



# Statlig program for forurensningsovervåkning

## Rapport 564/94

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjoner

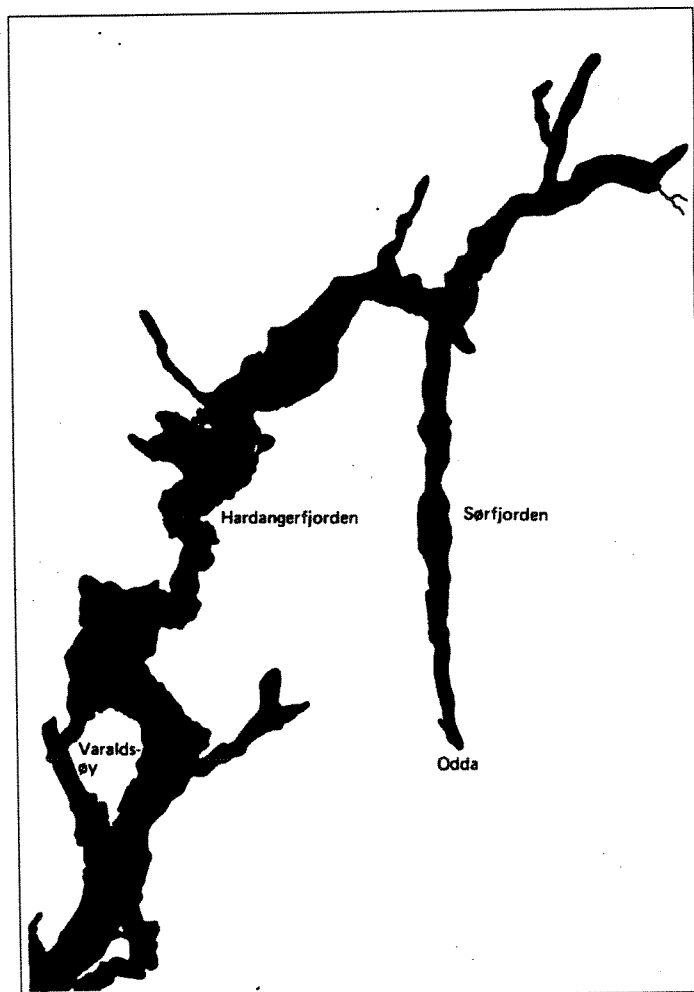
NIVA

ASSAYERS

Tiltaksorienterte  
miljøundersøkelser i

## Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1993

Delrapport 1  
Vannkjemi



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-800309	Undernr.:
Løpenr.: 3068	Begr. distrib.:

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> 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 1993. Delrapport 1. Vannkjemi.	Dato: 10/5/94	Trykket: NIVA 1994
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e):  Jens Skei	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 28	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn. (Overvåkningsrapport nr. 564/94). TA nr. 1078/1994	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

<b>Ekstrakt:</b> <p>Kjemiske undersøkelser av vannmassene i Sørfjorden i 1993 viste generelt en bedring med hensyn til innhold av tungmetaller og nitrogen. Lavere konsentrasjoner av metaller i overflatevann i forhold til 1993 må settes i forbindelse med oppryddingstiltakene i Eitrheimsvågen. Lavere konsentrasjoner av nitrogen i havnebassenget kan forklares med reduserte utslipp fra Odda Smelteverk. I likhet med 1992 ble det fortsatt registrert en kraftig blyforurensning i Sørfjorden, spesielt i dypvannet. Diffuse tilførsler av tungmetaller via avrenning av overflatevann fra Eitrheimsneset og utpumping av vann som samler seg opp bak spuntveggen i Eitrheimsvågen er trolig årsak til høye konsentrasjoner i vågen.</p>
---

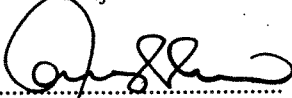
4 emneord, norske

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

4 emneord, engelske

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

Prosjektleder

  
.....  
Jens Skei  
.....

Før administrasjonen

  
.....  
Torgeir Bakke  
.....

ISBN 82-577-2526-9

Norsk institutt for vannforskning

**O-800309**

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I  
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1993**

**DELRAPPORT 1. VANNKJEMI**

Oslo,

10.05. 1994

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeider:

Unni Efraimsen  
Olav Leigland, ASSAYERS

## **Forord**

*NIVA har i 1993 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørffjorden 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 (nå Alex Stewart Environmental Services A/S, ASSAYERS) 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, 10 mai 1994*

*Jens Skei  
prosjektleder*

# **INNHOOLD**

# **SIDE**

FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	8
3. FELTARBEID OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	23
6. LITTERATUR	24
VEDLEGG	25

# Sammendrag og konklusjoner

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1993 danner en basis for tilstanden ett år etter oppryddingen av Eitrheimsvågen og syv år etter fjerning av jarosittutslippet. 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 1993 gir grunnlag for følgende hovedkonklusjoner:

- 1. De reglære utslippene av tungmetaller fra bedriftene i Odda-området har generelt gått ned i forhold til 1992. Utpumping av vann til Eitrheimsvågen som samler seg bak spuntveggen og diffuse tilførsler av overflatevann fra industriområdet på Eitrheimsneset bidro imidlertid med betydelige mengder tungmetaller til sjø. Utslipet av PAH og nitrogen fra Odda Smelteverk er kraftig redusert i 1993.**
- 2. Oksygenforholdene i havnebassenget viste kritiske verdier i bunnvannet i september. Dette er et vanlig fenomen i havnebassenget i Odda og skyldes stort oksygenforbruk og dårlig vannutskifting.**
- 3. Nitrogenkonsentrasjonen i havnebassenget var betydelig lavere i 1993 enn i 1992 og avtok regelmessig utover året. Dette settes i forbindelse med reduserte utslipp ved Odda Smelteverk.**
- 4. Konsentrasjonene av tungmetaller i overflatevann i Sørfjorden var betydelig redusert i forhold til 1992. Dette gjelder spesielt Eitrheimsvågen og havnebassenget. Dette må settes i sammenheng med oppryddingen i vågen som ble fullført høsten 1992. Gjennomsnittskonsentrasjonen av sink i overflatevannet i 1991 var 200 µg/l og i 1993 63 µg/l.**
- 5. I dypvannet ser konsentrasjonene av sink og kadmium ut til å ha stabilisert seg de siste tre årene på et nivå som bare er noe forhøyet. Bly derimot viste en kraftig økning i 200 m dyp i august 1992 og denne forurensningen har vedvart i 1993. Det er vanskelig å gi en entydig forklaring på dette.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, april, juni, august, oktober og desember 1993 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 mellom 15 og 30 ‰ resten av året. Dette illustrerer endringer i ferskvannstilførselen til fjorden.
- Det ble målt mellom 0.2 og 1.4 mg/l total mengde suspendert stoff (TSM) i prøver fra overflatevannet i Sørfjorden. I dypvannet har mengdene av partikler vært betydelig høyere de to siste årene enn tidligere. Dette kan henge sammen med undersjøiske utrasninger av forurensede masser i indre fjordområde.

- Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget har gått kraftig ned fra 1000-2500 µg/l i 1992 til < 500 µg/l i 1993. Dette henger sammen med en reduksjon i utslippene fra Odda Smelteverk fra 81 tonn i 1992 til 15 tonn i 1993.
- Konsentrasjonene av kvikksølv, kadmium, sink og bly i overflatevannet var redusert i forhold til 1992, men fortsatt var det en klar gradient innover mot Eitrheimsvågen. Nikkel viste de høyeste konsentrasjonene i havnebassenget og ved Digraneset. De eneste kjente kildene for nikkel i området er Odda Smelteverk og Tinfos Titan & Iron .
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget (40 m) er også på retur i forhold til 1992, med unntak av bly, som fortsatt viste høye konsentrasjoner ved intermediære dyp (1-5 µg/l i havnebassenget).
- I dypvannet (200 m ) har konsentrasjonene av sink og kadmium stabilisert seg ( sink : 2-9 µg/l og kadmium : 0.03 - 0.07 µg/l). Dette er fortsatt noe over bakgrunnsnivå. Bly derimot viste bemerkelsesverdig høye konsentrasjoner (0.5 - 2 µg/l).

