

# «Historisk metode» — Nyttig verktøy i vannforvaltningen

Av Tallak Moland og Haakon Thaulow.

Moland er bygningsingeniør fra NTH 1976, Thaulow er bygningsingeniør fra NTH 1968 og M.Sc. i Civil Engineering fra University of Washington, 1974. Begge arbeider på NIVA med vannressursforvaltning som arbeidsområde.

## HVA ER «HISTORISK METODE?»

En historisk tilnærming til problemer er en viktig metode i samfunnsvitenskapen. Begrepet «man lærer av historien» er relevant, også i forurensningsspørsmål.

Vi bør kunne trekke lærdom av hvordan våre forurensede vannforekomster har utviklet seg opp gjennom årene. Slike kunnskaper bør blant annet kunne brukes til å belyse virkningen om forurensningsbegrensende tiltak ved at utslippsreduksjon på en måte «skruer tiden tilbake».

Ved systematisk å kartlegge subjektive og objektive uttrykk for hvordan forurensningstilførsler, vannkvalitet og brukerinteresser har utviklet seg i en resipient over et tidsrom, vil en kunne analysere seg frem til en sammenheng mellom tilførsler og virkning for vedkommende resipient.

En slik systematisk registrering bakover i tiden har vi valgt å kalle «den historiske metode». Den inneholder fire aktuelle angrepsvinkler hvor utviklingen bakover i tiden må studeres:

- 1) Forurensningstilførsler
- 2) Vannkvalitet og organismesamfunn
- 3) Sediment-analyser
- 4) Brukerinteresser

Metoden egner seg best for sterkt belastede resipienter hvor forverringen har skjedd over et tidsrom på maksimalt 70—80 år. I slike tilfeller er det muligheter for at enkelte resipientundersøkelser har vært foretatt. Særlig viktig er det imidlertid at et slikt tidsrom også gir mulighet for intervju-undersøkelser med nålevende personer som har kunnet følge utviklingen i resipienten på nært hold. Viktige forhold knyttet til brukerinteresser direkte kan derfor kartlegges.

Kunnskaper om resipientens utvikling og brukerinteresse er sterkt begrensede og usikkerhetsforholdene mange. Vi kan stikkordmessig nevne en del åpenbare sådanne:

1. *Forurensningstilførsler* i tiden bakover må bygge på antakelser om datidens spesifikke utslipp fra husholdning, industri og jordbruk. Opplysninger om selve aktivitetens omfang, befolkningstall, produkt-type m.v. finnes, men spesifikke forurensningsproduksjon — f.eks. utslipp av organisk stoff og fosfor fra datidens husholdning, pr. produsert enhet 30 år tilbake i tiden — må i stor grad bygge på antakelser.
2. *Vannkvalitetens* og organismesamfunne-

nes utvikling er særlig verdifull. Det foreligger imidlertid som regel svært få undersøkelser fra eldre tider. Fiskestatistikk kan gi holdepunkter, men fangstkvantum er avhengig av naturlige fluktuasjoner i fiskestammer, type fangstredskap m.v.

Metodens forutsetning om at «tiden kan skrues tilbake» er også en sannhet med modifikasjoner. Den kan være holdbar f.eks. for et utslipp av organiske stoffer i en elv, men for en innsjø eller fjord, kan mulighetene for å reversere en utvikling være begrenset. Store fjorder og innsjøer har i beste fall en lang responstid for belastningsreduksjoner som må tas i betraktning. Videre vil vannkvalitetsmålinger i en fjord influeres sterkt av når disse er tatt i forhold til når en utskiftning av dypvannet sist fant sted.

3. *Sedimentanalyser* utgjør ofte den eneste «historiebok» naturen etterlater, og kan under visse forutsetninger gi verdifulle opplysninger om en vannforekomsts utvikling.
4. *Brukerinteresser* utgjør et sentralt element i metoden. Studier av avisutklipp, intervjuer med eldre personer m.v. vil imidlertid alltid være subjektive. Usikkerhetsmomenter kan nevnes: Endret natur- og miljøbevissthet, hukkommelsessvikt, tendenser til «glorifisering av gamledager» m.v. Det er heller ingen direkte og enkel sammenheng mellom bruk av vann og vannkvalitet.

