

Østensjøvannet

Pryd  
eller

**PEST**

?

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 04 30 33  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgt 55  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 32 56 40  
Telefax (47) 55 32 88 33

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Østensjøvannet. Pryd eller pest?	Løpenr. (for bestilling) 3348	Dato
	Prosjektnr. Undernr. Q250	Sider Pris
Forfatter(e) <b>Bjørn Faafeng</b>	Fagområde Eutrofi ferskvann	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oslo	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) NIVA	Oppdragsreferanse
--------------------------	-------------------

**Sammendrag**

Østensjøvannet er av stor verdi både som vernet naturområde, rekreasjonsområde og som en viktig del av Oslos grøntstruktur. Innsjøen har gjennom flere tiår vært sterkt belastet med avløpsvann fra den omgivende bebyggelsen. Til tross for betydelig innsats for å utbedre avløpsnett i innsjøens nedbørfelt, spesielt i siste 5-års periode, viser vannkvaliteten ingen tegn på bedring. Rapporten diskuterer hvordan prosesser i innsjøen bidrar til fortsatt høy konsentrasjon av næringsstoffer og planteplankton. Det foreslås en grundig gjennomgang av disse prosessene som grunnlag for en tiltaksplan for innsjøen.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. eutrofiering	1. eutrophication
2. algeoppblomstring	2. algal blooms
3. innsjørestaurering	3. lake restoration
4. tiltaksplan	4. measure analysis

  
Bjørn Faafeng  
Prosjektleder

ISBN 82-577-0000-0

  
Dag Berge  
Forskningsjef

## FORORD

Initiativet til dette notatet er tatt av NIVA på bakgrunn av at Østensjøvannet er et av de viktigste vassdragsobjekter innenfor Oslo bys grenser. Innsjøen er fredet som naturreservat pga. det rike fuglelivet og innsjøen med nære omgivelser er en viktig del av grøntstrukturen i byen og et populært rekreasjonsområde. Innsjøen har vært sterkt forurenset over mange tiår pga. store tilførsler av urensset avløpsvann, og det er stilt spørsmål om vannkvaliteten er blitt bedre etter at Oslo kommune har gjennomført rehabilitering av avløpsnett i innsjøens nedbørfelt. Mye oppmerksomhet har vært rettet mot et måleprogram for forurensende tilførsler til Østensjøvannet, og det er dokumentert store forbedringer siden 1980.

Det foreligger årsserier av måledata om vannkvaliteten i Østensjøvannet tilbake til 1979, men disse er ikke tidligere sammenstilt og vurdert. Dette notatet gir en kortfattet oversikt over utviklingen av vannkvaliteten i Østensjøvannet over perioden 1979 - 1993. Oslo Vann og Avløpsverk (OVA) har samlet inn årsserier fra 1980, 81, 87 og 88, en hovedfagsoppgave i limnologi ved Universitetet i Oslo foreligger fra 1979 (Anne Lyche 1984), og Landsomfattende trofiundersøkelse av norske innsjøer (NIVA) har data fra innsjøen fra 1988, 92 og 93. Dette notatet diskuterer også viktige forutsetninger for at vannkvaliteten skal kunne bli bedre, og er ment som et innspill til en diskusjon om forurensnings-begrensende tiltak, aktuelle restaureringsmetoder og behov for skjøtsel av Østensjøvannet.

Dette notatet er finansiert av NIVA.

Oslo 27. januar 1995

## KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

### **Tilførsler og vannkvalitet:**

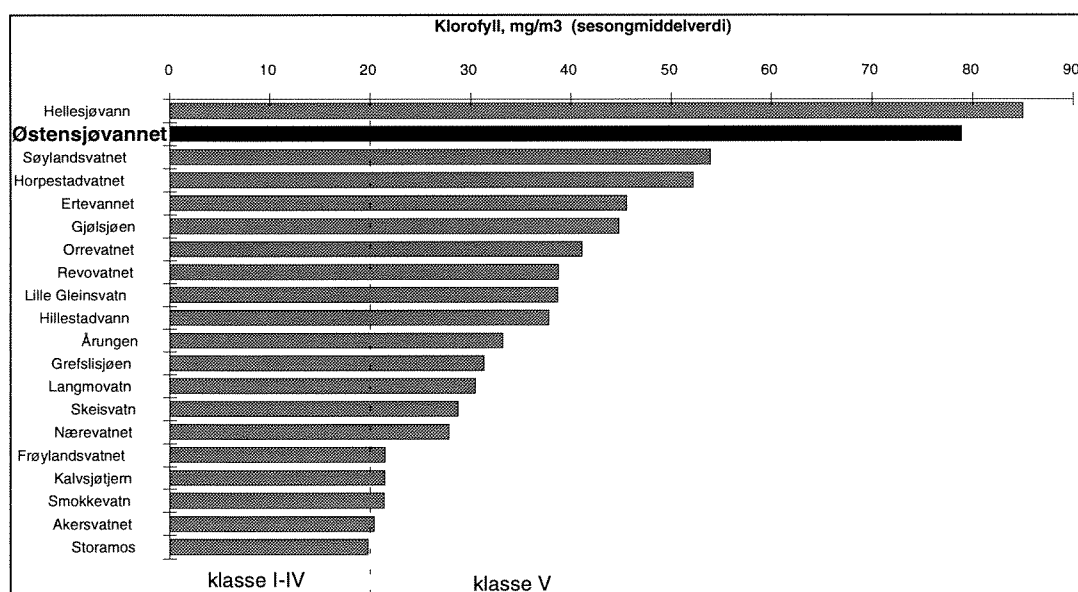
- Fosfortilførslene til Østensjøvannet er redusert med 75% siden 1980 ifølge OVA
- Likevel er Østensjøvannet en av Norges mest forurensede (eutrofe) innsjøer (i vannkvalitetsklasse V: "meget dårlig") med svært høye fosforkonsentrasjoner
- Vannkvaliteten er ikke blitt bedre siden 1980
- Gjennomstrømmingen av vann er redusert fordi overvann føres ut via avløpsnett
- Store mengder fosfor fra tidligere tilførsler ligger lagret i bunnslammet og tilbakeføres til innsjøen i betydelige mengder i sommerhalvåret ("indre gjødsling")
- Fugl tilfører en ukjent mengde fosfor til innsjøen
- Det er grunn til å anta at fisk roter opp mye fosfor fra bunnslammet
- Det forekommer årlig masseoppblomstring av tildels giftproduserende blågrønnalger og det er observert fugledød, trolig pga. botulinbakterier i bunnslammet
- Flyteblads- og undervannsvegetasjon har gått sterkt tilbake siden tidlig på 1970-tallet
- Modellberegninger indikerer at fosfortilførselen fra indre gjødsling og fugl tilsammen kan være i størrelsesorden dobbelt så høy som bidraget fra tilløpsbekkene.