# 1. INNLEDNING

Høsten 1992 ble opprydningsprosjektet i Eitrheimsvågen avsluttet. Ca. 90.000 m<sup>2</sup> fiberduk fremstilt av polyester ble plassert på bunnen og tildekket med et 30 cm tykt sandlag. En spuntvegg ble bygget på tvers av vågen for å forhindre tidevann å oversvømme forurenset område. I tillegg ble det gravet en avskjæringsgrøft langs fjellsiden for å hindre overvann å komme i kontakt med de forurensete massene i vågen.

1993 var derfor det første året i overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden etter at oppryddingen i Eitrheimsvågen var avsluttet. I følge Norzink regnes det første året som en rehabiliteringsfase. En faktor som påvirker forholdene med hensyn til tungmetaller er utpumping av vann som samler seg opp bak spuntveggen i Eitrheimsvågen og som renseanlegget ikke kan ta hånd om. Dette representerte en meget variabel og betydelig kilde i 1993. Det samme gjelder avrenning fra industriområdene av overflatevann som inneholder miljøgifter og som likeledes kan vise seg å være en stor og variabel forureningskilde, selv om de totale tilførsler til vågen er kraftig redusert i forhold til tidligere år.

Det er ellers gått 7 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 1993, 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 1993 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1992

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	341 (320)	866 (1000)	1600 (3300)	<169 (34)	<8.5 (manglet)	2900 (11300)
NZ <sup>1)</sup>	26 (50)	7266 (7800)	17948 (9300)	589 (43)	17.5 (23)	-
TTI <sup>2)</sup>	1 (27)	195 (497)	4529 (2476)	1 (3)	- (-)	- (1)
<b>Totalt</b>	<b>368</b> (397)	<b>8327</b> (9297)	<b>24077</b> (15076)	<b>&lt;759</b> (80)	<b>&lt;26</b> (23)	<b>2900</b> (11300)

- 1) Tilførslene fra Norzink for 1993 omfatter både regulære utslipp, akutte utslipp, utpumping av vann bak spuntvegg og beregnede mengder av tungmetaller (kun for sink og kadmium) tilført fjorden via overflatevann og kloakk (se tekst for nærmere omtale). Tilførsler via utpumping av vann og avrenning fra industriområdet har tidligere ikke vært med i utslippsberegningene og må tas hensyn til ved sammenligning med utslippstall fra tidligere år
- 2) Inkluderer også ekstraordinært utslipp av venturislam



Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1992 (Skei, 1993), har tilførslene av **kopper** og **bly** gått noe ned. Det skyldes reduserte utslipp fra TTI og O.S. Det bør bemerkes at i utslippstallene fra NZ er det også tatt med hvor mye som tilføres Eitrheimsvågen via utpumping av vann over spuntvegg. Dette bidraget var ikke innberegnet i fjorårets utslippsoversikt. Når det gjelder bly, kopper og kvikksølv utgjør dette et lite bidrag. De regulære utslippene fra Norzink utgjorde følgende :

Cu : 88 %

Pb : 100 %

Zn : 29 %

Cd : 4 %

Hg : 91 %

Tilførslene av **sink** har økt i følge tabell 1. Dette skyldes utelukkende at i utslippstallene fra NZ har man tatt med både bidrag via utpumping av vann til vågen og beregnede tilførsler via overflatevann og kloakk. Disse kildene tilsammen utgjorde 13700 kg sink eller ca. 71% av tilførslene fra NZ. Det er først nå at tilførslene via overflatevann fra bedriftsområdet er i ferd med å bli kvantifisert gjennom et internt måleprogram ved Norzink som startet høsten 1993. Foreløbig er det kun rapportert målinger av sink og kadmium.

I følge tabell 1 er det også en kraftig økning i tilførslene av **kadmium** i forhold til 1992. Det skyldes delvis en økning i utslipp fra O.S. (usikre tall) og det at man har tatt med utpumping av vann i vågen og overflateavrenning fra NZ. De to sistnevnte kildene utgjør ca. 75% av den totale tilførselen av kadmium til Sørfjorden.

Utslipet av **kvikksølv** til Sørfjorden var omtrent det samme som i 1992. Det bør imidlertid påpekes at det foreløbig ikke er målt på kvikksølv i overflateavrenning.

Utslipp av **nikkel** er ikke med på sammenstillingen ovenfor, selv om nikkel inngår i analyseprogrammet i resipienten. I følge opplysninger fra bedriftene slapp TTI ut mindre enn 1 kg nikkel til sjø i 1993, mens utslippet fra O.S. var på 1200 kg.

Utslipet av **PAH** fra O.S. ble i følge opplysninger fra bedriften kraftig redusert i 1993, fra 11.3 tonn til 2.9 tonn. Hvis utslippstallene er pålitelige forventes det å gi seg utslag i nivåene i resipienten.

Utslipet av **nitrogen** fra O.S. ble redusert med mere enn 90% i 1990/91. Sammenligner man 1991 og 1992 var det små forskjeller i utslipp, mens i 1993 var nitrogenutslippet ytterligere redusert. Det totale nitrogenutslippet fra Odda Smelteverk i 1992 ble beregnet til 81 tonn, mens utslippet i 1993 var på 15.1 tonn. Dette bør også gi seg utslag i resipientmålinger fra havnebassenget.

Konklusjonen på utslippssituasjonen må være at regulære utslipp fra bedriftene er på vei ned, men at det avsløres stadig flere "nye" diffuse kilder. Ett eksempel på dette er Norzinks målinger av tungmetaller i overflatevannavrenning fra bedriftsområdet. Dette er trolig en stor forurensningskilde og kanskje den største for enkelte metaller under dagens forhold i Odda-området. Det anbefales at også TTI og O.S. setter i gang undersøkelser for å kvantifisere dette bidraget på de respektive bedriftsområder. Slike kilder blir relativt sett betydelig viktigere når primærutslippene forsvinner.

## 2. MÅLSETTING

Det overordnede mål med overvåkingen i 1993 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon, syv år etter overføring av jarositt til fjellhaller, og ett år etter at oppryddingsarbeidet i Eitrheimsvågen var avsluttet.

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

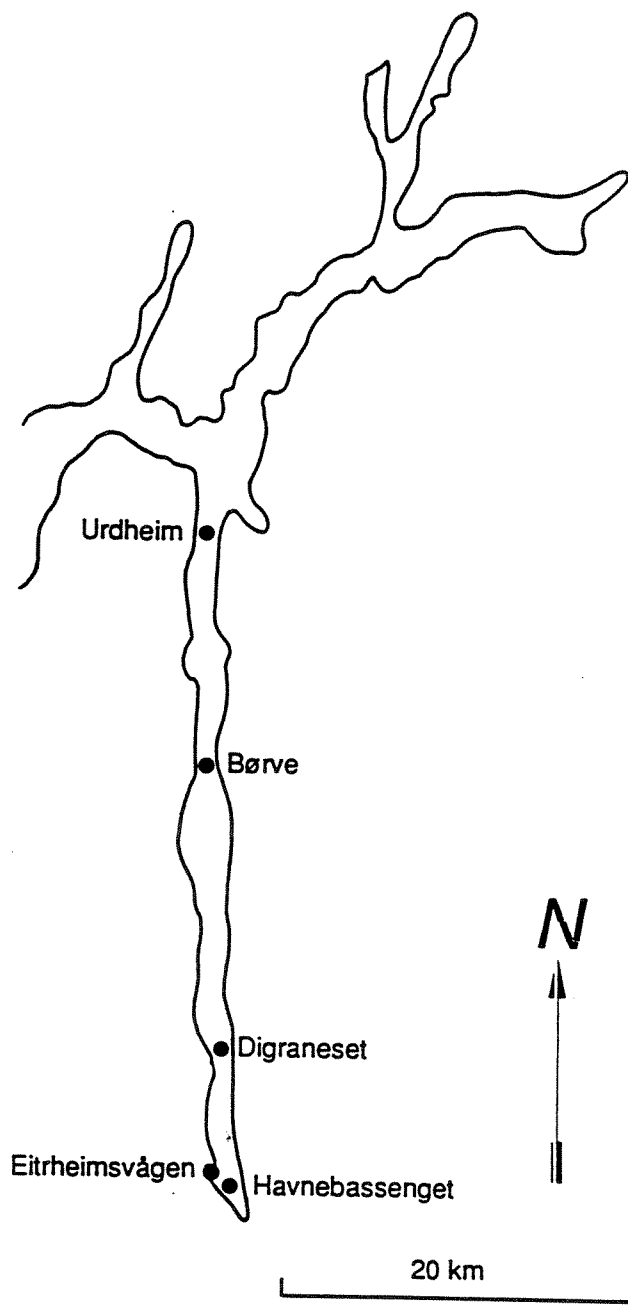
- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

## 3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 18. februar, 19. april, 11. juni, 23. august, 29. september og 15. desember 1993 av KOM-senteret i Odda (nå ASSAYERS). I tillegg ble det arrangert et ekstra tokt 3.11.93 hvor NIVA og KOM-senteret tok prøver ved samme tidspunkt.