Usikkerheten ved metoden må imidlertid vurderes mot de andre angrepsmåter som anvendes for å belyse «den kritiske kunnskapsbro» i all forurensningsforvaltning; sammenhengen mellom forurensningstilførsler og virkninger i resipienten.

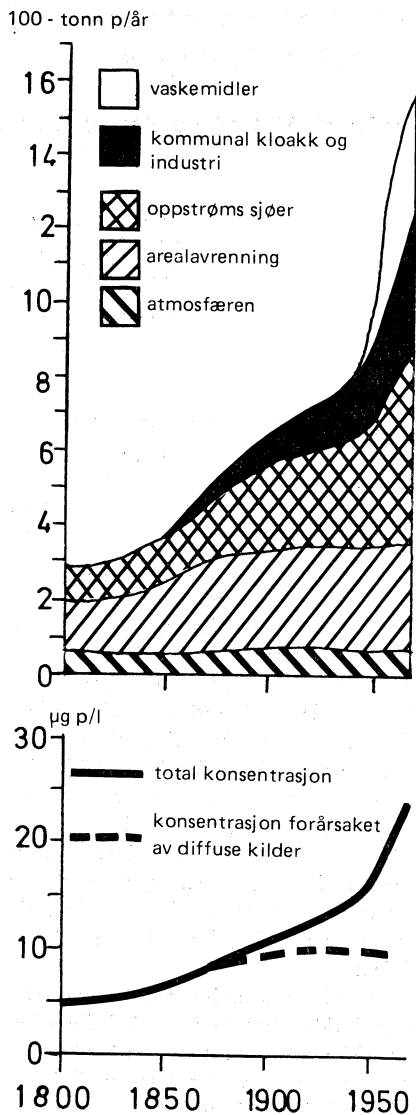


Fig. 1. Modellberegninger for tilførsler av totalfosfor. Konsentrasjon av totalfosfor i Ontariosjøen (1).

Av andre forutsigelsesmetoder kan nevnes:

- a) Kvalifisert skjønn på bakgrunn av tilstandsundersøkelser
- b) Eksperimentelle forsøk i laboratorier, f.eks. vekstforsøk med algekulturer
- c) Simulering av resipientforhold (elve-modeller i renneforsøk)
- d) Komparative modeller (f.eks. Vollenweiders belastningsmodell for eutrofiering i dype innsjøer)
- e) Matematiske kvalitetsmodeller og økosystem-modeller.

Tross usikkerhetene bør den «historiske metode» i egnede situasjoner *sammen med andre metoder* kunne bidra til et bedre kunnskapsgrunnlag for å vurdere tiltak mot forurensninger. Den form resultater vil foreligge i, bl.a. ved at brukerinteresser direkte undersøkes, vil være lett forståelig for politikere, allmennhet m.v.

Historiske tilbakeblikk er benyttet en rekke ganger i Norge, f.eks. i Mjøsa, Frierrfjorden og i SNFS-prosjektet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk).

Metoden har f.eks. vært brukt for å vurdere utsiktene for vannkvalitetsforbedringer i de store sjøene i USA/Canada. Fig. 1 viser en tilbakeskriving (hincast) av vannkvalitet (fosforkonsentrasjoner) og fosfortilførsler (splittet opp på ulike fosforkilder).

Det som kan sies å være nytt her til lands er *systematiske tilbakeblikk* innenfor alle 4 ovennevnte angrepsvinkler. Blant annet en tilfredsstillende behandling av brukerinteresser med intervjuundersøkelser krever fagkunnskaper utover de tradisjonelle fagdisipliner som arbeidet aktivt med forurensningsspørsmål.

