



Statlig program for
forurensningsovervåkning

Rapport 531/93

Oppdragsgiver

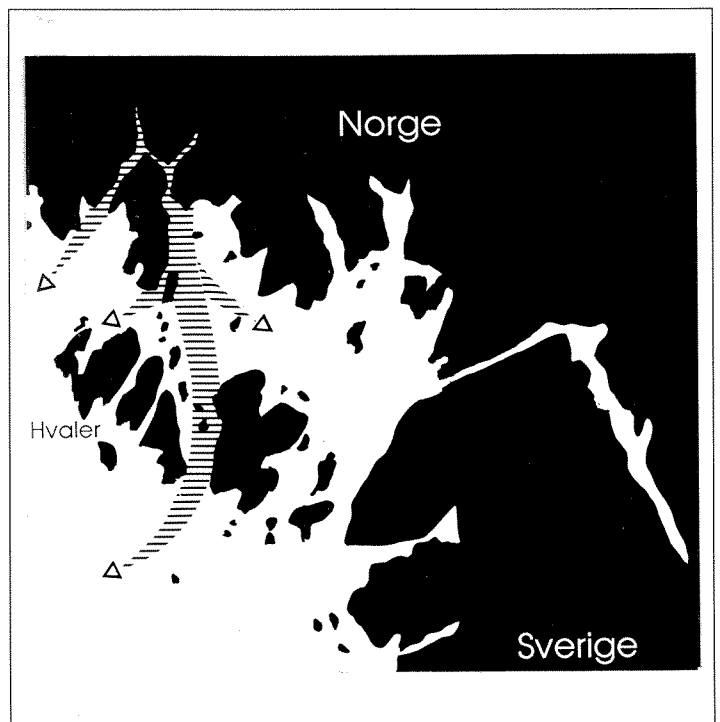
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon


NIVA

Overvåkings- undersøkelser i Iddefjorden 1991/ 1992.

Miljøgifter i sediment, ål,
torsk og taskekrabbe



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Prosjektnr.: O-92085 | Undernr.: |
| Løpenr.: 2953 | Begr. distrib.: |

| | | | | |
|--|---|---|---|--|
| Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00 | Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513 | Østlandsavdelingen Flute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653 | Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33 | Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509 |
|--|---|---|---|--|

| | | |
|---|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Rapportens tittel: Overvåkingsundersøkelser i Iddefjorden 1991/92 Miljøgifter i sediment, ål, torsk og taskekrabbe (Overvåkingsrapport nr. 531/93). TA nr. 975/1993. | Dato: 20/10-93 | Trykket: NIVA 1993 |
| Forfatter(e): John Arthur Berge Aud Helland | Faggruppe: Marinøkologisk | Geografisk område: Østfold |
| | Antall sider: 56 | Opplag: 140 |

| | |
|--|---|
| Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) | Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.): |
|--|---|

Ekstrakt:

Innholdet av metaller og persistente klororganiske forbindelser i sediment, fisk og krabbe er undersøkt i Iddefjorden. Innholdet av metallene bly, kobber, sink, kadmium og kvikksølv i overflatesedimentene var markert redusert siden 1977. Fjorden kan på bakgrunn av konsentrasjoner av miljøgifter i sediment, karakteriseres som lite til moderat forurenset av alle metaller med unntak av kadmium og til dels bly, som var markert forhøyet. Høyeste konsentrasjoner ble registrert ytterst i fjorden fordi tidligere utslipp nærmere Halden er blitt overdekket av naturlige sedimenter. Iddefjorden kan på bakgrunn av innholdet av metaller og persistente klororganiske forbindelser i biota karakteriseres som lite eller ubetydelig påvirket. Andre undersøkelser tyder imidlertid på at fisk i området inneholder til dels betydelige nivåer av treforedlingsrelaterte forbindelser. Muligens er det naturlig høye kadmiuminnholdet i hepatopaneas (krabbesmør) av taskekrabbe et generelt næringsmiddel-hygienisk problem.

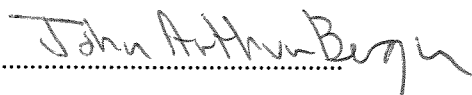
4 emneord, norske

1. Overvåking
2. Miljøgifter
3. Sediment
4. Biota

4 emneord, engelske

1. Monitoring
2. Micro pollutants
3. Sediment
4. Biota

Prosjektleder



John Arthur Berge

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN82-577-2378-9

Norsk institutt for vannforskning

O-92085

**OVERVÅKINGSUNDERSØKELSER I
IDDEFJORDEN 1991/1992
MILJØGIFTER I SEDIMENT, ÅL, TORSK OG
TASKEKRABBE**

Oslo,

20. oktober 1993

Prosjektleder:

John Arthur Berge

Medarbeidere:

Liv Berg
Norman Green
Aud Helland
Frank Kjellberg

Forord

Denne undersøkelsen i Iddefjorden er en del av Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn. Den er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og omhandler miljøgifter i sediment og biota (fisk og krabbe) samt feltarbeid knyttet til stereofotografering av hardbunnsfauna.

SFT har i samarbeid med Naturvårdsverket i Sverige (SNV) tatt initiativet til undersøkelsen som også inneholder andre fagelementer enn det som omtales her. Disse fagelementer er:

- 1) Bløtbunnsfauna og hardbunnsamfunn i fjæra utført av Tjärnö Marinbiologiske Laboratorium og finansiert av SNV.*
- 2) Treforedlingsrelaterte miljøgiftanalyser i sediment og biota utført av SINTEF SI ved Kari Martinsen, Alfhild Kringstad og Kåre Pedersen og finansiert av SFT.*
- 3) Vannkjemiske undersøkelser som utføres av Det norske Veritas Industry A/S-DN (Veritas Miljøplan) og finansiert av Norske Skog/Saugbrugsforeningen.*

Det konkrete program for undersøkelsene som er gjennomført av NIVA baserer seg på et programforslag av 24/6-92 utarbeidet av NIVA på forespørsel fra SFT. Oppdraget som NIVA har utført for SFT er formalisert i kontrakt nr. 92300 mellom NIVA og SFT.

I gjennomføringen av prosjektet har Aud Helland hatt hovedansvaret for sedimentundersøkelsene, John Arthur Berge har hatt ansvaret for undersøkelsene av miljøgifter i biota, og Norman Green har ledet feltarbeidet knyttet til stereofotografering.

Prøveinnsamlingen av sediment i 1992 ble foretatt fra forskningsfartøyet "Nereus" fra Tjärnö Marinbiologiske Laboratorium med god hjelp av mannskapet ombord. Under dette toktet deltok også Kåre Pedersen fra SINTEF SI.

Fangst av torsk ble organisert av Anders Flingtorp. Selve innsamlingen ble imidlertid foretatt av fisker Roar Eriksen. Byveterinær Farstad i Halden organiserte innsamling av taskekrabbe. SINTEF SI stilte materiale av ål til disposisjon for NIVA.

Oslo, 20. oktober 1993

John Arthur Berge

Prosjektleder

| Innhold | Side |
|---|-------------|
| FORORD | 2 |
| INNHold | 3 |
| KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG | 4 |
| 1. INNLEDNING | 7 |
| 2. STASJONSVALG, FELTARBEID, MATERIALE OG METODER | 8 |
| 2.1 Sedimentundersøkelser | 8 |
| 2.1.1 Klassifikasjon av forurensningsgrad | 12 |
| 2.1.2 Normalisering av metallkonsentrasjoner | 13 |
| 2.2 Miljøgifter i biota | 14 |
| 2.2.1 Taskekrabbe | 14 |
| 2.2.2 Torsk | 14 |
| 2.2.3 Ål | 14 |
| 2.3 Stereofotografering av hardbunn | 15 |
| 3. RESULTATER OG DISKUSJON - MILJØGIFTER I SEDIMENT | 16 |
| 3.1 Sedimentbeskrivelse | 16 |
| 3.2 Metaller i overflatesedimentene | 19 |
| 3.2.1 Bly | 19 |
| 3.2.2 Kobber | 20 |
| 3.2.3 Sink | 21 |
| 3.2.4 Kvikksølv | 22 |
| 3.2.5 Kadmium | 23 |
| 3.2.6 Krom | 25 |
| 3.3 Historisk utvikling av metallforurensning i Iddefjorden | 26 |
| 3.4 Organiske miljøgifter i sedimentene i Iddefjorden | 29 |
| 4. RESULTATER OG DISKUSJON - MILJØGIFTER I BIOTA | 32 |
| 4.1 Metaller i taskekrabbe | 32 |
| 4.2 Metaller i torsk | 36 |
| 4.3 Metaller i ål | 37 |
| 4.4 Klororganiske forbindelser i torsk og ål | 38 |
| 5. STEREOFOTOGRAFERING | 41 |
| 6. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER OG TILRÅDNINGER | 42 |
| 7. REFERANSER | 43 |
| VEDLEGG | 46 |

Konklusjoner og sammendrag

Iddefjorden fremstår som et område der en har hatt miljøforbedringer de siste år. Innholdet av metallene bly, kobber, sink, kadmium og kvikksølv i overflatesedimentene i Iddefjorden var markert redusert siden 1977. Fjorden kan på bakgrunn av konsentrasjoner av miljøgifter i sediment karakteriseres som lite til moderat forurenset av alle metaller med unntak av kadmium som var markert forhøyet på alle stasjoner og bly som var markert forhøyet på ytterste stasjon. De høyeste verdiene ble registrert ytterst i fjorden i motsetning til i 1977 da de ble registrert utenfor Halden. Årsaken er at området utenfor Halden har størst sedimenttilvekst. Sedimentene i nærområdet for utslippet fra Saugbrugsforeningen har derfor blitt tildekket raskere enn områdene med mindre sedimenttilvekst. Analyser av klororganiske forbindelser fra en stasjon mellom Svinesund og Halden viste lave konsentrasjoner av polyklorerte bifenyler (PCB) og dioksiner. Iddefjorden kan på bakgrunn av innholdet av metaller og persistente klororganiske forbindelser i biota, karakteriseres som lite eller ubetydelig påvirket. Andre undersøkelser tyder imidlertid på at biota i området inneholder tildels betydelige nivåer av klorholdige treforedlingsrelaterte forbindelser.

1. Det ble samlet inn sedimenter fra 6 stasjoner i Iddefjorden i 1992. Stasjonene var de samme som i 1977. Overflateprøver (0 - 2 cm) og utvalgte prøver lenger ned i sedimentene ble analysert for innhold av bly, kobber, sink, krom, kadmium, kvikksølv, totalorganisk karbon, total nitrogen, glødetap og andel silt og leire (% < 63µm). Det ble i tillegg utført en orienterende analyse, dvs. en prøve fra en stasjon, av biocider, polyklorerte bifenyler (PCB) og dioksiner.
2. Fisk (torsk og ål) fra området nær Halden og taskekrabber fra Sponvikaområdet ble analysert for innhold av metallene bly, kadmium, kobber, sink, kvikksølv og krom. Torskelever og filet av ål ble også analysert for PCB og en del utvalgte klororganiske forbindelser hvorav PCDD/PCDF kun ble analysert på torskelever.

Ut fra konsentrasjonen av metaller i krabbe, samt vekten av de ulike vev, er det gjort et estimat av mengden metaller i en krabbe fra Iddefjorden.
3. Sedimentene i fjorden var finkornete med over 90% silt og leire i prøvene. Sedimentene på stasjonen ytterst i fjorden var noe mer grovkornet. Innholdet av organisk karbon var ca. 50% høyere enn normalt for marine sedimenter med størst innslag av terrestrisk materiale utenfor Halden. Innhold av organisk materiale var tilnærmet det samme som i 1977 til tross for reduserte utslipp av suspendert materiale fra Saugbrugsforeningen. Dette kan skyldes økt primærproduksjon i vannmassene, dvs. andelen av marint organisk materiale er større i dag enn i 1977.
4. Innholdet av bly, kobber, sink, kadmium og kvikksølv i overflatesedimentene var markert redusert siden siste undersøkelse i fjorden i 1977. Fjorden kan karakteriseres som lite til moderat forurenset av kobber, sink, kvikksølv, krom og bly (unntatt én stasjon). Innholdet av kadmium var imidlertid fremdeles markert forhøyet, særlig ytterst i fjorden. Generelt ble de høyeste verdiene registrert ytterst i fjorden mot Svinesund.

5. I 1977 ble de høyeste metallverdiene registrert utenfor Halden, dvs. nærmest utslippet til Saugbrugsforeningen. I foreliggende undersøkelser ble de høyeste verdiene registrert ytterst i fjorden. Årsaken er større sedimenttilvekst utenfor Halden enn lenger inn og lenger ut i fjorden. De sterkt forurensede sedimentene utenfor Halden har derfor blitt raskere tildekket enn sedimentene i øvrige deler av fjorden.
6. Analyser nedover i sedimentene viste at tilførselen av kvikksølv til fjorden var størst på midten av 60-tallet, kadmium i slutten av 1960 og begynnelsen av 1970-tallet og bly på midten av 70-tallet. I løpet av første halvdel av 1980-tallet var innholdet av metaller nede på dagens nivå. Dette er i overensstemmelse med utslippstall fra Saugbrugsforeningen.
7. Orienterende analyser av klororganiske forbindelser viste lave konsentrasjoner av biocider, polyklorerte bifenyler, dibenzofuraner og dibenzodioxiner på en stasjon midtfjords mellom Svinesund og Halden.
8. Konsentrasjonen av metaller i krabbesmør fra Sponviksområdet lå i samme nivå både i 1990. Konsentrasjonen av metaller i krabbe fra Iddefjorden lå grovt sett i samme nivå som en presumptivt lite belastet lokalitet på Sørlandet (Tromlingene) med et mulig unntak av kobber og kvikksølv, der en hadde opptil ca. 3 ganger høyere konsentrasjon i materialet fra Iddefjorden.
9. Litteraturdata viser at innholdet av kadmium i hepatopancreas av taskekrabbe kan variere meget, og at høye verdier (10 - 50 ppm v.v.) ikke nødvendigvis bare er knyttet til typisk forurensede områder. Trolig har krabber naturlig et tilsynelatende høyt innhold av kadmium i hepatopancreas. Konsentrasjonen av kadmium i hepatopancreas var ca. 500 ganger høyere enn i klokjøtt.
10. Ved konsum av 1 krabbe fra Iddefjorden vil en overstige akseptabel dagsdose for kadmium dersom krabbesmør spises. Dersom krabbesmør ikke inkluderes, vil konsum av minst 3 stk. overskride tilsvarende dagsdose. Dersom kun klokjøtt og annen muskulatur spises, kan en i praksis spise ubegrenset med krabbe (200) før dagsdose for konsum overskrides.
11. Overkonsentrasjoner av kadmium ble funnet i sediment i Iddefjorden, og de høyeste konsentrasjoner er funnet i den ytterste delen der de fleste av krabbene er innsamlet. Til tross for dette er konsentrasjonen av kadmium i hepatopancreas kun ca. 13% høyere enn i krabbe fra Tromlingene. Med forbehold om at konsentrasjonen av kadmium i krabbe fra Tromlingene er tilnærmet det en kan forvente i norske kystområder uten nærliggende punktkilder, konkluderer en med at krabbene fra Iddefjorden ikke har spesielt høye metallverdier. Muligens er kadmiuminnholdet i hepatopancreas av taskekrabbe et generelt næringsmiddelhygienisk problem som bør sees på av helsemyndighetene.
12. Totalt sett synes ikke metallinnholdet i torsk og ål fra Iddefjorden å være noe problem. Overkonsentrasjoner av metaller ble kun funnet for sink i torskelever og i ålefilet.
13. Konsentrasjonen av polyklorerte dibenzo-p-dioxiner (PCDD) og polyklorerte benzofuraner (PCDF) i torskelever var 0,005 µg/kg v.v. TCDD ekv.. Dette er noe lavere enn det en fant i torsk innsamlet i Sponvika i 1989 og ubetydelig lavere enn det en på samme tidspunkt fant i Hvaler/Koster området. Nivået av PCDD/PCDF funnet i torskelever i 1992 må karakteriseres som lavt og viser at en ikke har noen signifikant dioksin-kontaminering av Iddefjorden idag. Omregnet til enheter for giftighet, representerer konsentrasjonen av non-orto PCB (PCB 77,

PCB 126, PCB 169) vesentlig høyere verdier (0.065 TCDD ekv.) enn det som ble funnet for PCDF/PCDD.

14. Innholdet av PCB₇ i torskelever ligger under antatte bakgrunnsverdier for diffust belastede kystområder. PCB innholdet i torskelever og ålefilet lå grovt sett, med unntak av stasjoner nær Glommas munning, i samme nivå som funnet i Hvaler/Koster området i 1989. Konsentrasjonen av PCB₇ i torskelever var ca. halvparten av det en fant i torsk fanget i Sponvika-området i 1989, mens konsentrasjonen av PCB i ål lå ubetydelig lavere enn det en registrerte i Sponvika i 1989. På bakgrunn av analysene av ål og torsk synes ikke PCB å være noe miljøproblem i Iddefjorden, og området må karakteriseres som lite eller ubetydelig påvirket av de analyserte forbindelser.
15. De organiske forbindelser som er rapportert her er ikke direkte treforedlingsrelaterte. Andre undersøkelser der en har analysert for ulike treforedlingsrelaterte former for organisk bundet klor (EOCl, EPOCl), klorerte fettsyrer, klorerte fenoler og -guajakoler, viser at biota fra Iddefjorden inneholder tildels betydelige mengder organisk bundet klor, og at dette var innlagret i fiskefett i form av klorerte fettsyrer. Klor knyttet til syrepersistente forbindelser utgjorde imidlertid en liten del av den totale mengde.

1. INNLEDNING

Metallforurensningen i Iddefjorden hadde i 1970-årene et betydelig omfang (Knutzen et al., 1978). Undersøkelser av miljøgiftinnholdet i sediment i Iddefjorden har imidlertid ikke vært gjennomført siden 1977 (Knutzen et al., 1978). Det er også ytterst sparsomt med undersøkelser fra Iddefjorden som omhandler miljøgifter i organismer.

Foruten de undersøkelser som nylig ble gjennomført i ytre del av Iddefjorden (Berge, 1991) har Carlberg et al. (1981) utført noen orienterende analyser av klororganiske forbindelser i fisk innsamlet i 1980 (se også Knutzen 1986, med referanser).

I løpet av de siste 15 år har det skjedd betydelige forbedringer mht. utslippssituasjonen i Iddefjorden. Blant annet har utslippene av klororganiske forbindelser fra Saugbrugsforeningen fra og med 26. juni 1991 opphørt i forbindelse med oppføring av ny fabrikk og omlegging til annen teknologi. Avløpsvannet fra eksisterende og nye anlegg vil gjennomgå omfattende rensing. Oppstart av Saugbrugsforeningens nye anlegg i Halden startet vinteren 1993.

Etter de utslippsreduksjoner som nå er planlagt eller gjennomført, må en anta at primærutslippene til fjorden får mindre relativ betydning i forhold til påvirkningen fra de miljøgiftlagrene som finnes i fjordbunnen. Forurensede sedimenter vil også bli tildekket pga. naturlig sedimentering og derfor over tid gi forbedringer.

