

0- ARKIV  
EKSEMPLAR

80003  
15 3



1836  
Statlig program for  
forurensningsovervåking

Rapport 219/86

Oppdragsgiver

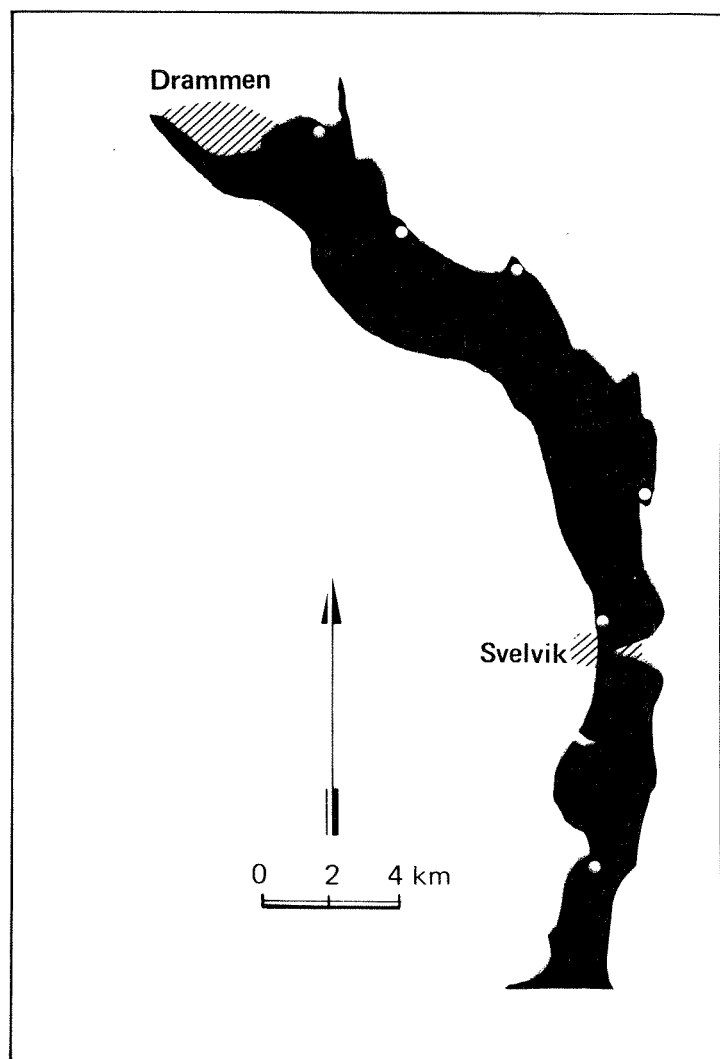
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

# Basisundersøkelse i Drammens- fjorden 1982-1984

Delrapport 5:  
Miljøgifter i  
organismer





## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)  
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)  
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)  
Norsk institutt for luftforskning (NILU)  
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)  
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor      Sørlandsavdelingen      Østlandsavdelingen      Vestlandsavdelingen  
Postboks 333      Grooseveien 36      Rute 866      Breiviken 2  
0314 Oslo 3      4890 Grimstad      2312 Ottestad      5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (02)23 52 80      Telefon (041)43 033      Telefon (065)76 752      Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	8000315
Undernummer:	3
Løpenummer:	1836
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: Basisundersøkelse i Drammensfjorden Delrapport 5: Miljøgifter i organismer  (Overvåkingsrapport nr. 219/86 )	Dato: 8. april 1986
Forfatter (e):  Jon Knutzen Stig Hvoslef Lars Kirkerud	Rapportnr. 0-8000315
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag): 23

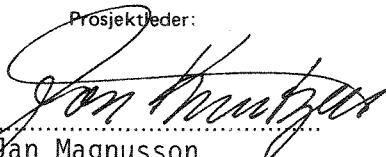
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------


Ekstrakt:

Analyse av lever av torsk fra indre del av Drammensfjorden viste høyt innhold av PCB og andre klorerte hydrokarboner. Det var også markert forhøyet innhold av kvikksølv i fileten av torsk og abbor. Andre arter av fisk fra samme område hadde moderat innhold av miljøgifter. Innholdet av PCB og andre klororganiske forbindelser i skjell samlet lenger ut i fjorden, var derimot moderat. Det samme var konsentrasjonene av metaller i skjell og tang og av PAH (tjærestoffer) i skjell.

4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking;
2. Klororganiske forbindelser
3. PAH
4. Metaller
Indicatorarter
Fisk

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring;
2. Organochlorines
3. PAH
4. Metals
Indicator species
Fish

Prosjektleder:  
  
for Jan Magnusson  
Jon Knutzen

For administrasjonen:  
  
Tor Bokn

ISBN 82-577-1042-3



# Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000315

**BASISUNDERSØKELSE I DRAMMENSFJORDEN**

**DELRAPPORT 5**

**MILJØGIFTER I ORGANISMER**

Oslo, 8. april 1986

Prosjektleder : Jan Magnusson  
(fra 1/11-85 : Jon Knutzen)

Medarbeidere : Lasse Berglind  
Beate Enger, *SI*  
Stig Hvoslef  
Lars Kirkerud  
Gunnar Norheim,  
*Veterinærinstituttet*  
Kari Martinsen, *SI*  
Are Pedersen

For administrasjonen: Tor Bokn

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

## FORORD

Foreliggende undersøkelse utgjør en del av basisundersøkelsen i Drammensfjorden under Statlig program for forurensningsovervåking, som administreres av Statens forurensningstilsyn.

I de øvrige delrapporter behandles:

- Sedimentkjemi
- Høyere vegetasjon
- Bløtbunnsfauna
- Fastsittende alger og dyr i strandsonen og på grunt vann
- Vannkjemi og Hydrografi (vannutskifting, lagdeling, strøm)

I den foreliggende undersøkelsen har følgende personer og institusjoner utenom NIVA medvirket:

- Gunnar Norheim, Veterinærinstituttet (analyser av klororganiske forbindelser og metaller i fisk).
- Beate Enger og Kari Martinsen, Senter for industriforskning (SI) (henholdsvis analyser av metaller i skjell og tang og analyser av klororganiske forbindelser i skjell).