Prøvene ble tatt med Hydro-Bios vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kobber 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 salpeteroppklutning ved kalddampeteknikk 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 peroksodisulfat (NS 4745). Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet og oksygen er målt med YSI-instrument, henholdsvis modell 33 og 57.

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



**Figur 1.** Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1993.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

Overvåking av miljøkvalitet basert på vannanalyser i fjorder har både fordeler og ulemper. Fordelen er at slike analyser gjenspeiler i hvert fall noe av variasjonene i 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. Problemet er imidlertid regulariteten i tilførslene av forurensning. Hvis tilførslene varierer mye over tid og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten gir ikke vannprøvene nødvendigvis et tilfredsstillende bilde av situasjonen. 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 som følge av støtutslipp, 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.

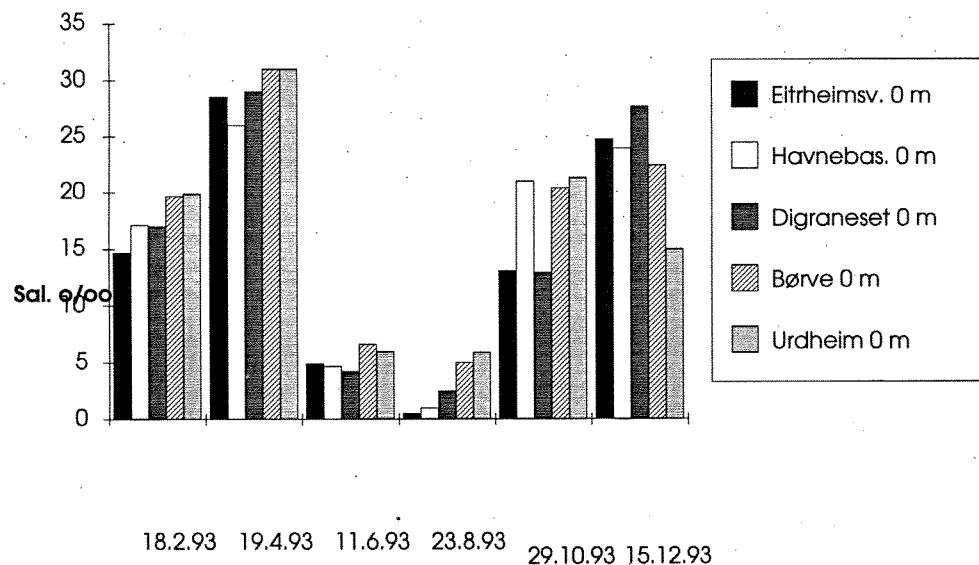
Målinger av **nitrogen** gjøres fordi det er et betydelig utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk og via urensset kommunal kloakk i forhold til naturlige tilførsler. Målingene gir et bilde av fordelingen av nitrogen i vannmassene i havnebassenget og hvordan nivåene forandrer seg fra år til år ettersom 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 tilførsler fra deponier på land og i strandkant og forurensede bunnsedimenter.

### *Saltholdighet.*

I 1993 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 0.5 og 31 ‰ i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og august og den høyeste i april (figur 2). Dette er det samme bilde som i 1992 og 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. Sannsynligvis er snøsmelting og vanntransporten i de største elvene (Opo, Tyssø) mest bestemmende for saltholdigheten i overflatevannet, mens regnværsperioder kanskje i mindre grad influerer overflatesaltholdigheten. I så fall vil man vente at nivået av metaller i overflatevannet var lavere i juni og august på grunn av fortykning med ferskvann.

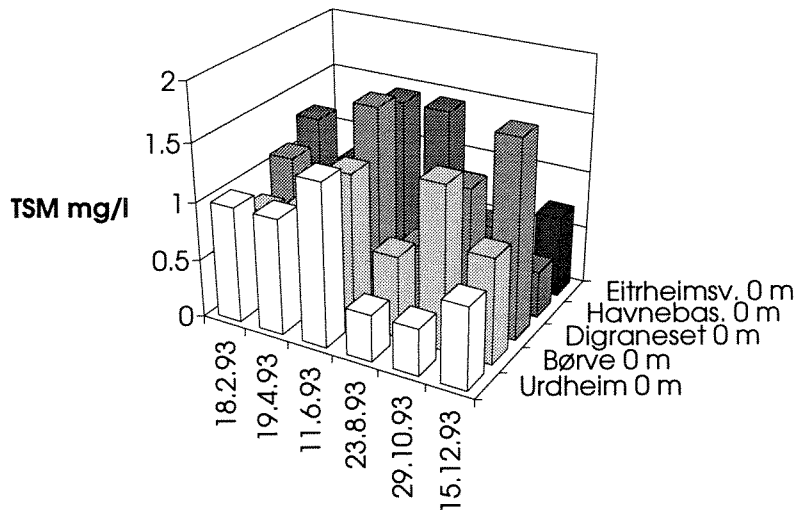
I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 30.5 og 32.6 ‰ i 1992. I 1993 ble det målt mellom 25.5 og 35 ‰. Det hersker stor tvil om disse målingene er riktige (se Skei, 1993). Problemet er sannsynligvis vannhenteren som KOM-senteret har brukt til prøvetaking for saltholdighet og som er blitt fylt med vann fra feil dyp. Problemet vil være størst på de dypeste prøvene (200 m). Rutinen for prøvetaking av vann til saltholdighetsmålinger er nå blitt endret.



**Figur 2.** Saltholdighet i overflateprøver i Sør fjorden, 1993.

### *Suspendert materiale (TSM)*

I 1992 varierte mengden partikulært materiale i vannmassene mellom <0.1 og 3.6 mg/l i Sør fjorden (Skei, 1993). I 1993 ble det registrert jevnt over noe høyere konsentrasjoner, med den høyeste verdien i bunnavannet i havnebassenget i februar (4.5 mg/l). Konsentrasjonene i overflatevannet var høyest i Eitrheimsvågen og havnebassenget (fig.3), men konsentrasjonene var lavere enn 1.5 mg/l, selv i perioden juni - august da ferskvannstilførselen til fjorden var stor (fig. 2). Det innebærer at stor ferskvannstilførsel ikke nødvendigvis følges av høy turbiditet i vannmassen i fjorden. Man kan ikke se bort i fra at tipping av sprengstein til sjø og naturlige ras kan virvle opp bunnsedimenter og gi økte konsentrasjoner av TSM i vannmassen.



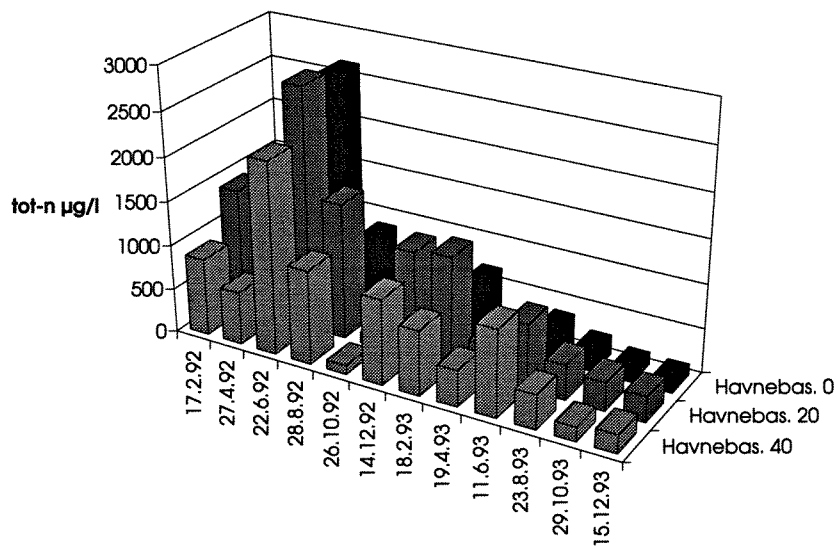
**Figur 3.** Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sjørfjorden, 1993.

