



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Rapport 700/97

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

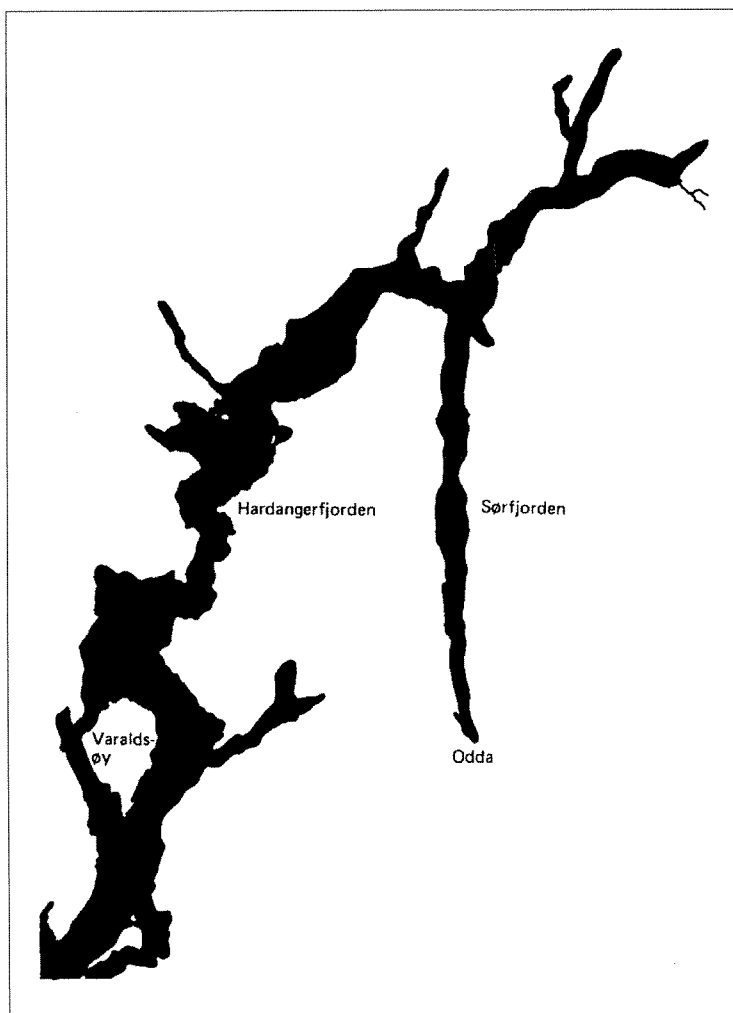
Deltakende institusjon

NIVA

Assayers, Odda

### Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1996

#### Delrapport 1 Vannkjemi



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800309	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3688-97	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo 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 1996. Delrapport 1. Vannkjemi	Dato:	Trykket:
	16.06 1997	NIVA 1997
Forfatter(e): Jens Skei	Faggruppe:	Geografisk område:
	Marinøkologisk	Hordaland
	Antall sider:	Opplag:
	27	

Oppdragsgiver: Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkningsrapport nr. 700/97. TA nr. 1455/1997)	Oppdragsg. ref.:
---	------------------

**Ekstrakt:**  
Vannkjemiske undersøkelser utført i Sørfjorden i 1996 viste at tilførslene av tungmetaller til fjorden varierte sterkt over tid. En kraftig økning i sink og kadmium i overflatevannet om høsten ble satt i forbindelse med ekstraordinære tilførsler fra forurenset grunn på østsiden av Eitrheimsneset. Tilførslene til Eitrheimsvågen varierte også mye i løpet av året. Ettersom disse tilførslene påvirker overflatevannet vil det ha konsekvenser mht. kostholdsrad for blåskjell. Vannmassen under sprangsjiktet i Sørfjorden viser i motsetning til overflatevannet er generell forbedring. Det påpekes i rapporten en manglende oversikt over tilførsler av forurensning til Sørfjorden. Dette henger sammen med at diffuse tilførsler og akuttutslipp langt overskrider tilførsler som skyldes regulær drift ved industribedriftene.

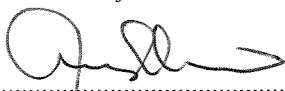
4 emneord, norske

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


4 emneord, engelske

1. Sørfjord
2. Monitoring
3. Water chemistry
4. Pollutant discharges

Prosjektleder

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

For administrasjonen

  
.....  
Bjørn Braaten  
.....

ISBN 82-577-3253-2

Norsk institutt for vannforskning

**O-800309**

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I  
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1996**

**DELRAPPORT 1. VANNKJEMI**

Oslo,

16 juni 1997

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Unni Efraimsen  
ASSAYERS, Odda

## Forord

*NIVA har i 1996 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 68.2 % av kostnadene, Odda kommune og Ullensvang kommune 6.8 % og SFT 25 %. 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. Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA (Roy Beba).*

*Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og biota. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørffjorden startet i 1978. I 1996 er det gjennomført et større overvåkingsprogram som også omfatter bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og biomarkørstudier.*

*Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi. Rapporten vil bli etterfulgt av en rapport vedrørende miljøgifter i sedimenter og bløtbunnsfauna og en rapport om miljøgifter i organismer og biomarkørstudier.*

*Oslo, 16 juni 1997*

*Jens Skei  
prosjektleder*

<b>INNHOOLD</b>	<b>SIDE</b>
FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	7
3. FELTARBEID OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1. Kvantifisering av forurensningstilførsler	9
4.2. Saltholdighet	10
4.3. Totalt suspendert materiale	11
4.4. Nitrogen og oksygen	12
4.5. Metaller	13
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	21
6. LITTERATUR	22
VEDLEGG	23

# Sammendrag og konklusjoner

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1996 gir en beskrivelse av tilstanden fire år etter oppryddingen av Eitrheimsvågen og ti år etter fjerning av jarosittutslippet. Rapporten er følgelig en del av grunnlaget 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 1996 leder til følgende hovedkonklusjoner:

- 1. Det totale utslippet av tungmetaller fra de tre største bedriftene (Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S) har endret seg lite det siste året, med unntak av en reduksjon i tilførslene av bly og sink. Diffus avrenning fra Norzinks fabrikkområde er sannsynligvis en stor og lite forutsigbar kilde til forurensning med tungmetaller. Utslippstallene for nitrogen fra Odda smelteverk er justert opp fra 52.5 tonn i 1995 til 480 tonn i 1996. I følge bedriften har tidligere utslippstall vært feilaktige.**
- 2. Oksygenforholdene i Oddas havnebasseng viste kritiske verdier i bunnvannet i september. Dette har vært et vanlig fenomen og skyldes stort oksygenforbruk (utslipp av kloakk og oksygenforbrukene stoffer fra industrien) og dårlig vannutskiftning på sensommeren og høsten.**
- 3. Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget i dypvannet var betydelig høyere i 1996 enn i 1995. Det er vanskelig å koble dette til utslippstall ettersom disse har vært feilaktige i tidligere år.**
- 4. En dramatisk økning i nivåene av sink og kadmium i perioden august -desember i overflatevannet ble registrert. Økningen kobles til lekkasje av elektrolytttsyre fra et sikringsbasseng på Norzinks fabrikkområde og utvasking av metaller fra forurenset grunn i det samme området. Dette medførte ekstremt høye nivåer av sink i det utslippsnære området høsten 1996. I tillegg ble det påvist en kraftig økning i nivåene av sink og kadmium i Eitrheimsvågen i oktober-desember. Om det er noen kobling mellom disse tilførslene og registreringene i Eitrheimsvågen eller om de har uavhengige forklaringer vites ikke.**
- 5. Ved intermediære dyp i fjorden (40 m) var det fortsatt en klar forurensningsgradient fra havnebassenget til Urdheim, men utviklingen er positiv. I ytre deler av fjorden synes nå tungmetallnivået i 40 m dyp å ha stabilisert seg ikke langt fra bakgrunnsnivået.**
- 6. I dypvannet (200 m) var det kun en svak gradient fra indre til ytre fjord. Nivåene nærmet seg bakgrunnsnivå.**
- 7. Det er en urovekkende utvikling i forurensningstilstanden i Sørfjordens overflatelag. De totale forurensningstilførsler til fjorden er i realiteten ukjent fordi mesteparten av forurensningstilførslene skyldes episodiske utslipp og diffus avrenning og ikke regulær drift. Ettersom det er overflatelaget som påvirkes (på grunn av sjiktede vannmasser) er det liten grunn til å forvente særlig nedgang i nivåene av metaller i blåskjell før denne situasjonen kommer under kontroll.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, april, juni, august og desember 1996 for analyser av saltholdighet, suspendert materiale, nitrogen og oksygen (bare havnebassenget) og tungmetaller (nikkel, bly, kadmium, sink og kvikksølv).
- Saltholdigheten i overflatevannet viste variasjoner mellom 6.5 og 32.5, med laveste konsentrasjoner i juni og august.
- Konsentrasjonen av suspendert partikulært materiale i vannet var variabel. Spesielt høye konsentrasjoner ble målt i februar i overflatevannet i hele fjorden. På dette tidspunktet var saltholdigheten i overflaten høy og observasjonene kan derfor ikke settes i forbindelse med stor ferskvannstilførsel. Det er vanskelig å gi en forklaring på disse verdiene, men tilfeldige ras langs fjorden kan være en mulig årsak.
- Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget var betydelig høyere i 1996 enn i 1995. Utslippstallene for Odda Smelteverk er blitt korrigert som følge av feilanalyse ved avløpsanalyser tidligere år. Utslippene i 1996 er oppgitt til 480 tonn.
- Lekkasje fra et sikkerhetsbasseng for elektrolyttysyre på Norzinks fabrikkområde i tidsrommet august -desember 1996 medførte kraftig forurensning med sink og kadmium i det utslippsnære området øst for Eitrheimsneset (Kalvavika). I tillegg medførte blokkering av et drenerør gjennom forurenset grunn at tungmetaller ble utvasket og transportert til fjorden. Norzink målte maksimalt 120.000 µg/l sink i sjøen nær utslippet i begynnelsen av desember, mens NIVA på sitt overvåkningstokt i oktober målte i overflaten 492 ved Digraneset (50 ganger økning i sinkverdier i forhold til "normalt") og 116 µg/l ved Børve og 41.2 µg/l ved Urdheim. Ettersom forurensningen påvirket hele fjordsystemet (sannsynligvis også Hardangerfjorden) må omfanget av utslippet ha vært stort.
- I tillegg til lekkasjen fra sikkerhetsbassenget og utvasking av forurensede masser på østsiden av Eitrheimsneset ble det også observert en kraftig økning i forurensningen med sink og kadmium i Eitrheimsvågen i oktober. I hvilken grad det er en kobling mellom disse tilførslene eller om det er uavhengige episoder er uklart. Forurensningen av vågen på dette tidspunkt bidro hvertfall til å forsterke forurensningen av overflatelaget i Sørfjorden.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget (40 m dyp) er på retur, selv om nivåene innerst i fjorden fortsatt var høyere enn utover. Et eksempel er kadmium som viste 92 ng/l i havnebassenget, 43 ng/l ved Digraneset, 29 ng/l ved Børve og 23 ng/l ved Urdheim (årgjennomsnitt).
- I dypvannet (200 m dyp) er konsentrasjonene også på retur, men selv her var det fremdeles en gradient utover fjorden. Et eksempel er bly som viste 0.19 µg/l ved Digraneset, 0.10 µg/l ved Børve og 0.08 µg/l ved Urdheim (årgjennomsnitt).