Ved instituttet har ansvarsforholdet vært:

- Are Pedersen: innsamling tang og skjell, vurdering av metallanalyser.
- Stig Hvoslef: innsamling, analyse og bearbeidelse vedrørende metaller i høyere planter.
- Lars Kirkerud: innsamling av fisk og bearbeidelse/rapportering av fiskedata.
- Lasse Berglind: analyse av PAH i skjell.

Georg Mathiesen, Bjerkøya, og Brynjar Hals, NIVA, har stått for innsamlingen av fisk.

Prosjektleder for undersøkelsene i Drammensfjorden har vært Jan Magnusson (til 1/11 1985). Undertegnede er ansvarlig for rapportens utforming.

Oslo, 8. april 1986

Jon Knutzen

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	6
3. MATERIALE OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
4.1 Klorerte hydrokarboner, kvikksølv og kadmium i fisk	10
4.2 Klororganiske forbindelser, metaller og PAH i skjell og tang	12
4.3 Metaller i høyere planter	16
5. MOMENTER FOR SUPPLERENDE UNDERSØKELSER OG OVERVÅKING	18
6. LITTERATURHENVISNINGER	19
Appendikstabeller:	
A1 Konsentrasjon av polysykliske aromatiske hydro- karboner i oskjell og blåskjell fra Drammensfjorden 8/8 1983.	22
A2 Metaller i hjertetjønnaks, takrør og pollsivaks 2/9 1983.	23

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Hovedformålet med undersøkelsene i Drammensfjorden har vært å gi en bred beskrivelse av forurensningstilstanden i fjorden som grunnlag for bedømmelse av nødvendighet og omfang av eventuelle tiltak og eventuell senere overvåking.

I Formålene med den foreliggende delundersøkelsen har vært:

- å skaffe opplysninger om nivået av miljøgifter i Drammensfjorden, reflektert ved innholdet i fisk og i fastsittende organismer fra strandsonen og på grunt vann.
- å tilveiebringe et grunnlag dels for planlegging og vurdering av tiltak, dels for eventuell fremtidig overvåking.

Formålene anses i det vesentlige oppfylt, men det er behov for enkelte supplerende undersøkelser (kap. 5).

II Hovedkonklusjonene fra observasjonene er:

- Det er påvist høye konsentrasjoner av tungt nedbrytbare klororganiske forbindelser i torskelever, særlig PCB (polyklorerte bifenyler).
- Kvikksølvinnholdet i filet av torsk og abbor var forholdsvis høyt, mens kadmiuminnholdet i fiskelever var generelt lavt.
- Konsentrasjonene av metaller og klororganiske forbindelser i tang og skjell var lave eller bare moderat forhøyet.
- Forekomsten av tjærestoffer (PAH-polysykliske aromatiske hydrokarboner) i skjell var lav/moderat.
- De markert forhøyede konsentrasjoner av særlig PCB, men også kvikksølv i enkelte arter av fisk, aktualiserer helsemyndighetenes vurdering, eventuelt også utredning om forurensningskildene. Datamaterialet er imidlertid sparsomt, og det er behov for supplerende undersøkelser.

III Omfang og innhold av undersøkelserne fremgår av Tabell 1 og Fig. 1. Observasjonene omfatter:

- PCB og andre klororganiske forbindelser i lever av torsk, skrubbe, abbor, sjøørret, mort, blåskjell, oskjell og syvstripet kamskjell.
- Kvikksølv i filet og kadmium i lever av ovennevnte arter av fisk.
- Kvikksølv, bly, kadmium og andre metaller i blæretang, takrør, pollisivaks, hjertetjønna, blåskjell og oskjell.
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner i blåskjell og oskjell.

Årsaken til bruken av såvidt mange indikatorarter har vært mangelen på vanlig brukte marine arter i mesteparten av fjorden innenfor Svelvik.

IV Av de 6 undersøkte fiskearter (alle fanget innerst i fjorden) var det bare i torsk at konsentrasjonene av bestandige klorerte hydrokarboner var høye (Tabell 2). PCB-innholdet i torskelever var i størrelsesordenen 10 ganger høyere (eller mer) enn det som er påvist i mer åpne områder av Oslofjorden. Det lave antall fisk som er analysert gjør resultatene noe usikre. Forholdene kan også være annerledes lenger ut i fjorden. Lokale PCB-kilder er ikke kjent.

V I motsetning til fisk inneholdt ikke muslinger samlet fra Lahellbukta mer PCB eller andre klororganiske forbindelser enn det som er vanlig å observere i diffust belastede brakkvannsområder (Tabell 3).

VI Metallinnholdet i blåskjell og tang lå på den lave siden av normalintervallet (Tabell 4). Delvis betydelig høyere metallinnhold i oskjell kan tilskrives spesielle akkumulerings-egenskaper hos denne arten.

VII Totalinnholdet av tjærestoffer var moderat eller lavt i både oskjell og blåskjell (appendikstabell A1). Andelen av potensielt kreftfremkallende forbindelser var imidlertid noe høyere enn vanlig (likevel moderat).



VIII Analysene av metaller i høyere planter var av orienterende karakter og enkelte av resultatene må tas med forbehold (appendikstabell A2).

IX Helsemyndighetene bør vurdere mulige konsekvenser av forhøyede konsentrasjoner av klorerte hydrokarboner i torsk og av kvikksølv i torsk og abbor. På grunn av lavt antall fisk i de analyserte blandprøver, bør undersøkelsene gjentas og dessuten suppleres med analyser av fisk fra midtre og ytre fjord.

Bl.a. for å bedømme resultatene fra slike supplerende studier og for beslutning om eventuell overvåking, er det ønskelig å få nærmere utredet belastningen med miljøgifter på fjorden (industriutslipp o.a.).

