



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 667/96

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

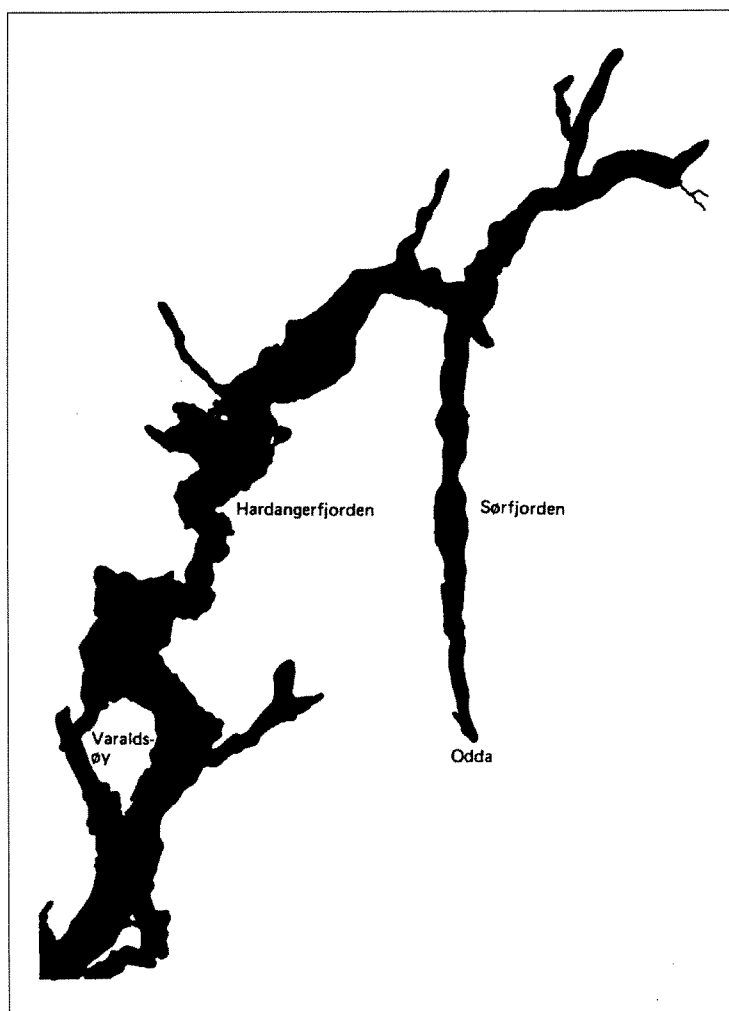
NIVA

Assayers, Odde

Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i **Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1995**

Delrapport 1

Vannkjemi og dykkerbefaring



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-800309	Undernr.:
Løpenr.: 3509-96	Begr. distrib.:

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo	Televeien 1 4890 Grimstad	Rute 866 2312 Ottestad	Thormøhlensgt 55 5008 Bergen	Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 1995. Delrapport 1. Vannkjemi og dykkerbefaring.	Dato: 5.07.96	Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Marin økologi	
Forfatter(e): Jens Skei Frithjof Moy	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 29	Opplag:

Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn (Overvåkningsrapport nr. 667/96. TA nr. 1353/1996)	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

Ekstrakt: Vannkjemiske undersøkelser utført i Sjørfjorden i 1995 viste større tungmetallforurensning i overflatelaget i indre deler av fjorden i 1995 enn i 1994, til tross for at direkte utslipp fra bedriftene har endret seg lite i denne perioden. Det er mest nærliggende å tro at dette skyldes episodiske tilførsler knyttet til nedbør og økt avrenning fra land. Utpumpingen av forurenset vann fra området bak spuntveggen i Eitrheimsvågen bidrar også til store svingninger i metallkonsentrasjoner i vågen og i havnebassenget. Forøvrig er utviklingen med hensyn til tungmetaller positiv ved midlere vanddyp og i dypvannet i Sjørfjorden. En dykkerbefaring utført høsten 1995 viste at overdekkningen i Eitrheimsvågen har vært vellykket og at det allerede er etablert et organismsamfunn på sandlaget over duken. Det ble også observert store mengder flyndre på bunnen i vågen. Observasjonene er dokumentert ved hjelp av video.

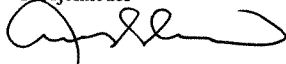
4 emneord, norske

1. Sjørfjorden
2. Overvåking
3. Vannkjemi
4. Dykkerbefaring


4 emneord, engelske

1. Sjørfjorden
2. Monitoring
3. Water chemistry
4. Diving

Prosjektleder


Jens Skei

For administrasjonen


Bjørn Braaten

ISBN 82-577-3051-3

Norsk institutt for vannforskning

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1995**

DELRAPPORT 1. VANNKJEMI OG DYKKERBEFARING

Oslo,

5.07.96

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Frithjof Moy
Unni Efraimsen
ASSAYERS, Odda

Forord

NIVA har i 1995 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 Alex Stewart Environmental Services A/S (ASSAYERS) i Odda, som har hatt ansvar for vannprøvetakingen og deler av analysene.

Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og biota. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sør fjorden startet i 1978.

Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi og observasjoner gjort i Eitrheimsvågen i forbindelse med en dykkerbefaring. Rapporten vil bli etterfulgt av en rapport vedrørende miljøgifter i organismer.

Oslo, 5.07.96

*Jens Skei
prosjektleder*

INNHOLD

SIDE

FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	7
3. FELTARBEID OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	23
6. DYKKERBEFARING	24
7. LITTERATUR	25
VEDLEGG	26

Sammendrag og konklusjoner

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1995 gir en beskrivelse av tilstanden tre år etter oppryddingen av Eitrheimsvågen og ni 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 1995 leder til følgende hovedkonklusjoner:

1. De regulære utslippene fra de tre største bedriftene (Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S) endret seg lite det siste året, med unntak av en økning i utslippene av bly fra både Norzink og Odda Smelteverk. Utslippene av sink fra Norzink og TTI har avtatt noe i forhold til 1994. Diffus avrenning fra Norzinks fabrikkområde er antagelig en stor kilde til forurensning med tungmetaller.
2. Oksygenforholdene i havnebassenget viste kritiske verdier i bunnvannet i august. Dette er et vanlig fenomen i havnebassenget i Odda og skyldes stort oksygenforbruk og dårlig vannutskiftning på sensommeren og høsten.
3. Til tross for at utslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk var dobbelt så stort i 1995 som i 1994 viste målinger av nitrogen i vannmassen i havnebassenget små forskjeller mellom disse to årene.
4. Konsentrasjonene av tungmetaller i overflatevann i Sørfjorden viste fortsatt nedgang i ytre deler av fjorden, bortsett fra kadmium som viste høyere konsentrasjoner i 1995 enn i 1994. I indre del av fjorden (havnebassenget og Eitrheimsvågen) var derimot gjennomsnittskonsentrasjonene av bly, kadmium og kvikksølv betydelige høyere i 1995 enn i 1994. Mest nærliggende er det å tro at dette skyldes episodiske tilførsler knyttet til nedbør og avrenning fra land. Sinkkonsentrasjonene har imidlertid gått ned og dette kan skyldes at produksjonen i det gamle sinkstøperiet opphørte i august 1995.
5. Ved intermediære dyp i fjorden (40 m) er det fortsatt en klar forurensningsgradient fra havnebassenget til Urdheim, men utviklingen er positiv. I ytre deler av fjorden er nå tungmetallnivået i 40 m dyp ikke langt fra bakgrunnsnivået.
6. I dypvannet (200 m) er det kun en svak gradient fra indre til ytre fjord. Nivåene nærmer seg bakgrunnsnivå.
7. Å dømme ut fra en dykkebefaringen i Eitrheimsvågen den 16.9.1995, syntes overdekkingen av gammel sjøbunn å ha vært vellykket. Det ble ikke observert fysiske skader som sprekker eller liknende, og duken syntes å være fullstendig dekket av ny masse. Bunnen virket frisk og levende, i motsetning til sammenliknbare gruntvannsområder i Odda havneområde.

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, april, juni, august og desember 1995 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 variasjoner mellom 1.2 og 29.5 ‰. Dette illustrerer den meget varierende ferskvannstilførselen til fjorden.
- Det ble målt høyere og mere variable konsentrasjoner av suspendert partikulært materiale i vannet i Sørfjorden i 1995 enn tidligere. Spesielt høye konsentrasjoner ble målt i dypvannet i august (8.9 mg/l). Det er vanskelig å gi en forklaring på disse verdiene.
- Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget var noe lavere i 1995 enn i 1994, selv om Odda Smelteverk meddeler at utslippene har økt. Mangler på samsvar mellom utslippsdata og resipientdata kan vanskelig la seg forklare.
- Konsentrasjonene av tungmetaller i overflatevannet var fortsatt variable, med en tendens til høye konsentrasjoner på vinteren (desember -februar). Dette kan trolig settes i forbindelse med store mengder metaller som pumpes ut i vågen som følge av oppsamling bak spuntvegg i dette tidsrommet.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget (40 m dyp) er også på retur i forhold til 1994, selv om nivåene innerst i fjorden fortsatt var høyere enn utover. Et eksempel er bly som viste 0.5 µg/l havnebassenget, 0.22 µg/l ved Digraneset, 0.09 µg/l ved Børve og 0.07 µg/l ved Urdheim.
- I dypvannet (200 m dyp) var konsentrasjonene av sink, kadmium, bly og kvikksølv ved Urdheim redusert til henholdsvis 1.8 µg/l, 47 ng/l, 28 ng/l og < 2ng/l (gjennomsnitt over året). Dette er å betrakte som normalnivåer for fjordvann.
- På steinene langsmed spuntveggen i Eitrheimsvågen, var det en frodig vegetasjon av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og tarmgrønske (*Enteromorpha* sp.). Mellom steinene og på den nye bunnen utover til ca. 6 m dyp, var det tette matter med blåskjell (*Mytilus edulis*). Havsalat (*Ulva lactuca*) vokste vanlig på 1-3 m dyp og spredt nedover til ca. 6 m. Sedimentoverflaten var gjennomhullet av sedimentlevende organismer noe som indikerte gode leveforhold på denne nye bunnen. Det ble observert mye småfisk, deriblant mye små flyndrer, og dessuten en del større flyndrer (skrubbe).
- Kloakkutslippet til vågen (overflateutslipp) hadde en merkbar synlig effekt på bunnen ved mye sedimenterte partikler (toalettpapir, bind o.l.) i gruntvannsområdet nær utslippet.

