



# Statlig program for forurensningsovervåkning

## Rapport 544/93

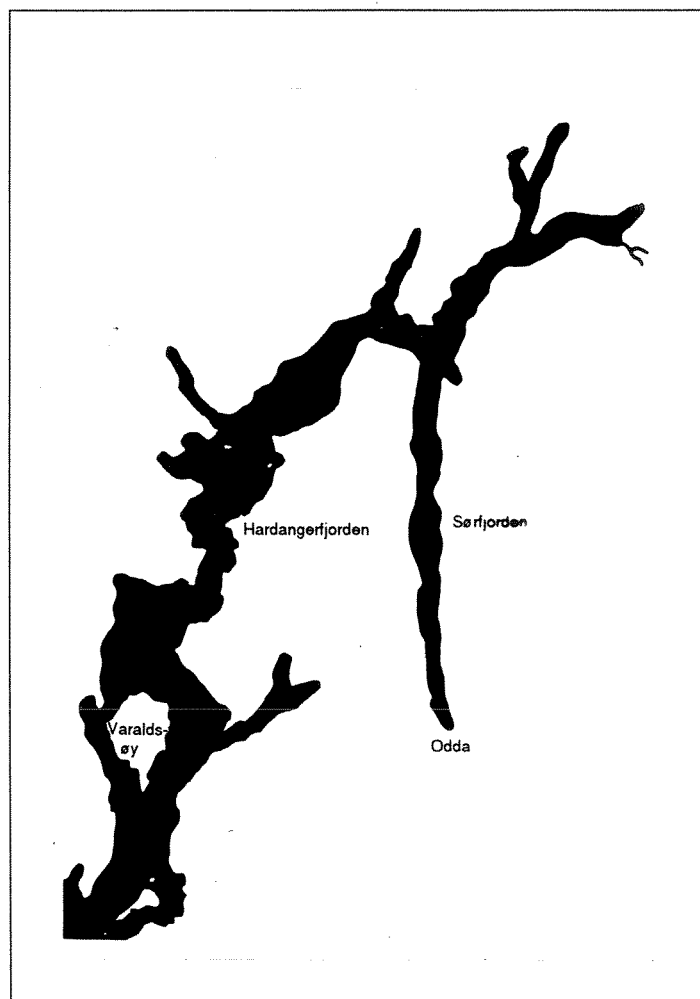
Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner NIVA  
KOM-sentret AS


Tiltaksorienterte  
miljøundersøkelser i

## Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1992

Delrapport 1. Vannkjemi



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-800309	Undernr.:
Løpenr.: 2967	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b>
Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1992. Delrapport 1. Vannkjemi.	Dato: 15/12-93	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e): Jens Skei	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 22	Opplag: 140

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn. (Overvåkingsrapport nr. 544/93). TA nr. 1009/1993.	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

**Ekstrakt:**

Overvåking av vannkjemien i Sørfjorden i 1992 viser at tungmetallnivåene generelt var noe lavere enn i 1991, med unntak av bly, som viser økte konsentrasjoner både i overflaten og i dypvannet i hele fjorden. Dette må settes i sammenheng med økte utslipp av bly i 1992, sammenlignet med 1991. På grunn av anleggsarbeid på Eitrheimsneset og i Eitrheimsvågen, var 1992 et spesielt år med ustabile forhold og store skiftninger i tilførsler. Blant annet ble det pumpet store mengder forurenset vann til Eitrheimsvågen på slutten av året i forbindelse med slutføringen av oppryddingen av vågen. I 1993 forventes forholdene å stabilisere seg.


4 emneord, norske

1. Sørfjorden
2. Overvåking
3. Vannkjemi
4. Metaller

4 emneord, engelske

1. Sørfjorden
2. Monitoring
3. Water chemistry
4. Metals

Prosjektleder

  
.....  
Jens Skei

For administrasjonen

  
.....  
Torgeir Bakke

ISBN-82-577-2399-1

Norsk institutt for vannforskning

**O-800309**

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I  
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1992**

**DELRAPPORT 1. VANNKJEMI**

Oslo,

15. desember 1993.

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeider:

Unni Eframsen  
Olav Leigland, KOM-senteret

## **Forord**

*NIVA har i 1992 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sør fjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S dekket 75% av kostnadene. Prosjektet er utført i samarbeid med KOM-senteret i Odda som har hatt ansvar for vannprøvetakingen og deler av analysene.*

*Det er utarbeidet et forslag til overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og biota.*

*Denne rapporten omfatter kun vannkjemien i fjorden.*

*Oslo, 15. desember 1993.*

*Jens Skei  
prosjektleder*

<b>INNHold</b>	<b>SIDE</b>
FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
1. INNLEDNING	5
2. MÅLSETTING	6
3. FELTARBEID OG METODER	6
4. RESULTATER OG DISKUSJON	8
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	18
6. LITTERATUR	18
VEDLEGG	19

## Sammendrag og konklusjoner

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1992 danner en basis for tilstanden under oppryddingen av Eitheimsvågen. Den vil gi et grunnlag for å bedømme om de tekniske tiltakene har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan nås.

Overvåkingen av vann i 1992 gir grunnlag for følgende hovedkonklusjoner:

1. **Utslippene av kopper og kadmium fra bedriftene i Odda-området har gått ned i forhold til 1991 mens utslippet av bly har gått kraftig opp som følge av en tre-dobling i Norzinks utslipp. I tillegg ble det mot slutten av året pumpet forurenset drensvann fra baksiden av spuntveggen i Eitheimsvågen som har bidratt med store mengder sink og kadmium til vågen.**
2. **Oksygenforholdene i havnebassenget er meget forskjellige fra tidligere år ved at nivåene i bunnvannet er mye høyere, selv på ettersommeren da kritiske oksygennivåer normalt har vært registrert. Et skifte i analyselaboratorium og metodikk kan være en forklaring.**
3. **Nitrogenkonsentrasjonen i havnebassenget var jevnt over høyere i 1992 enn i 1991, spesielt i juni. De laveste konsentrasjonene ble registrert i oktober. Utslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk i 1992 var omtrent det samme som i 1991.**
4. **Konsentrasjonene av tungmetaller i vannmassene i Sørfjorden er generelt noe redusert i forhold til 1991 med unntak av bly som viste meget høye konsentrasjoner både i overflatevannet og i dypvannet i hele fjorden. Det siste ser ut til å ha sammenheng med økte utslipp fra Norzink.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, april, juni, august, oktober og desember 1992 for analyser av saltholdighet, suspendert materiale, nitrogen og oksygen (bare havnebassenget) og tungmetaller (nikkel, bly, kadmium, sink og kvikksølv).
- Målinger av saltholdighet i overflatevannet viste mindre enn 10‰ i juni og i august og stort sett i overkant av 20 ‰ resten av året. Dette illustrerer endringer i ferskvannstilførselen til fjorden.
- I likhet med tidligere år ble det målt relativt små mengder partikler i vannprøvene. De høyeste konsentrasjonene ble målt i Eitheimsvågen og havnebassenget i perioden juni - august.
- Konsentrasjonene av nitrogen og oksygen var betydelig høyere i 1992 enn i 1991. Det er uvisst om dette kan skyldes skifte i analyselaboratorium og metoder eller om det er relle endringer.
- Konsentrasjonene av kvikksølv, kadmium og sink i overflatevannet er redusert i forhold til 1991, men fortsatt er det klar gradient innover mot Eitheimsvågen. Bly derimot, viser en økning i overflatelaget i 1992, spesielt i havnebassenget.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget er også på retur i forhold til 1991, med unntak av bly, som viser en kraftig økning i dypvannet. Dette skyldes tilsynelatende utslipp av bly knyttet til gipsutslippet fra aluminiumsfabrikken på Eitheimneset.