For å kartlegge dagens forurensningsgrad, har en derfor gjennomført undersøkelser av innhold av miljøgifter i sediment og organismer fra Iddefjorden. NIVA har analysert for tungmetaller og enkelte organiske miljøgifter, mens SI i en separat rapport (Martinsen et al., 1993) har tatt for seg de halogenerte forbindelser og andre organiske forbindelser som er direkte knyttet til utslipp fra treforedlingsindustri.

Miljøsituasjonen i hardbunnsamfunn i Iddefjorden er tidligere undersøkt ved stereofotografering av faste flater på to etablerte stasjoner (Efraimssen et al., 1984). Det foreligger hos NIVA en rekke billedserier fra disse to stasjonene (Sponvikskansen, Kråkenebbet lykt) frem til 1986. For å ha muligheter til å påvise eventuelle senere endringer på hardbunn i Iddefjorden, har en også høsten 1992 foretatt stereofotografering av disse to stasjonene. Resultater fra denne stereofotograferingen vil bli rapportert senere.

Undersøkelsene skal gi en miljøstatus vedrørende miljøgiftinnhold i sedimenter og biota i Iddefjorden. Nivåene av miljøgifter i sedimentene skal sammenlignes med tilsvarende undersøkelser utført i 1977 og sees i lys av reduserte utslipp de senere år.

2. STASJONSVALG, FELTARBEID, MATERIALE OG METODER

Fjordområdet fra Kjeøya i nordvestlig retning til Halden heter Ringdalsfjorden ifølge Norges Sjøkartverks sjøkart nr. 202, mens den indre del av fjordområdet fra Halden i syd østlig retning heter Iddefjorden. Ofte omtales imidlertid begge disse fjordavsnittene samlet for Iddefjorden. I denne rapporten omtales hele området innenfor Kjeøya som Iddefjorden (figur 1).

2.1. Sedimentundersøkelser

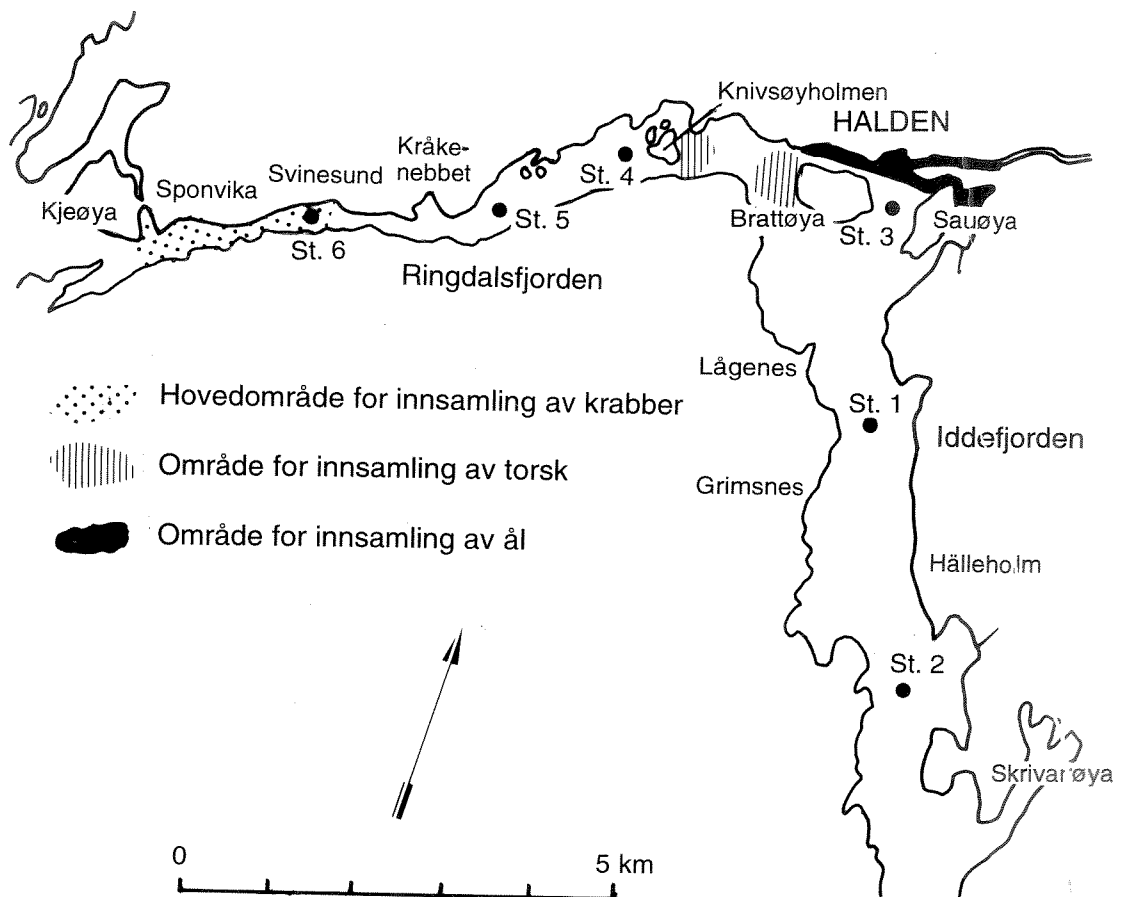
I 1990 ble det i i Hvaler-området innen Statlig program for forurensningsovervåking gjennomført undersøkelser av innholdet av miljøgifter (metaller og klororganiske komponenter) i sediment. Hoveddelen av undersøkelsen var knyttet til Hvaler arkipelaget (Helland et al., 1992). I den nevnte undersøkelsen inngikk også 2 stasjoner (I1, I2) i ytre del av Iddefjorden, hvorav den ytterste (I1) tilsvarer stasjon 6 i denne undersøkelsen (figur 1) og ID6 i undersøkelsen fra 1977 (Knutzen et al., 1978).

I de sedimentundersøkelser som denne rapporten omhandler, har en konsentrert innsatsen på den indre delen av Iddefjorden, dvs. området fra stasjon 6 og innover fordi undersøkelsen utført i 1990 skulle tilfredsstillende beskrive "dagens" situasjonen i den ytre del av fjorden.

I sedimentundersøkelsene har en tatt utgangspunkt i parametre som ble analysert i 1977, dvs. metallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn) og kvikksølv (Hg) og i tillegg enkelte parametre av polyklorerte bifenyler (PCB) og en del utvalgte biocider, som ved 1990-undersøkelsene antydte kunne være et miljøgiftproblem i Iddefjorden. I tillegg har en også analysert for aluminium (Al), krom (Cr) og organisk karbon, total nitrogen (HCN-metoden), samt gjennomført kornfordelingsanalyser (tabell 1).

Tabell 1. Analyser foretatt på ulike nivåer i sedimentet på stasjoner i Iddefjorden. Pb = bly, Cu = kobber, Li = Lithium, Cd = kadmium, Hg = kvikksølv, Zn = sink, Cr = krom, Klor-org. komp. = utvalgte klororganiske komponenter, TOC = total mengde organisk karbon, TN = total mengde nitrogen, %<63µm = andelen av sedimentet som har en partikkelstørrelse på mindre enn 63 µm.

| Stasjon | Sediment-dyp (cm) | Pb, Cu, Li, Cd, Hg | Zn | Cr | Klor org. komp. | Gløde-tap | TOC +TN | %<63µm |
|---------|-------------------|--------------------|------|------|-----------------|-----------|---------|--------|
| 1 | 0-2 | X | X | X | i.a. | X | X | X |
| 1 | 2-4 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 1 | 4-6 | X | i.a. | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 2 | 0-2 | X | X | X | i.a. | X | X | X |
| 2 | 2-4 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 3 | 0-2 | X | X | X | i.a. | X | X | X |
| 3 | 2-4 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 4 | 0-2 | X | X | X | X | X | X | X |
| 4 | 2-4 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 5 | 0-2 | X | X | X | i.a. | X | X | X |
| 5 | 2-4 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 5 | 4-6 | X | i.a. | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 5 | 8-10 | X | i.a. | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 5 | 12-14 | X | i.a. | i.a. | i.a. | X | X | X |
| 6 | 0-2 | X | X | X | i.a. | X | X | i.a. |
| 6 | 4-6 | X | X | i.a. | i.a. | X | X | i.a. |



Figur 1. Kartskisse av Iddefjorden med stasjoner for innsamling av sediment og biota (torsk, ål og krabbe).

Innsamling av sedimentprøver ble utført 22.9.92 på 6 stasjoner i Iddefjorden (figur 1). Stasjonene hadde tilnærmet samme plassering som ved forrige sedimentundersøkelse i fjorden i 1977 (Knutzen et al., 1978). Nøyaktige stasjonsposisjoner fra den gang var ikke tilgjengelige. Posisjoner for innsamlingen i 1992 finnes i vedleggstabell 1.

Sedimentprøvene ble tatt vha. en kjerneprøvetaker fra båt. Kjernene ble gitt en visuell beskrivelse (jfr. tabell 3) før de ble delt i enkeltprøver, slik tabell 1 viser. På enkelte stasjoner ble kjernene snittet i enkeltprøver nedover i sedimentet, - på stasjon 5 helt ned til 14 cm sedimentdyp, slik at tidsutviklingen fra 1977 frem til idag kan følges. En forutsetning for å kunne følge denne tidsutviklingen er at antagelsen til Knutzen et al. (1977) om at sedimentasjons-hastigheten på henholdsvis ca. 7.5 og 2.7 mm pr. år på stasjonene 5 og 1, er tilnærmet riktig. Det ble det tatt 3 parallelle kjerner på alle stasjoner.

PCB og en del utvalgte biocider, samt dioksin ble analysert i 0 - 2 cm intervallet i sediment fra stasjon 4. Dioksinanalysen ble utført fordi tidligere analyse av organismer fra Sponvika området har vist seg å ha noe høyere innhold av dioksiner enn området utenfor fjorden (Berge, 1991). PCB analyseres fordi en i 1990 undersøkelsene fant forhøyede verdier i ytre del av Iddefjorden.

Innholdet av bly, kadmium, kobber, sink, krom og lithium ble bestemt ved atomabsorbsjonspektrometri etter totaloppløsning med fluss-syre og kongevann (Loring og Rantala, 1991). Analysene utført i 1977 ble utført etter oppløsning med salpetersyre. Denne metoden ble også benyttet på enkelte prøver denne gang for å kunne sammenligne analyseresultatene med de fra 1977.

Innholdet av kvikksølv ble bestemt ved kalddamp atomabsorbsjonspektrometri etter oppløsning med 1:1 salpetersyre (Norsk standard 4768).

Som kvalitetsikring ble standard sertifisert referansemateriale BCSS-1 og MESS-1 benyttet (se vedlegg). Lithium benyttes som normaliseringsparameter for metaller, her bly, kobber, sink og krom.

Innholdet av polyklorerte bifenyler (PCB) ble bestemt ved gasskromatografi (Hewlett - Packard 5890 Serie II med elektroninnfangingsdetektor (ECD)). De enkelte forbindelsene ble identifisert ut fra deres spesifikke retensjonstider. Retensjonstidene ble funnet ved analyse av kjente standarder/standardblandinger, og det ble kun benyttet enkeltkongenerer av PCB-komponentene. Kvantifiseringen ble utført ved bruk av 8-punkts standardkurve, og konsentrasjonsnivået til alle parametre ble justert til å ligge innenfor standardkurvens lineære område.

Innholdet av polyklorerte dibenzo-dioksiner (PCDD) og -furaner (PCDF) ble analysert etter forskrift NILU-0-1 som er utarbeidet etter EN45001. Som kvalitetsikring ble ¹³C-merket 2,3,7,8-klorsubstituerte isomerer tilsatt prøven før opparbeidelses- og analyseprosedyren. Gjenvinningsstandard ble tilsatt rett før analyse på GC/MS. Etter NILUs metode skal gjenvinningen av tilsatte ¹³C-isotopmerkete internstandarder ligge innenfor 40 - 120% i forhold til en av de tilsatte ¹³C-isotopmerkete gjenvinningsstandardene. Gjenvinningen var tilfredsstillende, og resultatene ble korrigert deretter.

Innholdet av total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN) ble bestemt med en Carlo Erba Elementanalysator modell 1106.

Ved TOC bestemmelse syrebehandles sedimentene før analyse for å fjerne uorganisk karbon. Prøvene forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800°C. Katalysator sørger for fullstendig forbrenning. Overskuddet av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650°C. Her reduseres også nitrogenoksyder til N₂-gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og N₂- og CO₂-gassene detekteres i en varmetrådsdetektor.

For å kunne sammenligne resultatene med forrige undersøkelse i 1977 ble glødetap også bestemt på alle prøver. Til forskjell fra TOC analysen hvor mengden av organisk bundet karbon i sedimentet bestemmes (dvs. bare C-atomet), gir glødetapsanalysen svar på hvor mye organisk materiale som er tilstede i prøven, dvs. man får med hele molekylet hvor karbon sitter bundet. Karbon kan være bundet til fluor, nitrogen, oksygen og forskjellige salter. Man vil også få med krystallvann i prøven.

Andel av silt og leire ble bestemt ved våtsikting gjennom en 63 µm sikt, type Endecote.

2.1.1. Klassifikasjon av forurensningsgrad

De analyserte miljøgifter i sediment blir i det følgende klassifisert etter konsentrasjon, slik tabell 2 viser. Klasseinndelingen er etter Knutzen og Skei, 1990.

Metallverdiene i klassifiseringen er basert på total opplutning av ikke-fraksjonert finkornete sedimenter (< 2 mm). Unntatt er kvikksølv som er basert på salpetersyreopplutning. PCB-verdiene er total mengde PCB.

Tabell 2. Klassifikasjon av forurensningsgrad, alle verdier er i mg/kg = ppm, tørrvekt (etter Knutzen og Skei, 1990).

| Stoff | Kl. 1 | Kl. 2 | Kl. 3 | Kl. 4 |
|-----------|---------|-------------|-----------|-------|
| Kvikksølv | <0,15 | 0,15-0,6 | 0,6-3 | >3 |
| Kadmium | <0,25 | 0,25-1 | 1-5 | >5 |
| Bly | <30 | 30-120 | 120-600 | >600 |
| Kobber | <35 | 35-150 | 150-700 | >700 |
| Krom | <70 | 70-300 | 300-1400 | >1400 |
| Sink | <150 | 150-650 | 650-3000 | >3000 |
| PCB | <0,005? | 0,005-0,025 | 0,025-0,1 | >0,1 |

- Kl. 1 Lite eller ubetydelig forurenset
- Kl. 2 Moderat forurenset
- Kl. 3 Markert forurenset
- Kl. 4 Sterkt forurenset

2.1.2. Normalisering av metallverdier

Metaller knytter seg gjerne til små partikler i sedimentene. Som oftest er det derfor en klar sammenheng mellom metallinnhold og kornstørrelse. Et grovkornet sediment med et stort innhold av mineraler som kvarts og feltspat gir ofte lave metallkonsentrasjoner. Finkornete sedimenter med et høyt innhold av fyllosilikater og leirmineraler gir derimot et høyt innhold av metaller.

For å kunne avgjøre hvor stor andel av metallene i sedimentene som er naturlig og hvor stor andel som skyldes menneskelige tilførsler, er det nødvendig å kompensere for mineralogiske forskjeller og kornstørrelse. Lithium sitter bundet i molekylgitteret i fyllosilikater og leirmineraler og vil derfor transporteres og avsettes sammen med disse. Det er derfor som oftest signifikant sammenheng mellom lithium og kornstørrelsen i en gitt prøveserie. Dette gjør at lithium er en velegnet normaliseringsparameter både for mineralogiske forskjeller og kornstørrelse. Lithium egner seg bedre enn aluminium som normaliserings-parameter fordi den vanligvis ikke forekommer i feltspat (Loring, 1990). En forutsetning for å benytte lithium som normaliseringsparameter, er at man benytter totalopplutning med flussyre på sedimentene, slik at man får løst ut alt av metaller. Tabell 3 viser analyseresultater av bly, kobber, sink og kadmium ved opplutning med salpetersyre og flussyre.

Finkornet organisk materiale kan også binde metaller. Dette gjelder særlig kvikksølv og til dels kadmium. Flere undersøkelser har vist signifikant sammenheng mellom total organisk karbon og henholdsvis kvikksølv og kadmium. Det er derfor vanlig å benytte total organisk karbon som normaliseringsparameter for disse to metallene (Loring, 1975 og 1991).

Tabell 3. Analyseresultater av bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn) og kadmium (Cd) i sedimenter fra Iddefjorden 1992 etter opplutning med ⁽¹⁾ salpetersyre og ⁽²⁾ flussyre, alle verdier i mg/kg tørrvekt.

| Stasjon | dyp (cm) | Pb ¹ | Pb ² | Cu ¹ | Cu ² | Zn ¹ | Zn ² | Cd ¹ | Cd ² |
|---------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0-2 | 53,2 | 50 | 56,1 | 45 | 163 | 174 | 0,77 | 1,3 |
| 1 | 2-4 | 74,2 | 75 | 69,2 | 61 | 209 | 226 | 1,11 | 1,7 |
| 5 | 0-2 | 98,3 | 115 | 86,0 | 79 | 217 | 236 | 0,64 | 1,3 |
| 5 | 4-6 | 101,3 | 115 | 87,2 | 85 | 221 | - | 0,91 | 1,6 |
| 5 | 12-14 | 264 | 305 | 221 | 231 | 680 | - | 7,69 | 8,8 |

Analysene viser at ved opplutning med salpetersyre løses ca. 90% av bly og sink og 60% av kadmium. Kobberverdiene var gjennomgående lavere for flussoppluttede prøver enn for salpeteroppluttede. Forskjellene er imidlertid ikke større enn at de kan forklares ved unøyaktigheten ved instrumentene. Prøvene som ble flussoppluttet ble analysert i grafittovn, og de som ble salpeteroppluttet, ble analysert i flamme. Sistnevnte gir ikke så unøyaktige verdier (fem desimaler) som grafittovn. En annen årsak kan være kontaminering. Metoden for salpeteropplutning gir større muligheter for kontaminering. Det skal påpekes at salpetersyreopplutning ikke lenger er standard analysemetode for sedimenter ved NIVA. En tredje årsak kan være inhomogent sediment. Overflatesedimenter med mye organisk materiale kan være vanskelig å få homogene, sammenlignet med f.eks. rene leirprøver.

Resultatene indikerer at konsentrasjonene registrert i 1977 der en benyttet salpetersyreopplutning bør korrigeres tilsvarende dersom en skal sammenligne med resultater fremkommet ved flussyre

oppslutning. Dette gjelder da særlig kadmium.

2.2. Miljøgifter i biota

Undersøkelser av miljøgiftinnholdet i organismer (blåretang, blåskjell, torsk, ål, taskekrabbe) innsamlet fra den ytre del av Iddefjorden (Sponvikaområdet) i perioden 1989 -1990 er gjennomført (Berge, 1991) og skulle gi et representativt bilde av forurensningsgraden i den ytre del av Iddefjorden. I de undersøkelser som her rapporteres, har en for fisk konsentrerte seg om situasjonen i den indre del av fjorden, representert ved torsk og ål innsamlet fra området nær Halden. I tillegg har en som oppfølging av de resultater en fant i 1989 - 1990-undersøkelsene, utført separate metallanalyser av ulike vevstyper av taskekrabbe (klokjøtt, hepatopaneas, resten av skallinnmaten) innsamlet lenger ut i fjorden i området Sponvika/Svinesund i 1991.