1. INNLEDNING

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden er nå inne i en fase hvor man forventer å se resultater av de forurensningsbegrensende tiltak som er gjennomført de siste årene ved industribedriftene i Odda. Utslippsendringene med hensyn til tungmetaller har vært såvidt dramatiske at det er all grunn til å forvente store forskjeller i vannkjemien, ettersom responsen vil være raskest her. Siden jarositten ble overført til fjellhaller i 1986 og oppryddingen i vågen i 1992 har resultatene vist at nivåene av tungmetaller i vannmassen har gått drastisk ned, først ved midlere dyp ettersom jarositten ble utledet på 30-40 m dyp og senere i overflatevannet etter at spuntvegg og overdekking i Eitrheimsvågen ble gjennomført.

Oppmerksomhet har også vært rettet mot muligheten for opprettelse av en normal fauna på bunnen av Eitrheimsvågen, både på dekklaget av sand som ble lagt over duken i 1992 og i strandområdet. En dykkerbefaring ble derfor gjennomført høsten 1995 for å iakta og videodokumentere rekollonisering med organismer og forholdene forøvrig i det tildekkede området på utsiden av spuntveggen.

Utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området er vist i 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 1995 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1994.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	285 (239)	410 (299)	972 (934)	18.8 (41.7)	2.1 (6.7)	2600 (2600)
NZ ¹⁾	175 (200)	5500 (4000)	52000 (58000)	900 (900)	10.7 (12.9)	-
TTI	? (26.7)	21.7 (71.4)	3574 (4374)	2.9 (11.2)	0.7 (0.6)	- (-)
Totalt	460 (466)	5931 (4370)	56546 (63308)	922 (953)	13.5 (20.2)	2600 (2600)

¹⁾ Tilførslene fra Norzink for 1995 omfatter både regulære utslipp, utpumping av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområde og beregnede mengder av tungmetaller (kun for sink og kadmium) tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	5550*	36	4952*	29	7.6
Fra Eitrheimsvågen	1860	102	7.5	5.4	0.3
Kaien**	14000	50	350	100	2.8
Diffuse tilførsler (ca.)***	30000	700	?	?	?
SUM****	52000	900	5500	175	10.7

* Hovedsaklig fra aluminiumfluoridfabrikken. Reduksjon av dette utslippet er under utredning.

** Utslppsreducerende tiltak på kai vil først få effekt i 1996.

*** Reduksjonen fra 1994 til 1995 skyldes at produksjonen i det gamle sinkstøperiet opphørte i august 1995. Ytterligere reduksjon forventes i 1996.

**** Disse tallene er skjønsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.

Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1994 (Skei, 1995), har tilførslene av bly økt noe, mens de øvrige metallene og PAH er omtrent som tidligere. Bortsett fra kopper så er Norzink fortsatt den dominerende kilden for tungmetaller til Sørfjorden. Av en total mengde på 52 tonn sink pr.år utgjør diffuse utslipp 30 tonn pr. år (tabell 1). Det er først når disse tilførslene er begrenset at vi kan regne med å komme ned på et tilnærmet normalt tungmetallnivå i Sørfjorden. Også for kadmiums vedkommende er det de diffuse tilførslene som dominerer.

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 3 kg nikkel til sjø i 1994, mens utslippet fra O.S. var på 1550 kg. Det siste er en betydelig økning i forhold til 1994.

Utslipet av **PAH** fra O.S. er opplyst å være det samme som i 1995. Det gjøres oppmerksom på at det ble installert nytt renseanlegg høsten 1994 for avløpsvann fra venturianlegget. Dette ser ikke ut til å ha endret utslippet av PAH i 1995 i forhold til 1994.

Utslipet av **nitrogen** fra O.S. ble beregnet til 22 tonn i 1994, mens utslippet fra dicyproduksjonen i 1995 var på 52.5 tonn. Det er altså mer enn en dobling i forhold til 1994.

Konklusjonen på utslippsituasjonen må være at regulære utslipp fra bedriftene er på vei ned, men at betydningen av diffuse kilder ikke er fullt klarlagt. Dette er ikke nye tilførsler, men det er først i de par siste årene at disse er forsøkt kvantifisert. Norzink har hatt et eget måleprogram for rehabiliteringsfasen i Eitheimsvågen (Norzink, 1996). Målingene har omfattet registrering av metallmengder i utpumpet vann som samler seg på baksiden av spuntveggen. I tillegg har bedriften et eget prosjekt som omhandler diffuse avrenninger fra driftsområdet. Også behovet for å kartlegge slike tilførsler fra Odda Smelteverk bør vurderes.

2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1995 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon i lys av de tiltak som er gjort de senere årene

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

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

Formålet med dykkerbefaringen som ble utført høsten 1995 var å observere etablering av ny fauna i strandsonen og på dekklaget over duken i Eitheimsvågen.

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 14. februar, 27. april, 20. juni, 29. august, 24. oktober og 12. desember 1995 av ASSAYERS i Odda. I forbindelse med toktet i oktober røk vannhenteren på første stasjon ved Urdheim. Det eksisterer således bare metalldata fra denne stasjonen i oktober.

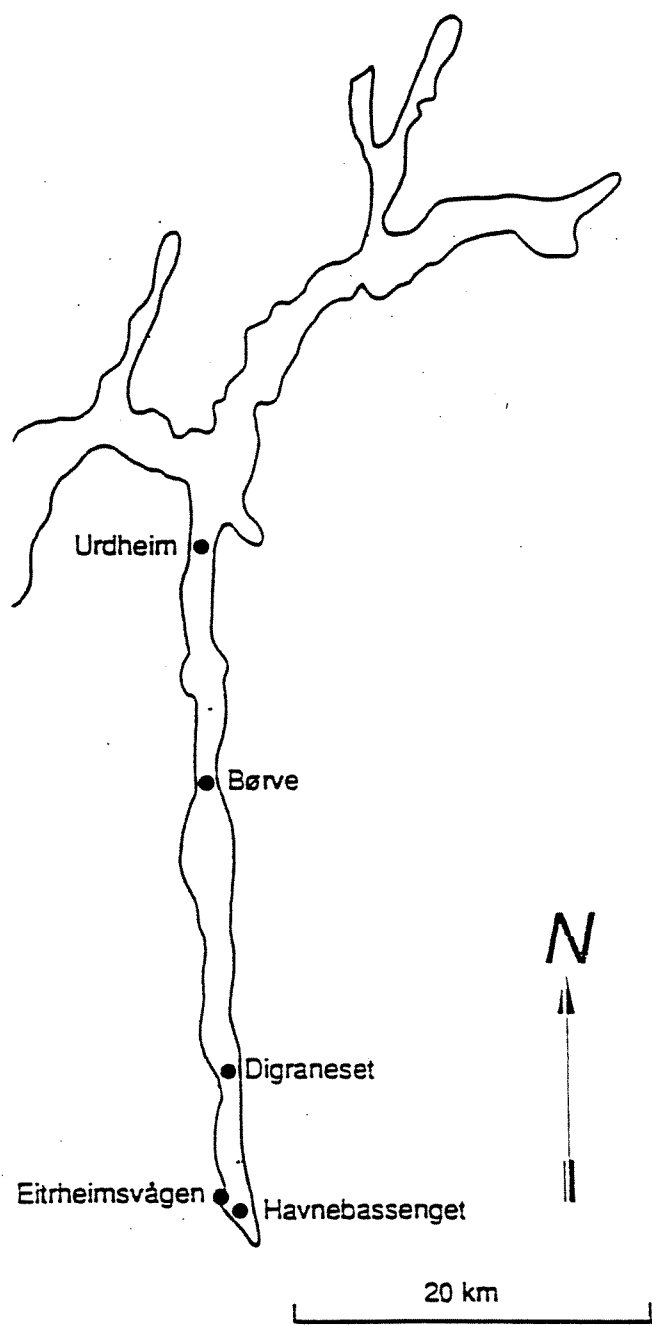
Prøvene ble tatt med Niskin vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kopper, nikkel og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene (bly, sink, kadmium og nikkel) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter

salpetersyreoppslutning ved kalddampteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale, saltholdighet og oksygen ble analysert ved ASSAYERS i Odda. Total nitrogen er analysert ved NIVA i følge standardisert metode. Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet og oksygen er målt med salinoterm.

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

Dykkerbefaringen i Eitheimsvågen ble foretatt den 16.9.1995. Befaringen ble gjort langs steinfyllingen inntil spuntveggen og langs et transekt fra steinfyllingen og ut over den nye bunnen i vågen fram til bøye midt i vågen som markerer enden av overdekkingen. I tillegg ble det foretatt en befaring langs vestre side hvor det blant annet ligger et kloakkutslipp.

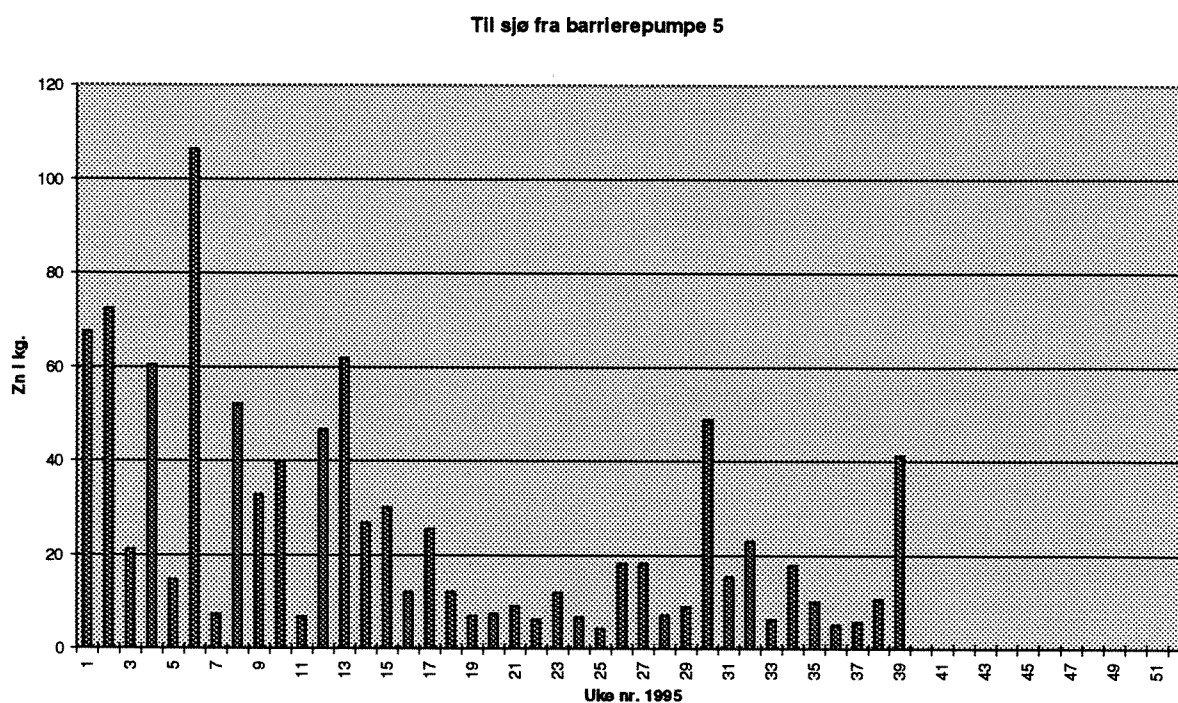
Befaringen ble foretatt av en dykker med telefonisk forbindelse til følgebåt hvor en assistent registrerte dykkerens beskrivelser. Det ble også tatt undervannsvideo av den nye bunnen i Eitheimsvågen (arkivert på NIVA).