# 1. INNLEDNING

1992 var et år i overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden med anleggsarbeid og opprydning i Eitrheimsvågen, og 1992 vil således representere et overgangsår med lite stabile forhold. Foruten selve overdekningen og spuntingen i vågen, som ble ferdig i november 1992, var det også anleggsarbeid i gang på Eitrheimsneset i forbindelse med bygging av ny kai første halvår. Alle disse aktivitetene kan for en kortere periode ha ført til økt forurensning.

Det er ellers gått 6 år siden jarositt-utslippet ble overført til fjellhaller, slik at vi nå kan fastslå hvilke forbedringer i resipienten vi kan registrere som følge av denne utslippsreduksjonen. Med hensyn til utslipp fra de tre største bedriftene i indre Sørfjord i 1992, vises til tabell 1.

**Tabell 1.** Oversikt over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1992 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S. <sup>1)</sup>	320 (730)	1000 (3100)	3300 (2600)	34 (46)	mangler (<0.7)	11300 (15000)
NZ <sup>2)</sup>	50 (30)	7800 (2400)	9300 (10738)	43 (106)	23 (35)	-
TTI	27 (800)	497 (360)	2476 (2700)	3 (80)	- (<0.3)	1 -
<b>Totalt</b>	<b>397</b> (1560)	<b>9297</b> (5860)	<b>15076</b> (16038)	<b>80</b> (232)	<b>23</b> (36)	<b>11300</b> (15000)

1) Beregnet på grunnlag av 2 døgnprøver

2) Inkluderer også akutte uhellsutslipp

Tallene i parantes representerer utslippstall for 1991

Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1991 (Skei, 1992), har utslippene av kopper og kadmium gått drastisk ned, mens utslippet av bly har økt kraftig. Det siste skyldes en tre-dobling i utslippet av bly fra Norzink sammenlignet med 1991. Denne økningen skyldes i stor grad bly i gipsutslippet fra aluminiumfluoridfabrikken. En tredjepart av Norzinks sink-utslipp skyldes et utslippsuhell i januar 1992. På bakgrunn av disse opplysningene vil man vente å finne en økning i bly-konsentrasjonene i fjorden og en nedgang i konsentrasjonene av kopper og kadmium.

I tillegg til direkte utslipp fra bedriftene i Odda må man anta at Eitrheimsvågen også var en viktig kilde for tungmetaller i 1992, ettersom spuntveggen ikke var ferdigstilt før i november. Selv etter at spuntveggen var på plass må det forventes en viss forurensning som følge av utpumping av vann som samler seg bak spuntveggen. På grunn av problemer med å ta unna de store vannmengdene ble det foretatt utpumping til Eitrheimsvågen helt frem til månedsskiftet mars - april 1993. Det utpumpede vannet hadde et gjennomsnittlig innhold på 3.6 mg/l sink og 126 µg/l kadmium. På månedsbasis tilsvarer dette utslipp på 1.2 tonn sink og 50 kg kadmium. Dette er en betydelig forurensningskilde og langt større enn de totale direkteutslippene av kadmium fra bedriftene (ca. 7 kg pr. måned) og omtrent like stor som det månedlige utslippet av sink fra bedriftene. Disse forholdene forventes imidlertid å forbedres i løpet av 1993.

Utslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk ble redusert med mere enn 90% i 1990/9. Sammenligner man 1991 og 1992 var det små forskjeller i utslipp. Det totale nitrogenutslippet fra Odda Smelteverk i 1992 er beregnet til 81 tonn.

## 2. MÅLSETTING

Det overordnede mål med overvåkingen i 1992 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon 6 år etter overføring av jarositt til fjellhaller og samme år som oppryddingsarbeidet i Eitrheimsvågen ble gjennomført.

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien er å

- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å kartlegge kilder, influensområde og tidstrend.

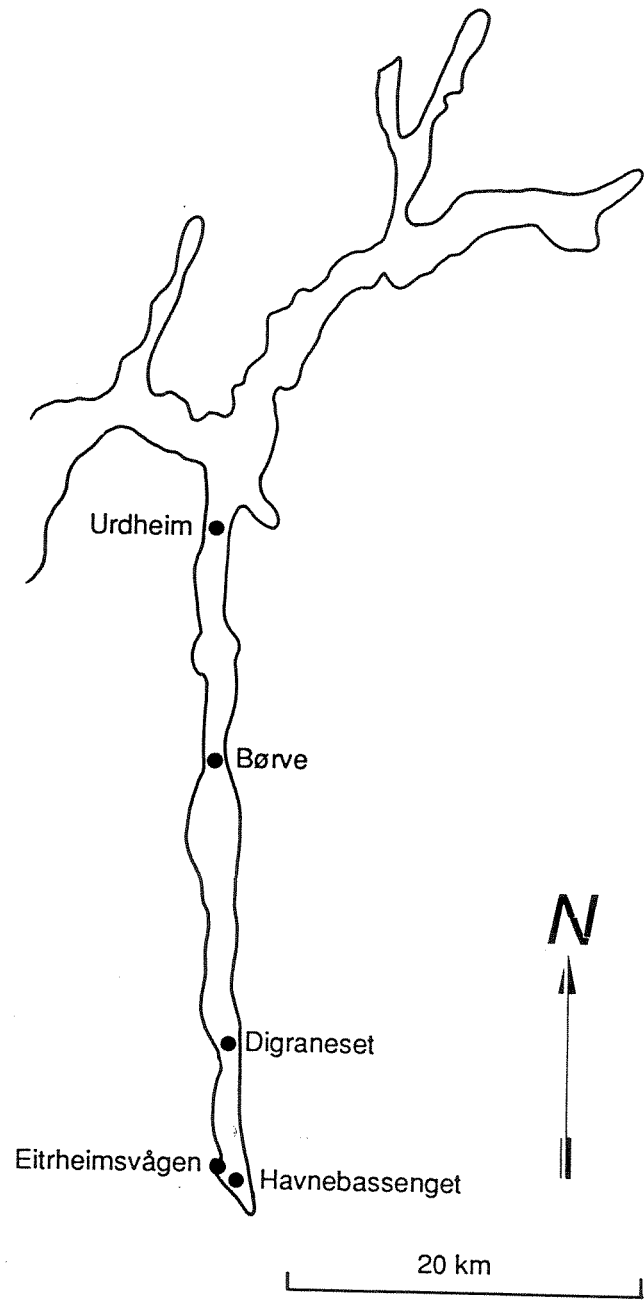
## 3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 17. februar, 27. april, 22. juni, 28. august, 26. september og 14. desember 1992 av KOM-senteret i Odda .

Prøvene ble tatt med Hydro-Bios vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kopper og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene (bly, sink, kadmium og nikkel) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter salpeteroppslutning ved kalddampteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total nitrogen, total suspendert materiale, saltholdighet og oksygen ble analysert ved KOM-senteret i Odda. Total nitrogen er analysert med autoanalysator etter peroksoedisulfat (NS 4745). Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Dette er en annen filtertype enn det som er brukt tidligere, men porestørrelsen er den samme. Saltholdighet og oksygen er målt med YSI-instrument, henholdsvis modell 33 og 57. Dette er andre metoder enn det som er brukt tidligere da NIVA gjorde analysene.

Kart som viser lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann er presentert i figur 1.





**Figur 1.** Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1992.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

Overvåking av vannkvalitet i fjorder har både fordeler og ulemper. Fordelen er at den gjenspeiler i stor grad den nåværende forurensningsbelastningen. Årsaken er at vannmassene har relativt kort oppholdstid i fjordene, spesielt overflatevannet (noen dager). Dypvannet derimot, kan ha en oppholdstid på noen måneder. Vannmassenes kjemi vil likevel gjenspeile dagens utslippsforhold bedre enn f.eks. analyser av biologisk materiale og sedimenter.

