eventuelle reguleringsinngrep i vassdraget.

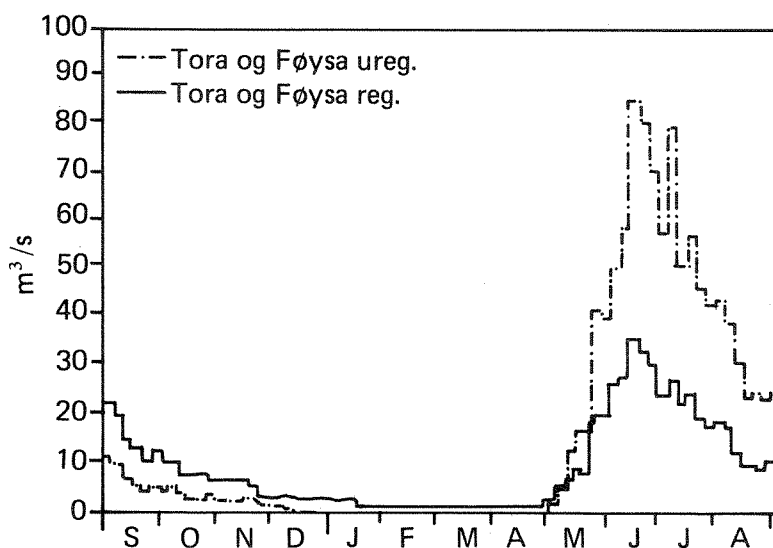
#### 12.2. Størrelsen på de regulerte felter, totalt magasin og årsmagasin

Skadevirkningene i forurensningssammenheng av et reguleringsinngrep øker ofte med reguleringsområdets størrelse, men dette er ikke alltid tilfelle. Reguleringsomfanget må nemlig også sees i sammenheng med vannføringsreglementet som blir bestemt.

Forskjellen mellom de to foreliggende alternativer for Øvre Otta, B2 som ikke medfører vesentlige endringer i elvens vannføring og B2b som reduserer sommervannføringen med  $44 \text{ m}^3/\text{s}$  i middel målt ved Losna, kommer av at nye tilsigsfelter taes til regulering hvorav Tora og Føysa utgjør de største bidrag.

### 12.2.1. Betydningen av størrelsen på de regulerte felter

I denne sammenheng er det naturlig å vurdere som eksempel virkningen av om Tora og Føysa tilføres reguleringen eller ikke. I henhold til B2b-alternativene representerer det regulerte området av disse elvers nedbørfelt  $230,6 \text{ km}^2$  med en årlig middelavrenning på  $285,5 \text{ mill. m}^3$  eller ca.  $9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sommervannføringen er imidlertid periodevis langt høyere. Dette går frem av figur 9 som viser simulert vannføring i Otta ved Kittelstad med og uten Tora og Føysa, for perioden 1967 til 1977 og under forutsetning av at Anstad kr.st. skulle bygges (se forøvrig NIVA 1980).



Figur 9. Vannføring i  $\text{m}^3/\text{s}$  i Otta ved Kittelstad med og uten Tora og Føysa og under forutsetning av at Anstad kr.st. skulle bygges (simulert for perioden 1967-1977).

I hvilken grad Tora og Føysa får innvirkning på vanntilførselen til Mjøsa er avhengig av hvordan manøvreringsreglementet blir utformet og praktisert. En uregulert Tora og Føysa vil isolert betraktet bety en økning av vanntilførselen til Mjøsa i sommermånedene på fra 20 til 50 m<sup>3</sup>/s basert på ukemidler. Disse vannmengdene vil da komme i tillegg til de vannmengder som til enhver tid går fra magasinene gjennom Glitra kraftverk. Hvis sommervannføringen til Mjøsa periodevis øker med de angitte vannmengder (20-50 m<sup>3</sup>/s) i forhold til simuleringsverdiene, vil vannføringsendringene bli mindre og eventuelle skadevirkninger på Mjøsa på grunn av reguleringsinngrepet tilsvarende redusert.

#### 12.2.1.1 Konklusjon

*For forurensningssituasjonen i Mjøsa kan det være fordelaktig at deler av tilsigsfeltene, f.eks. Tora og Føysa ikke reguleres dvs. at vannet herfra ikke magasineres, men dette vil i noen grad bero på hvordan manøvreringsreglementet for magasinene vil bli utformet.*

*For de planlagt utbygde elveavsnitt i Otta og Gudbrandsdalslågen vil en eventuell regulering av Tora og Føysa ha mindre betydning.*

#### 12.2.2. Betydningen av magasinenes størrelse - flerårsmagasin

Ved et eventuelt B2b-alternativ økes magasinkapasiteten i Breidalsvatn/Rauddalsvatn fra 238,2 mill. m<sup>3</sup> (eksisterende) til 1410 mill. m<sup>3</sup> (etter regulering). Reguleringshøyden i Breidalsvatn blir som nå (13 m), mens reguleringshøyden i Rauddalsvatn øker fra 30 til 130 m. Forutsatt at nye tilsigsfelter bl.a. Tora og Føysa taes inn i reguleringen, er magasinprosenten etter regulering oppgitt til 150. Hvis Tora og Føysa utelates blir magasinprosenten ca. 215, dvs. det vil ta ca. to år å fylle magasinene.

En tilleggsregulering i Rauddalen kan i noen grad redusere flom og oversvømmelser nedover i vassdraget og dermed dempe med utvasking av forurensninger og gjødselstoffer fra elvebreddene.

Teoretisk vil man ved et stort magasin ha mere vann å "spille på" i forbindelse med flerbruk av vassdraget.

I hvilken grad stort eller lite magasin vil få betydning for forurensningssituasjonen i Mjøsa ut over sommeren, er avhengig av reglementet for driften av kraftverkene og følgelig tilførsel av vann fra magasinene.

Muligheten for magasinering av "overskuddsflom" om våren/forsommeren kan være positivt, mens derimot en tilbakeholdelse av vann midt- og sensommers (juli - september) vil virke negativt på forurensningssituasjonen, spesielt i Mjøsa.