Figur 1. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1995.

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 tilførselene av forurensning. Hvis disse varierer mye over tid (støtutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller), og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten, gir ikke vannprøvene nødvendigvis et tilfredsstillende bilde av situasjonen. Norzinks eget overvåkingsprogram, som er basert på månedlige prøver, har vist hvor store variasjoner det kan være i det utslippsnære området. En stor del av forklaringen kan være ukentlige variasjoner i utpumpede mengder tungmetaller forbi spuntveggen i Eitheimsvågen (fig. 2, Norzink, 1996).



Figur 2. Variasjoner i mengde sink utpumpet til Eitheimsvågen fra området bak spuntvegg i 1995 (basert på data i Norzink, 1996).

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. 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

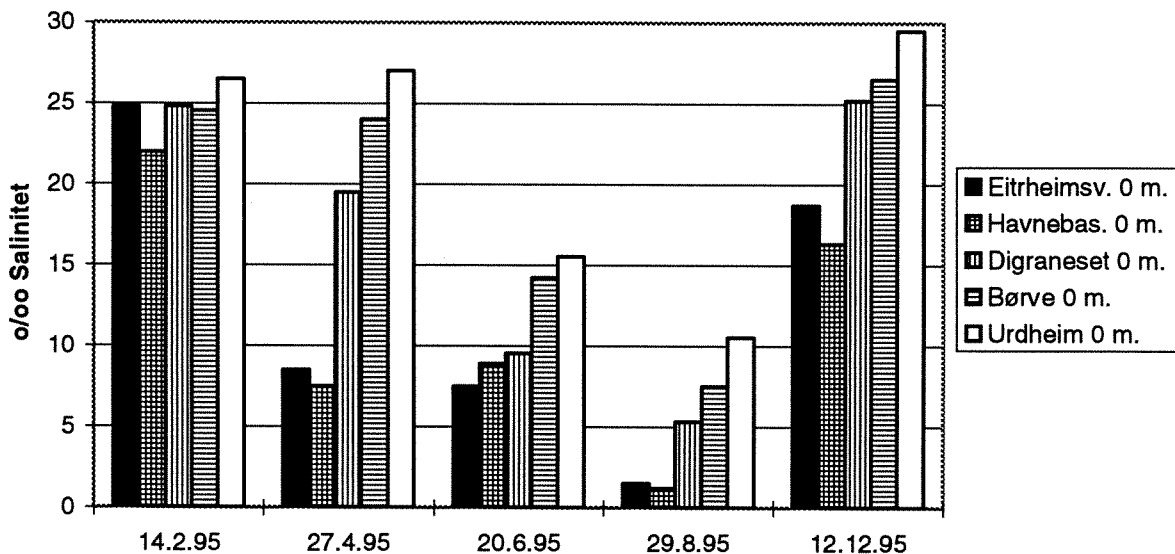
utslippene fra Odda Smelteverk inneholder oksygenforbrukende substanser, måles det også på oksygen i Oddas havnebasseng. Utslipp av kloakk vil dessuten bidra til økt oksygenforbruk.

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 fra forurensede bunnsedimenter. Sammenlignet med tilførslene før 1986 er dagens tilførsler små.

Saltholdighet.

I 1995 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 1.2 og 29.5 ‰ i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og august og den høyeste i desember (figur 3). Dette er stort sett samme bilde som i 1994 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 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 frakt av smeltevann i de største elvene (Opo, Tysso) avgjørende for de laveste saltholdighetene i overflatevannet, mens regnvørsperioder kanskje i mindre grad influerer overflatesaltholdigheten. I så fall vil man vente at nivået av metaller i overflatevannet jevnt over var lavest i juni - august på grunn av fortynning med smeltevann.

I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 34.5 og 35.5 ‰ i 1995. Saltholdigheten var omtrent den samme ved Urdheim på 200 m dyp.



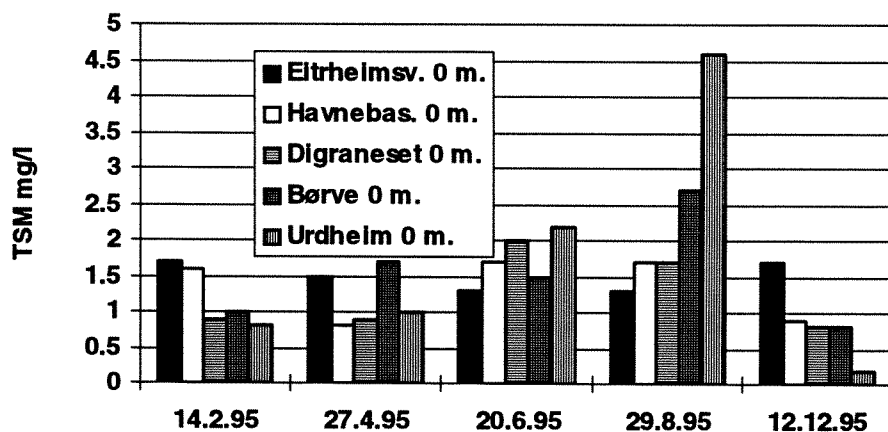
Figur 3. Saltholdighet i overflateprøver i Sørfjorden, 1995.

Suspendert materiale (TSM)

Det ble registrert store og til dels uforklarlige variasjoner i TSM-verdier for 1995 (fig.4). Ytterst i fjorden (Urdheim) ble det målt 4.6 mg/l TSM i overflatelaget og 8.9 mg/l TSM i dypvannet i august. Svært høye konsentrasjoner ble også målt ved Børve på samme tidspunkt og i alle dyp. Disse uvanlige verdiene sammenfaller med svært lav saltholdighet i overflatelaget og det kan tenkes at store mengder partikler er blitt tilført fjorden i forbindelse med flom. Etersom konsentrasjonene var høyere lengere ute enn inne kan det tyde på at partikkeltilførselen hadde kuliminert og at de største tilførslene var i slutten av juli-begynnelsen av august.

(Tolkningen av disse data forutsetter at filtrene er skylt med destillert vann i henhold til vanlig prosedyre for å fjerne salt. Ettersom nivåene av SPM øker med dypet (og saltholdighet) er det en alternativ mulighet at prøvene fra august-toktet er influert av salt.)

På de øvrige toktene var konsentrasjonene av TSM svært lave, ofte lavere enn 1 mg/l.



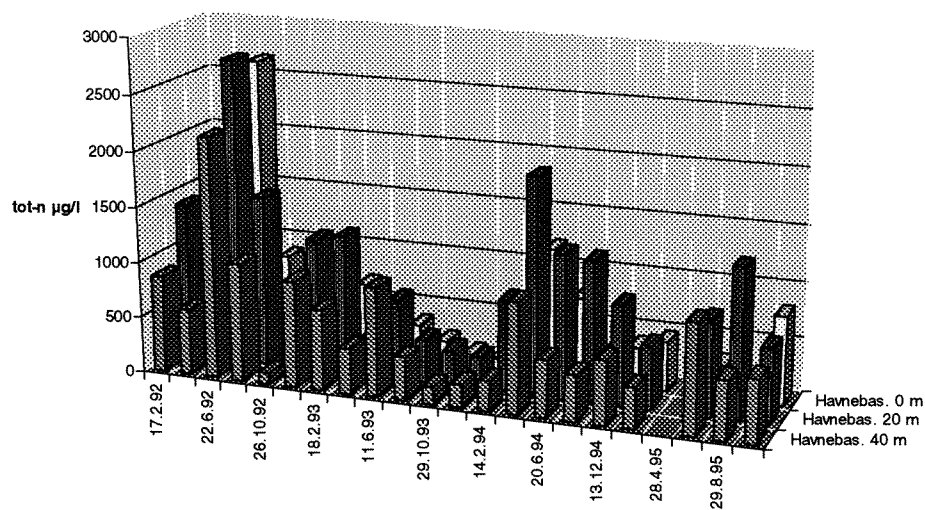
Figur 4. Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sør fjorden, 1995.

Nitrogen og oksygen

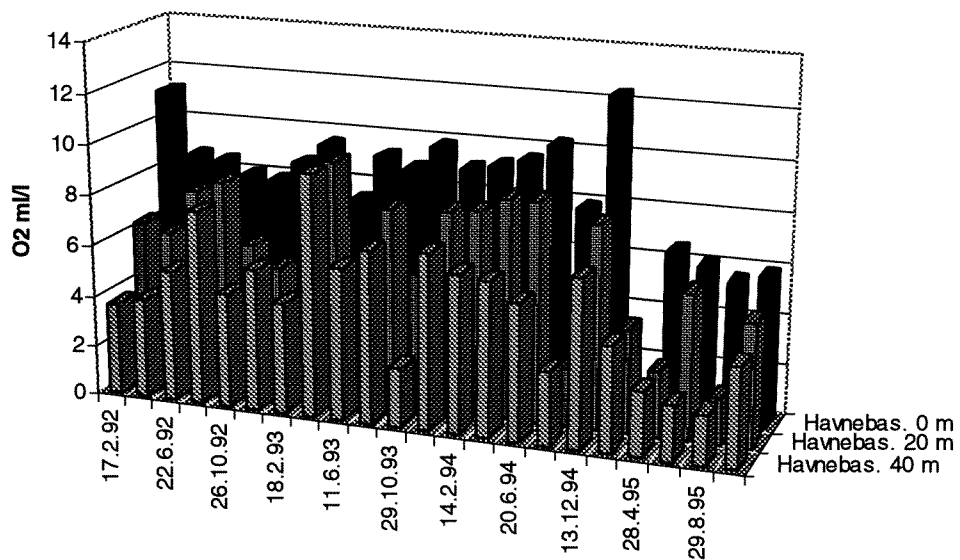
Nitrogen- og oksygenobservasjonene var i 1995, som tidligere år, begrenset til havnebassenget i Odda (fig. 5 og 6).

I 1994 ble det i overflatevannet her målt verdier mellom 125 og 1950 $\mu\text{g/l}$ total nitrogen (Skei, 1995). Nivåene i 1995 var noe lavere (180-790 $\mu\text{g/l}$). Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i desember. Figur 5 viser at det er forholdsvis små forskjeller mellom 1994 og 1995 om vi sammenligner nivåer i 0, 20 og 40m dyp i havnebassenget. Dette til tross for at utslippet i 1995 i følge Odda Smelteverk var mer enn dobbelt så høyt i 1995 som i 1994.

