

# Skisse til program for regionale undersøkelser av miljøgifter i det aquatiske miljø

Av Jon Knutzen

Jon Knutzen er cand.real med hovedfag marin biologi.  
Han er ansatt som forsker på NIVA.

## 1. Det finnes ingen faglig begrunnelse for å minske aktiviteten på overvåking av miljøgifter i norske vannforekomster.

Opprinnelig var det meningen at det statlige program for overvåking av forurensninger i vann skulle bygges opp gjennom en 5-års periode fra 1980—81 til å omfatte i alt ca. 100 vannforekomster, fjorder og ferskvann. For 1983 er det av økonomiske grunner foretatt en nedskjæring av de statlige bevilgninger. Isteden har man siktet mot at industri og kommuner skulle bidra forholdsmessig mer enn tidligere. Netto-resultatet for grunnlagsundersøkelser og rutineovervåking blir en svak nedgang fra forrige år. Følgelig blir oppbyggingen av det statlige program for overvåking av vannforurensninger forsinket.

Spørsmålet om behovet for å minske veksten i de offentlige utgifter skal selvfølgelig ikke diskuteres her. Imidlertid blir det da også lett en tendens til at de bevilgende myndigheter, delvis også forvaltningsorganene, forsøker å gi faglige argumenter for den stagnerende aktivitet. Dette savner grunnlag og årsaken burde være enkelt å se:

Som industrialisert land har Norge de samme problemer med miljøgifter som andre. Dessuten kommer disse stoffene i

stor grad via atmosfæren. Følgelig har vi i prinsippet det samme forskningsbehov. Det blir bare vanskeligere å velge arbeidsoppgaver når ens innsats bare kan bli i størrelsesorden prosent av den totale innsats på feltet i verden.

Alt det vi ikke vet på området miljøgifter i vann, men burde vite for en betryggende vannressursforvaltning, er redegjort for på et nylig avholdt miljøgiftseminar i regi av Norsk Limnologforening (Knutzen, 1983). Myndighetene bør ikke være i tvil om at en rekke verdige forskningsoppgaver er udekket.

I denne artikkelen skal det bare redigjøres nærmere for en av disse oppgavene; neppe blant de viktigste, men verdig nok. Som antydnet i overskriften dreier det seg om en skisse, ment som et diskusjonsunderlag og mulig planleggingselement for forvaltningsmyndighetene.

## 2. Bakgrunnen er: Finner det sted en snikforurensning av våre omgivelser?

I tilfellet:

- i hvilken grad og ved hvilke stoffer?
- hva kan konsekvensene være?
- hvor stor risiko er det for at konsekvensene skal inntreffe?

Hvorvidt regionale undersøkelser skal anses nødvendig/ønskelig, avhenger av hvordan ovenstående spørsmål bedømmes. Foreløpig må vurderingene bli spekulative pga manglende kunnskaper. Det kan med en viss rett hevdes at det som foregår er et globalt eksperiment under ukontrollerte betingelser.

Det er dokumentert at eksperimentet har medført verdensomspennende spredning og regionale konsentrasjonsøkninger av flere miljøgifter (klorerte hydrokarboner, metaller, kanskje særlig bly, og PAH). Regionalt utbredte skader på den levende natur er det imidlertid bare de klorerte hydrokarboner som har forårsaket (Konsentrasjonsøkning i planter og dyr, uten andre påvisbare følger, regnes da ikke som «skade», men dette er i realiteten et definisjonsspørsmål). Likevel er det fullt mulig at skader har skjedd. Vi vet f.eks. for lite om årsakene til bestandsfluktuasjoner til å utelukke at miljøgifter kan spille en rolle. Systematiske langtids- og livssyklus tester med et bredt utvalg av arter kan slik sett utgjøre et eget program som supplement til de regionale registreringer.

