

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 0-8000308
Undernummer: I
Løpenummer: 1540
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Trondheimsfjorden 1981 Delrapport III. Sedimentundersøkelser Overvåkingsrapport 103/83	Dato: 21.9. 1983
	Prosjektnummer: 0-8000308
Forfatter(e): Jens Skei	Faggruppe: Hydroøkologisk div.
	Geografisk område: Trøndelag
	Antall sider (inkl. bilag): 26

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

Ekstrakt: Målet for sedimentundersøkelsen i Trondheimsfjorden var å skaffe til veie en grov oversikt over graden av forurensning av miljøgifter på bunnen i potensielle problemområder. Resultatene viste at bunnområdet i nærheten av Killingdal gruvers oppredningsverk i Iilsvika var sterkt forurensset av kadmium, sink, bly, kopper, sølv og jern. Likeså var bunnsedimentene i Orkdalsfjorden forurensset av kadmium, sink og kopper som resultat av utslipp fra gruveområdet på Løkken. Bunnsedimentene i Beistadfjorden var moderat forurensset av kvikksølv, trolig som følge av tidligere forurensning fra Follafoss tresliperi. I Stjørdalsfjorden og Hommelvika var sedimentene betydelig forurensset av polysykliske aromatiske hydrokarboner fra kreosot.

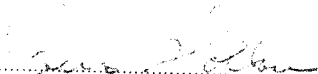
4 emneord, norske: Statlig Program
1. Sedimenter
2. Miljøgifter
3. Overvåkingsrapport 103/83
4. Trondheimsfjorden 1981
Delrapport III

4 emneord, engelske:
1. Sediments
2. Pollutants
3. Monitoring
4. Trondheimsfjorden

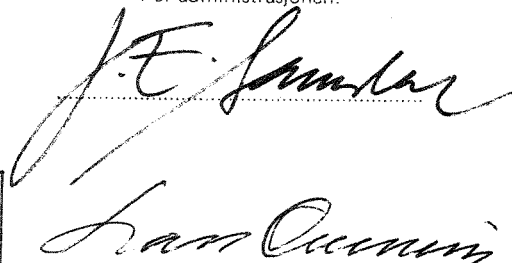
Prosjektleder:



Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0684-1



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000308

TRONDHEIMSFJORDEN 1981

DELRAPPORT III SEDIMENTUNDERSØKELSER

Oslo, 21. september 1983

Prosjektleder: Brage Rygg

Forfatter: Jens Skei

FORORD

Undersøkelsene i Trondheimsfjorden innen Statlig program for forurensnings-
overvåking startet i desember 1980. Overvåkingen er et samarbeid mellom
Norges hydrodynamiske laboratorier (divisjon Vassdrags- og havnelabo-
ratoriet), Trondhjem biologiske stasjon og Norsk institutt for vann-
forskning.

Resultatene fra biologiske og hydrografiske undersøkelser er presentert i
to rapporter:

Trondheimsfjorden 1981. Delrapport I Biologi (29.12.82)

Trondheimsfjorden 1981. Delrapport II Hydrografi, lys og oksygen mars 1981 -
mars 1982 (30.12.82.)

Disse er de første ordinære rapporter for Trondheimsfjorden innen Statlig
program for forurensningsovervåking. En rapport fra Vassdrags- og
havnelaboratoriet og Trondhjem biologiske stasjon 1982, som inneholder data
fra to hydrografiske stasjoner i fjorden 1976-1980, ble også bekostet av det
statlige programmet.

Innsamling av sedimentprøver og kjemiske analyser er utført av NIVA.

MÅLSETTING OG KONKLUSJONER

Sedimentundersøkelsen i Trondheimsfjorden i 1981 hadde til målsetting:

- å skaffe til veie en grov oversikt over graden av forurensning av miljøgifter på bunnen av fjorden.

Undersøkelsen har resultert i følgende konklusjoner:

- I *Bunnområdet i nærheten av Killingdal gruvers oppredningsverk i Ilsvika er sterkt forurenset av kadmium, sink, bly, kopper, sølv og jern. En nærmere kartlegging av influensområdets størrelse og eventuelle biologiske effekter er nødvendig. Det anbefales også at utlutningsforsøk med avgangen utføres, for spesielt å se på frigjøring av kadmium og bly til vannfasen.*
- II *Bunnsedimentene i Orkdalsfjorden er betydelig forurenset av kadmium, sink og kopper, men tendensen viser noe mindre belastning de senere år. Hovedårsaken til denne forurensningen er tilførsler fra gruveområdet ved Løkken sentrum hvor surt, tungmetallholdig gruvevann pumpes i separat ledning til fjorden, mens overflateavrenningen tilføres hovedvassdraget via Raubekken.*
- III *Bunnsedimentene i Beistadfjorden er moderat forurenset av kvikksølv. Tresliperiet i Follafoss har brukt kvikksølvforbindelser i sin produksjon i perioden 1902-1974 og må antas å være hovedkilden. Det anbefales likevel at man undersøker om det er andre kvikksølvkilder i området. Målinger av kvikksølv i biologisk materiale i Beistadfjorden bør gjøres.*
- IV *Stikkprøver av sedimentenes innhold av tjærestoffer (PAH) i Stjørdalsfjorden og Hommelvika viste høye konsentrasjoner. Dette må antas å skyldes kreosotforurensning i området. Høye konsentrasjoner utenfor Stjørdalselvas munning tilsier at en grundigere kartlegging av PAH's utbredelse i sedimentene i hele Stjørdalsfjorden er nødvendig.*

INNHold

Side:

FORORD	2
MÅLSETTING OG KONKLUSJONER	3
1. INNLEDNING	5
2. PRØVETAKING OG METODER	7
3. RESULTATER OG DISKUSJON	8
3.1 Visuell beskrivelse av sedimentene	8
3.2 Organisk materiale	8
3.3 Metaller	9
3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	16
3.5 Aldersdatering	16
4. LITTERATUR	17
APPENDIKS	19

1. INNLEDNING

Trondheimsfjorden er en meget uensartet fjord hva forurensningspåvirkning og naturforhold angår. Fjorden utgjør et system bestående av en rekke fjordarmer, noen uten terskel (f.eks. Orkdalsfjorden) og andre med grunne terskler (f.eks. Verrabotn). Forurensningstilførslene omfatter gruveavfall (Ilsvika og Orkdalsfjorden), treforedlingsavfall (Ranheim, Skogn og Folla-foss), kommunal kloakk (Trondheim, Stjørdal, Levanger og Steinkjer) og landbruksavrenning (f.eks. Borgenfjorden). Vannutskiftningen i Trondheimsfjorden sett under ett er relativt god (Delrapport II, 1982), noe som reduserer de negative effektene av forurensningstilførslene, i hvert fall for hovedvannmassenes del.