Ulempen med overvåking av vannkvalitet er at vannanalysene gir et øyeblikksbilde, og at det er behov for hyppige observasjoner for å gi et riktig bilde av en tidstrend. For å ivareta dette noe bedre ble antallet tokt for innsamling av vannprøver økt fra fire i 1991 til seks i 1992. Dette er spesielt viktig hvis tilførslene av forurensningsstoffer til fjorden varierer sterkt over tid (f.eks. støvutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller).

Målinger av **saltholdighet** i overflatevannet vil indikere mengden av ferskvann i fjorden og hvilke gradienter det er i saltholdighet utover fjorden, samt vertikal fordeling (lagdeling/sjiktning).

Mengde **suspendert materiale** (TSM) måles for å kunne vurdere sedimenttransport og eventuell transport av partikulære forurensninger. Målingene er nyttige i forbindelse med vurdering av tungmetalldata.

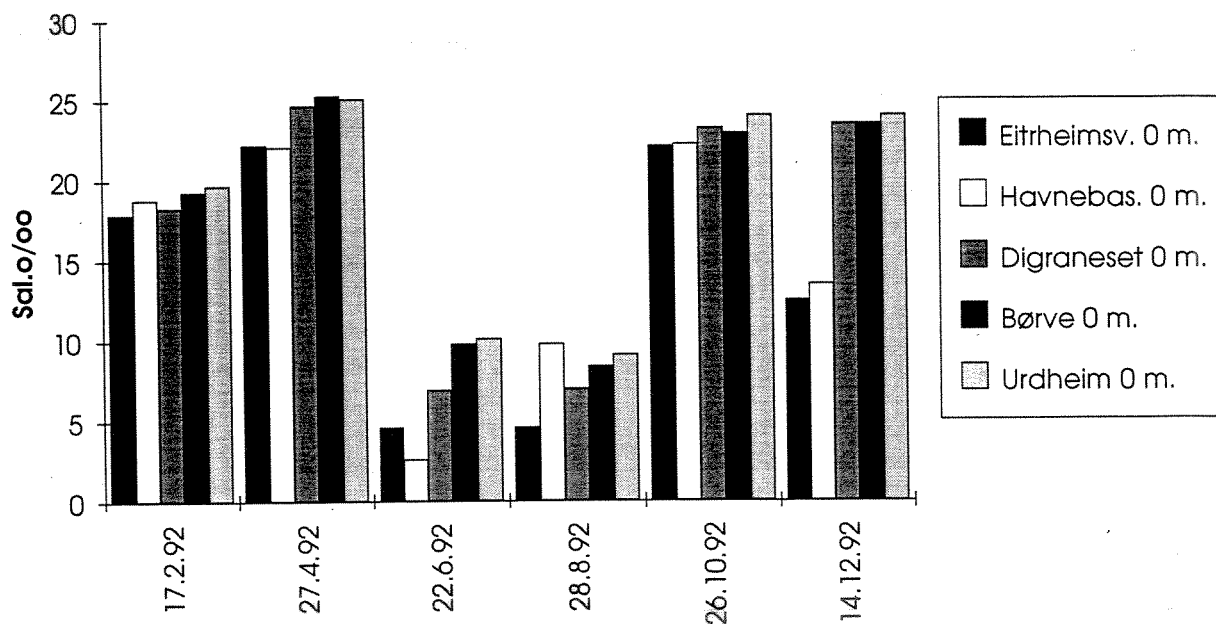
Målinger av **nitrogen** gjøres fordi det er et betydelig utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk og via urensset kommunal kloakk i forhold til naturlige tilførsler. Målingene vil gi et bilde av fordelingen av nitrogen i vannmassene utover fjorden og hvordan nivåene forandrer seg fra år til år ettersom utslippene endrer seg. Da utslippene fra Odda Smelteverk inneholder oksygenforbrukende substanser, måles det også på **oksygen** i Oddas havnebasseng. Utslipp av kloakk vil dessuten bidra til dette oksygenforbruket.

Registrering av nivåer av utvalgte **metaller** pågår for å overvåke horisontale og vertikale gradienter i vannmassene i Sørfjorden. Det er fortsatt betydelige utslipp fra industribedriftene i Odda-regionen (tabell 1) i tillegg til diffuse utslipp som skyldes tilførsler fra deponier på land og i strandkant og forurensede bunnsedimenter.

### *Saltholdighet.*

I 1992 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 3 og 25‰ i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og august og den høyeste i april (figur 2). Dette gjenspeiler ferskvannstilførselen til Sørfjorden. Saltholdigheten var lavest i Eitrheimsvågen eller havnebassenget på samtlige tokt. Forøvrig var det en del variasjon fra stasjon til stasjon utover fjorden, noe som trolig skyldes ulik grad av blanding mellom overflatelag og underliggende vann, vindeffekter, inngående og utgående strøm i overflaten og tilførsel av ferskvann fra elver og bekker utover fjorden.

I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 30.5 og 32.6‰ i 1992. Dette stemmer dårlig med tidligere målinger av saltholdighet i dypvannet i Sørfjorden. I 1991 varierte saltholdigheten mellom 34.778 og 34.972‰ i 200 m dyp ved Digraneset. Det er usannsynlig at saltholdigheten er redusert så mye i løpet av ett år, og disse resultatene må derfor tilskrives metodiske forskjeller (KOM-senteret bruker YSI-sonde, mens NIVA analyserer saltholdighet med et laboratorieinstrument).

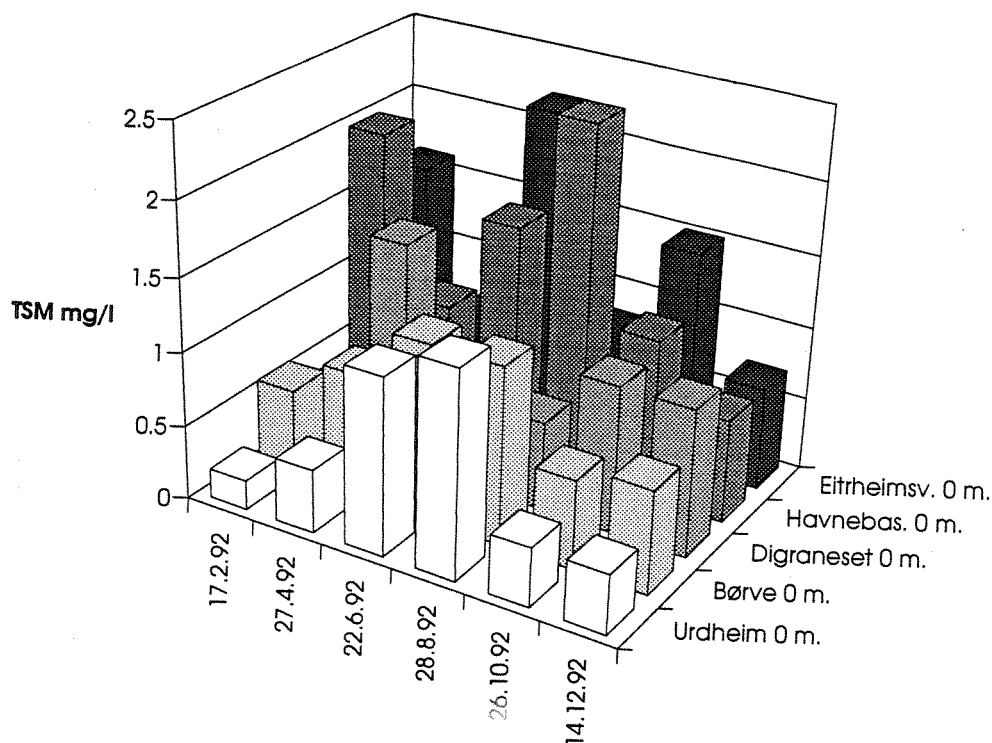


**Figur 2.** Saltholdighet i overflateprøver i Sørfjorden, 1992.

### *Suspendert materiale (TSM)*

I 1991 varierte mengden partikulært materiale i vannmassene mellom 0.1 og 2.3 mg/l i Sørfjorden (Skei, 1992). I 1992 ble det registrert høyere konsentrasjoner, med de høyeste verdiene i bunnvannet i Eitrheimsvågen i april og juni. Det er grunn til å tro at dette skyldtes anleggsarbeid i Eitrheimsvågen med oppvirvling av sedimentene. I dybdeintervallet 40 - 200 m ble det også målt høyere konsentrasjoner av TSM i 1992 enn i 1991.