De hygieniske og veterinærmedisinske sider av saken er uoversiktlige, bl.a. fordi det er meget omdiskutert hvor mye kreftfremkallende stoffer og andre miljøgifter som kan tillates i mat. Usikkerheten kan illustreres ved bl.a.:

- Spørsmålet om sikker nedre dose for kreftfremkallende stoffer er ikke avklart, hverken i prinsippet eller for de enkelte stoffer.
- Forskjellige øvre grenser er i ulike land gjort gjeldende for kvikksølv i mat (1,0 mg/kg, 0,5 mg/kg, sist 0,3 mg/kg i henhold til EF-direktiver).

- Manglende samsvar mellom høyt naturlig kvikksølvinnhold i en del meget brukt mat — f.eks. tunfisk — og ovennevnte grenseverdier. (Er kravene til Hg-innhold i en del marine fisk unødvendig strenge?)
- I mange land, bl.a. Norge, mangler grenseverdier for f.eks. kadmium, bly og fluor i næringsmidler og fôr. (Imidlertid er forslag til grenseverdier for bly og kadmium nå til vurdering i Helsedirektoratet).
- Mange spiselige marine organismer har naturlig høyt kadmiuminnhold; så høyt at det i ovennevnte forslag er egen grense for sjømat — mer enn 10 ganger over den ordinære grensen. Et tilsvarende dilemma kan oppstå i relasjon til bly, hvis indikasjonene på at barn er mer ømfintlige enn voksne viser seg å være riktige (og nåværende WHO-anbefalinger dermed burde være strengere.)
- Marine dyr og tang kan ha høyt naturlig innhold av fluor. Krill har f.eks. vist å inneholde så mye fluor at arten sannsynligvis ikke lenger er aktuell som en mulig viktig proteinkilde for mennesker.

Hvis ikke spredningen av miljøgifter hurtig blir bedre kontrollert og begrenset, er det også en begrunnelse for regionale undersøkelser at kommende generasjoner kan komme til å få god bruk for resultatene (eksempelvis ved bruk av den historiske metode for å bestemme miljøkvalitetsnormer). Selvfølgelig vil slike data også være nyttige som referanseinformasjon for dagens overvåking, som i det vesentlige er konsentrert om lokale problemområder. Konklusjonen på dette er at regionale miljøgiftundersøkelser antagelig

ikke kan betegnes som en hastesak, men at det vil tilveiebringe data som vil kunne anvendes praktisk i en rekke forvaltnings-sammenhenger både nå og i fremtiden. Den viktigste betenkeligheten er at natur-betingede variasjoner og ofte utilstrekke-lig metodikk vil medføre en usikkerhet som bare delvis lar seg kvantifisere.

### **3. Kildene er både lokale og globale. Atmosfærisk tilførsel er ikke kvantifisert og direkte utslipp dårlig nok.**

Som utgangspunkt for et registrerings-program kan det være nyttig å se på hvordan de forskjellige miljøgifter kommer til vannforekomstene. Herunder vil det også fremgå hvor lite kvantitative opplysninger man har.

#### *Klorerte hydrokarboner:*

Vesentlig ved atmosfærisk nedfall, få kjente punktkilder, bortsett fra befolk-nings- og industrisentra og muligens søp-pelfyllinger. Noen punktkilder langs kys-ten.

#### *Øvrige klororganiske forbindelser:*

En del punktkilder, som for det meste er dårlig eller utilstrekkelig kvantifisert (blekeriavløp, klorert kjølevann og drikke-vann). Atmosfærisk tilførsel er ikke kvan-tifisert, men må antas å være den mest betydelig kilde, bortsett fra et par blekeri-avløp.

#### *Polysykliske aromatiske hydrokarboner og beslektede forbindelser:*

Det er betydelig atmosfærisk tilførsel som ikke er kvantifisert. Nedfall fra lokale kilder (aluminiumsindustri o.a.) kan være av stor betydning for PAH-forekomster i nærliggende vassdrag (ikke undersøkt,

men av stor relevans for krav til rensing av direkte vannutslipp). Enkelte store industrikilder har direkte vannutslipp, særlig i fjorder. Avrenning fra tettsteder og industrisentra kan muligens være be-tydelig.