Det eksisterer en rekke måter å registrere resipientenes respons på forurensede utslipp. Delrapport I tar for seg effektene på bløtbunnsfaunaen i fjorden og opptaket av metaller i tang. Dette er metoder som i stor grad avspeiler forurensningstilstanden og fjordens toleranse overfor utslipp. Bunnsedimentenes beskaffenhet og innhold av miljøgifter er en annen måte å få kartlagt forurensning på. Stort sett alle typer forurensningskomponenter i det marine miljø er knyttet til partikler (Olsen et al., 1982) og mye vil til slutt ende opp i bunnsedimentene. Sedimentene er derfor et vitnesbyrd om de siste årenes forurensningsbelastning i et område. Avsettes sedimentene med jevn hastighet, og vi kan måle sedimenttilveksten, er vi i stand til å tidfeste endringer i belastningen.

Tidligere sedimentundersøkelser i Trondheimsfjorden er i hovedsak utført i området Orkdalfjorden - Gulosen (Lande, unpubl.). Et stort regionalt data-materiale foreligger derimot for metaller i tang og blåskjell og til dels fisk (Holthe, 1974, Lande, 1974, 1976, Haug et. al., 1974). Disse undersøkelsene viste klart at Orkdalsfjorden og Ilsvika er sterkt metallpåvirkede områder. Det er spesielt metallene kopper, sink, bly, sølv, jern og tildels kadmium som har vist høye konsentrasjoner både i sedimenter og biologisk materiale.

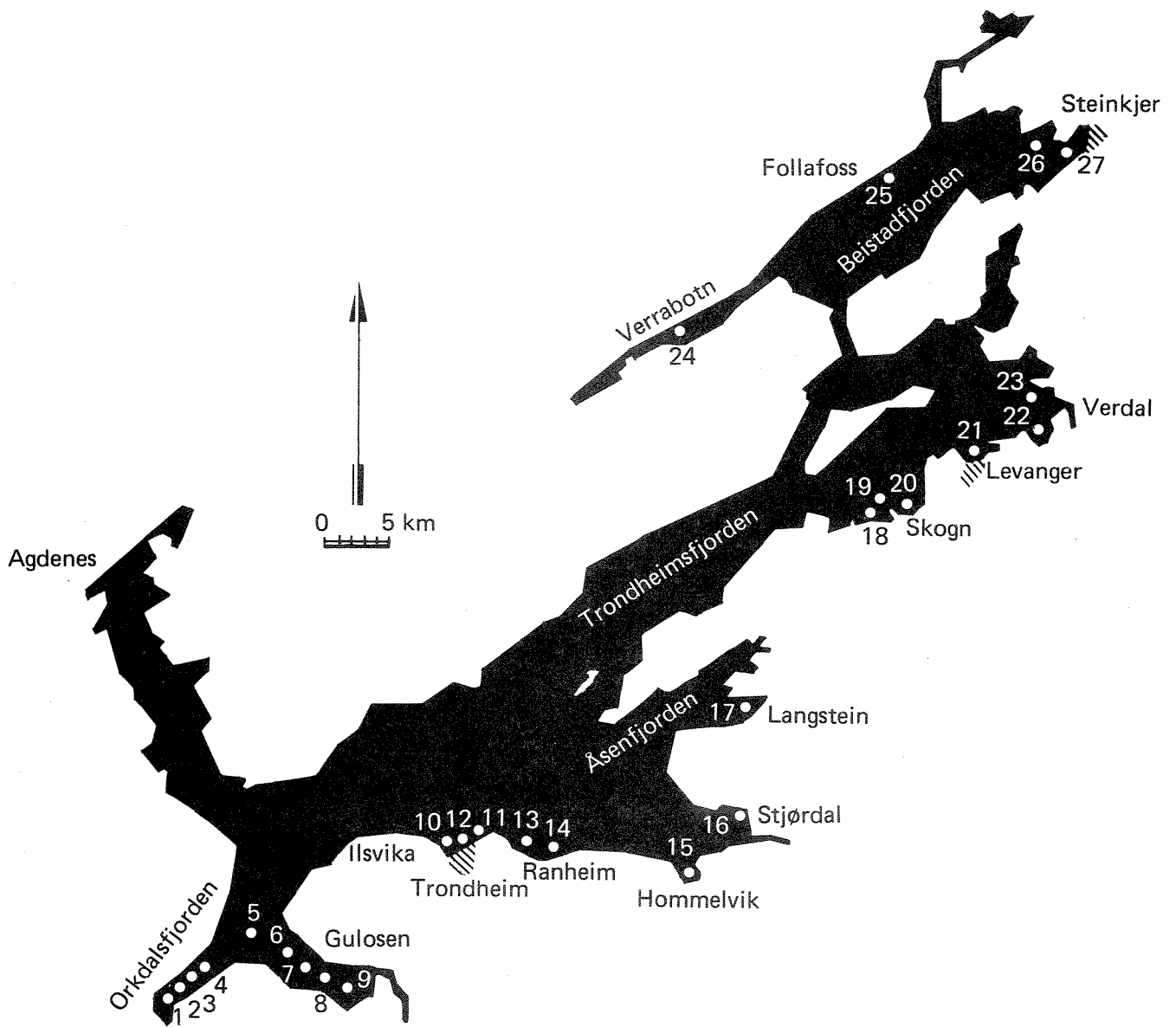


Fig. 1 Sedimentstasjonenes plassering i Trondheimsfjorden - september 1981.

Sedimentprøvetakingen i Trondheimsfjorden i 1981 hadde som målsetting å få en grov oversikt over metallforurensningen av bunnen, spesielt i problemområder. Foreløpig er kun overflatesedimenter (0-2 cm) analysert, bortsett fra noen utvalgte kjerner hvor den historiske utviklingen i belastningen er forsøkt klarlagt. Det lave antallet stasjoner (27) i forhold til undersøkelsesområdets areal og deres plassering (fig. 1) tilsier at datamaterialet ikke gir noe grunnlag for beskrivelse av fjorden som helhet. Fjordens totale areal fra Agdenes til Steinkjer er 1 420 km² (NIVA 1976a).

2. PRØVETAKING OG METODER

Sedimentprøvene ble innsamlet fra F/F "Harry Borthen I", Trondhjem Biologiske Stasjons forskningsfartøy, 22.-24. september 1981 på 27 lokaliteter fra Orkdalsfjorden i sør til Beistadfjorden i nord (fig. 1). Prøvene ble tatt ved hjelp av en Niemistö "gravity corer" (Niemistö, 1974), snittet i 2 cm skiver og senere fryst. Prøver til aldersdateringer ble snittet i 1 cm skiver.

Foruten prøver til analyser av organisk materiale og metaller (TR1-27, fig. 1), ble det tatt en kjerne for aldersdatering (TR 4) og fem kjerner for analyser av polysykliske aromatiske hydrokarboner (TR 10, 15, 16, 23 og 27).

Bestemmelse av organisk materiale i sedimentene ble gjort ved glødetapsmålinger (550°C i 4 timer). Metallanalysene (kvikksølv, kadmium, bly, sink, kopper, krom og jern) er gjort ved atomabsorpsjon etter trykkoppslutning med kons. salpetersyre. Dette vil ikke løse ut metaller knyttet til silikater, men gir likevel et godt mål for den fraksjonen av metallene som kan betraktes som ikke inert (Skei og Paus, 1979).