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Større industriområder gir generelt opphav til spredning av miljøgifter. Dels skjer dette gjennom direkte utslipp til vann, dels ved diffus avrenning fra nedbørfeltet. Tilførsel av forskjellige typer av forurensende stoffe til Drammenselva og Drammen er stilt sammen av Fylkesmannen i Buskerud/Miljøvernavdelingen (1985). Denne sammenstilling har vist at kunnskapene om belastningens størrelse er mangelfull, og særlig gjelder dette industriutslipp av giftige stoffer. Det er således ikke funnet grunnlag for å beregne tilførselen med slike stoffer. Ikke bare er det behov for målinger i ulike industriavløp og kommunalt kloakkvann, men også for en generell kartlegging av virksomhet som kan gi opphav til spredning av giftige stoffer, herunder herbicider/pesticider fra landbruk/skogbruk, sig fra søppeldeponier med industriavfall, samt industri som benytter eller har benyttet syntetiske kjemikalier til mykningsmidler, tilsetning i maling eller som varmeresistente stoffer. (Et aktuelt eksempel er ved produksjonen av transformatorer, der man imidlertid sluttet med PCB i begynnelsen av 1970-årene.)

Formålet med denne del av undersøkelsene i Drammensfjorden har vært å få kunnskaper om og i hvilken grad det eksisterer høyere miljøgiftnivåer enn det som kan betraktes som "normalt". Med "normalt" menes nivåer som kan registreres i områder uten større punktkilder, dvs. vesentlig med diffus tilførsel fra landavrenning, husholdningsavløp, sig fra søppeldeponier o.l.

Registreringene har dermed følgende praktiske siktemål å:

- avsløre eventuelle indikasjoner på større punktkilder, herunder også utlekking fra forurensede sedimenter (bunnavleiringer).
- tilveiebringe et grunnlag for forvaltningsmyndighetenes vurderinger av behov for tiltak.
- etablere basis for eventuell fremtidig overvåking eller supplerende grunnlagsundersøkelser.

### 3. MATERIALE OG METODER

Ved kartlegging av miljøgifter benytter man seg dels av spiselige organismer, dels av indikatorarter. Det første er bl.a. for også å

dekke helse- og fiskerimyndighetenes behov for informasjon, samt allmennhetens og eventuelle yrkesfiskeres interesser. Indikatorarter er organismer med vid utbredelse og noenlunde godt kjente "normalnivåer" og egenskaper m.h.t. oppsamling av miljøgifter. Med visse forbehold gjenspeiler indikatorarter det midlere nivå av miljøgifter i omgivelsene.

Vanlig brukte indikatorarter ved fjordundersøkelser (blåskjell, strandsnegl, blæretang, grisetang, strandsnegl o.a.) forekommer i Drammensfjorden like innenfor og ellers bare utenfor Svelvikterskelen. Dette er bakgrunnen for at man for karakterisering av metallbelastning har benyttet høyere planter, som det i Norge er liten erfaring med som indikatorer. Istedenfor blåskjell som indikator på belastning med metaller og klororganiske stoffer og metaller, er det for fjordens indre del analysert syvstripeskjell (Pseudamyssiium septemradiatum). Dette var den eneste art som i likhet med blåskjell lever ved å filtrere store mengder vann og holder tilbake næringspartikler. Imidlertid foreligger ikke opplysninger om bakgrunnsnivåer av organiske miljøgifter i denne arten.

Analysene av klororganiske forbindelser i skjell er foretatt ved Senter for industriforskning (SI) ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne, etter rensing, homogenisering og ekstraksjon i en blanding av cykloheksan og isopropanol (1.1) og påfølgende isolering og vasking av cykloheksanekstraktet med vann, tørking med natriumsulfat, inndamping og behandling med vann, tørking med natriumsulfat, inndamping og behandling med konsentrert svovelsyre. Kvantifisering ble foretatt ved å sammenligne kromatogrammene fra prøvene med kromatogrammer fra kjente standardblandinger. EPOCl (ekstraherbart, persistent organisk bundet klor) er analysert ved Institutt for energiteknikk (IFE) etter at prøven først er behandlet med konsentrert svovelsyre for å fjerne ikke-bestandige forbindelser.

Metaller i skjell og tang er analysert ved SI ved atomabsorpsjonspektrofotometri etter foraskning og ekstraksjon. Kvikksølvinnholdet er bestemt ved flammeløs atomabsorpsjon etter oppslutning i Bethge-apparatur.

Metallbestemmelsene i høyere planter er foretatt ved NIVA. Etter opprivning/homogenisering ble materialet tørket til konstant vekt ved 60 °C (45 timer) og analysert ved atomabsorpsjon etter oppslutning med konsentrert salpetersyre (tillemping av Norsk Standard 4770, Norges Standardiseringsforbund 1980). Ved sink- og kobberanalysene av hjertetjønnsaks er det analysert på Perkin-Elmer 560, mens de øvrige metaller er analysert ved grafittovn på Perkin-Elmer 2380/HGA 500. Resultatene fra analysene av metaller i høyere planter må anses som orienterende, da teknikken ikke er fullt innarbeidet og standardisert (kfr. bemerkninger til kobber- og sinkresultatene i kap. 4.3.)

Klororganiske forbindelser, kadmium og kvikksølv i fisk er analysert ved Veterinærinstituttet. Kadmium og kvikksølv er analysert ved atomabsorpsjon (henholdsvis grafittovn- og kalddamptechnik) etter oppslutning i konsentrert salpetersyre (kadmium) eller salpetersyre og perklorsyre (kvikksølv), kfr. Hatch og Ott (1968). De klororganiske forbindelsene er analysert ved gasskromatografi og kvantifisert mot en kommersiell PCB-blanding (Clophen A60). Ekstraksjons- og renseprosedyre er nærmere beskrevet hos Norheim og Økland (1980).

Når unntas takrør og pollsisivaks, er analysene foretatt på blandprøver av flere individer (kfr. Tabell 1).

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er analysert på NIVA ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne etter en metode som bl.a. er beskrevet hos Berglind og Gjessing (1980).

Tabell 1. Organismer samlet inn til analyse på innhold av klororganiske forbindelser og metaller i Drammensfjorden 1983-84.