### *Nitrogen og oksygen*

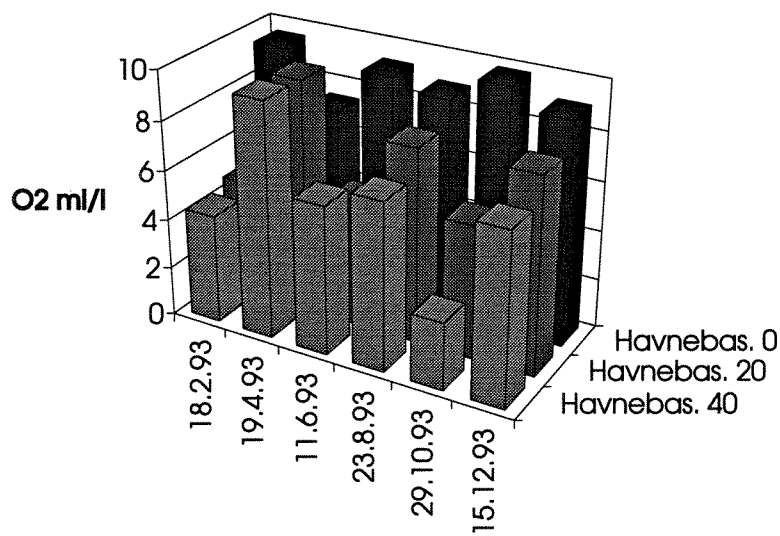
I 1993 ble det kun gjort målinger av nitrogen i havnebassenget i Odda.

I 1992 ble det i overflatevann i havnebassenget målt verdier mellom 130 og 2650  $\mu\text{g/l}$  total nitrogen (Skei, 1993). Dette er betydelig høyere enn det som ble målt i 1993 (figur 4), hvor konsentrasjonene varierte mellom 120 og 670  $\mu\text{g/l}$ . Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i februar. Figur 4 viser at det er klar nedgang i nitrogen-konsentrasjonene fra 1992 til 1993 og at konsentrasjonene fortsetter å avta utover året i 1993. Dette antas å skyldes reduksjonen i tilførsler av nitrogen fra Odda Smelteverk fra 81 tonn i 1992 til 15 tonn i 1993. Det er verdt å legge merke til at nivåene av nitrogen er redusert på alle tre dyp i havnebassenget i 1993 (fig.4)

Oksygenmålingene begrenser seg også til Oddas havnebasseng (figur 5). Laveste konsentrasjon i dypvannet i 1992 ble målt til nesten 4 ml/l i april (Skei, 1993), mens det i 1993 ble målt ned til 2.7 ml/l i september. De laveste konsentrasjonene har vanligvis opptrådt på høstparten, etter lengre perioder med dårlig vannutskiftning og stort oksygenforbruk som følge av planktonoppblomstringer, kloakkutslipp og tilførsler av oksygenforbrukende substanser fra Odda Smelteverk.



**Figur 4.** Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1992 og 1993 (0, 20 og 40 m dyp).



**Figur 5.** Oksygen i havnebassenget i Odda, 1993 (0, 20 og 40 m dyp).

## Metaller

### Overflatevann

Grafisk fremstilling av resultater fra tungmetallanalyser i overflatevann i 1991, 1992 og 1993 er vist på figurene 6 -10. Med unntak av nikkel (kun 1992 og 1993) går det klart frem av disse figurene at Eitrheimsvågen fortsatt var hovedkilden for tungmetallforurensningen i overflatevannet i Sørfjorden, og at denne kilden varierte sterkt over tid. Hvis vi sammenligner resultatene fra Sørfjorden i 1991, 1992 og 1993 ser vi at i overflatenivåene av kvikksølv, sink og kadmium avtok i 1993 sammenlignet med 1991 og 1992. Dette gjelder spesielt sink og kadmium (fig 8 og 9). Men i både 1992 og 1993 ble det registrert en økning mot slutten av året. Det er mulig at dette skyldes større nedbøraktivitet og avrenning fra land. Bly derimot viste lavere konsentrasjoner i 1991 enn i 1992 og 1993. Økningen i bly-konsentrasjoner er vanskelig å tolke fordi utslippstallene har variert sterkt og er trolig beheftet med stor usikkerhet.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1993 er vist nedenfor (alle konsentrasjoner i  $\mu\text{g/l}$ , untatt kvikksølv som er i  $\text{ng/l}$ ):

Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
<b>Pb-1991</b>	5.5	1.3	0.59	0.36	0.74
<b>-1992</b>	3.3	3.7	0.76	0.67	0.49
<b>-1993</b>	1.8	2.5	2.86	0.67	1.62
<b>Zn-1991</b>	196.5	72.3	24.8	18.9	17.7
<b>-1992</b>	106.6	21.9	15.2	12.1	12.0
<b>-1993</b>	62.5	37.5	25.0	8.7	7.0
<b>Cd-1991</b>	6.9	1.9	0.6	0.38	0.35
<b>-1992</b>	3.2	0.8	0.29	0.19	0.16
<b>-1993</b>	1.1	0.25	0.16	0.10	0.08
<b>Hg-1991</b>	341	63.4	<10.9	<8.1	<7.0
<b>-1992</b>	20.2	7.8	<3.2	<2.4	<2.3
<b>-1993</b>	10.8	<6.8	<2.9	<2.0	<2.0

Disse resultatene viser at i Eitrheimsvågen har det vært en kraftig forbedring i tungmetallnivået i overflatevannet i perioden 1991-1993. Fortsatt er nivåene høyest i vågen med unntak av bly som viste høyere konsentrasjoner både i havnebassenget og ved Digraneset i 1993. Konsentrasjonen av bly var også høyere i havnebassenget enn i vågen i 1992. Dette indikerer at bly tilføres fjorden på flere steder enn i Eitrheimsvågen. De mest sannsynlige forklaringer på dette er enten utslipp av bly knyttet til gipsutslippet fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset eller at det skyldes utslipp fra Odda Smelteverk. Det kan også nevnes at det er påvist høye konsentrasjoner av bly i dypvannet i havnebassenget.

Ellers er det generelt en klar gradient fra Eitrheimsvågen (innerst) til Urdheim (ytterst) i overflatevannet og en nedgang i konsentrasjonene fra 1991 til 1993, som ventet. Nedgangen er mest iøynefallende for sink, kadmium og kvikksølv.

### Nikkel

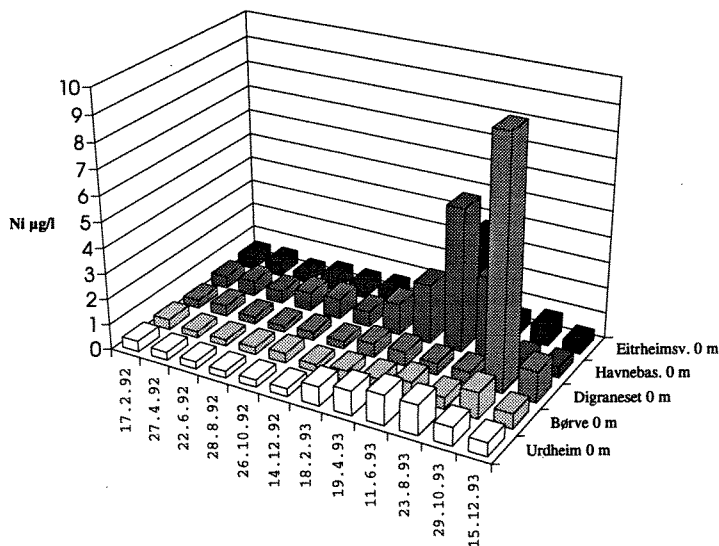
Figur 6 viser endringene i overflatekonsentrasjoner av **nikkel** i Sørfjorden fra februar 1992 til desember 1993. Dette er andre året at nikkel er inkludert i overvåkingsprogrammet for vann. Resultatene viser at konsentrasjonene i overflatevannet var høyest ved Digraneset og i havnebassenget, med verdier mellom 2 og 8  $\mu\text{g/l}$ . Ellers i fjorden lå konsentrasjonene mellom 0.2 og 1  $\text{g/ske-sørfjord}$



