

02-1748

O - 85144

# Økt uttak av drikkevann fra Gjersjøen Konsekvenser for vannkvaliteten

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065)76 752

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

Prosjektnr.:	0-85144
Undernummer:	
Løpenummer:	1748
Begrenset distribusjon:	fri

Rapportens tittel: Økt uttak av drikkevann fra Gjersjøen Konsekvenser for vannkvaliteten	Dato: 12.9.85
	Prosjektnummer:
Forfatter (e):  Bjørn Faafeng Torulv Tjomsland	Faggruppe: Hydroøkologisk
	Geografisk område: Akershus
	Antall sider (inkl. bilag): 18

Oppdragsgiver: A/S Hjellnes, Oslo	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--------------------------------------	----------------------------------

Ekstrakt:

Det tas ut drikkevann fra Gjersjøen i dag tilsvarende ca. 6,2 mill.m<sup>3</sup>/år. Dette planlegges økt til ca. 14,2 mill.m<sup>3</sup>/år. Økingen vil føre til redusert vannkvalitet i innsjøen på grunn av stimulert algevekst. Årsaker til dette og mulige tiltak som kan motvirke skadevirkningene blir diskutert.

4 emneord, norske:
1. Algeoppblomstring
2. Matematisk modell
3. Reguleringsvirkninger
4. Akershus

4 emneord, engelske:
1. Algal blooms
2. Computer model
3.
4.

Prosjektleder:

*Bjørn Faafeng*

For administrasjonen:

*Jon Thue*

ISBN 82-577-0939-5

Norsk Institutt for Vannforskning

O-85144

**ØKT UTTAK AV DRIKKEVANN FRA GJERSJØEN**  
**KONSEKVENSER FOR VANNKVALITETEN**

15. september 1985

Prosjektleder: Bjørn Faafeng

Medarbeider: Torulv Tjomsland

## Konklusjoner

Økt uttak av drikkevann etter den skisserte planen vil føre til gradvis lavere vannstand særlig om sommeren og høsten. I særlig tørre år vil regulerings høyden bli mer enn fordoblet ved det mest vidtgående alternativet fra omlag 1 meter med dagens uttak til 2.4 meter. Dette vil kunne få negative konsekvenser for vannkvaliteten i Gjersjøen. Det er fare for økt konsentrasjon av fosfor i overflatevannet og redusert oksygenkonsentrasjon i dypvannet pga.:

- redusert gjennomstrømming og uttynning av overflatevannet (0-8 meter)
- erosjon av blottlagte sedimenter
- redusert "selvrensing" av vannet fra Dalsbekken, Tussebekken og Greverudbekken gjennom våtmarksområdet sørøst i Gjersjøen

Dette vil kunne føre til økt konsentrasjon av alger (planteplankton) og større andel blågrønnalger. Det er ikke mulig med dagens erfaringsgrunnlag å tallfeste dette med særlig grad av sikkerhet. Vi har forsøkt å simulere virkningene av inngrepet ved hjelp av en matematisk innsjømodell (FINNECO). Modellen antyder at konsekvensene på temperatur og oksygen blir minimale, mens næringsstoffkonsentrasjonen i overflatevannet kan ventes å øke noe pga. redusert utspyling over utløpsdammen på sensommeren. Dette vil ifølge modellen føre til kraftigere oppblomstring av alger om høsten og økt andel av den uønskede blågrønnalgen Oscillatoria.

Gjersjøen er nå inne i en labil fase med gradvis bedring av vannkvaliteten de siste 3 år; bl.a. er forekomsten av Oscillatoria gradvis redusert. Sterk økning av drikkevannsuttaget vil kunne føre til reversering av denne positive utviklingen. Maksimal utnyttelse av dagens konsesjon for manøvrering av vannstanden i Gjersjøen vil trolig kunne gi uheldige konsekvenser for vannkvaliteten. Dersom uttaket økes moderat, dvs. at vannstanden ikke senkes vesentlig under dagens og perioden med tørrlagt utløp ikke blir vesentlig lenger enn i dag, vil dette neppe gi endringer i vannkvaliteten av betydning.

Disse vurderingene er såpass usikre at det ikke er funnet faglig forsvarlig å se nærmere på valg av renseprosess for vannverket på det nåværende tidspunkt. Grunnlaget for slike vurderinger kan gjøres bedre ved eksperimentelle undersøkelser i Gjersjøen.

Uheldige effekter av økt uttak kan i stor grad motvirkes med forurensningsbegrensende tiltak. De mest effektive tiltak vil være:

- fortsatt arbeid med å rehabilitere avløpsnett
- overføring av Kantorbekken til Gjersjøelva (ca. 500 kgP/år)
- opprettholde våtmarksområde sørøst i Gjersjøen som beskyttelse mot forurensing fra Dalsbekken, Tussebekken og Greverudbekken ved bygging av en dam

### Avgrensing av oppgaven

"Vi ønsker en vurdering om økt bruk av Gjersjøen til vannforsyningsformål kan ha konsekvenser for råvannskvaliteten og om disse eventuelle endringer i vannkvaliteten også vil påvirke valg av renseprosess for utbyggingen av vannverket" (AS Hjellnes 8.8.85).

"Virkningen av ytterligere tiltak som kan gjennomføres for å redusere tilførselen av forurensninger bør om mulig også vurderes i rapporten (AS Hjellnes 19.8.85).

### Bakgrunnsmateriale

Gjersjøen er i dag drikkevannskilde for Oppegård, Ski og As kommuner. Gjennomsnittlig uttak av vann til vannverket er i dag ca. 6.2 mill. m<sup>3</sup>/år. I det mest vidtgående alternativet, der kommunene Oppegård, Ski, As og Frogn skal forsynes med drikkevann, er behovet i år 2020 beregnet å bli ca. 14.2 mill. m<sup>3</sup>/år. Alternativt vurderes en løsning uten Ski kommune og der det søkes tilskudd av vann fra Oslo kommune med et uttak fra Gjersjøen gradvis økende til omlag 8.8 mill. m<sup>3</sup>/år i år 2020.