Analysene av PAH-forbindelser ble gjort ved glasskapilargasskromatografi, mens aldersdateringer ved hjelp av bly-210 isotop ble utført etter standard prosedyre ved Harwell Environmental and Medical Division, England (Eakins, 1983).

Alle sedimentanalyser er utført på "bulk" prøve (dvs. ingen separering etter kornstørrelse).

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Resultattabellene finnes i Appendiks (s. 20-26). En beskrivelse av sedimentkjernene er gjengitt i Tabell 1.

Resultater av analyser av organisk materiale og metaller er gjengitt i Tabell 2, PAH-resultater i Tabell 3 og resultater av analyser av bly-210 og radium-226 i anledning aldersdatering i Tabell 3. Det presiseres at samtlige analyseresultater er beregnet på tørt sediment.

3.1 Visuell beskrivelse

Sedimentene i Orkdalsfjorden (TR1-4) bestod av nokså fast leire med karakteristiske oker-fargede lag, spesielt noe under overflaten på sedimentet (Tabell 1). Det siste antas å skyldes utslipp av drens vann fra gruveområdet på Løkken, som delvis tilføres via en sjøvannsledning og delvis via Orkla. I Gulosen (TR6-9) var sedimentene noe mer siltige og så ellers normale ut. Sedimentene i Ilsvika (TR10) var totalt dominert av industriavfall, trolig fra Killingdal Grubers oppredningsverk. Sedimentene nær Trondheim by (TR11 og 12) var noe sandige, trolig på grunn av erosjon og avsetning av grovt materiale (Nidelva). Ved Ranheim (TR13 og 14) var sedimentene grove (skjellsand) og viste lite tegn til akkumulering av fiber fra papirfabrikken. I Stjørdalsfjorden (TR15 og 16) ble det registrert lukt av hydrogensulfid i de dypere sedimentlag (TR16). Dette er rimelig med tanke på de tildels lave oksygenkonsentrasjonene i vannet som er registrert i dette området (Delrapport II, 1982). Lenger nordover var sedimentene karakteristisk leirige, med spesielt bløt leire utenfor Verdalsøra (TR22 og 23). Dette skyldes trolig avsetninger fra Verdalselva og Steinkjerselva. Unntak er stasjonen ved Follafoss (TR25). Her ble det påvist tildels store mengder treflis og fiber som antas å skyldes utslipp fra Follafoss tresliperi. Trefiber kunne registreres i de øvre 18 cm av sedimentene.

3.2 Organisk materiale

Bunnsedimentenes innhold av organisk materiale er et resultat av tilførsel fra land, produksjon i sjøen (f.eks. plankton) og nedbrytningsprosesser som skjer før og etter sedimentering. Er tilførselene av organisk materiale til

sedimentene store i forhold til den mengden som brytes ned, kan dette føre til oksygenmangel og deretter sulfatreduksjon i sedimentene og utvikling av hydrogensulfid. Dette er tydeligvis tilfelle i Stjørdalsfjorden (TR16). Konsentrasjonen av organisk materiale i overflatesedimentene i Trondheimsfjorden varierte mellom 0,4 og 9,5% (som glødetap). (Tabell 2, Appendiks). Dette er forholdsvis lave konsentrasjoner, noe som tyder på at oksygenforholdene i fjorden ikke er kritiske og/eller at sedimenteringen av uorganisk materiale er stor i forhold til organisk materiale. De laveste konsentrasjonene ble registrert i Gulosen og Orkla (fig. 1). Sannsynligvis er tilførselene av uorganisk materiale (leire og silt) via Gaula og Orkdalselva store. De største mengdene av organisk materiale i sedimentene ble påvist i Ilsvika (TR10), ved Follafoss (TR25) og ved Steinkjer (TR27). Dette henger trolig sammen med lokale tilførsler av kommunal kloakk, (TR27), sot og kull (TR10) og av treforedlingsavfall (TR25). Tresliperiet ved Follafoss startet sin produksjon i 1902.

3.3 Metaller

Sedimentenes naturlige innhold av metaller bestemmes vanligvis av sedimentenes kornstørrelse og innhold av organisk materiale. Grove sandige sedimenter inneholder vanligvis små mengder spormetaller i forhold til leire og finkornige sedimenter. Sedimenter med høyt organisk innhold har vanligvis et høyere metallinnhold enn uorganiske sedimenter.

Prøvene fra Trondheimsfjorden er analysert på total prøve ("bulk") uten å ta hensyn til kornstørrelsesforskjeller. Ved tolking av data må vi derfor ta hensyn til dette. Forskjellene i konsentrasjonene av organisk materiale er såvidt små at dette neppe har noen større innflytelse på det naturlige innholdet av metaller.

Bakgrunnsnivåer av metaller i sedimenter lar seg neppe fastsette med stor nøyaktighet. Det kan enten gjøres ved at man sammenligner konsentrasjonene i overflatesedimenter med konsentrasjonene lenger nede i sedimentkjernene, som representerer preindustrielle avsetninger (dvs. bakgrunnsnivå). Den andre muligheten er å bare sammenligne konsentrasjonene i overflatesedimenter mellom antatt forurensede og uforurensede lokaliteter (referansestasjon). Det siste vil være mest hensiktsmessig i Trondheimsfjorden, da det stort sett er overflateprøver som er analysert. Som referansestasjon er valgt TR17 i Asenfjorden ved Langstein (fig. 1). Dette er en lokalitet som

må antas å være minimalt påvirket av forurensning (ingen industri, lite befolket område og liten ferksvannstilførsel). Sedimentene her er leire og det naturlige metallinnholdet vil nødvendigvis være betydelig høyere enn på stasjoner influert av sand.

Kvikksølv

Overflatesedimentenes innhold av kvikksølv varierte mellom 0,2 og 3,1 ppm (tab. 2). Generelt var konsentrasjonene høyere enn hva som er vanlig å finne i andre fjordområder uten spesielle kvikksølvkilder (tab. 5). De høyeste konsentrasjonene ble målt i Ilabassenget (TR12), Verrabotn (TR24), Follafoss (TR25) og i Steinkjerfjorden (TR26 og 27). Havnebassenger viser ofte forhøyede kvikksølvnivåer i sedimentene (tab. 5) og dette kan lett forklare den høye konsentrasjonen i Ilabassenget. Høye kvikksølvkonsentrasjoner i hele Beistadfjorden tyder på at dette er et område som er blitt tilført betydelige kvikksølvmengder i dette århundrede. Analyse av sedimentkjerne i 20 cm lengde ved Follafoss (TR25) viste forhøyede nivåer. Dette må antas å skyldes tidligere utslipp av kvikksølv fra et tresliperi på stedet. Hvorvidt dette har vært den eneste signifikante kvikksølvkilden i Beistadfjorden er vanskelig å si, men ingen andre kjente kilder eksisterer. Tresliperiet sluttet å bruke kvikksølv ca. 1974 etter å ha brukt det siden tresliperiet startet sin produksjon i 1902 (pers. medd. B. Lyng, Folla Fabrikker). Det skulle tilsi en gjennomsnittlig sedimenttilvekst på minimum 2,5 mm pr. år. De høye konsentrasjonene av kvikksølv i det øverste sedimentlaget (0-2 cm) skyldes kombinasjon av at fabrikken brukte kvikksølv helt fram til 1974 og sedimentomrøring ved organismer. (0-2 cm tilsvarer ellers materiale som vesentlig er avsatt mellom 1973 og 1981.)