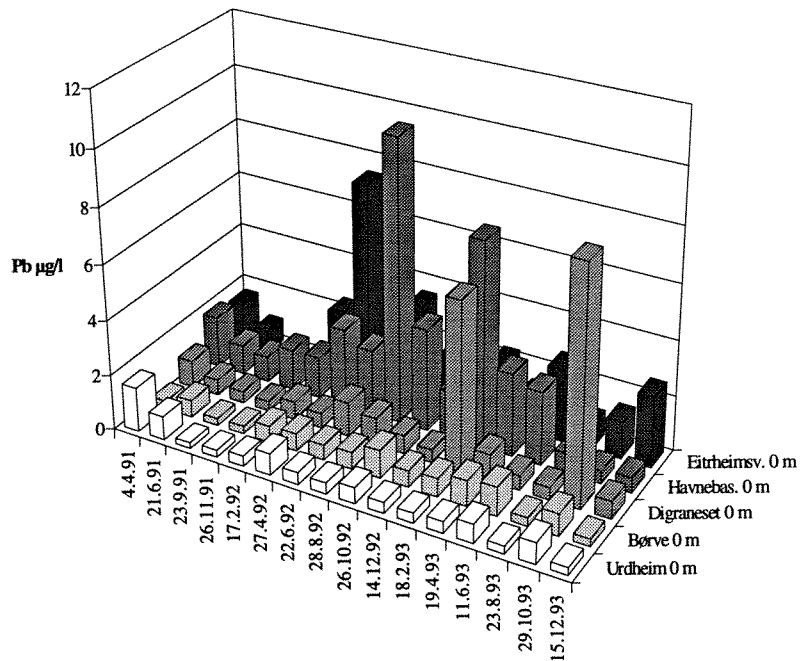
$\mu\text{g/l}$  i overflatevannet. I følge Rygg og Thelin (1993) kan verdier av nikkel i sjøvann lavere enn  $0.5 \mu\text{g/l}$  betegnes som normalverdier. Nikkel ble inkludert i programmet på grunn av Tinfos Titan & Iron K/S og Odda Smelteverks utslipp av nikkel til sjø. Fig.6 indikerer klart at det skjer tilførsler i området Odda - Tyssedal og at det synes å ha vært en betydelig økning i forhold til 1992. I følge utlippsoversikten fra bedriftene er Odda Smelteverk den viktigste kilden, men høye konsentrasjoner ved Digraneset kan tyde på bidrag fra Tyssedals-området. Figuren viste også at konsentrasjonene varierte over tid og at de var høyest i perioden juni - oktober 1993.

### Bly

Fordelingen av bly (figur 7) viser at Eitrheimsvågen er hovedkilden, men at periodevis høyere konsentrasjoner i havnebassenget tyder på en tilleggskilde. I forhold til 1992 har konsentrasjonene av bly i havnebassenget stort sett holdt seg på samme høye nivå. Periodevis dukker det også opp svært høye konsentrasjoner av bly ved Digraneset (fig.7) og de høye nivåene forplanter seg utover fjorden. Nivåer som overskrider  $1 \mu\text{g/l}$  bly (tilstandsklasse V, meget dårlig) må betraktes som ekstremt høyt i forhold til et bakgrunnsnivå i sjøvann på ca.  $0.05 \mu\text{g/l}$  (Rygg og Thelin 1993). Det er således en alvorlig blyforurensning i vannmassene i Sørfjorden.



**Figur 6:** Fordeling av nikkel i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1992 - 1993



**Figur 7.** Fordeling av bly i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1991 - 1993

### *Sink*

Konsentrasjonene av **sink** (figur 8) i overflatevannet har også gått ned både i forhold til 1991 og 1992. 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 samme gjentok seg høsten 1993 om dog i noe mindre omfang. Det er grunn til å tro at dette skyldes utpumping av vann fra baksiden av spuntveggen i perioder med stor nedbør. I første kvartal 1993 ble den utpumpede sink-mengden beregnet til 1.2 tonn pr. måned (Norzink, pers.medd.).

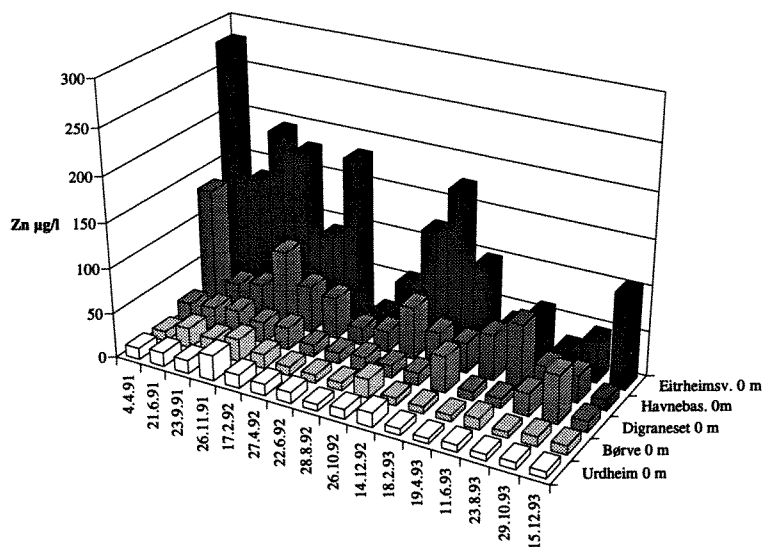
Ved utløpet av Sørfjorden var nivået i 1993 nå nede i ca. 7 µg/l (gjennomsnittlig 12 µg/l i 1992). I 1974 ble det målt konsentrasjoner i området 150 - 250 µg/l ved Ullensvang (Skei, 1975). Det er således skjedd en dramatisk forbedring i vannkvaliteten de siste 15 år i Sørfjorden, selv om overflatevannet fortsatt var forurenset i 1993. Den mest markerte forskjellen ble registrert i Eitrheimsvågen hvor gjennomsnittskonsentrasjonen i overflatevannet var nesten 200 µg/l i 1991 og 63 µg/l i 1993. Dette er åpenbart et resultat av opprydningen i vågen som ble fullført i 1992.

### *Kadmium*

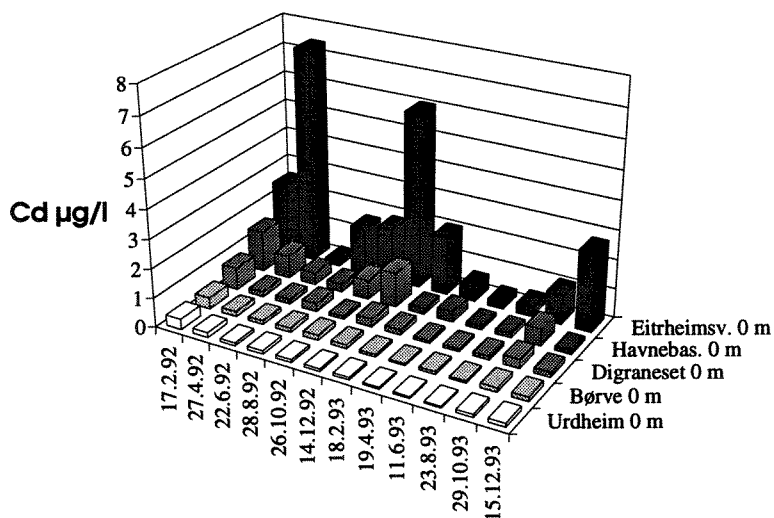
Figur 9 viser at **kadmium** fortsatt opptrådte i høye konsentrasjoner i overflatevann innerst i fjorden og at konsentrasjonene økte mot slutten av året på samme måte som for sink. I likhet med sink viste kadmium også en betydelig nedgang, sammenlignet med 1992 hvis fjorden betraktes under ett. Konsentrasjoner høyere enn 1 µg/l er ekstremt høyt sammenlignet med en bakgrunnskonsentrasjon på 0.03 µg/l (Rygg og Thelin 1993). Slike høye konsentrasjoner ble i 1993 bare påvist i Eitrheimsvågen.