Laveste oksygenkonsentrasjon i dypvannet i 1994 ble målt til nesten 2.33 ml/l i august (Skei, 1995), mens det i 1995 ble målt ned til 2.58 ml/l i september (fig. 6). I 1995 ble laveste oksygenkonsentrasjon registrert i 20 m dyp. Sannsynligvis var det da en vannutskiftning på gang, ettersom det ble registrert noe høyere nivåer nærmere bunnen. 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 5. Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1992 - 1995 (0, 20 og 40 m dyp).



Figur 6. Oksygen i havnebassenget i Odda, 1992 -95 (0, 20 og 40 m dyp).

Metaller

Det er betydelige forskjeller i metallnivåer i overflatevann, ved intermediært dyp (40 m) og i dypvannet (200 m) i Sørfjorden som følge av at belastningen av tungmetaller er forskjellig i de ulike vannlag. I tillegg varierer oppholdstiden på vannmassene avhengig av vanddyb. Mens dypvannet i Sørfjorden oppholder seg i fjorden flere måneder vil kjemien i overflatevannet representere forholdene for en periode mindre enn en uke. Det er derfor hensiktsmessig å omtale resultatene fra metallanalysene i henhold til overflatevann, intermediært dyp og dypvann.

Overflatevann.

Grafisk fremstilling av resultater fra tungmetallanalyser i overflatevann i 1992, 1993, 1994 og 1995 er vist på figurene 7 -10. Det går klart frem av disse figurene at Eitrheimsvågen fortsatt var hovedkilden for tungmetallforurensningen i overflatevannet i Sørfjorden i 1995, og at denne kilden varierte sterkt over tid. Hvis vi sammenligner resultatene fra Sørfjorden i 1992, 1993 og 1994, ser vi at overflatenivåene av bly avtok i 1994 sammenlignet med 1992 og 1993, men at vi fikk en kraftig økning ved to anledninger i 1995 (februar og desember). Når det gjelder sink var det små forskjeller mellom 1994 og 1995 (fig. 8), bortsett fra at variasjonene var store fra tokt til tokt. Sink og kadmium viser også betydelig samvariasjon med høyeste konsentrasjoner om vinteren (desember-februar). Kvikksølv viser ekstreme variasjoner i Eitrheimsvågen som forplanter seg utover i Sørfjorden (fig.10). Høyeste konsentrasjon ble målt i vågen i april (690 ng/l). Dette medførte at selv ved Børve ble det målt 12.5 ng/l i overflatevannet.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1995 er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, untatt kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	5.5	1.3	0.59	0.36	0.74
-1992	3.3	3.7	0.76	0.67	0.49
-1993	1.8	2.5	2.86	0.67	0.46
-1994	0.8	0.5	0.29	0.24	0.22
-1995	4.6	0.7	0.27	0.22	0.15
Zn-1991	196.5	72.3	24.8	18.9	17.7
-1992	106.6	21.9	15.2	12.1	12.0
-1993	62.5	37.5	25.0	8.7	7.0
-1994	75.6	42.4	14.2	9.1	8.5
-1995	61.5	23.8	10.2	13.4	9.1
Cd-1991	6.9	1.9	0.6	0.38	0.35
-1992	3.2	0.8	0.29	0.19	0.16
-1993	1.1	0.25	0.16	0.10	0.08
-1994	0.9	0.45	0.16	0.11	0.10
-1995	1.9	0.80	0.28	0.23	0.15
Hg-1991	341	63.4	<10.9	<8.1	<7.0
-1992	20.2	7.8	<3.2	<2.4	<2.3
-1993	10.8	<6.8	<2.9	<2.0	<2.0
-1994	10.0	<5.4	<5.8	<2.7	<2.0
-1995	156.7	27.0	<7.6	<9.0	<2.1

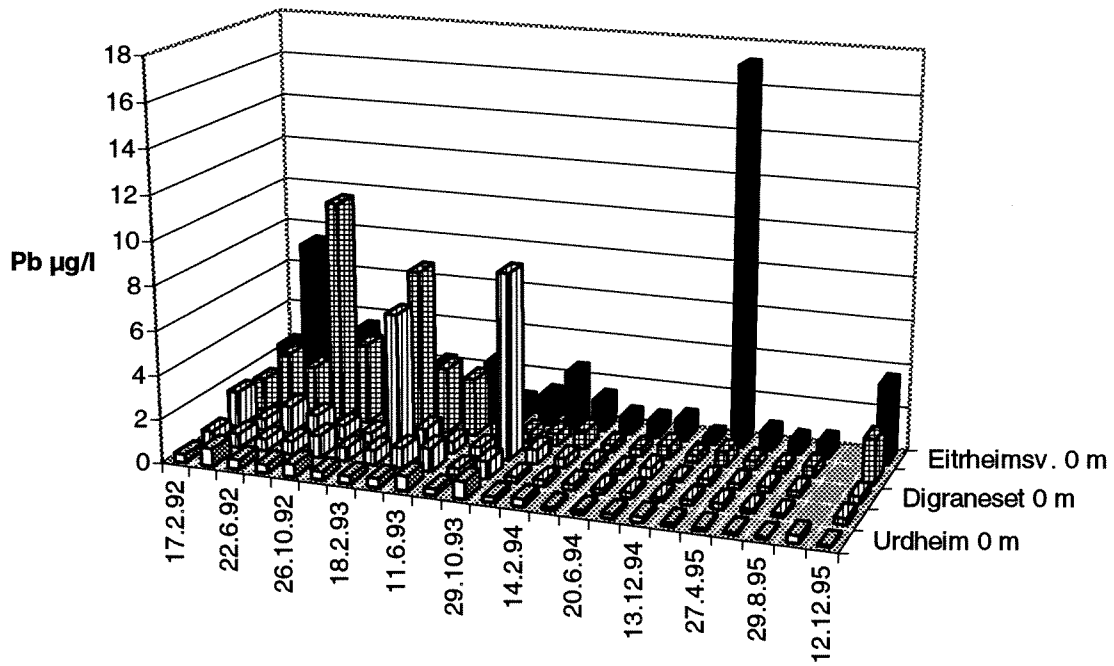
Resultatene viser at det har vært en kraftig økning i middelverdiene av kvikksølv, kadmium og bly i Eitrheimsvågen i 1995 som ga utslag på de andre stasjonene utover fjorden, hvertfall når det gjelder kadmium. Kadmium i Eitrheimsvågen viste konsentrasjoner mellom 1 og 5 $\mu\text{g/l}$ på tre av toktene i 1995. Dette gir en betydelig økning i middelkonsentrasjonene i forhold til 1994. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium i overflatevannet i ytterste delen av Sør fjorden var i 1994 0.15 $\mu\text{g/l}$ eller ca. fire ganger høyere enn normalkonsentrasjonen. Dette er fortsatt høyt, men i 1991 var kadmiumkonsentrasjonen i overflatevannet ytterst i fjorden over 10 ganger normalen. Dette innebærer at forholdene stadig bedrer seg, spesielt i de ytre deler av fjorden. Imidlertid er det foruroligende at nivået av kadmium i overflatevann (gjennomsnitt for 1995) for hele Sør fjorden var betydelig høyere enn i 1994. Målinger som Norzink selv gjorde i Eitrheimsvågen i 1995 (9 tokt) viste et gjennomsnitt på 5.15 $\mu\text{g/l}$ kadmium i overflatevannet (Norzink, 1995).

Trenden for sink er avtagende forurensning i overflatevannet i fjorden i 1995 i forhold til 1994. Gjennomsnittskonsentrasjonen av sink i overflatevannet ved Urdheim var i 1995 kommet ned i 9 $\mu\text{g/l}$, mens den i 1991 var dobbelt så høy. Dette tilsvarer tilstandsklasse III i SFTs klassifisering av miljøkvalitet og ca. 10 ganger høyere enn bakgrunnskonsentrasjonen.

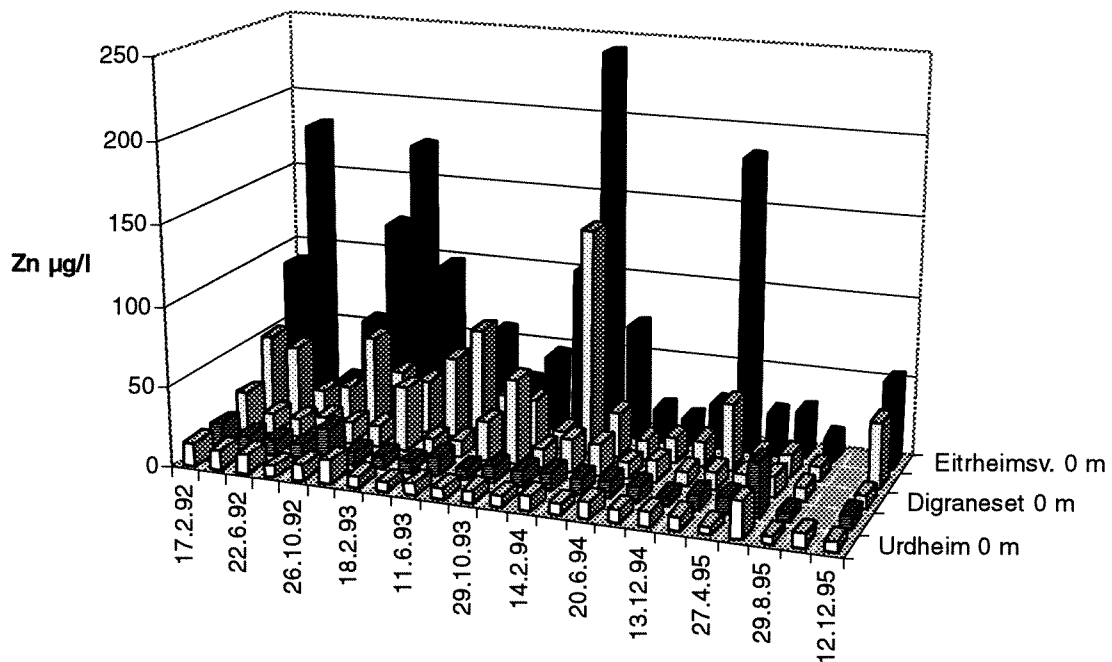
Ved munningen av Sør fjorden var gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i overflatevannet i 1995 0.15 $\mu\text{g/l}$. Til sammenligning var konsentrasjonen i 1991 0.74 $\mu\text{g/l}$ eller 80 % reduksjon i forhold til 1991. Dette må tilskrives tiltaket i vågen.