#### *Metaller.*

Betydelig atmosfærisk tilførsel av en-kelte metaller, f.eks. bly, sannsynligvis også kvikksølv, kadmium, sink o.a. Gan-ske mange steder med til dels stor be-lastning med Cu, Zn, Cd o.a. fra igang-værende og eldre gruveindustri. Avren-ning fra tettsteder gir sannsynligvis be-tydelig blybelastning. En del fjorder mot-tar betydelige metallmengder fra smelte-verk og annen industri; dessuten ved av-gang fra gruveopprenningsverk.

#### *Fluor.*

Muligens en del global atmosfærisk belastning (ikke undersøkt?). Lokalt ned-fall fra aluminiumsindustri (av marginal betydning i vann?) Direkte utslipp fra aluminiumsbedrifter og kunstgjødselin-dustri til en del saltvannsresipienter.

### **4. Flere elementer i det vandige miljø bør analyseres.**

Når forekomsten skal undersøkes, er det i utgangspunktet en fordel å få re-gistrert konsentrasjonene i ulike deler av det vandige miljø (vann, sedimenter, organismer). Dette gir opplysninger om spredningsveier og lagre, og et på flere måter bedre grunnlag for å bedømme konsekvensene enn ved bare å analysere på f.eks. vann. Indikatororganismer er fordelaktige både ved (tilnærmet) å re-flektere miljøgiftenes midlere forekomst i det omgivende vannet og kan også gi

opplysninger av hygienisk interesse (ved bruk av fisk og andre spiselige organismer). I ferskvann er det moser og høyere planter og fisk som er de mest aktuelle organismegrupper, henholdsvis som indikator for metaller og for klororganiske forbindelser og kvikksølv. (Presumptivt velguede indikatorgrupper som snegler og muslinger vil ofte mangle i sure vann typer). I saltvann er en rekke indikatorarter fra forskjellige grupper som regel tilgjengelige for indikatorbruk, unntatt i de mest ferskvannspåvirkede miljøene.

### 5. Metallenes tilstandsform er viktig, men dårlig dekket.

Hittil er det nesten bare analysert på totalinnholdet. Filtrering med henblikk på å sondre mellom partikulært bundet og «oppløst» reiser metodiske problemer og praktiske vanskeligheter. For å få pålitelige resultater kreves et omhyggelig opplegg og nitid prøvetaking (kontaminasjonsfare). Det er også et spørsmål om det finnes utstyr og innarbeidet prøvetakingsmetodikk i Norge til å detektere de lave nivåer av enkelte aktuelle metaller (kvikksølv, kadmium, bly). Det kan i hvertfall slås fast at sondring mellom partikkelbundet og oppløst metall vil bli vesentlig dyrere enn bare analyser på totalinnholdet.

Betydningen av metallenes tilstandsform ligger i forskjellig grad av mobilitet, tilgjengelighet for opptak i organismer og giftighet. Fellet representerer et eksempel på en viktig forskningsoppgave som ikke hører inn under et overvåkings- eller registreringsprogram, men som det er nødvendig å få belyst bedre hvis man ønsker en mer betryggende og fremtidsrettet forvaltning.

### 6 Ferskvannsprogram

Bortsett fra SNSF-undersøkelser i 1974 og 1975 av henholdsvis 100 og vel 50 (av de samme) innsjøer på vannets totalinnhold av bl.a. bly, kadmium, jern og sink er det ikke gjort egentlige regionale studier av miljøgifters opptreden i norsk overflatevann. De vel 100 innsjøene fra 1974 var forøvrig et spesielt utvalg av lokaliteter (fortrinnsvis bare utsatt for atmosfærisk forurensning). Resten av opplysningene er spredte data, vesentlig knyttet til akutte forurensningssituasjoner.

Den statlige overvåking av forurensing omfatter bl.a. et regionalt opplegg for å følge utviklingen i innsjøer. I tillegg til ca. 50 av innsjøene fra de nevnte 1974—75 undersøkelsene, er det valgt ut ca. 40 større innsjøer, som besøkes en gang pr. år (vinteren). Imidlertid omfatter programmet bare forurningsrelevante variable. Det vil være forholdsmessig enkelt å skjote på prøveinnsamling av vann til miljøgiftanalyse, i hvertfall for totalinnhold av utvalgte metaller.