## Kvikksølv

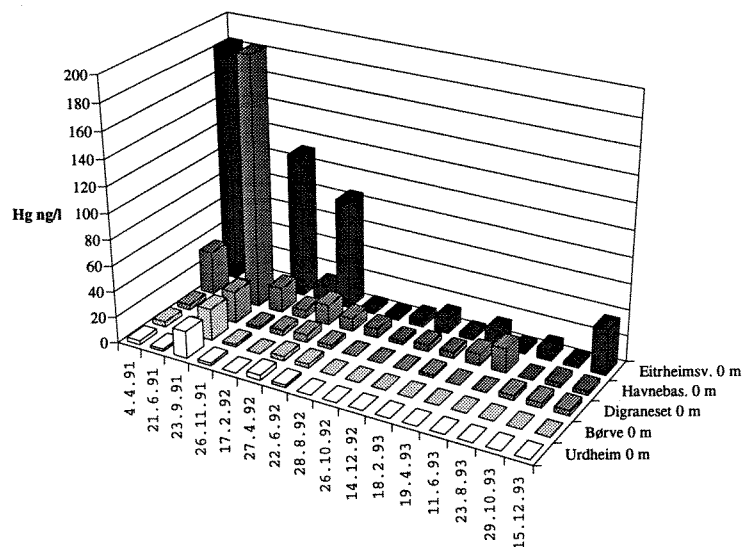
Kvikksølvkonsentrasjonene i overflatevann fra Eitrheimsvågen varierte sterkt i 1991 (240 - 1040 ng/l) (figur 10). Til sammenligning varierte overflatekonsentrasjonene i vågen i 1992 mellom 3 og 85 ng/l og i 1993 mellom 4 og 35 ng/l. Det er således en betydelig forbedring. Forhøyede kvikksølvnivåer (>2 ng/l) kunne i 1993 registreres ut til Digraneset, men ikke særlig lenger ut.



Figur 8. Fordelingen av sink i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden 1991-1993



Figur 9. Fordelingen av kadmium i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1992 - 1993.



**Figur 10.** Fordelingen av kvikksølv i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden 1991 - 1993.

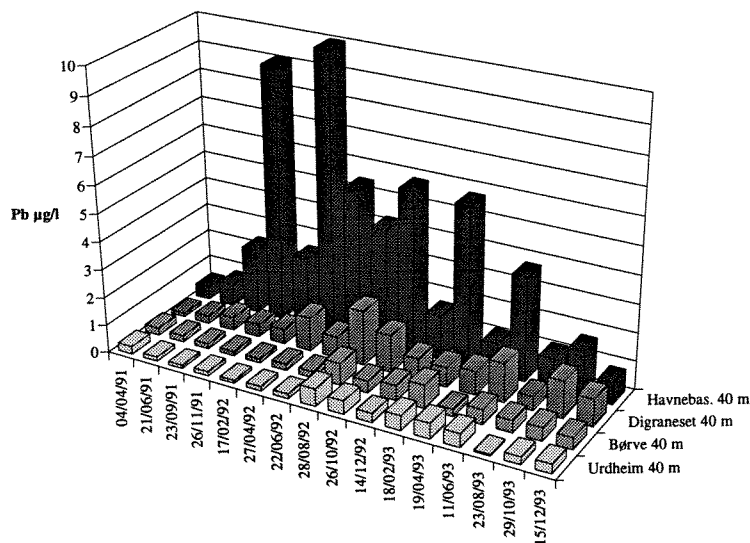
#### *Intermediært vann*

Med intermediært vann menes i dette tilfelle vann på 40 m dyp i Sør fjorden. Dette er et dyp som påvirkes av dypvannsutslipp (tidligere jarosittutslipp, gipsutslipp, utslipp fra Odda Smelteverk etc.) og hvor vannet har en betydelig lengere oppholdstid enn i overflaten.

Det er en meget markert forskjell mellom metallnivåene i brakkvannslaget og underliggende vann. I tillegg har det skjedd en kraftig endring av forurensningsnivået i denne vannmassen i de senere år, spesielt etter 1986 da jarosittutslippet fra Norzink opphørte.

#### *Bly*

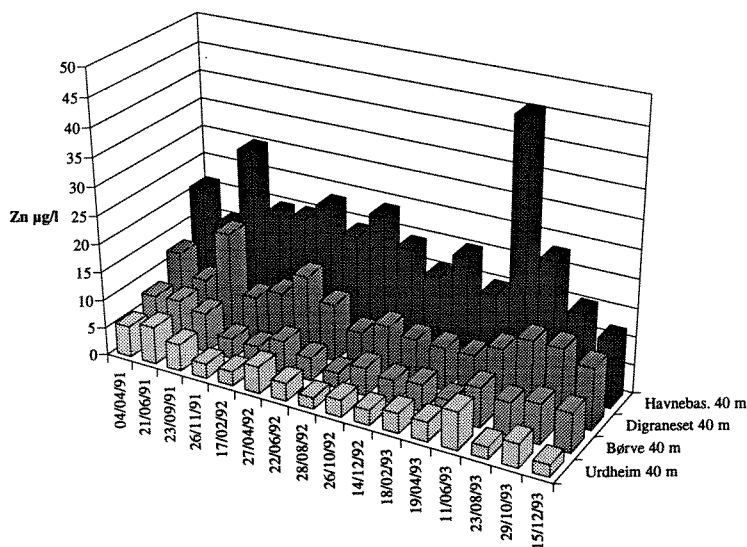
Konsentrasjonene av **bly** har vist en avtagende tendens fra 1992 til 1993 (fig.11). Det var høye konsentrasjoner i hele 1992 og hvertfall fram til sommeren 1993 i havnebassenget, med verdier mellom 3 og 10  $\mu\text{g/l}$ . Dette er ekstremt høyt i forhold til bakgrunnsnivået på  $< 0.05 \mu\text{g/l}$ . Konsentrasjonene avtok noe på slutten av året i 1993 og det vil vise seg om dette er en stabil trend eller om konsentrasjonene vil øke igjen. Blyforurensningen av det intermediære vannlaget kan spores i hele Sør fjorden (minst 40 km fra Odda). Det er således en omfattende forurensning som ikke så lett lar seg forklare på bakgrunn av de oppgitte utslippstall.



**Figur 11.** Bly i 40 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1993.

### Sink

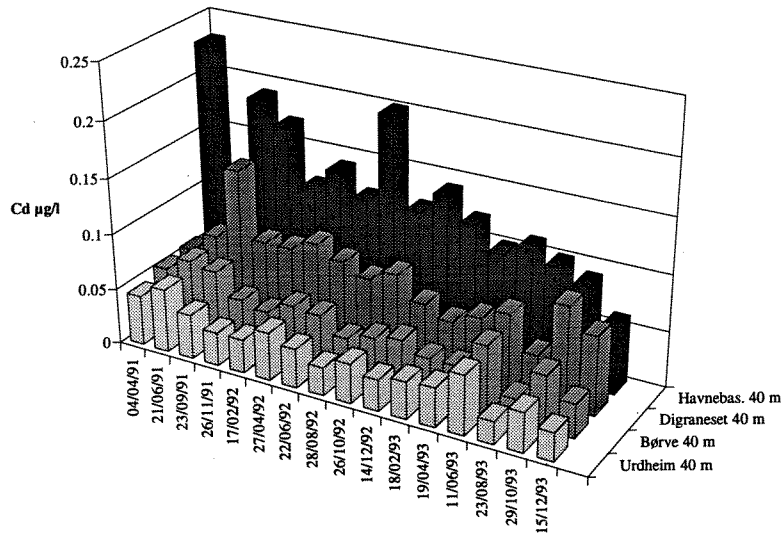
Konsentrasjonene av **sink** i 40 m dyp har ikke endret seg mye i perioden 1991-1993 (fig.12). Konsentrasjonene har holdt seg stort sett under 20 µg/l innenfor Digraneset og under 10 µg/l lenger ute. I forhold til et bakgrunnsnivå på < 1.5 µg/l er dette fortsatt høyt, men meget forskjellig fra nivåene før 1986. I perioden 1982 - 1986 var konsentrasjonene av sink i 40 m dyp ved Digraneset ca. 200-300 µg/l (Skei et. al., 1989). Dette er igjen et bevis på at utslippsreduksjoner har gitt store forbedringer i resipienten.