I det mest vidtgående alteranativet vil det gradvis økte uttaket kreve et reguleringsmagasin på inntil ca. 6.0 mill. m<sup>3</sup> tilsvarende en nedtapping på 2.4 m i særlig tørre år. Ved det andre alternativet skal vannstanden i Gjersjøen fortsatt kunne manøvreres innenfor dagens konsesjonsgrense på nedtapping inntil 2.1 meter.

NIVA har utarbeidet en rekke rapporter om vannkvaliteten i Gjersjøen siden 1959. Det foreligger også en hovedfagsoppgave om Gjersjøen fra 1955. For en oversikt over disse rapportene og øvrige forskningsrapporter og publikasjoner vises til liste i vedlegg.

### Vannstand

Dagens uttak av drikkevann fra Gjersjøen er normalt større enn tilsiget fra nedbørfeltet i sommermånedene. Dette fører til at vannstanden synker lavere enn overløpet på utløpsdammen. Derved har ikke innsjøen overflateavløp en lengre periode om sommeren. Under følger en oversikt over perioder da Gjersjøelva har vært tørrlagt siden målingene startet i september 1972.

Tabell 1. Perioder uten utløp av Gjersjøen 1972-84.  
(registrert som manglende vannføring i Gjersjøelva)

År	Tørrlagt periode	Ant. dager
1973	17.6 - 31.12	197
1974	1.5 - 1.9	123
1975	14.6 - 11.10	119
1976	11.2 - 31.3, 1.6 - 1.11	202
1977	2.6 - 7.11	158
1978	8.6 - 1.9, 28.9 - 12.12	160
1979	mangler data	-
1980	16.7 - 13.8, 12.9 - 24.9	40
1981	1.7 - 27.8	57
1982	31.7 - 29.9	60
1983	18.6 - 13.9	87
1984	3.6 - 23.9	112

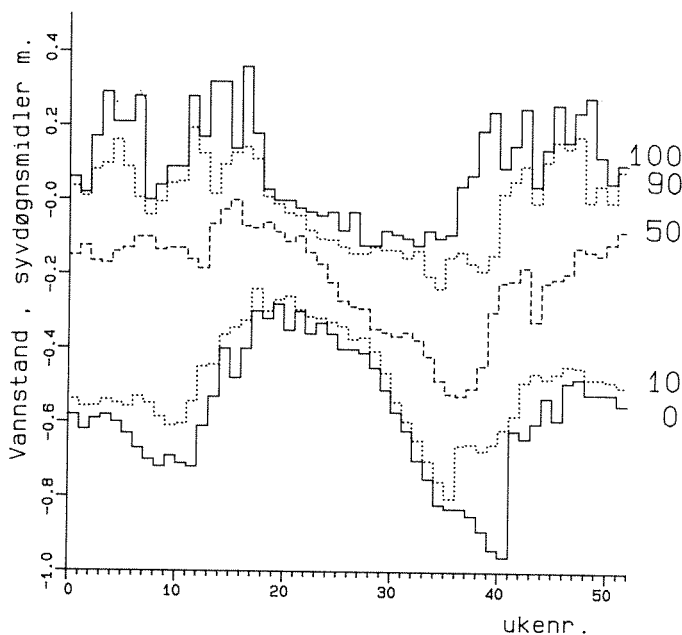
Gjennomsnittlig antall dager uten utløp i Gjersjøelva for perioden 1973-84 er 120 dager (maks. = 202, min. = 40 dager).

Vannstanden i Gjersjøen har vært registrert daglig siden 1967 (NVE, Hydrologisk avd.). Pga. endret manøvrering av magasinet og endret høyde på damkrone i 1972 er bare perioden fra 1973 vurdert her.

Utløpsdammen ved Gjersjø bru ligger på kote 40.06 som er satt til 0.0 i figurene 1 og 2.

Ukesmiddelvannstanden for alle årene er bearbeidet statistisk i figur 1. Høyeste og laveste ukesmiddelvannstand i perioden er vist med heltrukket strek, mens medianverdiene er vist med stiplet linje. Mediankurven vil representere et "normalt" forløp for en lengre periode og viser at magasinet normalt er nesten fullt gjennom vinteren (0.1-0.2m under damkrona) for så å avta jevnt utover sommeren til ca. ca. -0.5m. Magasinet fylles opp igjen når tilrenningen øker om høsten, medianåret fra midten av september, og er fullt igjen omlag ved årsskiftet. I spesielt fuktige år kan magasinet være nesten helt fullt hele sommeren. (se maksimalkurven: 100%). I det tørreste året i perioden var vannstanden på sitt laveste (nær -1.0m) i begynnelsen av oktober. I tørre år kan også innsjøen være tappet ned til -0.7m om vinteren for så å fylles opp i løpet av vårflommen.