I overflatevannet var det også noe høyere konsentrasjoner i Eitrheimsvågen og havnebassenget i 1992 enn i 1991, noe som kan tilskrives anleggsvirksomheten. Høyere konsentrasjoner av partikulært materiale i overflatevannet utover fjorden i juni og august (figur 3) kan også være et resultat av planktonblomstring i sommermånedene. Det bør imidlertid påpekes at denne perioden også sammenfaller med en periode med store mengder ferskvann i fjorden (figur 2), som medfører stor sedimenttransport.



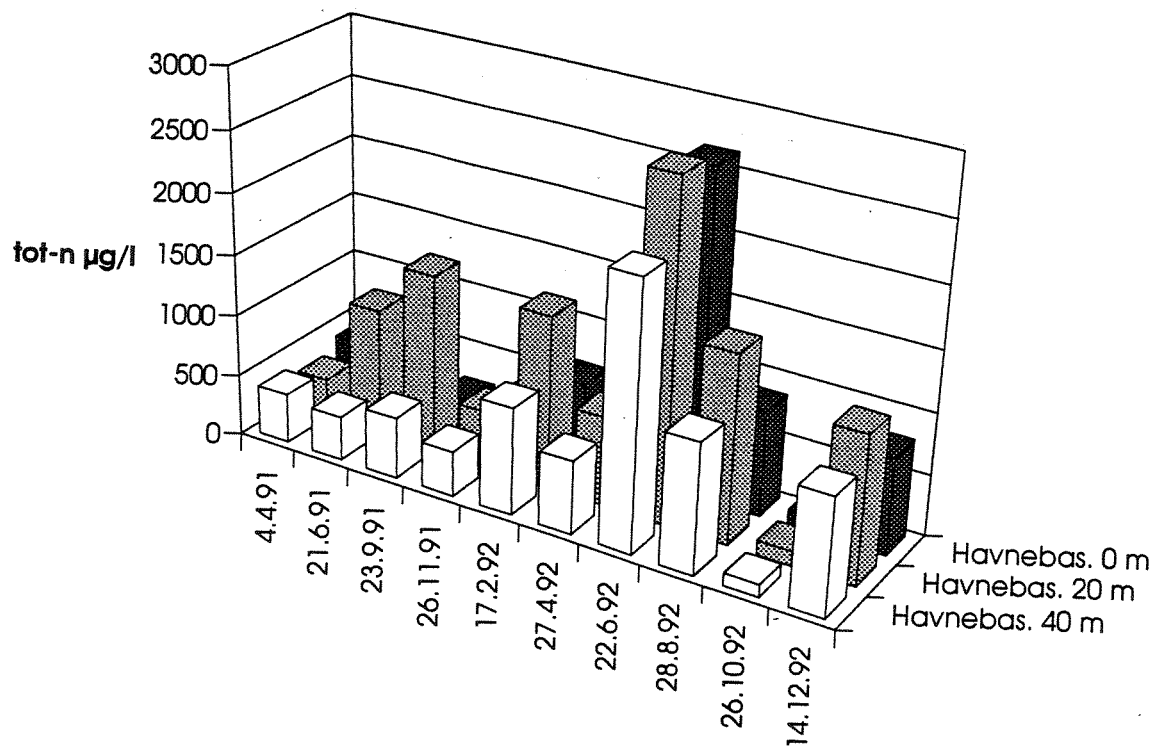
**Figur 3.** Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sør fjorden, 1992.

### *Nitrogen og oksygen*

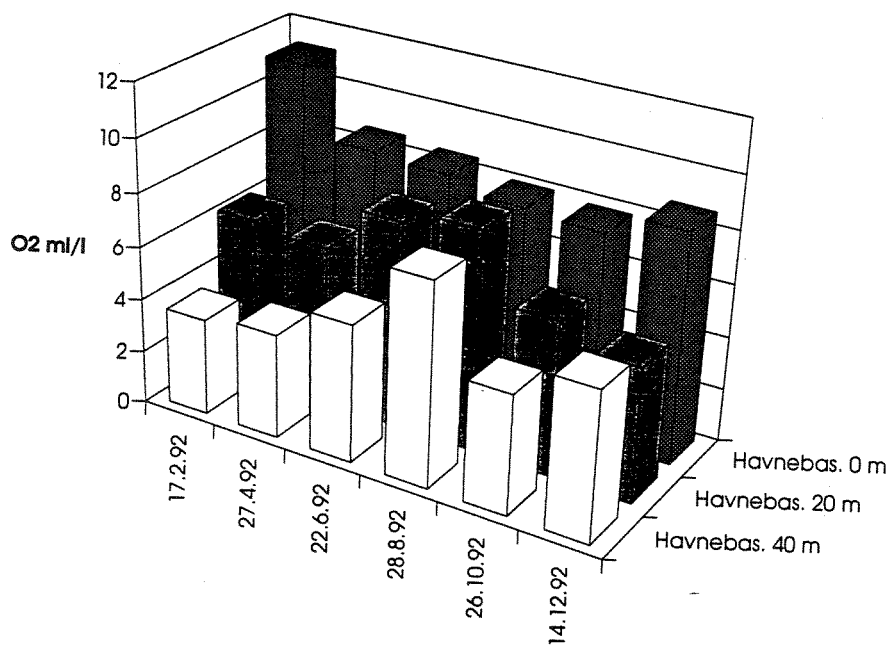
I 1992 ble det kun gjort målinger av nitrogen i havnebassenget i Odda.

I 1991 ble det i overflatevann i havnebassenget målt verdier mellom 212 og 426  $\mu\text{g/l}$  total nitrogen (Skei, 1992). Dette er betydelig lavere enn det som ble målt i 1992 (figur 4), hvor konsentrasjonene varierte mellom 130 og 2650  $\mu\text{g/l}$ . Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i juni. På dette tidspunktet ble det også målt tilsvarende konsentrasjoner både i 20 og 40 m i havnebassenget (figur 4). Årsaken til denne økningen i 1992 er ikke kjent. I følge utslippsberegningene skulle utslippsmengdene ved Odda Smelteverk i 1991 og 1992 være nokså like.

Oksygenmålingene begrenser seg også til Oddas havnebasseng (figur 5). Laveste konsentrasjon i dypvannet i 1991 ble målt til 2.15 ml/l i september (Skei, 1992). I 1992 ble laveste konsentrasjon målt til nesten 4 ml/l i april. Dette er meget forskjellig fra tidligere år da oksygen-minimum alltid har vært observert på sen-sommeren. Det bør påpekes at metodikken er forandret fra 1991 til 1992 ved at KOM-senteret bruker YSI-sonde, mens NIVAs målinger er basert på Winkler-titreringer. Det er derfor behov for å interkalibrere disse metodene.



Figur 4. Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1991 og 1992.



Figur 5. Oksygen i havnebassenget i Odda, 1992.