**Figur 12.** Sink i 40 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1993.

## Kadmium

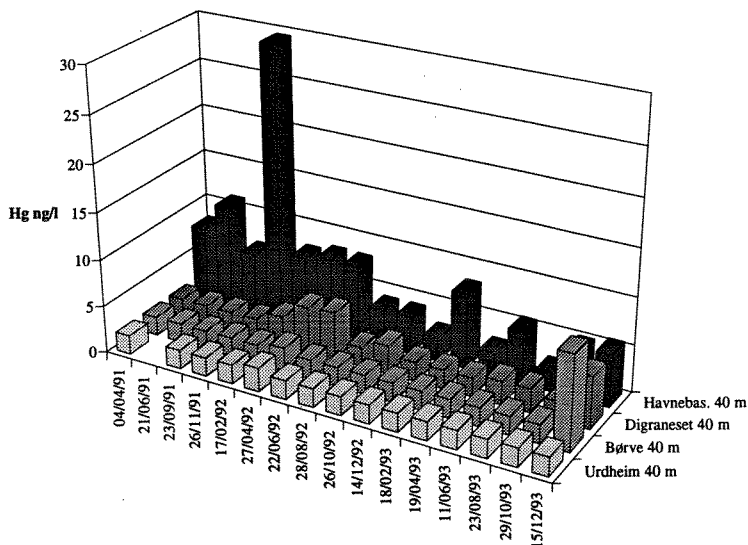
Fig.13 viser utviklingen i nivåer av **kadmium** i 40 m dyp fra 1991 - 1993 på strekningen havnebassenget til Urdheim, ytterst i Sjørfjorden. I motsetning til sink avtok konsentrasjonene i det intermediære vannet i hele fjorden i denne perioden. Årsaken til forskjellen mellom disse to metallene kan være at sink har flere kilder og at kadmium i dypvannet i hovedsak fulgte jarositten. Nivåene i indre del av Sjørfjorden var i 1993 lavere enn 0.1 µg/l, mens i ytre fjord var de lavere enn 0.05 µg/l.



Figur 13. Kadmium i 40 m dyp i Sjørfjorden i perioden 1991 - 1993.

## Kvikksølv.

Utviklingen i konsentrasjonene av **kvikksølv** (fig. 14) viser liten forskjell mellom 1992 og 1993, mens nivåene var høyere i 1991. Konsentrasjonene i 1993 lå alle stort sett under 5 ng/l og bortsett fra i havnebassenget er vi nå nesten nede på et bakgrunnsnivå.



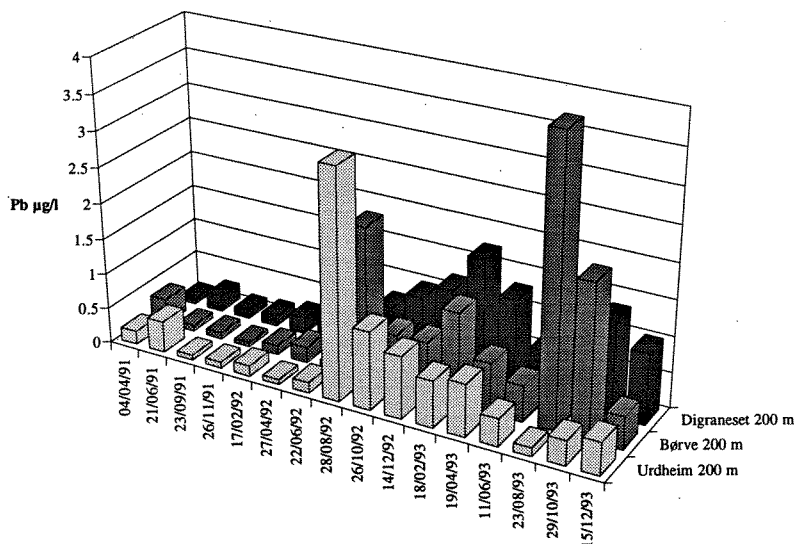
Figur 14. Kvikksølv i 40 m dyp i Sjørfjorden i perioden 1991 - 1993.

## Dypvann.

Med dypvann menes her vannprøver tatt ved 200 m dyp. De dypeste bassengene i Sørfjorden er dypere enn 380 m, slik at prøvene ikke representerer bunnvannet i bassengene. Oppholdstiden på dypvannet regnes for å være flere måneder, slik at dette kan være vann som mottar forurensning over lang tid.

## Bly

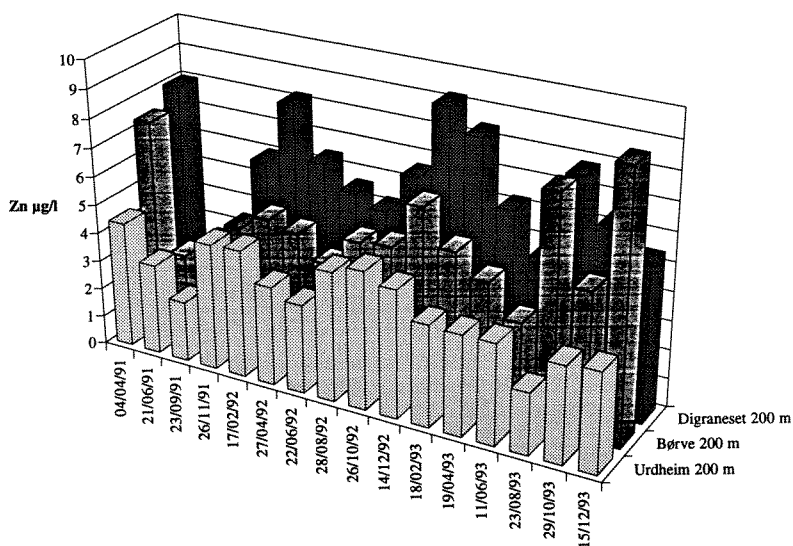
Det er skjedd store endringer i konsentrasjonene av **bly** i dypvannet i Sørfjorden de siste to årene (fig.15). Konsentrasjonene har økt kraftig fra august 1992. Det er åpenbart at noe må ha skjedd på dette tidspunktet. Det ble også registrert en økning i 40 m dyp på samme tidspunkt på stasjonene Digraneset, Børve og Urdheim (fig.11). Årsken til den dramatiske utviklingen i bly-konsentrasjoner i dypvannet i Sørfjorden fra august 1992 er vanskelig å uttale seg noe sikkert om. Imidlertid kan det spekuleres på om det har skjedd en utrasning av forurenset materiale eller at dumping av steinmasser eller naturlig rasmateriale har ført til oppvirvling av forurensete bunnsedimenter. Nivåene av suspendert materiale (TSM) har variert sterkt i dypvannet. Ved Børve ble det i juni 1992 målt < 0.2 mg/l TSM i 200 m dyp, mens i august ble det målt 0.6 mg/l i 200 m og 2.0 mg/l i 40 m dyp. Også ved Urdheim ble det målt gjennomgående høyere konsentrasjoner av partikler ved intermediære dyp og i dypvannet siste halvår 1992 enn første halvår 1992. Sammenlignet med 1991 var konsentrasjonene av TSM i 1993 i dypvannet i Sørfjorden 4-5 ganger høyere. Dette forsterker troen på at det sommeren 1992 skjedde en utrasning eller oppvirvling av forurenset materiale i indre fjord som påvirket dypvannet utover fjorden. Ettersom dette gjelder bly og ikke sink og kadmium kan det skyldes at sedimentene har et meget høyt innhold av bly i forhold til det normale innholdet av bly i sjøvann, slik at en oppvirvling av et forurenset Sørfjord-sediment vil ha en dramatisk effekt på nivået av bly i vann. Det kan også henge sammen med at bly kan være knyttet til mindre partikler som holder seg svevende lengre i vannmassen etter en oppvirvling, sammenlignet med de andre metallene.



Figur 15. Bly i 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1993.

## Sink

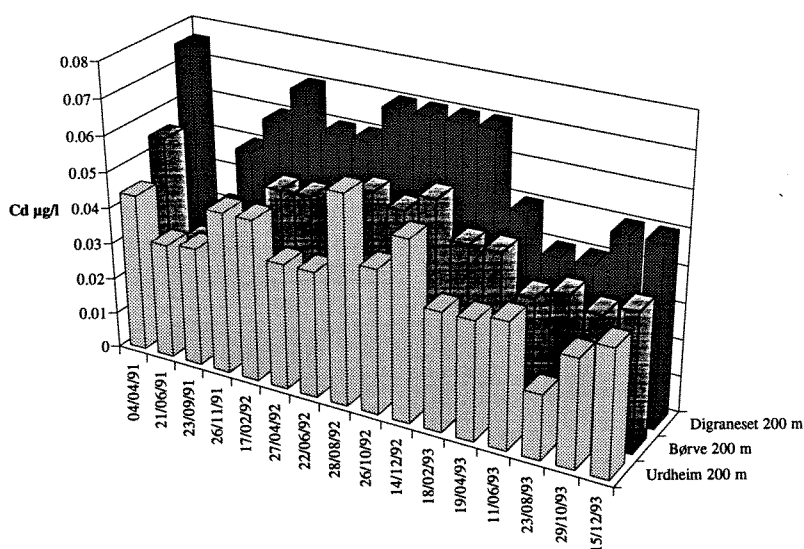
Konsentrasjonene av **sink** ved 200 m dyp på de tre ytterste stasjonene har ikke endret seg så mye de tre siste årene (fig.16). Konsentrasjonene har variert mellom 2 og 9  $\mu\text{g/l}$  og det er ingen klar trend over tid. Konsentrasjonene har vært høyest innerst i fjorden og har avtatt utover.