Analyser av metallene bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), sink (Zn), kvikksølv (Hg), krom (Cr) og aluminium (Al) er foretatt på en blandprøve av henholdsvis torskefilet, torskelever og ålefilet og tre vevstyper av taskekrabbe (klokjøtt, hepatopaneas, resten av skallinnmaten). PCB og en del andre klororganiske forbindelser er analysert i blandprøve av torskelever og ålefilet. Polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og polyklorerte dibenzofuraner (PCDF) ble analysert på en blandprøve av torskelever.

2.2.1. Taskekrabbe

Byveterinær Farstad i Halden organiserte innsamling av taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Krabbene ble innsamlet i perioden juni - oktober i 1991 av flere fiskere i området. Alle de analyserte krabber var hunner. Analyser av metaller (Pb, Cd, Cu, Zn, Hg, Cr, Al) ble foretatt på følgende vevstyper: krabbesmør (hepatopaneas), den resterende skallinnmat, samt klokjøtt. Blandprøver (vev innsamlet fra flere individer) ble analysert etter homogenisering. Blandprøve av hepatopaneas og rest skallinnmat bestod av vev fra 14 individer. Disse krabber var hovedsakelig fanget i området Sponvika - Svinesund, mens én var fanget ved Mørvikodden. En blandprøve av klokjøtt av de samme 14 krabbene ble analysert. Denne blandprøven inneholdt imidlertid også vev fra 3 krabber fanget nærmere Halden (Brattøya) og vev fra ett individ utenfor Iddefjorden (Skjærhalden). Krabbene som ble benyttet til analyse hadde en skallbredde i området 13.5 - 17.5 cm.

I gjennomsnitt ble det tatt ut 35.3 g krabbesmør, 45.4 g rest skallinnmat og 29 g klokjøtt av hver krabbe.

2.2.2. Torsk

Innsamling av torsk (*Gadus morhua*) til analyse ble organisert av Anders Flington. Selve innsamlingen ble imidlertid foretatt av fisker Roar Eriksen i oktober 1992, dels på vestsiden av Brattøya og dels på østsiden av Knivsøyholmene. Analyser ble foretatt på blandprøve av filet (tatt fra ryggside) og lever. Blandprøve bestod av vev fra 22 torsk med en midlere lengde på 37.7 cm (27 - 55 cm) og en midlere vekt på 571.4 g (159 - 1544 g). Fra hver fisk ble det tatt ut 10 - 10.5 g filet. Hele leveren fra hver fisk ble brukt til analyse. Midlere levervekt var 3.7 g (1.2 - 4.6g).

2.2.3. Ål

Den analyserte blandprøve av ålefilet ble tilsendt fra SINTEF SI (SI-kode: 1-92-149). Ålen var fanget i mai/juni 1992 med ruser i 5 - 10 m dyp i området nær Halden (SI: område A, se figur 1).

2.3. Stereofotografering av hardbunn

To stasjoner (Sponvikskansen, Kråkenebbet lykt, se figur 1) ble etablert i 1978. Disse stasjoner er tidligere fotografert ca. 16 ganger frem til 1986 og ble høsten 1992 avfotografert på ny etter tidligere anvendte metoder (Lundälv, 1971, Magnusson et al., 1982, 1983). På hver stasjon avfotograferes faste flater på henholdsvis 2, 7 - 8 og 12 - 17 m dyp. Billedbearbeidelse, sammenligning med tidligere undersøkelser og rapportering vil bli gjort senere.

3. RESULTATER OG DISKUSJON - MILJØGIFTER I SEDIMENT

3.1. Sedimentbeskrivelse

Før kjernene ble snittet i enkeltprøver ble de visuelt beskrevet slik tabell 4 viser.

Tabell 4. Stasjons- og sedimentkjernebeskrivelse fra Iddefjorden 1992.

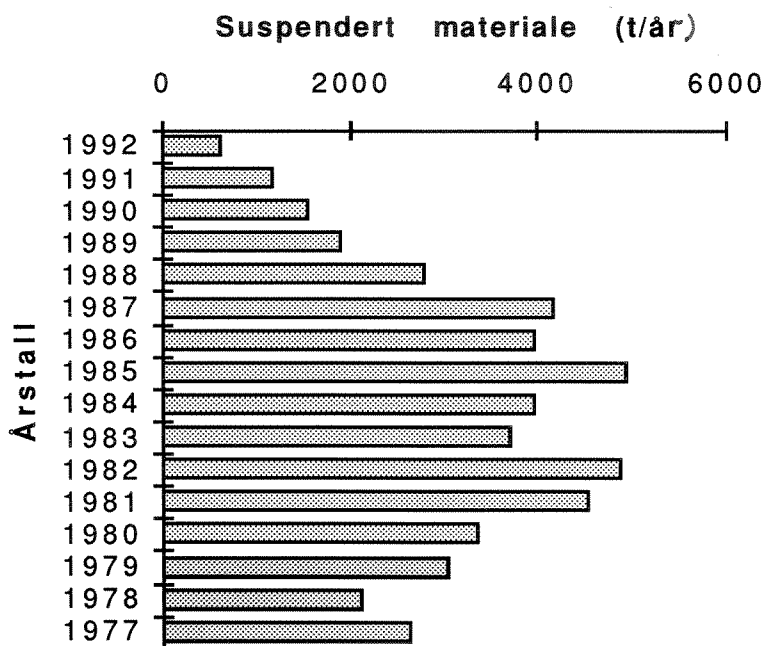
| Stasjon | Sedimentdyp prøvetatt (cm) | Kjerne lengde (cm) | Vanddyb (m) | Beskrivelse |
|---------|----------------------------|--------------------|-------------|---|
| ID 2 | 0-2, 2-4 | 60 | 39 | Øvre 30 cm anoksisk svart mudder, lukt av hydrogensulfid. Grå leire i de nedre 30 cm. |
| ID 1 | 0-2, 2-4, 4-6 | 60 | 37 | Som ID 2, men med 40 cm svart mudderlag i toppen. |
| ID 3 | 0-2, 2-4 | 60 | 21 | Som ID 1 og 2, det svarte overflatelaget gikk gradvis over i grågrønt ved 50 cm. Gassbobler. Mye treflis og endel grus i bunnen av kjernen. Oljeaktig film på sedimentflatene ved snitting. |
| ID 4 | 0-2, 2-4 | 50 | 36 | Oransje oksisk overflatelag (1 cm) med børstemark og mye pellets. Ellers svart anoksisk mudder med hydrogensulfid-lukt. Grågrønn leire i bunnen som på de øvrige stasjonene. |
| ID 5 | 0-2, 2-4, 4-6, 8-10, 12-14 | 50 | 41 | Oransje oksisk overflatelag (1 cm), ellers svart mudder. Ved 40 cm overgang til grå leire med lommer av grus. |
| ID 6 | 0-2, 2-4 | 30 | 28 | Tynt brunt overflatelag ellers svart sandig leire med endel skjellsand. Børstemark. |

De prøvetatte sedimentene i Iddefjorden var finkornet. Andelen av silt og leire var over 90% i alle prøver med unntak av stasjon 6, der andelen var 80% (se vedlegg). Stasjonene innerst i fjorden hadde anoksiske sedimenter. I Ringdalsfjorden (betegnes ofte også "ytre deler av Iddefjorden") og videre utover mot Svinesund var sedimentoverflaten oksisk med innslag av børstemark.

Innholdet av organisk karbon (TOC) lå fra ca 4 - 7% i overflatesedimentene (0 - 2 cm). Normalt inneholder marine sedimenter 1 - 3% organisk karbon. Til sammenligning inneholdt sedimentene innenfor Hvalerøyene i 1990 fra 1 - 2% organisk karbon. De relativt lave verdiene skyldes Glommas store transport av mineralogisk materiale og som sedimenterer i dette området (Hektoen et al., 1992).

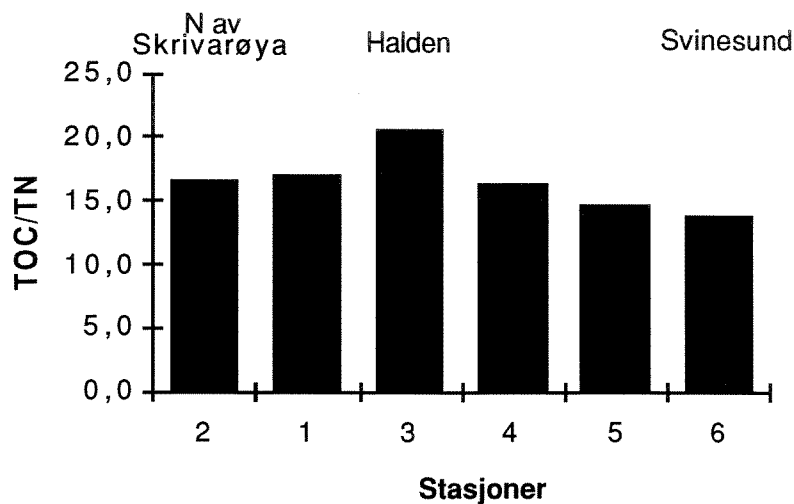
Det var små forskjeller i organisk innhold i sedimentene i Iddefjorden fra siste undersøkelse i 1977. Det ble da målt 6 - 28% organisk materiale ved glødetapsmetoden i overflatesedimentene (0 - 4 cm) (Knutzen et al., 1978). De høyeste verdiene ble målt nær Halden. I 1992 var innholdet fra 14 til 24% i de øvre 4 cm av sedimentene med fortsatt den høyeste verdien på stasjonen nærmest Halden. Datering av en sedimentkjerne fra stasjon 1 i 1977 viste en sedimenttilvekst på 2,7 mm/år. Basert på registreringer av når Iddefjorden ble anoksisk, ble sedimenttilveksten på stasjon 3 antatt å være 10 mm/år. De øvre 4 cm av sedimentene representerer da de siste 4 års avsetninger. Etter opplysninger fra Saugbrugsforeningen var utslippet av suspendert materiale fra 1980 til 1987 ca. 4000 tonn/år (figur 2). Det har vært en gradvis reduksjon i utslippet fra 1987 til 1992. Utslippene før 1977 er ikke

kjent. Antar man at de i perioden 1974 - 1977 var av samme størrelse som i 1977/78 (ca. 2500 t/år), er dette ca. en halvering i forhold til siste 4 år fra 1989 - 1992, hvor utslippet var ca. 1300 t/år. Dette er en så stor reduksjon at en burde kunne forvente å se en nedgang også i sedimentene. Når det fortsatt observeres de samme nivåene i sedimentene, kan dette skyldes en økt primærproduksjon i vannmassene som vil gi økt sedimentering av døde alger.



Figur 2. Utslipp av suspendert stoff (tonn/år) fra Saugbrugsforeningen (Halden i perioden 1977 - 1992.

Ved en økt primærproduksjon i vannmassene, burde innslaget av marint plankton i sedimentene øke. Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N-forholdet) gir informasjon om opprinnelsen til det organiske materialet. I marint plankton oppgis forholdet gjerne til 106 : 16 (= 6.6) på atombasis eller 5.8 på vektbasis (det såkalte Redfield-forholdet). Terrestrisk organisk materiale er fattig på nitrogen (ligninrikt). Økende innslag av lignin medfører derfor økende C/N-forhold. Forholdet mellom total organisk karbon og nitrogen i sedimentene fra Iddefjorden viste at det vesentlige av organisk materiale fortsatt var av terrestrisk opprinnelse, hvilket er å forvente fordi utslippene fra Saugbrugsforeningen fortsatt er relativt høye. Figur 3 viser at stasjon 3 nær Halden ved utløpet av Tista og Saugbrugsforeningen hadde det høyeste forholdstallet (ca. 20). Ved undersøkelsene i 1977 ble ikke total organisk karbon eller nitrogen analysert, og det finnes derfor ikke tall for sammenligning. Eksempelvis kan nevnes at sedimentene innenfor Hvalerøyene i 1990 hadde et forholdstall mellom 7 og 10 med de høyeste verdiene nær Glommas utløp (Hektoen et al., 1992).

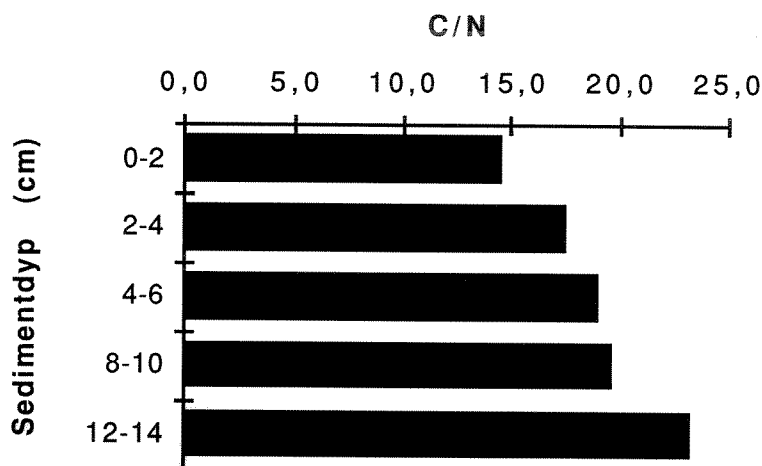


Figur 3. Forholdet mellom karbon (C) og nitrogen (N) i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Iddefjorden 1992.

For å kunne avgjøre om det har vært en økt primærproduksjon i vannmassene, kan man se om C/N-forholdet varierer nedover i sedimentet, dvs. gjennom tid. På stasjon 5 ser man at C/N-forholdet avtar mot sedimentoverflaten (figur 4). Ifølge sedimentdateringen i 1977 var tilveksten på denne stasjonen 7.5 mm/år. Dette er et gjennomsnitt for hele kjernen. På grunn av større vanninnhold i de øvre sedimentlag vil denne delen ha en større tilvekst målt i cm sammenlignet med dypere lag av sedimentene hvor vannet er presset ut pga. tyngden av overliggende sedimenter. Man kan derfor anta at prøvene fra 12 - 14 cm sedimentdyp ble avsatt i siste halvdel av 1970. Marint plankton har et forholdstall på 6 (atomvektbasis). Forholdstallet i sedimenter vil være noe høyere som følge av at nitrogenforbindelser brytes hurtigere ned enn karbonforbindelser. Dette betyr at man naturlig vil få et økende C/N-forhold ned gjennom sedimentkolonnen. Spørsmålet er da om observasjonene på stasjon 5 kun skyldes en naturlig nedbrytning av nitrogenforbindelsene eller et økt innslag av marint plankton de siste årene.

Tilsvarende observasjoner ble gjort i Drammensfjorden hvor C/N-forholdene i sedimentene viste en reduksjon mot sedimentoverflaten. Dette hadde en direkte sammenheng med produksjon av sulfittcellulose (Magnusson og Næs, 1983). Sedimenttilveksten var tilnærmet lik på stasjonen i Drammensfjorden og i Iddefjorden.

Når det fortsatt observeres like stort innhold av organisk materiale i fjorden i 1992 som i 1977, er det grunn til å tro at dette skyldes økt primærproduksjon i vannmassene i takt med reduksjonen i utslippene av organisk materiale fra Saugbrugsforeningen.



Figur 4. Forholdet mellom karbon (C) og nitrogen (N) i sedimenter fra stasjon 5 i Iddefjorden 1992.

3.2. Metaller i overflatesedimentene

Undersøkelsene i fjorden i 1977 viste forhøyede verdier av bly, kobber, sink, kadmium og kvikksølv i bunnsedimentene. Årsaken til forurensningen var utslipp av kisaske og bruk av kvikksølv i slimbekjempningsmiddel ved Saugbrugsforeningen. Utslippene opphørte i 1978 (Knutzen et al., 1978).

I forbindelse med sedimentundersøkelser innenfor Hvalerøyene i 1990 ble det tatt prøver fra to stasjoner i ytre deler av Iddefjorden (Hektoen, 1992). Prøvene viste at metallinnholdet var redusert siden 1977, men med fortsatt moderat forhøyede verdier av bly, sink, kobber og kvikksølv i ytre deler av fjorden. Innholdet av kadmium var derimot markert forhøyet.

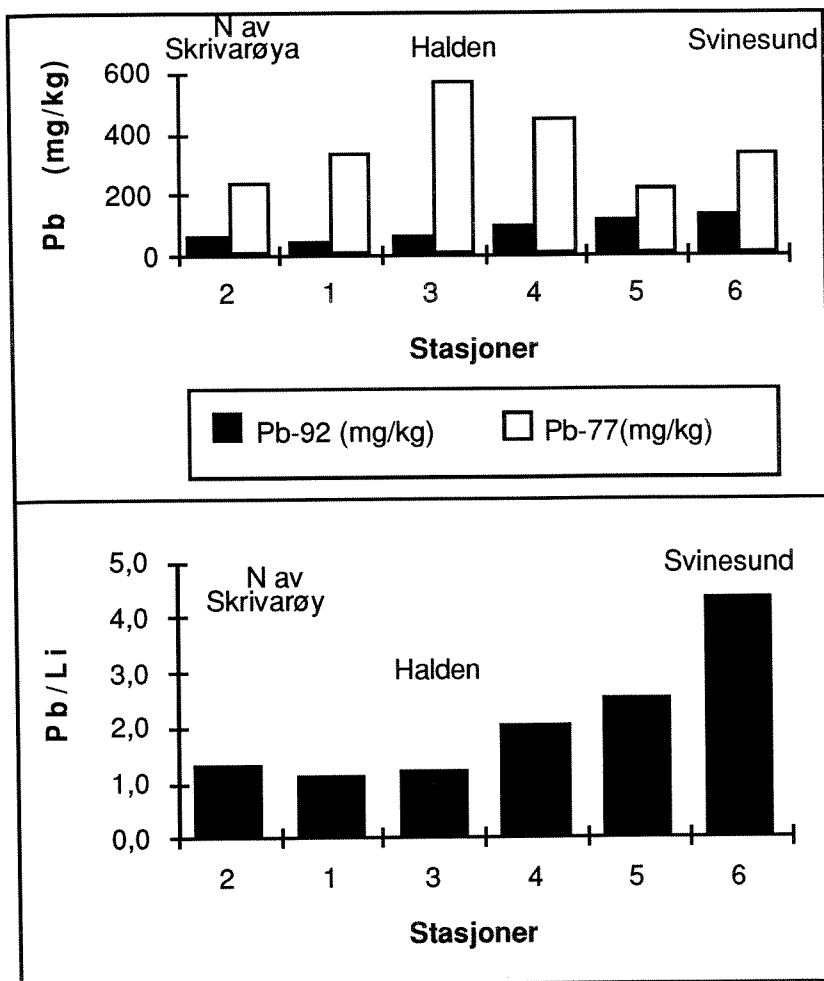
3.2.1. Bly

Ved foreliggende undersøkelser i Iddefjorden (1992) varierte innholdet av bly i overflatesedimentene (0 - 2 cm) fra 50 til 135 mg Pb/kg tørt sediment, med de høyeste verdiene ytterst i fjorden mot Svinesund. Ved å normalisere blyverdiene mot lithium, ser man enda tydeligere at ytre del av fjorden har en større antropogen tilførsel enn de indre delene (figur 5).

Uforurensede fjordsedimenter inneholder < 30 mg Pb/kg tørt sediment (tabell 2). Sedimentene i Iddefjorden kan karakteriseres som moderat forurensset av bly med unntak av ytterst i fjorden (stasjon 6), der sedimentet var markert forurensset.