Gjersjøen 1973-84.  
Persentiler

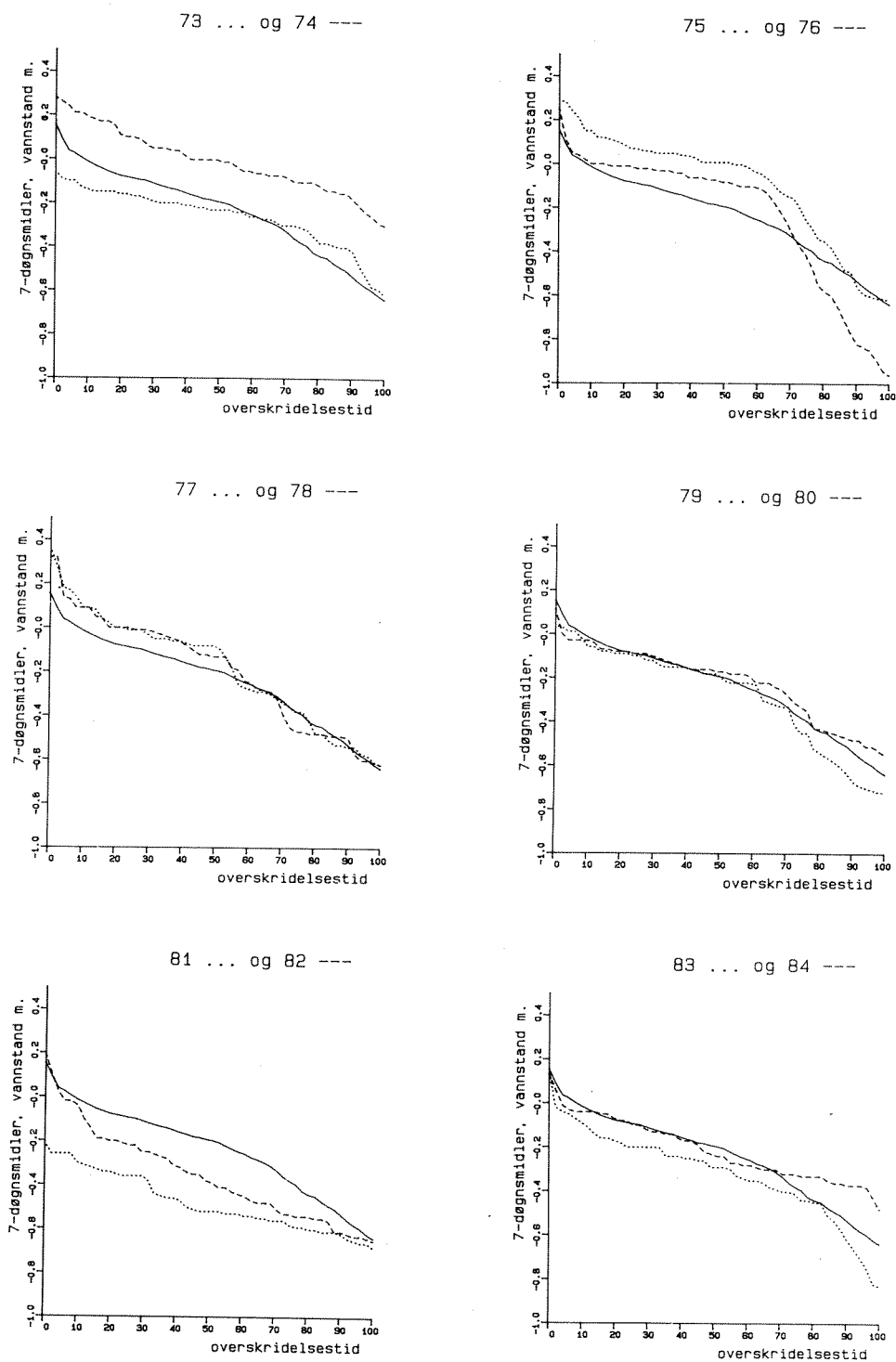


Figur 1. Ukesmiddelvannstand i Gjersjøen i perioden 1973-84.

I figur 2 er døgnlig vannstand for hver år sortert etter fallende verdi og presentert i et såkalt varighetsdiagram. Verdiene for hvert enkelt år er vist sammen med varighetskurven for hele perioden. En kan lese ut av varighetskurven f.eks. at midlere vannstand på ukesbasis var mer enn 40 cm under damkrona 25% av et normalår. Det går også fram at vannstanden holdt seg relativt konstant i 1974 og at vannstanden sank særlig mye i 1976.

Selv om det på nåværende tidspunkt ikke foreligger detaljerte opplysninger om hvordan vannstanden vil variere ved økt uttak av drikkevann ser det ut til at reguleringshøyden vil mer enn fordobles i særlig tørre år fra snaut 1 meter i dag til 2.4 meter ved utløpet av perioden.



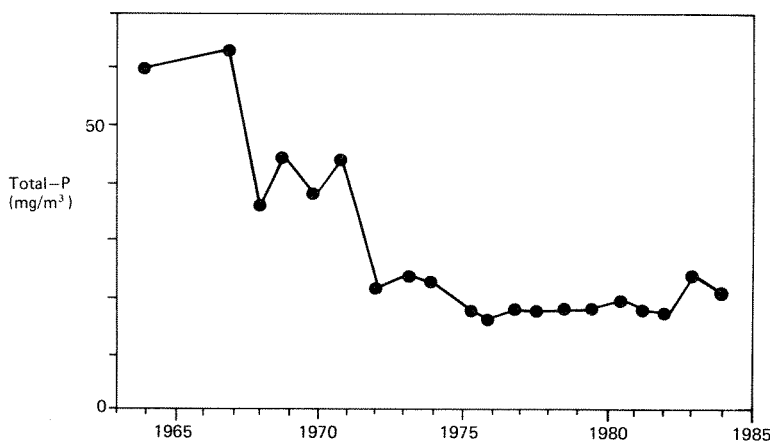


Figur 2. Midlere ukessvannstand i Gjersjøen 1973-84. % varighet for de enkelte år sammenliknet med midlere varighet for hele perioden.

### Dagens vannkvalitet

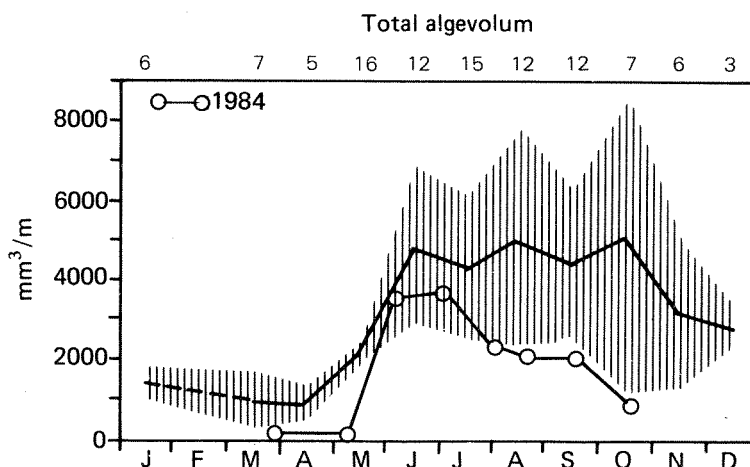
Vannkvaliteten i Gjersjøen undersøkes rutinemessig som en del av Statlig Program for Forurensningsovervåking, finansiert og administrert av SFT/Fylkesmannen i Akershus.