Kadmium

Konsentrasjonene av kadmium i overflatesedimentene i Trondheimsfjorden varierte mellom 0,03 og 18,7 ppm (tab. 2). Vanligvis regnes konsentrasjoner på <0,5 ppm som normale nivå i sedimenter. På referansestasjonen ved Langstein (TR 17, fig. 1) ble det målt 0,1 ppm kadmium. Mens sedimentene nord for Trondheim gjennomgående viste konsentrasjoner lavere enn 0,3 ppm, ble det registrert klar kontaminering i Ilsvika (18,7 ppm) og i Orkdalsfjorden (12,8 ppm). I Gulosen er det tegn på at kadmiumbelastningen har avtatt de senere år (fig. 2). Forskjellen i kadmiumkonsentrasjonene i over-

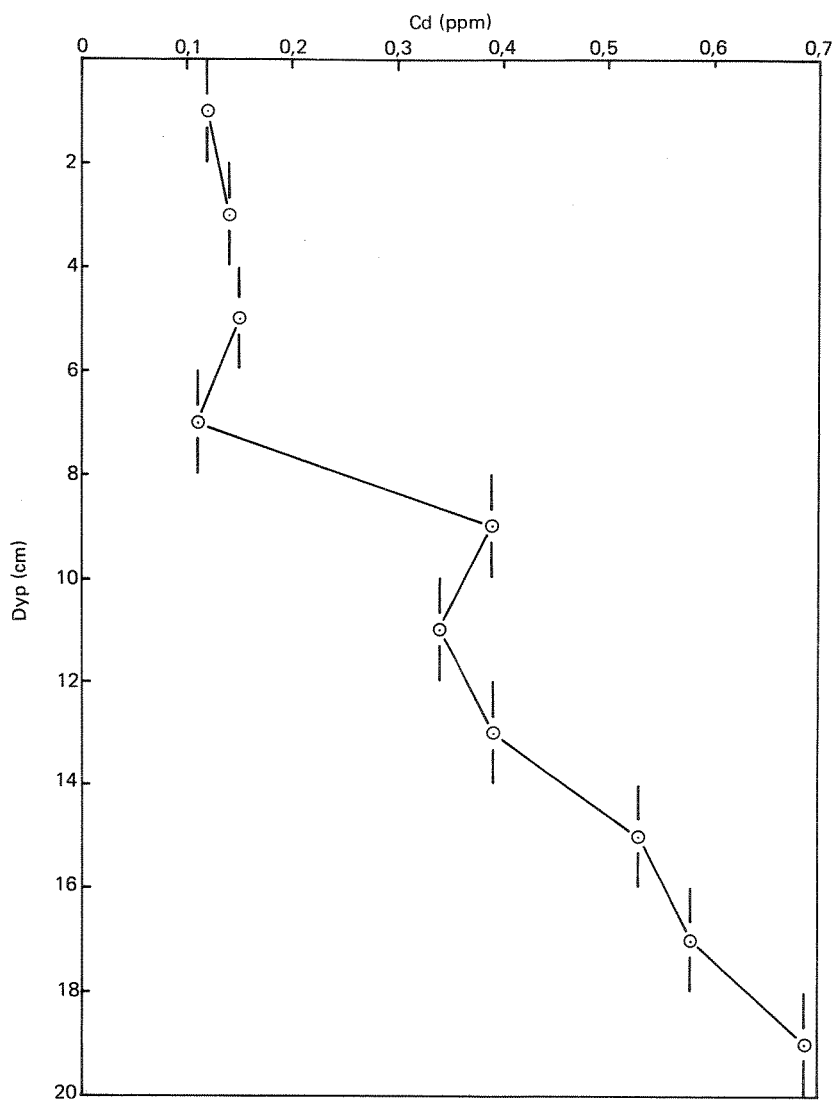


Fig. 2. Vertikal fordeling av kadmium i en sedimentkjerne fra Gulosen (TR6).

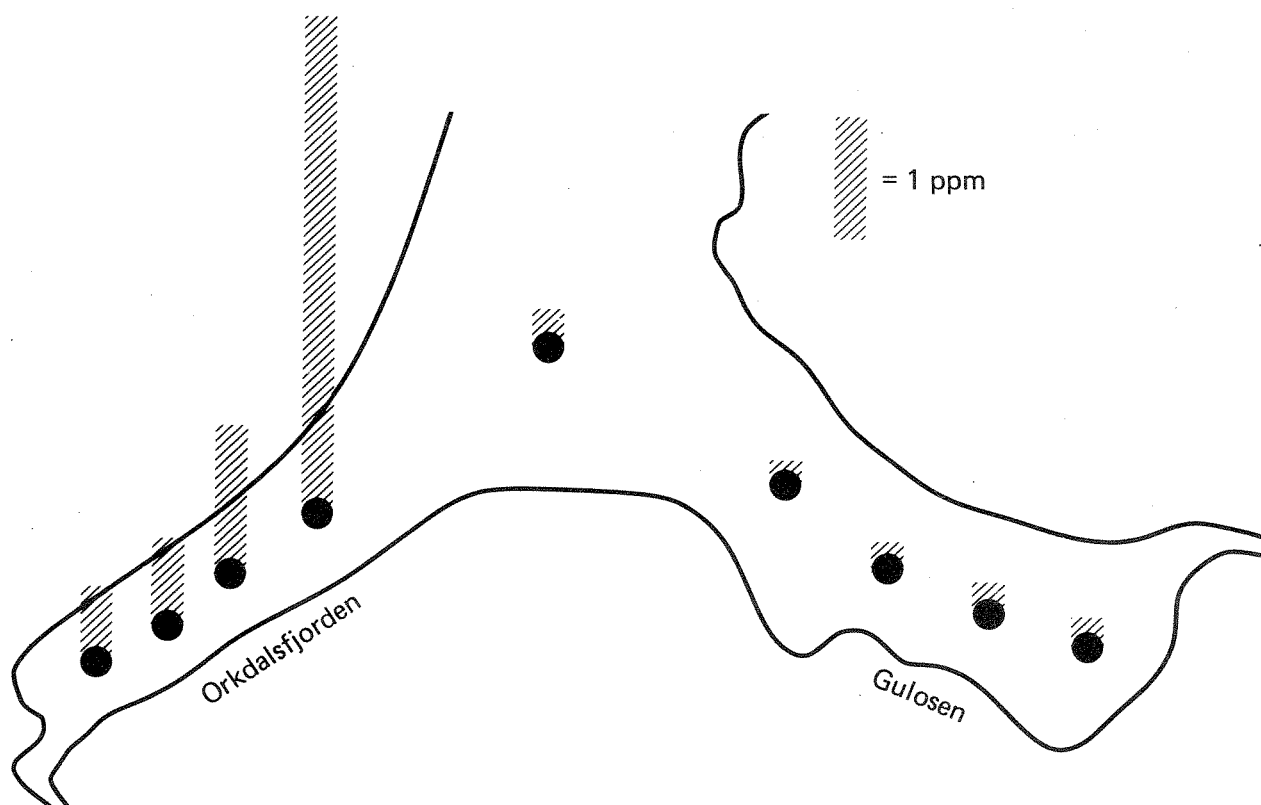


Fig. 3. Kadmium i overflatesedimenter (0-2 cm) fra Orkdalsfjorden og Gulosen (framstilt som stolper).