#### 12.2.2.1 Konklusjon

*Et stort magasin i Rauddalen vil teoretisk ha gunstig virkning på forurensningsforholdene nedover vassdraget under situasjoner med flom og oversvømmelser (vår og forsommer).*

*Midt- og sensommers vil en redusering av vannføringen i vassdraget nedstrøms virke negativt på forurensningssituasjonen.*

*Hensikten med et stort flerårsmagasin i Øvre Otta i forurensningssammenheng er å lagre vann i "gode år" som så kan brukes under ugunstige situasjoner i dårlige år. På grunn av vannsystemets størrelse og variabilitet, er verdien av dette for Gudbrandsdalslågen/Mjøsa, vanskelig å overskue (se senere kapittel).*

#### 12.3. Behov for og nytte av såkalt fleksibelt manøvreringsreglement

Begrepet "fleksibelt manøvrering" er av en arbeidsgruppe under NTNFs MVU-program (Ziegler under arb.) definert slik:

- En ordning fastsatt i manøvreringsreglementet hvor et råd av en eller flere sakkyndige representanter for interesser i et regulert vassdrag kan rådggi regulanten om manøvreringen.



- Ordningen kan gi adgang til situasjonsbestemte slipp av kunstige flommer, variasjoner av minstevannføringer mellom nærmere fastsatte grenser, eller definerte avvik fra normalt fastsatte minstevannføringsgrenser. Dessuten kan det i spesielle tilfeller avvikes fra nærmere angitte bestemmelser om magasinfylling og etableres ordninger hvor et reglementsfastet magasin vannvolum disponeres for flerbruksformål".

I forbindelse med planene for en utvidet regulering i Rauddalen, skulle i følge definisjonen ovenfor, forholdene ligge godt til rette for flerbruksformål, idet man her får et magasin på hele 1410 mill. m<sup>3</sup> vann med reguleringsprosent på 150. Her er det altså mulig å samle opp vann i vannrike år, som så kan taes i bruk (slippes) når en eller annen bruksinteresse har behov for det. Nedenfor er hensikten og nytten av å anvende et slikt flerårsmagasin i forurensnings-sammenheng diskutert:

#### 12.3.1. Behovet for "tilskuddsvann" i resipientsammenheng for Otta - Gudbrandsdalslågen

I Otta og Gudbrandsdalslågen, vil vanntilførselen fra restnedbørfeltet utenom de regulerte områdene antakelig være tilstrekkelig for å tilfredsstille resipientbehovet, forutsatt at kommunalt og industrielt avløpsvann blir tatt hånd om på en forsvarlig måte både hva anlegg og drift angår. Behovet for "tilskuddsvann" for å dempe forurensningsvirkninger antar vi derfor blir av mindre interesse på disse strekninger. Man kan imidlertid ikke se bort fra at uheldig situasjoner kan inntreffe.

I hvilken grad et fleksibelt mønøvreringsreglement kan praktiseres på de regulerte strekninger, bør taes opp når eventuell minstevannføring skal bestemmes og når man har mer kunnskap om forurensningssituasjonen på de berørte elvestrekninger.

### 12.3.2. Behovet for "tilskuddsvann" (fortynningsvann) for å dempe forurensningseffekter i Mjøsa

Slik fleksibel manøvrering eller minstevannføring er definert, skal flerårsmagasinet være disponibelt med hensyn til slipp av vann når prekære forurensningssituasjoner oppstår - f.eks. oppblomstring av blågrønnalger i Mjøsa.

Ved en algeoppblomstring slik vi opplevde det i 1976, var Mjøsas vannmasser ned til sprangsjiktet dvs. ned til ca. 15 meters dybde berørt - høyeste konsentrasjoner av blågrønnalger ble observert i 12 meters dyp. Et vannvolum på hele 4600 mill. m<sup>3</sup> hadde et høyt innhold av alger.

Hvis vi antar at det fra Rauddalsmagasinet kan slippes 200 m<sup>3</sup>/s i en måned utgjør dette en vannmengde på ca. 518 mill. m<sup>3</sup>, som er omtrent de magasinerte vannmengder i et middelår. Disse vannmasser utgjør bare ca. 11 % av produksjonssjiktets vannmasser i Mjøsa. Vi antar derfor at et slikt påslipp av vann kan ha betydning for de nordlige områder, men vil ha marginal effekt for de midtre og sydlige områder når en prekær situasjon i Mjøsa først er etablert.

Dessuten er årsaken til at episoder med f.eks. oppblomstring av blågrønnalger inntreffer ennå ikke fullt klarlagt. Det er imidlertid klart at høy fosforkonsentrasjon alene ikke alltid er den utløsende årsak. I 1976 var sannsynligvis lavt innhold av silisium som etter hvert ble begrensende for vekst av kiselalger en viktig medvirkende årsak til oppblomstringen av blågrønnalger (Holtan 1978). Generelt er eventuelle oppblomstringer av blågrønnalger styrt av en kombinasjon av mange variable og vil neppe kunne forutsies med noen grad av sikkerhet før situasjonen er der. Dette er også forhold som må tas i betraktning når bestemmelse av slipp av vann skal fattes.

Videre er det viktig å ta hensyn til de dynamiske forhold i Mjøsas vannmasser som i vesentlig grad er betinget av de fremherskende vindforhold. Disse har bl.a. stor betydning med hensyn til spredning av forurensninger så vel som alger og kan over kortere perioder overskygge eventuelle effekter av påslipp av vann av nevnte størrelsesorden. Det er imidlertid mulig at de nordligste deler av Mjøsa kan nyte godt av et slikt påslipp.

### 12.3.3. Konklusjon

På bakgrunn av størrelsen av vannsystemet Gudbrandsdalslågen - Mjøsa, er det tvilsomt at påslipp av vann over kortere perioder, f.eks. 100-200 m<sup>3</sup>/s fra Rauddalsmagasinet, kan ha noen vesentlig betydning når prekære forurensningssituasjoner i Mjøsa først er inntruffet. Når det gjelder den generelle algevekst - kiselalger - har denne i de siste 20-30 år vært stor under kortvarige perioder hver sommer (uavhengig av værforholdene) både før og etter Mjøsaksjonen. Den eneste måten å redusere denne type algevekst på, er å begrense forurensningstilførslene. Eventuell påslipp av magasin vann over kortere perioder vil i beste fall vise seg å ha positiv effekt i form av en viss nyansering av hendelsesforløpet regionalt sett, spesielt i de nordlige deler av Mjøsa.

I Otta og Gudbrandsdalslågen utenom de regulerte områder, vil det i forurensningssammenheng neppe være stort behov for ekstra tilskuddsvann fra magasiner. Avrenningen fra restnedbørfeltet vil sannsynligvis være tilstrekkelig. Hvis det skulle oppstå en prekær forurensningssituasjon i elvesystemet vil det antakelig være av betydning å slippe på en kortvarig større flom slik at elvefaret blir "spylt rent" av sedimenterte stoffer, begroingsorganismer etc. Imidlertid vil slike eventuelle "utspylingprodukt" bli tilført Mjøsa i perioder (aug.-sept.) da de der kan stimulere planktonproduksjonen.