# 1. INNLEDNING

Sørfjorden er inne i en rehabiliteringsperiode og det har nå gått såpass lang tid siden det siste store tiltaket ble satt i verk (oppryddingen i Eitrheimsvågen i 1992) at det nå forventes at tiltakene skal gjenspeiles i resultatene. Situasjonen er imidlertid fortsatt ustabil og fra sensommeren 1996 og fram til desember var det registrert flere ekstarordinære utslipp fra Norzinks fabrikkområde på østsiden av Eitrheimsneset (bl.a. lekkasje fra et sikkerhetsbasseng for elektrolyttysyre) (se fig.1). Dette gav ekstremt høye konsentrasjoner av sink i overflatelaget i sjøen like utenfor lekkasjepunktet (Norzink målte opp til 120.000 µg/l i uke 49). I følge bedriften ble lekkasjen stoppet i begynnelsen av desember 1996. NIVA ble først gjort kjent med hendelsesforløpet i medio januar 1997.

De offisielt anslåtte utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området i 1996 er vist i tabell 1.

**Tabell 1.** Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1996 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1995.

<b>Bedrift</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Hg</b>	<b>PAH</b>
O.S.	209 (285)	107 (410)	450 ( 972)	12.2 (18.8)	4.2 (2.1)	2400 (2600)
NZ <sup>1)</sup>	100 (175)	2800 (5500)	36000 (52000)	900 (900)	5.9 (10.7)	-
TTI	2.7 (?)	26.1 (21.7)	6699 (3574)	0.7 (2.9)	0.7 (0.7)	- (-)
<b>Totalt</b>	<b>312</b> (460)	<b>2933</b> (5931)	<b>43149</b> (56546)	<b>913</b> (922)	<b>10.8</b> (13.5)	<b>2400</b> (2600)

<sup>1)</sup> Tilførslene fra Norzink for 1996 omfatter utslipp fra løpende drift (regulære utslipp og akuttutslipp), utpumping av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområde og beregnede mengder av sink og kadmium tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	5400	70	2450*	30	4.3
Via spuntvegg	1477	67	14.8	4.1	0.1
Kaien	7700	27.5	192.5	55	1.5
Diffuse tilførsler (ca.)	21000	700	?	?	?
SUM**	36000	900	2800	100	5.9

\* Hovedsaklig fra aluminiumfluoridfabrikken.

\*\* Disse tallene er skjønnsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.



Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1995 (Skei og Moy, 1996), er tilførslene av bly nesten halvert på grunn av utslippsreduksjoner ved Odda Smelteverk og fra Norzinks aluminiumfluoridfabrikk, mens de øvrige metallene og PAH er omtrent som tidligere. Bortsett fra kopper så er Norzink fortsatt den dominerende kilden for tungmetaller til Sørfjorden. Det regulære utslippet av sink er gått ned ved Norzink og Odda smelteverk, men har økt ved TTI (tabell 1). Den totale metallbelastningen på fjorden er fortsatt for høy sett i relasjon til vannkvalitetskriterier og nivåer målt i indre deler av fjorden. I tillegg råder det tvil om hvor riktig bilde tabell 1 gir av dagens utslippssituasjon ettersom store deler av tilførslene kommer fra diffuse kilder og ekstraordinære utslipp.

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 23 kg nikkel til sjø i 1996, mens utslippet fra O.S. var på 1923 kg. Dette er en viss økning i forhold til 1995.

Utslippet av PAH fra O.S. er opplyst å være litt lavere i 1996 enn i 1995. Høsten 1994 ble det installert nytt renseanlegg for avløpsvann fra venturianlegget.

Utslippet av nitrogen fra O.S. ble beregnet til 52.5 tonn i 1995, mens utslippet fra dicyproduksjonen i 1996 angis til 480 tonn. Det er altså mer enn en åttedobling i forhold til de utslippstall som ble oppgitt i 1995. Det opplyses av bedriften at utslippstallene fra 1995 er feil på grunn av analysefeil ved eksternt laboratorium. Analysefeil gjaldt også utslipp av cyanid. Utslippet av cyanid til Sørfjorden i 1996 var i følge bedriften 57 tonn. Det totale utslippet av partikulært materiale var vel 42.000 tonn, hovedsaklig filterkake fra dicyproduksjon.

Konklusjonen på utslippssituasjonen må være at de regulære utslippene av tungmetaller til Sørfjorden har gått noe ned, men at betydningen av diffuse kilder og uhellutslipp langt fra er klarlagt. Den totale belastningen på fjordens overflatelag er fortsatt uakseptabel.

## 2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1996 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon i lys av de tiltak som er gjort de senere år og i relasjon til de kjente tilførsler
- fange opp, i den grad det lar seg gjøre, virkningen på vannkvaliteten av utslipp og andre irregulære tilførsler

**Delmålene** knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

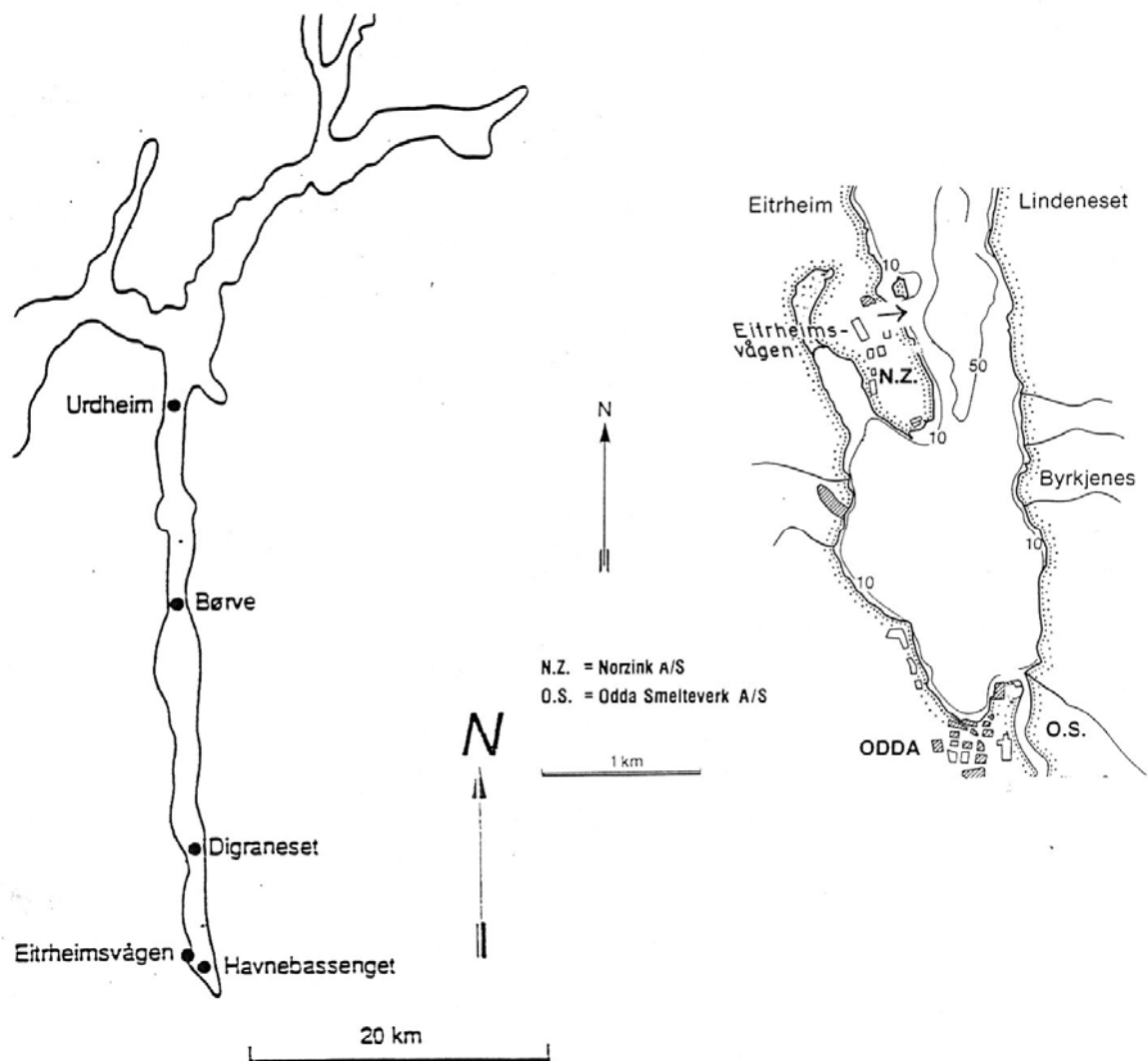
- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller, nitrogen og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