**Figur 16.** Sink i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1993.

## Kadmium

I likhet med sink har konsentrasjonene av **kadmium** i dypvannet variert lite de siste tre årene (fig.17). Konsentrasjonene har stort sett variert mellom 0.03 og 0.07  $\mu\text{g/l}$  og med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Gradienten i dypvannet utover fjorden indikerer at dypvannet fortsatt er noe påvirket av utslippene innerst i fjorden.



**Figur 17.** Kadmium i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1993.



Alle resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra havnebassenget og ut til munningen av Sørfjorden ved overflaten, 40 og 200 m dyp i 1993, slik som i 1992. Dette viser at forurensingen i Odda-området fortsatt påvirker hele vannmassen i Sørfjorden. Det totale volumet av vannmassene i Sørfjorden er tidligere beregnet til  $1 \times 10^{10} \text{ m}^3$  (Skei, 1975). Ved intermediære dyp og i dypvannet er ser nivåene (med unntak av bly) ut til å ha stabilisert seg etter at jarosittutslippet opphørte. Nivåene i dypvannet vil i stor grad være avhengig av hyppigheten i vannutskiftningen.

## **5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE**

Situasjonen i 1993 reflekterer forholdene syv år etter at jarosittavfallet fra Norzink ble ledet til fjellhaller (som teoretisk førte til mer enn 90% reduksjon i utslippene av en rekke tungmetaller) og ett år etter at oppryddingen i Eitrheimsvågen var avsluttet. Vi kan forvente en ytterligere forbedring i vannkvalitet i overflatevannet som følge av oppryddingen i vågen, mens det i dypvannet forventes bare små og langsommere endringer. 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. Nå er det også registrert en forbedring i overflatevannet, men fortsatt er nivåene såvidt høye at det er grunn til å vurdere om utpumping av vann som samler seg bak spuntveggen i vågen og tilførsler av forurensning via avrenning fra fabrikkområdene er nok til å opprettholde et ugunstig høyt forurensningsnivå av overflatevannet. Målingene i 1993 bekrefter at tungmetallsituasjonen i Sørfjorden fortsatt er meget labil og lite forutsigbar. Forholdene er tydelig i stor grad bestemt av episodiske hendelser som bare delvis kan forklares.

Det som er mest foruroligende er de høye nivåene av bly i fjorden. Ettersom blyforurensningen også omfatter de store vannvolumene i dypvannet må det dreie seg om svært store tilførsler. Overvåkingen i 1994 vil avsløre om denne negative trenden fortsetter.

## 6. LITTERATUR

- Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram 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.
- Rygg, B. og I. Thèlin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02, 20s.
- 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. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. Rapport 500/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2804), 53 s.
- Skei, J., 1993. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi. Rapport 544/93 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2967), 22 s.
- Skei, J., J. Knutzen, og K. Næs, 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.

## **VEDLEGG**

**Tabell 1: Vannkjemiske data 1993.**



<b>Digraneset</b>										
Dato	Dyp m	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
18/02/93	0		17		1.10	2	6.10	40.00	0.180	0.52
18/02/93	40		25.1		0.50	< 2	0.70	7.60	0.050	0.38
18/02/93	200		25.5		0.80	< 2	1.72	8.40	0.070	0.40
19/04/93	0		29		0.60	< 2	0.95	9.40	0.080	0.54
19/04/93	40		32.5		0.50	< 2	0.84	7.60	0.060	0.32
19/04/93	200		35		0.80	< 2	1.27	6.20	0.050	0.26
11/06/93	0		4.2		1.70	< 2	0.52	10.60	0.090	0.44
11/06/93	40		32		0.60	2.5	1.38	10.00	0.070	0.42
11/06/93	200		8.2		1.10	< 2	0.68	4.80	0.040	0.32
23/08/93	0		2.5		0.60	3.5	0.44	24.60	0.120	0.46
23/08/93	40		32.5		0.80	2.5	0.49	12.80	0.040	0.48
23/08/93	200		35		0.80	< 2	0.29	7.80	0.040	0.40
29/10/93	0		12.9		1.20	4	8.50	53.20	0.310	9.60
29/10/93	40		31.8		0.70	2	1.31	12.80	0.090	1.38
29/10/93	200		32.9		1.00	< 2	1.32	6.40	0.050	1.52
15/12/93	0		27.6		1.70	4	0.63	12.20	0.170	1.18
15/12/93	40		30.3		0.70	5.5	0.97	10.80	0.070	0.96
15/12/93	200		31.2		0.80	6	1.00	5.40	0.050	1.18
<b>Havnebassenget</b>										
Dato	Dyp m	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
18/02/93	0	9.52	17.1	670	1.30	4.5	7.40	33.20	0.190	1.20
18/02/93	20	4.76	18.9	1250	0.60	5	5.70	24.00	0.150	0.74
18/02/93	40	4.41	18	730	4.50	8	5.70	20.00	0.120	0.74
19/04/93	0	7.35	26	180	1.00	9	3.00	50.00	0.350	2.28
19/04/93	20	9.45	31.5	370	1.00	2	2.60	11.20	0.080	0.70
19/04/93	40	9.52	26.9	410	1.60	2.5	1.09	14.80	0.100	0.58
11/06/93	0	9.24	4.7	350	1.60	18.5	2.66	70.00	0.130	5.56
11/06/93	20	5.11	30	730	0.70	11.5	5.50	52.00	0.150	3.26
11/06/93	40	6.02	20.3	980	1.30	5.5	3.70	45.60	0.110	3.72
23/08/93	0	8.82	1	220	1.60	< 2	0.73	30.80	0.150	3.18
23/08/93	20	7.84	31.2	390	0.90	27	3.30	50.40	0.170	3.00
23/08/93	40	6.79	31.9	390	2.40	< 2	1.08	23.00	0.100	0.90
29/10/93	0	9.8	21	140	0.70	3.5	0.46	29.60	0.580	0.34
29/10/93	20	5.39	21.6	320	0.90	5.5	2.04	16.40	0.100	0.54
29/10/93	40	2.73	32.1	160	2.00	5	1.62	15.20	0.090	0.52
15/12/93	0	9.03	23.9	120	0.40	3	0.55	11.60	0.120	0.40
15/12/93	20	7.91	29.9	290	1.30	10	0.70	18.00	0.110	0.84
15/12/93	40	6.93	31.1	210	1.20	5.5	0.77	11.80	0.060	0.34

Eiterheimsvågen										
Dato	Dyp m	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
18/02/93	0		14.7		0.40	4	2.25	98.40	2.000	0.56
18/02/93	10		19.9		1.40	8	1.80	29.00	0.450	0.42
19/04/93	0		28.5		1.20	12.5	1.32	40.00	0.530	0.46
19/04/93	10		31.1		1.20	13	1.30	98.00	0.750	0.44
11/06/93	0		4.9		0.50	2.5	2.64	58.80	0.250	3.72
11/06/93	10		27.1		2.40	10	2.44	44.80	0.560	0.50
23/08/93	0		0.5		0.80	8.5	0.92	27.80	0.360	0.52
23/08/93	10		8		2.60	64	3.50	104.00	0.490	0.66
29/10/93	0		13.1		0.50	2.5	1.35	46.00	1.020	0.72
29/10/93	10		28.3		0.80	6	1.18	17.60	0.120	0.44
15/12/93	0		24.7		0.70	35	2.58	104.00	2.700	0.40
15/12/93	10		26.9		0.60	29.5	1.94	14.20	0.130	0.44

---

**NIVA**



**Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2526-9