### 12.4. Bruk av eventuelt reservevolum i magasiner samt vannføringen i Gudbrandsdalslågen som mulige tiltaksvariable

Motiveringen for og hensikten med reservemagasiner og vannføringsvariasjoner i Gudbrandsdalslågen, som tiltak for å motvirke forurensningsutviklingen i Mjøsa, er det i store trekk redegjort for ovenfor.

Vi skal her poengtere følgende:

- Før Mjøsaksjonen startet i midten av 70-årene, ble alt avløpsvann samt jordbruksforurensninger tilført Mjøsas overflatelag uten rensing. I nedbør- og vannfattige somre hadde den gang kommunalt og industrielt avløpsvann dominerende betydning fordi

rensegraden var meget beskjeden. Jordbruksavrenningen var under de varme og tørre somre vi den gang opplevde antakelig mindre enn i våte sommere.

- I dagens situasjon er jordbruksavrenningen relativt sett av en annen størrelsesorden enn tidligere (avløp fra bebyggelse og industrier i stor grad tatt hånd om), spesielt i nedbørrike somre med stor utvasking av bl.a. gjødselstoffer. Under slike situasjoner vil det antakelig også være en del overløp i kloakk-systemene. De mest ugunstige situasjoner vil antakelig inntreffe når nedbørintensiteten er stor i Mjøsområdet samtidig med at vannføringen i Gudbrandsdalslågen er liten.
- Da produksjonslagene i Mjøsa volummessig er meget store - ca. 4600 mill. m<sup>3</sup>, må et eventuelt reservemagasin være meget stort hvis det skal kunne ha noen merkbar virkning. Når en forurensnings-situasjon med f.eks. oppblomstring av blågrønnalger først er inntruffet skal det meget store spylingsvannmengder til før man kan forvente noen vesentlig positiv effekt. Påslippet kan ha en viss betydning for de nordlige områder.
- Av ovenfornevnte grunner stiller vi oss derfor tvilende til hensikten med flerbruksmagasin i Rauddalen som tiltak for å motvirke forurensningsutviklingen i Mjøsa.
- Eventuelle utbyggingsplaner for Øvre Otta bør etter vår mening "vannføringsmessig" tilpasses forurensningssituasjonen i Gudbrandsdalslågen og Mjøsa før utbyggingen finner sted. Å reparere skader med påslipp av vann etter at skadene er inntruffet, har etter vårt syn begrenset verdi i dette tilfellet.

### 13. USIKKERHET I DATA- OG KUNNSKAPSGRUNNLAG

Vannkvalitet og biologisk aktivitet i vann er et produkt av et komplisert samspill mellom en rekke fysiske, kjemiske og biologiske variable. Miljøforholdene i vann er styrt av klimatiske faktorer som varierer meget fra årstid til årstid og fra det ene år til det andre. Observasjonsresultatene fra ett år kan følgelig være meget avvikende fra et annet. Dette gjelder generelt - selv i uberørte vannsystemer. Når ulike former for inngrep og tiltak innføres, blir analyser og tolkning av årsaken til et hendelsesforløp desto mer komplisert og vanskelig.

De viktigste klimatiske faktorer i denne sammenheng er nedbør, lufttemperatur og vind. De naturgitte variasjonsmønstre for disse, påvirker vannføring, vannets temperatur, stofftransport, strømningsforhold i innsjøer og vannets kjemiske kvalitet og dette kan være avgjørende for det biologiske hendelsesforløp under et spesielt år.

En vurdering og forutsigelse av effekten på forurensningssituasjonen i Mjøsa av et eventuelt reguleringsinngrep i Øvre Otta tilsvarende B2b-alternativene, er derfor meget vanskelig uansett observasjonsmaterialets kvantitet og kvalitet.

Disse generelle betraktninger er det viktig å være klar over i den følgende diskusjon om usikkerhet i datagrunnlaget.

#### 13.1. Vannføring/vannføringsvariasjoner

Norges vassdrags- og elektrisitetsverk (NVE) har helt siden slutten av forrige århundre målt og registrert vannføringen på flere steder i Gudbrandsdalslågen. De viktigste vannmerker som er benyttet i denne utredning er Losna, Lalm og Ofossen. Selv om det ofte knytter seg problemer og usikkerheter til måling av vannføring, vil vi anta at observasjonsresultatene fra de nevnte stasjoner er relativt pålitelige.

Enmag-modellen som er anvendt for å beskrive vannføringen i Gudbrandsdalslågen etter regulering, bygger på relativt enkle og oversiktlige prinsipper for å representere et vassdrag som planlegges utnyttet til kraftproduksjon. I forhold til dagens situasjon er tilleggsreguleringen i Rauddalsvatn/Breidalsvatn den nye variable. Modellen er beskrevet på følgende måten:

- Simulering foretas med tidsoppløsning pr. døgn.
- Modellen foretar tapping ut fra et pålagt behov for kraft som er avstemt etter vassdragets produksjonsevne med en årsprofil svarende til det som er vanlig for alminnelig forbruk.
- Eventuell kjøp/salg av tilfeldig kraft og rasjonering initieres ved at modellen støter mot pålagte restriksjoner, eksempelvis minstevannføringer, magasengrenser, overløp, tomkjøring, e.l.
- Omverden i elkraft-sammenheng er beskrevet ved hjelp av preferansefunksjoner (data for kraftmarkedet).
- Modellen er best egnet til å beskrive hydrologiske forhold dvs. vannføringer, mindre egnet til dimensjonering og økonomisk optimalisering.

Modellen er anvendt for årene 1975-1980 med og uten utvidet regulering i Rauddalen - og basert på de faktiske avløpsdata for vassdraget. Resultatene gjør det mulig å vurdere vannføringsendringene over disse årene, i perioder innenfor året, spesielle situasjoner som flom og lavvannsføringer. Modellen har som siktepunkt å produsere mest mulig kraft (best økonomi) under hensyn til tilgjengelige vannressurser, - gitte restriksjoner og delvis kostnader.

Årsserien 1975-1980 er for kort til å gi statistiske oppgaver som f.eks. gode middelveier og percentiler.

I tidsperioden 1976-1979, som vi her har lagt til grunn for vurderingen av eventuelle reguleringseffekter, ble vannføringen målt kontinuerlig i 13 av de lokale tilløpselver til Mjøsa. Disse vannføringsstasjonene ble opprettet etter samråd med Hydrologisk avdeling i NVE. Da det ofte var vanskelig å finne gode målesteder samt at isproblemer enkelte steder gjorde seg sterkt gjeldende, kan måleresultatene ha en varierende kvalitet, spesielt om vinteren. Dette kan i noen grad influere på de beregnede transportverdier og stoffkonsentrasjoner.

