



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Rapport 778/99

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

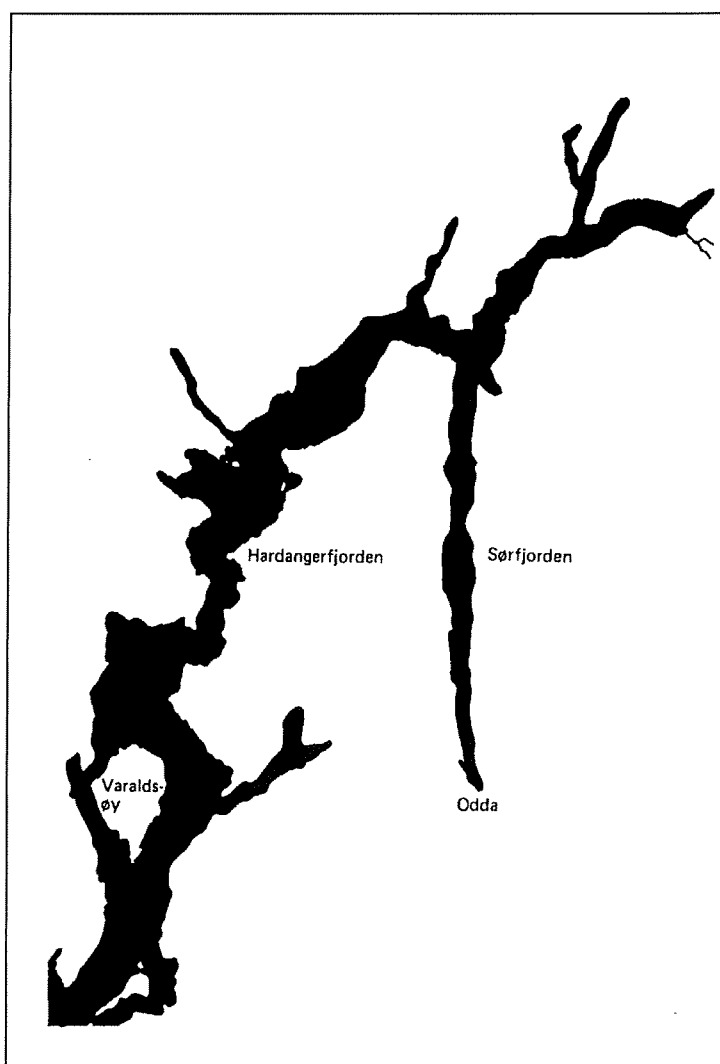
Deltakende institusjoner NIVA

Assayers, Odde

Tiltaksorienterte  
miljøundersøkelser i

## Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1998

Delrapport 1  
Vannkjemi



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800309	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
4096-99	

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

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1998.	1.09.99	NIVA 1999
Delrapport 1. Vannkjemi	Faggruppe:	Marinøkologisk
Forfatter(e):	Geografisk område:	Hordaland
Jens Skei	Antall sider:	Opplag:
	20	

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkningsrapport nr.778/99. TA nr.1670/1999)	

Ekstrakt:
Undersøkelser av overflatevannet i Sørfjorden (månedstokt), med hovedvekt på tungmetaller (sink, kadmium, bly, kopper og kvikksølv) i 1998 viser at konsentrasjonene jevnt over går ned i indre fjord sammenlignet med tidligere år. I tidsrommet august -september må det ha skjedd ekstraordinære tilførsler av metaller til overflatelaget. Dette ble registrert ved prøveinnsamlingen i september, med høyere nivåer midtfjords enn i Eitrheimsvågen. De ordinære tilførslene av tungmetaller fra de tre største bedriftene har gått noe ned sammenlignet med 1997, med unntak av kadmium, bly og PAH hvor tilførslene har økt noe. Situasjonen sett under ett viser at forholdene i overflatevannet fortsatt er ustabil og det antas at dette skyldes uregelmessige tilførsler fra diffuse kilder knyttet til de store industriområdene nær Odda.