Imidlertid vil det være behov for å øke antall vannforekomster noe utover dette, for å få en del innsjøer av ulike kategorier representert (høyfjell/lavland, saltfattig/relativt saltrike, leirpåvirkning, humuspåvirkning, «uberørte»/belastede, store dype/små grunne, geografisk spredning). Men et totalantall på ca. 150 burde være tilstrekkelig for å dekke de aktuelle hovedkategoriene.

Med et visst forbehold for PAH vil det ikke ha noen hensikt å analysere organiske miljøgifter direkte i vann. For elver gjelder dette også metaller (med mindre man har anledning til å samle mange prøver over året). Følgelig må man satse på analyse av sedimenter (innsjøer) og/eller indikatorarter (både innsjøer og

elver). Muligens bortsett fra fisk kan det bli vanskelig både å velge ut og få tak i egnede indikatorarter. Dels er organismenes indikatorregenskaper utilstrekkelig kjent, dels har de aktuelle arter/grupper så ujevn utbredelse at det kan bli vanskelig å finne noen som er felles for alle eller mange av lokalitetene. Dette er en alvorlig vanskelighet for sammenligning av nivåer ulike steder, men er av mindre betydning for det andre hovedmålet: å følge utviklingen over tid.

### Programskisse

#### Vannanalyser

##### Lokaliteter:

ca. 150 innsjøer, 1 prøve fra hver.

##### Variable:

totalinnhold av Hg, Cd, Pb, subsidiært også Zn, Cu (alternativt også sonde mellom partikkelbundet og oppløst)

##### Frekvens:

Hvert år.

##### Tid:

På slutten av høstsirkulasjonen.

#### Sedimenter

##### Lokaliteter:

ca. 150 innsjøer. 1 prøve fra hver, øvre 0—2 cm. Verdikalprofil i ca. 10 uberørte innsjøer (0—2, 2—4, 4—6, 6—8, 8—10, 10—15 og 15—20 cm).

##### Variable:

Pb, Cd, Hg, (Zn, Cu), PAH, PCB, DDT, HCB, toxaphen, o.l., ekstraherbart organisk bundet persistent klor (EOCl), organisk stoff (nødvendig støtteinformasjon).

##### Frekvens:

Hvert 10. år.

### Bemerkninger:

Praktisk vil det være en fordel å satse på de samme innsjøene som ved vannanalyser. Dette har også verdi ved at resultatene supplerer hverandre. Men forøvrig kan sedimentanalyser stille spesielle krav til utvelgelsen av lokaliteter (aerobt/periodisk anaerobt bunnvann, sedimentkarakterer m.h.t. kornstørrelse, humuspåvirkning).

#### Moser/Høyere planter

##### Lokaliteter:

De av ovennevnte innsjøer som har egnede bestander av indikatormoser (*Sphagnum*, *Fontinalis*) eller høyere planter, dessuten ca. 150 elvelokaliteter (*Fontinalis*, *Hygrohypnum*).

##### Variable:

Hg, Pb, Cd, Zn, Cu, Fe (de tre sistnevnte vesentlig pga relevans for gruveforurensning).

##### Frekvens:

Hvert 5. år.

##### Bemerkninger:

På 30—40 lokaliteter bør to eller flere arter analyseres for å få sammenlignet deres indikatorregenskaper.

*Fisk (En eller hvis mulig flere av gjedde, ørret, abbor)*

##### Lokaliteter:

Utvalg på ca. 10—20 av overnevnte innsjøer som vesentlig berøres av atmosfærisk belastning pluss 10—20 lavlandsinnsjøer med forskjellig produktivitet.

##### Variable:

$\Sigma$  DDT, PCB, HCB, toxaphen o.l., EOCl, Hg, Cd, Pb.