### 13.2. Kjemiske data

Når det gjelder de generelle kjemiske forhold som variasjon og utvikling i surhet og mineralsalter, er forholdene i Mjøsa og Gudbrandsdalslågens rimelig bra dokumentert. Her vil det også forekomme sesongbetingede variasjoner, men disse variasjoner er av en slik karakter at de i liten grad influerer på et biologisk hendelsesforløp. På lang sikt synes disse forhold å være stabile.

Anderledes stiller det seg med variasjoner i konsentrasjonen av næringssalter; fosfor, nitrogen og silisium, som har en avgjørende innflytelse på de biologiske variasjonsmønstre i Mjøsa.

Rent analytisk er fosfor et meget vanskelig element å bestemme. Ved den anvendte metode regner man vanligvis med en feilmargin på  $\pm 2 \mu\text{g P/l}$ , som ved så lave konsentrasjoner som det er snakk om i Mjøsa og i enkelte tilløpselver ( $< 10 \mu\text{g/l}$ ) kan utgjøre opptil  $\pm 20 \%$  avvik. Fosforanalysene er utført ved flere rutinelaboratorier og erfaringsmessig er dette uheldig idet nyanser i analyseteknikken kan medføre betydelig avvik.

Transportverdiene er beregnet som produktet mellom veide middelveier og den aktuelle vannføring over det aktuelle tidsrom. Her det det muligheter for store feilkilder som grunner seg på følgende:

- Unøyaktige vannføringsmålinger.
- Unøyaktig kjemiske analyser.

- For få observasjoner. Stofftransporten i et vassdrag varierer sterkt med tiden avhengig av aktivitetsrutiner (f.eks. i jordbruket) og variasjoner i vannføring. I flomperioder blir stoffer som er sedimentert i tørrvårsperioder spylt ut og dette kan skje i løpet av meget kort tid ved kraftig regnvær. Derfor er mulighetene til stede for at episodiske transportverdier er gått tapt ved de rutinemessige prøvetakinger - en gang pr. uke i sommerhalvåret og en gang pr. mnd. om vinteren.

Konsentrasjonene av nitrogen og silisium er også bestemt. Analyseresultatene for disse stoffer ansees å være rimelig pålitelige, men konsentrasjonsvariasjoner blir ikke fanget opp ved prøvetakingen.

Transportverdiene for partikulært materiale varierer sterkt med tiden avhengig av nedbør og avrenningsforhold. De beregnede verdier for transport av denne type materiale, kan derfor avvike noe fra de virkelige transportverdier.

### 13.3. Biologiske data

Da de biologiske forhold i et vassdrag avspeiler de abiotiske faktorer (vannføring/vannkjemi o.l.) over et lengre tidsrom (integrenderende effekt), vil variasjoner i denne type parametre i større grad beskrive forurensningsutviklingen enn f.eks. de kjemiske som i første rekke angir øyeblikksbilde.

Når det gjelder forholdene i Mjøsa foreligger det for hele perioden et relativt stort observasjonsmateriale, for mengde, artssammensetning og produksjon av planteplankton. Dessuten foreligger et relativt godt datamateriale for dyreplankton og fisk.

I forbindelse med reguleringsplanen fra 1973 om full utnyttelse av Øvre Otta og Bøvra til kraftverksformål, ble det foretatt en undersøkelse av de fysisk-kjemiske såvel som biologiske forhold i Gudbrandsdalslågen/Otta i 1974. Dette er beskrevet i NIVA-rapport 0-151/73 (NIVA 1975). Siden dengang er det ikke foretatt noen systematisk biologisk undersøkelse før i 1985 i forbindelse med en utvidet



overvåkingsundersøkelse av Mjøsa/Gudbrandsdalslågen. På grunn av ugunstige observasjonsforhold (stor vannføring), ble denne undersøkelsen delvis utsatt til 1986 - og vil bli rapportert senere.

#### 13.4. Bruk av modeller

Ved forutsigelse av forurensningsutviklingen i Mjøsa, har vi anvendt en empirisk eutrofieringsmodell (Rognerud et al., 1979) som er en revidert utgave av Vollenweiders erfaringsmodell (Vollenweider, 1976). Modellen er utviklet for store, dype innsjøer hvor den har vist seg å reprodusere tilstanden i en innsjø tilfredsstillende. Modellen anser vi derfor å være et godt verktøy for vurdering av eutrofieringen i en innsjø - ved siden av et godt biologisk/limnologisk observasjonsmateriale. Modellen som arbeider med årsverdier som "input", er lite anvendelig når det gjelder å vurdere den biologiske effekt av forskyvning i vannføringsvariasjoner over året slik tilfelle er ved et reguleringsinngrep i vassdrag.

I denne rapporten er eventuelle forurensningseffekter av reguleringsinngrepet B2b blitt forsøkt beregnet på 3 forskjellige måter som alle har gitt noenlunde det samme resultat. Ved vurdering av resultatene bør det taes hensyn både til eventuelle mangler ved observasjonsmateriale og beregningsmetodenes begrensning, forskyvelse i tid etc..

Både nasjonalt og internasjonalt er det anerkjent blant limnologiske forskere at fosforkonsentrasjonen er det styrende element hva eutrofiering i ferskvann angår. Imidlertid er det en rekke klimatiske, fysiske og kjemiske faktorer som kan influere på hendelsesforløpet. F.eks. er det nærliggende å anta at vannets innhold av silisium hadde en viss betydning for oppblomstringen av blågrønnalger i Mjøsa i 1975 og 1976 (Holtan, 1978).

I den senere tid er det gjort en rekke forsøk på å utvikle matematiske eutrofieringsmodeller. Slike modeller krever imidlertid et meget stort og presist observasjonsmateriale for at de skal kunne fungere. Det er alltid stor usikkerhet knyttet til modellene og datagrunnlaget som brukes som "input". I forbindelse med Mjøsundersøkelsen er denne type modeller (hjelpemidler) i liten grad utviklet og brukt.