Konsentrasjonen av fosfor om våren har vist seg å gi et godt bilde av vannets vekstpotensial for alger (planteplankton) i løpet av vekstsesongen. Under er vist utviklingen i perioden 1964 - 84 (figur 3). Etter en kraftig reduksjon fra slutten av 1960-tallet til 1972, har fosforkonsentrasjonen bare vist små endringer. Den kraftige reduksjonen gjenspeiler reduserte tilførsler av avløpsvann fra husholdninger pga. oppsamling, transport og rensing i Nordre Follo Kloakkverk som ble satt i drift i 1971. Til tross for at deler av avløpssystemet i Oppegård er rehabilitert har det ikke vært mulig å spore nedgang i tilførslene av fosfor til Gjersjøen siste tiårsperiode.



Figur 3. Konsentrasjonen av fosfor i Gjersjøen ble kraftig redusert i perioden 1967-72. Deretter har konsentrasjonen holdt seg konstant.

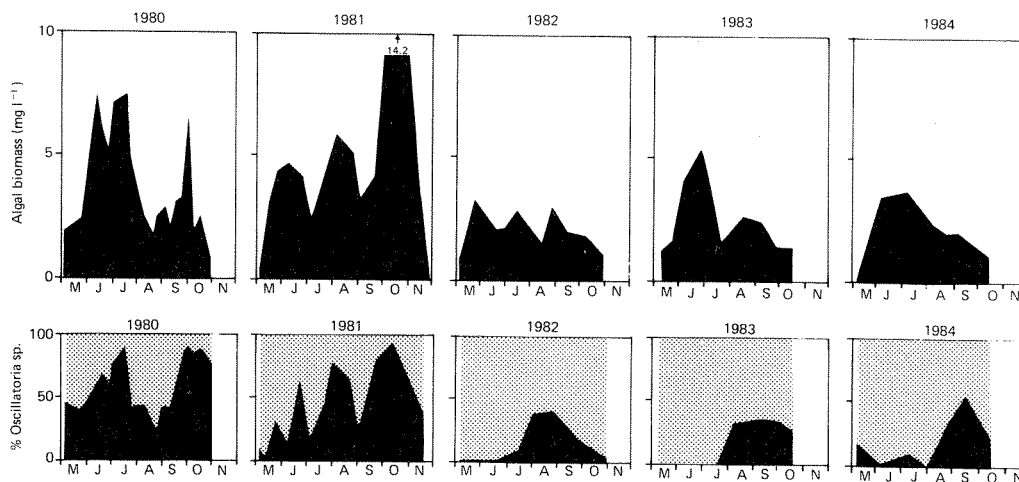
Som følge av reduserte tilførsler av fosfor er også konsentrasjonen av planteplankton redusert i overflatevannet (0-10m). Dette gjelder særlig om høsten da det inntil 1981 var betydelige oppblomstringer av blågrønnalger (*Oscillatoria*). Konsentrasjonen av planteplankton i 1984 er gjennnitt i figur 4 under sammen med "normale månedsverdier" for perioden 1972-82.



Figur 4. Konsentrasjonen av planteplankton om høsten er betydelig redusert i forhold til perioden 1972-82. Figuren viser verdiene for 1984 (o) og "normalverdier" for 10-årsperioden (0-10 meters dyp). Skravert område angir  $\pm$  ett standardavvik av månedsmiddelverdiene

Både totalt planteplanktonvolum og prosentvis andel *Oscillatoria* er blitt gradvis mindre i perioden 1980-84 (figur 5) uten at det er registrert reduksjoner i tilførslene av næringsstoffer. Dette tolkes slik at Gjersjøen nå langsomt endres som en følge av flere forhold:

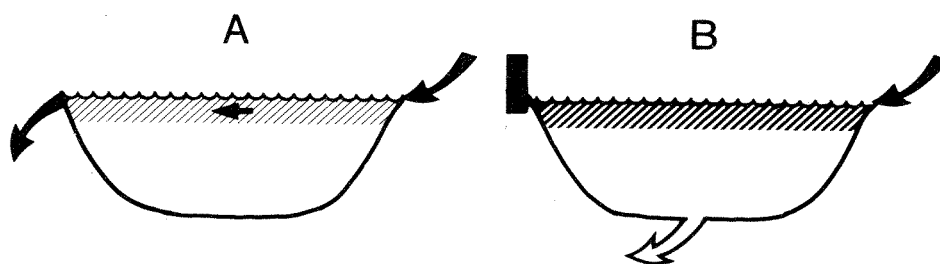
- forsinket respons på reduserte tilførsler i 1970-72 bl.a. pga. langsom fortynning.
- reduserte mengder mort som kan tilbakeføre fosfor fra sedimentet og beite ned dyrplanktonet
- økt bruk av fosfatfrie tekstil-vaskemidler



Figur 5. Total konsentrasjon av planteplankton (A) og andelen blågrønnalger (B) ble begge redusert i perioden 1980-84

#### Redusert utvasking av overflatevannet

En effekt som lenge har gjort seg gjeldende i Gjersjøen er redusert uttynning av overflatevannet om sommeren da innsjøen ikke har utløp over utløpsdammen. Overflatevannet har betydelig høyere konsentrasjon av næringsstoffer enn vann på større dyp. Når innsjøens "utløp" kun foregår via det renere vannet på 36 meters dyp, vil dette føre til akkumulering av fosfor i innsjøen totalt (se figur 6). Resultatet blir høyere konsentrasjon av planteplankton. Det er bekreftet gjennom et internasjonalt forskningsprogram (NORDFORSK 1980) at Gjersjøen har større konsentrasjon av planteplankton enn det en skulle forvente ut fra målt tilførsel av fosfor fra bekkene. Ytterligere uttak av drikkevann vil forsterke denne effekten.