## IDDEFJORDEN — PRØVEOMRÅDE FOR METODEN

### *Valg av prøveområde*

Forurensningssituasjonen i Iddefjorden tør være kjent. Overflatelaget er sterkt belastet med avløpsvann fra treforedlingsindustri i tillegg til avløp fra Halden by og omkringliggende kommuner. Belastningen fører bl.a. til oksygenmangel i fjordvannet, spesielt i dypvannet. Tilførsel av oksygen skjer kun ved fornyelse av dypvannet over terkslene (fig. 2) med visse mellomrom og er betinget av forholdene i ytre Oslofjord forøvrig. Oksygentilførselen til dypvannet er ikke tilstrekkelig til å balansere oksygenbehovet. Følgende er en fjord hvor naturgrunnet for fisk og akvatisk liv er sterkt forringet.

Fjorden ble valgt som prøvestudie, da den synes å oppfylle visse krav for metodens anvendbarhet:

- høy forurensningsgrad, som har utviklet seg over de siste 30—40 år
- relativt «enkel» forurensningsvirkning, idet belastningen med organiske stoffer er utslagsgivende for påvirkningen
- én kilde er dominerende for flere av forurensningsparametrene (Saugbrugsforeningen A/S)
- enkelte resipientundersøkelser i store deler av den tiden forurensningene har utviklet seg (1947, 1963, 1968).

## Resultater

### *Forurensningstilførseler*

Effekten av belastningen med organisk stoff dominerer forurensningssituasjonen i fjorden, og vi har konsentrert oss om denne parameter. I tillegg har vi sett på tilførselen av en del metaller (kadmium, kopper, kvikksølv, bly og sink), ikke fordi disse miljømessig er av stor betydning, men fordi disse kan spores i sedi-

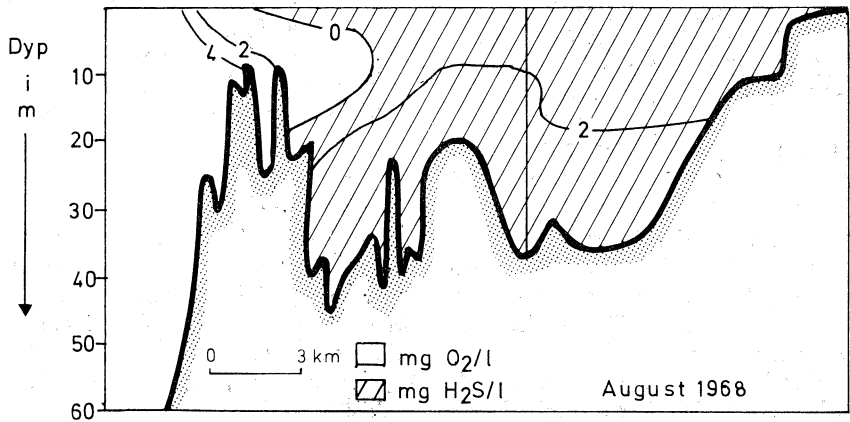
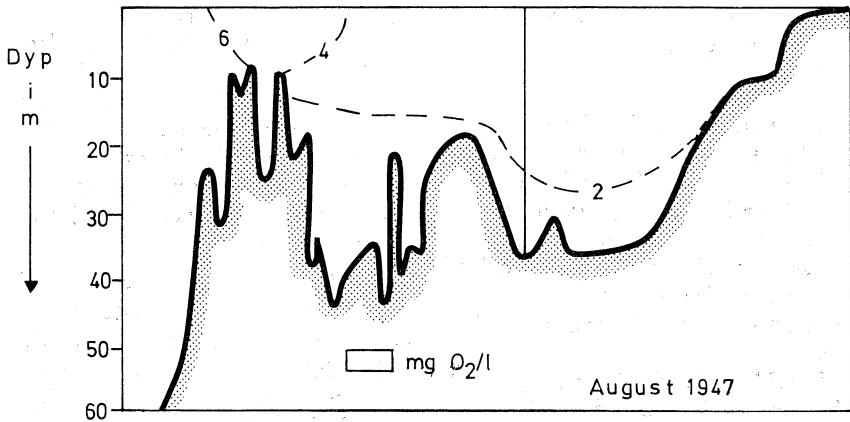
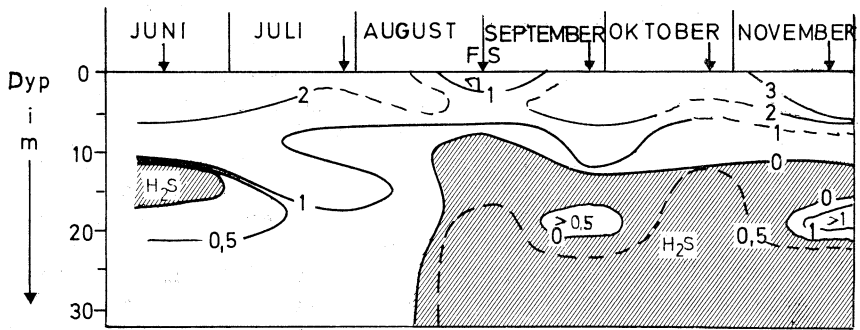