## 3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 13. februar, 16. april, 11. juni, 20. august, 22. oktober og 10. desember 1996 av ASSAYERS i Odda. Disse tidspunktene er nesten identisk med tidspunktene for prøveinnsamling i 1995.

Prøvene ble tatt med Niskin vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kobber, 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 salpetersyreoppløsning ved kalddampsteknikk og gulfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale (TSM), 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 vist i figur 1.



**Figur 1.** Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1996. Kartutsnitt til høyre viser detaljkart for indre Sør fjord. Pil viser ekstraordinære tilførsler nær Kalvavika på Eitrheimsnesets østside.

## 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 svingningene i utslippsforhold bedre enn analyser av biologisk materiale og sedimenter. Problemet er imidlertid regulariteten i tilførslene av forurensning. Hvis disse varierer mye over tid (støtutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller), og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten, gir heller ikke vannprøvene et tilfredsstillende bilde av situasjonen.

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 transport av eventuelle 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 kommer store ukontrollerte tilførsler fra deponier og forurenset grunn i nedbørfeltet og fra forurensete bunnsedimenter (se kap.4.1). Sammenlignet med tilførslene for 10 år siden er dagens tilførsler likevel sterkt reduserte.

### 4.1. Kvantifisering av forurensningstilførsler.

Sørfjorden er resipient for tre større industribedrifter (Norzink, Odda Smelteverk og Tinfos Titan & Iron), en mindre by (Odda) og flere mindre tettsteder (Tyssedal, Ullensvang m.fl.). Fjorden har en overflate på 63 km<sup>2</sup> og et volum på ca. 1 x 10<sup>10</sup> m<sup>3</sup> hvorav overlatelaget (0-5 m) utgjør 3.15 x 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> (Skei, 1975). Den gjennomsnittelige ferskvannstilførselen er 2 x 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> pr.år.

Forurensningsproblemene har vært fokusert på tungmetaller, hvorav et lite utvalg har vært målt på i vann, biologisk materiale og bunnsedimenter. Elementer som arsen, sølv, indium, bismut og antimon, som man vet har vært sluppet ut i store mengder og som i tillegg regnes som miljøgifter, har ikke vært overvåket regelmessig.

Nivåer som registreres ved en resipientovervåking skal i stor grad reflektere tilførslene og endringene av disse over tid. Det er derfor av avgjørende betydning for tolkning av resipientdata at tilførselsdata er tilnærmevis riktige. Ved overføring av jarosittavfallet til fjellhaller i 1986 ble tilførslene av tungmetaller fra regulær drift ved Norzink dramatisk redusert. Belastningen av tungmetaller på vannmassen under overlatelaget avtok og dette gav et kraftig utslag på vannkvaliteten. I dag er nivåene av tungmetaller fra 40 m dyp og ned til bunnen av Sørfjorden "normalisert". Også nivået av kvikksølv i fisk er redusert slik at at kostholdsrådet er opphevet. I overflatevannet derimot er det lite og ingen bedring å spore trass store tiltak for å redusere tilførslene fra Eitrheimsvågen. Årsaken til dette er at det ikke finnes noen fullgod oversikt over mengder tungmetaller som tilføres overflatevannet i indre Sørfjord. Utslippstall basert på regulær drift ved bedriftene har gått jevnlig ned,

men disse tilførslene har en underordnet betydning i forhold til diffuse tilførsler fra land. Norzink har i en omfattende kartlegging forsøkt å estimere de totale tilførsler fra bedriftens industriområde for sink og kadmium på grunnlag av et internt måleprogram. Dette viser at kun 15% av sinktilførselen og 8% av kadmiumtilførselen skyldes regulære utslipp. Resten skyldes avrenning fra industriområdet, forurensning i kaiområdet og utpumping av magasinert vann bak spuntvegg i vågen. Ingen av de andre bedriftene har målinger som viser diffuse tilførsler fra industriområdene.

I tillegg må vi forvente at det er betydelige mengder tungmetaller som er deponert i nedbørfeltet til indre Sørfjord som følge av utslipp til luft. Dette er en kilde som ikke har vært vurdert, delvis fordi utslipp av tungmetaller til luft ikke har vært skikkelig undersøkt og overvåket.

Den tredje kilden til forurensning som er lite forutsigbar og kvantifiserbar er uhellsutslipp. I løpet av de siste årene har det vært rapportert minimum ett uhell hvert år som har gitt større utslipp til fjorden og som er blitt registrert ved overvåking av vannkvaliteten i fjorden. Høsten 1989 skjedde det en dramatisk forverring av overflatevannskvaliteten i hele Sørfjorden med hensyn til tungmetaller (Skei et al, 1990). Denne situasjonen var vedvarende i flere måneder og tilførslene må ha vært formidable. Det kan ha vært flere årsaker til dette. Norzink rapporterte lekkasjer fra fjellhallene i samme tidsrom, men mengden som ble anslått å ha lekket ut kan ikke forklare målingene i fjorden. Også i 1991 rapporterte Norzink uhellsutslipp som medførte ekstra tilførsler av tungmetaller til Sørfjorden og i 1992 hadde Norzink et uhellsutslipp i januar som i anslått mengde tilsvarte en tredjedel av det totale årsutslippet av sink til fjorden (Skei, 1993). Dette viser at det er vanskelig å angi pålitelige estimater for tungmetalltilførselen til overflatelaget i Sørfjorden. Det innebærer at overvåkingen av overflatevannskvaliteten og innholdet av tungmetaller i blåskjell er umulig å relatere til utslippstall. Det innebærer også at det er vanskelig å relatere vannkjemien til innholdet av tungmetaller i blåskjell ettersom analyser av vannprøver 6 ganger pr. år ikke fanger opp alle episodiske utslipp.

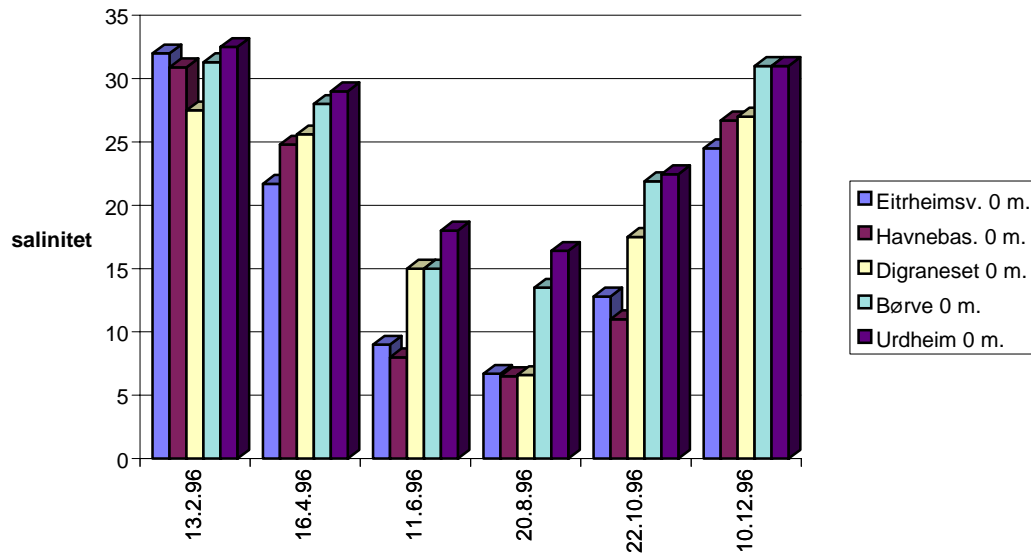
Det er ikke bare på tungmetaller at utslippssituasjonen er uklar. Utslippene av PAH fra Odda Smelteverk ble oppgitt av bedriften i 1992 å være 11.3 tonn. I 1993 ble utslippet beregnet til å være 2.9 tonn, uten at det ble angitt noen spesiell grunn til en reduksjon i utslippet med 75% (Skei, 1994). Høsten 1994 ble det installert renseanlegg på venturianlegget ved Odda Smelteverk. Oppgitte utslippstall for 1995 var det samme som 1994; 2.6 tonn PAH (Skei og Moy, 1996). Dette virker ulogisk og bidrar til å svekke tilliten til utslippstall.