Den kraftige økningen av middelverdien for kvikksølv i vågen og havnebassenget skyldes de ekstremt høye konsentrasjonene i april. Dataene illustrerer at situasjonen i Eitrheimsvågen ikke er under kontroll og at det tidvis opptrer kraftig forurensning. Det er grunn til å tro at dette i stor grad kan tilskrives de store forskjellene i utpumpet vann til Eitrheimsvågen (se fig.2). Av figuren fremgår at de største mengdene av sink ble pumpet ut i løpet av de to første månedene av året.

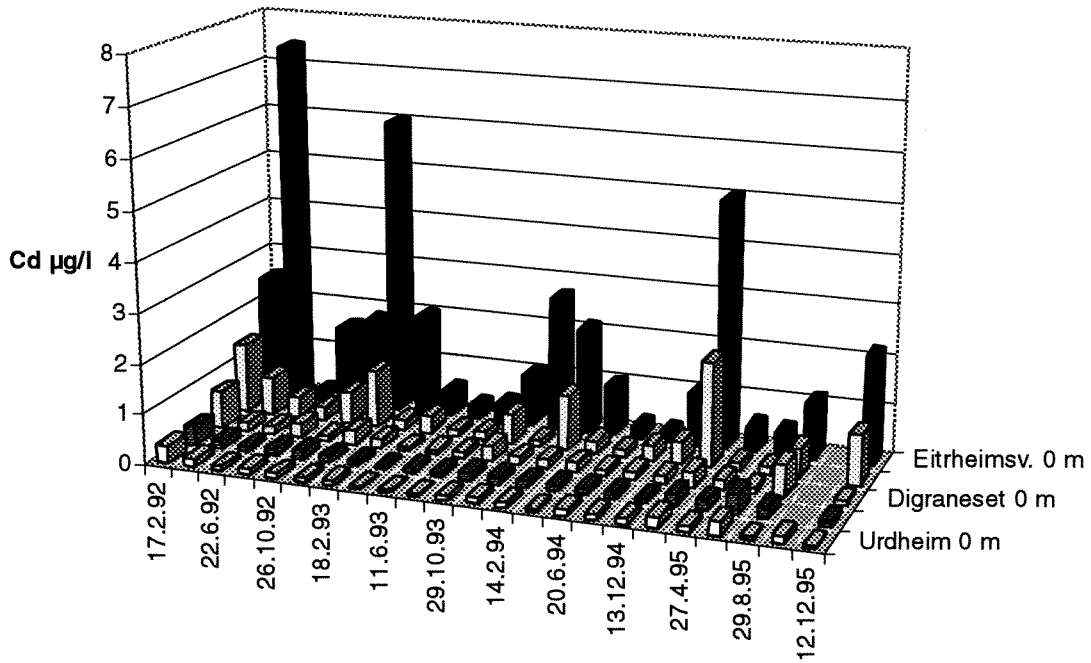
Overflatekonsentrasjoner av nikkel i Sør fjorden i 1994 varierte mellom 0.18 og 1.36 $\mu\text{g/l}$ (Skei, 1995). I 1995 ble den høyeste konsentrasjonen målt i havnebassenget på 0.44 $\mu\text{g/l}$. I følge Rygg og Thelin (1993) kan verdier av nikkel i sjøvann lavere enn 0.5 $\mu\text{g/l}$ betegnes som normalverdier. De fleste vannprøvene analysert i 1995 inneholdt ca. 0.2 $\mu\text{g/l}$. Forhøyede verdier i havnebassenget antas å skyldes utslippet av nikkel fra Odda Smelteverk som i 1995 var større enn 1.5 tonn.



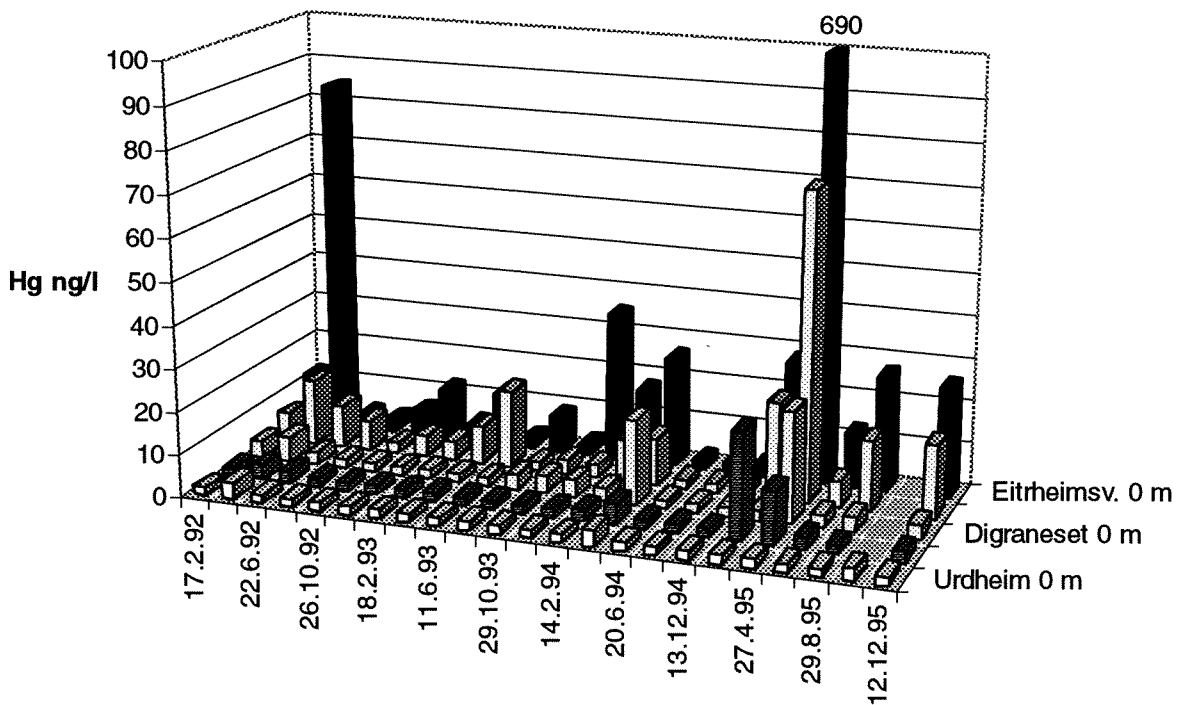
Figur 7. Fordeling av bly i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1992 - 1995



Figur 8. Fordeling av sink i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1992 - 1995



Figur 9. Fordelingen av kadmium i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden i 1992 - 1995.

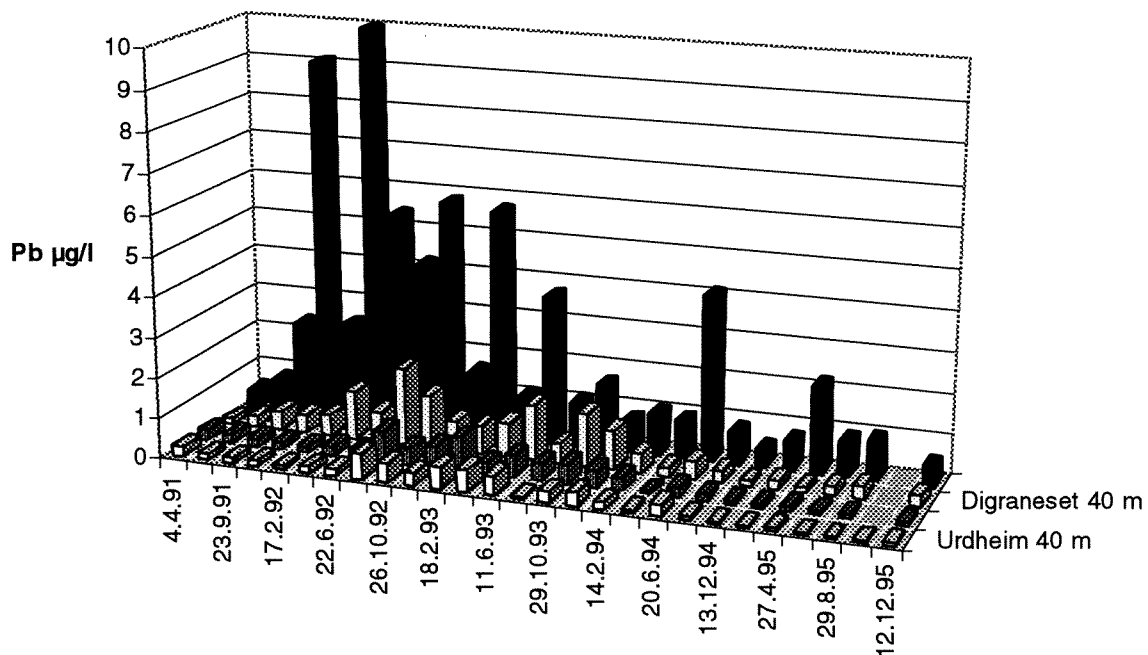


Figur 10. Fordelingen av kvikksølv i overflatevann på stasjonene i Sør fjorden 1992 - 1995

Intermediært vann

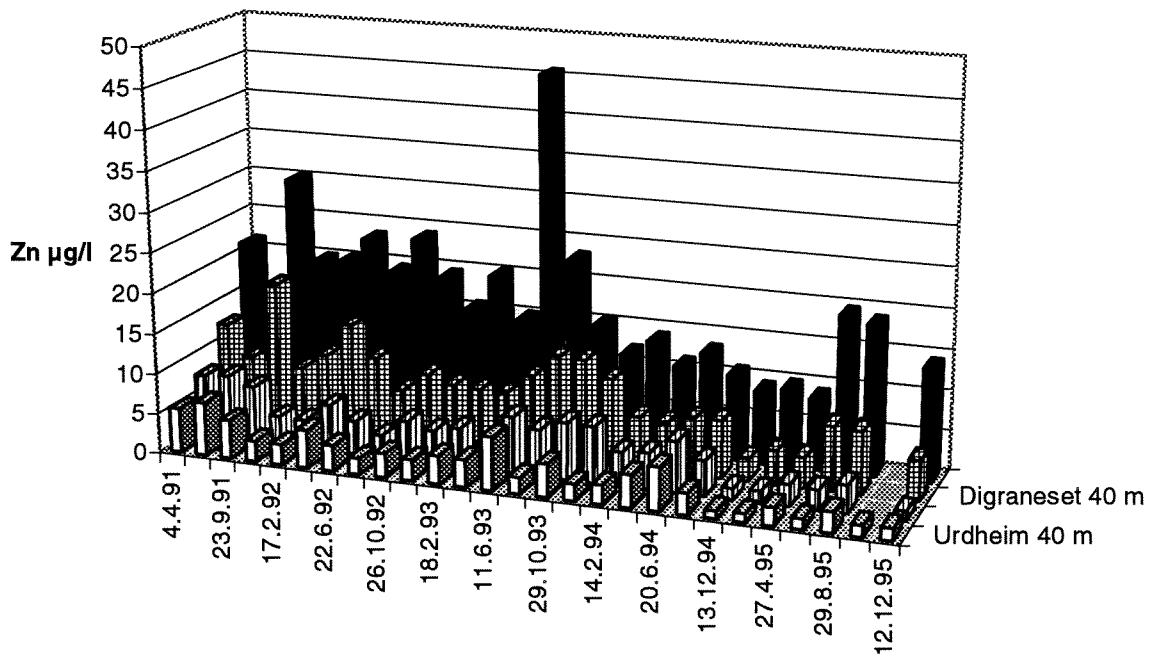
Med intermediært vann menes i dette tilfelle vann på 40 m dyp i Sjørfjorden. Dette er et dyp som påvirkes av dypvannsutslipp (tidligere jarosittutslipp, gipsutslipp, utslipp fra Odda Smelteverk etc.) og hvor vannet har en betydelig lengere oppholdstid enn i overflaten. Det har vært en meget markert forskjell mellom metallnivåene i overflatelaget og underliggende vann, spesielt etter 1986 da jarosittutslippet fra Norzink opphørte. Resultatene fra analysene av intermediært vann er vist på figurene 11- 14.