Innholdet av bly i sedimentene var redusert siden undersøkelsene i 1977. Det ble den gang registrert en maksimumkonsentrasjon utenfor Halden på 570 mg Pb/kg tørt sediment (jfr. figur 5). Dette tilsvarer 633 mg Pb/kg tørt sediment hvis man antar at 90% løses og detekteres ved salpetersyreoppløsning (jfr. kapittel 2.1.2.).

Til sammenligning var verdiene i Iddefjorden i 1992 noe høyere enn verdiene registrert innenfor Hvalerøyene i 1990. De høyeste verdiene innenfor Hvalerøyene (96 mg Pb/kg tørt sediment) ble registrert i Singlefjorden og i ytre deler av Løperen (Hektoen et al., 1992).

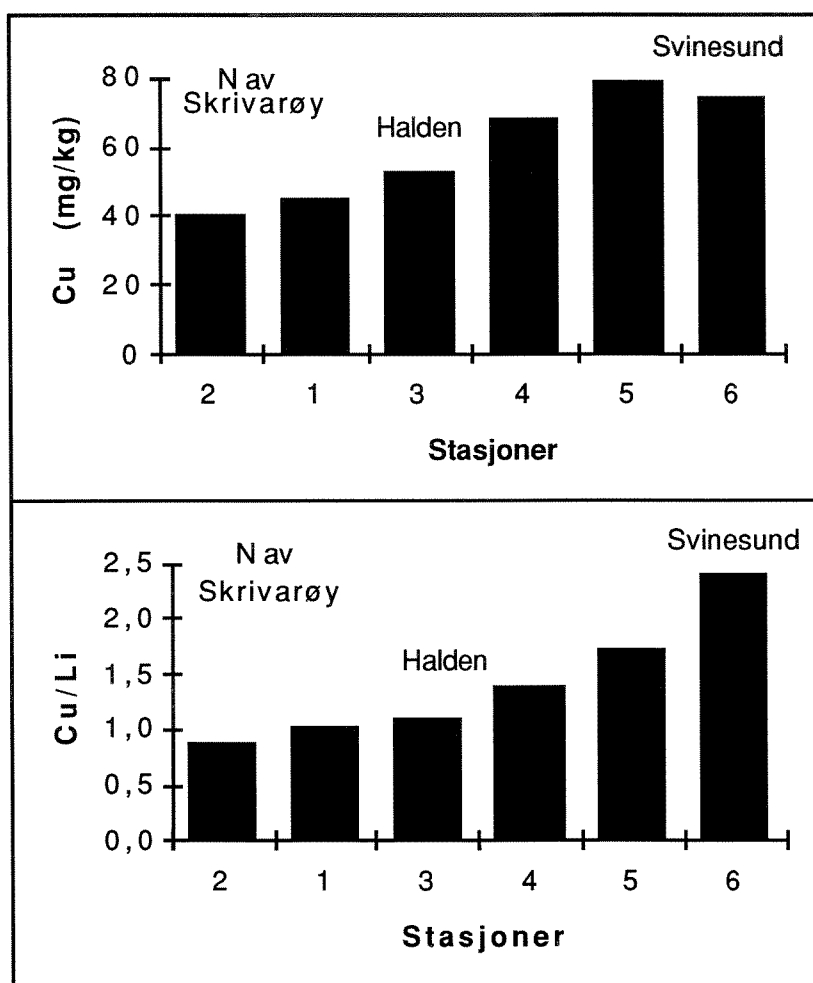


Figur 5. Bly i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Iddefjorden i 1977 (merk! oppluttet med salpetersyre) og i 1992 (oppluttet med flussyre) (øvre figur). Bly i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra Iddefjorden i 1992 normalisert mot lithium (nedre figur).

3.2.2. Kobber

Innholdet av kobber i overflatesedimentene varierte fra 40 til 79 mg Cu/kg tørt sediment, med de høyeste verdiene ytterst i fjorden mot Svinesund (figur 6). Den høyeste verdien ble registrert på stasjon 5. Normaliseres verdiene mot lithium, ser man at stasjon 6 har den største overkonsentrasjonen, hvilket er i overensstemmelse med fordelingen av bly. Normalt inneholder uforurensede fjordsedimenter < 35 mg Cu/kg tørt sediment (tabell 2). Ifølge klassifiseringen (tabell 2) kan sedimentene i Iddefjorden betegnes som moderat forurenset av kobber. Ved undersøkelsene i 1977 varierte verdiene fra 130 til 287 mg Cu/kg tørt sediment (etter opplutning med salpetersyre) (markert forurenset, jfr. tabell 2). Som for bly ble den høyeste verdien dengang registrert på stasjon 3, utenfor Halden.

Til sammenligning var kobberinnholdet i sedimentene i Iddefjorden i 1992 noe lavere enn de høyeste verdiene registrert innenfor Hvalerøyene i 1990, hvor sedimentene i ytre deler av Løperen hadde et innhold av kobber på 103 mg Cu/kg tørt sediment.

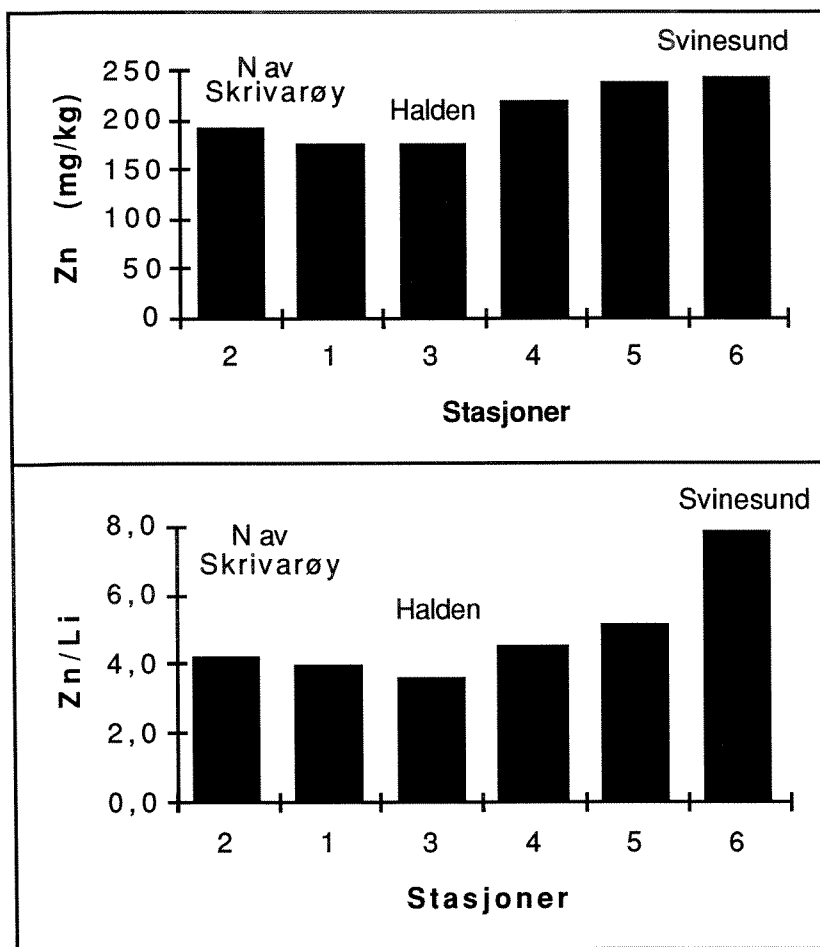


Figur 6. Kobber i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden 1992 (øvre figur) og normalisert mot lithium (nedre figur).

3.2.3. Sink

Innholdet av sink i overflatesedimentene i Iddefjorden varierte mellom 174 og 242 mg Zn/kg tørt sediment, med de høyeste verdiene ytterst i fjorden mot Svinesund. Normaliseres verdiene mot lithium, ser man at stasjon 6 klart har størst overkonsentrasjon (figur 7). Normalt inneholder uforurensede fjordsedimenter < 150 mg Zn/kg tørt sediment. Sedimentene kan betegnes som moderat forurenset av sink (jfr. tabell 2). Ved undersøkelsene i 1977 ble det registrert verdier mellom 716 og 1768 mg Zn / kg tørt sediment (etter oppslutning med salpetersyre). Som for bly og kobber ble den høyeste verdien registrert utenfor Halden (Knutzen et al., 1978).

Verdiene ligger i samme nivå som registrert i ytre deler av Løperen og Singlefjorden i 1992 (Hektoen et al., 1992).



Figur 7. Sink i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden 1992 (øvre figur) og normalisert mot lithium (nedre figur).

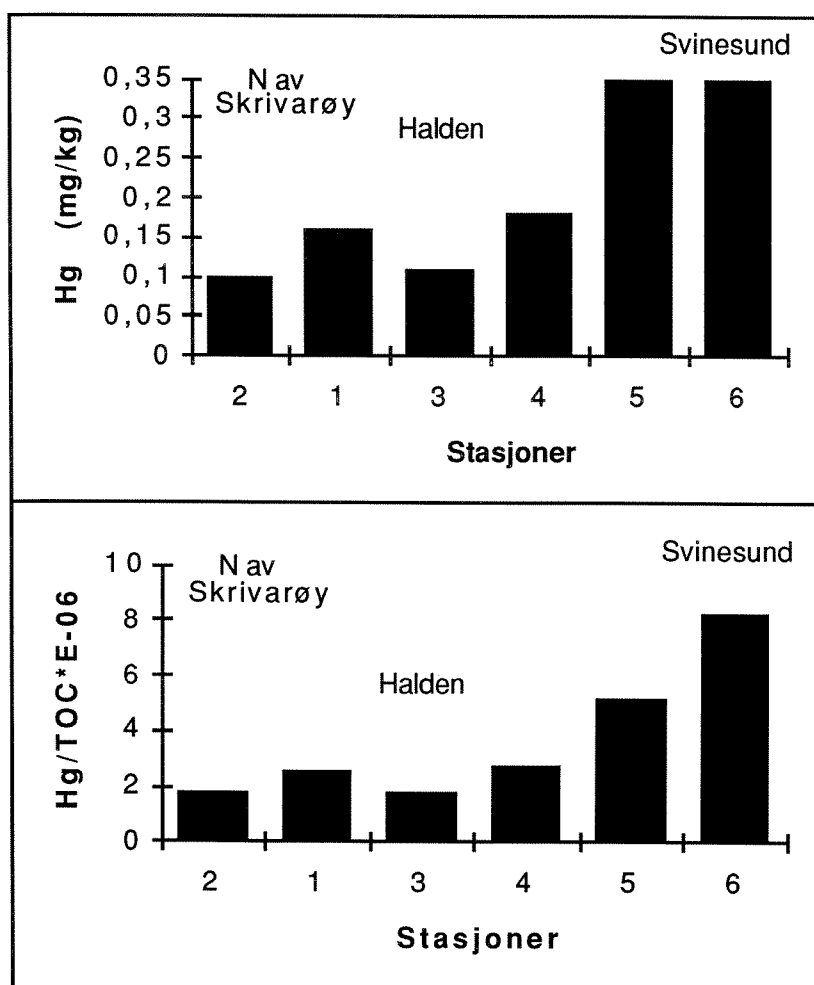
3.2.4. Kvikksølv

Innholdet av kvikksølv i overflatesedimentene i Iddefjorden varierte mellom 0.10 og 0.35 mg Hg/kg tørt sediment, med de høyeste verdiene ytterst i fjorden mot Svinesund. Kvikksølvinnholdet på stasjon 5 og 6 var tilnærmet likt henholdsvis 0.30 og 0.35 mg Hg/kg tørt sediment.

Normalt inneholder uforurensede sedimenter < 0.15 mg Hg/kg tørt sediment (jfr. tabell 2). Sedimentene kan karakteriseres som lite forurensset i indre deler av Iddefjorden til moderat forurensset i ytre deler av fjorden.

Tidligere undersøkelser har vist at kvikksølv har affinitet til organisk materiale (Loring, 1975). For å kompensere for variasjoner i organisk innhold i prøvene, kan man på samme måte som for lithium normalisere kvikksølvverdiene mot total organisk karbon.

Man antar da at alt kvikksølv er bundet til organisk materiale. Stasjon 5 hadde et høyere innhold av organisk karbon enn stasjon 6. Man skulle da kunne forvente en høyere kvikksølv-verdi på denne stasjonen enn på stasjon 6. Figur 8 viser at stasjon 6 etter normalisering mot totalorganisk karbon har et høyere forholdstall enn stasjon 5, dvs. en større overkonsentrasjon av kvikksølv (i det organiske materiale) enn stasjon 5.



Figur 8. Kvikksølv i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 (øvre figur). Kvikksølv i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 normalisert mot total organisk karbon (TOC).

Kvikksølvverdiene i sedimentene er i overensstemmelse med registreringene i 1990, - det ble da målt 0,44 mg Hg/kg tørt sediment på stasjon 6. Verdiene i Iddefjorden er lavere enn de høyeste verdiene registrert innenfor Hvalerøyene i 1990. Ytre del av Løperen hadde 0,7 mg Hg/kg tørt sediment (Hektoen et al., 1992).

Kvikksølvinnholdet i sedimentene i Iddefjorden i 1992 var redusert siden undersøkelsen i 1977. Verdiene varierte da fra 0,7 til 0,8 mg Hg/kg tørt sediment, - dvs. verdiene var relativt like på alle stasjoner, i motsetning til verdiene av bly, kobber og sink som hadde klart høyest verdier utenfor Halden.

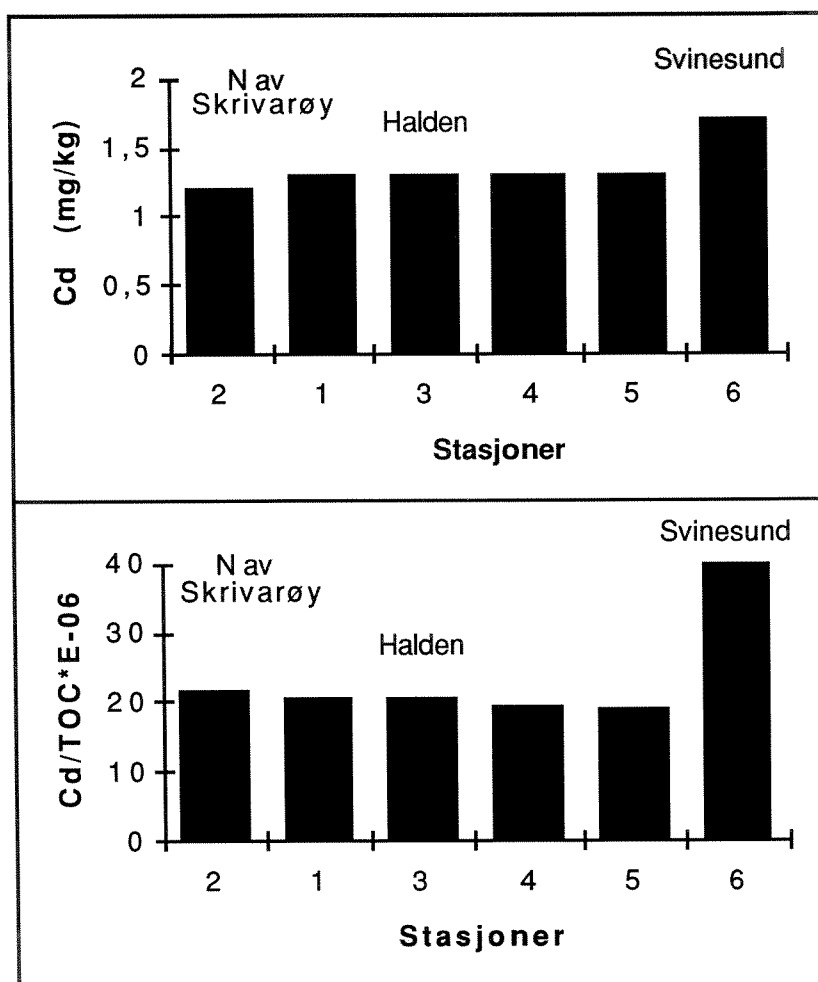
3.2.5. Kadmium

Innholdet av kadmium i overflatesedimentene varierte fra 1,2 til 1,7 mg Cd/kg tørt sediment med relativt like høye verdier i hele fjorden. Stasjon 6 ved Svinesund hadde den høyeste verdien. Normaliseres verdiene mot total organisk karbon på samme måte som for kvikksølv (jfr. kapittel 3.2.4), kommer det tydelig frem at stasjon 6 hadde markert høyere overkonsentrasjon enn de øvrige

stasjonene (figur 9).

Sedimentene i Iddefjorden var ifølge klassifiseringen (tabell 2) markert forurensert av kadmium. Uforurensede fjordsedimenter inneholder < 0.25 mg Cd/kg tørt sediment. Sammenlignet med nivåene i 1977 hvor verdiene lå mellom 2.9 og 7.4 mg Cd/kg tørt sediment (Knutzen et al., 1978), har belastningen på sedimentene blitt betydelig redusert. Det har vært en markant bedring når man tar i betraktning at analysene i 1977 ble utført etter oppslutning med salpetersyre som anslagsvis løser ut 60% av det totale kadmiuminnholdet (jfr. kapittel 2.1.2). Korrigeres verdiene for dette, gir det en maksimumkonsentrasjon på 10.4 mg Cd/kg tørt sediment i 1977. De høyeste verdiene ble den gang målt nær Halden.

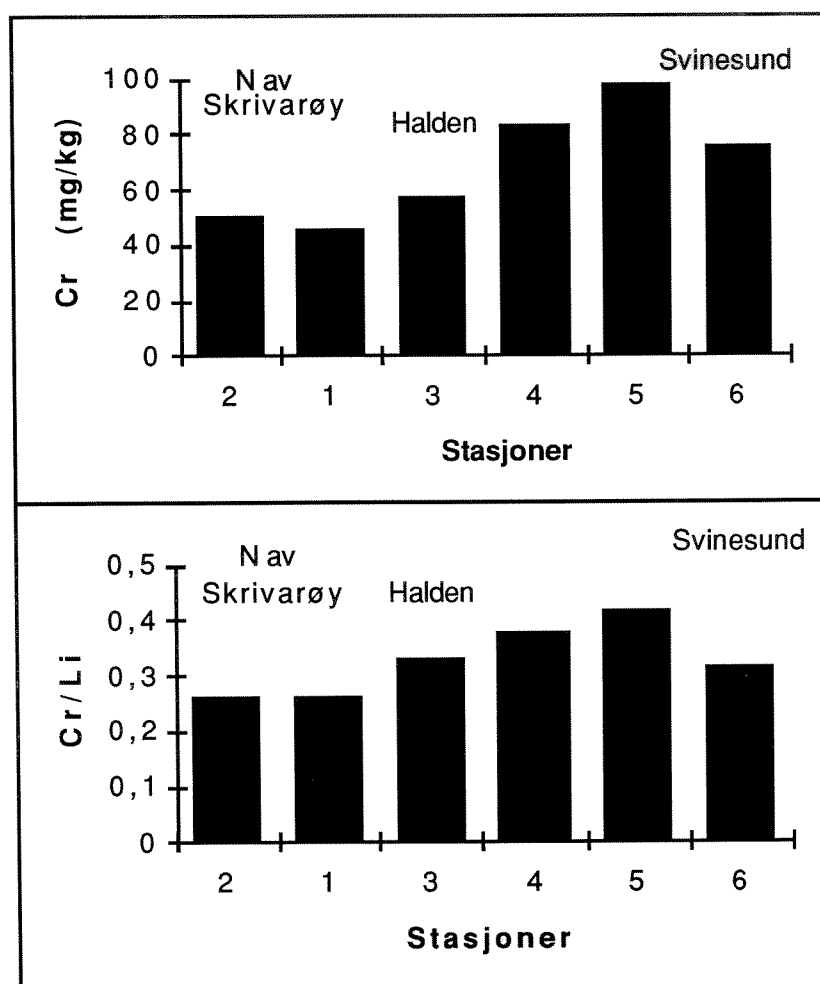
Til sammenligning var kadmiuminnholdet i sedimentene i Iddefjorden i 1992 høyere enn innenfor Hvalerøyene i 1990. De høyeste verdiene (0.2 mg Cd/kg tørt sediment) ble den gang registrert i øvre del av Løperen ved utløpet av Glomma (Hektoen et al., 1992).