### **Aktuelle tiltak:**

- Ytterligere utbedring av ledningsnett kan være ønskelig ut fra bl.a. hygieniske forhold, men vil neppe alene føre til bedre vannkvalitet i Østensjøvannet
- Andre typer tiltak kan være langt mer kostnadseffektive nå mht. bedring av vannkvaliteten i Østensjøvannet
- Følgende restaureringmetoder bør vurderes:
  - Gjennomspyling med (mer) rent vann til visse tider av året; effekt, optimal mengde, tidspunkt
  - Immobilisering eller fjerning av næringsrikt bunnslam; vurdering av aktuelle metoder
  - Reetablering av undervannsvegetasjon; hva hindrer gjenvekst?
  - Reduksjon av fiskebestanden; for å øke selvrensingen
- Det er brukt mer enn 40 mill. kr. i rehabilitering av ledningsnett rundt Østensjøvannet bare i perioden etter 1990. Er det fornuftig å investere 1% av dette beløpet på en kvalifisert gjennomgang av tiltak i selve innsjøen?

## Problemstilling

I en undersøkelse av 400 norske innsjøer er Østensjøvannet den nest verste, både målt som fosforkonsentrasjon og som algemengde (figur 1). Vannet er store deler av sommeren grumsete og grønnfarget, periodevis med giftproduserende planktonalger (blågrønnalger). Sterkt økt vekst av planktonalger er uønsket fordi det forstyrrer den økologiske balansen og reduserer bruksverdien til mange formål. Årsaken til den dårlige vannkvaliteten er tilførsler av plantenæringsstoffene fosfor og nitrogen fra urensset kloakkvann gjennom flere årtier.



Figur 1. Klorofyllkonsentrasjon i de 20 mest forurensede innsjøene i en undersøkelse av 400 norske innsjøer (gjennomsnitt av fire til åtte verdier i perioden mai - september; hvis mulig er snitt over flere sesonger beregnet)

OVA's overvåkningsprogram viser at fosfortilførslene til Østensjøvannet fra de 8 viktigste tilløpene er gradvis redusert fra omlag 2000 kg P tidlig på 1980-tallet til under 500 kg i 1992 og 1993 (OVA 199x). Denne dramatiske reduksjonen er resultat av et tidkrevende og kostbart arbeid for å rehabilitere avløpsnett i vannets nedbørfelt og av bedret drift. Dette arbeidet er utvilsomt en nødvendig forutsetning for å kunne bedre vannkvaliteten i Østensjøvannet.

Spørsmål en bør stille nå er:

- om vannkvaliteten i Østensjøvannet er blitt bedre siden 1980
- om reduksjonen i tilførslene hittil er tilstrekkelig til å gi bedret vannkvalitet i Østensjøvannet
- hvor mye fosfortilførslene eventuelt bør reduseres for å oppnå ønsket vannkvalitet
- om andre tiltak enn fosforreduksjon er nødvendig for å oppnå ønsket vannkvalitet
- hva slags miljømål en bør ha for Østensjøvannet
- hvor mye en samlet tiltakspakke for å oppnå en ønsket vannkvalitet vil koste, og
- hvordan tiltakspakken skal finansieres.

I dette notatet vil vi presentere noen resultater fra måleprogrammer i Østensjøvannet fra perioden 1980-93, og diskutere disse i forhold til dagens kunnskap om restaurering av slike innsjøer. Notatet er ikke uttømmende, men noen viktige momenter, og kunnskapshull, blir omtalt.

### Vannkvaliteten i Østensjøvannet 1980 - 93

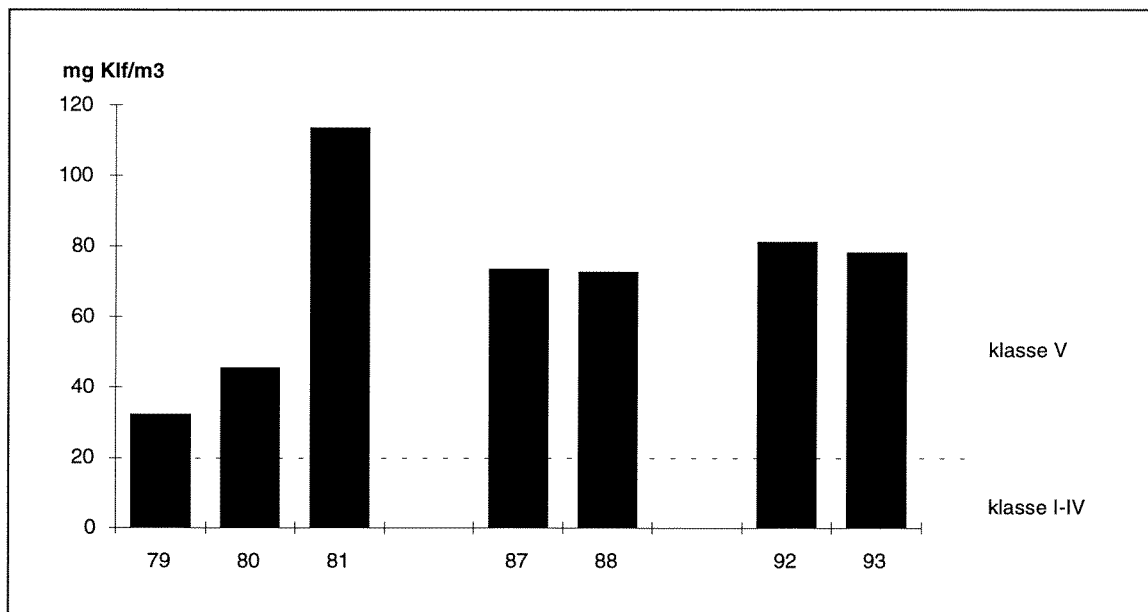
Årlige rapporter fra OVA beskriver reduksjonen i fosfortilførslene til Østensjøvannet siden 1980. Størrelsen av fosforbelastningen er imidlertid bare en indikasjon på at de tekniske tiltakene har vært vellykket. Bedring av vannkvaliteten i Østensjøvannet er selvsagt den viktigste årsaken til at tiltakene gjennomføres. Vi vil derfor se nærmere på de dataene som foreligger om vannkvaliteten i Østensjøvannet i perioden etter 1979.