Konsentrasjonene av bly viste en avtagende tendens fra 1992 til 1994 og denne tendensen fortsatte i 1995 (fig.11), med unntak av en økning i 40 m dyp i havnebassenget i april. Dette antas å skyldes utslipp fra Odda Smelteverk. Det samme skjedde forøvrig i april 1994. I desember 1995 var konsentrasjonen av bly på 40 m dyp i havnebassenget 0.50 $\mu\text{g/l}$, ved Digraneset 0.22 $\mu\text{g/l}$, ved Børve 0.09 $\mu\text{g/l}$ og ved Urdheim 0.07 $\mu\text{g/l}$. Dette er noe høyere enn i 1994. Det er således fortsatt en forurensningsgradient av bly i Sjørfjorden, selv ved 40 m dyp og nivåene nærmer seg bakgrunnskonsentrasjoner først ved munningen av Sjørfjorden.



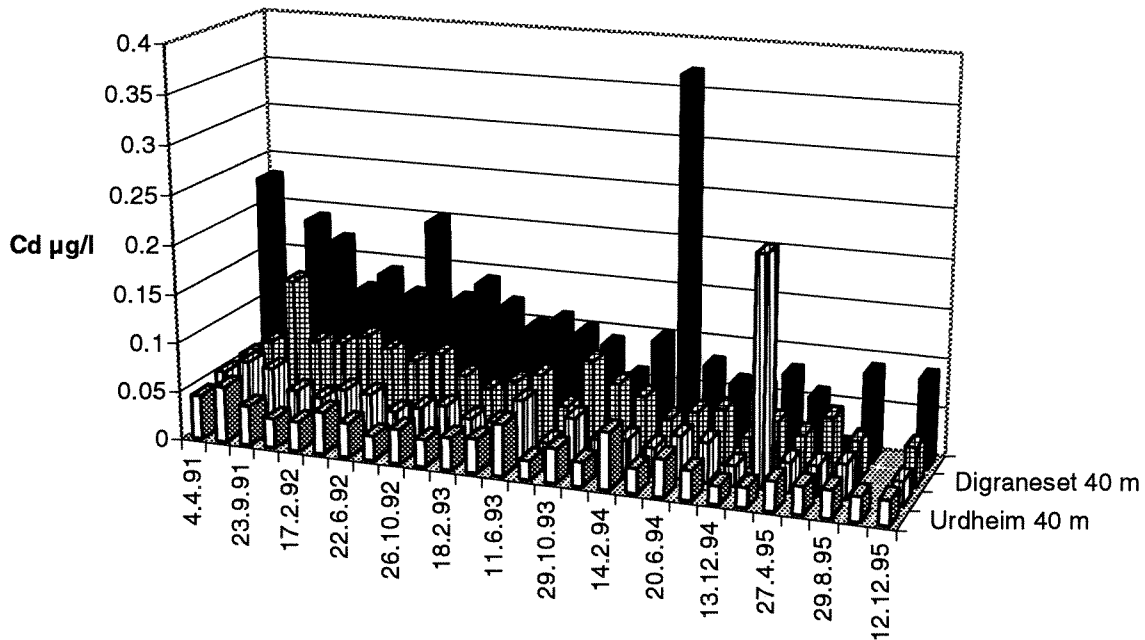
Figur 11. Bly i 40 m dyp i Sjørfjorden i perioden 1991 - 1995.

Konsentrasjonene av sink i 40 m dyp har ikke endret seg mye i perioden 1991-1995 (fig.12), men det er en generell nedgang på samtlige stasjoner. Konsentrasjonene har holdt seg stort sett under 10 $\mu\text{g/l}$, selv i havnebassenget, med unntak av prøver tatt i juni, august og desember. I likhet med bly var det også for sink en klar forurensningsgradient i 40 m dyp i hele fjorden i 1995. I forhold til et bakgrunnsnivå på < 1.5 $\mu\text{g/l}$ er dette fortsatt høyt innerst i fjorden, men meget forskjellig fra nivåene før 1986. I perioden 1982 - 1986 var konsentrasjonene av sink i 40 m dyp ved Digraneset ca. 200-300 $\mu\text{g/l}$ (Skei et. al., 1989). Dette er igjen et bevis på at utslippsreduksjoner har gitt store forbedringer i resipienten.



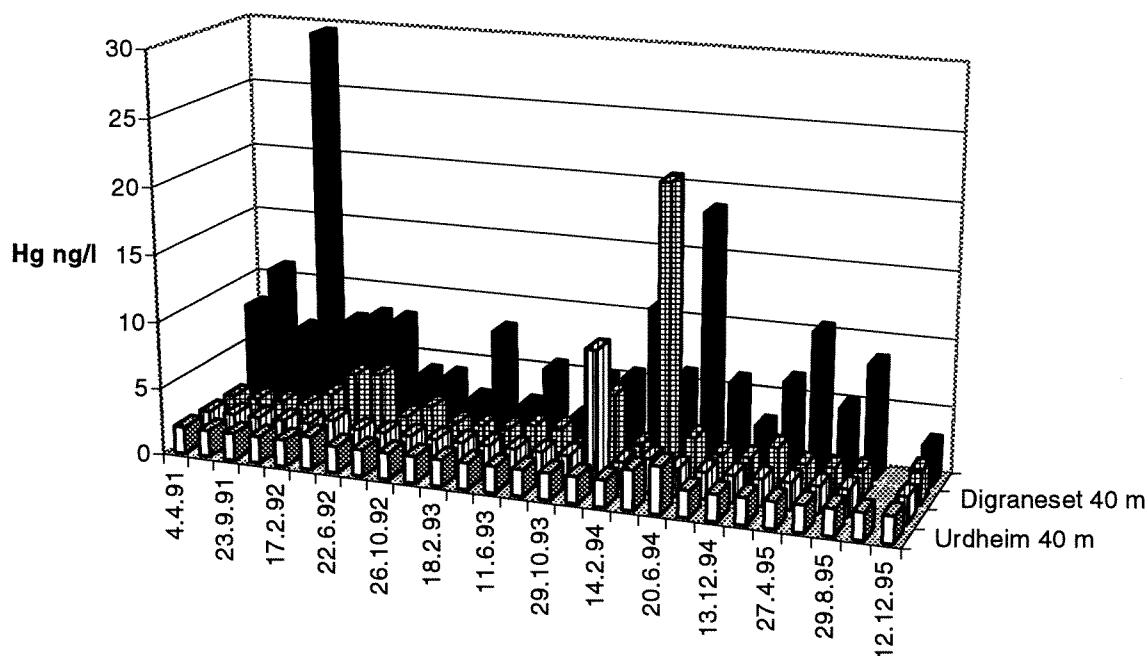
Figur 12. Sink i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1995.

Fig.13 viser utviklingen i nivåer av kadmium i 40 m dyp fra 1991 - 1995 på strekningen havnebassenget til Urdheim, ytterst i Sør fjorden. I likhet med sink avtok konsentrasjonene i det intermediære vannet i hele fjorden i denne perioden. Men av og til opptrer forhøyede konsentrasjoner som er vanskelig å forklare.



Figur 13. Kadmium i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1995.

Det er fortsatt variable konsentrasjoner av kvikksølv, spesielt innerst i fjorden (fig. 14). Det var høyere konsentrasjoner i 40 m dyp i fjorden i 1994 enn i 1993. I 1995 var nivåene omtrent nede på samme nivå som i 1993.



Figur 14. Kvikksølv i 40 m dyp i Sørkjolen i perioden 1991 - 1995.

Middelkonsentrasjoner for metaller i 40m dyp i perioden 1991 - 1995 er gjengitt nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt kadmium og kvikksølv som er i ng/l) :

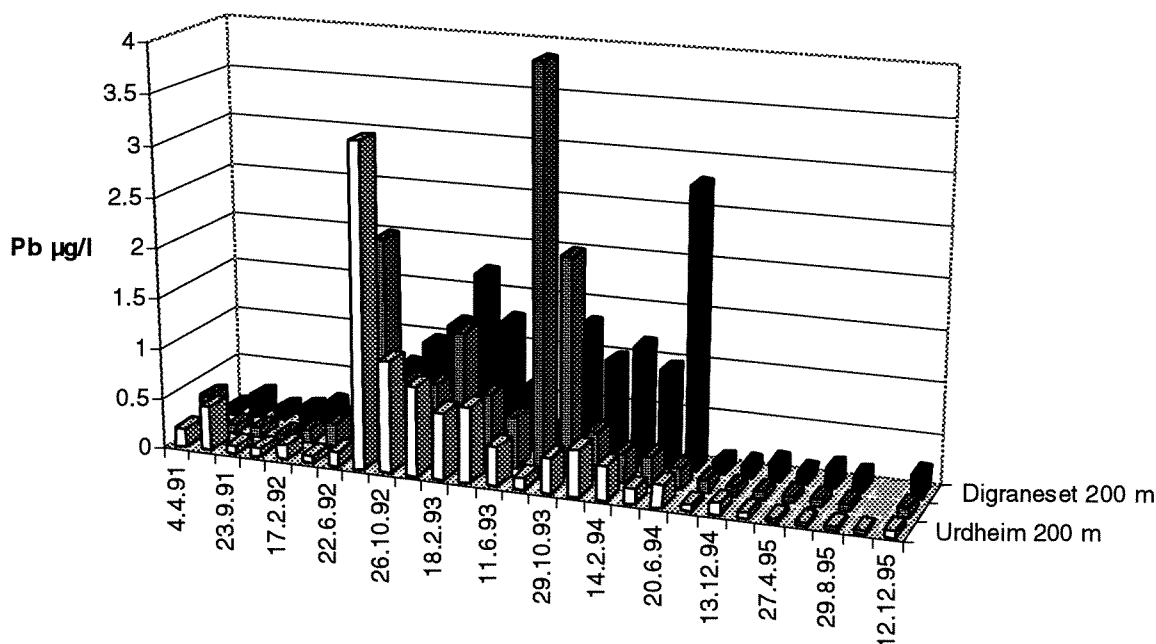
Metall/år	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	3.18	0.33	0.21	0.18
-1992	4.89	1.08	0.39	0.31
-1993	2.33	0.95	0.59	0.45
-1994	1.45	0.30	0.18	0.14
-1995	0.24	0.24	0.07	0.06
Zn-1991	21.7	11.8	6.5	4.9
-1992	20.1	9.5	4.2	3.0
-1993	21.7	10.3	5.8	3.7
-1994	11.5	5.9	4.2	<3.1
-1995	14.1	5.6	2.3	1.7
Cd-1991	175	88	57	43
-1992	140	77	42	33
-1993	97	63	38	34
-1994	135	47	33	34
-1995	88	46	70	26
Hg-1991	13.8	7.8	<2	<2
-1992	5.7	3.3	<2	<2
-1993	<4.8	<2.8	<2.0	<2.0
-1994	8.9	<6.1	<2	<2.5
-1995	6.7	<2.3	<2.0	<2.0