Figur 6. Økt uttak av drikkevann fører til økt forurensning av overflatevannet. Normal uttynning av overflatevannet (A) og redusert fortynning ved nedtapping om sommeren (B)

#### Økt erosjon av blottlagt sediment

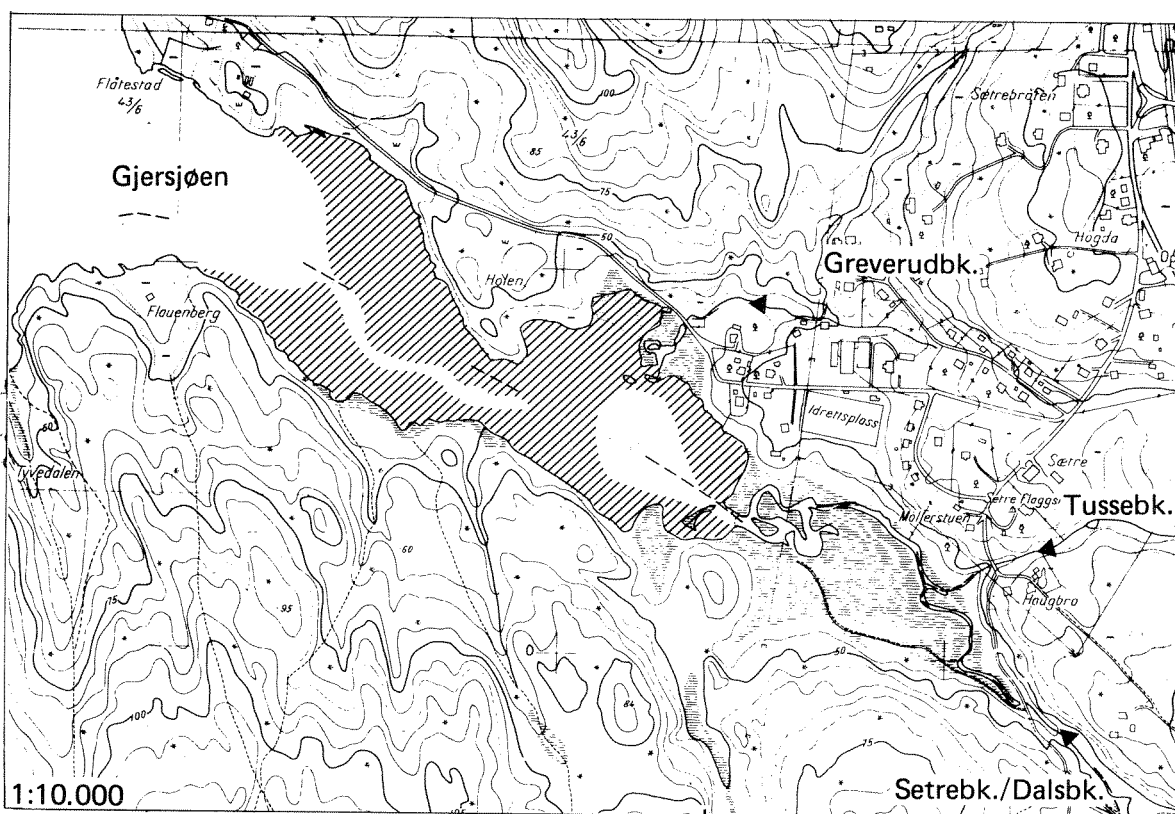
Som vist i figur 1 er vannstandsvariasjonene i dag normalt 0.5 m. Dette vil øke ved økt uttak om sommeren. Derved blottlegges også bunnsлам som tidligere har vært dekket av vann. Bølgeaktivitet vil føre til at dette utsettes for resuspensjon og utvasking. Sedimentet inneholder store mengder næringsstoffer som under normale forhold ikke aktiveres for bruk av planteplanktonet i sjøen, men dette kan altså skje ved økt uttapping. Denne mekanismen vil være av betydning noen få år inntil alt kulturpåvirket sediment langs strendene er vasket ut. Imidlertid kan effekten på innsjøen vare noe lengre fordi næringsstoffene tildels lagres og omsettes i vannmassene og sedimentet.

#### Redusert "selvrensing" i våtmarksområde

Som vist i "Tilleggsprogram for Gjersjøen 1985" (NIVA 19.10.84) antas et våtmarksområde sørøst i Gjersjøen å ha en viss betydning for redusering av tilførsler til Gjersjøen.

Våre målinger av tilførsler av næringsstoffer til Gjersjøen blir utført et stykke oppe i tilløpsbekkene. Tilløpene fra Greverudbekken, Tussebekken og Dalsbekken må passere et betydelig våtmarksområde før vannet kommer ut i Gjersjøen (figur 7). Dette fører til mye av det partikulære materialet vil sedimentere pga. redusert vannhastighet. Kanskje enda viktigere er det forhold at det foregår en betydelig

biologisk aktivitet som fører til at en stor del av tilgjengelig næring i vannet omsettes og holdes tilbake her. Dette gjelder både aktivitet på bunnen, i vannet og i vegetasjonen. I tillegg til at plantene i våtmarksområdet (særlig takrør, dunkjevle, og elvesnelle) suger opp og omsetter næring fra vannet, bidrar de til å øke arealet av "fuktig overflate" som blir tilgjengelig for bl.a. en biofilm av bakterier og sopp, tilsvarende det en tilstreber i forskjellige typer renseanlegg. Våtmarksområdet virker derved både som sedimentasjonsbasseng og som biologisk filter.