Fig. 2. Oksygen/bydrosulfid-variasjoner ved stasjon 2 1977 (2). Oksygenforhold i Iddefjorden august 1947 og august 1968.

Tabell 1. Utslipp til Iddefjorden av BOF<sub>7</sub> rundt 1974 fra forskjellige kilder.

Kilde	Tonn BOF <sub>7</sub> /år	Prosentfordeling
A/S Saugbrugsforeningen	25 000	88
Halden meieri	200	1
Halden by (kommunale tilførsler)	750	3
Tista (ovenfor Halden by)	1 510	5
Berbyelva	700	2
Nærområder	400	1
Sum	28 500	100

menter og derved teste en av metodens forutsetninger, — sammenkobling mellom tilførsler og naturtilstand bakover i tiden.

Tabell 1 viser fordelinger rundt 1974 av tilførsler av *organisk stoff* i tonn BOF<sub>7</sub>/år. Fig. 3 øverst viser totale tilførsler i perioden samt A/S Saugbrugsforeningens andel.

Tallene fra Saugbrugsforeningen A/S stammer fra bedriften. Øvrige tall er dels basert på generelle spesifikke forureningsmengder (pr. person), arealenehet, produsert melkemengde m.v.) dels på målinger i Tista.

Avgjørende er hvor nøyaktig utslipp fra Saugbrugsforeningen A/S er stipulert. De betydelige usikkerhetene for de andre kilder (12%) har langt mindre betydning.

Renseanlegget for Halden by ventes ferdig i løpet av 1978. Utslppsreduksjon antas ca. 400 tonn BOF<sub>7</sub>/år, — antatt 80% tilførsingsgrad og 60% renseeffekt med hensyn til organisk stoff. For Saugbrugsforeningen A/S er utslippskravene 90% lut-gjenvinning, bruk av magnesiumbase og et produksjonstak på 70 000 tonn cellulose pr. år. Disse tiltakene ventes å redusere utslippet til ca. 9 300 tonn BOF<sub>7</sub>/år.

For *metaller* antas utslippene fra Saug-

bruksforeningen A/S å være dominerende kilde. Kadmium, kopper og bly-utslipp kommer hovedsakelig fra kisasken. Som en grov tilnærming har vi antatt at metallinnholdet i kisasken har vært konstant. Fig. 4 viser utslippet av kisaske fra Saugbrugsforeningen A/S.

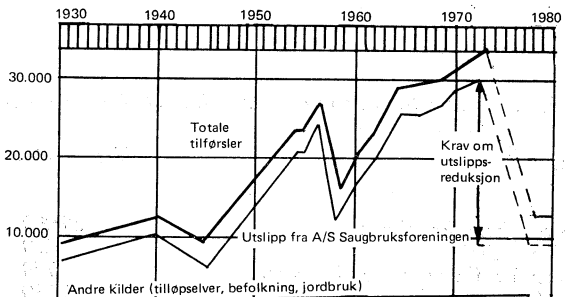
#### Vannkvalitet

De første vannprøver ble tatt 1947/48. Siden 1963 er det tatt uregelmessige prøver av ulike institusjoner.