flatesedimentene i Orkdalsfjorden og Gulosen er framstilt på fig. 3. Det er åpenbart at gruvevirksomhet er den største bidragsyteren mht. kadmium. Høye konsentrasjoner i Iilsvika må skyldes Killingdal Grubers anlegg, mens utslipp fra gruveområdet ved Løkken forårsaker kadmiumforurensning i Orkdalsfjorden. Kadmium tilføres fjorden både gjennom Løkken Grubers gruvevannsledning som går direkte til indre del av Orkdalsfjorden, og som følge av Orklas høye kadmiuminnhold (0,75 µg/l Cd i 1981, NIVA, 1982a). Høyere kadmiumkonsentrasjoner i overflatesedimentene lengre ute i Orkdalsfjorden enn innerst kan tyde på at kadmium i stor grad tilføres fjorden i løst form og at sedimentering skjer på et senere tidspunkt. I Trondheimsfjorden for øvrig er det ingen tegn til kadmiumforurensning.

Bly

Normale konsentrasjoner av bly i sedimenter er 20-40 ppm. Referansestasjonen ved Langstein viste 22 ppm bly i overflaten (tab. 2). På samme måte som for kadmium viste samtlige lokaliteter nord for Trondheim normale konsentrasjoner i overflatesedimentene. Noe forhøyede blyverdier ble påvist i dypere sedimentlag i Orkdalsfjorden, noe som tyder på at belastningen på denne fjorden har vært større tidligere. De høyeste blykonsentrasjonene ble målt i Trondheimsregionen (TR10, 11 og 12) med 1704 ppm i Iilsvika. Dette må betegnes som en alvorlig blyforurensning (77x referansestasjonen). Hovedkilden er utvilsomt oppredningsverket i Iilsvika, men det må også antas å være en diffus blytilførsel fra Trondheim by. Resultatene er i samsvar med tidligere undersøkelser av bly i biologisk materiale (Lande, 1974).

Sølv

Resultatene er her nokså entydige. Det eneste området som viser forhøyede konsentrasjoner er prøvelokalitetene nær Trondheim. Igjen er det mest sannsynlig at Killingdal Gruber er kilden. I Trondheimsfjorden for øvrig var konsentrasjonene av sølv lavere en deteksjonsgrensen (<0,1 ppm).

Sink

Alle konsentrasjonene av sink lavere en 150 ppm må betraktes som normalt. I Orkdalsfjorden ble det målt forhøyede verdier, spesielt i de dypere sedimentlag (tab. 2). I Gulosen derimot var konsentrasjonene nær normal. Høyest var konsentrasjonene i Iilsvika og Iilbassenget som følge av utslipp fra oppred-

ningsverket. Maksimumkonsentrasjonen på 7878 ppm sink er meget høy. Nord for Trondheim var konsentrasjonene normale, bortsett fra noe høyere verdier ved Follafoss (TR 25).

Kopper

Normalt er konsentrasjoner av kopper i sedimenter lavere enn 50 ppm. Referansestasjonen ved Langstein viste 47 ppm kopper (tab. 2). Stort sett normale konsentrasjoner ble registrert på samtlige stasjoner nord for Ranheim (TR 13). I Orkdalsfjorden ble det påvist en klar kopperforurensning av bunnsedimentene, med høye konsentrasjoner både i overflaten og nede i sedimentet.

En sammenlikning med overflatekonsentrasjonene i Gulosen er vist på fig. 4. Forskjellen er markert og reflekterer påvirkningen fra gruvevann med høyt kopperinnhold. Høye kopperkonsentrasjoner i overflatesedimentene innerst i Orkdalsfjorden tyder på rask sedimentering. Trolig tilføres fjorden kopper i partikulær form. Enda sterkere kopper-forurensning ble registrert i Iilsvika (1800 ppm Cu) og i Ilabassenget (324 ppm Cu). Igjen er årsaken klar. Dette forholdet må skyldes store utslipp fra Killingdal Grubers oppredningsverk.

Krom

Konsentrasjonene av krom i sedimenter fra Trondheimsfjorden varierte mellom 20 og 76 ppm. Referansestasjonene ved Langstein viste 57 ppm krom i overflatesedimentene. En svak tendens til å finne de høyeste konsentrasjonene i sedimentene i Gulosen kan antyde en noe større tilførsel av krom til dette området. Konsentrasjonene er imidlertid lave og det kan konkluderes med at innenfor det undersøkte området av Trondheimsfjorden eksisterer det ingen forurensning av bunnen med krom.

Jern

Med unntak av en stasjon, TR 10 (Iilsvika), varierte jernkonsentrasjonene i sedimentene mellom 1,4 og 5,4%. Dette betraktes å være innenfor en normal variasjonsbredde. I Iilsvika derimot ble det målt 31,3% jern i de øvre 2 cm av sedimentet (tab. 2). Dette er hovedsakelig jern i avgangspartikler fra oppredningsverket.