Figur 7. Våtmarksområde sørøst i Gjersjøen har trolig en viss renseseffekt på tilløpene fra Greverudbekken, Tussebekken og Dalsbekken. Økt uttapping vil hindre denne effekten.

Undersøkelser i flere land har vist at slike våtmarksområder kan ha betydelig renseseffekt på vannet som siver langsomt igjennom (Tilton og Kadlec 1979), uten at det foreligger tilstrekkelig data til å tallfeste dette. Tilsvarende kan det bygges kunstige bassenger der det plantes f.eks. takrør for å rense vannet (Seidel 1976). NIVA har foreslått at dette fenomenet undersøkes nærmere nettopp i Gjersjøen (Tilleggsprogram for Gjersjøen 1985).

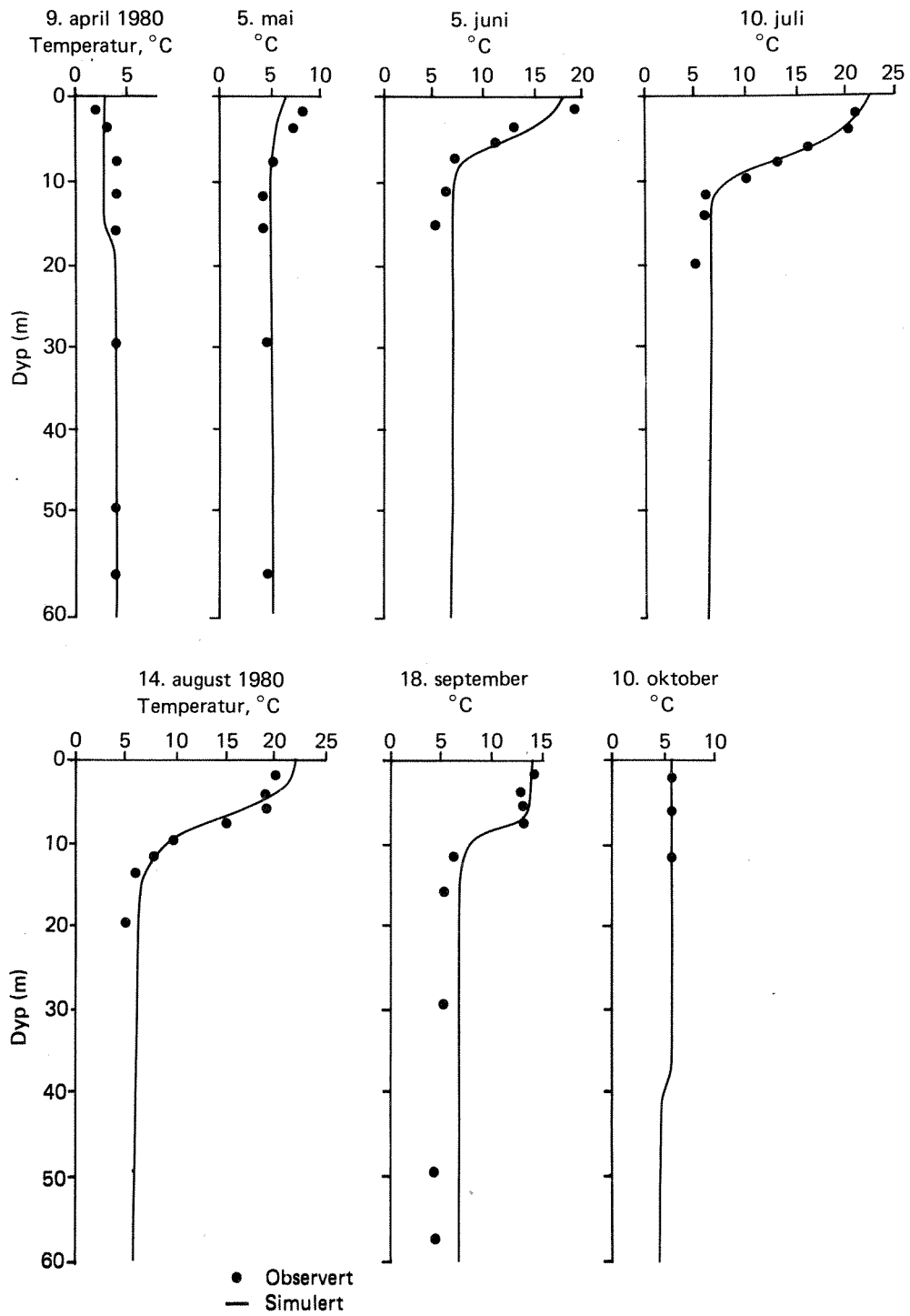
Økt uttapping av vann fra Gjersjøen vil føre til at vannstanden blir lavere deler av året. Derved endres også vekstmiljøet for vegetasjonen. Når vannstanden synker vil andre planter kunne konkurrere ut våtmarksvegetasjonen som finnes der i dag og området endrer karakter. Grass, urter og trær vil dominere og området vil fremfor alt bli tørrere. Derved reduseres også "renseeffekten" som beskrevet over.

Uønsket uttørring av dette området kan motvirkes ved tekniske tiltak i vannet, f.eks. ved å bygge en demning i utløpet av denne bukta som sørger for å holde konstant vannstand her hele året. Renseeffekten av denne vegetasjonen kan trolig optimaliseres ved en viss justering av vannstanden, gjenfylling av en kanal (se figur 7) o.l. Dette bør vurderes nærmere etter befaring i området og enklere undersøkelser bl.a. av effekten av dagens våtmarksområde.