Også for nitrogen er utslippstallene høyst usikre. Her har analyser av Odda Smelteverks avløpsvann vært feilaktige i flere år med den følge at utslippet har "økt" fra 52.5 tonn i 1995 til 480 tonn i 1996. Dette illustrerer noe av situasjonen vedrørende kvantifisering av utslipp til indre Sørfjorden.

## **4.2. Saltholdighet.**

I 1996 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 6.5 og 32.5 i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og august og den høyeste i desember (figur 2). Dette er stort sett samme bilde som fra tidligere år og gjenspeiler ferskvannstilførselen til Sørfjorden. Som regel var saltholdigheten lavest i Eitheimsvågen eller havnebassenget. 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, Tyssø) avgjørende for de laveste saltholdighetene i overflatevannet, mens regnvær, untatt ved store regnskyl, 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 fortykning med smeltevann.

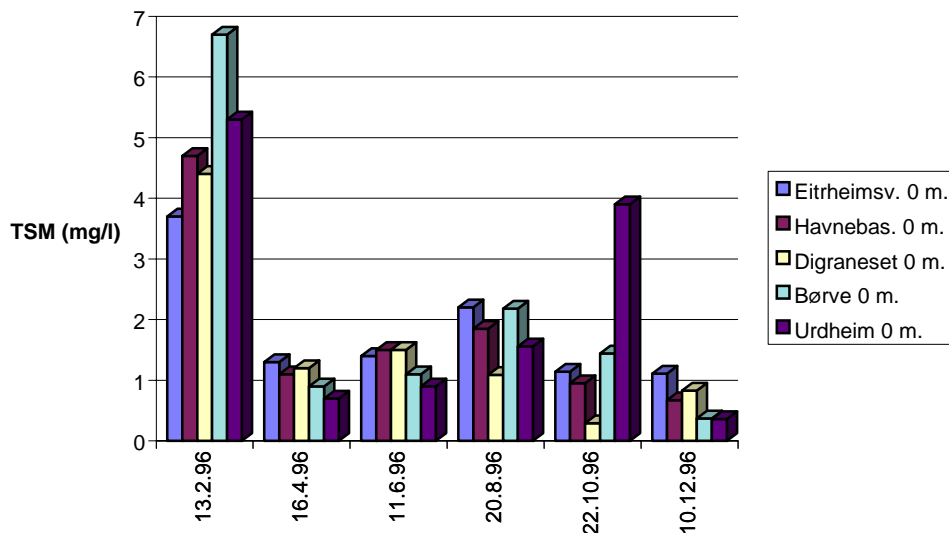
I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 33.2 og 35.5 i 1995. Saltholdigheten var omtrent den samme ved Urdheim på 200 m dyp.



**Figur 2.** Saltholdighet i overflateprøver i Sør fjorden, 1996.

#### 4.3. Totalt suspendert materiale (TSM)

Det ble registrert store variasjoner i TSM-verdier i 1996 (fig.3). De høyeste konsentrasjonene ble målt i februar i overflatevannet i hele fjorden, med høyeste konsentrasjon (6.7 mg/kg) målt ved Børve. De laveste konsentrasjonene ble målt i desember med verdier < 1mg/kg i overflaten i hele fjorden. Det ser ikke ut til å være noen sammenheng mellom saltholdighet og mengde TSM i prøvene eller partikkelmengde og årstid. Det er heller ikke registrert noen klar tendens når det gjelder den vertikale fordelingen av partikler, selv om overflateprøvene oftest viste noe høyere nivåer. Dette indikerer at det verken er partikler knyttet til flomvann eller partikler knyttet til biologisk produksjon som ensidig styrer partikkelfordelingen i fjorden på de tidspunkt prøvene er tatt. Sannsynligvis er det tre kilder som påvirker partikkelmengde og sammensetning: leirpartikler som transporteres med ferskvann, plankton som produseres i fjordens overflatelag og partikler som tilføres fra den industrielle virksomheten i Odda og Tyssedal.



**Figur 3.** Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sørfjorden, 1996.

#### 4.4. Nitrogen og oksygen

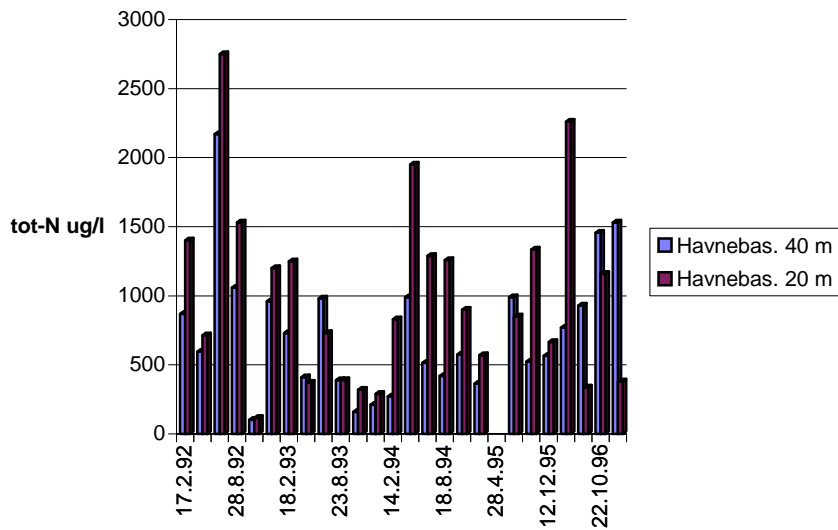
Nitrogen- og oksygenobservasjonene var i 1996, som tidligere år, begrenset til havnebassenget i Odda (fig. 4 og 5).

I 1995 ble det i overflatevannet her målt verdier mellom 180 og 790  $\mu\text{g/l}$  total nitrogen (Skei og Moy, 1996). Nivåene i 1996 var noe lavere (210-410  $\mu\text{g/l}$ ). Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i desember.

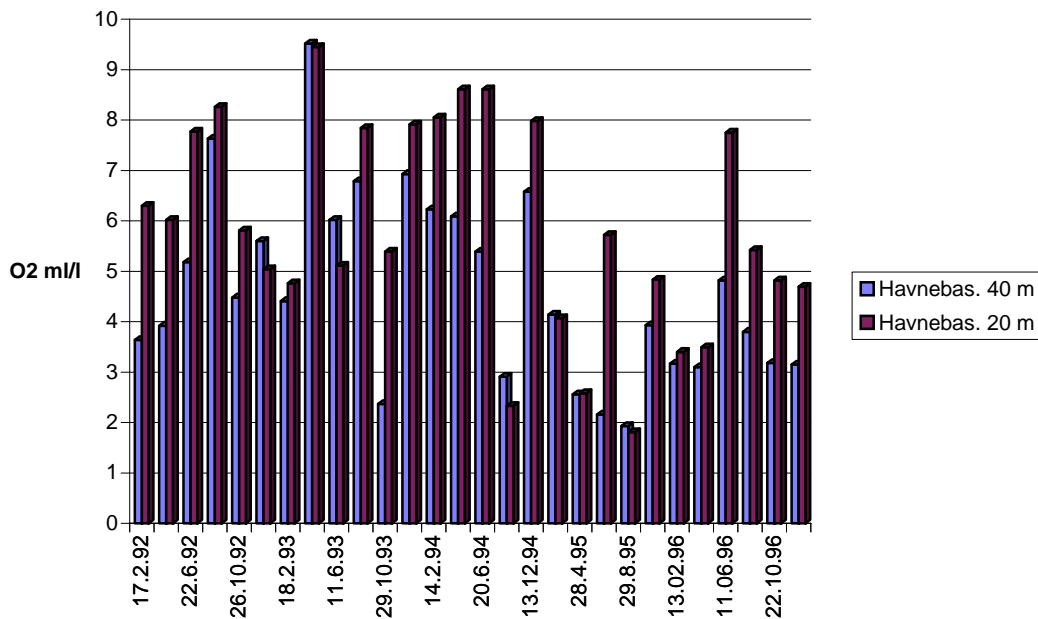
I havnebassenget ble det i 20 m dyp (utslippsdyp for avløpsvann fra Odda Smelteverk) målt maksimalt 1335  $\mu\text{g/l}$  tot.N i 1995, mens 1996-nivåene på 20 og 40 m dyp gjennomgående var høyere, med maksimumkonsentrasjon på 2260  $\mu\text{g/l}$  tot.N.