Det er naturlig å beskrive vannkvaliteten i Østensjøvannet i første rekke ved hjelp av konsentrasjon og artssammensetning av planktonalgene. Siktedypet er også et enkelt mål for partikkelinnholdet, som fortsatt er dominert av planktonalger. Årsaken til høye konsentrasjoner av planktonalger i innsjøer er store tilførsler av fosfor. Fosfor-konsentrasjonen i Østensjøvannet bestemmes av flere faktorer, ikke bare av dagens tilførsler fra bekkene. De viktigste faktorene diskuteres i dette notatet.

Foreliggende målinger gjennom de siste 14 år viser klart at:

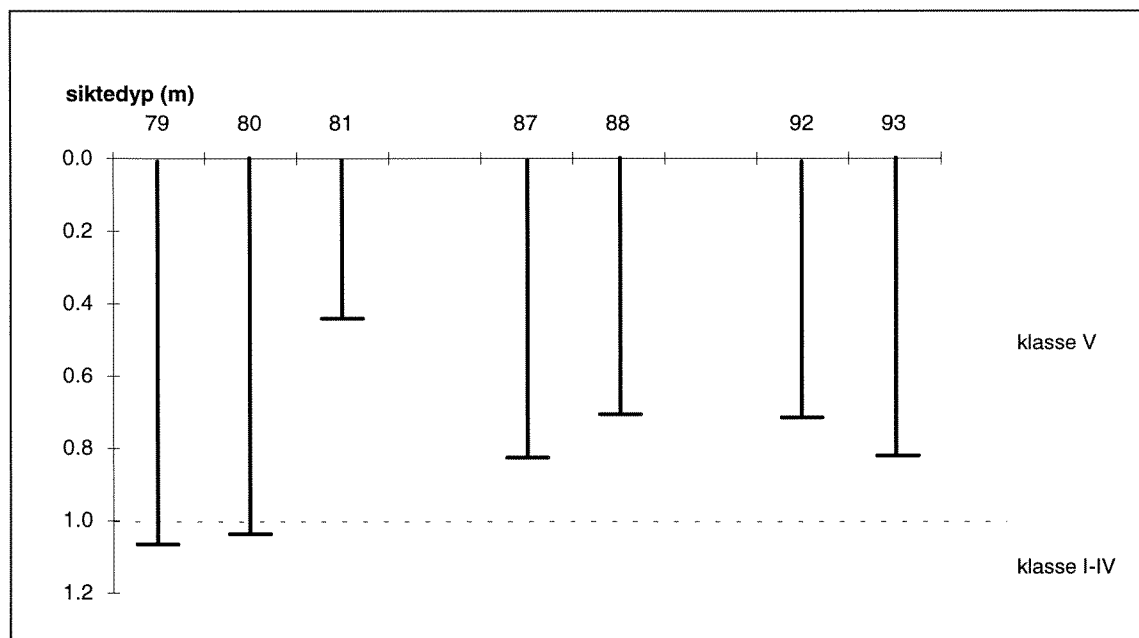
*Siden 1980-81 er det ikke blitt mindre planktonalger,  
og heller ikke klarere vann i Østensjøvannet!*

Figur 2 viser at det ikke kan spores noen systematisk bedring i vannkvaliteten målt som konsentrasjon av planktonalger i perioden 1980-81 til 1992-93. Gjennomsnittlig algekonsentrasjon om sommeren målt som klorofyll har i hele denne perioden variert rundt ca 80 mg/m<sup>3</sup>. SFTs grenseverdi for dårligste av 5 vannkvalitetsklasser er 20 mg/m<sup>3</sup>!



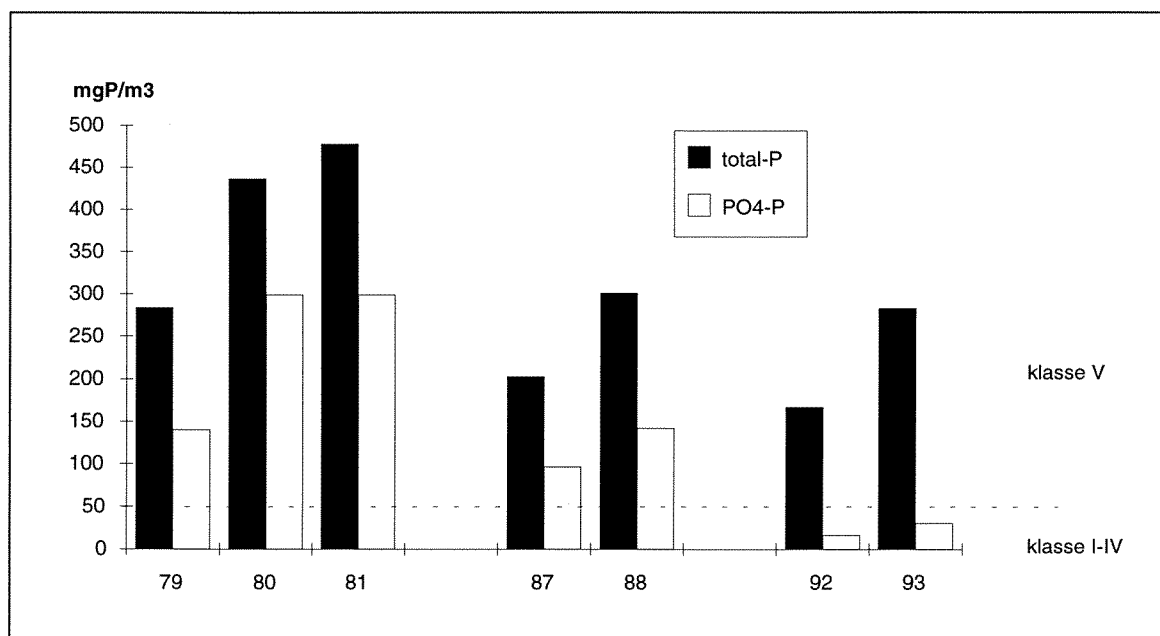
Figur 2. Konsentrasjoner av klorofyll i Østensjøvannet 1979 - 93 (gjennomsnittsverdier i vekstsesongen: 1. mai - 1. oktober). SFTs vannkvalitetsklasser er påført på høyre side

Klorofyll- og fosforkonstrasjonener varierer sterkt gjennom vekstsesongen i Østensjøvannet, slik at et lite antall målinger i løpet av en sommersesong (som i 1979) kan gi en unøyaktig gjennomsnittsverdi. Dersom en ser bort ifra året 1979 viser figurene 2 og 3 likevel klart at det ikke har vært noen reduksjon i algeveksten i perioden. Det kan heller ikke spores noen tendens til bedring i siktedypet; kanskje snarere tvert imot.