Figur 9. Kadmium i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 (øvre figur). Kadmium i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 normalisert mot total organisk karbon (TOC).

3.2.6. Krom

Innholdet av krom i overflatesedimentene varierte fra 46 til 98 mg Cr/kg tørt sediment. De høyeste verdiene ble registrert ytterst i fjorden mot Svinesund (figur 10). Normalisering av dataene mot lithium ga ingen store forandringer i opptreden av høye og lave verdier, men viste en tendens vil å utjevne forskjeller mellom stasjonene. Stasjon 4 og 5 pekte seg fortsatt ut med de høyeste verdiene etter normalisering. Stasjon 3 og 6 derimot, viste seg å være nærmere hverandre i konsentrasjon etter normalisering. Normalt inneholder uforurensede sedimenter < 70 mg Cr/kg tørt sediment (tabell 2). Stasjon 4, 5 og 6 kan ifølge klassifiseringen (tabell 2), betegnes som moderat forurenset av krom.



Figur 10. Krom i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 (øvre figur). Krom i overflatesedimenter (0 - 2 cm) i Iddefjorden i 1992 normalisert mot lithium (Li).

Krom ble ikke analysert ved undersøkelsene i 1977, det ble heller ikke analysert for krom nedover i sedimentene ved foreliggende undersøkelse. Det er derfor ikke grunnlag for å vurdere utviklingen av tilførselen av krom til sedimentene i Iddefjorden gjennom tid.

Innholdet av krom på stasjon 6 ved undersøkelsene i 1990 var 36 mg Cr/kg tørt sediment (Hektoen et al., 1992), dvs. ca. 50% mindre enn i 1992. Analysene i 1990 ble imidlertid gjort etter oppslutning med salpetersyre som bare løser ut en liten del av krom som er tilstede. Erfaringsvis løses krom vanskeligere enn f.eks. bly og kobber.

Til sammenligning var innholdet av krom i overflatsedimentene innenfor Hvalerøyene i 1990 høyest i Løperen med ca. 65 mg Cr/kg tørt sediment. Dette var også etter oppslutning med salpetersyre (Hektoen et al., 1992)

Generelt har innholdet av metaller i sedimentene blitt lavere siden 1977. Fordelingsmønsteret i fjorden har også forandret seg. I 1992 økte metallverdiene med økende avstand fra Halden ut mot Svinesund. Dette i motsetning til i 1977 hvor de høyeste verdiene ble målt innerst i fjorden utenfor Halden. Dette er typisk å observere når et utslipp eller en punktkilde i en fjord opphører. Årsaken er at sedimenttilveksten er høyest utenfor Halden på grunn av sedimenttransporten i Tista og utslipp fra industrien i Halden. De forurensede bunnsedimentene som ligger i dette området vil derfor raskere tildekkes enn de lenger inne og de lenger ute. De øvre lagene av sedimentene er en blanding av "nytt" tilført materiale og resuspenderte "gamle" sedimenter. Bioturbasjon og strømforhold har stor betydning for innblandingen av gamle sedimenter. Området utenfor Halden har inntil nylig vært eller er fortsatt anoksisk, dvs. har liten eller ingen bioturbasjon. Sedimentene i store deler av fjorden indikerer rolige strømforhold (stor andel finpartikulært materiale) med unntak av stasjon 6 som hadde et grovere sediment med en del skallrester som kan indikere biologisk aktivitet på stedet. Stasjon 6 ligger også på mindre vanddyb enn de øvrige stasjonene.

Tilsvarende observervasjoner ble gjort i Sørfjorden i 1991. Fem år etter at Norzink reduserte utslippene til fjorden med mer enn 90% av en rekke metaller, ble det observert klare forbedringer innerst i fjorden, men bare små forskjeller ytterst (Skei, 1992).

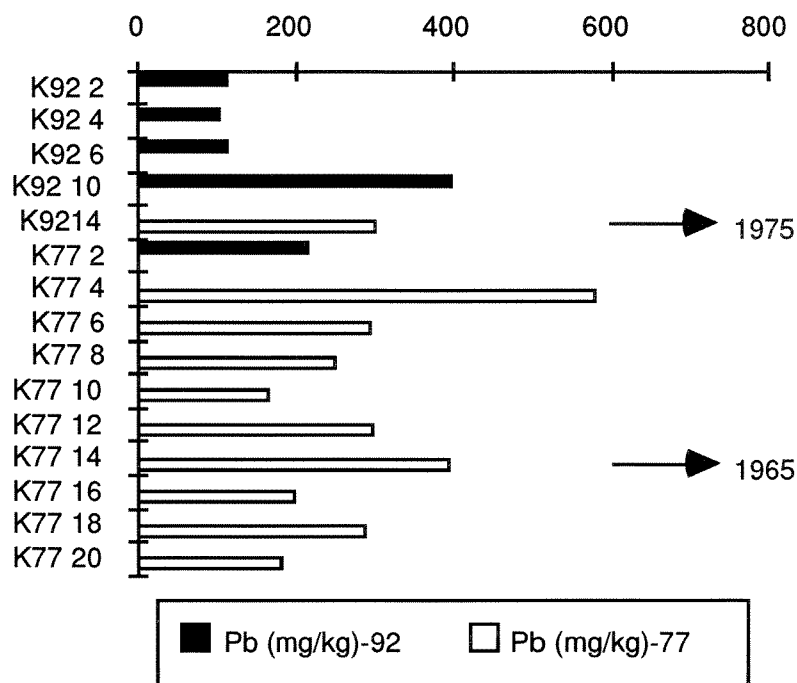
3.3. Historisk utvikling av metallforurensningen i Iddefjorden

Ved undersøkelsene i 1977 ble det på flere stasjoner analysert prøver nedover i sedimentene. På stasjon 5 ble det analysert ned til 20 cm sedimentdyp. I 1992 ble det analysert ned til 14 cm sedimentdyp på denne stasjonen for å dekke opp intervallet mellom 1977 og 1992. I det følgende er nye og gamle data fra stasjon 5 sammenstilt, dvs. henholdsvis fra 1977 og 1992 for å få et helhetsinntrykk av utviklingen. Det gjøres oppmerksom på at dataene er oppnådd ved forskjellige oppslutningsmetoder (jfr. kapitel 2.1.2). Bly- og sinkverdiene fra 1977 antas derfor å ligge ca. 10% lavere enn den reelle verdien. Det er ikke korrigert for dette i de følgende figurer, da 10% ansees for å være relativt lite. For kadmium derimot, antas 1977-verdiene å være 40% under reell verdi. Dette er det korrigert for i den følgende figuren. Sammenstillingen av 1977- og 1992-data er gjort med utgangspunkt i en gjennomsnittlig sedimentasjons-hastighet på 7.5 mm/år.

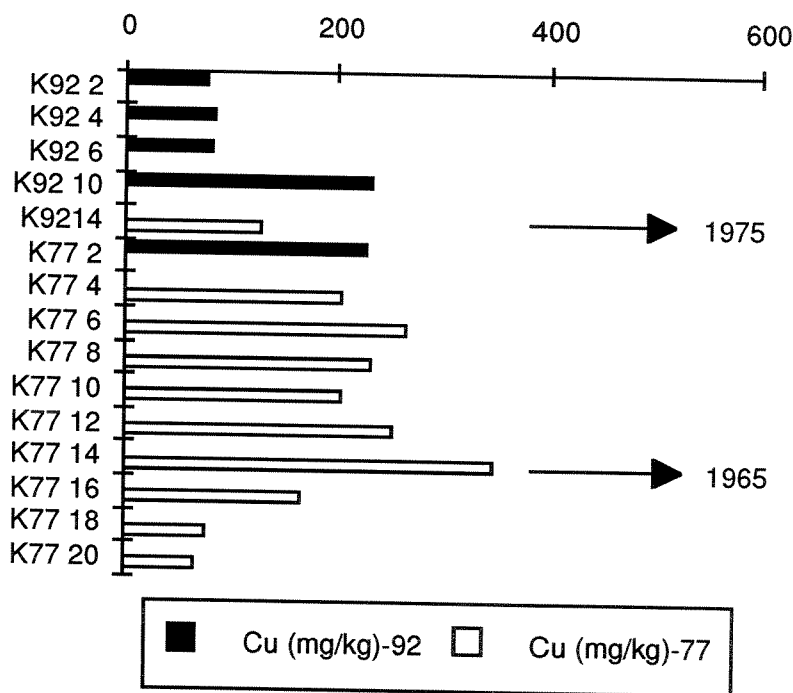
Samlet viser sedimentdataene at bly og kobber ble tilført i størst mengder til fjorden på midten av 60- og 70-tallet. Dette er i overensstemmelse med utslippstallene for kisaske som var størst i perioden 1970 - 1975 (Knutzen et al., 1978). Fra midten av 80-årene var det en klar nedgang i konsentrasjonene av begge metaller, og denne positive utviklingen har holdt seg til i dag (figur 11 og 12). Utslipet av kvikksølv var størst i perioden 1964 - 1968, hvilket bekreftes av sedimentdataene som viser at tilførselen gradvis har avtatt fram til midten av 80-tallet (figur 13). Figurene viser at bly- og kobberverdiene hadde en topp som startet samtidig med en noe mer tidsbegrenset kvikksølvtopp på 60-tallet.

Tilførselen av kadmium til sedimentene var størst på begynnelsen av 1970-tallet, dvs. etter maksimumet for kvikksølv (figur 14). Tilførselen begynte å avta før reduksjonene i utslippet av

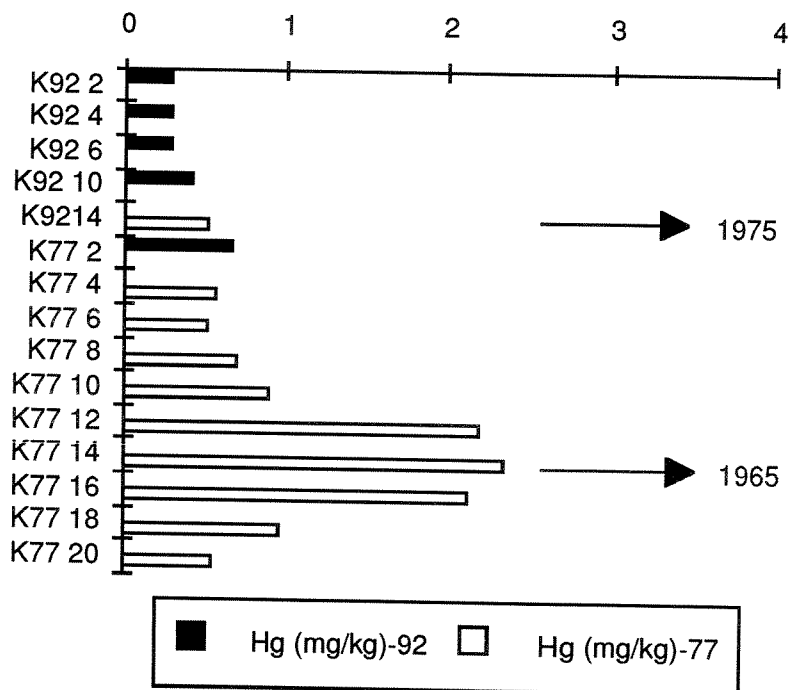
kobber og bly. Tilsvarende som for de øvrige metallene kunne en tydelig forbedring spores fra midten av 1980-tallet.



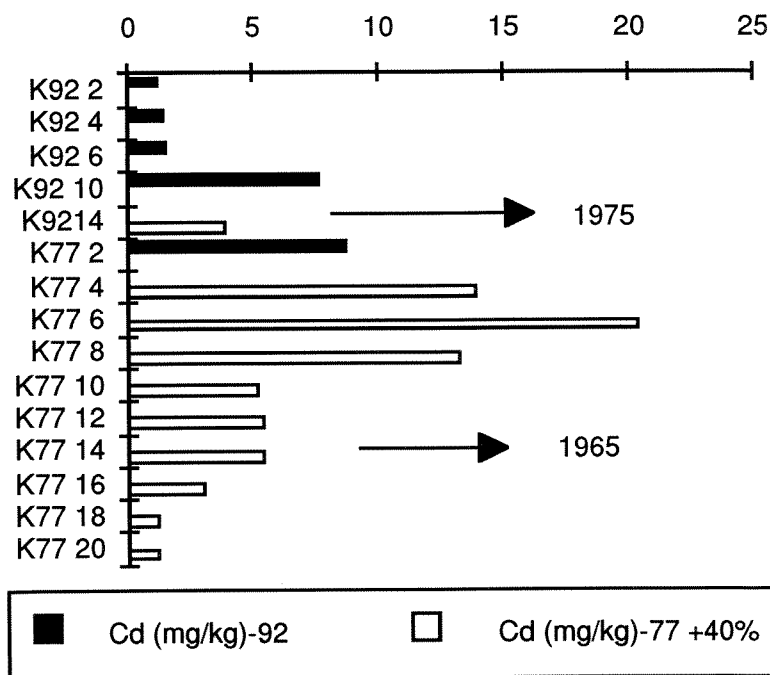
Figur 11. Konsentrasjon av bly med økende sedimentdyp på stasjon 5 i Iddefjorden 1992. Hvite søyler er data fra 1977, svarte søyler er data fra 1992. (K92 2 = Kjerne fra 1992, prøve fra 2 cm sedimentdyp, tilsvarende er K77, kjerne fra 1977).



Figur 12. Konsentrasjon av kobber med økende sedimentdyp på stasjon 5 i Iddefjorden 1992. Hvite søyler er data fra 1977, svarte søyler er data fra 1992. (K92 2 = Kjerne fra 1992, prøve fra 2 cm sedimentdyp, tilsvarende er K77, kjerne fra 1977).



Figur 13. Konsentrasjon av kvikksølv med økende sedimentdyp på stasjon 5 i Iddefjorden 1992. Hvite søyler er data fra 1977, svarte søyler er data fra 1992. (K92 2 = Kjerne fra 1992, prøve fra 2 cm sedimentdyp, tilsvarende er K77, kjerne fra 1977).



Figur 14. Konsentrasjon av kadmium med økende sedimentdyp på stasjon 5 i Iddefjorden 1992. Hvite søyler er data fra 1977, svarte søyler er data fra 1992. (K92 2 = Kjerne fra 1992, prøve fra 2 cm sedimentdyp, tilsvarende er K77, kjerne fra 1977).

Det ble også analysert for metaller ned til 6 cm sedimentdyp på stasjon 1. Tidligere bly-210 datering har vist at sedimentasjonshastigheten på denne stasjonen er 2.7 mm/år (Knutzen et al., 1978). Dette betyr at prøven fra 4 - 6 cm sedimentdyp ble avsatt i begynnelsen av 1970-tallet, den fra 2 - 4 i første halvdel av 1980-tallet. For samtlige metaller er det en markert nedgang fra 1970- til 1980-tallet, hvilket er i overensstemmelse med observasjonene på stasjon 5. På stasjon 2 ble det registrert høye verdier fra 2 - 4 cm sedimentdyp. Dette kan bety at sedimentasjonshastigheten her er lavere enn på stasjon 1. Stasjon 3 utenfor Halden og stasjon 4 som begge har en høy sedimentasjonshastighet (ca. 1 cm/år), hadde lave og relativt like metallverdier i overflaten (0 - 2 cm) og på 2 - 4 cm sedimentdyp.

3.4. Organiske miljøgifter i sedimentene i Iddefjorden

Ved sedimentundersøkelsene i ytre del av Iddefjorden i 1990 i forbindelse med sedimentovervåkingen innenfor Hvalerøyene, ble det påvist markert forhøyede verdier av polyklorerte bifenyl (42 µg PCB/kg tørt sediment) i overflatesedimentene (0 - 1 cm) på stasjon 6 (Hektoen et al., 1992). Til sammenligning ble det innenfor Hvalerøyene kun påvist verdier under deteksjonsnivå (< 0.96 µg PCB/kg tørt sediment). Analysene omfattet et utvalg av 8 PCB-kongenerer av totalt 209. Av disse regnes CB-28, 52, 101, 118, 153, 138 og 180 ("The seven Dutch") å være de som utgjør den største andel vektmessig (ifølge Standard sertifisert referansemateriale nr. 1941).

En orienterende analyse av organiske miljøgifter i overflatesedimenter (0 - 2 cm) fra stasjon 4 ble

utført i 1992. Analysen omfattet de samme PCB-kongenerer som i 1990. Analysene viste 7.2 µg PCB/kg tørt sediment (sum av syv kongenerer, CB-28 var maskert) (se vedlegg 5). I diffust belastede områder regnes verdier på 5 µg total PCB/kg tørt sediment å være vanlig. Det finnes ingen dokumentasjon på hvor stor andel "The seven Dutch" utgjør av total PCB i sedimenter, likevel regnes det ofte med ca. 50%. Sedimentene på stasjon 4 kan således klassifiseres som moderat belastet av PCB. Verdiene på stasjon 6 i 1990 var altså høyere enn lenger inne i fjorden i 1992. Dette er i tråd med metallbelastningen på sedimentene i fjorden, og årsaken kan være den samme. Én prøve er imidlertid et noe spinkelt grunnlag for å kunne trekke bestemte konklusjoner.

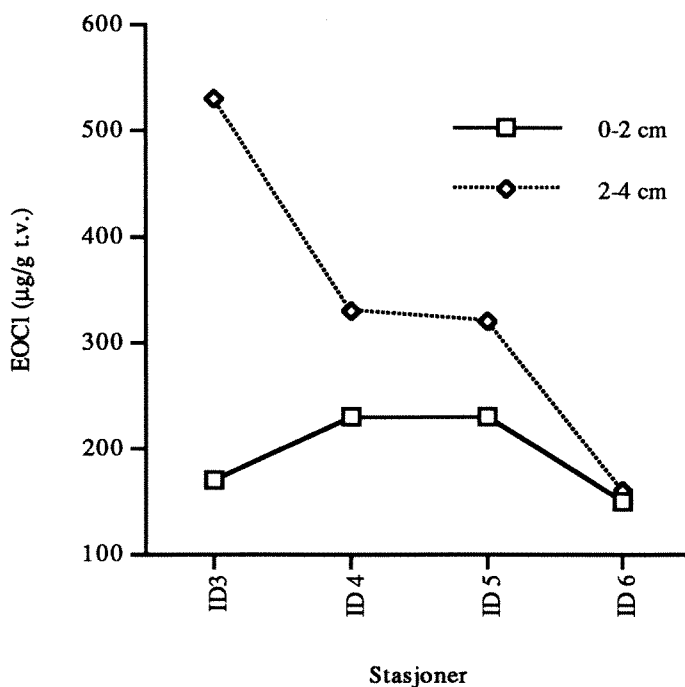
Resultatene av metallanalysene og muligens også PCB-analysene er forøvrig i overensstemmelse med data fra SINTEF SI for EOCl i sedimentet i 1992 (figur 15). Dette sedimentet fra området nær Halden viser stor forskjell i konsentrasjon mellom overflatesedimentet og dypere liggende lag og antyder dermed en relativ nylig sedimentasjon av materialet med lavt innhold av EOCl. I ytre del av fjorden (ID6) derimot, har en sannsynligvis, pga. mindre sedimentering, samme konsentrasjon i begge dyp i sedimentet (figur 15).