Disse resultatene er mere entydige enn resultatene fra overflatevann. Konsentrasjonene av bly i 40 m dyp er kraftig redusert i løpet av de siste 5 årene og fra Børve og utover er nå blynivåene nede på bakgrunnsnivå. Det samme gjelder sink og kadmium. Men fortsatt er det en klar gradient fra havnebassenget og ut til Urdheim.

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.

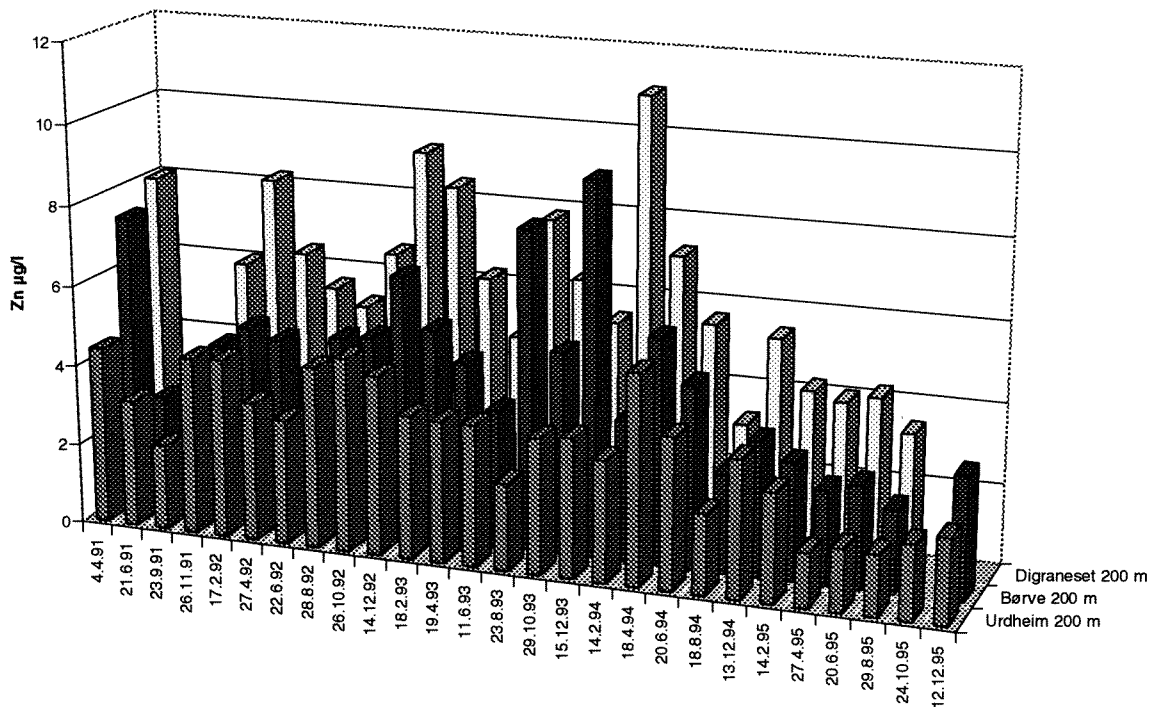
Figur 15 viser fordelingen av bly ved 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1995.



Figur 15. Bly i 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1995 (det gjøres oppmerksom på at blyverdiene for 200 m dyp fra perioden august 1992 t.o.m. juni 1994 er feilaktige, se Skei, 1995).

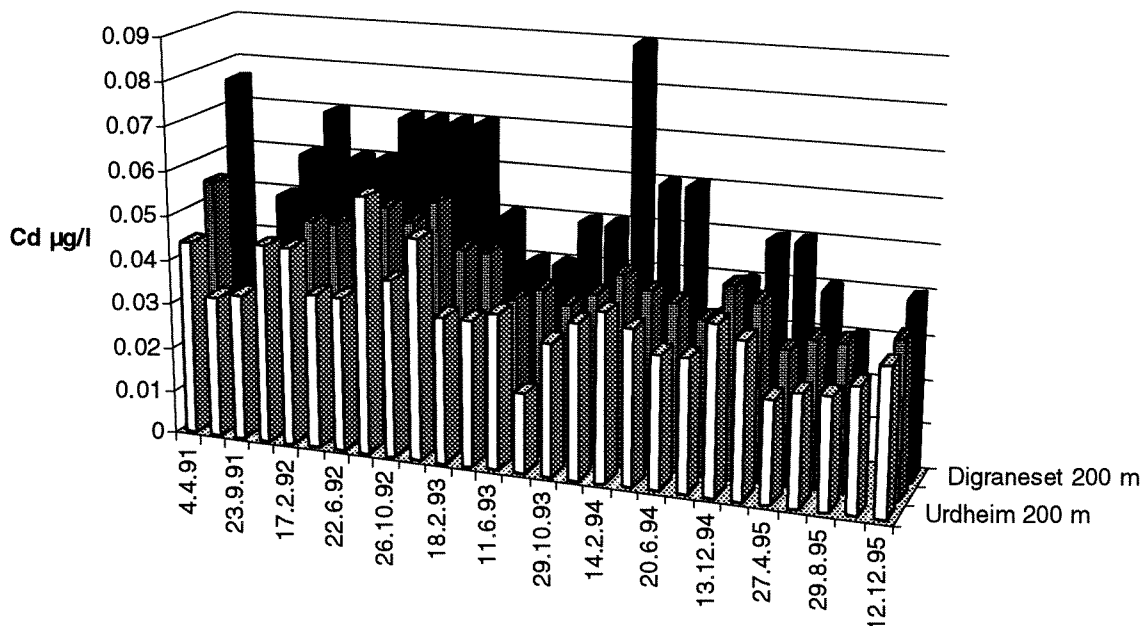
Konsentrasjonene av bly på 200 m dyp i Sørfjorden var ca. 0.2 µg/l ved Digraneset og ca. 0.05 µg/l ute ved Urdheim. Det var således en viss kontaminering i dypvannet innerst i fjorden, mens nivåene ytterst var nede på bakgrunnsnivå.

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 10 µg/l og det er ingen klar trend over tid. Konsentrasjonene har vært høyest innerst i fjorden og har avtatt utover. Dette er et konsentrasjonsnivå som i henhold til SFTs klassifisering kan betraktes som mindre god-nokså dårlig (II-III). Sannsynligheten er stor for at nivået vil endre seg lite i årene fremover med tanke på den belastningen som Sørfjorden har vært utsatt for over en lang tidsperiode. Disse moderate nivåene av sink kan neppe betraktes som et stort miljøproblem.



Figur 16. Sink i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1995.

I likhet med sink har konsentrasjonene av kadmium i dypvannet variert lite de siste tre årene. Konsentrasjonene har stort sett variert mellom 0.03 og 0.07 µg/l og med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Det er en tendens til noe lavere konsentrasjoner i 1995 i forhold til 1994. Gradienten i dypvannet utover fjorden indikerer at dypvannet fortsatt er noe påvirket av utslippene innerst i fjorden. I 1995 varierte konsentrasjonene av kadmium på 200 m dyp mellom 0.02 og 0.03 µg/l på de to ytterste stasjonene. Dette er å betrakte som bakgrunnsnivå.



Figur 17. Kadmium i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1995.

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 1995, slik som i 1994, men at forskjellen mellom indre og ytre fjord blir mindre og at nivåene, hvertfall på dypt vann, fortsatt avtar.

En sammenfatning av gjennomsnittsverdier for samtlige metaller analysert i dypbassengene i Sørfjorden (200 m) er vist nedenfor (konsentrasjoner i $\mu\text{g/l}$, unntatt kadmium og kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	0.15	0.15	0.20
-1992	-	-	-
-1993	-	-	-
-1994	0.30	0.18	0.14
-1995	0.17	0.08	0.05
Zn-1991	4.9	4.2	3.5
-1992	6.7	4.9	4.1
-1993	6.5	5.9	3.3
-1994	5.9	4.2	<3.1
-1995	4.0	2.6	2.2
Cd-1991	55	40	39
-1992	67	49	44
-1993	50	39	31
-1994	47	33	34
-1995	42	34	34
Hg-1991	<2	<2	<2
-1992	<2	<2	<2
-1993	<2.6	<4	<2.0
-1994	<6.1	<2	<2.5
-1995	<2	<2	<2

I likhet med resultatene fra intermediært dyp er det forholdsvis små forskjeller mellom årene og kun en svak gradient fra Odda til Urdheim. Nivåene er nært bakgrunnsnivå i 200 m dyp.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Målinger som Norzink har foretatt på mengder tungmetaller utpumpet til Eitheimsvågen via den ytre spuntveggen viser variasjoner mellom 0 og 369 kg sink pr.uke i 1994 og fra 5 til 106 kg pr. uke i 1995 (Norzink, 1996). Midlere konsentrasjon av sink i det utpumpede vannet i perioden 1994-1995 var 6800 $\mu\text{g/l}$, med maks-konsentrasjon på 12800 $\mu\text{g/l}$ sink i 1995. De største mengdene av tungmetaller pumpes ut om vinteren i regnværsperioder. Nedbørsmålinger viste at det i løpet av de tre første kvartalene i 1995 var 21 % større nedbør enn tilsvarende periode i 1994 (Norzink, 1996). Dette forklarer de forhøyede nivåene av tungmetaller i overflatevannet i Eitheimsvågen i 1995 i forhold til 1994. I tillegg til større utpumping av vann i nedbørsperioder er den diffuse tilførselen via avrenning fra fabrikk-og kaiområdet størst i slike perioder. Dette fører til en ekstra stor belastning på fjorden. Det er derfor ingen grunn til å anta at forholdene i overflatevannet i indre Sørfjorden vil bedre seg i forholdet til dagens situasjon før at en større del av de diffuse tilførselene blir tatt hånd om.