Figur 3. Siktedyp i Østensjøvannet 1979 - 93 (gjennomsnittsverdier i vekstsesongen: 1. mai - 1. oktober). SFTs vannkvalitetsklasser er påført på høyre side

Fosforkonstrasjonen er redusert fra 400-500 mg P/m<sup>3</sup> tidlig på 1980-tallet til 200-300 mg P/m<sup>3</sup> i dag (figur 4), men det kan ikke spores bedring siden 1987-88. SFTs grenseverdi for dårligste vannkvalitetsklasse er 50 mg P/m<sup>3</sup> så dagens verdi er fortsatt 5 ganger høyere!



Figur 4. Konsentrasjoner av total-P og fosfat i Østensjøvannet 1979 - 93 (gjennomsnittsverdier i vekstsesongen: 1. mai - 1. oktober). SFTs vannkvalitetsklasser påført på høyre side

Hvordan kan det ha seg at vannkvaliteten ikke er blitt bedre i løpet av denne perioden når tilførslene er redusert med 75%?

*Fosforkonsentrasjonen i vannet er fortsatt altfor høy til at en kan vente positive effekter på vannkvaliteten. Selv om konsentrasjonene halveres kan en faktisk ikke vente mindre planktonalger.*

Først ved konsentrasjoner under ca. 100 mg P/m<sup>3</sup> kan en vente at algene blir tilstrekkelig fosforbegrenset til at algekonsentrasjonen blir lavere og vannet blir klarere.

For nitrogen kan det ikke spores noen reduksjon i perioden. Selv om nitratverdiene har vært svært lave om sommeren, har det neppe vært lengre perioder med nitratbegrensning fordi det har vært registrert rikelig med ammonium (OVAs overvåkingsprogram). Intensivering av tiltakene mot lekkasje fra avløpsnettene kan sikkert bidra til en viss bedring på lang sikt, selv om det vil koste svært mye penger. Dessuten må en ikke se seg blind på dette ene tiltaket, selv om det er svært viktig. Vi vil rette oppmerksomheten på noen andre viktige forhold:

*Mye av forurensningen (fosforet) som ligger lagret i bunnslammet er en betydelig forurensningskilde og vil fortsatt være det i mange tiår ("indre gjødsling"). Økte fosfatkonsentrasjoner midt på sommeren bekrefter dette.*

Ved høy pH i vannet under algeoppblomstringer, ved oksygenfrie forhold over bunnslammet og ved kraftig vind føres store mengder fosfor (fosfat) fra bunnslammet opp i det produktive overflatesjiktet. Der kan algene nyttiggjøre seg økte fosformengde til økt vekst dersom fosfor er vekstbegrensende faktor. Foreløpig er det så stort overskudd på fosfor at de høye algekonsentrasjonene om sommeren at lyset trolig fører til at lyset begrenser videre vekst. Algene "skygger" altså for sin egen vekst. Likevel er redusert tilgang på fosfor beste strategi for å redusere algeveksten. Redusert tilgang på næringsstoffer fører etterhvert til ressursbegrenset vekst, eller "bottom-up kontroll". Algekonsentrasjonen kan også begrenses på andre måter. Mer om dette senere.

Flere typer tiltak kan være aktuelle for å redusere algeveksten (fremkalle ressursbegrensning):

- redusert tilbakeføring av fosfor fra forurensete bunnslammer (redusert "indre gjødsling")
- redusere tilførsler og reaktivering av fosfor via fugl og fisk, og
- øke utspyling av Østensjøvannet med renere vann

En bør også for helhetens skyld gjøre et overslag over hvor mye fosfor, i form av brød, som hvert år kastes i Østensjøvannet.



## Viktige prosesser i grunne innsjøer

I det følgende skal vi diskutere noen prosesser i grunne, overbelastede (eutrofe) innsjøer som er vesentlige for å forstå deres funksjon som økosystem, og som må inngå i grunnlaget for å gjennomføre kosteffektive tiltak for å oppnå ønsket vannkvalitet.

### *Vekst av planktonalger - et spørsmål om lys, fosfor og nitrogen*

I lite forurensede innsjøer vil en finne lite planktonalger, og vannet vil være klart. Under slike forhold vil algenes vekst være begrenset av tilgangen på fosfor (i form av løst fosfat:  $\text{PO}_4^{3+}$ ), fordi fosfor da er det elementet som finnes i lavest konsentrasjon i forhold til algenes behov. I algecellene er fosfor bl.a. viktige byggestener i arvestoffet og i "energipakker" (ATP), og under mangel på fosfor vil ikke algene kunne bygge opp disse livsviktige forbindelsene. Resultatet er at fosfor oftest blir algenes "vekstbegrensende stoff". Ved økende tilgang på fosfor kan algene også øke veksthastigheten - og kan derved bygge opp høyere tetthet av algeceller i vannet. Ved rikelig tilførsel av urensset spillvann fra husholdninger, som inneholder mye fosfat, vil algene kunne vokse så raskt at vannet farges grønt og blir grumset. Enkelte typer alger har evnen til å flyte opp til overflaten og kan danne såkalt "vannblomst".

Ved rikelig tilgang på fosfat og tilsvarende rask vekst, kan algene få mangel på andre stoffer, vanligvis nitrogen. Algene foretrekker nitrogen i form av løst ammonium ( $\text{NH}^+$ ) eller nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Disse stoffene finnes imidlertid også i store mengder i kloakkvann. Ved rikelig tilgang på både fosfor og nitrogen vil konsentrasjonen av alger etter hvert bli så høy at algene rett og slett skygger for seg selv. Det er ofte tilfellet sent på sommeren i næringsrike innsjøer. Vi sier da at algenes vekst er "lysbegrenset". Dette er også grunnen til at algekonsentrasjonen når et "tak" tilsvarende en maksimal klorofyllkonsentrasjon på 150-300  $\mu\text{g/l}$ .