Arter	Prøvetype	Analyser 1)	Lokaliteter	Tid
<u>Fisk</u>				
Torsk (2 stk.)	Lever (L) og filet (F) Blandprøve av fangstantall	L: PCB, HCB DDE, Cd F: Hg		
Skrubbe (3 stk.)	" " "	" " "	Gilhusbukta	26-30/11
Abbor (4 stk.)	" " "	" " "		1984
Sjøørret (3 stk.)	" " "	" " "		
Mort (1 stk.)	" " "	" " "		
<u>Muslinger</u>				
Blåskjell	Blandprøver av bløtdeler fra flere individer (20-30)	PCB, HCB, HCH DDT, DDE, EPOCl, PAH, Cd, Hg, Pb, Zn Cu, Ni, Co, Cr	St. M6 Saltskjær	8/8 1983
Oskjell	do. (5-10)	do.	St. M5 Blindskjær	" "
Syvstripeskjell	" (20-30)	Ovennevnte klor- organiske	St. M2 Lahellsbukta og St. M3 Hyggenbukta	" "
<u>Tang</u>				
Blæretang	Blandprøve av 10-12 eks., (skudd med bladplate)	Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr.	St. M6 Saltskjær	8/8 1983
<u>Frøplanter</u>				
Takrør	Overjordiske deler, 2x1 eks.	Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr	St. M1 Gilhusodden St. M2 Lahellbukta St. M4 Selvikstranda	2/9 1983
Pollivaks	" " 1 eks.	do.	" " "	" "
Hjertetjønna	(Hele planten (skudd og jordstengel). Blandprøver av flere eks.	"	" " "	" "

1) PCB: Polyklorerte bifenyler. HCB: heksaklorbenzen. DDT: Diklordifenyltrikloretan, DDE: nedbrytningsprodukt av DDT. HCH: Heksaklorsykhloheksan (forskjellige isomere, bl.a. lindan). EPOCl: Ekstraherbar, persistent (bestandig) organisk bundet klor. Hg: Kvikksølv. Cd: Kadmium. Pb: Bly. Cu: Kobber. Zn: sink Co: Kobolt. Ni: Nikkel. Cr: Krom.

#### 4. RESULTATER OG DISKUSJON

##### 4.1 Klorerte hydrokarboner, kvikksølv og kadmium i fisk

Resultatene av disse analyse er gitt nedenfor i Tabell 2.

Tabell 2. Innhold av PCB, HCB, DDE, kadmium og kvikksølv i torsk (Gadus morhua), skrubbe (Platichthys flesus), abbor (Perca fluviatilis), mort (Rutilus rutilus og sjøørret (Salmo trutta) fra Gilhusbukta (26-30 nov. 1984). Verdiene i torsk (unntatt HCB) er også normaliserte til fisk med vekt 1 kg, lengde 48 cm og 22 % fett i leveren (kfr. Kirkerud og medarb. 1985). Konsentrasjoner i mg/kg friskvekt. Analyser ved Veterinærinstituttet.

Art	Antall i bland- prøver	L E V E R			F I L E T	
		PCB	HCB	DDE	CD	Hg
Torsk	2	38	0,1	7,1	0,08	1,02
Torsk, norm.	2	12	-	2,4	0,13	0,67
Skrubbe	3	1,4	<0,01	0,21	0,16	0,087
Abbor	4	0,45	<0,01	0,065	0,17	1,31
Mort	1	0,41	<0,01	0,09	0,04	0,25
Ørret	3	0,26	<0,01	<0,05	0,07	0,34

Selv om det er for få individer av hver art til å gi en nøyaktig beskrivelse av forurensningsgraden, synes det å være såvidt klare utslag at det kan trekkes enkelte konklusjoner:

PCB og DDE viser klart høyest verdi i torskelever. Samtidig var fettinnholdet i torskelever, selv etter "normalisering" (Kirkerud og medarb. 1985), mer enn 10 ganger så høyt som hos de andre artene. Størstedelen av forskjellen i PCB og DDE-innhold mellom artene kan derfor forklares ut fra forskjeller i fettinnholdet. Sammenlignet med mer åpne områder som Færder, Drøbaksundet og Sandebukta, lå verdien av PCB innerst i Drammensfjorden omkring 5 - 10 ganger så høyt (Kirkerud og medarb. 1985). Drammenfjordtorskens innhold av PCB var også høyere enn i torsk fra det belastede Øraområdet ved Fredrikstad (Knutzen, 1984a) og omtrent på nivå med det som er registrert i indre Oslofjord (Knutzen, 1982).

PCB- og DDE-verdiene i torskene fra Drammensfjorden er verd å merke seg, men bør foreløpig tas med et viss forbehold av flere grunner:

- Lavt antall analyserte fisk (ofte store individuelle variasjoner).
- Bemerkelsesverdig høye konsentrasjoner i forhold til i annen fisk, særlig jevnført med skrubbe som f.eks. skulle være mer eksponert for PCB o.l. i sedimentene).
- PCB- og DDE/DDT-innholdet i muslinger fra lenger ut i fjorden viste ikke tilsvarende forhøyede konsentrasjoner (se kap. 4.2).

Det kan tilføyes at undersøkelse av sedimentene i fjorden ikke ga vitnesbyrd om uvanlig stor PCB-belastning (Næs, 1984).

HCB-innholdet lå under deteksjonsgrensen unntatt i torsk, som viste et høyt "normalnivå" for diffust belastede områder (Knutzen og medarb., 1984).

Kvikksølvinnholdet var mer jevnt, men høyest i torsk og abbor. I begge tilfeller dreier det seg om relativt stor fisk, og dette kan delvis forklare at kvikksølvinnholdet var såvidt høyt. Nivået i abbor var oppimot det samme i like stor fisk fra søndre del av Mjøsa og i Tyri-fjorden de senere år (Berge 1983). Normaliserte verdier for torskene var 2-3 ganger det som ble funnet i indre Oslofjord (Kirkerud og medarb. 1985).

Kadmium viste jevne og moderate verdier.