I hovedkonklusjonen til Martinsen et al. (1993), blir det antydnet at forurensningsnivået av treforedlingsrelaterte klorholdige forbindelser var det samme i Iddefjorden i 1992 som i 1987. Dette er ikke i overensstemmelse med det en har funnet for metaller i denne rapporten. Det må her understrekes at NIVA og SINTEF SIs rapporter bygger på konklusjoner fra analyser av svært forskjellige komponentgrupper. NIVAs undersøkelser inkluderer vesentlig organiske forbindelser som tilføres fra diffuse kilder, mens SINTEF SIs undersøkelser omfatter mer industrispesifikke organiske forbindelser.

De refererte undersøkelsene viste at innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) i sedimentene varierte fra 150 til 750 mg/kg tørt sediment. Normalt ligger verdiene av EOCl i diffust belastede områder fra 4 - 6 mg/g tørt sediment (Håkanson et al., 1988). Den laveste verdien ble registrert utenfor Halden (stasjon 3) der en sannsynligvis har hatt størst sedimentasjon og ytterst i fjorden. Verdiene økte nedover i sedimentene (figur 15) tilsvarende som for metallene. Dette kan antyde at sedimentering likevel har gitt en reduksjon i konsentrasjon nær Halden.

Årsaken til at en tilsvarende forbedring som en har sett for metaller i sediment ikke er identifisert for en del ikke-persistente forbindelser, dvs. andre enn EOCl, kan være at tidsperioden fra 1989 til 1992 har vært for kort til at sedimentering har hatt effekt eller at det er andre prosesser enn sedimentering som er viktig. En aktuell prosess kunne vært nedbrytning av de aktuelle forbindelsene. En nedbrytning skulle imidlertid øke muligheten til å påvise en reduksjon over tid.

En nedbrytning av høymolekylært klororganisk materiale i sedimenter kan føre til at disse forbindelsene blir mer biotilgjengelige. En slik øket nedbrytning, og derved utlekking fra sedimentene, kan muligens resultere i en større grad av aktivitet og bioturbasjon i sedimentene pga. bedre oksygenforhold. Økningen som er registrert for EOCl i ål fra 1989 til 1992 (Martinsen et al., 1993) kan muligens skyldes at ålens oppholdstid i de kontaminerte områdene er lengre på grunn av bedre forhold i fjorden, - derfor ingen opplysninger om statistisk varians og fordeling i forhold til alder, størrelse og andre relevante parametre. Det må understrekes at EOCl-analysene er utført på en stor samleprøve av ålefilet.



Figur 15. Konsentrasjonen av ekstraherbart organisk bundet klor i sediment i Iddefjorden i ulik avstand fra Halden (ID 3) mot munningen av fjorden (ID 6). Dataene er tatt fra Martinsen et al., 1993.

Samtidig med PCB ble det også analysert for utvalgte biocider i sediment fra stasjon 4: alfa-heksaklorcykloheksan (α -HCH), lindan (γ -HCH), p,p-DDE og p,p-DDD (se vedlegg). Alle verdier var lave, innholdet av α - og γ -HCH lå under deteksjonsnivå, dvs. $<0,5$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment. Til sammenligning ble det registrert et innhold av α -HCH på 41 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment på stasjon 6 i 1990 (Hektoen et al., 1992).

Innholdet av p,p-DDE og -DDD i foreliggende undersøkelse var henholdsvis 1.4 og 1.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørt sediment, - tilsvarende verdier ble registrert på stasjon 6 i 1990.

Tidligere undersøkelser har vist noe høyere innhold av dioksin i organismer fra Sponvika enn området utenfor fjorden (Berge, 1991). Det ble derfor utført en orienterende analyse av dioksin i sediment fra stasjon 4. Det ble kun påvist lave konsentrasjoner på pikogramnivå i sedimentet (se vedleggstabell 6). Innholdet av Σ Penta-CDF (polyklorerte dibenzofuraner), Σ Penta-CDD (polyklorerte dibenzodioksiner) og Σ 2378-TCDD ekvivalenter var henholdsvis 0.019, 0.015 og 0.007 ng/g tørt sediment. Tilsvarende undersøkelser av sedimenter i Grenlandsfjordene i 1989 utenfor Hydro Porsgrunn viste for de samme forbindelsene henholdsvis 1358, 117 og 18 ng/g tørt sediment (Næs og Oug, 1991).

4. RESULTATER OG DISKUSJON - MILJØGIFTER I BIOTA

4.1. Metaller i taskekrabbe

Konsentrasjonen av metaller i ulike vevstyper av taskekrabbe fra Iddefjorden sees i tabell 5. Størst relativ forskjell i metallkonsentrasjon mellom de ulike vev ble funnet for kadmium. For dette metallet var konsentrasjonen i krabbesmør (hepatopaneas) ca. 500 ganger høyere enn i klokjøtt som hadde den laveste konsentrasjonen. For de øvrige metaller var den relative konsentrasjonsforskjellen mellom de ulike vev minst 2 størrelsesorden mindre (dvs. forholdet mellom høyeste og laveste konsentrasjon for samme metall var < 5).

Konsentrasjonen av Pb, Cd, Cu, Hg funnet i krabbesmør lå grovt sett i samme nivå både i 1990 (Berge, 1991) og 1991, mens konsentrasjonen av Zn var nær fordoblet og konsentrasjonen av Cr var redusert til ca. en tredjedel (figur 16). Hovedmengden av krabber ble innsamlet fra omtrent samme område begge år.

Tabell 5. Metallkonsentrasjon i krabbe fanget i Iddefjorden i 1991.

A. Metallkonsentrasjon på våtvektsbasis ($\mu\text{g/g}$ v.v.).

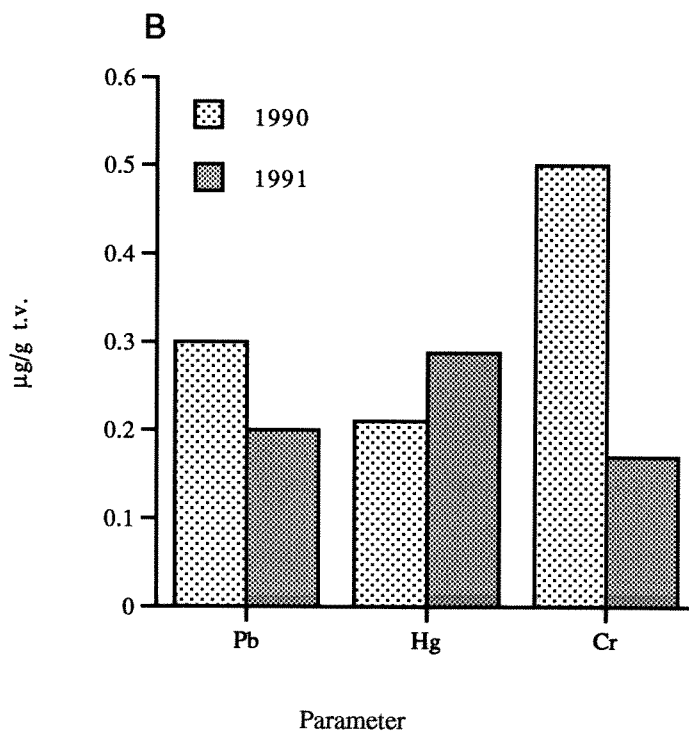
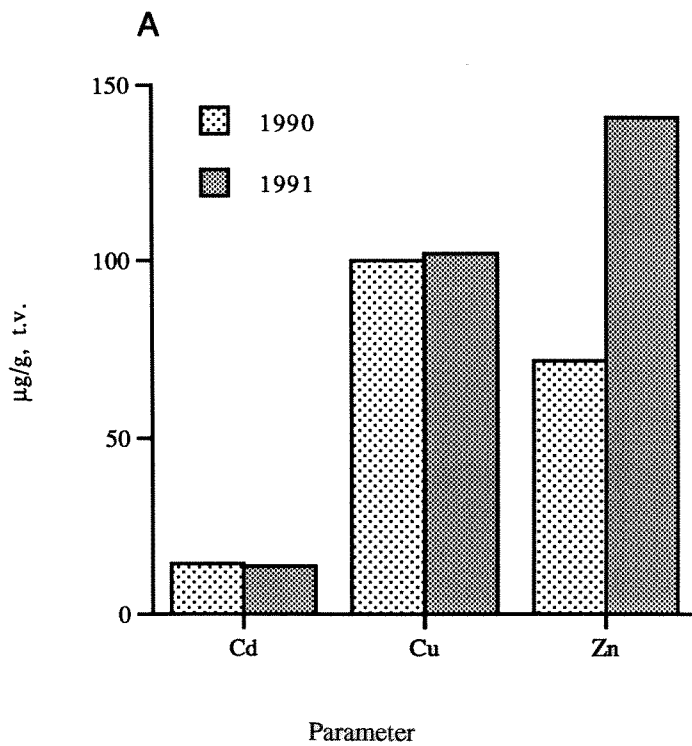
B. Metallkonsentrasjon på tørrvektsbasis ($\mu\text{g/g}$ t.v.).

A

| Prøve/parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | Al | %TS |
|-----------------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|
| Krabbesmør | 0,07 | 4,72 | 35,6 | 48,9 | 0,1 | 0,06 | 5,02 | 34,7 |
| Skallinnmat | 0,03 | 0,42 | 18,7 | 56,1 | 0,04 | <0,02 | 3,32 | 29,1 |
| Klokjøtt | 0,06 | 0,005 | 10,7 | 72,6 | 0,11 | 0,03 | 10,5 | 18,6 |

B

| Prøve/parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | Al | %TS |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Krabbesmør | 0,2 | 13,59 | 102,5 | 140,8 | 0,288 | 0,17 | 14,5 | 34,7 |
| Skallinnmat | 0,1 | 1,44 | 64,3 | 192,8 | 0,13 | <0,07 | 11,4 | 29,1 |
| Klokjøtt | 0,32 | 0,027 | 57,5 | 390 | 0,59 | 0,16 | 56,4 | 18,6 |



Figur 16. Konsentrasjon av metaller i hepatopancreas av taskekrabbe fra ytre del av Iddefjorden i 1990 og 1991.

Det finnes ikke tilgjengelig noen sammenstilling av bakgrunnsverdier av metaller i taskekrabbe. I miljøundersøkelser der krabbe er inkludert, er det oftest heptopaneas (krabbesmør) som er gjenstand for analyse, og det er for dette organ en har flest data. I tabell 6 sees konsentrasjoner av metaller funnet i krabbesmør fra tre lokaliteter i Norge, hvorav verdiene fra Tromlingene og fra Farsundsområdet må antas å ligge nær det en kan forvente som bakgrunnskonsentrasjon i norske kystområder uten punktkilder. Med unntak av kobber (Cu) ligger imidlertid metallkonsentrasjonen funnet i krabber fra Farsund/Færø noe lavere enn det som ble funnet for Tromlingene (tabell 6). Dersom en sammenligner konsentrasjonene funnet i krabbesmør i Iddefjorden i 1991 (tabell 5) med det som ble funnet i materialet fra Tromlingene (tabell 6), ligger disse grovt sett i samme nivå. Verdiene for kobber og kvikksølv ligger imidlertid noe høyere i materialet fra Iddefjorden, mens verdiene for bly ligger lavere i Iddefjorden.

Sammenlignes konsentrasjonene fra Iddefjorden i 1991 med det som ble funnet i krabber fra Farsund/Færø i 1992, har en jevnt over noe høyere verdier i Iddefjorden. Størst relativ forskjell ble funnet for kadmium (Cd) og krom (Cr). For disse to metallene var konsentrasjonsnivået i krabber fra Iddefjorden ca. det dobbelte av det som ble observert fra Farsund/Færø (tabell 5 og 6).

De sammenligninger som er gjort, antyder en viss overkonsentrasjon av kadmium, kobber, krom og muligens kvikksølv i krabber fra Iddefjorden. Forbehold må imidlertid tas pga. det relativt sparsomme datagrunnlaget for bestemmelse av normalt konsentrasjonsnivå i norske kystområder.

For en næringsmiddelhygienisk vurdering er det av betydning å vite metallinnholdet i andre vevstyper som klokjøtt og rest skallinnmat (skallinnmat minus hepatopaneas). Analyseresultatene viser at dette er spesielt viktig for kadmium. Også vektfordelingen av de ulike vevstyper er av betydning for den næringsmiddelhygieniske vurdering. Individuelle spisevaner vil imidlertid også influere på hvor stor andel av en krabbe som blir konsumert. I gjennomsnitt ble det i forbindelse med de utførte analyser tatt ut 35.3 g krabbesmør, 45.4 g rest skallinnmat og 29 g klokjøtt av hver krabbe. Ved konsum av krabbe vil en imidlertid også innta annet muskelvev enn det som klokjøttet representerer. Trolig vil slikt muskelvev (eksempelvis de muskler som finnes inne i "støt" (cephalothorax)) inneholde metaller i konsentrasjoner av samme størrelsesorden som klokjøtt. Hvor stor vekten av denne muskelmasse er i forhold til de øvrige vevstyper er ikke analysert. Vektfordelingen mellom de ulike vevstyper vil variere over tid avhengig av årstid og dyrets fysiologiske tilstand.

I det følgende antas skjønnsmessig at annen muskelmasse enn det som finnes i klørne (1. pereiopod) utgjør 35 g. Ut fra de analyser som er gjennomført og de antagelser som er gjort over, kan en beregne den mengde metaller en vil få i seg fra de ulike vev ved konsum av en gjennomsnittskrabbe fra den ytre del av Iddefjorden (se tabell 7).

Tabell 6. Konsentrasjonen av metaller i taskekrabbe fra ulike deler av norskekysten. Metallkonsentrasjon er oppgitt på tørrvektbasis ($\mu\text{g/g}$ t.v.).

| Prøve/parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | % TS | Referanse |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------------------|
| Krabbesmør - Sponvika 1990 | 0,3 | 14,2 | 100 | 72 | 0,21 | 0,5 | 39,7 | Berge, 1991. |
| Krabbesmør - Tromlingene | 0,6 | 12,8 | 66 | 134 | 0,16 | 0,16 | 31,3 | Næs et al., 1991. |
| Krabbesmør - Farsund | i.a. | i.a. | i.a. | i.a. | 0,1 | i.a. | i.a. | Berge og Knutzen, 1991. |
| Krabbesmør - Farsund/Færø 1992 | 0.15 | 7.8 | 94.1 | 94.1 | i.a | 0.08 | 26.2 | J.A. Berge, upubliserte data. |

Tabell 7. A. Metallmengden (μg) ved inntak av ulike typer vev fra en gjennomsnittlig krabbe fra Iddefjorden.
 B. Daglig akseptabelt inntak av metaller med beregning av de maksimale antall krabber fra Iddefjorden som kan konsumeres uten at akseptabel dagsdose overskrides.

A

| Vevstype /parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | Al | Mengde vev(g) |
|---------------------------------|-----|-------|------|------|------|---------|------|---------------|
| Krabbesmør | 2,5 | 167 | 1256 | 1726 | 3,5 | 2,1 | 177 | 35,3 |
| Skallinnmat | 1,4 | 19 | 849 | 2547 | 1,8 | <0,9 | 150 | 45,4 |
| Klokjøtt | 1,7 | 0,15 | 310 | 2105 | 3,2 | 0,87 | 305 | 29 |
| Øvrige muskler | 2,1 | 0,18 | 374 | 2541 | 3,9 | 1,1 | 368 | 35 |
| Totalt for en "standard" krabbe | 7,7 | 186,3 | 2789 | 8919 | 12,4 | 3,3-4,2 | 1000 | 144 |

B

| Parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | | | |
|---|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------------------|--|--|---|
| "Daglig akseptabelt inntak" ¹⁾ | 500 (μg) | 70 (μg) | 3,5-35 (mg) | 21-70 (mg) | 50 (μg) | | | - |
| Maks antall krabber som gir daglig akseptabelt inntak | 64 | <1 | 1-12 | 2-7 | 4 | | | - |

¹⁾ Beregnet ut fra ukedose oppgitt i FAO/WHO (1984) og en person med kroppsvekt på 70 kg.

Daglig akseptabelt inntak av kadmium for voksne personer (70 kg) er ca. 70 μg som daglig inntak (se tabell 7B). Ved konsum av 1 krabbe fra Iddefjorden vil en overstige akseptabel dagsdose for kadmium dersom krabbesmør inkluderes. Dersom krabbesmør ikke inkluderes, må en konsumere minst 3 krabber for at tilsvarende dagsdose skal overskrides. Dersom kun klokjøtt og annen muskulatur spises, kan en i praksis spise ubegrenset (minst 200) krabber. For de øvrige metaller er fordelingen mellom de ulike vevstypene jevnere enn for kadmium (tabell 5). Dette betyr at utelukkelse av en vevstype ikke slår så mye ut på inntaket av et metall som for kadmium. Av tabell 7B ser en at konsum av 4 krabber kan gi et inntak av kvikksølv over "daglig inntaksdose".

Disse vurderinger er utført på basis av analyse av blandprøver. Resultatet av slike analyser må oppfattes som en middelvei. Analyser av enkeltindivider viser imidlertid at innholdet av kadmium i hepatopaneas av taskekrabbe kan variere meget, og at høye verdier (10 - 50 ppm v.v.) i forhold til grenseverdier for innhold i konsumvare ikke nødvendigvis er knyttet til forurensede områder (Overnell og Trehwella, 1979). Trolig har krabber et naturlig høyt innhold av kadmium i hepatopaneas. Metallbindende proteiner (metallothionein) er sannsynligvis involvert ved akkumulering av kadmium i krabbe (Overnell og Trehwella, 1979). Foringsforsøk med blåskjell forurenset med kadmium viser imidlertid at konsentrasjonen i hepatopaneas av krabbe kan bli langt høyere (ca. 100 $\mu\text{g}/\text{g}$ v.v.; Overnell og Trehwella, 1979) enn det som er funnet i krabber fra

Iddefjorden. Sannsynligvis er opptak av kadmium via føde den viktigste kadmiumkilde for krabbe.

Riktignok har en overkonsentrasjoner av kadmium i sediment i Iddefjorden, og de høyeste konsentrasjoner er funnet i den ytterste delen (se kapittel 3.2.5) der de fleste av krabbene er innsamlet. Til tross for dette er konsentrasjonen av kadmium i hepatopaneas omtrent det samme som i krabbe fra Tromlingene og bare moderat høyere enn i krabbe fra Farsund/Færø (tabell 5).