### 13.5. Konklusjon

Innenfor økologisk forskning vil det alltid være en viss usikkerhet knyttet til datagrunnlaget. Dette ved siden av et stort antall variable krever god faglig innsikt for å kunne tolke et komplisert hendelsesforløp. Det foreligger et meget stort fysisk, kjemisk og biologisk observasjonsmateriale fra Mjøsa som har vært kontinuerlig undersøkt helt siden 1971. Kunnskapen om innsjøens limnologiske forhold er derfor rimelig god. Utover i 1970-årene ble også forurensningstilførselen spesielt fosfor, fulgt opp med målinger. I perioden 1980-1986 er slike målinger ikke utført og det foreligger derfor ikke målte data hverken om belastningens størrelse eller om eventuelle forskyvelser mellom de ulike forureningskilder. Jordbruket f.eks. antas relativt sett å være av langt større betydning som forureningskilde idag enn tidligere, men dette er ikke dokumentert, bare teoretisk vurdert (antatt). Det er nå satt i gang målinger i noen av tilløpselvene til Mjøsa for å etterprøve disse antakelser.

Den empiriske modellen (erfaringsmodell) som er brukt for å beskrive eutrofiutviklingen (algevekst) i Mjøsa har vist seg å ha rimelig god gyldighet for en rekke større innsjøer både her i landet og i utlandet. Modellens beregningsresultater ved siden av biologiske vurderinger er derfor et godt grunnlag med hensyn til forståelse av utviklingstrender o.l. i Mjøsa. Årsakssammenhengen omkring oppblomstring av blågrønnalger er imidlertid ikke tilstrekkelig kjent.

De ulike klimatiske faktorerers betydning for forurensningstilførsler og biologiske forhold i Mjøsa under et spesielt år, er ikke tilstrekkelig dokumentert. Dette er nødvendig for bl.a. å vurdere naturens eget variasjonsmønster i forhold til effekten av f.eks. reguleringsinngrep i Otta/Gudbrandsdalslågen.

*Som hovedkonklusjon vil vi fremføre at selv om det er en del mangler og usikkerhet knyttet til data- og kunnskapsgrunnlaget, vil dette likevel ikke endre hovedkonklusjonen hverken når det gjelder Mjøsas eutrofitilstand eller betydningen av sommervannføringen i Gudbrandsdalslågen. Usikkerheten melder seg sterkere med hensyn til å kvantifisere de negative effekter av reguleringsinngrepet - spesielt årsakssammenhengen under "ugunstige" år.*

#### 14. BEHOV FOR UNDERSØKELSER OG FORSKNING

Det er uavhengig av kraftverksutbygging fortsatt stort behov for undersøkelser angående forurensningstilførslene til Mjøsa og variasjoner i disse. De igangværende undersøkelser i noen av tilløpselvene kan betraktes som en begynnelse på en slik undersøkelse. I tilknytning til disse undersøkelser er det behov for studier angående transportmekanismer, fosforomsetning og eventuell tilbakeholdelse av fosfor i tilløpselvene.

Kunnskap om dette er nødvendig for bl.a. å kunne vurdere betydningen av fjerntliggende kilder i forhold til nærliggende samt den innbyrdes størrelse av de ulike kilder.

Av senere tids utregninger (GEFO, 1985) går det frem at jordbrukets fosforbidrag stadig øker. Dette må undersøkes nærmere bl.a. sett i lys av klima- og nedbørvariasjoner.

Det er generelt og spesielt ved vurdering av reguleringseffekter på Mjøsa, behov for å avklare årsakssammenhenger angående planteplanktonets suksesjonsforløp og konkurranseforhold, samt betydningen av de ulike ledd i næringskjeden. På dette felt er det behov for grunnleggende forskning.

I forhold til problemets størrelse, vurdering av reguleringseffekter på Mjøsa, er det foreliggende datagrunnlag tynt og til dels av forældet dato. En større grad av sikkerhet i konklusjonenes utsagnskraft kan oppnås ved omfattende økologiske studier som kan anvendes som grunnlagsdata for utarbeidelse av økologiske modeller som hjelpemidler.

I Otta/Gudbrandsdalslågen er det behov for betydelig forskningsinnsats hvis man ønsker å avklare hvilken betydning vannføringsendringen har for vassdraget som økosystem sett i relasjon til forurensningsbelastning. Dette er spesielt viktig hvis betydningen av utbyggingen sett i relasjon til andre økosystemforstyrrelser f.eks. vei- og forbygningstiltak, grustekter osv. i og langs vassdraget, skal avklares (slike inngrep vil nemlig også ha betydning for vassdraget som resipient).

I Øvre Otta (reguleringsområdet) er det behov for betydelig innsats med hensyn til resipientundersøkelser. Vi antar at forurensnings- og resipientsproblematikken vil få spesiell oppmerksomhet i et friluftts- og rekreasjonsområde med hensyn til minstevannføring, terskelbygging etc.

15. REFERANSER

- GEFO, 1985: Forurensningstilførsler til Mjøsa. Fosforavrenning fra jordbruket. Institutt for georessurs- og forurensningsforskning (GEFO), Ås. 75 sider.
- Holtan, H., 1978: Eutrophication of Lake Mjøsa in relation to the pollutional load. Verh. Internat. Verein Limnol., 20, 734-742.
- Miljøverndepartementet (MD), 1979: Aksjon Mjøsa. Statsrapport, 91 s.
- Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 1975: Gudbrandsdalsvassdraget, Mjøsa, Vormå. Resipientundersøkelser i forbindelse med planlagte vassdragsreguleringer 1974-75. A. Resultater og vurderinger. NIVA-rapport 0-151/73. 389 s.
- Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 1976: Mjøsprosjektet. Fremdriftsrapport nr. 6. Undersøkelser 1975. NIVA-rapport 0-91/69. 48 s.
- Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 1979: Mjøsprosjektet. Hovedrapport for 1971-76. NIVA-rapport 0-69091. 176 s.
- Norsk institutt for vannforskning (NIVA), 1980: Vurdering av forurensningssituasjonen og virkninger av eventuelle vassdragsreguleringer i Jotunheimen. NIVA-rapport 0-79079, 211 s.
- Norsk vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE), 1958: Hydrologiske undersøkelser i Norge.
- Rognerud, S., 1985: Kvikksølv i Mjøsa's sedimenter. Arealfordeling og vertikale profiler av antropogent kvikksølv. NIVA-rapport 0-82105, 47 s.
- Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen, 1979: Telemarkvassdraget. Hovedrapport fra undersøkelsene i perioden 1975-1979. NIVA-rapport 0-70112. 82 s.
- Samlet Plan for vassdrag. Oppland fylke 1984. Vassdragsrapport. 005 Glomma - Laagen. Prosjekt 42. Nedre Otta.
- Samlet Plan for vassdrag. Oppland fylke 1984. Vassdragsrapport. 005 Glomma og Lågen. Prosjekt 53. Øvre Otta - regulering.
- Strømme A/S, 1985: Undersøkelse av Mjøsa og Gudbrandsdalslågen 1985. Beregning av fosfortilførsler fra Oppland. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernavdelingen Lillehammer. 45 sider.
- Strømme A/S, 1985: Mjøsundersøkelse Hedemark 1985. Beregning av fosfortilførsler til Mjøsa. Fylkesmannen i Hedemark, Miljøvernavdelingen, Hamar. 22 sider.