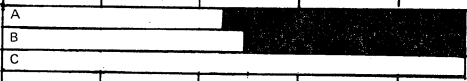
Som parametre for kvalitetsutvikling er valgt siktedyp og oksygenekvivalent som delvis reflekterer henholdsvis overflatevannskvalitet og fjordens generelle tilstand, inkludert dyplagene. Siktedypet er dessuten viktig som «rekreasjonsparametre» (bading). Oksygenforholdene er viktig for fisk og akvatisk liv i sin alminnelighet. Disse parametre er også målt i alle resipientundersøkelser.

Det er usikkerheter forbundet med direkte sammenlikning av parametre mellom ulike år. Stasjonsplasseringene er forskjellige, og dette kan gi store utslag da geografisk sett konsentrerte utslipp gir store kvalitets-gradienter. Årstidsvariasjoner er store og uregelmessige utskiftninger med vannmasser utenfor er lite

**FORURENSNINGSTILFØRSLER**  
 Utslipp av organisk stoff (tonn BOF<sub>7</sub>/år)



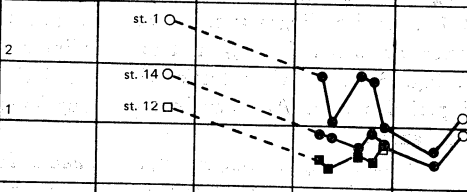
**BRUKERINTERESSER**  
 Hvit=bading skjer  
 Sort=bading opphørt  
 A=Saugøya, B=Rødnebbene,  
 C=Bakke



**FISKEFORHOLD**  
 □ Overgangsperiode  
 ■ Dårlige fiskeforhold



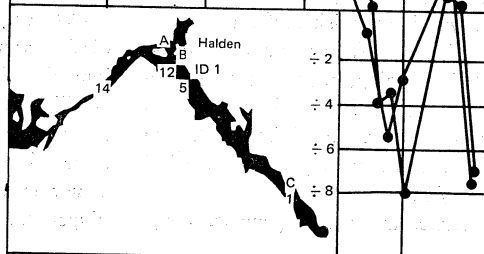
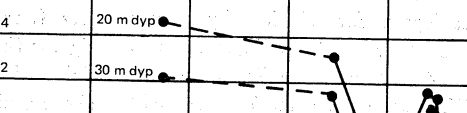
**VANNKVALITET/SEDIMENTER**  
 Siktedyp i m for 3 stasjoner i august/ september



Sedimentprøver fra st. ID 1  
 □ oksisk sediment  
 ■ anoksisk sediment



Oksygenekvivalent i mg/l for stasjon 5 i august/ september



1930 1940 1950 1960 1970 1980

Fig. 3. Historiske verdier for tilførsler, vannkvalitet, brukerinteresser i Iddefjorden.

Utslipp av kisaske fra  
A/S Saugbruksforeningen  
i tonn pr. år.