Med forbehold om at konsentrasjonen av kadmium i krabbe fra Tromlingene og Farsund/Færø ligger innenfor det en kan forvente i norske kystområder uten nærliggende punktkilder, konkludere en med at krabben fra Iddefjorden ikke har spesielt høye metallverdier i forhold til det en kan forvente i andre norske kystområder. Muligens er imidlertid kadmiuminnholdet i hepatopaneas av taskekrabbe et problem som bør sees på i en bredere næringsmiddelhygienisk sammenheng.

4.2. Metaller i torsk

Innholdet av metaller i lever og filet av torsk fanget i 1992 ses i tabell 7. Overkonsentrasjoner i forhold til et antatt høyt bakgrunnsnivå i diffust belastet kystområder ble kun funnet for sink i lever (tabell 8) og muligens aluminium. Konsentrasjonen av sink i torskelever (28.7 µg/g v.v.) lå noe lavere enn det som ble funnet i torsk innsamlet fra Sponvika området i 1989 (37.6 µg/g v.v., Berge og Knutzen, 1991). Tatt i betraktning den usikkerhet som knytter seg til bakgrunnskonsentrasjonene for sink i torsk (Knutzen, 1987), anses den moderate overkonsentrasjonen i torskelever (tabell 8) ikke å utgjøre noen klar indikasjon på sinkforurensning. Målinger av aluminium i torskelever fra norske fjordområder er få. Den antydende bakgrunnsverdi for aluminium i torsk er således også meget usikker.

Tabell 8. Metaller i torsk (µg/g v.v) fra Iddefjorden nær Halden. Bakgrunnskonsentrasjonen av de ulike metaller i torskelever (L-BG) og torskefilet (F-BG) er oppgitt (etter Knutzen og Skei, 1990). Verdier i parentes er oppgitt på tørrvektbasis (µg/g t.v.).

| Prøve/ parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | Al | %TS | %fett |
|---------------------|-------|--------|------|----------------|----------------|-------|------------------|------|-------|
| Filet | <0,02 | <0,005 | 0,16 | 3,6 | 0,12 (0,64) | <0,02 | 2,14 (11,4) | 18,7 | 0,3 |
| F-BG | 0,01 | 0,02 | 0,5 | 5 | 0,1 | 0,1? | | | |
| Lever | <0,09 | 0,025 | 7,55 | 28,7 (70,7) | 0,07 (0,18) | <0,09 | 5,36 (13,2) | 40,6 | 28,8 |
| L-BG | 0,1? | 0,5? | 10 | 20 | 0,1? | 0,5? | (8) ¹ | | |

¹⁾ Øvre grense av "range" (2 - 8 µg/g t.v.) for analyser foretatt på torsk fra et område utenfor Labrador (Hellou et al., 1992). Middelvei for analyse på enkeltfisk var 3 µg/g t.v.

Daglig akseptabelt inntak av sink og kvikksølv er henholdsvis 21 - 70 mg og 50 µg for en voksen person (tabell 6 B). (For å få i seg denne mengde sink, må en konsumere 0,7 - 2,4 kg torskelever, forutsatt at en ikke har annet inntak av sink. Tilsvarende beregning for Hg gir at en må konsumere 0,4 kg torskefilet for at dagsdosen skal overskrides. En gjør oppmerksom på at selv den antydende bakgrunnskonsentrasjon for kvikksølv i torskefilet (0,1 µg/g) gir at en kun kan spise 0.5 kg torskefilet daglig uten at akseptabelt inntak overskrides av dette alene).

Totalt sett synes ikke metallinnholdet i torsk fra Iddefjorden å være noe problem.

4.3. Metaller i ål

Konsentrasjonen av metaller i ålefilet fra området nær Halden sees i tabell 9. Bakgrunnsverdier for innholdet av metaller i ål er ikke etablert. I tabell 9 har en lagt inn høyeste og laveste metallkonsentrasjon for stasjoner i Skagerrak som ligger relativt langt fra kjente punktkilder, dvs. i den ytre del av kystområdet (Hankø, Akerøya, Rässö, Herføl og Tjärnö). En antar at dette intervallet må ligge nær bakgrunnskonsentrasjonen i diffust belastede områder uten punktkilder. I det følgende vil disse konsentrasjonsintervaller bli omtalt som bakgrunnsnivå for metaller i ål. En har også for sammenligning lagt inn bakgrunnsdata for torsk. Med unntak av sink overskrider ingen av verdiene funnet i ål fra Halden området (se tabell 9) de foreslåtte bakgrunnsnivåene. Med det samme unntak er det heller ingen av verdiene for ål fra Haldenområdet som overskrider bakgrunnsnivået i torskelever, mens både sink og bly overskrider bakgrunnsnivået for filet av torsk. Med unntak av sink må derfor metallinnholdet i ål fra området nær Halden karakteriseres som lavt.

Innholdet av sink var imidlertid noe høyere enn det som tidligere er funnet i ål fra Singløya (14.3 µg/g v.v), Kjøkkø (22.6 µg/g v.v) og Sponvika (14.9 µg/g v.v) i 1989. Ut fra konsentrasjonen av sink i sediment er det ingen grunn til at ål fra Haldenområdet skulle inneholde mer sink enn ål fra Sponvika og Singløya (se kapitel 3.2.3).

Daglig akseptabelt inntak av sink er 21 - 70 mg for en voksen person (tabell 6 B). (For å få i seg denne mengde sink, må en konsumere 0,8 - 2,6 kg ålefilet, forutsatt at en ikke har annet inntak av sink. Tilsvarende regnestykke for kvikksølv gir ca. 0.6 kg ålefilet).

Totalt sett synes ikke metallinnholdet i ål fra Iddefjorden å være noe vesentlig problem.

Tabell 9. Metaller i filet av ål ($\mu\text{g/g}$ v.v.).**A:** Innsamlet fra Iddefjorden nær Halden.**B:** "Bakgrunnsverdier": Ål-BG=høyeste og laveste metallkonsentrasjon i ål for stasjonene Hankø, Akerøya, Rässö, Herføl og Tjärnö (data etter Berge og Knutzen, 1991). Bakgrunnskonsentrasjonen av de ulike metaller i torskelever (Torsk L-BG) og torskefilet (Torsk F-BG) oppgitt etter Knutzen og Skei, 1990. Verdier i parentes er oppgitt på tørrvektsbasis ($\mu\text{g/g}$ t.v.).**A**

| Prøve/ parameter | Pb | Cd | Cu | Zn | Hg | Cr | Al | %TS | %fett |
|---------------------|------|--------|------|----------------|----------------|------|------|------|-------|
| Filet av ål | 0,04 | <0,005 | 0,33 | 26,9 (76.2) | 0,09 (0,26) | 0,06 | 1,94 | 35,3 | 14,2 |

B

| | | | | | | | | | |
|------------|----------|----------------|---------|---------------|---------------|---------------|---|--|--|
| Ål-BG | 0,1-0,14 | <0,05- 0,02 | 0,8-2,2 | 12,3- 16,3 | 0,15- 0,22 | 0,05- 0,23 | | | |
| Torsk F-BG | 0,01 | 0,02 | 0,5 | 5 | 0,1 | 0,1? | ? | | |
| Torsk L-BG | 0,1? | 0,5? | 10 | 20 | 0,1? | 0,5? | | | |

4.4. Klororganiske forbindelser i torsk og ål

PCDD/PCDF og PCB

Konsentrasjonen av polyklorete dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og polyklorete benzofuraner (PCDF) i leveren av torsk ses i vedleggstabell 7. En omregning fra konsentrasjon av de enkelte kongenerer til en enhet relatert til giftighet gir en konsentrasjon på 0,005 $\mu\text{g/kg}$ v.v. TCDD ekvivalenter. Dette er noe lavere enn det en fant i torsk innsamlet i Sponvika i 1989 (ca. 0.012 $\mu\text{g/kg}$ v.v.) og ubetydelig lavere enn det en på samme tidspunkt fant i Hvaler/Koster området (dvs ca. 0.008 $\mu\text{g/kg}$ v.v.), (Berge og Knutzen, 1991).

Nivået funnet i torskelever i 1992 må karakteriseres som lavt, og resultatene viser at en ikke har noen tydelig dioksinkontaminering av Iddefjorden idag. Den noe lavere konsentrasjonen av PCDD/PCDF funnet i torskelever fra Haldensområdet i 1992 sammenlignet med materialet innsamlet ved Sponvika i 1989, kan muligens tolkes som en miljøforbedring. Uansett representerer ikke nivået i torskelever i dag noe miljøproblem.

Konsentrasjonen av PCB og en del utvalgte klororganiske forbindelser i torskelever ses i tabell 10.

Innholdet av Σ PCB₇ ligger under antatte bakgrunnsverdi for diffust belastede kystområder (tabell 9) og med unntak av stasjoner nær Glommas munning grovt sett i samme nivå som tidligere funnet i Hvaler/Koster området (Berge, 1991). Konsentrasjonen av Σ PCB₇ i torskelever er ca. halvparten av det en fant i lever av torsk fanget i Sponvika området i 1989 (Berge, 1991). Også konsentrasjonen av Σ PCB₇ i filet av ål (se tabell 9) ligger relativt lavt og omtrent i samme nivå som en i 1989 fant i Hvaler/Koster området dersom en unntar området ved Glommas munning, der konsentrasjonen var vesentlig høyere (ca 500 $\mu\text{g/kg}$ v.v.) (Berge, 1991).

Omregnet til enheter for giftighet representerer konsentrasjonen av non-orto PCB (PCB 77, PCB

126, PCB 169) vesentlig høyere verdier (0.065 TCDD ekvivalenter) enn det som ble funnet for PCDD/PCDF.

Konsentrasjonen av klororganiske forbindelser i torskelever lå klart høyere enn i ålefilet for alle de undersøkte komponenter (tabell 9). Tilsvarende er funnet i forbindelse med undersøkelse i Hvaler/Koster-området (Berge, 1991). Forskjellen i DCB₇ konsentrasjon mellom ålefilet og torskelever er langt større enn det fettinnholdet i de to vevstypene skulle tilsi (tabell 10). Konsentrasjonen av PCB i ål ligger ubetydelig lavere enn det en registrerte i ål fra Sponvika i 1989 (dvs. ca 80 µg/kg v.v). På bakgrunn av analysene av ål og torsk synes ikke PCB å være noe miljøproblem i Iddefjorden fordi konsentrasjonene er lave i forhold til foreslåtte "bakgrunnsverdier" (for torsk).

En sammenligning av konsentrasjonen av de øvrige klororganiske forbindelser med foreslåtte bakgrunnsverdier for diffust belastede områder (se tabell 9), viser at nivåene funnet i biota i Iddefjorden generelt er lave.

På basis av innhold av persistente klororganiske forbindelser i biota er det utarbeidet forslag til klassifisering av marine områder i henhold til miljøkvalitet (Knutzen og Skei, 1991). Ved bruk av disse kriterier kan en karakterisere den undersøkte delen av Iddefjorden som lite eller ubetydelig påvirket.

De organiske forbindelser som er rapportert i denne rapporten er ikke direkte treforedlingsrelaterte. Martinsen et al. (1993) har analysert på innholdet av treforedlingsrelaterte forbindelser som organisk bundet klor (EOCI, EPOCI), klorerte fettsyrer, klorerte fenoler og haloformer, samt vurdert innholdet av klorerte/ikke klorerte harpikssyrer i biota. Disse analysene viste at spesielt ål fra Iddefjorden inneholdt betydelige mengder klor innlagret i fett i form av klorerte fettsyrer. Klor knyttet til syrepersistente forbindelser utgjør en liten del av den totale mengden klor. I denne forbindelse må det gjøres oppmerksom på at syrepersistent ikke er det samme som persistens i miljøet. I Statens Naturvårdsverk (SNV)s forskningsprogram "Persistente Organiska Ämnen", er persistens definert som: "En forbindelses evne til å motstå biotiske og abiotiske forandringer i ulike miljøer". I forhold til en slik definisjon, må for eksempel klorerte triglycerider i ål regnes som persistente ut fra de meget høye nivåene som finnes av disse forbindelsene i filet av ål fra Iddefjorden.

Denne rapporten antyder at syrepersistente forbindelser som PCDD/PCDF og PCB ikke utgjør noe vesentlig miljøproblem i Iddefjorden. Derimot viser undersøkelser foretatt av Martinsen et al. (1993) at andre klororganiske forbindelser som kan knyttes direkte til treforedlingsindustrien, sannsynligvis utgjør et uavklart problem.

Tabell 10. Konsentrasjonen ($\mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.) av klororganiske forbindelser i torsk og ål fra Iddefjorden nær Halden. Bakgrunnskonsentrasjonen av de ulike forbindelser i torskelever (L-BG) er oppgitt (etter Knutzen og Skei, 1990). i.a. = ikke analysert. Verdier i parentes er konsentrasjon basert på mengde fett ($\mu\text{g}/\text{kg}$ fett).

| Parameter/prøve | Torske lever | L-BG | Ålefilet |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------|----------|
| % fett | 28,8 | | 14,2 |
| Heksaklorbensen (HCB) | 9 (31) | 20 | 6 (42) |
| Oktaklorstyren (OCS) | 3 (10) | | <1 (<7) |
| Gamma-heksaklorsyκλοheksan (HCH) | 9 (31) | | 6 (42) |
| alfa-HCH | 5 (17) | | 3 (21) |
| p,p-DDE | 125 (434) | | 11 (77) |
| p,p-DDD | 48 (167) | | 13 (92) |
| PCB-28 | 7 (24.3) | | 1 (7) |
| PCB-52 | 9 (31.3) | | 2 (14) |
| PCB 1 01 | 44 (152.7) | | 4 (28) |
| PCB 118 | 87 (302) | | 11 (77) |
| PCB 153 | 187 (649) | | 19 (133) |
| PCB105 | 30 (104) | | 4 (28) |
| PCB 138 | 136 (472) | | 18 (127) |
| PCB 156 | 14 (49) | | 2 (14) |
| PCB180 | 54 (188) | | 7 (49) |
| PCB 209 | 2 (7) | | <1 (<7) |
| PCB 77 | 1,27 (4,4) | | i.a. |
| PCB 126 | 0,43 (1.5) | | i.a. |
| PCB 169 | 0,09 (0,3) | | i.a. |
| Σ PCB ₇ | 524 (1819) | ca. 700 ¹⁾ | 62 (436) |
| Σ 2378 TCDD ekv. (PCDD, PCDF) | 0,005 | 0,05 | i.a. |
| Σ 2378 TCDD (PCB) | 0,065 | | i.a. |
| Σ HCH (alfa+gamma) | 12 | 50 | 4 |
| Σ DDT | 173 (601) | 200 | 24 |

1) Usikker verdi, omregnet fra Knutzen og Skei (1990), se Berge og Knutzen (1991) for omregningsprosedyre.

5. STEREOFOTOGRAFERING

En kvantitativ gjennomgang av billedmaterialet og sammenligning med tidligere registreringer lå utenfor rammen av dette prosjektet. Stasjonene i Iddefjorden er blitt fotografert 17 ganger i perioden 1978 - 1987. Under fotograferingen i 1992 var vannkvaliteten (turbiditeten) - bedømt ut fra kvaliteten på fotografiene - klart bedre enn under alle tidligere tokt. Spesielt var dette merkbart i 2 m dyp. Under feltarbeidet i 1992 fikk en også inntrykk av at nedslammingen av hardbunn var vesentlig mindre enn observert tidligere. En foreløpig enkel kvalitativ gjennomgang av billedmaterialet basert på de største artene, tyder imidlertid på at organismsamfunnene ikke var vesentlig forskjellig fra det en har sett i tidligere år.

6. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER OG TILRÅDNINGER

I Iddefjorden har en kunnet se klare miljøforbedringer. Spesielt gjelder det innholdet av metaller i sediment.

Iddefjorden kan på bakgrunn av konsentrasjoner av miljøgifter i sediment karakteriseres som lite til moderat forurenset med persistente klororganiske forbindelser og metaller med unntak av kadmium som var markert forhøyet på alle stasjoner, og bly, som var markert forhøyet på ytterste stasjon. De persistente klororganiske forbindelsene som er analysert, antas nå i hovedsak å tilføres fra diffuse kilder.

Konsentrasjonsnivået av treforedlingsrelaterte klororganiske forbindelser i sediment i 1992 oppgis imidlertid å være det samme som i 1987 (Martinsen et al., 1993) og representerer et uavklart problem.

Når det gjelder miljøgifter i biota har en ikke tilstrekkelig historiske data fra perioden før 1989 til å kunne påpeke åpenbare forbedringer. Imidlertid er de nivåer av de fleste miljøgifter som ble registrert i torsk, ål og krabbe i denne undersøkelse så lave at en kan karakterisere området som lite eller moderat belastet med metaller og persistente klororganiske forbindelser. Dette antyder en forbedring, men pga. manglende historiske data kan ikke denne tallfestes.

Andre undersøkelser (Martinsen et al., 1993) tyder imidlertid på at biota i området fremdeles er tildels betydelig påvirket av klororganiske forbindelser fra blekeriutslipp, og at disse hovedsakelig ligger lagret i fiskefett som klorerte fettsyrer.

Effekten av slike treforedlingsrelaterte klorholdige forbindelser i det marine miljø og på personer som måtte spise fisk som inneholder disse forbindelsene er lite kjent, og en vet ikke i hvilken grad disse utgjør en trussel. En har imidlertid funnet at ål fra Iddefjorden inneholder komponenter som i testsystemer kan gi negative effekter på klekking av sebrafisk og øket dødelighet hos blåskjell (Håkansson et al., 1991).

Sedimentundersøkelsene har vist at kadmium og til dels bly fremdeles opptrer med relativt høye konsentrasjoner i Iddefjorden. Det kan derfor fortsatt være av interesse å følge utviklingen av disse metaller. En god dokumentasjon av forbedringer etter at tiltak er gjennomført, er en forutsetning for at erfaringene kan brukes for andre fjordområder. Det anbefales derfor at undersøkelser av sedimentkjemi gjennomføres også i fremtiden. Uten at nye momenter bringes inn, ser en imidlertid ikke behov for at slike undersøkelser gjennomføres før om ca. 5 år.

I lys av de resultatene som har fremkommet i denne rapporten, er det viktig å rette oppmerksomheten mot treforedlingsrelaterte forbindelser. Spesielt gjelder dette for undersøkelser av miljøgifter i organismer. Det er også viktig at en følger opp de organismesamfunnsundersøkelser (stereofoto) som en tidligere har utført i fjorden, slik at en kan følge eventuelle forandringer forårsaket av Saugbrugsforeningens installasjon av ny fabrikk i Halden.

Den relativt store mengde av kadmium som er registrert i hepatopaneas av taskekrabbe fra Iddefjorden kan representere et næringsmiddelhygienisk problem. I så fall er dette ikke et problem som nødvendigvis er begrenset til Iddefjorden siden også konsentrasjonen i krabbe fra andre, presumt lite belastede områder ligger i samme nivå eller 50% lavere. En anbefaler at den næringsmiddelhygieniske betydningen av et naturlig høyt kadmiuminnhold i taskekrabbe utredes.