Vennerød, K., 1984: Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA-rapport 0-82014/F-82436. 48 s.

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

VEDLEGG

1. Tabeller I - VIII
2. Forklaring til figur 3.

Tabell I. Mjøsa. Vannføring, mill. m<sup>3</sup> pr. mnd/år i tidsperioden 1976-1979.

Losna:

Ar	Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	Ar
1976	331,517	268,013	276,307	265,766	1298,074	1639,786	1435,622	660,442	420,854	257,472	220,838	284,256	7258,947
1977	285,466	225,590	198,547	150,768	1144,627	1277,338	797,213	602,554	412,474	386,986	413,770	288,490	6183,823
1978	287,021	232,675	241,747	202,176	1078,358	1239,149	849,658	720,662	494,208	426,557	495,245	318,557	6586,013
1979	301,968	258,941	247,450	210,902	897,437	2367,014	1261,915	1518,566	727,574	608,429	320,803	408,758	9129,758
<b>Vorma:</b>													
1976	846,461	594,259	442,541	346,032	638,064	1320,624	1618,358	704,938	641,174	308,275	370,915	669,773	8501,414
1977	709,258	555,034	439,430	350,525	1007,338	1883,952	945,389	679,450	631,411	359,165	634,954	600,998	8797,164
1978	726,106	507,341	505,786	424,310	708,912	1469,923	1134,778	825,466	529,200	672,019	676,080	560,822	8740,742
1979	502,848	625,536	398,650	294,019	605,750	2339,280	1579,824	1881,446	884,390	796,003	607,478	491,443	11006,669
<b>Sum tillepselver</b>													
1976	60,947	53,898	42,478	107,248	235,549	53,111	48,188	19,565	25,687	90,469	134,193	99,967	969,638
1977	77,295	52,255	56,830	83,442	836,376	255,717	70,101	41,657	52,911	120,503	213,105	208,867	2029,600
1978	61,817	53,294	84,191	133,503	545,262	82,158	111,446	79,719	100,007	77,899	56,519	48,837	1434,649
1979	38,734	33,876	39,456	113,358	439,899	130,819	62,59	246,756	98,220	97,419	110,530	64,195	1475,969



Tabell II. Simulert (Enmag) fylling og tapping av reguleringsmagasin, ved B2b-alternativene, slik dette innvirker på vannføringen ved Losna (Differansen mellom simulert vannføring før og etter regulering (B2b)). Benevnelse: mill. m<sup>3</sup>. Tidsperiode 1976-1979.

Mnd.	1976		1977		1978		1979	
	Fylling	Tapping	Fylling	Tapping	Fylling	Tapping	Fylling	Tapping
Jan.		85,46		55,46		41,09		76,97
Febr.		59,43	0,44	114,73		108,53		50,55
Mars		79,96		131,07		129,15		55,37
Apr.		73,95		101,03		96,01		72,45
Mai	62,66	17,36	66,85	11,01	32,06		35,76	34,00
Juni	264,45		145,77		134,81		252,04	
Juli	114,55	1,92	91,88		73,50		142,29	
Aug.	0,01	1,25	60,46		39,96		151,11	
Sept.	0,10	13,43	11,15	22,32	1,32		96,19	
Okt		61,49	17,60	34,68	8,54		44,08	21,19
Nov.		48,46	0,22	43,44	12,36			65,83
Des.		51,93		39,12		78,396		72,31
Ar	441,77	494,64	394,77	552,86	302,56	453,17	721,47	448,67

Tabell III. Fosfortilførsler til Mjøsa, tonn fosfor pr. måned og år.  
Tidsperiode 1976-1979.

Losna:

År	Jan.	Feb.	Mars	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Des.	År
1976	1,658	1,608	1,934	2,126	12,980	11,478	11,485	4,623	3,367	1,030	4,417	1,421	58,127
1977	2,284	1,128	2,703	0,603	9,543	6,124	4,141	4,515	1,508	1,744	4,965	3,173	42,431
1978	2,583	1,861	2,659	1,989	8,868	13,441	7,207	8,574	4,128	2,993	2,229	1,370	57,902
1979	1,570	1,062	1,226	2,372	15,254	34,396	16,831	19,065	5,949	4,482	3,048	4,782	110,036
<b>Vorma:</b>													
1976	8,888	4,754	3,983	7,267	5,105	22,451	19,420	6,344	5,129	1,541	2,225	4,019	91,126
1977	9,220	3,885	1,988	1,923	6,717	15,467	10,191	9,509	3,222	1,274	7,619	7,212	78,227
1978	7,987	5,581	5,564	3,628	3,907	20,077	12,318	10,233	4,654	3,482	5,747	4,767	87,944
1979	3,067	3,564	3,044	2,342	5,070	31,128	24,675	20,474	6,142	5,064	4,313	3,194	112,079
<b>Lokale tilloppselver</b>													
1976	2,448	3,235	2,744	3,626	7,634	3,466	3,526	1,772	2,370	5,988	20,510	4,324	61,632
1977	4,092	1,961	2,787	3,617	14,353	3,618	1,155	1,397	1,612	3,719	4,647	5,009	47,967
1978	1,777	1,745	3,046	5,828	17,272	3,037	2,187	2,975	3,143	1,998	2,441	2,302	49,496
1979	1,463	1,207	2,500	11,781	16,211	2,784	1,472	6,624	2,555	3,121	3,279	1,890	54,887

Tabell IV. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. mai - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	5455	4234	4382	6773
13 lokale tilløp	382	1227	919	978
Øvrige nærområder m/Mjøsa	130	417	313	333
Total tilførsel før reg.	5967	5878	5614	8084
Magasinering (Enmag)	442	376	282	677
Tilførsel etter reg.	5525	5502	5332	7407
<u>Fosfortilførsel i tonn:</u>				
Gudbrandsdalslågen	43,9	25,8	42,2	91,5
13 lokale tilløp	18,8	22,1	28,6	29,6
Øvrige nærområde	9,5	11,1	14,4	14,9
Punktutslipp	65,4	48,3	36,3	24,7
Sum	137,6	107,3	121,5	160,7
Fosforkonsentrasjon før reg. µg P/l	23,1	18,3	21,6	19,9
Fosforkonsentrasjon etter reg. µg P/l	24,9	19,5	22,8	21,7
Differanse, µg P/l	1,8	1,2	1,2	1,8
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	9,9	6,6	6,4	13,3