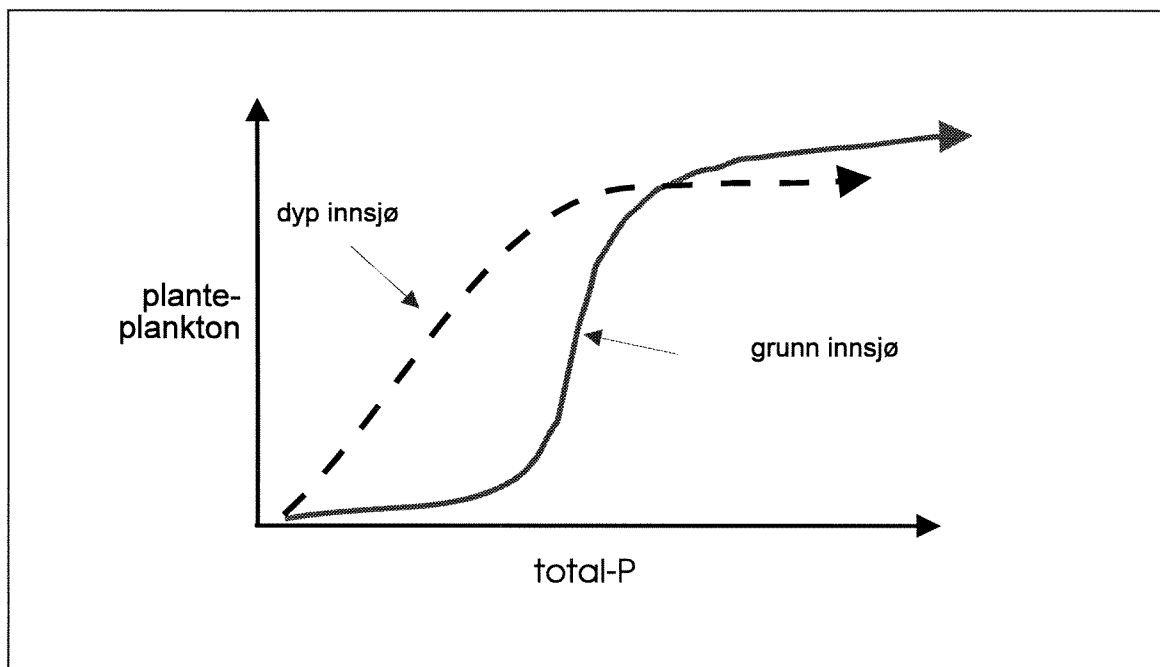
### *Konkurransen med annen vegetasjon om fosfor, nitrogen og lys*

Alger er ikke alene om å ha behov for næringsstoffene fosfor og nitrogen til sin vekst i sommerhalvåret. Algene må derfor konkurrere med andre planter (undervannsvegetasjon). I dype innsjøer er undervannsvegetasjon av liten betydning for stoffomsetningen fordi den bare kan etablere seg på de grunne områdene der det er nok lys. I grunne innsjøer derimot, kan konkurransen om næringsstoffene være hard dersom store deler av bunnen er dekket av planter (f.eks. tjønnaks, hornblad, tusenblad eller vasspest). Selv om mange planter henter det meste av næringsstoffene vha. røtter i bunnslammet, kan også endel planter ta opp næringsstoffer direkte fra vannet via bladene. I slike situasjoner er det selvfølgelig viktig å kunne vokse raskt om våren og evt. å kunne lagre næringsstoffer til senere vekst. De forskjellige plantenes "suksess" avgjøres av den eller de artene som klarer å bygge opp så stor "biomasse" at den/de skygger ut eller tar opp store deler av næringen før andre planter.

I noen grunne innsjøer vinner undervannsplantene ved å vokse opp mot overflaten og de kan nesten "fylle opp" innsjøens vannvolum. Dette gjelder både undervannsvegetasjon som nevnt over, men også "flytebladsplanter" som kan sende lange stengler opp til overflaten og dekke store deler av innsjøen (f.eks. nøkkerose eller vanlig tjønnaks).

*Flyfotografier har vist at Østensjøvannet har tapt store arealer med flytebladsvegetasjon siden midten av 1970-tallet (Rørslett 1979). For undervannsvegetasjon er situasjonen antagelig enda verre.*

De mekanismene som er diskutert over fører til at grunne innsjøer kan "tåle" høyere fosforkonsentrasjoner i vannet før det utvikler seg masseoppblomstring av planktonalger (figur 5).



Figur 5. Økning i planktonalger i en dyp og i en grunn innsjø ved økende fosfor-konsentrasjon (eutrofiering). En grunn innsjø "tåler" mer fosfor uten å utvikle algeoppblomstringer bl.a. pga. konkurranse med undervannsvegetasjonen.

#### Kompliserte næringskjeder - biologisk selvrensing, og "to alternative stadier"

Konkurransen mellom undervannsvegetasjon og planktonalger kan gi to alternative stadier i næringsrike, grunne innsjøer: ett stadium dominert av undervannsplanter gir klart vann, mens innsjøen kan skifte til et annet stadium der undervannsvegetasjonen konkurreres ut og det oppstår masseutvikling av planktonalger og det blir grumset vann. Hvilket av disse stadiene som skal opptre kan avgjøres av beiting på undervannsplanter. Forskjellige arter fisk og fugl som lever av undervannsvegetasjon kan derved bidra til planktonalgenes suksess.