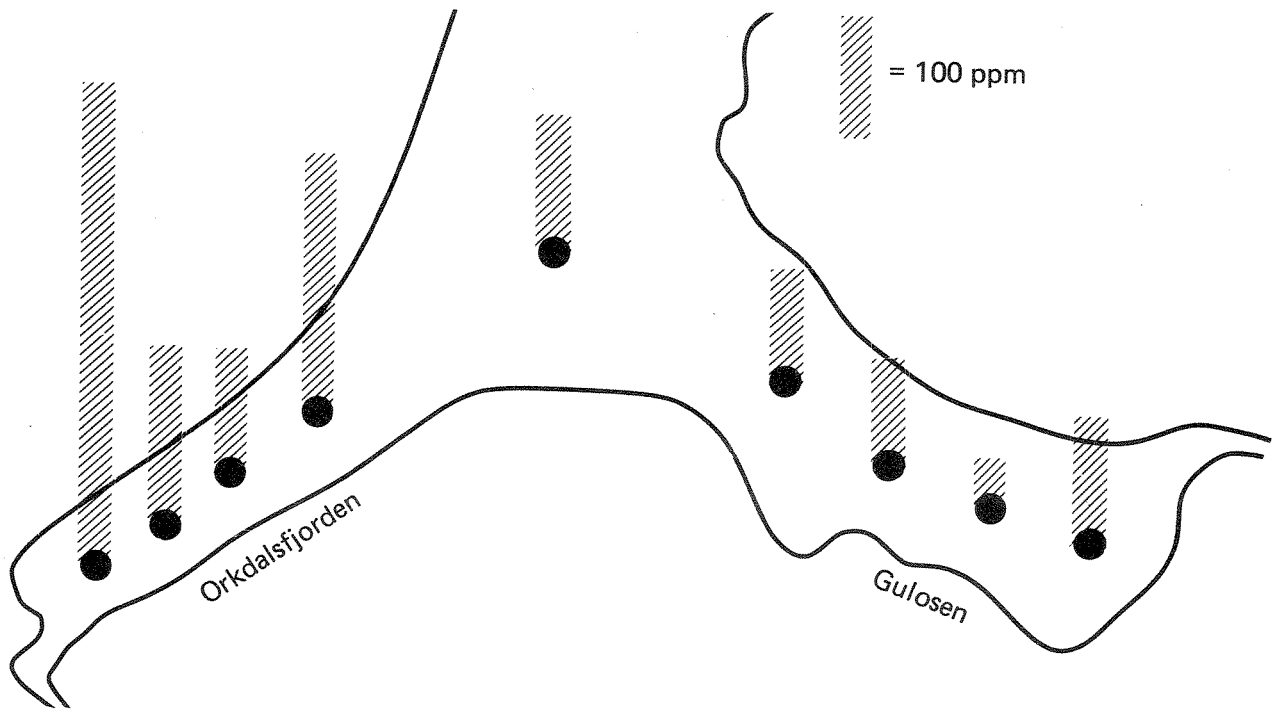


Fig. 4. Kopper i overflatesedimentene i Orkdalsfjorden og Gulosen (Fremstilt som stolper).

3.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Forekomsten av PAH-forbindelser i sedimenter fra fem lokaliteter er vist i tab. 4. Prøver fra Hommelvika (TR 15) og Stjørdalsfjorden (TR 16) skiller seg klart ut med høye konsentrasjoner. På bakgrunn av målinger utført ved Universitetet i Trondheim (Jentoft 1982) er det klart at disse høye konsentrasjonene skyldes deponering av kreosotavfall i Hommelvika. PAH-konsentrasjonen utenfor Stjørdalselvas munning er høy. Dette kan teoretisk stamme fra to kilder, enten fra kreosot-deponeringen ved Gudå som er innenfor elvas dreneringsområde og/eller skyldes transport av PAH fra Hommelvik. Det siste kan være i samsvar med det man foreløpig vet om det generelle strømbilde i området, dvs. østgående strøm forbi Hommelvik (Anonym, 1977). Den relative forekomsten av PAH-komponenter i prøver fra Stjørdalsfjorden og Hommelvik er imidlertid meget forskjellig. Dette kan for såvidt henge sammen med forskjellig omvandling og nedbrytning av ulike PAH-komponenter under utvasking og transport eller etter sedimentering, men noe forskjellige kilder kan synes like sannsynlig. Forholdet vil bli belyst ved den planlagte spesialundersøkelsen av kreosotforurensning i området. Foreløpig kan bare bemerkes at prosentdelen av potensielt kreftfremkallende forbindelser lå på et vanlig nivå i prøven fra Hommelvika, mens den var markert lavere i sedimentet fra Stjørdalsfjorden.

3.5 Aldersdateringer

Forutsatt at bunnsedimentene avsettes med jevn hastighet og at sedimentene forblir uforstyrret etter avsetning, vil målinger av den naturlige isotopen bly-210 kunne si noe om alderen på sedimentlagene og derved den årlige sedimenttilveksten.

I Trondheimsfjorden ble aldersdatering kun gjort på en stasjon i Orkdalsfjorden (TR4, fig. 1). Resultatene av målingene av bly-210 og radium-226 er vist i tab. 4. Mengdene av "excess" bly 210 (dvs. mengden av bly-210 korrigert for radium-226) er svært små, noe som tyder på at den øverste delen av kjernen var forstyrret eller gikk tapt under prøvetakingen. Målingene gir en gjennomsnittlig sedimenttilvekst på 3 mm pr. år. Metallanalyser av en 20 cm lang kjerne fra samme stasjon (tab. 2) viste betydelig forurensning i hele kjernen. Dette skulle tyde på at Orkdalsfjorden har mottatt forurensede utslipp i mer en 60 år. Det er grunn til å anta at tidligere gruvedrift i Orklas nedbørfelt i svært lang tid har tilført Orkdalsfjorden tungmetaller.

4. LITTERATUR

- Anonym, 1977. Trondheimsfjorden. Samlerapport for Trondheimsfjordundersøkelsene 1971-75. Trondheim sept. 1977. 66 s. + kart.
- Eakins, J.D., 1983. The ^{210}Pb technique for dating sediments and some applications. AERE-R10821, 18s + fig.
- Haug, A., Melsom, S. og Omang, S., 1974. Estimation of heavy metal pollution in two Norwegian fjord areas by analysis of the brown algae *Ascophyllum nodosum*. Environ. Pollut., 7, 179-192.
- Holthe, T., 1974. Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Bunndyrundersøkelser. Preliminærrapport. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1974-7. 45 s.
- Jentoft, N.A., 1982. Kreosotforurensninger i Trøndelag. Prøvetaking og karakterisering av polysykliske aromatiske forbindelser. Hovedoppgave i kjemi til matematisk-naturvitenskaplig embetseksamen, Universitetet i Trondheim, Kjemisk institutt NLHT, 169 s.
- Lande, E., 1974. Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Årsrapport 1972-73. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport Zool. Ser. 1974-9. 64 s.
- Lande, E., 1976. Tungmetallforurensning av Trondheimsfjorden og den registrerte virkning på flora og fauna. K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. Rapport, 14 s.
- Niemistö, L., 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. Havforskningsinst. Skr. Helsinki, 238, 33-38.
- NIVA, 1976a. Resipientundersøkelse av Trondheimsfjorden. Forurensningstiltaksberetning. Saksbeh.: S.U. Heines og J. Knutzen, 115 s.
- NIVA, 1976b. Resipientundersøkelse av Nedre Skienselva, Frierfjorden og tiliggende fjordområder. Rapport nr. 3. Framdriftsrapport fra de sedimentgeokjemiske undersøkelsene i juni 1975. Forf.: J. Skei, 60 s.
- NIVA, 1977a. Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr. 2. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. Saksbeh.: L. Kirkerud, 141 s.
- NIVA, 1977b. Kjemisk/biologiske undersøkelser i fjordene omkring Stavangerhalvøya - september 1976. Preliminær rapport. Saksbeh.: T. Bokn, 39 s.
- NIVA, 1977c. Sedimentundersøkelse i Bekkelagsbassenget. Januar 1977. Saksbeh.: J. Skei, 45 s.