Det er vanskelig å sette disse resultatene i sammenheng med utslippstall ettersom disse er høyst usikre for tidligere år (se kap.1). Med utgangspunkt i at minimum 10 % av det totale nitrogenutslippet er biotilgjengelig (Källqvist, 1992), vil imidlertid ca 50 tonn nitrogen kunne utnyttes som næring i planktonproduksjon, forutsatt at nitrogenet transporteres opp i det produktive overflatelaget. Til sammenligning er bidraget av kommunalt avløpsvann anslått til 15-20 tonn biologisk tilgjengelig nitrogen pr. år (Brev fra NIVA, 4.09.96 til Odda Smelteverk).

Laveste oksygenkonsentrasjon i dypvannet i 1995 ble målt til 2.58 ml/l i september (Skei og Moy, 1996), mens det i 1996 ble målt ned til 3.10 ml/l i september (fig. 5). Variasjonene gjennom året var små i dypvannet. Det ser ut til at nytt vann påvirket bassengvannet på forsommeren, mens fra juni og ut året avtok konsentrasjonene gradvis fra 4.82 ml/l til 3.15 ml/l i desember. De laveste konsentrasjonene har vanligvis opptrådt på høstparten, etter lengre perioder med dårlig vannutskifting og stort oksygenforbruk som følge av planktonoppblomstringer, kloakkutslipp og tilførsler av oksygenforbrukende stoffer fra Odda Smelteverk.



**Figur 4.** Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1992 - 1996 (20 og 40 m dyp).



**Figur 5.** Oksygen i havnebassenget i Odda, 1992 -96 (20 og 40 m dyp).

#### 4.4. 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. Resultatene fra 1991, dvs. ett år før oppryddingen i Eitrheimsvågen var ferdig og årene etter er sammenlignet for om mulig å se en trend.

#### *Overflatevann.*

Grafisk fremstilling av resultater fra tungmetallanalyser i overflatevann i 1992, 1993, 1994, 1995 og 1996 er vist på figurene 6-8. Det som preger bildet i 1996 er den kraftige forverringen i forurensningen med sink og kadmium på ettersommeren og fram til jul. Sannsynligvis er det forskjellige årsaker til dette. Ved toktet i august ble det påvist en plutselig økning i nivåene av sink og kadmium på stasjonen ved Digraneset (tre-dobling av sink og kadmium i forhold til foregående tokt). På dette tidspunktet var det kun en ubetydelig økning i Eitrheimsvågen. Registreringen ved Digraneset settes derfor i forbindelse med lekkasje fra sump (sikkerhetsbasseng) og utvasking av forurensede masser som følge av blokkering av drenerør på Norzinks industriområde og som medførte tilførsler til sjøen på østsiden av Eitrheimsneset. Vannprøver som Norzink tok 11.08.96 viste maksimumskonsentrasjoner på 22.400 µg/l sink og 148 µg/l kadmium nært land. I begynnelsen av desember målte Norzink verdier opp til 120.000 µg/l sink i overflatevann utenfor lekkasjestedet. Dette tyder på at utslippet har pågått siden august 1996 og vedvart til i begynnelsen av desember da lekkasjen ble stoppet, i henhold til opplysninger fra bedriften. Det må derfor fastslås at utslippet har vært meget stort, uten at det er mulig å anslå mengden med noen grad av sikkerhet.

I tillegg til utslippet på østsiden av Eitrheimsneset ble det registrert en kraftig økning i nivåene av sink og kadmium i Eitrheimsvågen i perioden oktober til desember, med nivåer på 1540 µg/l sink i overflatevannet. Det er ingen umiddelbar forklaring på denne forverringen i vågen. Den vil imidlertid bidra til å øke forurensningen i hele fjorden i dette tidsrommet.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1996 er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, untatt kvikksølv som er i 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	0.46
<b>- 1994</b>	0.8	0.5	0.29	0.24	0.22
<b>-1995</b>	4.6	0.7	0.27	0.22	0.15
<b>-1996</b>	1.4	0.5	0.33	0.27	0.13
<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>-1994</b>	75.6	42.4	14.2	9.1	8.5
<b>-1995</b>	61.5	23.8	10.2	13.4	9.1
<b>-1996</b>	308.6*	137.2*	94.0*	29.1*	16.1*
<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>-1994</b>	0.9	0.45	0.16	0.11	0.10
<b>-1995</b>	1.9	0.80	0.28	0.23	0.15
<b>-1996</b>	6.7*	2.34*	1.80*	0.60*	0.30*

forts.

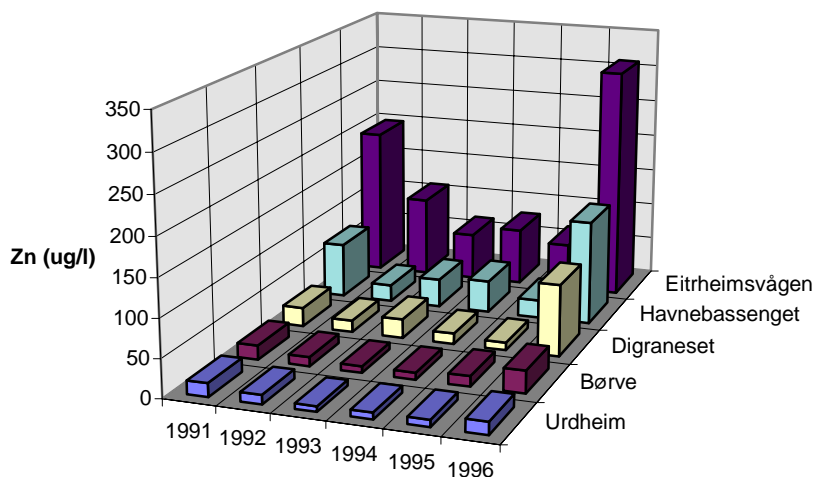


Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Hg-1991	341	63.4	<10.9	<8.1	<7.0
-1992	20.2	7.8	<3.2	<2.4	<2.3
-1993	10.8	<6.8	<2.9	<2.0	<2.0
-1994	10.0	<5.4	<5.8	<2.7	<2.0
-1995	156.7	27.0	<7.6	<9.0	<2.1
-1996	64.1	11.0	2.4	1.8	<1.2

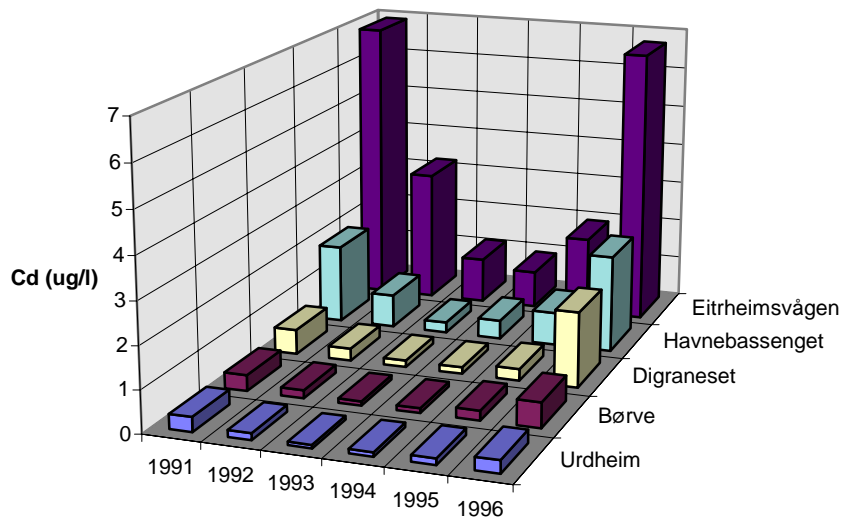
• høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i oktober

Forverringen i 1996 mht. gjennomsnittskonsentrasjoner av Zn og Cd er illustrert i fig. 6-7. Her fremgår at nivåene av sink i overflatevannet lå høyere i gjennomsnitt i 1996 enn i 1991- før oppryddingen i vågen. Dette gjelder spesielt på strekningen Odda-Digraneset og skyldes ekstremverdier i oktober 1996.

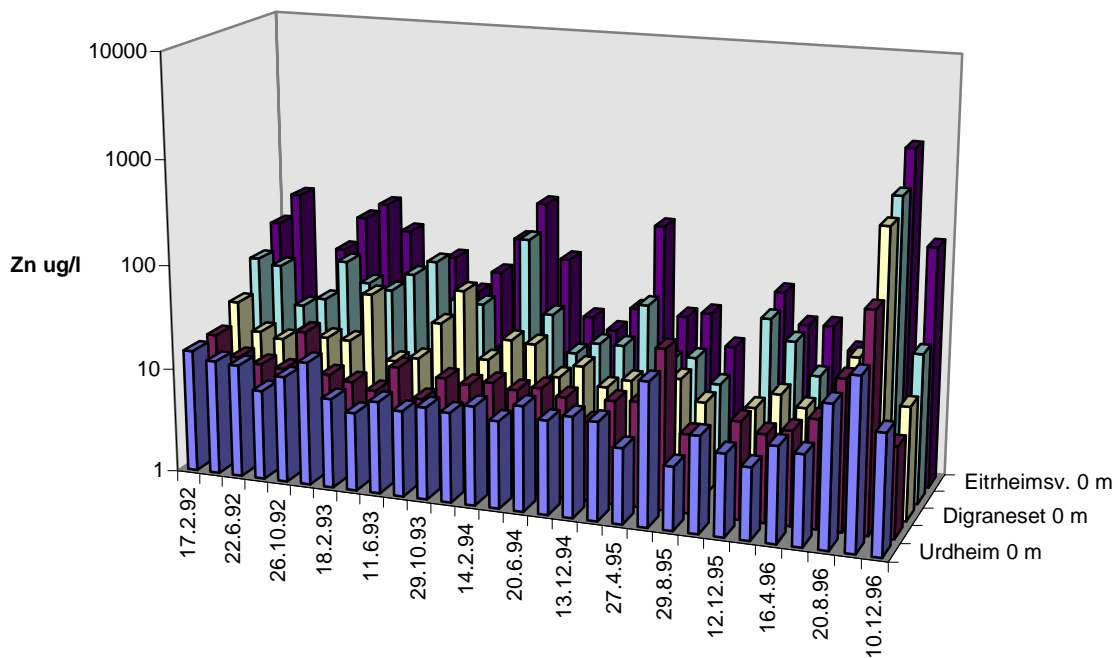
Utviklingen med hensyn til kadmium synes å være nokså lik den for sink, med en kraftig økning i 1996 som gjenspeiles i hele fjorden (fig.7).