#### Simulering av endringer vha. matematisk modell

Vi har benyttet en matematisk modell (FINNECO) utviklet av Gaume og Duke (1975) modifisert av det finske Vattenstyrelsen i samarbeid med IBM i Finland. Modellen simulerer fysiske, kjemiske og biologiske forhold i Gjersjøen og kan være et nyttig hjelpemiddel for å studere effekten av endringer, men det må ikke brukes annet enn som en grov veiledning. Modellen beregner temperatur, oksygen, pH, næringsstoffer og deretter planteplankton i et dybdesnitt gjennom en årssyklus på bakgrunn av observert vannføring, stofftransport i tilløpsbekkene og meteorologiske data.

Modellen ble kalibrert mot observasjoner i Gjersjøen i perioden 1.4. til 31.10 1980. Eksempler på målte og simulerte temperaturer er vist i figur 8. Modellens beregninger viste god overensstemmelse med de fysiske og kjemiske variasjonene i 1980.



Figur 8. Målte og beregnede verdier av temperatur i Gjørsjøen vekstsesongen 1980



Målt konsentrasjon av de viktigste typer planteplankton er vist i figur 9A. Modellen gjenga også hovedtrekkene i algeutviklingen, dvs. en topp om våren, reduksjon utover sommeren og en ny topp om høsten (figur 9B). Dominansen av blågrønnalgen Oscillatoria agardhii ble også simulert tilfredsstillende av modellen. Den raske reduksjon av denne algen som ble observert utover sommeren skyldes stor sedimentasjon pga. lite gunstige vekstforhold. De utløsende prosessene er ikke klargjort i detalj og det har derfor ikke vært mulig å ta hensyn til dette i modellen.

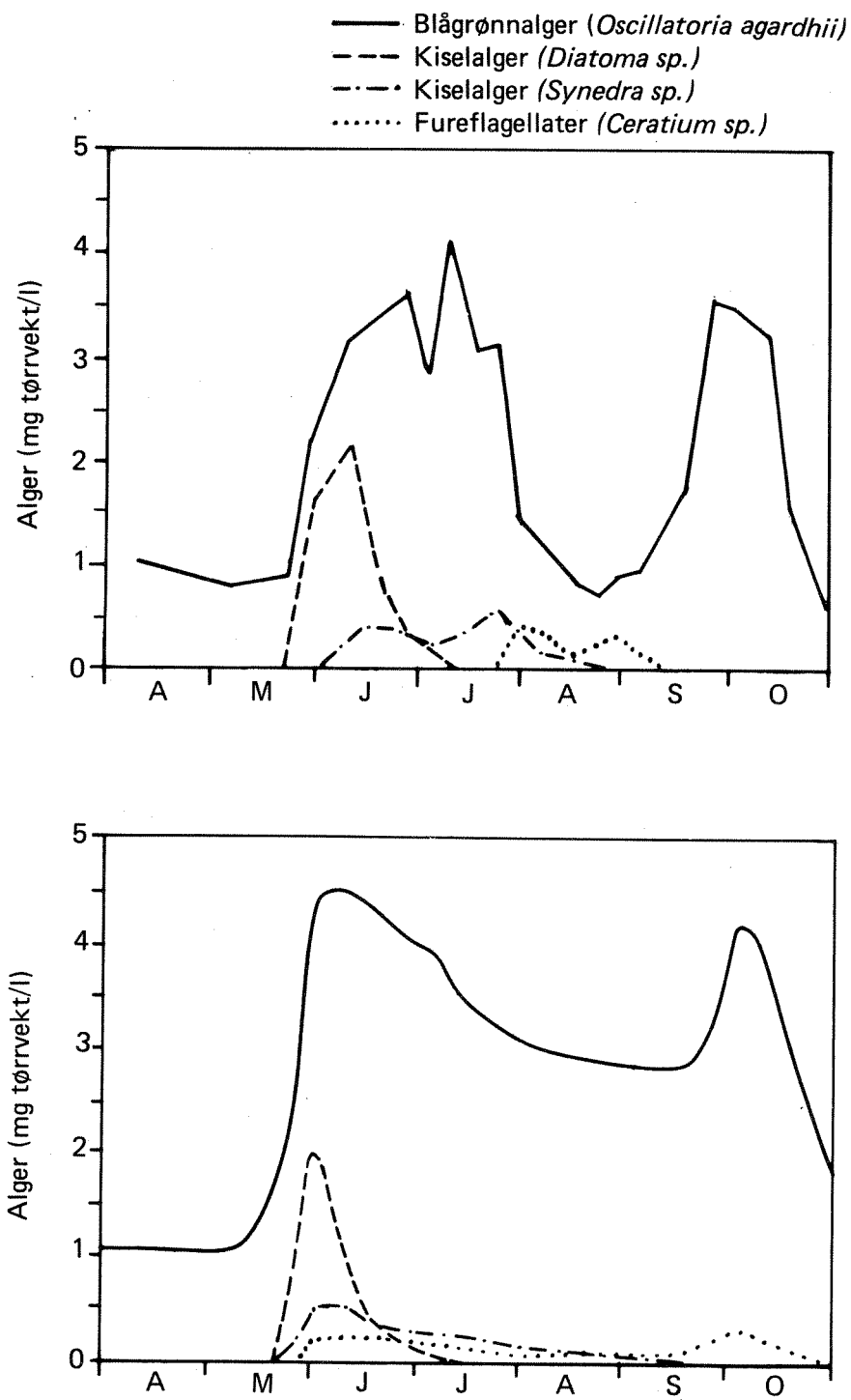
Ved de videre simuleringer antok vi en økning i uttaket fra vannverket fra 6.2 mill. m<sup>3</sup>/år til 14.2 mill. m<sup>3</sup>/år. Uttaket ble antatt å være konstant gjennom året, dvs. 0.450 m<sup>3</sup>/sek. Avløpet gjennom Gjersjøelva ble redusert tilsvarende. Perioden da utløpselva ble tørrlagt økte derved med 1.5 - 2.5 måned i 1980.