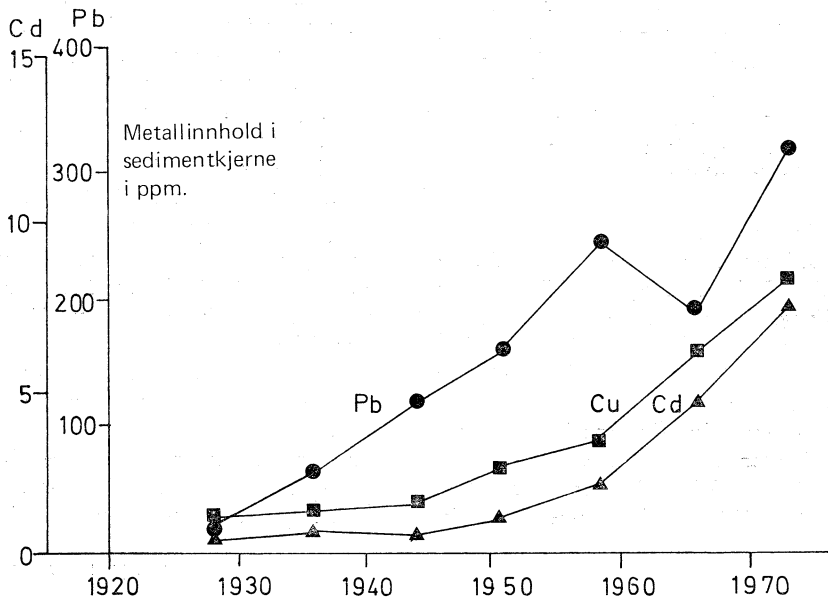
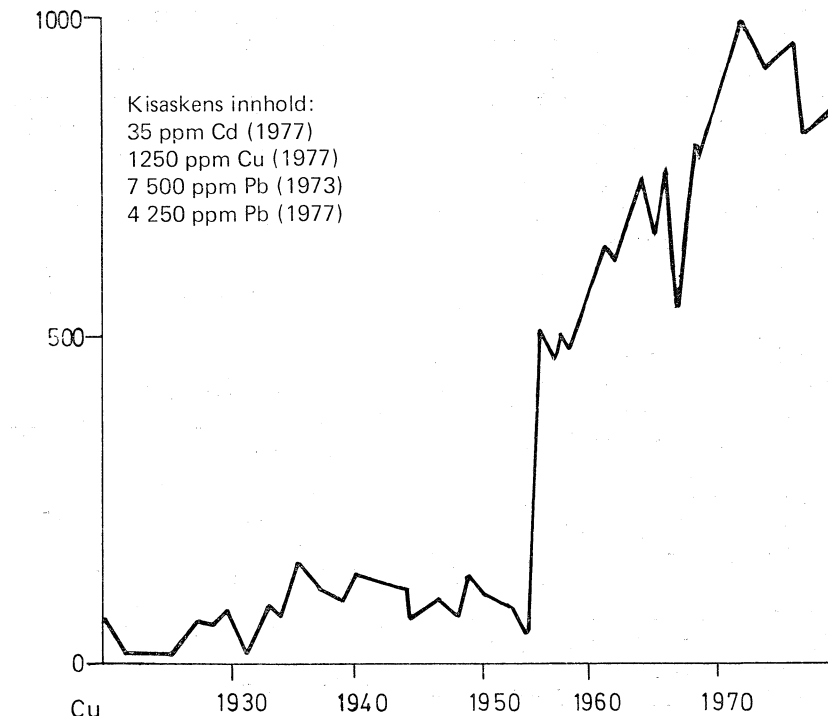


Fig. 4. Utslipp av kisaske fra A/S Saugbruksforeningen. Kopper, kadmium og blyinnhold i sedimentkjerne fra stasjon ID 1.

kjent (se fig. 2). For å redusere systematiske feil mest mulig, har vi valgt å sammenlikne målinger gjort på samme årstid fra stasjoner som ligger nær hverandre og på samme dyp.

For fjordens biologi er det foretatt undersøkelser i 1947/48 og flere år etter 1964. Materialet er imidlertid lite bearbeidet og ikke trukket inn i prøveprosjektet.

### *Brukerinteresser*

Særlig skadelidende brukerinteresser er *fiske og rekreasjon*. Fiskevariasjoner (fig. 3) bygger på undersøkelser i 1920, 1949 og 1972, fangststatistikk for laks og på intervju med et lite utvalg fiskere.

Det er stor usikkerhet i materialet, og naturlige fluktasjoner kan ikke skilles fra forurensningsutviklingen. Alt i alt tyder imidlertid opplysningene på at det var bra fiske i fjorden til midten av 1930-åra, og at det var blitt merkbart dårligere i 1945—50.

Badelivets utvikling er forsøkt grovt kartlagt, dels ved intervjuer med folk oppvokst ved fjorden, dels ved gjennomgang av Halden Arbeiderblad for sommermånedene 1950—1957. Bading synes å ha opphørt nær Halden i årene 1953—55 (fig. 3). Lenger inne i fjorden ved Bakke, har bading pågått hele tiden.