**Figur 6.** Gjennomsnittsverdier for sink i overflatevann i Sjøfjorden i perioden 1991-1996 på de ulike stasjonene.



**Figur 7.** Gjennomsnittsverdier for kadmium i overflatevann i Sør fjorden i perioden 1991-1996 på de ulike stasjonene.



**Figur 8.** Fordeling av sink i overflatevann i Sør fjorden i 1992 - 1996 (NB! logaritmisk skala)

I motsetning til sink og kadmium viser bly en generell nedgang i 1996 i forhold til 1995, i tråd med hva utslippstallene skulle tilsi.

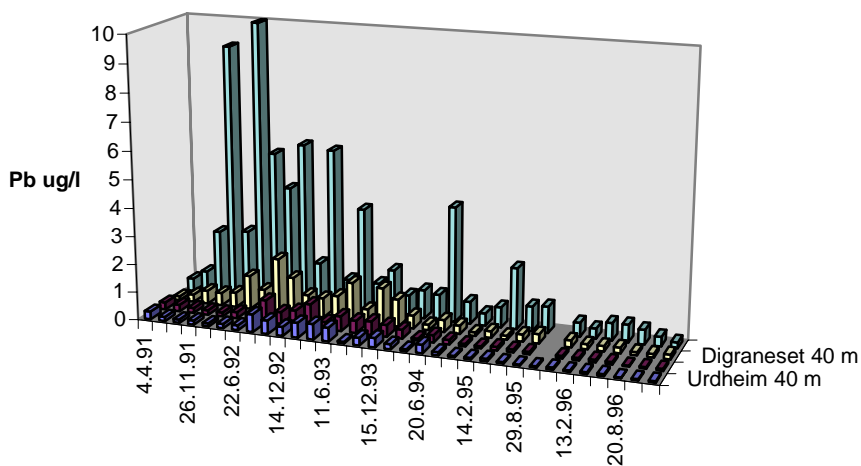
Kvikksølv viser stor grad av variabilitet hvor konsentrasjonene i overflatevannet i Eitrheimsvågen varierte mellom 6 og 284 ng/l i 1996. Den betydelige kvikksølvforurensningen i vågen i april (284 ng/l) var ledsaget av en verdi på 38.5 ng/l i havnebassenget, mens det lenger ute i fjorden ikke kunne registreres noen økning.

#### *Intermediært vann*

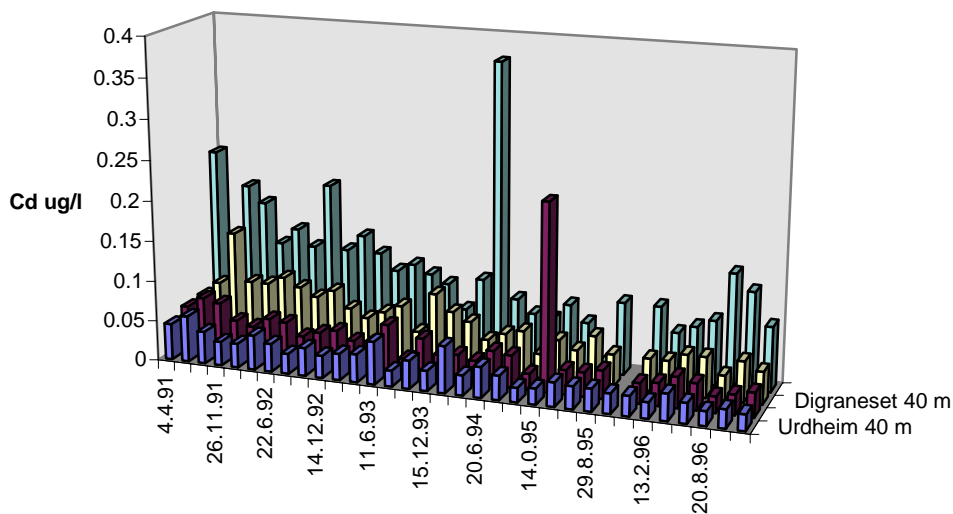
Med intermediært vann menes i dette tilfelle vann på 40 m dyp i Sørfjorden. Dette er et dyp som påvirkes av dypvannsutslipp (gipsutslipp fra Norzink og utslipp fra Odda Smelteverk etc.) og hvor vannet har en betydelig lengere oppholdstid enn i overflaten. Det har vært en meget markert forskjell mellom metallnivåene i overflatelaget og underliggende vann, spesielt etter 1986 da jarosittutslippet fra Norzink opphørte. Resultatene fra analysene av intermediært vann er vist på figurene 9-10.

Konsentrasjonene av bly viste en avtagende tendens fra 1992 til 1994 og denne tendensen fortsatte i i 1995 og 1996 (fig.9). Dette antas å skyldes reduserte utslipp fra Odda Smelteverk.

Nivåene av sink og kadmium ved 40 m dyp viste på årsbasis små forskjeller mellom 1995 og 1996, selv om en viss økning i 1996 ble registrert, spesielt for kadmium på de innerste stasjonene (fig.10). Det siste kan ha sammenheng med de forhøyede verdiene av sink og kadmium i overflatevannet høsten 1996 og som har påvirket vannmassen under.



**Figur 9.** Bly i 40 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1996.



**Figur 10.** Kadmium i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1996.

Konsentrasjonene av kvikksølv i 40 m dyp var generelt lave. Kun i havnebassenget var nivåene svakt forhøyet.

Middelkonsentrasjoner for metaller i 40 m dyp i perioden 1991 - 1996 er gjengitt nedenfor (konsentrasjoner i  $\mu\text{g/l}$ , unntatt kadmium og kvikksølv som er i  $\text{ng/l}$ ):

Metall/år	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
<b>Pb-1991</b>	3.18	0.33	0.21	0.18
<b>-1992</b>	4.89	1.08	0.39	0.31
<b>-1993</b>	2.33	0.95	0.59	0.45
<b>-1994</b>	1.45	0.30	0.18	0.14
<b>-1995</b>	0.24	0.24	0.07	0.06
<b>-1996</b>	0.45	0.16	0.07	0.05
<b>Zn-1991</b>	21.7	11.8	6.5	4.9
<b>-1992</b>	20.1	9.5	4.2	3.0
<b>-1993</b>	21.7	10.3	5.8	3.7
<b>-1994</b>	11.5	5.9	4.2	<3.1
<b>-1995</b>	14.1	5.6	2.3	1.7
<b>-1996</b>	17.1	6.2	3.1	<1.8
<b>Cd-1991</b>	175	88	57	43
<b>-1992</b>	140	77	42	33
<b>-1993</b>	97	63	38	34
<b>-1994</b>	135	47	33	34
<b>-1995</b>	88	46	70	26
<b>-1996</b>	92	43	29	23

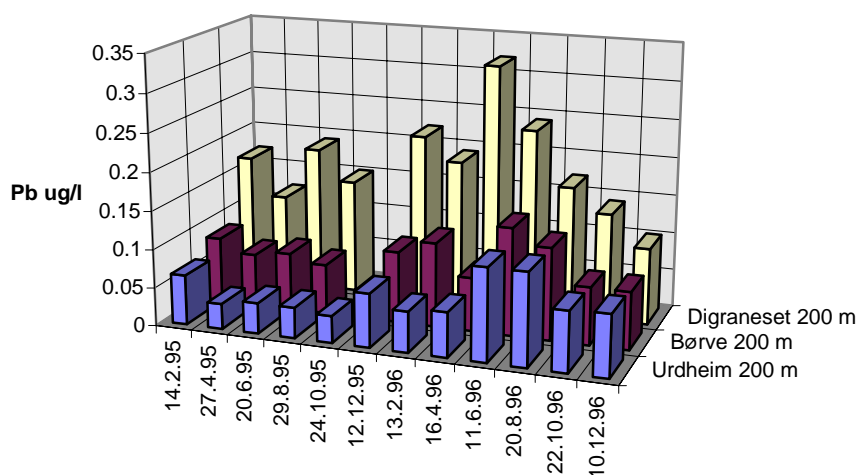
forts.