## Prøver:

20—25 enkeltfisk av ulik alder blandes til 2 parallellprøver og analyseres på filet (klororganiske, Hg, Cd, Pb) og lever (klororganiske, Cd). Bestemmelse på våtvekst- og fettbasis (sistnevnte bare for klororganiske).

## Bemerkninger:

Særlig fra «uberørte» vannforekomster er det viktig å analysere på mer enn en art (referanseverdier). Egentlig burde fiskene analyseres enkeltvis, men både analyseomkostninger (ca. 5—6 mill. kr.) og kapasitet (1500—2000 prøver) gjør dette vanskelig.

## Andre indikatorarter

Bl.a. til PAH-registreringer ville muslinger og snegl være velegnet å bruke, men utbredelsen av disse grupper er begrenset til ikke for surt vann (i praksis ingen særlig forekomst under pH ~ 6,0). Følgelig vil det være vanskelig å få noe fullt regionalt bilde av miljøgifters utbredelse ved å bruke organismer fra disse grupper for indikatorformål. Men for en del innsjøer og elver burde kartleggingen suppleres med analyse av særlig PAH, men også klororganiske forbindelser og metaller i muslinger eller snegl, fortrinnsvis de førstnevnte.

## 7. Saltvannsprogram

Som enderesipient er det i utgangspunktet aktuelt å registrere samtlige miljøgifter i forskjellige deler av særlig de kystnære marine omgivelser. I likhet med i ferskvann mangler man imidlertid resultater fra regionale registreringer (bortsett fra Havforskningsinstituttets kartlegging av olje/tjære-klumper på en del faste snitt). Årsaken er at man har vurdert

det som viktigere å få kartlagt forholdene rundt større punktutslipp. Undersøkelser i åpenbare problem- og konfliktområder utgjør det vesentlige av virksomheten innen Statlig program for forurensningsovervåking. I dette arbeidet har man behov for et sammenligningsmateriale i form av data fra «uberørte områder». Slike referansedata har hittil vært skaffet ved å strekke feltobservasjonene ut i så lang avstand fra utslippene at påvirkningen ikke lenger er registrerbar (med nåværende kunnskaper og rutinemetoder).

Av dette følger at det heller ikke i saltvann kan sies å være noe akutt behov for regionale undersøkelser av miljøgifters utbredelse — kanskje bortsett fra snikforurensningsaspektet. Imidlertid har vi ofte utilstrekkelige kunnskaper om f.eks. normalvariasjonen i metallinnhold og årsakene til naturbetingede variasjoner. Dette medfører en uønsket usikkerhet ved bedømmelse av data fra resipientundersøkelser.

Regionale undersøkelser av miljøgiftkonsentrasjoner i vann anses lite formålstjenlig. Vannanalyser kan være aktuelle nær punktkilder, men bortfaller i et regionalt opplegg for å tilveiebringe referansedata.

Selv om det kunne være ønskelig med dekning av et stort antall lokaliteter, er dette neppe påkrevet for alle variable og alle medier. Siden en vesentlig del av den diffuse belastning kommer via landavrenning, og vann transportert gjennom Nordsjøen og ved brakkvann fra Østersjøen, kan det satses på et mindre antall representative lokaliteter langs kysten. Påvirkning fra den baltiske strømmen kan dekkes ved 4 skjærgårdsstasjoner (1 i Østfold, 1 i Vestfold, 2 langs Sørlandskysten); kyststrømmene forøvrig ved 4 stasjoner på strekningen Rogaland-Trøndelag og

Golfstrømmen ved 3 stasjoner i Nord-Norge).

Påvirkning primært gjennom ferskvannsavrenning fra norsk landområde kan dekkes ved et tilsvarende antall *inneskjærs* lokaliteter som er mest mulig uberørt av punktkilder (4 stasjoner på Østlandet/Sørlandet, 4 stasjoner på Vestlandet opp til Trøndelag og 3 stasjoner i Nord-Norge).