De funne innhold av PCB (og i mindre grad HCB) i torskelever og av kvikksølv i særlig torsk og abbor aktualiserer:

- helsemyndighetenes vurdering
- supplerende undersøkelser med analyse av et større antall fisk.

Analyse av blandprøver av flere fisk, eller enkeltfisk i et større antall, er nødvendig for å kunne fastslå nivået av de mest kritiske stoffer mer pålitelig enn det de her utførte orienterende analyser kan gi grunnlag for. (Se ellers om oppfølgingsbehov i kap. 5.)

Kildene for PCB og kvikksølv er sannsynligvis flere og lar seg ikke beskrive kvantitativt ut fra nåværende kunnskaper. Forurenset nedbør

og støvnedfall gir utvilsomt et bidrag. Særlig det relativt høye nivået av DDE (nedbrytningsprodukt av DDT) tyder på dette. Av lokale kilder må fremheves utløsning av kvikksølv fra forurensede avleiringer på bunnen av innsjøer, elver og i elvemunningen selv (Næs, 1984). Forurensningen fra den tid da treforedlingsindustrien brukte kvikksølv som slimbekjempningsmidler (før 1970) er flere steder dokumentert å ha langvarig (men minkende) innflytelse på nivåene i fisk (Tyri-fjorden, Mjøsa, Kammerfossvassdraget ved Kragerø o.a. Se Berge 1983, Frøslie og medarb. 1985, Norheim og medarb. (under trykking)).

Drammensfjorden kan også ha hatt en viss lokal tilførsel av PCB fra den gang disse stoffer ble brukt i produksjonen av kondensatorer og transformatorer. Selv om PCB ikke har vært i slik bruk på 10-15 år, har man liten kontroll med og oversikt over diffuse tilførsler fra fyllinger med industriavfall o.l.

Hvis det ved supplerende undersøkelser viser seg at PCB- og kvikksølvkonsentrasjonene i fisk ligger på det her antydde nivå, aktualiserer dette en nærmere kartlegging av kildene, dvs, utvidede undersøkelser av elve- og fjordavleiringer, videre av sig fra søppelfyllinger, analyse av kommunalt og industrielt avløpsvann og en historisk gjennomgang av PCB-bruk og deponeringspraksis ved aktuelle industribedrifter, herunder kraftverk, i nedbørfeltet.

#### 4.2 Klororganiske forbindelser, metaller og PAH i skjell og tang

Stasjonene for innsamling av skjell og tang fremgår av Fig. 1 og Tabell 1. Tabell 3 nedenfor gir resultatet av analysene på klororganiske forbindelser, tabell 4 av metallanalysene.



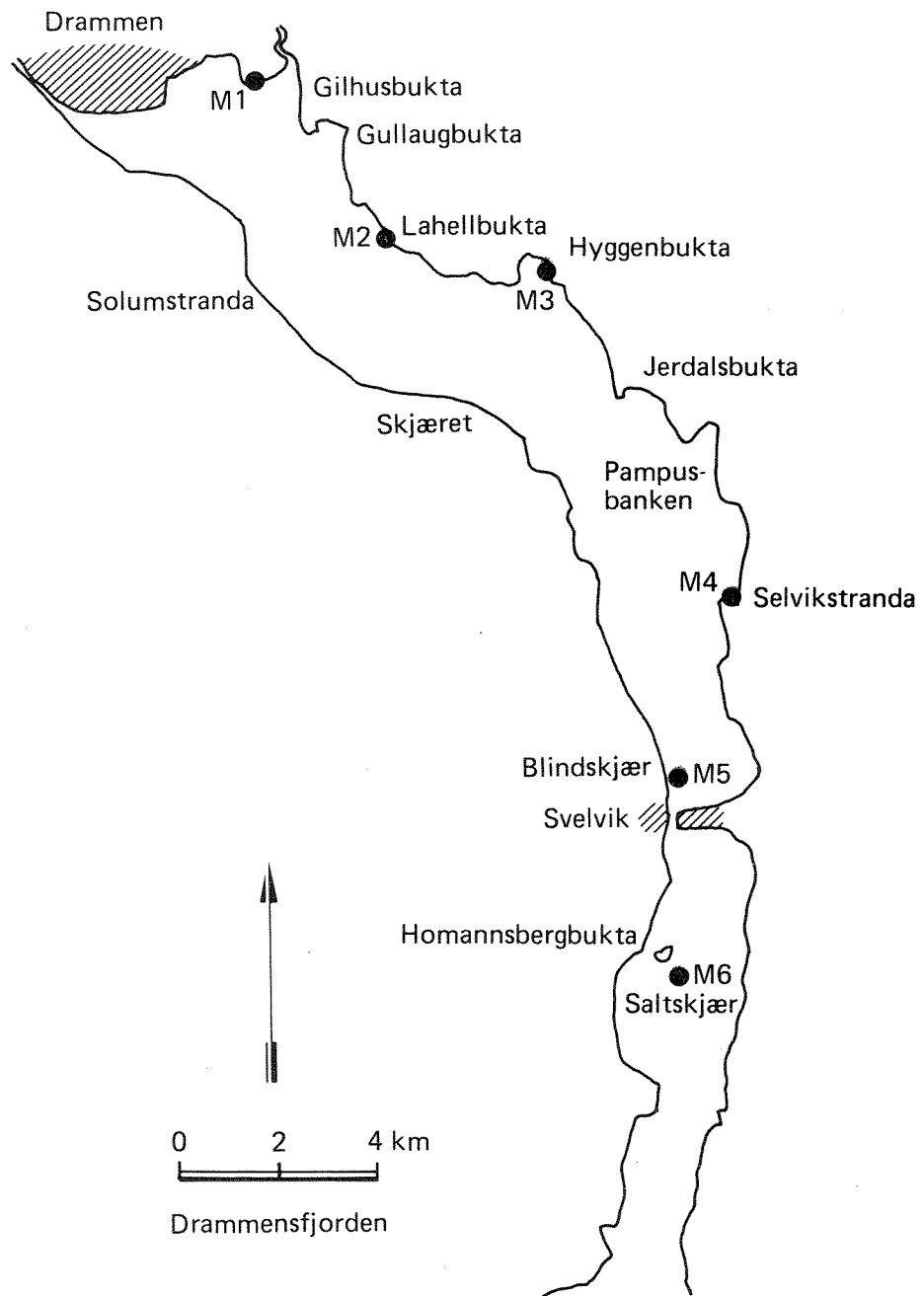


Fig. 1. Stasjoner for innsamling av organismer til analyse på innhold av miljøgifter i Drømmensfjorden 1983–84. Kfr. tabell 1.