Metall/år	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
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
-1996	3.0	<1.3	<1.3	<1.0

### 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.

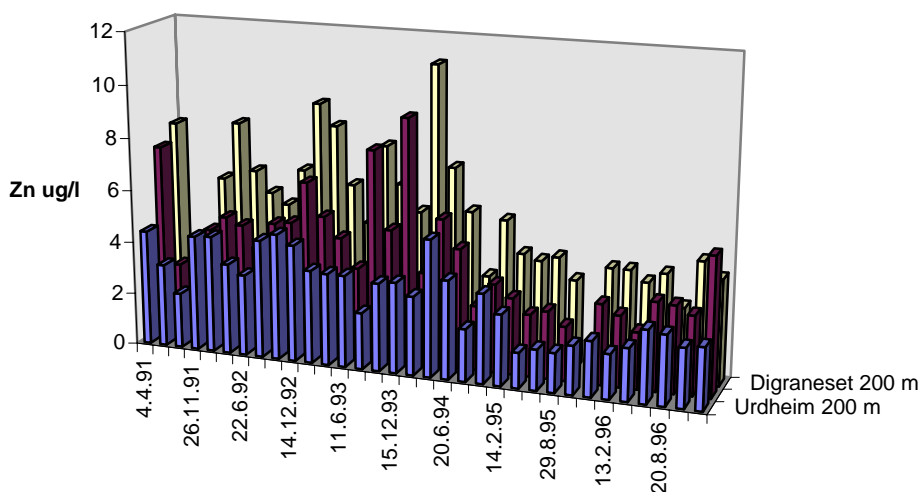
Figur 11 viser fordelingen av bly ved 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1995 - 1996 (blydata fra 200 m dyp fra perioden 1992 - 1994 var upålitelig og er derfor ikke tatt med).



**Figur 11.** Bly i 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1995 - 1996.

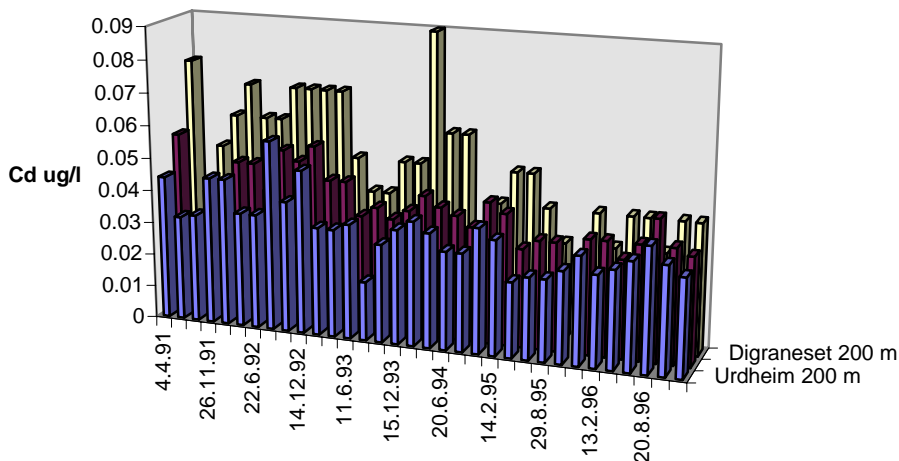
Av fig.11 fremgår at nivåene av bly i 200 m dyp var noe høyere enn i 1995 og at det var en gradient mellom Digraneset og Urdheim.

Konsentrasjonene av sink ved 200 m dyp på de tre ytterste stasjonene har ikke endret seg så mye de par siste årene (fig.12). Konsentrasjonene har variert mellom 2 og 5  $\mu\text{g/l}$ , men selv ved de lave nivåene er det en trend med økende konsentrasjoner innover i fjorden.



**Figur 12.** Sink i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1996.

I likhet med sink har konsentrasjonene av kadmium i dypvannet variert lite de siste tre årene (fig.13). Konsentrasjonene har stort sett variert mellom 0.03 og 0.05  $\mu\text{g/l}$  og med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Dette er å betrakte som nært bakgrunnsnivå for kadmium i sjøvann.



**Figur 13.** Kadmium i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1996.

Alle resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra havnebassenget og ut til munningen av Sør fjorden i 40 og 200 m dyp i 1996, men at forskjellen mellom indre og ytre fjord blir mindre og at nivåene, ihvertfall på dypt vann, fortsatt avtar.

En sammenfatning av gjennomsnittsverdier for samtlige metaller analysert i dypbassengene i Sørfjorden (200 m) er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt kadmium og kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Digraneset	Børve	Urdheim
<b>Pb-1991</b>	0.15	0.15	0.20
<b>-1992</b>	-	-	-
<b>-1993</b>	-	-	-
<b>-1994</b>	0.30	0.18	0.14
<b>-1995</b>	0.17	0.08	0.05
<b>-1996</b>	0.19	0.10	0.08
<b>Zn-1991</b>	4.9	4.2	3.5
<b>-1992</b>	6.7	4.9	4.1
<b>-1993</b>	6.5	5.9	3.3
<b>-1994</b>	5.9	4.2	<3.1
<b>-1995</b>	4.0	2.6	2.2
<b>-1996</b>	3.8	3.3	2.3
<b>Cd-1991</b>	55	40	39
<b>-1992</b>	67	49	44
<b>-1993</b>	50	39	31
<b>-1994</b>	47	33	34
<b>-1995</b>	44	34	34
<b>-1996</b>	37	35	32
<b>Hg-1991</b>	<2	<2	<2
<b>-1992</b>	<2	<2	<2
<b>-1993</b>	<2.6	<4	<2.0
<b>-1994</b>	<6.1	<2	<2.5
<b>-1995</b>	<2	<2	<2
<b>-1996</b>	<1.6	<1.3	<1

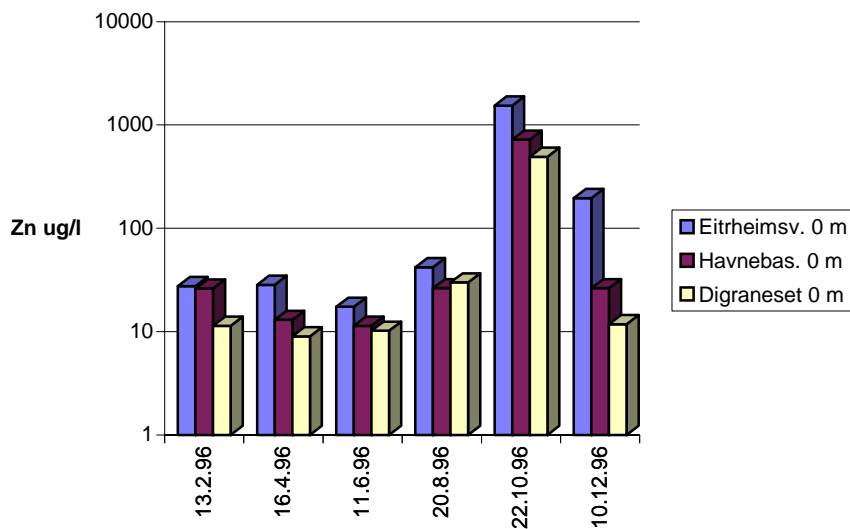
I likhet med resultatene fra intermediært dyp er det forholdsvis små forskjeller mellom årene og kun en svak gradient fra Odda til Urdheim. Nivåene er nært bakgrunnsnivå i 200 m dyp.

## 5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Det som preget tilstanden i 1996 var den kraftige økningen i overflateforurensning med sink og kadmium i perioden august-desember og som vesentlig skyldtes lekkasjer fra et sikkerhetsbasseng for elektrolyttysyre på Norzinks industriområde. Lekkasjen medførte tilførsler av sterkt metallforurenset vann med lav pH på østsiden av Eitrheimsneset. Norzink målte nivåer opp til 120 mg/l sink i overflatevann nær utslippsstedet. I følge WRCs vannkvalitetskriterier for sink (Mance and Yates, 1984) er grensen satt til 40 µg/l i sjøvann for "protection of saltwater fish and shellfish". I tillegg er det rapportert at sinkkonsentrasjoner på 3-4000 µg/l i sjøvann er akutt giftig for blåskjell. Dette innebærer at de konsentrasjonene som er målt i Kalvavika på østsiden av Eitrheimsneset må ha vært giftig for blåskjell og en rekke andre marine organismer.

I tillegg til de ekstraordinære tilførslene av sink og kadmium til Kalvavika i perioden august-desember, skjedde det også en kraftig økning av tilførslene av sink og kadmium til Eitrheimsvågen i oktober. Også i desember ble det målt høye konsentrasjoner i vågen, men nivåene var på vei ned. Det er uklart om det er en sammenheng mellom disse observasjonene eller om det er helt uavhengige årsaker. Det som er klart er at økningen i forurensning i vågen og havnebassenget ble registrert på

oktobertoktet, mens ved Digraneset som ligger nedstrøms lekkasjepunktet på Eitrheimsneset ble økningen registrert allerede i august (fig.14).



**Fig. 14.** Sink i overflatevannet i Eitrheimsvågen, havnebassenget og Digraneset i 1996 (logaritmisk konsentrasjonsskala)

Figuren (merk logaritmisk skala) viser at konsentrasjonene i overflaten i vågen og i havnebassenget økte først i oktober, mens ved Digraneset økte konsentrasjonen fra 10.2 µg/l i juni til 30 µg/l i august.