Tabell V. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juni - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	4157	3090	3304	5875
13 lokale tilløp	147	390	373	538
Øvrige nærområder m/Mjøsa	50	133	127	183
Total tilførsel før reg. Magasinering (Enmag)	4354 379	3613 309	3804 250	6596 642
Tilførsel etter reg.	3974	3304	3554	5955
<u>Fosfortilførsel i tonn:</u>				
Gudbrandsdalslågen	31,0	16,3	33,4	76,2
13 lokale tilløp	7,7	7,8	11,3	13,4
Øvrige nærområde	3,9	3,9	5,7	6,8
Punktutslipp	52,3	38,6	29,0	19,8
Sum	94,9	66,6	79,4	116,2
Fosforkonsentrasjon før reg. og P/l	21,8	18,4	20,9	17,6
Fosforkonsentrasjon etter reg. og P/l	23,9	20,2	22,3	19,5
Differanse, og P/l	2,1	1,8	1,4	1,9
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	8,3	5,9	5,0	11,3

Tabell VI. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juli - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	2517	1812	2065	3508
13 lokale tilløp	93	165	291	408
Øvrige nærområder m/Mjøsa	32	56	99	139
Total tilførsel før reg.	2642	2033	2455	4055
Magasinering (Enmag)	115	164	115	390
Tilførsel etter reg.	2527	1869	2340	3665
Fosfortilførsel i tonn:				
Gudbrandsdalslågen	19,5	10,2	19,9	41,9
13 lokale tilløp	7,7	4,2	8,3	10,7
Øvrige nærområde	3,9	2,1	4,2	5,4
Punktutslipp	39,2	29,0	23,2	19,9
Sum	70,3	45,5	54,2	72,8
Fosforkonsentrasjon før reg. µg P/l	26,6	22,4	22,1	18,0
Fosforkonsentrasjon etter reg. µg P/l	27,8	24,3	21,8	14,8
Differanse, µg P/l	1,2	1,9	1,1	1,9
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	3,0	3,6	2,6	7,0

Tabell V. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juni - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	4157	3090	3304	5875
13 lokale tilløp	147	390	373	538
Øvrige nærområder m/Mjøsa	50	133	127	183
Total tilførsel før reg. Magasinering (Enmag)	4354 379	3613 309	3804 250	6596 642
Tilførsel etter reg.	3974	3304	3554	5955
<u>Fosfortilførsel i tonn:</u>				
Gudbrandsdalslågen	31,0	16,3	33,4	76,2
13 lokale tilløp	7,7	7,8	11,3	13,4
Øvrige nærområde	3,9	3,9	5,7	6,8
Punktutslipp	52,3	38,6	29,0	19,8
Sum	94,9	66,6	79,4	116,2
Fosforkonsentrasjon før reg. og P/l	21,8	18,4	20,9	17,6
Fosforkonsentrasjon etter reg. og P/l	23,9	20,2	22,3	19,5
Differanse, og P/l	2,1	1,8	1,4	1,9
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	8,3	5,9	5,0	11,3

Tabell VI. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. juli - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	2517	1812	2065	3508
13 lokale tilløp	93	165	291	408
Øvrige nærområder m/Mjøsa	32	56	99	139
Total tilførsel før reg.	2642	2033	2455	4055
Magasinering (Enmag)	115	164	115	390
Tilførsel etter reg.	2527	1869	2340	3665
<u>Fosfortilførsel i tonn:</u>				
Gudbrandsdalslågen	19,5	10,2	19,9	41,9
13 lokale tilløp	7,7	4,2	8,3	10,7
Øvrige nærområde	3,9	2,1	4,2	5,4
Punktutslipp	39,2	29,0	23,2	19,9
Sum	70,3	45,5	54,2	72,8
Fosforkonsentrasjon før reg. µg P/l	26,6	22,4	22,1	18,0
Fosforkonsentrasjon etter reg. µg P/l	27,8	24,3	21,8	14,8
Differanse, µg P/l	1,2	1,9	1,1	1,9
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	3,0	3,6	2,6	7,0

Tabell VII. Vann og fosfortilførsler til Mjøsa, 1. august - 30. september.  
Tidsperiode 1976-1979.

Vannføring i mill. m<sup>3</sup>

	1976	1977	1978	1979
Gudbrandsdalslågen	1081	1015	1215	2246
13 lokale tilløp	26	95	180	345
Øvrige nærområder m/Mjøsa	9	32	61	117
Total tilførsel før reg.	1116	1142	1456	2708
Magasinering (Enmag)	0	72	41	247
Tilførsel etter reg.	1116	1070	1415	2461
<u>Fosfortilførsel i tonn:</u>				
Gudbrandsdalslågen	8,0	6,0	12,7	25,0
13 lokale tilløp	4,1	3,0	6,1	9,2
Øvrige nærområde	2,1	1,5	3,1	4,6
Punktutslipp	26,2	19,3	14,5	9,9
Sum	40,4	29,8	36,4	48,7
Fosforkonsentrasjon før reg. µg P/l	36,2	26,1	25,0	18,0
Fosforkonsentrasjon etter reg. µg P/l	36,2	27,9	25,7	19,8
Differanse, µg P/l	0,0	1,8	0,7	1,8
"Nødvendig" fosforreduksjon pga. reg., tonn	0,0	1,9	1,0	4,4



Tabell VIII. Stipulert vann- og fosfortilførsel til Mjøsa i sommermånedene 1/5-30/9 for et vannfattig, middels og vannrikt år.

Vannmengder: mill. m<sup>3</sup>

	Vannfattig	Middels	Vannrikt
Gudbr.lågen, Vannf. før reg. Nærområde	3500 500	4300 1200	7000 2000
Vanntilf. før reg. Regulert vannmengder	4000 300	5500 400	9000 8000
Tilf. etter reg.	3700	5100	8200
Fosfortilf. i tonn (1/5-30/9)	90	120	150
Fosforkons. før reg. µg P/l Fosforkons. etter reg. µg P/l	22,5 24,3	21,8 23,5	16,7 18,3
Differanse, µg P/l	1,8	1,7	1,6
Nødvendig fosforred. (tonn)	6,7	8,7	13,1

## VEDLEGG 2. Forklaring til figur 3.

Blå farge: Elvestrekninger som ikke eller i liten grad er påvirket av forurensningstilførsel. Flora og fauna er sammensatt av arter og har det antall som normalt burde foreligge for en slik elvestrekning. De biologiske forhold er stabile uten større svingninger år fra år. Oksygeninnholdet er høyt i såvel vannmassene som i bunnsubstratet. Hygienisk sett er vannet som regel av god kvalitet. Livsvilkår for laksefisker er gode.