Tabell 3. Klororganiske forbindelser i syvstripet kamskjell (Pseudamysium septemradiatum, blåskjell (Mytilus edulis) og oskjell (Modiolus modiolus) fra Drammensfjorden august 1983, mg/kg friskvekt. (For forklaring av betegnelser, se fotnote til Tabell 1).

Stoff	Syvstripet kamskjell		Oskjell	Blåskjell
	St. 1	St. 2	St. 4	St. 5
% tørrstoff	Ikke bestemt	6,4 1)	8,5 1)	11,7
HCB	0,002	0,001	0,001	0,001
PCB	0,03	0,02	0,02	0,02
Sum HCH	0,001	0,001	0,001	<0,001
p.p-DDE	0,002	0,001	<0,001	0,001
p.p-DDT	0,001	0,001	<0,001	0,001
EPOCl	Ikke påvist	0,3	0,2	0,1
% Andel klor i identifiserte forbindelser	Ikke bestemt	5	6	11

1) Uvanlig lavt tørrstoffinnhold?

PCB-innholdet var som det er vanlig å finne i blåskjell fra brakkvannspregede og bare diffust belastede områder (Knutzen og Kirkerud, 1984), og heller noe lavere enn det som er påvist ved andre undersøkelser i Oslofjordområdet, bl.a. ved Rødtangen (Kirkerud og medarb., 1984).

Også de øvrige analyserte forbindelser og samlet innhold av tungt nedbrytbare klororganiske forbindelser lå omkring "bakgrunnsnivået" for diffust belastede kystfarvann (Knutzen og Kirkerud, 1984).

Bortsett fra at svakt høyere konsentrasjoner er registrert på de indre stasjonene, er det lite som tyder på større belastning via elven eller ved utlekking fra forurenset materiale på bunnen, slik som konsentrasjonene i torskelever kan synes å gjenspeile.

Den lave andel av kjente stoffer blant de bestandige klororganiske forbindelser (EPOCl) viser betydelig forekomst i organismer av uidentifiserte stoffer. Dette er en vanlig observasjon i Norge. De uidentifiserte stoffene kan være ukjente forurensninger eller (mer

sannsynlig) nedbrytningsprodukter av primære forurensninger. Teoretisk kan de ukjente stoffene innen gruppen EPOCl ha tilsvarende farlige egenskaper mht. akkumulering, oppkonsentrering langs næringskjeder og kroniske giftvirkninger som PCB, DDT osv., men dette behøver ikke å være tilfellet. Fenomenet fortjener imidlertid oppmerksomhet så lenge det ikke er redegjort for hvilke stoffer det dreier seg om og hvilke egenskaper de har.

Tabell 4. Metaller i oskjell (Modiolus modiolus), blåskjell (Mytilus edulis) og blæretang (Fucus vesiculosus), fra midtre og ytre Drammensfjorden 8. august 1983, mg/kg tørrvekt.

Art, stasjon	Oskjell	Blåskjell	Blæretang
Metall	St. 4	St. 5	St. 5
Kvikksølv	0,30	0,04	0,06
Kadmium	6,2	1,6	0,9
Kobber	54,2	7,8	4,0
Bly	10,3	2,7	2,8
Sink	2700	120	116
Nikkel	7,2	2,5	2,1
Kobolt	1,7	0,7	0,5
Krom (seksverdig)	< 1,5	< 1,5	< 1,5
% tørrstoff	11,7	13,5	Ikke bestemt

Metallinnholdet i blåskjell lå på den lave siden av det normale variasjonsområdet (Knutzen, 1983, Julshamn, 1981a,b). Det samme gjelder metallkonsentrasjonene observert i blæretang (Knutzen, 1985).

Oskjell regnes å være mindre egnet som metallindikator enn blåskjell på grunn av den høye andelen av metaller som bindes i fordøyelseskanalen (60-90 %, mot stort sett 30-50 % hos blåskjell, kfr. Julshamn, 1981c). Det er også sparsomt med sammenligningsdata. Sinkinnholdet i denne arten var tilsynelatende høyt, men forklaringen er sannsynligvis bare at oskjell på grunn av ovennevnte forhold er særlig dårlig egnet som indikator på sink (95 % binding i fordøyessystemet i henhold til Julshamn (1981c). Kobber- og kvikksølvinnholdet i oskjell var noe forhøyet ut fra det man i et mindre antall tilfeller har registrert i områder uten nærliggende punktkilder (kfr. Knutzen og Kvalvågnes 1982, Knutzen 1984b). Foreløpig er det liten grunn til å legge vekt på disse eksemplene på mulig forhøyede metallkonsentrasjoner, men de kan eventuelt

kontrolleres ved senere overvåkingsstudier.

PAH-konsentrasjonene funnet i oskjell og blåskjell er stilt sammen i appendikstabell A1. Verdiene var lave eller moderate sammenlignet med det som registreres i PAH-belastede områder, dvs. omtrent som i andre områder uten nærliggende punktkilder (Knutzen og Sortland 1982, Knutzen og Kvalvågnæs 1982). Imidlertid var det forholdsmessige innslaget av potensielt kreftfremkallende forbindelser noe høyere enn vanlig. Dette kan være tilfeldig og foranlediger ingen særlige

konsekvenser (moderate absoluttkonsentrasjoner). Mengdebestemmelsene av de mest fremtredende cancerogene forbindelser var også usikre på grunn av mange forstyrrende forbindelser. Særlig gjalt dette oskjellprøven.