Den store variabiliteten i tilførslene til Sørfjorden gjør at forurensningssituasjonen må betraktes som labil og svært lite forutsigbar. Ettersom forurensningen i stor grad rammer overflatelaget er det ikke å forvente at tungmetallinnholdet i blåskjell skal gå ned. Situasjonen i de underliggende vannmassene er langt mere stabil og her har forholdene stadig blitt bedre etter 1986. At forholdene er så forskjellige i overflatelaget og i dypvannet skyldes den sterke sjiktningen i Sørfjorden.

## 6. LITTERATUR

Bloom, N.S. og E.A. Creelius, 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.

Källqvist, T., 1992. Undersøkelse av dicy-kalk fra Odda Smelteverk. NIVA-rapport O-92114, 12s.

Mance, G. og Yates, J., 1984. Proposed environmental quality standards for list II substances in water. Zinc. Water Research Center TR 209, 42 s.

NIVA, 1996. Brev til Odda Smelteverk A/S av 4.09.96. Jnr. 2229/96, O-95174.

Skei, J., 1993. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1992. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2967), 22 s.



- Skei, J.,1994. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1993. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3068), 28 s.
- Skei, J., Knutzen, J., Moy,F. og Green, N, 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1998-1989. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s.
- Skei, J.og Moy, F., 1996. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1995. Delrapport 1. Vannkjemi og dykkerbefaring. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3509), 29s.

## **VEDLEGG**

**Tabell 1: Vannkjemiske data 1996.**

## 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
13/02/96	0	<1.0	0.130	4.80	0.030	0.32	32.50	5.30
13/02/96	40	1.0	0.048	1.25	0.020	0.32	33.81	2.90
13/02/96	200	<1.0	0.053	1.70	0.028	0.32	34.33	1.10
16/04/96	0	1.0	0.110	8.00	0.070	0.32	29.00	0.70
16/04/96	40	<1.0	0.065	3.40	0.033	0.30	35.20	1.00
16/04/96	200	<1.0	0.058	2.00	0.030	0.24	35.65	1.00
11/06/96	0	2.0	0.140	7.20	0.070	0.52	18.00	0.90
11/06/96	40	<1.0	0.068	2.65	0.025	0.26	33.50	0.30
11/06/96	200	<1.0	0.120	2.75	0.033	0.24	35.20	0.20
20/08/96	0	1.0	0.170	21.80	0.680	0.28	16.40	1.56
20/08/96	40	<1.0	0.028	<1	0.018	0.24	33.35	0.95
20/08/96	200	1.0	0.120	2.65	0.038	0.25	34.95	1.34
22/10/96	0	<1.0	0.120	41.20	0.880	0.32	22.45	3.90
22/10/96	40	<1.0	0.048	1.30	0.023	0.29	31.50	0.93
22/10/96	200	1.0	0.078	2.25	0.033	0.23	35.85	1.68
10/12/96	0	1.0	0.100	13.60	0.080	0.30	31.00	0.36
10/12/96	40	<1.0	0.053	1.55	0.020	0.24	32.57	0.45
10/12/96	200	<1.0	0.080	2.35	0.030	0.24	35.02	0.91

## 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
13/02/96	0		0.23	6.80	0.05	0.60	31.30	6.70
13/02/96	40	1.0	0.09	2.15	0.03	0.37	33.40	5.10
13/02/96	200	1.5	0.11	2.70	0.04	0.40	34.73	3.10
16/04/96	0	2.0	0.14	7.80	0.10	0.32	28.00	0.90
16/04/96	40	<1.0	0.09	4.20	0.04	0.33	34.78	1.20
16/04/96	200	<1.0	0.07	2.15	0.03	0.31	35.70	0.80
11/06/96	0	2.0	0.22	10.60	0.14	0.28	15.00	1.10
11/06/96	40	<1.0	0.09	4.80	0.03	0.30	33.40	0.60
11/06/96	200	<1.0	0.14	3.35	0.04	0.24	34.60	0.10
20/08/96	0	2.5	0.71	26.40	0.70	0.28	13.50	2.18
20/08/96	40	<1.0	0.04	1.25	0.02	0.24	33.60	1.24
20/08/96	200	1.5	0.12	3.30	0.04	0.23	35.50	1.58
22/10/96	0	1.5	0.17	116.00	2.48	0.34	21.90	1.44
22/10/96	40	2.5	0.06	2.40	0.03	0.27	31.80	0.66
22/10/96	200	1.5	0.08	3.00	0.04	0.25	35.70	2.15
10/12/96	0	1.0	0.17	7.20	0.10	0.32	31.00	0.37
10/12/96	40	<1.0	0.07	3.75	0.03	0.28	32.88	0.64
10/12/96	200	<1.0	0.08	5.25	0.03	0.25	35.20	0.55

## 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
13/02/96	0	2.5	0.42	11.4	0.10	0.60	27.50	4.40
13/02/96	40	1.0	0.18	5.2	0.04	0.32	33.18	4.80
13/02/96	200	<1.0	0.19	4.0	0.03	0.90	33.22	3.90
16/04/96	0	2.5	0.20	9.0	0.10	0.32	25.60	1.20
16/04/96	40	2.0	0.19	5.4	0.05	0.30	34.37	0.30
16/04/96	200	2.5	0.32	3.6	0.04	0.22	34.70	1.40
11/06/96	0	2.0	0.27	10.2	0.13	0.28	15.00	1.50
11/06/96	40	2.0	0.20	10.2	0.05	0.36	29.40	0.90
11/06/96	200	3.0	0.24	4.0	0.04	0.20	35.00	1.40
20/08/96	0	4.0	0.35	30.0	0.36	0.24	6.60	1.09
20/08/96	40	1.0	0.11	3.6	0.03	0.24	33.60	0.67
20/08/96	200	<1.0	0.17	2.8	0.03	0.20	35.00	0.56
22/10/96	0	2.5	0.34	492.0	10.00	0.40	17.50	0.29
22/10/96	40	1.0	0.12	6.2	0.05	0.28	31.40	0.94
22/10/96	200	1.0	0.14	4.6	0.04	0.24	35.46	2.24
10/12/96	0	1.0	0.40	11.8	0.14	0.32	27.00	0.83
10/12/96	40	<1.0	0.17	6.6	0.40	0.30	32.00	0.27
10/12/96	200	<1.0	0.10	4.0	0.40	0.22	34.98	0.37

## 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
13/02/96	0	7.0	0.95	27.6	0.37	0.88	32.00	3.70
13/02/96	10	8.0	0.88	21.8	0.12	0.80	32.30	4.80
16/04/96	0	284.0	2.03	28.4	0.46	0.38	21.70	1.30
16/04/96	10	17.0	1.35	19.2	0.11	0.40	33.20	1.90
11/06/96	0	6.0	0.84	17.4	0.36	0.24	9.00	1.40
11/06/96	10	15.0	4.00	44.4	0.25	0.32	30.80	2.20
20/08/96	0	18.5	0.69	42.0	0.48	0.20	6.70	2.20
20/08/96	10	4.5	0.80	74.0	0.98	0.32	30.70	2.69
22/10/96	0	11.0	1.65	1540.0	29.00	0.52	12.80	1.14
22/10/96	10	4.0	0.56	162.0	3.00	0.32	27.90	1.15
10/12/96	0	58.5	2.40	196.0	9.60	0.40	24.50	1.11
10/12/96	10	163.0	1.70	52.0	0.68	0.36	30.50	0.77

## 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
13/02/96	0	6.0	0.84	26.2	0.34	0.46	5.63	30.90	4.70	
13/02/96	20	4.0	0.32	9.2	0.05	0.54	3.40	33.85	4.00	
13/02/96	40	3.0	0.36	9.4	0.06	0.60	3.17	34.23	4.90	
16/04/96	0	38.5	0.42	13.0	0.17	0.30	8.13	24.80	1.10	410
16/04/96	20	2.0	0.38	11.6	0.07	0.58	3.49	34.18	1.40	2260
16/04/96	40	2.5	0.62	11.8	0.07	0.68	3.10	34.70	1.10	770
11/06/96	0	3.0	0.35	11.4	0.19	0.30	7.78	8.00	1.50	
11/06/96	20	3.0	0.29	7.6	0.06	0.28	7.75	31.40	1.50	
11/06/96	40	3.5	0.63	15.0	0.08	0.78	4.82	33.50	4.60	
20/08/96	0	5.0	0.37	26.4	0.30	0.20	7.52	6.50	1.85	210
20/08/96	20	2.0	0.35	18.4	0.12	0.24	5.42	31.70	1.52	335
20/08/96	40	3.5	0.52	29.2	0.14	0.36	3.80	33.40	1.10	930
22/10/96	0	5.0	0.85	720.0	12.40	0.38	6.51	11.00	0.95	290
22/10/96	20	4.5	0.51	20.2	0.15	0.32	4.82	31.00	0.39	1160
22/10/96	40	3.0	0.34	19.4	0.12	0.82	3.18	32.00	3.33	1455
10/12/96	0	9.0	0.26	26.4	0.65	0.32	6.03	26.70	0.67	415
10/12/96	20	2.0	0.20	13.4	0.14	0.32	4.69	32.35	0.91	380
10/12/96	40	2.5	0.21	18.0	0.08	0.78	3.15	32.90	1.30	1530