- NIVA, 1978. Orienterende undersøkelse i Karmsundet. Hydrokjemiske og sediment geokjemiske undersøkelser i juni 1977. Saksbeh.: J. Skei, 58 s.
- NIVA, 1981. Vefsnfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumsverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-80. Saksbeh.: L. Kirkerud, 175 s.
- NIVA, 1982a. Rutineovervåking i Orkla 1981. Overvåkingsrapport nr. 41/82. Saksbehandler: M. Grande, 46 s.
- NIVA, 1982b. Basisundersøkelse i Glomfjord. Delrapport 1. Sedimenter, bløtbunnsfauna og partikler i vann. Saksbeh.: J. Molvær, 42 s.
- Olsen, C.R., Cutshall, N.H. og Larsen, I.L., 1982. Pollutant - particle associations and dynamics in coastal marine sediment: a review. Mar. Chem, 11, 501-533.
- Skei, J.M. og Paus, P.E., 1979. Surface metal enrichment and partitioning of metals in a dated sediment core from a norwegian fjord. Geochim. Cosmochim. Acta, 43, 239-246.

A P P E N D I K S

Tabell 1. Visuell beskrivelse av sedimentene i Trondheimsfjorden

<u>Stasjon nr.</u>	<u>Bunndyp (m)</u>	<u>Kjernelengde (cm)</u>	<u>Beskrivelse</u>
TR1	105	16	Mørk, fast leire med rustbrunt topplag
TR2	208	31	Rustbrunt løst lag over fast leire med noe sand. Oker-farget lag ved 6-7 cm.
TR3	260	15	Rødbrun overflate. Sandig silt.
TR4	325	10,5	Fast leire med brun overflate. Sort sandig lag ved 4-5 cm, okergul ved 7-8 cm, sort 10-11 cm og sand 18-20 cm.
TR5	398	33	Siltig sediment med brun overflate. Sorte lag ved dyp >10 cm.
TR6	316	40	Siltig leire med brun overflate.
TR7	261	43	Fin siltig leire med brun topp
TR8	202	37,5	Siltig lys leire som gradvis blir mørkere nedover.
TR9	149	33,5	Siltig leire med brun topp
TR10	60	61	Sort, sølvglinsende avgangsmateriale. Mye sot-/kullpartikler.
TR11	34	10	Sandig sediment med mye børstemarkrør på toppen.
TR12	10	15	Mørk siltig sediment med noe sand.

Tabell 1. Fortsatt.

Stasjon nr.	Bunndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
TR13	17	10,5	Sandig leire med skjell-fragmenter. Stein i prøven ble fjernet. Forsøkte med en stasjon på 38 m dyp, men stasjonen ble sløffet pga. grovt materiale (stein og skjell).
TR14	17	10	Sandig sediment med mye skjell og organismer i overflaten (ikke analysert).
TR15	34	26,5	Siltig leire med brun topp.
TR16	61	20	Leirig sediment med børstemark i overflaten. Lukt av H ₂ S i de dypeste delene av sedimentet (>15 cm dyp). Noe sandig.
TR17	48	50	Fin, fet leire med brunt topplag.
TR18	28	17	Leire med noe sandinnhold. Noe sort under overflaten.
TR19	41	14	Siltig leire som var noe finere enn på TR18.
TR20	47	26	Siltig leire.
TR21	23	22	Fast mørk leire.
TR22	53	70-80	Bløt leire.
TR23	86	42	Bløt leire.
TR24	110	71	Meget bløt fin leire.
TR25	174	46	Treflis/fiber i de øvre 15 cm med leire under. Noe innblanding av treflis mellom 14,5-18 cm dyp. Noe sandig i de øvre 10 cm.
TR26	75	47	Bløt leire med brun topp.
TR27	46	40	Bløt leire med brun topp.

Tabell 2. Organisk materiale (O.M.) og metaller i sedimenter fra
Trondheimsfjorden

Stasjon	%	ppm							%
	O.M.	Hg	Cd	Pb	Ag	Zn	Cu	Cr	Fe
TR1 (0-2)	1,7	0,87	0,54	20	<0,1	216	396	59	3,4
TR2 (0-2)	1,5	0,54	0,64	10	"	134	129	52	2,4
TR3 (0-2)	1,0	0,52	0,92	10	"	124	104	44	1,9
TR4 (0-2)	2,1	0,61	3,38	34	"	287	205	56	2,6
(2-4)	4,4	0,47	9,28	49	"	415	260	56	2,6
(4-6)	2,3	0,44	5,84	46	"	365	226	44	2,3
(6-8)	1,5	0,52	9,13	123	"	579	459	50	3,0
(8-10)	2,4	0,46	9,26	76	"	550	533	66	3,6
(10-12)	3,4	0,66	3,87	63	"	419	417	63	3,3
(12-14)	2,1	0,86	6,32	86	"	503	596	74	3,9
(14-16)	1,5	0,53	12,80	85	"	521	319	72	3,4
(16-18)	1,5	0,32	4,56	126	"	657	340	56	3,3
(18-20)	1,2	0,81	3,50	93	"	1504	419	75	4,4
TR5 (0-2)	1,7	0,69	0,21	53	"	195	91	75	3,9
TR6 (0-2)	1,6	0,62	0,12	26	"	176	93	70	4,0
(2-4)	1,7	0,60	0,14	28	"	187	97	71	3,8
(4-6)	1,7	0,66	0,15	31	"	207	91	68	3,4
(6-8)	1,7	0,51	0,11	34	"	191	114	68	3,8
(8-10)	1,6	0,39	0,39	31	"	192	78	76	3,8
(10-12)	1,6	0,55	0,34	29	"	201	69	66	3,4
(12-14)	1,4	0,24	0,39	27	"	187	58	66	3,2
(14-16)	1,5	0,25	0,53	24	"	169	62	62	3,1
(16-18)	1,5	0,24	0,58	23	"	167	51	63	3,3
(18-20)	1,6	0,28	0,69	23	"	182	52	69	3,6

(fortsatt)

Tabell 2. Organisk materiale (O.M.) og metaller i sedimenter fra
Trondheimsfjorden (fortsatt)