#### 4.3 Metaller i høyere planter

Den delvise mangelen på vanlige indikatorarter i fjorden gjorde det ønskelig å benytte høyere planter for å finne mulige forskjeller i metallmiljøet i fjordens lengderetning. Fra Norge er det liten erfaring med frøplanter som metallindikatorer, mens det fra utlandet foreligger en god del data (se oversikter hos Dykyjova 1979 og Atri 1983).

Resultatene fra den orienterende undersøkelsen på materiale fra Drammensfjorden er samlet i appendikstabell A2.

Konsentrasjonene av metaller i takrør og pollsivaks tyder ikke på noen særlig grad av metallbelastning på Drammensfjordlokalitetene (Dykyjova 1979, Unosson 1980 og Atri 1983). Disse planter reflekterer vesentlig metallinnholdet i bunnavleiringene, idet det meste av metalloptaket skjer via røttene. De overjordiske delene er bare delvis i kontakt med fjordvannet.

Hjertetjønna vokser derimot helt eller for det vesentlige neddykket, og mye av metalloptaket foregår gjennom blad og stengel. Analysene av denne planten ga vesentlig høyere konsentrasjoner av kobber enn det som er vanlig hos planter med tilsvarende levesteder og levevis (Riemer og Toth 1969, Boyd 1970, Cowgill 1974, Aulio og Salin 1982). Også verdiene for sink, krom og kobolt var noe forhøyet jevnført med angivelsene hos Cowgill 1974), men ikke i samme grad som for kobber. De funne konsentrasjonene av kvikksølv, bly og kadmium er lave.

Kilder som kan forklare de høye kobberkonsentrasjonene er ikke kjent, og resultatene må tas med forbehold da metodikken er under innkjøring. Det kan bemerkes at analysene av kobberinnholdet i blåskjell og blæretang fra St. 5 Saltskjær (Fig. 1) ikke ga tilsvarende indikasjoner på overbelastning av overflatevannet med kobber (kap. 4.2). Sedimentdata har dokumentert at det ikke foreligger noen generell kobberforurensning i Drammensfjorden (Næs 1984), og lokale påvirkninger i det aktuelle omfang er ikke sannsynlig.

## 5. MOMENTER FOR SUPPLERENDE UNDERSØKELSER OG OVERVÅKING

Av de rapporterte resultater peker PCB-innholdet i torskelever og kvikksølvinnholdet i torsk og annen fisk seg ut som av potensielt størst betydning (helse, fritidsfiske). Undersøkelser av PCB- og kvikksølvinnhold i fisk bør derfor gjentas i større omfang, dvs. med et høyere antall fisk for å få mest mulig representative blandprøver.

I tillegg til gjentatt analyse av skrubbeflyndre, torsk og abbor fra innerste del av fjorden, bør skrubbe og torsk også samles inn fra 1-2 steder nærmere Svelvik. Hensikten med dette er å få et skjønn på forurensningsgraden i større deler av fjorden.

Analysene av fisk bør omfatte EPOCl og alle aktuelle klororganiske forbindelser, også lindan (som ikke var inkludert i analysene av 1984-fisken).

Eventuell overvåking av metallnivået i Drammensfjorden bør baseres på høyere planter som vesentlig lever i neddykket tilstand. Hjertetjønna har vid utbredelse i fjorden, og skulle være blant de mest egnede artene. Andre mulige er arter av tusenblad og vass-soleie.

## 6. LITTERATURHENVISNINGER

- Atri, F.R., 1983. Schwermetalle und Wasserpflanzen. SchrReihe Ver. Wass.- Boden- & Lufthyg. 55: 1-105, i-xi.
- Aulio, K. og M. Salin, 1982. Enrichment of copper, zinc, manganese and iron in five species of pondweed (Potamogeton spp.). Bull. Environm. Contam. Toxicol. 29:320-325.
- Berge, D., 1983 (Red.) Tyrifjorden. Tyrifjordundersøkelsen 1978-1981. Sammenfattende sluttrapport. Tyrifjordutvalget, des. 1983. 156 s.
- Berglind, L. og Gjessing, E., 1980. Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging av PAH-tilførsler til norske vannforekomster. NIVA-rapport A3-25. 27/3 1980.
- Boyd, C.E., 1970. Chemical analyses of some vascular aquatic plants. Arch. Hydrobiol. 67: 78-85.
- Cowgill, U.M., 1970. The hydrogeochemistry of Linsley Pond, North Brandford, Connecticut. II. The chemical composition of the aquatic macrophytes. Arch. Hydrobiol. Suppl. 1-119.
- Dykyjova, D., 1979. Selective uptake of mineral ions and their concentration factors in aquatic higher plants. Folia geobot. & phytotax. 14: 267-325.
- Frøslie, A.; Norheim, G. og O.T. Sandlund, 1985. Levels of selenium in relation to levels of mercury in fish from Mjøsa, a freshwater lake in southeastern Norway. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 34: 572-577.
- Fylkesmannen i Buskerud/Miljøvern avdelingen 1985. Forurensnings-tilførsler til Drammenselva og Drammensfjorden 1983/84. Foreløpig utgave. Rapport, aug. 1985. Forf.: Elisabeth Lillegård, 51 s + 4 vedlegg.
- Hatch, W.R. og Ott, W.L. 1968. Determination of sub-microgram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry. Anal.Chem. 40: 2085-2087.
- Julshamn, Kåre, 1981a. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. I. Geographical variations in the contents of 10 elements in oyster (Ostrea edulis), common mussel

(Mytilus edulis) and brown seaweed (Ascophyllum nodosum) from three oyster farms. Fisk Dir. Skr.. Ser. Ernæring, No. 5 (161-182)

Julshamn, Kåre, 1981b. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. VII. The contents of 12 elements including copper, zinc, cadmium and lead, in common mussel (Mytilus nodosum) relative to the distance from the industrial sites in Sørfjorden, inner Hardangerfjord. Fisk. Dir. Skr.. Ser. Ernæring, No. 5 (267-287).

Julshamn, K., 1981c. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway IV. The distribution of 17 elements in different tissues of oyster (Ostrea edulis), common mussel (Mytilus edulis) and horse mussel (Modiolus modiolus) taken from unpolluted waters. Fisk.Dir.Skr.Ser. Ernæring 1(5):215-234.