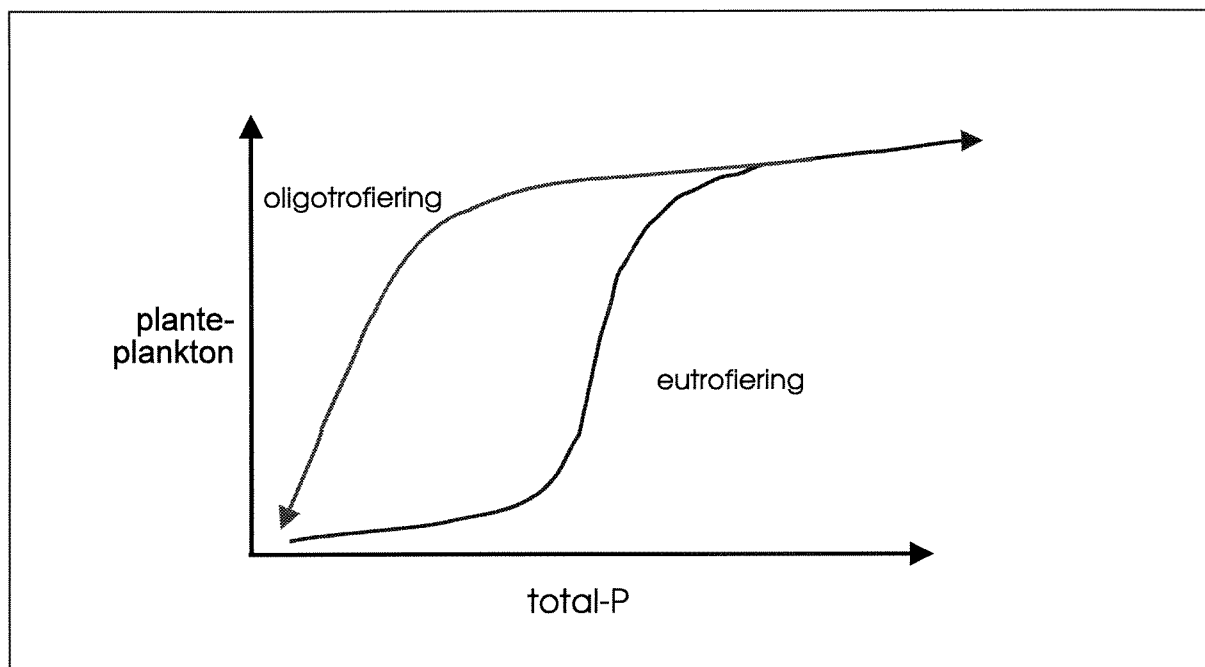
En annen biologisk mekanisme som kan ha stor betydning er forekomsten av små frittlevende krepser i vannet, vannlopper, som kan spise planktonalger ved å filtrere vannet gjennom sitt fine sil-apparat. Er det tilstrekkelig mange vannlopper i vannet kan de faktisk filtrere vannet fritt for alger selv om det er mye næring tilgjengelig. Men vannloppene er igjen fristende mat for fisk. Vannloppene kan stimuleres ved å holde visse fiskeslag på et lavt nivå.

Det viser seg likevel at når ett av disse stadiene (med mye undervannsvegetasjon eller mye planktonalger) først har etablert seg, så skal det mye til før det skifter over til det andre stadiet. Det gjelder ikke bare konkurranse om lys og næring. Med mye undervannsvegetasjon finner vannloppene skjul for sine viktigste fiender: fisk; spesielt karpfisk (mort, sørv, brasme ol.). Vannloppene får sin føde ved å filtrere ut algene fra vannet. Derved reduseres algekonsentrasjonen, siktedypet øker og undervannsplantene får nok lys til sin vekst. Innimellom vegetasjonen trives også gjedde og abbor, som holder plante- og vannloppespisende fisker i sjakk.

*Artsfordeling og tetthet av fisk er av stor betydning  
for innsjøens "selvrensingsevne".*

Plantene gir også sneglene skjul for fisken. Sneglene skraper plantene rene for grønske (fastvokste alger) som også "stjeler" lys og næring fra undervannsvegetasjonen. Alt dette bidrar til å forsterke plantenes dominans.

Skulle imidlertid planktonalgene få godt fotfeste er undervannsvegetasjonen ganske sjanseløs, fordi tette bestander ikke slipper lyset ned til bunnen, selv på et par meters dyp. Derved reduseres også bestanden av gjedde og abbor - slik at karpefiskene kan øke sterkt. Dette hindrer igjen vannlopper og snegler i å utvikle seg, og derved får planktonalgetet både liten konkurranse - og få fiender som kan spise dem, og alt ligger til rette for langvarig algeblomst - som i Østensjøvannet. I slike tilfeller må fosforkonsentrasjonene reduseres svært mye før en kan vente å få tilbake en situasjon med klart vann (figur 6).