Stasjon	%	ppm							%
	O.M.	Hg	Cd	Pb	Ag	Zn	Cu	Cr	Fe
TR7 (0-2)	0,4	0,88	0,11	19	"	147	90	72	3,7
TR8 (0-2)	0,8	0,47	0,17	9	"	111	52	52	2,5
TR9 (0-2)	0,5	0,55	0,11	15	"	148	98	65	3,4
TR10 (0-2)	9,5	0,56	18,7	1704	2,7	7878	1800	42	31,3
TR11 (0-2)	1,7	0,55	0,20	290	0,4	179	75	50	1,7
TR12 (0-2)	2,1	1,54	3,05	266	3,6	1320	324	61	4,2
TR13 (0-2)	2,6	0,42	0,06	15	0,8	73	29	34	1,5
TR15 (0-2)	2,0	0,20	0,07	13	<0,1	74	21	33	1,9
TR16 (0-2)	1,6	0,45	0,12	12	"	83	38	35	2,5
TR17 (0-2)	2,3	0,68	0,10	22	"	136	47	57	3,5
TR18 (0-2)	2,3	0,35	0,04	9	"	47	22	20	1,6
TR19 (0-2)	2,2	0,41	0,03	8	"	46	10	21	1,4
TR20 (0-2)	2,9	0,82	0,11	9	"	66	20	26	1,8
TR21 (0-2)	1,7	0,41	0,04	9	"	54	13	23	1,8
TR22 (0-2)	1,7	0,39	0,06	14	"	86	44	44	3,3
TR23 (0-2)	1,7	1,51	0,12	14	"	88	43	43	3,1
TR24 (0-2)	2,0	2,47	0,11	24	"	146	77	54	4,7
TR25 (0-2)	2,6	3,10	0,08	20	"	257	66	51	5,4
(2-4)	3,1	2,25	0,06	20	"	263	50	45	5,2
(4-6)	3,4	2,34	0,11	17	"	206	51	46	4,5
(6-8)	3,7	1,83	0,20	18	"	176	62	42	3,9
(8-10)	5,1	1,67	0,45	15	"	119	43	38	3,2
(10-12)	5,8	1,71	0,45	11	"	79	39	30	2,3
(12-14)	5,4	0,98	0,30	8	"	66	40	26	2,0
(14-16)	3,5	1,17	0,09	16	"	143	43	48	4,1
(16-18)	2,2	1,00	0,06	17	"	108	35	48	4,1
(18-20)	2,2	0,94	0,07	17	"	113	29	50	4,5
TR26 (0-2)	1,8	1,49	0,04	16	"	107	40	42	3,7
TR27 (0-2)	3,9	1,60	0,08	11	"	70	39	29	2,2

Tabell 3. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentprøver fra Trondheimsfjorden (mg/kg tørt sediment)

Prøve mrk. PAH	TR10 0-2cm	TR15 2-4cm	TR15 4-6cm	TR16 0-2cm	TR23 0-2cm	TR27 0-2cm
Naftalen						
2-Metylnaftalen		6				4
1-Metylnaftalen						
Bifenyl						
Acenaftylen						
Acenaften						
4-Metylbifenyl						
Dibenzofuran						
Fluoren		28				
9-Methylfluoren						
9.10.-Dihydro- antracen						
2-Methylfluoren						
1-Methylfluoren						
Dibenzothiophen		7				
Fenatren		159		38	7	45
Antracen		330		13		12
Acridine						
Carbazole						
2-Metylantracen		33		47		4
1-Metylfenatren						
9-Metylantracen				23		
Fluoranten	36	448	9	3301	15	94
Pyren	32	384	9	2486	15	103
Benzo (a) fluoren		34		62		14
Benzo (b) fluoren		12		27		4
1-Metylpyren		57		49		
Benzo (c) fenantren***				32		
Benzo (a) antracen*	17	179	7	88		
Trifenylen/Chrysen*	40	366	18	296	18	96
Benzo (b) fluoranten**	49	357	19	131	19	171
1) Benzo(j,k)fluoranten**						
Benzo (e) pyren *	21	138	13	42	8	72
Benzo (a) pyren ***	34	266	21	34	10	77
Perylen	11	39		49		32
0-Phenylpyren	13	86		53		34
Dibenz(a,h)antracen		16		6		8
Picen						
Benzo (ghi) perylen		84		25		34
Anthanthrene						
Coronen						
SUM	253	3029	96	6802	92	869
Derav KPAH ²⁾	66	521	33	156	22	199
(%)	(26)	(17)	(34)	(2.5)	(24)	(23)

1) Bare benzo(j)fluoranthene er potensielt kreftfremkallende.

2) Summen av moderat (**) til sterkt (***) kreftfremkallende forbindelser. Tallene i parentes er prosent av total PAH. Ved manglende skille mellom isomere (benzofluoranthene) er det regnet en forholdsmessig andel (2/3).

Tabell 4. Bly -210 og radium -226 i en sedimentkjerne
fra Orkdalsfjorden (TR4).

DYP (cm)	Total Pb-210 (pCi g ⁻¹)	Ra-226 (pCi g ⁻¹)
0-1	0.68 ± 0.07	0.34 ± 0.03
1-2	0.66 ± 0.06	
2-3	0.60 ± 0.05	
3-4	0.58 ± 0.06	
4-5	0.42 ± 0.05	0.42 ± 0.03
5-6	0.35 ± 0.04	
6-7	0.32 ± 0.04	
7-8	0.48 ± 0.05	
8-9	0.31 ± 0.10	
9-10	0.32 ± 0.04	0.36 ± 0.03

Tabell 5. Metaller og organisk materiale i en del norske fjordsedimenter (ppm, unntatt Fe og organisk materiale i %).

Lokalitet	Referanse	Hg	Zn	Cr	Fe	Pb	Cd	Cu	Org.mat.
Kårmsundet	NIVA, 1978	0.02- 5.01	15- 600	14- 49	0.74- 2.10	4- 290	0.4- 3.6	8- 230	2.99- 23.22
Frierfjorden	NIVA, 1976 b	0.11- 12.8	65- 870	-	0.27- 7.45	8- 704	1.5- 26.3	12- 129	2.41- 37.24
Ranafjorden	NIVA, 1977a	-	45- 1665	15- 91	1.6- 6.7	11- 865	-	19- 318	0.7- 8.1
Bekkelags- bassenget, Oslofjorden	NIVA, 1977c	0.12- 19.6	98- 1320	32- 561	2.62- 5.01	26- 900	-	45- 978	3.3- 28.0
Gandsfjorden	NIVA, 1977b	0.08- 1.0	72- 245	23- 50	1.2- 3.5	23- 127	-	13- 36	3.9- 7.3
Byfjorden, Stavanger	NIVA, 1977b	0.05- 0.50	31- 57	11- 16	0.8- 1.0	11- 38	-	8- 13	4.9- 6.3
Hairsfjorden	NIVA, 1977b	0.05- 0.29	80- 365	28- 45	2.0- 4.0	26- 98	-	19- 40	21.8- 24.7
Bygdevågen i Sogn	Skei, upubl.	-	141- 213	21- 31	1.65- 2.30	67.- 91	2.8- 3.6	37- 49	41.0- 44.7
Amblabukten i Sogn	Skei, upubl.	0.04- 0.11	49- 109	11- 19	-	-	-	14- 19	4.9- 5.2
Glomfjord	NIVA, 1982 b	0.18- 1.81	41- 182	-	-	8- 67	0.02- 0.23	11- 43	1.5- 13.0
Vefsnfjorden	NIVA, 1981	0.64- 3.74	46- 118	-	-	13- 36	0.08- 0.74	9- 34	2.8- 6.0
Trondheims- fjorden	Dette arbeidet	0.2- 3.1	46- 7878	20- 76	1.4- 31.3	8- 1704	0.03- 18.7	10- 1800	0.4- 9.5



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

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

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

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

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

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

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

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsternes naturlige forhold.

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

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

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

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

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

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter vil bli publisert i årlige rapporter.

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