Kirkerud, L.; Enger, B.; Frøslie, A.; Knutzen, J.; Madsen, L.; Martinsen, K. og Norheim, G., 1984. Overvåking av PCB, kvikksølv og kadmium i sjøvannsmiljø. Oslofjorden 1981-82. Rapport 119/84 i Statlig program for forurensningsovervåking, 24 s.

Kirkerud, L.; Enger, B.; Håstein, T.; Martinsen, K. og G. Norheim, 1985. Overvåking av PCB, kvikksølv og kadmium i sjøvannsmiljø. Oslofjordområdet 1982-1983. Rapport 183/85 i Statlig program for forurensningsovervåking, 24 s.

Knutzen, J., 1982. Førtilstand i utslippsområdet til sentralrenseanlegg Vest (SRV), Indre Oslofjord. Undersøkelse av hygienisk vannkvalitet og miljøgifter i tang, blåskjell og fisk 1980-81. NIVA-rapport 0-80099. 28 s.

Knutzen, J., 1983. Blåskjell som metallindikator. VANN 1 (1983): 24-33.

Knutzen, J., 1984a. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Miljøgifter i organismer 1980-81. Rapport 122/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 38 s.

Knutzen, J., 1984b. Basisundersøkelse i Ranafjorden - en marin industriresipient. Delrapport IV. Undersøkelse av organismesamfunn på grunt vann og av PAH og metaller i hvirvelløse dyr og tang 1980-1981. Rapport 120/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 109 s.



- Knutzen, J., 1985. "Bakgrunnsnivåer av utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grnser for "normalinnhold", konsentrasjonsfaktorer, naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. NIVA-rapport O-83091 I, 22/7 1985, 121 s.
- Knutzen, J. og Kirkerud, L., 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (Mytilus spp.) som indikator på klorerte hydrokarboner - bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. NIVA-rapport O-83091/I.
- Knutzen, J., og Kvalvågnæs, K., 1982. Innledende basisundersøkelse i Stavfjorden. Referansenivåer av klororganiske forbindelser, metaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i marine organismer. Rapport 33/82 i Statlig program for forurensningsovervåking. 18 s.
- Knutzen, J.; Martinsen, K. og K. Næs, 1984. Om observasjoner av klororganiske stoffer i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden. VANN 3 (1984): 392-400.
- Knutzen, J. og B. Sortland, 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. Water Research 16(4): 421-428.
- Norheim, G.; Håstein, T. og Waasjø, E. (under trykking). Slow decrease in mercury levels in fish after cessation of mercury contamination (manuskript).
- Norheim, G. & Økland, E.M., 1980. Rapid extraction of some persistent chlorinated hydrocarbons from biological material with low fat content. Analyst 105, 990-991.
- Næs, K., 1984. Basisundersøkelse i Drammensfjorden 1982/83. Delrapport 1: Sedimenter. Rapport 158/84 innen Statlig program for forurensningsovervåking. 16/8 1984, 28 s.
- Riemer, D.N. & Toth, S.J., 1969. A survey of the chemical composition of Potamogeton and Myriophyllum in New Jersey. Weed Sci. 17: 219-223.
- Unosson, L., 1980. Tungmetaller i bladvass (Phragmites australis). En studie över nedbrytningsmetoder samt analys av tungmetaler - Limnol. Instn Lund, 29 s.

Tabell A1. Konsentrasjon av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i oskjell (St. M5) og blåskjell (St. M6) fra Drammensfjorden 8/8 1983, mg/kg tørrvekt. ? viser usikre resultater pga. forstyrrende stoffer (ikke PAH).

PAH	Stasjon	M5 Blindeslagar	M6 Saltslagar						
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyl									
Acenaftalen									
Acenaften									
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran									
Fluoren		7							
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiophen									
Fenantren		16							
Antracen		12							
Carbazole									
3-Metylfenantren									
2-Metylfenantren									
2-Metylantracen									
4,5-Metylenfenantren									
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren									
Fluoranten		24	67						
Pyren		25	39						
Benzo(a)fluoren									
Benzo(b)fluoren									
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten									
1-Metylpyren									
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***									
Benzo(a)antracen *		60	14						
Trifenylen/Chrysen *		119	66						
Benzo(b)fluoranten **		? 297	? 293						
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)									
Benzo(e)pyren *		112	35						
Benzo(a)pyren ***		75	32						
Perylen									
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		49	34						
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)									
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene		39	25						
Anthanthrene		18	16						
Coronen									
Sum		850	621						
Derav KPAH		? ~ 276	? ~ 230						
% KPAH		? ~ 32	? ~ 37						
% Tørrstoff		10.2	8.8						

1)

KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub>F og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

Tabell A2. Metaller i hjertetjønna (Potamogeton perfoliatus), takrør (Phragmites australis) og poll-sivaks (Schoenoplectus tabernaemontani) 2/9 1983, mg/kg tørrvekt.  
St. M1: Gilhusodden, St. M2: Lahellbukta, St. M4: Svelvikbukta.

Art	Stasjon	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Cr
Hjerte- tjønna- aks	St. M1	0,03	0,2	1,6	127	116	0,6	2,8	2,8
	St. M2	0,02	0,8	1,8	208	291	1,5	4,9	2,1
	St. M4	0,03	0,8	2,0	109	272	0,8	2,5	0,9
Takarør	St. M1	0,02	<0,01	0,1	1,7	25	2,5	<0,3	<0,1
	St. M1	<0,01	0,02	0,6	3,9	24	<0,7	<0,7	0,2
	St. M2	0,01	0,01	0,4	2,4	29	<0,3	<0,3	1,2
	St. M4	0,01	0,02	0,1	1,4	10	<0,3	<0,3	<0,1
Poll- sivaks	St. M1	<0,01	<0,01	0,6	5,6	9	0,6	<0,3	<0,1
	St. M4	0,01	<0,01	<0,1	2,2	9	0,3	<0,3	<0,1