## Metaller

### Eitrheimsvågen

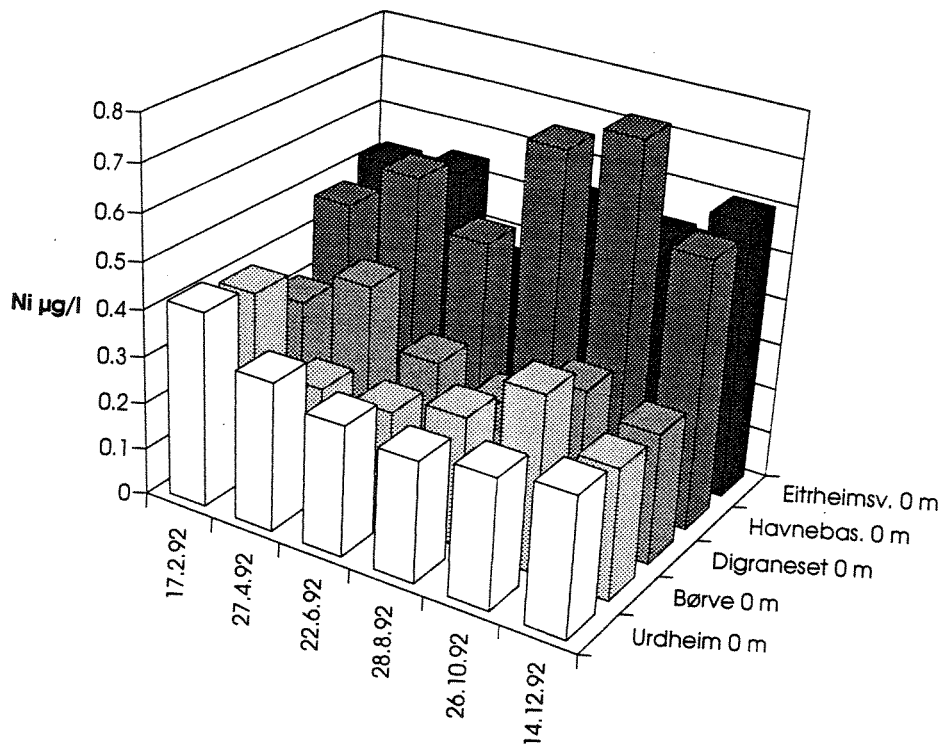
Grafisk fremstilling av resultater fra tungmetallanalyser i 1991 og 1992 og er vist på figurene 6 -10. Med unntak av nikkel (kun 1992) går det klart frem av disse figurene at Eitrheimsvågen fortsatt var hovedkilden for tungmetallforurensningen i overflatevannet i Sørfjorden, og at denne kilden varierer sterkt over tid. Hvis vi sammenligner resultatene fra Eitrheimsvågen i 1991 og 1992 ser vi at i overflatelaget i Eitrheimsvågen har nivåene av kvikksølv, sink, kadmium og bly avtatt i 1992 sammenlignet med 1991. Konsentrasjonene av sink og kadmium økte imidlertid kraftig Eitrheimsvågen på slutten av året 1992, trolig som følge av utpumping av dreinsvann ( se kap.1).

Disse sammenligningene er basert på gjennomsnittskonsentrasjoner over året. Tallene fra de enkelte tokt viser meget store svingninger, og det er derfor vanskelig å vurdere en tidstrend. Resultatene viser at Eitrheimsvågen er en uberegnelig kilde, trolig på grunn av varierende grad av utvasking av metaller fra deponier over og under vann og varierende påvirkning av anleggsarbeid. I tillegg kommer utpumping av forurenset vann fra baksiden av spuntveggen i vågen.

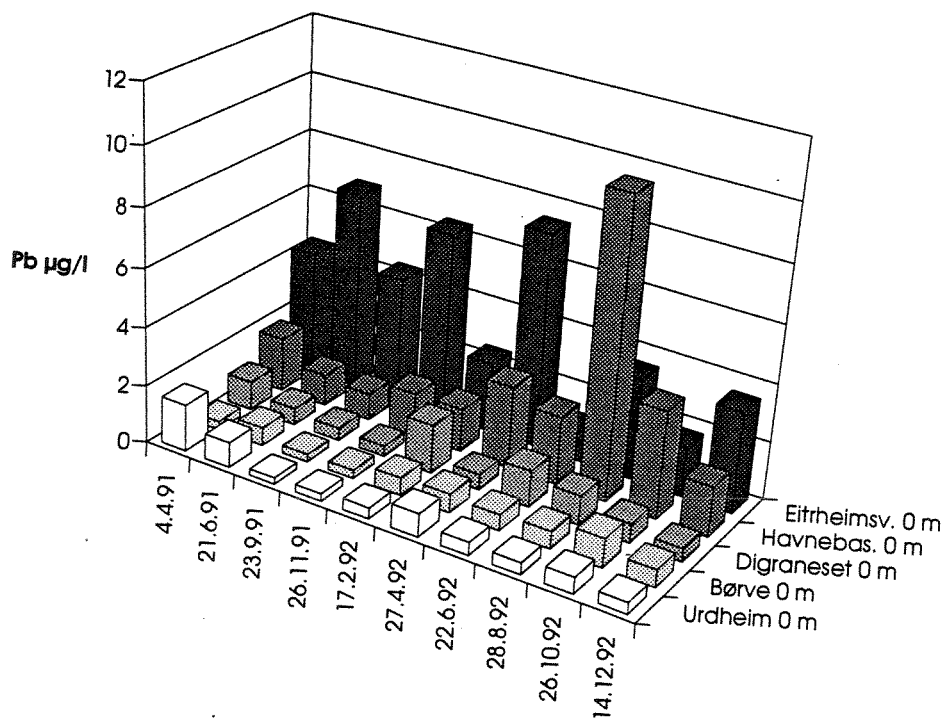
### Overflatevann

Figur 6 viser endringene i overflatekonsentrasjoner av **nikkel** i Sørfjorden fra februar 1992 til desember 1992. Dette er første året at nikkel er inkludert i overvåkingsprogrammet for vann. Resultatene viser at konsentrasjonene i overflatevannet er høyest i havnebassenget og i Eitrheimsvågen, med verdier mellom 0.4 og 0.7  $\mu\text{g/l}$ . Ellers i fjorden lå konsentrasjonene mellom 0.2 og 0.4  $\mu\text{g/l}$  i overflatevannet. I følge Knutzen og Skei (1990) kan verdier av nikkel i sjøvann lavere enn 0.7  $\mu\text{g/l}$  betegnes som normalverdier. Nikkel ble inkludert i programmet på grunn av Tinfos Titan & Iron K/S tidligere utslipp av nikkel til sjø.

Fordelingen av **bly** (figur 7) viser at Eitrheimsvågen er hovedkilden, men at periodevis høyere konsentrasjoner i havnebassenget tyder på en tilleggskilde. I forhold til 1991 har konsentrasjonene av bly i havnebassenget økt kraftig. I henhold til Norzinks opplysninger om utslipp var det en tre-dobling i bly-utslippet i 1992 i forhold til 1991 (tabell 1). Dette kan muligens forklare økningen i bly-konsentrasjonene i fjorden. Nivåer som overskrider 1  $\mu\text{g/l}$  bly må betraktes som ekstremt høyt i forhold til et bakgrunnsnivå i sjøvann på ca. 0.05  $\mu\text{g/l}$  (Knutzen og Skei, 1990).



Figur 6. Fordeling av nikkell i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1992.