### *Sedimentanalyser*

Sedimenter er naturens egen «historiebok». I forbindelse med NIVAs overvåkingsprogram sommeren 1977 ble 7 sedimentkjerner analysert (2). En av disse ved St. ID1 (se fig. 3), ble datert etter Pb-210 metoden.

Overgang fra oksygenholdig til oksygenfrie (anoksiske) sedimenter ved stasjon ID 1 synes å ha skjedd en gang mellom 1930 og 1940. På denne tiden opptrådte

for første gang råttent bunnvann over en lengre periode.

Sedimentkjerner er analysert for metaller. Fig. 4 viser sammenhengen mellom årsutslipp av kisaske fra Saugbrugsforeningen A/S og innhold av kadmium, koppar og bly i sedimentkjernen. Kisasken fra Saugbrugsforeningen er ikke eneste kilde for disse metallene, men utslippet herfra har vært både dominerende og vist størst variasjoner i tid.

### **Diskusjon — konklusjoner**

Arbeidet er utført som et forskningsprosjekt ved NIVA med beskjedent omfang. Hensikten har primært vært å presentere metoden gjennom et eksempel.

Resultatene fra de 4 angrepsmåter kan sammenfattes og diskuteres i 2 hovedavsnitt: 1) beskrivelse og utviklingsforløp og 2) effekt av tiltak som iverksettes.

#### *Utviklingsforløp.*

1. Belastningen med organisk stoff gir seg først utslag i oksygenforholdene i fjorden. Sedimentkjernen ved stasjon ID 1 tyder på at oksygenet i bunnlagene for første gang ble brukt opp over en lengre periode mellom 1930 og 1940. De dårlige oksygenforholdene medførte at fisket fra midten av 1930-årene og utover gradvis ble dårligere.
2. En betydelig utslippssøking fant sted fra ca. 1945 til 1955; fra ca. 10 000 årstonn  $\text{BOF}_7$  rundt 1945 til ca. 27 000 tonn  $\text{BOF}_7/\text{år}$ . Fjorden synes å ha reagert kraftig på denne utslippssøking med store konsekvenser for brukerinteressene. Siktedypet i begynnelsen av perioden lå på et nivå som fremdeles «tillot» bading på badeplassene nær Halden



(Sauøya og Rødnebbene). Siktedypet som antas som en hovedindikator for hvorvidt bading skjer, antas å ha forverret seg og bidra sannsynligvis i vesentlig grad til at bading nær Halden opphørte rundt 1953-55.

Oksygenforholdene må antas å ha forverret seg i perioden. Data fra 1963, hvor belastningen lå opp mot 25 000 tonn BOF<sub>7</sub>/år og nær nivået rundt 1955, tyder på dette. Oksygenforholdene antas som hovedindikator for fiskeforholdene, og fisket fra slutten av 40-årene må betegnes som svært dårlige.

3. Fra 1962—63 til 1972—73 skjer en ytterligere forverring. Belastningen når et høydepunkt; oppmot 34 000 tonn BOF<sub>7</sub>/år. Siktedypet og oksygenmålinger viser en ytterligere fallende tendens. Forverringen er imidlertid relativt mindre enn i perioden fram til ca. 1955, p.g.a. det allerede høye belastningsnivået i fjorden.

4. For perioden etter 1972-73, hvor total belastning minker, p.g.a. trinnvise reduksjoner fra A/S Saugbrugsforeningen, har vi ingen sikre indikasjoner på merkbare forbedringer, (med unntak av undersøkelser ved en 3 ukers driftstans sommeren/høsten 1975). (3).

5. Kopper, kadmium og blyinnholdet i sedimentkjernen ved stasjon ID 1 utenfor Halden viser en klar økende tendens mot overflaten som gjenspiller økningen i utslipp fra den dominerende metallkilde; kisaske fra A/S Saugbrugsforeningen. Særlig er det god tidsmessig korrelasjon mellom utslipp og sedimentinnhold for kopper og kadmiums vedkommende. Metallanalyser av sedimentene er ikke trukket inn i de miljømessige vurderingene, men tjener først og fremst til å belyse den historiske

sammenligning mellom forurensningstilførsler og fjordens naturtilstand slik denne er «lagret» i sedimentene.