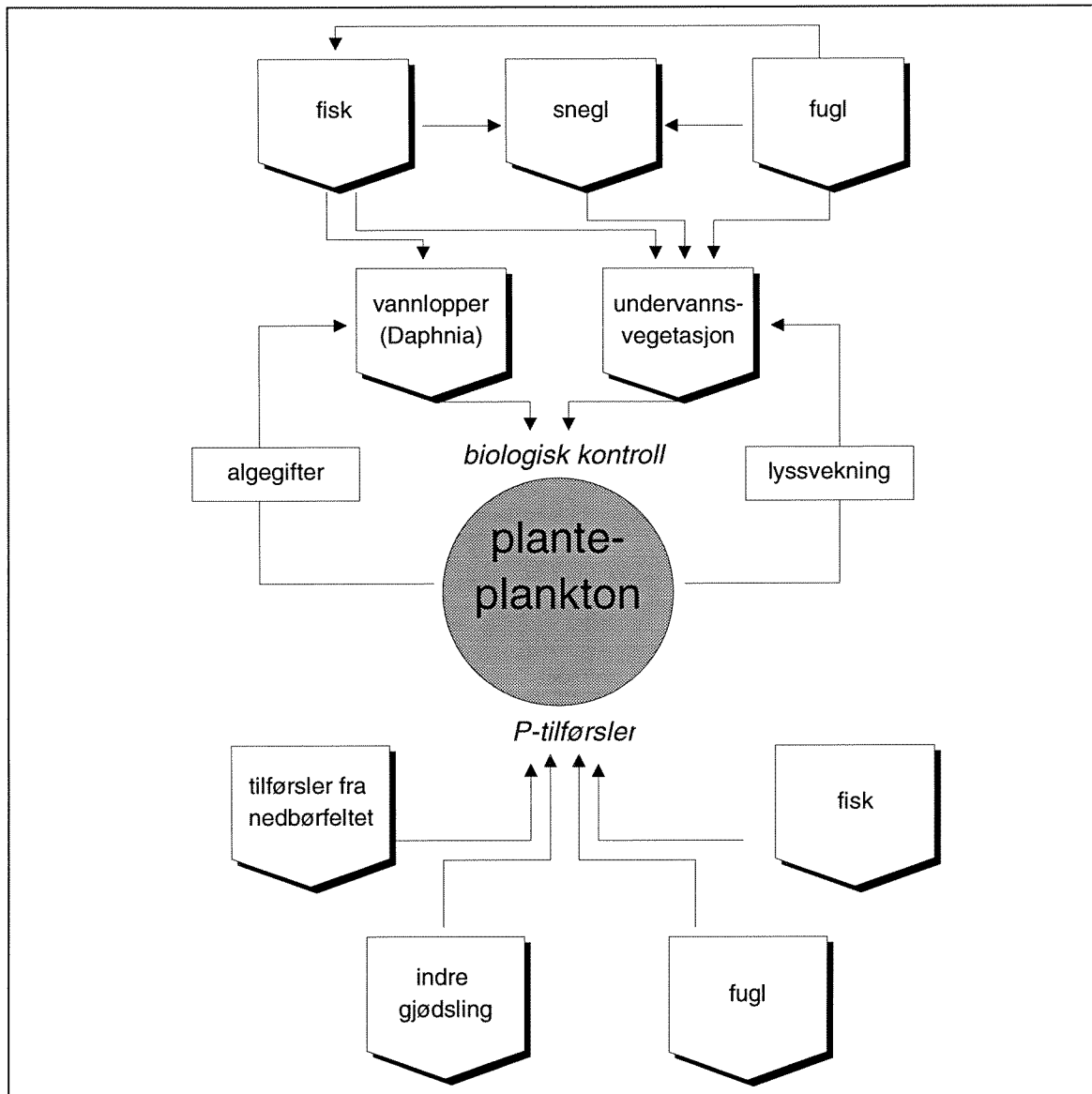


*Figur 6. Eutrofiering og oligotrofiering av en grunn innsjø. Ved økende fosforkonsentrasjon øker konsentrasjonen planktonalger lite inntil en "terskelverdi" da undervannsvegetasjonen blir skygget ut og massive algeoppblomstringer overtar. Reetablering av undervannsvegetasjon kan ikke skje før fosforkonsentrasjonen er redusert langt under denne terskelverdien.*

*Det er viktig å forstå disse biologiske mekanismene  
for kunne analysere innsjøens tilstand  
og å utnytte dem for effektiv "restaurering" av vannkvaliteten.*

En annen viktig egenskap ved undervannsvegetasjon - og spesielt siv og flytebladsplanter må nevnes. Mange av disse har luftrør i stenglene som fører oksygen fra lufta ned i bunnslammet. Dette er gunstig både ved at det binder fosfor til slamm, slik at dette elementet ikke frigjøres til vannet om sommeren - og det bidrar til at nitrogen fjernes fra vannet som nitrogen-gass. Dette betyr at et "sundt" plantesamfunn også bidrar effektivt til selvrensing av vannet. Som nevnt over er plantesamfunnet i Østensjøvannet i svært dårlig forfatning pga. forurensningssituasjonen.

De viktigste faktorene for kontroll av planktonalget i grunne innsjøer er vist i figur 7. Nederst er vist faktorer som kontrollerer tilgang på fosfor (ressurs-kontroll"), mens biologiske faktorer ("top-down kontroll") er vist øverst.



Figur 7. Planktonalger kontrolleres dels av fosfortilførsler (nederst), dels av biologiske forhold i innsjøen (øverst)

Vi vil i tillegg til reduksjon av fosfortilførslene i Østensjøvannet også anbefale en vurdering av biologiske tiltak:

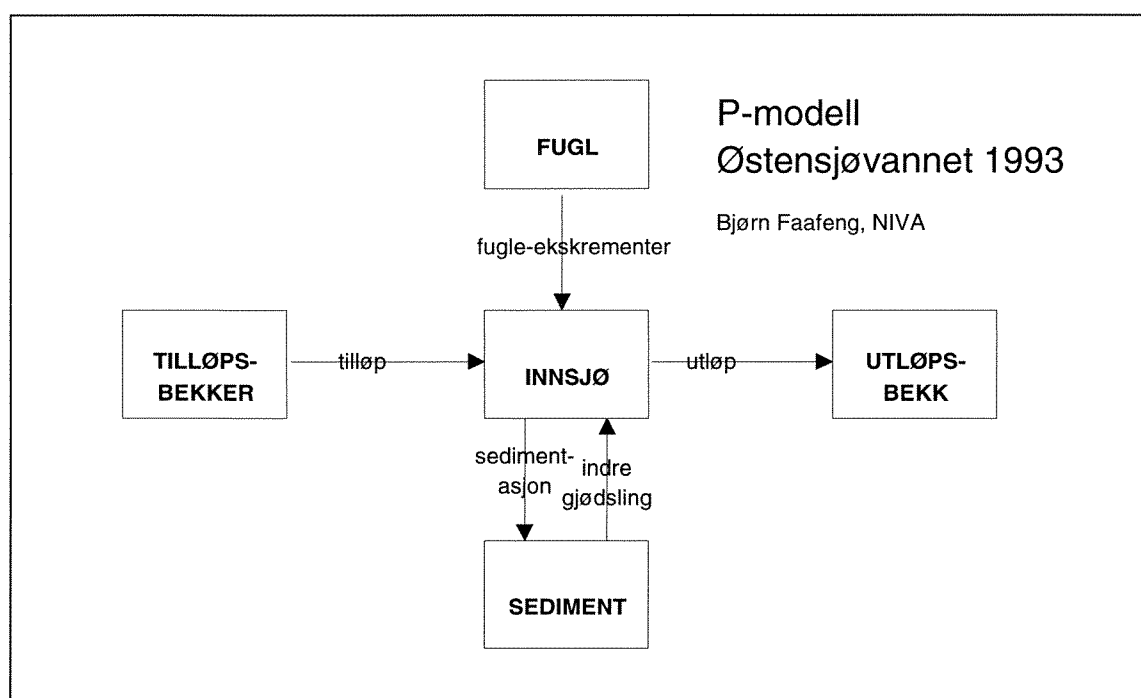
- tiltak som kan stimulere økt biologisk selvrensning. Dette gjelder:
  - (1) styrking av undervanns-vegetasjonen og
  - (2) begrensning i bestanden av karpefisk.

Denne typen tiltak, såkalt "top-down kontroll", krever grundige forundersøkelser for å sikre at de har god sjanse til å få positiv betydning i Østensjøvannet.