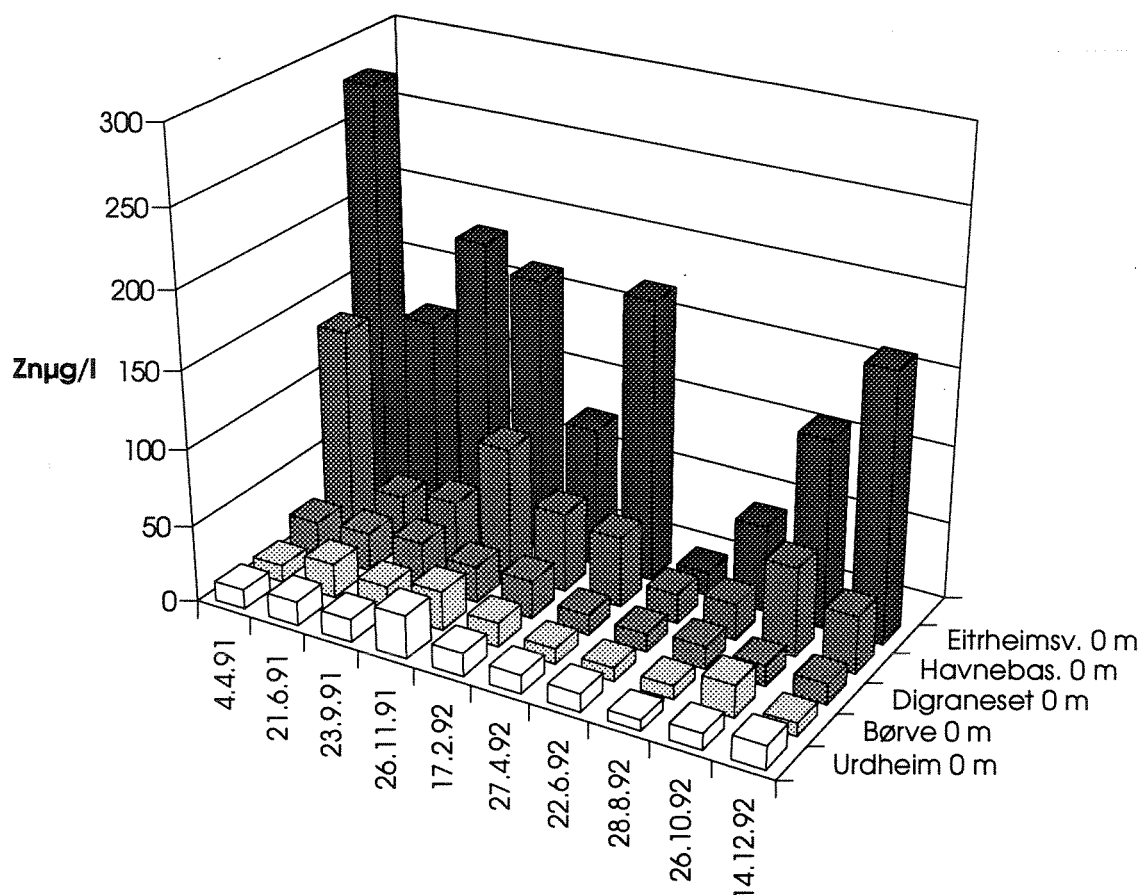
Figur 7. Fordeling av bly i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1991 og 1992.

Konsentrasjonene av **sink** (figur 8) i overflatevannet har også gått ned i forhold til 1991. Men fortsatt er det store tilførsler fra Eitrheimsvågen. Konsentrasjonen av sink i overflatevannet i vågen økte kraftig fra sommeren 1992 og frem til jul. Det er grunn til å tro at dette skyldes utpumping av vann fra baksiden av spuntveggen. I første kvartal 1993 ble den utpumpede sink-mengden beregnet til 1.2 tonn pr. måned (Norzink, pers.medd.).

Ved utløpet av Sørfjorden var nivået i 1992 nå nede i ca. 12 µg/l (gjennomsnittlig 15 µg/l i 1991). I 1974 ble det målt konsentrasjoner i området 150 - 250 µg/l ved Ullensvang (Skei, 1975). Det er således skjedd en dramatisk forbedring i vannkvaliteten de siste 15 år i Sørfjorden, selv om overflatevannet fortsatt var betydelig forurensset i 1992.

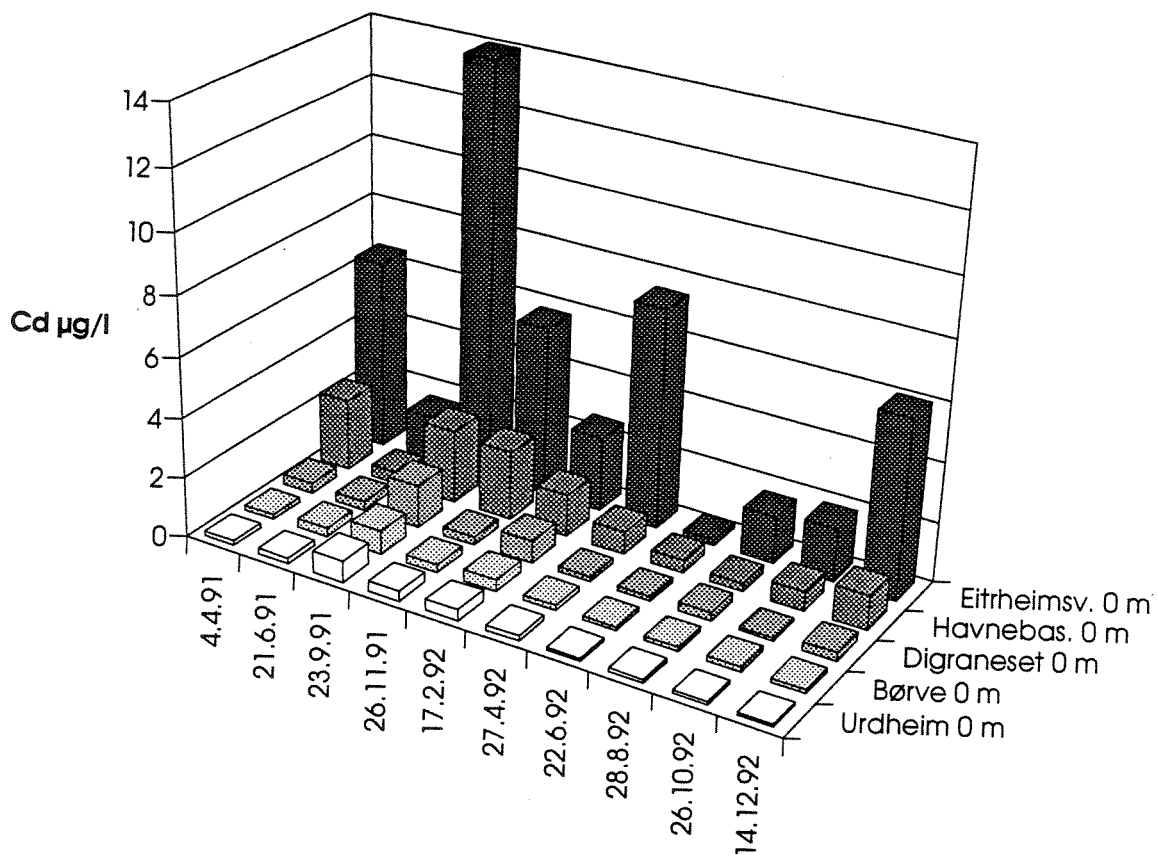
Figur 9 viser at **kadmium** fortsatt opptrer i høye konsentrasjoner i overflatevann innerst i fjorden. Men i likhet med sink viser kadmium en viss nedgang, sammenlignet med 1991 hvis fjorden betraktes under ett. I Eitrheimsvågen ble det, på samme måten som for sink, påvist en økning mot slutten av året som tilskrives utpumping av drensvann. Konsentrasjoner høyere enn 1 µg/l er ekstremt høyt sammenlignet med en bakgrunnskonsentrasjon på 0.02 µg/l (Knutzen og Skei, 1990). Slike høye konsentrasjoner ble i 1992 bare påvist i havnebassenget og i vågen.

**Kvikksølvkonsentrasjonene** i overflatevann fra Eitrheimsvågen varierte sterkt i 1991 (240 - 1040 ng/l) (figur 10). Til sammenligning varierte overflatekonsentrasjonene i vågen i 1992 mellom 3 og 85 ng/l. Det er således en betydelig forbedring. Forhøyede kvikksølv-nivåer (>2 ng/l) kunne i 1992 registreres ut til Digraneset, men ikke særlig lenger ut.