For disse «kjernestasjoner» i programmet samles inn:

- 20—25 *torsk og/eller skrubbe* til blandprøveanalyse (1 parallell) på  $\Sigma$ DDT, PCB, toxaphen, HCB o.l., ekstraherbart organisk bundet persistent klor i filet og lever, dessuten kvikksølv og bly i bare fileten, og kadmium bare i lever, i alt ca. 150 prøver til analyse på klororganiske forbindelser og kadmium og ca. 70 prøver til analyse på Hg og Pb. (For trendanalyse bør egentlig hver fisk analyseres for seg etter måling og veiing, men det vil 10-doble analysebudsjettet.)
- 50 blåskjell og/eller 10 albueskjell, alternativt ~ 10 oskjell til blandprøve som analyseres på de samme variable, pluss PAH, fluor og flere metaller, (dvs. også Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Ag, Fe, Mn); i alt ca. 40 prøver x 3. (For trendanalyser bør blåskjellene grupperes i to eller helst flere størrelsesintervaller før analyse).
- Grisetang, alternativt blæretang eller sagtang som analyseres på de samme metaller som muslinger/snegl, i alt ca. 25 prøver, dessuten på fluorinnhold.

I tillegg til dette kjerneprogrammet for biologiske indikatorer er det ønskelig med tettere geografisk og økologisk dekning. Kjerneprogrammet bør derfor sup-

pleres med ca. 100 inneskjærs blåskjell- og tangstasjoner. I prinsippet kan disse fordeles langs hele kysten, men mer vesentlig er det å få prøver fra områder som representerer noe forskjellig vekst- og miljøforhold (saltholdighet, humusinnhold, partikkelinnhold). Organismene analyseres på de samme variable som nevnt ovenfor. Suppleringsprogrammet skulle bli på ca. 100 x 3 blåskjellprøver og ca. 150—200 tangprøver (1—2 arter fra hver lokalitet).

Foruten analyse av biologiske indikatorer trengs *sedimentanalyser*. Ca. 100—150 fjordlokaliteter eller kystnære stasjoner velges ut på grunnlag av en forutgående gruppering etter topografiske og andre avgjørende forhold (aerobt/anaerobt, sedimentpartikkelens størrelsesfordeling, innhold av organisk stoff, ferskvannspåvirkning, geologi i nedbørfeltet). 0—2 cm overflateprøver analyseres på de nevnte klororganiske komponenter, metaller, PAH og fluor. I et utvalg på ca. 10 stasjoner analyseres i flere sjikt (f.eks. 0—2, 2—4, 4—6, 6—8, 8—10, 10—15, og 15—20 cm).

Frekvensen for saltvannsprogrammet: Hvert 10. år for sedimentanalyse, for øvrig hvert 5. år.

## 8. Omkostninger

Det er bare analyseomkostningene som noenlunde lett lar seg beregne, fordi øvrige utgifter avhenger av mange forskjellige forhold (bl.a. hvordan feltarbeidet gjøres og av hvem).

For så vidt kan noe av den samme usikkerhet gjelde analyseomkostninger, men det er i nedenstående overslag regnet med priser fra oppdragsinstitutter.

Hvis man gjør følgende forutsetninger:

- årlige metallanalyser i ferskvannsforkomstene
- analyse av indikatorarter hvert 5te år
- sedimentanalyser hvert 10. år,

lar de *midlere årlige analyseomkostninger* innen hver 10-års periode seg anslå til omkring 1.3 mill. kr.

Antas videre ut fra erfaringstall at analyseomkostningene utgjør ca. 1/3 av de totale omkostningene (inkl. reiser, transport, feltarbeid, bearbeidelser og rapportering), skulle midlere utgifter til det ovenfor skisserte program bli ca. 4 mill. kr. pr. år. Hvis man innskrenker analysene av vann til hvert 2. år, skulle årsutgiftene reduseres til under 2.5 mill. kr. pr. år i 10-års perioden.

#### Henvisninger

*Knutzen, J., 1983. Innledning ved Norsk Limnologforenings SEMINAR OM MILJØGIFTER I AKVATISKE ØKOSYSTEM-ØKOLOGISK FOKUSERING, Oslo, 7.3 1983. (Under trykking).*