Simuleringene viste ubetydelig økning av temperaturen (ca. 1/2<sup>0</sup>C) i overflatelaget (0-8 meters dyp) fra midten av august ved økt vannuttak. For andre perioder av året var forskjellene enda mindre. Dette gjelder også temperaturen i dypvannet. Det ble ikke registrert nevneverdige forskjeller i pH eller oksygenkonsentrasjon.

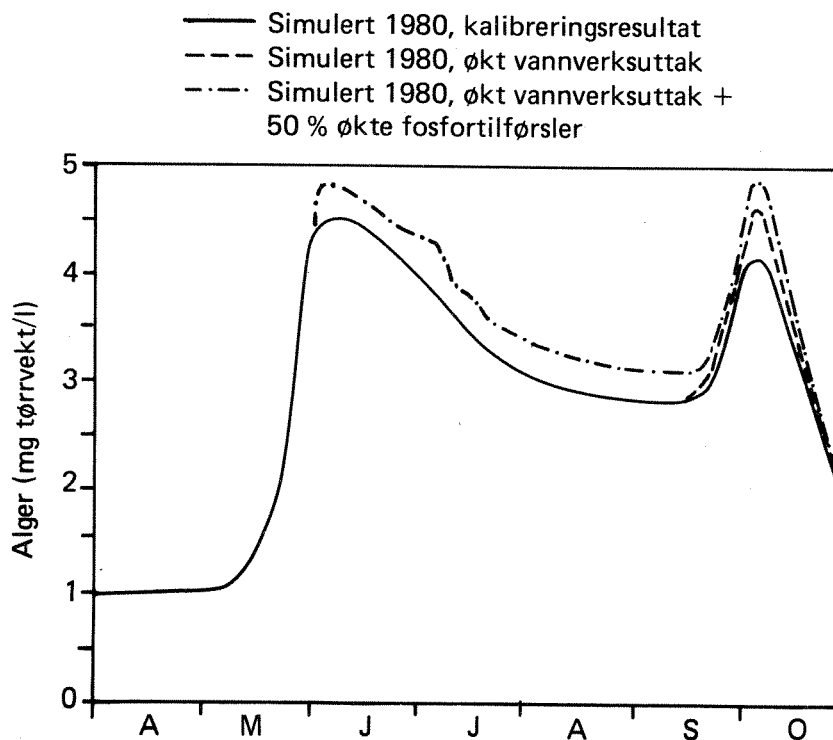
Algeveksten i sjiktet 0-10 meters dyp ble nær uforandret fram til september. Oppblomstringen om høsten ble imidlertid forsterket og økte med ca. 10% (figur 10). Dette bekrefter antakelsene tidligere i denne rapporten om at inngrepet kan føre til en reversering av utviklingen i Gjersjøen de siste årene med reduserte høstoppblomstringer av Oscillatoria (figur 4 og 5).

Det ble ikke tatt hensyn til en eventuell økt utvasking av næringsstoffer fra grunntvannssedimenter og redusert selvrensing i vegetasjonsbeltet i strandsonen ved denne simuleringen. Dette er begge forhold som ville kunne gi ytterligere algevekst om høsten. I figur 10 er også vist en simulering der tilførselene av fosfor er økt fra 2.5 tonn pr. år til 4 tonn pr. år. Dette gir økt algevekst fra begynnelsen av juni til slutten av oktober.

Simuleringene gjelder et tenkt første år etter endring. Økt algevekst vil gi akkumulering av næringsstoffer og Oscillatoria som gir grunnlag for ytterligere økning påfølgende år. Tendensen fra første års simulering vil derfor forsterke seg inntil en ny likevekt har innstilt seg. Sluttresultatet vil bli det samme uavhengig om endringen skjer over kort (få år) eller lang (fram til år 2020) tid.



Figur 9 A. Målt konsentrasjon av forskjellige typer planteplankton i 1980 og B. tilsvarende simulerte verdier med en matematisk modell

Blågrønnalger (*Oscillatoria agardhii*), 0 – 10 m

Figur 10 økt uttak av drikkevann medfører økt algevekst om høsten. Dersom fosfortilførslene øker ved f.eks. økt utvasking av blottlagte sedimenter og redusert selvreinsing i våtmarksområdet, ventes større algevekst hele vekstsesongen. Simulerte verdier av den dominerende *Oscillatoria*.

Arsaken til økt temperatur og algevekst om høsten skyldes i modellen redusert avløp av varmt, algerikt vann via Gjersjøelva (jfr. figur 6).

## LITTERATUR

- Faafeng, B., B.Bjerkeng, B.Rørslett og T.Sukke 1985.  
Tilleggsprogram for Gjersjøen 1985: 1. Forbedret  
prøvetakingsstasjon i Setrebekken/Dalsbekken  
2. Betydning av våtmarksområde for reduksjon av  
næringstilførsel.  
NIVA O-8000205
- Gaume, A.M. og J.H.Duke 1975. Computer programme documentation  
for the reservoir ecological modell EPAECO.  
Utarbeidet for Environmental Protection Agency,  
Planning Assistance Branch California.
- NORDFORSK 1980. Monitoring of inland waters. OECD eutrophication  
programme. The Nordic project.  
NORDFORSK publ. 2/1980. 207 s.
- Seidel, K. 1976. Macrophytes and water purification.  
I: (red.: J. Tourbier og R.W.Pierson) Biological  
control of water pollution. Univ. Pennsylvania Press:  
109-121
- Skogheim, O. 1976 Recent hypolimnetic sediment in Lake Gjersjøen  
a eutrophicated lake in SE Norway.  
Nordic Hydrol. 7:115-134.
- Vattenstyrelsen og IBM-Finland 1983. Computer program documentation  
for the lake model FINNECO and the river model QUAL-II.  
Vattenstyrelsens skrifter nr. 163 1983. 425 s.
- Tilton, D.L. og R.H.Kadlec 1979. The utilization of a fresh-water  
wetland for nutrient removal from secondarily treated waste  
water effluent.  
J. Environ. Qual. 8: 328-334