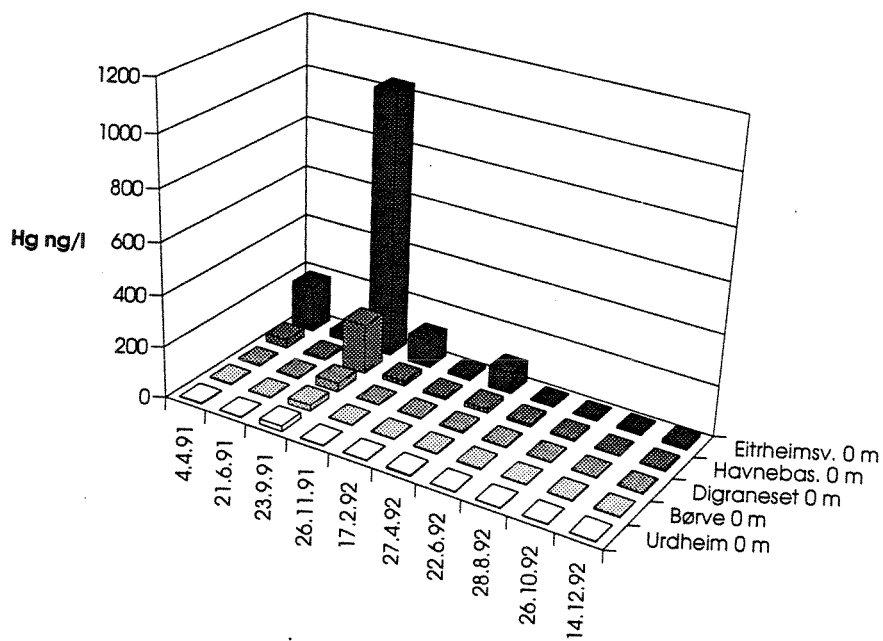


**Figur 8.** Fordelingen av sink i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1991 og 1992.





Figur 9. Fordelingen av kadmium i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1991 og 1992.



Figur 10. Fordelingen av kvikksølv i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1991 og 1992.

## Dypvann

Det er en meget markert forskjell mellom metallnivåene i brakkvannslaget og underliggende vann. I 40 m og 200 m dyp ble det på strekningen havnebassenget - Urdheim målt følgende konsentrasjoner av **tungmetaller** (tabell 2):

**Tabell 2.** Tungmetaller i sjøvann på 40 m og 200 m dyp i Sjørfjorden på strekningen havnebassenget - Urdheim (gjennomsnitt over hele året 1992). ( Pb og Zn: µg/l. Cd og Hg: ng/l).

Metall/dyp	Havnebass.	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb/40	4.89	1.08	0.39	0.31
Pb/200	-	0.59	0.68	0.92
Zn/40	20.13	9.50	4.18	3.03
Zn/200	-	6.70	4.90	4.13
Cd/40	140	77	42	33
Cd/200	-	67	49	44
Hg/40	5.68	3.30	<2	<2
Hg/200	-	<2	<2	<2

Disse resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra Havnebassenget og ut til munningen av Sjørfjorden ved 40 og 200 m dyp i 1992, slik som i 1991. Dette viser at forurensingen i Oddaområdet fortsatt påvirker hele vannmassen i Sjørfjorden. Det totale volumet av vannmassene i Sjørfjorden er tidligere beregnet til  $1 \times 10^{10} \text{ m}^3$  (Skei, 1975).

Det som er hovedforskjellen fra 1991 er den økte bly-forurensningen. Denne har ikke bare påvirket overflatevannet, men også i høy grad dypere vannlag. Den kraftige økningen i dypvannet har skjedd på ettersommeren, men i havnebassenget opptrådte høye konsentrasjoner i bunnvannet (10 µg/l ) i slutten av april. Dette kan indikere at det er skjedd en oppvirvling av forurensede masser om våren eller forsommeren i vågen - havnebassengområdet og som har fraktet forurensede masser ut i dybbassengene i Sjørfjorden. Det ble blant annet målt ekstremt mye forurensning i bunnvannet i Eitheimsvågen i mai og juni med nivåer opp til 200 µg/l bly og betydelige partikkelkonsentrasjoner. Ettersom dette gjelder bly og ikke de andre tungmetallene kan det tyde på at det har noe med økningen i utslippene av bly fra aluminiumfluoridfabrikken å gjøre. Gipsutslippet fra denne fabrikken foregår som kjent på dypt vann.

Gradientene er klarest i 40 m dyp, hvor kontamineringen er størst. I 200 m dyp nærmer vi oss nå et naturlig bakgrunnsnivå i Sjørfjorden med hensyn til kvikksølv, sink og kadmium.

## 5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Situasjonen i 1992 reflekterer forholdene seks år etter at jarosittavfallet fra Norzink ble ledet til fjellhaller, noe som førte til mer enn 90% reduksjon i utslippene av en rekke tungmetaller. Samme år ble det også bygget en spuntvegg på land i Eitrheimsvågen, som skulle redusere bidragene av tungmetaller fra deponier på land i vågen med opp til 90%. Allerede i 1987 - 1988 ble det registrert en reduksjon i tungmetallnivåene i vann på 20 - 40 m dyp i Odda-området (Skei et al., 1989). Denne forbedringen ble tilskrevet fjerningen av jarositt. Det ble imidlertid observert at forbedringene i vannkvaliteten i overflatevannet var små på grunn av store bidrag fra deponier under og over vann i Eitrheimsvågen. Ved overvåkingen i 1988 - 1989 ble det registrert en dramatisk økning i forurensningsgraden av tungmetaller (spesielt sink) i overflatevann i hele Sørfjorden (Skei et al., 1990) på grunn av store tilførsler fra Eitrheimsvågen. I 1991 ble det registrert unormalt mye kvikksølv i overflatelaget om høsten (Skei, 1992). I 1992 viser målingene en kraftig økning i blykonsentrasjonene i vannmassene. Disse målingene bekrefter at tungmetallsituasjonen i Sørfjorden er meget labil og lite forutsigbar. Forholdene er tydelig i stor grad bestemt av episodiske hendelser som i enkelte tilfeller kan forklares og i andre tilfeller ikke forklares. Det som imidlertid er klart er at hvis målsetningen om at "fisk og skalldyr fra Hardangerfjorden/Sørfjorden skal fritt kunne brukes for konsum og at Hardangerfjorden skal få en vannkvalitet som gjør fjorden egnet for aquakultur" (Skei et al., 1989), må disse store episodiske forstyrrelsene bort.

## 6. LITTERATUR

- Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nannogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14: 49-59.
- Danielsson, L.-G., B.Magnusson og S. Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal.Chim.Acta.*, 98: 47-59.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt forløbig forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1991. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1990. Rapport 467/91 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2634), 63 s.
- Skei, J., 1975. The marine chemistry of Sørfjorden, West Norway. Ph.D.-thesis, University of Edinburgh. 207 s.
- Skei, J., 1992. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Rapport 500/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2804), 53 s.
- Skei, J., Knutzen, J. og Næs, K., 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2227), 132 s.
- Skei, J., Knutzen, J., Moy, F. og Green, N., 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1988-1989. Rapport 406/90 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s.