7. REFERANSER

- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Kosterområdet. Overvåkingsrapport nr. 446/91, TA nr. 744/1991. NIVA-rap. O-895501, O-900346, L.nr. 2560, 192 s.
- Berge, J.A. og J. Knutzen, 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. Rapport 3. Eksperimentelt opptak av persistente klororganiske forbindelser og kvikksølv i skrubbe og krabbe, opptak/utskillelse i blåskjell og registrering av miljøgiftinnhold i bunndyr fra Frierfjorden og Breviksfjorden. NIVA-rapport.nr. 2573, 143 s.
- Carlberg, G.E., H. Drangsholt, N. Gjøs, G. Tveten, 1981. Miljøpåvirkning av klorerte hydrokarboner fra klorblekerier. Analyse av vann, sedimenter og fisk fra Iddefjorden. I: Organohalogener i akvatisk miljø, ss. 131-140. 17. Nordiska symposiet om vattenforskning, Porsgrunn 4-7/5 1981. NORDFORSK. Miljøvårdsserien Publ. 1981:1.
- Dybing, E. og B. Underdal, 1981. Humantoksikologiske aspekter vedrørende klorerte hydrokarboner og tungmetaller i fisk, med spesiell referanse til Grenlandsfjordområdet. Manus datert Oslo, oktober 1981, 39s.
- Efraimsen, H., H. Christie, N. Green og A. Pedersen, 1984. Overvåking av Iddefjorden 1983. NIVA-rapport nr. 1670, 28s.
- FAO/WHO, 1984. Contaminants. Codex Alimentarius Commission Vol XVII - Ed. 1, 33 s. Report from FAO/WHO Food Standards Program.
- Hektoen, H., A. Helland, K. Næs og B. Rygg, 1992. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. Overvåkingsrapport nr. 496/92, TA - 871/1992. NIVA-rap. O-99934-2,-3,-7,-9. L.nr. 2791. 95 s.
- Helland, A. et al. 1992. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe (foreløpig tittel). NIVA-rapport under utarbeidelse for SFT.
- Hellou, J., W.G. Warren, J.F. Payne, S. Belkhode og P. Lobel, 1992. Heavy metals and other elements in three tissues of cod, *Gadus morhua* from the Northwest Atlantic. Mar. Pollut. Bull., 24 (9), pp452-458.
- Håkansson, H., B. Jonsson, P. Jonsson og K. Martinsen, 1988. Påverkningsområden för klorerat organisk material från massaklekerien. Rapport nr. 3522 fra Naturvårdsverket.
- Håkansson, H., P. Sundin, T. Andersson, B. Brunstrøm, L. Dencker, M. Engwall, G. Ewald, M. Gilek, G. Holm, S. Honkasalo, J. Idestam-Almquist, P. Jonsson, N. Kautsky, G. Lundberg, A. Lund-Kvernheim, K. Martinsen, L. Norrgren, M., Personen, M. Stålber, M. Tarkpea, og C. Wesén, 1991. In vivo and in vitro toxicity of fractionated fish lipids, with particular regard to their content of chlorinated organic compounds. Pharmacology and Toxicology, 69, 459-471.

- Knutzen, J., 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbrugsforeningen. NIVA-rapport nr. 1924, 88s.
- Knutzen, J., 1987. Bakgrunnsnivåer av metaller i saltvannsfisk (Background levels of metals in marine fish). NIVA-rapport nr. 2051, 66 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990, Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-860622. L.nr. 2540, 139 s.
- Knutzen, J., J. Magnusson og Skei, J. 1978. Nasjonalt program for overvåkning av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977. Niva-rapport nr. O-38/75, 74s.
- Loring, D.H., 1975. Mercury in the sediments of the Gulf of St. Lawrence. Can. J. Earth Sci. Vol. 12: 1219-1237.
- Loring, D.H., 1990. Lithium - a new approach for the granulometric normalization of trace metal data. Mar. Chem. 29: 155 - 168.
- Loring, D.H. og R.T.T. Rantala, 1991. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth-Science Reviews, 32: 233-283.
- Lundälv, T., 1971. Quantitative studies on rocky bottom biocenoses by underwater photogrammetry. A methodological study. *Thalassia Jugoslavia*, 7, 201-208.
- Magnusson, J., H. Christie, H. Efraimsen, N. Green og A. Pedersen, 1982. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1981. (Overvåkingsrapport 45/82). Norsk institutt for vannforskning (O-8000302), 83s.
- Magnusson, J., H. Christie, H. Efraimsen, N. Green og A. Pedersen, 1983. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1982. (Overvåkingsrapport 105/83). Norsk institutt for vannforskning (O-8000302), 56s.
- Magnusson, J. og K. Næs, 1983. Vannkvalitet og sedimenter i Drammensfjorden. VANN nr. 3: 226-232.
- Martinsen, K., K. Pedersen, A. Kringstad og A. Lund Kvernheim, 1993. Undersøkelse av organiske miljøgifter i sedimenter og biota i Iddefjorden 1992. SINTEF SI rapport nr. STF27A93032, 32s.
- Næs, K. og E. ug, 1991. Sedimentenes betydning for forurensningstilstanden i Frierfjorden og tilgrensende områder. O-895903/E-90406. Rapport 1: Konsentrasjon og mengder av klororganiske forbindelser, polysykliske aromatiske hydrokarboner, kvikksølv og pyrolyseolje. NIVA-rapport O-895903/E-90406. L.nr. 2566, 193 s.
- Næs, K., E. Oug, J. Knutzen og F. Moy, 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunn-sedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA-rapport nr. 2645, 104 s.
- Overnell, J. og E. rewhella, 1979. Evidence for the natural occurrence of (Cadmium, copper)-metallothionein in the crab *Cancer pagurus*. Comp. Biochem. Physiol., 64C, 69-76.

Skei, J., 1992. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1992. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. Overvåkingsrapport nr. 500/92. TA-nr. 888/1992. NIVA-rap. O800309, L.nr. 2804, 53 s.

VEDLEGG

Vedleggstabell 1.

Posisjoner for innsamling av sediment for miljøgiftanalyse.

| Stasjon | Posisjon øst | Posisjon nord |
|----------------|---------------------|----------------------|
| 1 | 59°04'09'' | 11°24'01'' |
| 2 | 59°05'66'' | 11°22'71'' |
| 3 | 59°06'98'' | 11°22'21'' |
| 4 | 59°06'93'' | 11°18'93'' |
| 5 | 59°06'39'' | 11°17'82'' |
| 6 | 59°05'99'' | 11°15'49'' |

Vedleggstabell 2.

Utslipp av suspendert materiale fra Saugbrugsforeningen, Halden.

| ÅR | SUSP.MAT TONN / ÅR |
|------|-----------------------|
| 1977 | 2672 |
| 1978 | 2149 |
| 1979 | 3055 |
| 1980 | 3381 |
| 1981 | 4575 |
| 1982 | 4917 |
| 1983 | 3725 |
| 1984 | 3976 |
| 1985 | 4982 |
| 1986 | 3976 |
| 1987 | 4196 |
| 1988 | 2813 |
| 1989 | 1905 |
| 1990 | 1567 |
| 1991 | 1177 |
| 1992 | 620 |

Vedleggstabell 3.

Resultater fra analyse av sediment etter opplutning med flussyre (med unntak av kvikksølv som er oppluttet med salpetersyre) for metallene Pb, Cu, Zn, Li, Cr, Hg (mg/kg tørt sediment). Verdier for glødetap, TOC (totalt organisk karbon), TN (total mengde nitrogen) og andel leire og silt (sediment < 63 µm) er oppgitt i % (vekt). i.a. = ikke analysert.

| Stasjon | Sediment-dyp (cm) | Pb | Cu | Zn | Cr | Li | Cd | Hg | Glødetap | TOC | TN | %<63µm |
|---------|-------------------|-----|-----|------|------|----|-----|------|----------|------|------|--------|
| 1 | 0-2 | 50 | 45 | 174 | 46 | 44 | 1,3 | 0,16 | 24,4 | 6,37 | 0,44 | 98,46 |
| 1 | 2-4 | 75 | 61 | 226 | i.a. | 48 | 1,7 | 0,16 | 27,1 | 7,85 | 0,46 | 99,23 |
| 1 | 4-6 | 345 | 195 | i.a. | i.a. | 46 | 8,8 | 0,25 | 24,2 | 9,52 | 0,55 | 99,20 |
| 2 | 0-2 | 60 | 40 | 192 | 50 | 46 | 1,2 | 0,1 | 19,6 | 5,52 | 0,39 | 99,84 |
| 2 | 2-4 | 225 | 128 | 635 | i.a. | 50 | 5,7 | 0,24 | 20,6 | 7,68 | 0,47 | 99,90 |
| 3 | 0-2 | 60 | 53 | 174 | 57 | 49 | 1,3 | 0,11 | 20,8 | 6,36 | 0,36 | 99,08 |
| 3 | 2-4 | 60 | 54 | 167 | i.a. | 52 | 1,5 | 0,12 | 28 | 10,2 | 0,33 | 96,21 |
| 4 | 0-2 | 100 | 68 | 219 | 83 | 49 | 1,3 | 0,18 | 22,5 | 6,68 | 0,48 | 98,30 |
| 4 | 2-4 | 90 | 66 | 199 | i.a. | 53 | 1,8 | 0,18 | 20,4 | 7,33 | 0,37 | 97,29 |
| 5 | 0-2 | 115 | 79 | 236 | 98 | 46 | 1,3 | 0,3 | 20,2 | 6,78 | 0,54 | 96,33 |
| 5 | 2-4 | 105 | 86 | 329 | i.a. | 52 | 1,5 | 0,3 | 20 | 6,77 | 0,45 | 95,76 |
| 5 | 4-6 | 115 | 85 | i.a. | i.a. | 49 | 1,6 | 0,29 | 20,8 | 7,19 | 0,44 | 98,04 |
| 5 | 8-10 | 400 | 236 | i.a. | i.a. | 49 | 7,8 | 0,43 | 22 | 7,94 | 0,47 | 93,94 |
| 5 | 12-14 | 305 | 232 | i.a. | i.a. | 64 | 8,8 | 0,68 | 22,3 | 6,58 | 0,33 | 94,56 |
| 6 | 0-2 | 135 | 74 | 242 | 76 | 31 | 1,7 | 0,35 | 14,4 | 4,27 | 0,36 | * |
| 6 | 4-6 | 155 | 83 | 281 | i.a. | 34 | 2,3 | 0,37 | 13,8 | 4,4 | 0,38 | i.a. |

* Ved en feiltagelse ble prøvematerialet knust, slik at beregning av andel silt og leire ikke kunne utføres. Ved undersøkelsene i 1990 var imidlertid andel sediment < 63 µm på denne stasjonen 80%.

Vedleggstabell 4.

Analyser av standard sertifisert referansemateriale (mg/kg tørt sediment).

| Ref.mat | HF oppsl | | | | | HNO ₃ oppsl | | | |
|--------------------|----------|------|------|-----|-----|------------------------|------|-----|-------|
| | Pb | Cd | Cu | Zn | Cr | Cd | Cu | Zn | Hg |
| MESS-1 | 33,0 | 0,64 | 28 | 200 | 70 | 0,61 | 24,1 | 179 | 0,18 |
| Sann ¹⁾ | 34,0 | 0,59 | 25,1 | 191 | 71 | 0,59 | 25,1 | 191 | 0,171 |
| BCSS-1 | 25,0 | 0,27 | 20 | 119 | 103 | - | - | - | - |
| Sann ¹⁾ | 22,7 | 0,25 | 18,5 | 119 | 123 | - | - | - | - |
| MESS+/- | 6,1 | 0,1 | 3,8 | 17 | 11 | 0,1 | 3,8 | 17 | 0,014 |
| BCSS+/- | 3,4 | 0,4 | 2,7 | 12 | 14 | - | - | - | - |

¹⁾ Sann = oppgitt konsentrasjon.

Vedleggstabell 5.

Analyseresultater for PCB og andre utvalgte klororganiske stoffer i sediment (0 - 2 cm) ($\mu\text{g}/\text{kg}$ t.v.) fra stasjon 4 i Iddefjorden.

| Parameter/prøve | Sediment |
|----------------------------------|----------|
| Pentaklorbensen (5CB) | 0.6 |
| alfa-HCH | <0.5 |
| Heksaklorbensen (HCB) | 0.9 |
| Gamma-heksaklorsyκλοheksan (HCH) | <0.5 |
| PCB-28 | Maskert |
| PCB-52 | 1.1 |
| Oktaklorstyren (OCS) | <0.5 |
| PCB 1 01 | 1.5 |
| p,p-DDE | 1.4 |
| PCB 118 | 1.1 |
| p,p-DDD | 1.3 |
| PCB 153 | 1.0 |
| PCB 105 | 0.5 |
| PCB 138 | 1.5 |
| PCB 156 | <0.5 |
| PCB 180 | 0.7 |
| PCB 209 | <0.5 |
| Σ PCB ₇ | 7.4 |
| Σ 2378 TCDD-ekv. | 0.007 |

Vedleggstabell 6.

Analyseresultater fra analyse av PCDD/PCDF i sediment. (Resultater tilsendt fra NILU i brev av 15/3-93).

PCDF- OG PCDD-ANALYSERESULTATER

| | |
|-----------------|-------------------------|
| PRØVENUMMER | 92/1295 |
| PRØVEART | SEDIMENT |
| OPPDRAKSGIVER | NIVA |
| PRØVEBETEGNELSE | ID 4.0-2 cm. 22-9-92 |
| PRØVEMENGDE | 6.28 g |
| MÅLEENHET | pg/g t.v. |
| DATAFILES | BD001/BD003 |

<: PÅVISNINGSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1
 2,3,7,8-TEQ ETTER NORDISK MODELL
 PÅVISNINGSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

| KOMPONENT | KONSENTR. | GJENVIN. % | 2378-TEQ |
|-----------------------------|-----------|---------------|-------------|
| 2378-tetra-CDF | 6.90 | 85 | 0.69 |
| SUM Tetra-CDF | 42.03 | | |
| 12378/12348-penta-CDF | 4.88 | | 0.05 |
| 23478-penta-CDF | 3.46 | 85 | 1.73 |
| SUM Penta-CDF | 19.45 | | |
| 123478/123479-heksa-CDF | 7.36 | 118 | 0.74 |
| 123678-heksa-CDF | 3.60 | | 0.36 |
| 123789-heksa-CDF | 0.41 | | 0.04 |
| 234678-heksa-CDF | 3.61 | | 0.36 |
| SUM Heksa-CDF | 46.08 | | |
| 1234678-hepta-CDF | 23.03 | 105 | 0.23 |
| 1234789-hepta-CDF | 2.59 | | 0.03 |
| SUM Hepta-CDF | 47.67 | | |
| Okta-CDF | 92.42 | 82 | 0.09 |
| SUM DIBENZOFURANER | 247.65 | | |
| 2378-tetra-CDD | 0.42 | 85 | 0.42 |
| SUM Tetra-CDD | 9.87 | | |
| 12378-penta-CDD | 1.16 | 117 | 0.58 |
| SUM Penta-CDD | 14.68 | | |
| 123478-heksa-CDD | 1.65 | | 0.17 |
| 123678-heksa-CDD | 3.88 | 120 | 0.39 |
| 123789-heksa-CDD | 3.29 | | 0.33 |
| SUM Heksa-CDD | 50.44 | | |
| 1234678-hepta-CDD | 56.76 | 106 | 0.57 |
| SUM Hepta-CDD | 111.34 | | |
| Okta-CDD | 250.03 | 114 | 0.25 |
| SUM DIBENZODIOKSINER | 436.36 | | |
| SUM 2378-TCDD-EKV. | | | 7.02 |

Vedleggstabell 7.

Analyseresultater fra analyse av PCDD/PCDF og PCB i torskelever. (Resultater tilsendt fra NILU i brev av 15/3-93).

PCDF- OG PCDD-ANALYSERESULTATER

| | |
|-----------------|--------------------------|
| PRØVENUMMER | 92/1294 |
| PRØVEART | Torskelever ,Brattøya |
| OPPDRAKSGIVER | NIVA |
| PRØVEBETEGNELSE | sep.-okt 92 Iddefjorden. |
| PRØVEMENGDE | 5 g |
| MALEENHET | pg/g |
| DATAFILES | BD001/BD003 |

<:PAVISNINGSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1
 2,3,7,8-TEQ ETTER NORDISK MODELL
 PAVISNINGSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

| KOMPONENT | KONSENTR. | GJENVIN. % | 2378-TEQ |
|-----------------------------|-----------|---------------|-------------|
| 2378-tetra-CDF | 15.44 | 100 | 1.54 |
| SUM Tetra-CDF | 15.79 | | |
| 12378/12348-penta-CDF | 3.77 | | 0.04 |
| 23478-penta-CDF | 0.97 | 95 | 0.49 |
| SUM Penta-CDF | 6.75 | | |
| 123478/123479-heksa-CDF | 2.53 | 120 | 0.25 |
| 123678-heksa-CDF | 1.85 | | 0.19 |
| 123789-heksa-CDF | 0.05 | | 0.01 |
| 234678-heksa-CDF | 1.65 | | 0.17 |
| SUM Heksa-CDF | 7.51 | | |
| 1234678-hepta-CDF | 0.57 | 107 | 0.01 |
| 1234789-hepta-CDF | 0.15 | | 0.00 |
| SUM Hepta-CDF | 0.95 | | |
| Okta-CDF | 0.74 | 72 | 0.00 |
| SUM DIBENZOFURANER | 31.74 | | |
| 2378-tetra-CDD | 2.04 | 117 | 2.04 |
| SUM Tetra-CDD | 3.07 | | |
| 12378-penta-CDD | 0.20 | 115 | 0.10 |
| SUM Penta-CDD | 0.52 | | |
| 123478-heksa-CDD | 0.07 | | 0.01 |
| 123678-heksa-CDD | 1.89 | 108 | 0.19 |
| 123789-heksa-CDD | 0.69 | | 0.07 |
| SUM Heksa-CDD | 3.07 | | |
| 1234678-hepta-CDD | 1.31 | 106 | 0.01 |
| SUM Hepta-CDD | 1.64 | | |
| Okta-CDD | 1.79 | 105 | 0.00 |
| SUM DIBENZODIOKSINER | 10.09 | | |
| SUM 2378-TCDD-EKV. | | | 5.10 |

ANALYSERESULTATER AV NONORTO PCB

PRØVENUMMER 92/1294
 PRØVEART Torskelever ,Brattøya
 OPPDRAGSGIVER NIVA
 PRØVEBETEGNELSE sep.-okt 92 Iddefjorden.

 PRØVEMENGDE 5 g
 MALEENHET pg/g
 DATAFILES BD001/BD003

<:PAVISNINGSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1
 2,3,7,8-TEQ ETTER SAFE
 PAVISNINGSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

| KOMPONENT | KONSENTR. | GJENVIN. % | 2378-TEQ |
|--|-----------|---------------|--------------|
| 33'44'-tetra-CB | 1267.51 | 30 | 12.68 |
| 33'44'5-penta-CB | 429.41 | 63 | 42.94 |
| 33'44'55'-hexa-CB | 89.76 | 93 | 4.49 |
| SUM 2378-TCDD-EKV (PCB) | | | 60.10 |
| SUM 2378-TCDD-EKV (PCDF/PCDD+PCB) | | | 65.21 |

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2378-9