Vannmassene under sprangsjiktet og dypvannet inneholdt i 1995 metallmengder som nærmer seg et bakgrunnsnivå. Det er fortsatt en påvisbar gradient utover fjorden på dypere vann, men forskjellene ytterst og innerst har avtatt.

6. Dykkerbefaring

Stranda langsmed spuntveggen besto av store stein ned til ca. 2 m dyp. På steinene var det en frodig vegetasjon av blæretang (*Fucus vesiculosus*) og tarmgrønske (*Enteromorpha* sp.). Nede mellom steinene på ca. 1 m dyp satt det tett med blåskjell (*Mytilus edulis*). På 1 m dyp vokste også havsalat (*Ulva lactuca*) vanlig.

Bunnen på 2 - 3 m dyp framsto som ren fin sandbunn. Her vokste det endel grønnalger som havsalat og tarmgrønske, og det var tepper av blåskjell. Det ble observert mye småfisk, deriblant mye små flyndrer.

På rundt 4 m dyp endret bunnens overflate seg fra grov sand med grus til fint sediment. Sedimentoverflaten var gjennomhullet av sedimentlevende organismer noe som indikerte gode leveforhold på denne nye bunnen.

Ettersom det ble dypere avtok forekomsten av grønnalger og kun havsalat ble registrert spredt videre utover. Sedimentoverflaten ble tydlige brunere, antakelig som følge av øket vekst av mikroorganismer.

Det ble ellers observert endel store flyndrer (skrubbe) liggende på bunnen og på store blåskjellbanker. Av andre større arter ble det registrert spredte funn av sjøstjerner (*Asterias rubens*) og sjønellik (*Metridium senile*).

På 7 - 8 m dyp avtok dyrelivet. Vannet var fullt av drivende hvite partikler som mest minnet om kloakk utslipp. Det ble mer og mer vanlig med søppel på bunnen. Det var plastlignende materiale, papir, jernstenger, malingspann ved siden av kloakk liknende rester. En god del småfisk ble også observert på bunnen her ute. Store sjøstjerner syntes å være på vei opp fra dypet, idet en front av sjøstjerner sto på ca. 9 m dyp.

Det var ikke noe skarpt skille mellom ny og gammel bunn der hvor bøyen markerte kanten av overdekkingen.

Stranda langsmed vågens vestsida besto av småstein. Det var lite vegetasjon på denne bunnen. Det kan ha sammenheng med bunnens beskaffenhet (småstein og grus er et dårlig substrat). Enkelte små flyndrer ble observert.

Kloakkutslippet til vågen (overflateutslipp innerst i vågens vestre side) var skjemmende ved en tydelig synlig sedimentering av partikler (toalettpapir, bind o.l.) i gruntvannsområdet utenfor utløpet. Frodig grønnalgevekst rundt utslippet indikerte overgjødning.

Ut fra befaringen å dømme syntes overdekkingen av gammel sjøbunn å ha vært vellykket. Det ble ikke observert fysiske skader som sprekker eller liknende, og duken syntes å være fullstendig dekket av ny masse. Bunnen virket frisk og levende, i motsetning til sammenliknbare gruntvannsområder i Odda havneområde.

Ut fra det gryende dyreliv som ble observert vil det være viktig å følge opp utviklingen i vågen med mer inngående biologiske studier.

Undervannsvideo foreligger på Hi8 format, samt en redigert 9 minutters versjon i VHS format.

7. 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.
- Norzink, 1996. Resultater fra Norzinks måleprogram for diffus avrenning. *Pers.medd. Per Strømsnes*.
- Rygg, B. og I. Thèlin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02, 20s.
- Skei, J., 1995. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1994. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3263), 28s.
- 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 1995.

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/95	0	< 2.0	0.150	8.60	0.220	0.24	26.5	0.8
14/02/95	40	< 2.0	0.055	1.10	0.020	0.25	32.0	1.3
14/02/95	200	< 2.0	0.065	2.70	0.035	0.25	34.5	1.1
27/04/95	0	< 2.0	0.120	5.20	0.120	0.40	27.0	1.0
27/04/95	40	< 2.0	0.093	2.25	0.030	0.25	35.0	<0.1
27/04/95	200	< 2.0	0.033	1.35	0.023	0.22	33.5	0.1
20/06/95	0	<2.0	0.120	22.80	0.280	0.28	15.5	2.2
20/06/95	40	<2.0	0.050	1.35	0.028	0.27	34.3	1.0
20/06/95	200	<2.0	0.040	1.55	0.025	0.24	35.0	0.6
29/08/95	0	<2.0	0.080	4.00	0.060	0.26	10.5	4.6
29/08/95	40	<2.0	0.040	2.60	0.028	0.26	34.6	7.2
29/08/95	200	<2.0	0.040	1.50	0.025	0.21	35.0	8.9
24/10/95	0	3.0	0.320	8.20	0.160	0.42		
24/10/95	40	<2.0	0.050	1.40	0.025	0.30		
24/10/95	200	<2.0	0.035	1.85	0.028	0.25		
12/12/95	0	<2.0	0.080	6.00	0.050	0.34	29.5	0.2
12/12/95	40	<2.0	0.075	1.50	0.025	0.30	32.5	0.7
12/12/95	200	<2.0	0.070	2.10	0.033	0.21	35.2	0.9

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/95	0	25.0	0.240	9.60	0.250	0.28	24.5	1.0
14/02/95	40	< 2.0	0.075	1.50	0.230	0.30	33.0	0.9
14/02/95	200	<2.0	0.085	2.90	0.040	0.25	34.0	1.2
27/04/95	0	12.5	0.250	10.00	0.200	0.32	24.0	1.7
27/04/95	40	<2.0	0.120	2.75	0.030	0.25	34.8	0.6
27/04/95	200	<2.0	0.068	2.35	0.030	0.24	35.0	0.3
20/06/95	0	3.0	0.190	33.20	0.400	0.30	14.2	1.5
20/06/95	40	<2.0	0.100	2.50	0.030	0.26	34.4	0.5
20/06/95	200	<2.0	0.075	2.55	0.033	0.23	35.2	0.8
29/08/95	0	<2.0	0.140	5.60	0.200	0.22	7.5	2.7
29/08/95	40	<2.0	0.088	3.50	0.035	0.28	35.1	7.2
29/08/95	200	<2.0	0.065	2.05	0.033	0.25	35.3	7.2
12/12/95	0	2.5	0.300	8.40	0.110	0.36	26.5	0.8
12/12/95	40	<2.0	0.085	1.20	0.025	0.27	32.7	1.0
12/12/95	200	<2.0	0.093	3.05	0.035	0.29	35.3	0.3

Digraneset

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/95	0	< 2.0	0.260	10.80	0.290	0.30	24.8	0.9
14/02/95	40	3.0	0.230	4.20	0.050	0.32	32.5	0.6
14/02/95	200	< 2.0	0.170	4.20	0.050	0.22	34.5	1.7
27/04/95	0	26.0	0.240	11.60	0.220	0.28	19.5	0.9
27/04/95	40	<2.0	0.140	3.80	0.040	0.24	34.5	<0.1
27/04/95	200	<2.0	0.120	4.00	0.050	0.24	35.0	<0.1
20/06/95	0	3.0	0.260	12.60	0.120	0.24	9.5	2.0
20/06/95	40	2.0	0.250	8.00	0.060	0.30	33.9	0.9
20/06/95	200	<2.0	0.190	4.20	0.040	0.22	35.5	0.9
29/08/95	0	3.5	0.230	8.00	0.660	0.20	5.3	1.7
29/08/95	40	2.0	0.330	7.80	0.040	0.38	34.0	5.9
29/08/95	200	<2.0	0.150	3.40	0.030	0.30	35.1	7.2
12/12/95	0	3.5	0.340	8.00	0.090	0.32	25.2	0.8
12/12/95	40	2.5	0.250	5.00	0.040	0.36	32.0	0.3
12/12/95	200	<2.0	0.220	4.00	0.040	0.28	35.4	1.5

Eiterheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/95	0	28.0	17.200	184.00	5.000	0.40	17.0	1.7
14/02/95	10	13.5	0.860	24.40	0.430	0.48	29.0	1.5
27/04/95	0	690.0	0.820	25.50	0.500	0.26	8.5	1.5
27/04/95	10	14.5	1.160	32.60	0.310	0.46	32.0	0.3
20/06/95	0	12.5	0.550	29.00	0.450	0.24	7.5	1.3
20/06/95	10	13.0	1.300	24.00	0.260	0.34	29.0	2.1
29/08/95	0	27.0	0.660	14.40	1.120	0.18	1.5	1.3
29/08/95	10	9.5	1.900	55.60	0.880	0.52	31.2	5.9
12/12/95	0	26.0	3.600	54.40	2.200	0.32	18.7	1.7
12/12/95	10	12.5	1.360	24.00	0.280	0.38	30.0	5.0

Havnebassenget

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	O2 ml/l	Sal. o/oo	TSM mg/l	Tot-N µg/l
14/02/95	0	23.0	0.620	42.00	2.100	0.36		22.0	1.6	450
14/02/95	20	5.5	0.600	14.80	0.140	0.36	4.07	32.0	1.5	570
14/02/95	40	6.5	0.720	9.60	0.080	0.42	4.14	32.8	1.0	365
27/04/95	0	72.5	0.380	13.00	0.170	0.22	9.34	7.5	0.8	
27/04/95	20	6.5	0.710	10.80	0.090	0.62	3.69	34.9	0.6	
27/04/95	40	10.5	2.180	8.80	0.060	0.44	3.65	32.5	0.7	
20/06/95	0	6.0	0.270	14.60	0.150	0.26	8.63	8.9	1.7	300
20/06/95	20	3.0	0.260	12.20	0.100	0.32	8.18	31.5	3.4	850
20/06/95	40	5.0	0.880	19.40	0.120	0.46	3.08	33.5	1.3	990
29/08/95	0	16.5	0.470	8.60	0.580	0.18	7.91	1.2	1.7	180
29/08/95	20	7.5	1.070	30.80	0.190	0.76	2.58	33.5	7.3	1335
29/08/95	40	8.5	0.940	18.60	0.090	0.84	2.75	35.0	5.5	525
12/12/95	0	17.0	2.000	40.60	1.000	0.44	5.88	16.3	0.9	790
12/12/95	20	6.0	0.840	14.40	0.200	0.34	4.83	31.2	1.7	665
12/12/95	40	3.0	0.500	14.00	0.090	1.36	3.93	32.5	31.0	565



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3509-96

ISBN 82-577-3051-3