## **VEDLEGG**

**Tabell 1: Vannkjemiske data 1992.**

Urdheim										
		O <sub>2</sub>	Sal.	Tot-N	TSM	Hg	Pb	Zn	Cd	Ni
	Dyp	ml/l	o/oo	µg/l	mg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
920217	0		19.70		<0.20	<2.00	0.370	14.80	0.360	0.42
920217	40		29.50		1.80	<2.00	0.110	2.55	0.030	0.28
920217	200		30.00		1.40	<2.00	0.150	4.45	0.045	0.27
920427	0		25.10		0.43	4.00	0.790	12.40	0.170	0.32
920427	40		30.20		<0.10	<2.50	0.160	4.75	0.043	0.25
920427	200		32.20		<0.10	<2.50	0.073	3.45	0.035	0.23
920622	0		10.10		1.20	2.00	0.440	12.00	0.100	0.28
920622	40		30.80		0.40	<2.00	0.170	3.20	0.035	0.26
920622	200		32.70		<0.20	<2.00	0.150	3.10	0.035	0.25
920828	0		9.10		1.40	<2.00	0.400	7.20	0.120	0.26
920828	40		29.70		0.80	<2.00	0.630	2.00	0.025	0.29
920828	200		32.50		0.60	<2.00	3.200	4.50	0.058	0.25
921026	0		24.00		0.40	<2.00	0.570	10.40	0.100	0.28
921026	40		29.50		0.70	<2.00	0.480	3.00	0.035	0.25
921026	200		31.60		0.70	<2.00	1.100	4.80	0.040	0.21
921214	0		24.00		0.40	<2.00	0.390	15.20	0.080	0.30
921214	40		30.00		0.60	<2.00	0.320	2.65	0.028	0.25
921214	200		31.00		0.50	<2.00	0.880	4.45	0.050	0.25
Børve										
		O <sub>2</sub>	Sal.	Tot-N	TSM	Hg	Pb	Zn	Cd	Ni
	Dyp	ml/l	o/oo	µg/l	mg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
920217	0		19.30		0.60	<2.00	0.600	15.60	0.390	0.40
920217	40		29.10		2.20	<2.00	0.150	3.50	0.038	0.26
920217	200		30.20		<0.20	<2.00	0.130	4.85	0.048	0.25
920427	0		25.30		0.85	3.40	0.650	10.00	0.170	0.24
920427	40		31.60		1.00	<2.50	0.220	5.75	0.050	0.29
920427	200		31.20		0.29	<2.50	0.220	4.60	0.048	0.29
920622	0		9.80		1.20	3.00	0.550	9.00	0.120	0.24
920622	40		30.50		<0.20	<2.00	0.220	4.10	0.048	0.28
920622	200		32.50		<0.20	2.00	0.098	3.80	0.040	0.25
920828	0		8.40		1.20	<2.00	0.600	8.60	0.140	0.28
920828	40		29.60		2.00	<2.00	0.780	2.70	0.033	0.39
920828	200		32.50		0.60	<2.00	2.130	4.80	0.053	0.26
921026	0		22.90		0.60	<2.00	1.000	20.80	0.170	0.38
921026	40		30.20		0.40	<2.00	0.420	4.90	0.040	0.29
921026	200		32.10		0.90	<2.00	0.740	4.90	0.050	0.27
921214	0		23.50		0.70	<2.00	0.600	8.40	0.130	0.28
921214	40		30.00		0.50	<2.00	0.540	4.1	0.045	0.30
921214	200		31.00		1.20	<2.00	0.750	6.50	0.055	0.37

Digraneset										
		O2	Sal.	Tot-N	TSM	Hg	Pb	Zn	Cd	Ni
	Dyp	ml/l	o/oo	µg/l	mg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
920217	0		18.30		0.40	4.00	0.660	24.60	0.750	0.32
920217	40		31.70		1.80	3.00	0.530	9.80	0.080	0.38
920217	200		32.60		1.20	<2.00	0.230	8.20	0.070	0.26
920427	0		24.70		1.54	5.90	0.530	13.20	0.170	0.40
920427	40		31.60		1.04	4.80	1.200	14.00	0.090	0.40
920427	200		32.50		0.91	<2.50	0.200	6.40	0.060	0.26
920622	0		6.90		0.80	3.00	1.240	11.80	0.160	0.28
920622	40		31.20		0.80	5.00	0.760	10.20	0.080	0.42
920622	200		32.50		1.80	<2.00	0.270	5.60	0.060	0.32
920828	0		7.00		0.60	<2.00	0.990	14.80	0.280	0.24
920828	40		29.40		0.60	<2.00	1.940	6.40	0.070	0.38
920828	200		31.60		0.60	<2.00	0.710	5.20	0.070	0.24
921026	0		23.20		1.00	<2.00	0.660	13.60	0.100	0.32
921026	40		28.20		0.20	3.00	1.320	8.80	0.080	0.34
921026	200		30.40		0.30	<2.00	0.970	6.60	0.070	0.26
921214	0		23.50		1.00	<2.00	0.460	13.40	0.280	0.28
921214	40		30.50		1.20	<2.00	0.750	7.80	0.060	0.38
921214	200		30.50		0.90	<2.00	1.180	9.20	0.070	0.32
Havnebassenget										
		O2	Sal.	Tot-N	TSM	Hg	Pb	Zn	Cd	Ni
	Dyp	ml/l	o/oo	µg/l	mg/l	ng/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
920217	0	11.20	18.80	640	2.00	6.50	1.490	51.20	1.400	0.48
920217	20	6.30	30.70	1400	0.80	5.00	2.600	30.80	0.160	0.48
920217	40	3.64	31.40	870	0.80	7.50	2.460	20.00	0.120	0.46
920427	0	8.61	21.10	390	0.92	15.60	2.820	45.60	0.770	0.58
920427	20	6.02	30.00	715	0.70	3.10	0.820	20.00	0.150	0.36
920427	40	3.92	31.50	595	1.43	8.10	10.000	23.20	0.140	0.50
920622	0	8.96	2.60	2650	1.60	10.00	2.340	19.00	0.410	0.48
920622	20	7.77	28.60	2750	0.60	6.00	1.270	16.80	0.120	0.44
920622	40	5.18	31.20	2170	1.40	8.00	5.400	19.20	0.120	0.60
920828	0	7.98	9.80	860	2.40	7.00	10.200	23.20	0.270	0.72
920828	20	8.26	28.60	1530	2.40	2.00	2.060	13.00	0.140	0.68
920828	40	7.63	29.60	1060	1.80	4.00	4.200	23.80	0.200	0.62
921026	0	7.84	22.20	130	1.10	2.50	3.700	57.60	0.650	0.78
921026	20	5.81	29.40	116	0.70	2.50	2.140	15.60	0.120	0.50
921026	40	4.48	30.60	103	0.80	4.00	5.800	19.20	0.120	0.54
921214	0	8.68	13.50	790	0.70	5.00	1.720	37.20	1.160	0.58
921214	20	5.04	28.00	1200	1.50	<2.00	1.470	18.40	0.130	0.60
921214	40	5.60	29.50	960	1.20	2.50	1.570	15.40	0.140	0.32

Eitrheimsvågen										
	Dyp	O2 ml/l	Sal. o/oo	Tot-N µg/l	TSM mg/l	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l
920217	0		17.90		1.60	12.00	2.400	90.00	2.500	0.52
920217	10		27.20		1.40	7.50	2.700	92.00	2.700	0.52
920427	0		22.20		0.63	84.60	7.400	182.00	7.400	0.54
920427	10		28.00		2.38	4920.00	59.000	152.00	1.400	0.50
920622	0		4.60		2.20	3.50	1.050	15.40	0.190	0.36
920622	10		15.20		3.60	8300.00	201.000	444.00	2.800	0.66
920828	0		4.60		0.80	3.00	3.500	56.00	1.600	0.54
920828	10		25.80		1.20	9.50	10.600	70.00	1.900	0.62
921026	0		22.10		1.50	6.00	1.700	122.00	1.800	0.52
921026	10		25.50		1.00	7.50	3.320	19.80	0.160	0.56
921214	0		12.50		0.70	12.00	3.500	174.00	6.000	0.60
921214	10		26.50		0.90	5.00	1.260	18.40	0.260	0.34



---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

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

ISBN 82-577-2399-1