Overgang fra blått til grønt: betegner et overgangssone med liten til moderat påvirkning. Forholdene er stort sett som beskrevet foran, men både flora og fauna er noe rikere (bl.a. økt fiskeproduksjon) på grunn av en viss tilførsel av organisk stoff og næringsalter. Denne tilførsel kan være forårsaket enten av reguleringsinngrep (utvaskingseffekter s.k. demningseffekter i ovenforliggende magasin og endret vannregime), begrenset jordbruksaktivitet og/eller kloakkutslipp fra spredt bebyggelse og/eller renseanlegg. I direkte tilknytning til utslipp av fekal natur (boligkloakk, gjødsel) er vannet rent lokalt hygienisk sett som regel utilfredsstillende (> 100 termostabile coliforme bakterier pr. 100 ml) og da spesielt ved lavvannsføring.

Grønn farge: Elvestrekninger der en moderat og mer påvisbar påvirkning gjør seg gjeldene. Påvirkningen har for det første ført til et økt næringsgrunnlag (tilførsel av organisk materiale og næringsalter) og dermed økt plante- og dyreproduksjon (eutrofiering). Rent lokalt i direkte tilknytning til utslippssteder av lett nedbrytbart organisk stoff (kloakk, næringsmiddelindustri, silo og gjødsel), kan det være noe visuelt fremtredende heterotrof begroing (sopp, bakterier og protozoer). Som regel er det gode oksygenforhold i såvel bunnsubstratet som i vannmassene. Livsvilkårene for laksefisk (bl.a. økt næringsgrunnlag) er gode. Dersom det foreligger utslipp av fekal karakter, er vannet som regel hygienisk sett ikke egnet som drikkevann uten omfattende rensing.

Strekninger med markert eller stor eutrofieringspåvirkning, dvs. overgjødsling, er tegnet med røde prikker. Disse områder kjennetegnes ved at det:

- i strømvannsnitt periodevis er masseutvikling av en eller flere algearter og/eller langskuddsplanter som danner tette "vegetasjonstepper" over store bunnarealer.
- i mer stilleflytende partier er markert vekst av høyere vegetasjon (makrofytter).

Disse forhold medfører forandringer i de øvrige organismesamfunn, påvirker fiskens gytemuligheter samt medfører vanskeligheter ved utøvelse av fiske og annen bruk av vannforekomsten (bl.a. risiko for oversvømmelse ved at elveløpet vokser igjen av høyere aquatisk vegetasjon, luktulempen når liten vannføring medfører tørrleggelse og forråtnelse samt at løsreven algebegroing fester seg på garn og andre fiskeredskaper).

Overgang fra grønn til gul: Forholdene er som beskrevet ovenfor, men innslaget av heterotrof begroing (s.k. lammehaler og lignende) er mer markert, dvs. økte organisk belastning (saprobieering). Bl.a. kan nedsatt oksygentilgang i bunnsubstratet bidra til noe dårligere reproduksjonsforhold, spesielt for laksefisker.

Gul farge: Elvestrekninger der en markert forurensningspåvirkning (saprobieering) forekommer. Her er det et rikt innslag av heterotrof begroing (sopp, bakterier og protozoer) som er visuelt fremherskende (s.k. "lammehaler") og da spesielt i tilknytning til utslippsstedene. Oksygeninnholdet i bunnlagene kan ved lav vannføring i kombinasjon med høy vanntemperatur være sterkt redusert. Oksygeninnholdet i vannmassene er da vanligvis < 5 mg/l. Flora- og faunasammensetningen er forskjøvet mot mer motstandsdyktige arter (saprophiler og saproxener) og individantallet av enkelte av disse arter er som oftest stort. Ustabile biologiske forhold med store og raske svingninger. Oksydasjonen og mineraliseringen av nedbrytbart materiale er ikke fullstendig, og det er rikelig med aminosyrer. Laksefisk kan oppholde seg innenfor området, men reproduksjonsmulighetene er begrenset. Der forurensningene er av fekal art, er det rikelig med tarmbakterier (> 500 koliforme pr. 100 ml), og vannet er fra et hygienisk synspunkt utilfredsstillende og ikke brukbart til drikkevann uten omfattende rensing, og i visse tilfeller er det heller ikke egnet til badevann eller til vanning av grønnsaker og frukt.

Overgang fra gult til rødt: Forholdene er som nevnt ovenfor, men den organiske belastning medfører tidvis oksygenbrist og hydrogensulfidutvikling i bunnelagene. En meget markert oksygenreduksjon kan også oppstå i vannmassene (3-5 mg O<sub>2</sub>/l). Som regel direkte luktulemper. Det er ikke reproduksjonsmuligheter for laksefisk. Der forurensningskildene er av fekal art, er vannet hygienisk sett utilfredsstillende.

Rød farge: Sterkt forurenset (saprobiert) elvestrekning med masseutvikling av heterotrofe organismer som bakterier, sopp og protozoer. Forråtnelsesprosesser dominerer og gir opphav til luktulemper. Som regel er det oksygenfrie tilstander i bunnssubstratet hvor hydrogensulfid og jernsulfid er fremherskende (sort belegget under steiner). Også oksygeninnholdet i de frie vannmasser er som oftest sterkt redusert, ofte < 3 mg O<sub>2</sub>/l, og i visse perioder, spesielt i mer stilleflytende partier, kan det være anaerobe forhold, dvs. total oksygenbrist og betydelige luktproblemer. Floraen og faunaen består av et fåtall spesifikke arter (saprobionter) som oftest opptrer i meget stort individtall. Langskuddplanter (elodeider) og kortskuddsplanter (isoetider) savnes som regel helt. Ustabile biologiske forhold med store svingninger. En visuelt markert begroing av bakterien Sphaerotilus natans og/eller soppen Leptomitius lacteus, samt i visse tilfeller soppen Fusarium aquaeductum er som regel vanlig og setter sitt preg på elvestrekningen. Laksefisk kan det bare være i disse områder når vannføringen er høy eller når påvirkningen av en eller annen grunn er mindre (lav temperatur, sesongbetong utslipp, osv.). Fiskedød forekommer som regel fra tid til annen. Hygienisk sett er vannkvaliteten høyst utilfredsstillende og dette gjelder også for de fleste andre bruksinteresser.