### Fosforomsetning - hvilke faktorer er viktige i Østensjøvannet?

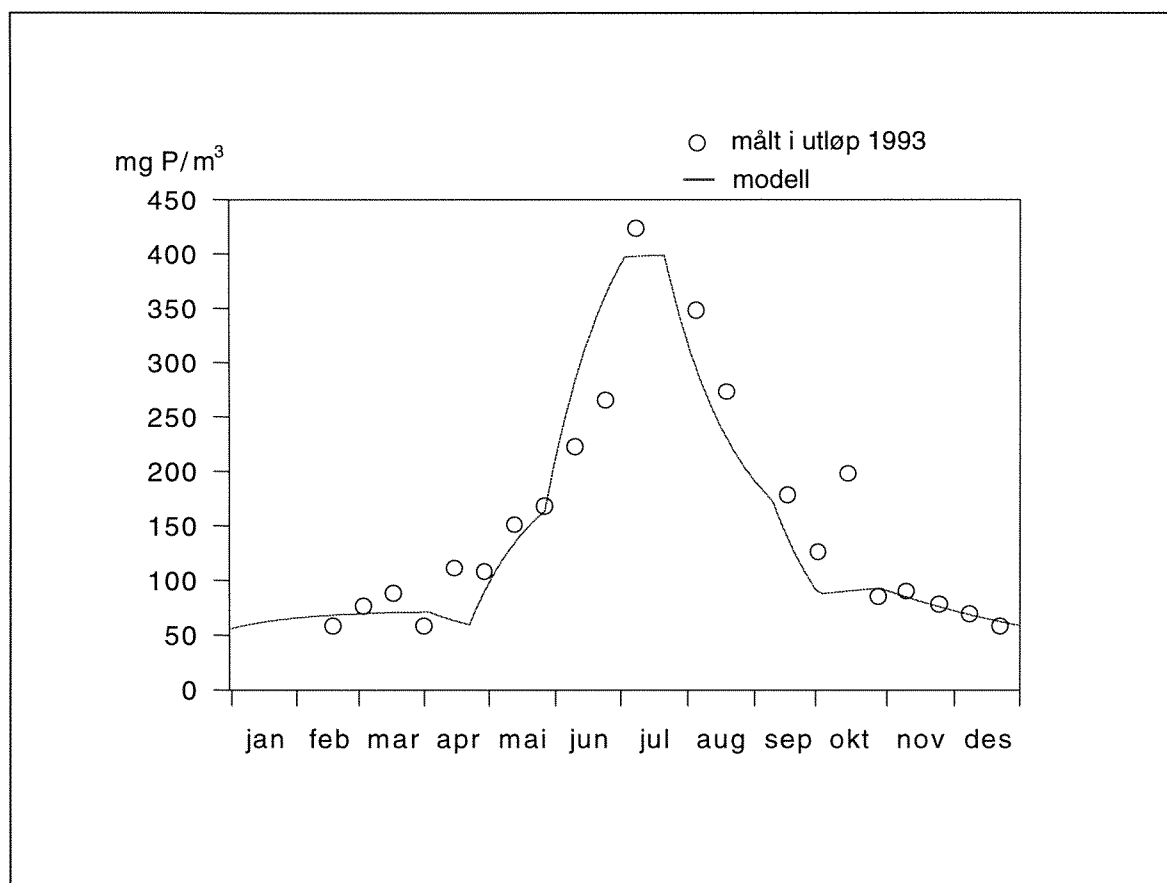
Vi har stilt sammen en enkel modell for fosforomsetning i Østensjøvannet for å kaste lys på hvilke faktorer som bestemmer fosforkonsentrasjonen i vannet. En måleserie i utløpsbekken i 1993 brukes som eksempel på hvordan fosfor-konsentrasjonene i vannet varierer gjennom et år. Typisk nok øker konsentrasjonen sterkt tidlig på sommeren for å kulminere ca. midt i juli. Deretter avtar konsentrasjonen raskt ned til utgangsnivået. Dersom en bare tar hensyn til målte tilførsler i bekkene og tap via utløpsbekken forklares bare en liten del av variasjonene gjennom året.

To andre viktige fosforkilder er derfor tatt med i en utvidet modell: tilførsler fra fugl og "indre gjødsling", dvs. lekkasje av fosfat fra det næringsrike bunnslammet, dels pga. opphvirvling ved kraftig vind og dels pga. kjemisk frigjøring ved høy pH eller lav oksygenkonsentrasjon. Fosfor kan også reaktiveres fra bunnslammet ved at fisk søker etter føde (særlig brasme, mort, karuss), men da lite er kjent om fiskebestanden i Østensjøvannet er det ikke gjort forsøk på å tallfeste dette. Fosfor tapes fra vannmassene ved at alger og andre partikler synker til bunns (sedimentasjon). Modellen er vist i figuren under.



Figur 8. Enkel fosformodell for Østensjøvannet

I modellen starter innsjøen med den målte fosforkonsentrasjonen tidlig på året 1993 (58 mgP/m<sup>3</sup>), og daglig tilføres så fosfor som målt (kvartalsvis) i tilløpsbekkene - og tapes tilsvarende i utløpet. De andre prosessene er anslått for de forskjellige årstider (fugler har f.eks. ingen betydning før 20. april). Størrelsen og tidspunkter for prosessene er justert inntil resultatet gir et tilfredsstillende bilde av den målte situasjonen. Et foreløpig resultat er vist i figuren under. Modellen gir en brukbar beskrivelse av forløpet og størrelsen av fosforkonsentrasjonen ( $r=0.8$ ). Det er foreløpig ikke gjort forsøk på å optimalisere modellen.



Figur 9. En enkel fosformodell (se figur 7) for Østensjøvannet i 1993 (heltrukket strek) sammenliknet med målte verdier i utløpsbekken (sirkler).

Modellen antyder at fugl og indre gjødsling tilsammen bidrar med ca. 800 kg fosfor pr. år, mens måleprogrammet i bekkene viser tilførsler på ca. 450 kg. Dette indikerer at en nå også bør rette oppmerksomheten på å få kvantifisert andre viktige kilder enn det som tilføres via ledningsnett.

*Tiltak for å hindre kjemisk lekkasje av fosfor fra sedimentene,  
"indre gjødsling",  
er trolig av stor betydning for å bedre vannkvaliteteten i Østensjøvannet*

Kjemisk sammensetning av sedimentet, mektighet av forurensede sedimenter i forskjellige deler av innsjøen og frigjøring av fosfor under forskjellige forhold er viktige faktorer for å tallfeste betydningen av "indre gjødsling". Aktuelle tiltak kan være fjerning av det mest forurensede sedimentet eller kjemisk behandling. Velutviklet vegetasjonsdekke vil også begrense fosforlekkasjen. Kostnader ved forskjellige typer tiltak bør utredes.

Fosformodellen som vist over kan også brukes til å teste hva som kan forventes å skje dersom forutsetningene endres. Hvordan vil f.eks. fosforkonsentrasjonen endres i Østensjøvannet dersom tilførselene halveres? Hvor mye må "indre gjødsling" reduseres for å kunne oppnå en ønsket kvalitet i innsjøen? Kan mer detaljerte observasjoner av fugl bidra til sikrere anslag for fosforbidraget gjennom sesongen?

*Modellen indikerer at det løpende overvåkingsprogrammet for Østensjøvannet også bør inneholde relativt tette måleserier av fosfor (jfr. figur 8) og evt. også av klorofyll i innsjøen.*

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3348-95.

ISBN 82-577-2878-0