#### *Virkning av tiltak.*

Den historiske metodes viktigste bruksområde gjelder forutsigelsen av effekten av tiltak. Prosjektets beskjedne omfang gjør at nedenstående vurderinger bør underbygges videre. Spesielt interessant for metodens anvendbarhet i dette tilfellet blir resultater av den overvåking av vannkvaliteten i Iddefjorden som allerede er i gang. Denne vil følge utviklingen i fjorden etterhvert som tiltak blir iverksatt og belastningen reduseres. Belastningen vil i løpet av 1978 bli redusert til underkant av 13 000 årstonn BOF tilsvarende belastningsområdet på slutten av 40-tallet. Om virkningene av reduksjonene på fjorden og brukerinteressene der, kan sies:

1. Fjorden vil etter en viss responstid innstille seg på en ny «gjennomsnittssituasjon». Forholdene vil bli vesentlig bedre enn de er i dag. Siktedypet vil øke i overflatelagene. Bedringen vil være større jo lengre unna Halden siktedypet måles. Oksygenforholdene vil også bli vesentlig bedre, men råttent vann vil sannsynligvis fremdeles forekomme i store deler av fjorden i perioder mellom utskiftning av dyplagene.

2. Fjorden vil sannsynligvis bli ført tilbake til et belastningsområde hvor både utslippsendringer og de naturlige vannutskiftninger vil gi seg relativt større utslag i vannkvaliteten enn tilfellet er i dag, både hva siktedyp og oksygenforhold angår. Særlig oksygenforholdene vil variere i større grad. Bl.a. vil perioder med relativt gode forhold etter utskiftninger av dyplagene bli lengre.

3. For forholdene utenfor fjordmunningen, områder med store friluftsinnteresser, kan ventes betydelige forbedringer ved tiltakene. Forbedringene vil her imidlertid også være delvis betinget av at forurensningene fra Glomma reduseres.
4. Fjordens responstid på tiltakene vil være relativt rask for overflatevannet målt ved siktedypet. Undersøkelsen etter driftsstans i 1975 (3) viste at responstiden for siktedyp og lignininnhold var i størrelsesorden noen dager. Responstiden for innstilling av og «likevekt» i dyplagene vil være vesentlig lengre. Det kan nevnes at i den svenske Gullmarsfjord på vestkysten tok det 5—6 år før bunnfaunaen var helt restaurert etter at en treforedlingsbedrift som tidligere forårsaket råttent bunnvann i denne fjorden ble nedlagt (4).
5. Effekten på brukerinteressene i fjorden er meget usikker. Det er imidlertid lite sannsynlig at det tidligere gode fisket (før ca. 1935) blir restaurert. Hva badeliv angår er forholdene usikre. Selv om vannkvaliteten vil tilsvare en periode hvor det ennå ble badet ved Sauøya og Rødnebbene, er det svært usikkert hvorvidt bading vil bli gjenopp-

tatt. Høyere krav til vannkvalitet, bedre transportmuligheter til ytre fjordområder, en innarbeidet «motvilje» mot bading i Iddefjorden m.v. er forhold som gjør dette spørsmål spesielt vanskelig å besvare. Avgjørende er også myndighetenes eventuelle tilretteleggelse av bademulighetene.

#### REFERANSER

- (1) *Chapra, Steven C.*: «Total Phosphorous Model for Great Lakes.» Journal of the Environmental Engineering Division. Vol. 103, April 1977.
- (2) *NIVA*: «Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977». 0-38/75 (under publisering), 1978.
- (3) *NIVA*: «Endringer i sammensetningen av overflatevannet i Iddefjorden sommeren og høsten 1975 i forbindelse med produksjonsstopp ved Saugbruksforeningen, Halden.» 0-67/75. 1976.
- (4) *Fonselius, Stig H.*: «Eutrophication and other Pollution Effects in North European Waters». Meddelande från Havfiskelaboratoriet, Lysekil, nr. 202, 1976.