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

82-577-3704-6

**O-800309**

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I  
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1998**

**DELRAPPORT 1. VANNKJEMI**

Oslo, 1 september 1999

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Unni Efraimsen  
ASSAYERS, Odde

## **Forord**

*NIVA har i 1998 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørfjorden 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 henholdsvis 33.6%, 17.3% og 17.3% av kostnadene, Odda kommune og Ullensvang kommune 3.4 % hver 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.*

*Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1978.*

*Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi.*

*Oslo, 1 september 1999*

*Jens Skei  
prosjektleder*

<b>INNHold</b>	<b>SIDE</b>
FORORD	3
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	7
3. FELTARBEID OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1. Saltholdighet	9
4.2. Totalt suspendert materiale	10
4.3. Metaller	10
4.3.1 Årsgjennomsnitt i overflatevann for hele Sørfjorden	10
4.3.2. Metaller i overflatevann i området nær Eitrheimsneset.	12
4.3.3. Årstidsvariasjoner i metallnivået i overflatevann fra Sørfjorden.	12
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	15
6. LITTERATUR	16
VEDLEGG	17

## Sammendrag og konklusjoner

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1998 gir en beskrivelse av tilstanden i fjordområdet etter at en rekke miljøtiltak er blitt gjennomført. 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.

Prøver ble innsamlet hver måned (ikke i januar - på grunn av isforhold) på 9 stasjoner for analyser av saltholdighet, suspendert materiale og tungmetaller (kopper, bly, kadmium, sink og kvikksølv). Fra 1998 er all overvåking av vann begrenset til overflateprøver. I tillegg er analyser av oksygen og nitrogen tatt ut av det statlige overvåkingsprogrammet. Tanken var at dette skulle inn i et eget overvåkingsprogram for indre Sørfjord i regi av Odda kommune.

Overvåkingen av vann i 1998 leder til følgende konklusjoner:

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 de siste årene. Det bør imidlertid påpekes at det er store usikkerheter i anslagene av tilførsler fra diffuse kilder og at dette gjør det vanskelig å vurdere den reelle belastningen på fjorden.**
2. **I 1998 ble det rapportert en økning i tilførslene av bly og kadmium og en viss økning i tilførslene av PAH, sammenlignet med 1997. Det ble også rapportert en 30% økning i tilførslene av nitrogen fra Odda Smelteverk i forhold til 1997 i forbindelse med utslipp av dicykalk**
3. **Nivåene av tungmetaller har generelt gått noe ned i overflatevannet sammenlignet med målinger gjort i perioden 1991-1997. I tidsrommet august-september 1998 er det sannsynliggjort at det er skjedd en ekstraordinær tilførsel av tungmetaller til fjorden. Dette kan ha sammenheng med en økning i nedbørsmengdene i august etter flere måneder med liten nedbør og en utvasking av tungmetaller fra forurenset grunn. Alternativet er at det er skjedd utslippsuhell som ikke er blitt oppdaget.**
4. **Det generelle bildet viser at situasjonen når det gjelder tungmetaller i overflatevann i Sørfjorden er ustabil og at diffuse tilførsler dominerer forurensingsbildet. Ytterst i Sørfjorden er overflatevannet markert forurenset (tilstandsklasse III) med hensyn til bly, sink og kadmium, mens innerst i fjorden er vannet fortsatt sterkt til meget sterkt forurenset (tilstandsklasse IV-V). Et mål burde være at overflatevannskvaliteten ikke overskrider kl.II ytterst og kl.III innerst.**

# 1. INNLEDNING

Sørfjorden er inne i en periode med rehabilitering, hvor effektene av gjennomførte tiltak er i fokus innenfor overvåkingen. Vannets kjemiske sammensetning vil gjenspeile de endringer som skjer som følge av utslipp og diffuse tilførsler. Selv om de regulære tilførslene har gått ned så er det nesten årlig uhellsutslipp som gir kortvarige forverringer i vannkvaliteten. I 1997 skjedde det et uhell ved Norzink 12 mars hvor 2 tonn sink fra en klinkertank rant ut i Eittheimsvågen i løpet av noen minutter. En ekstraordinær prøvetaking skjedde to dager etter for å registrere omfanget av forurensningen. I 1998 er det ikke mottatt meldinger om noen ekstraordinære utslipp som kan forklare variasjonene i sjøens overflatesjikt.

De offisielt anslåtte utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området i 1998 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 1998 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1997.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	266 (354)	124 (213)	1053 (1990)	10 (21.8)	0.9 (2.3)	1162 (980)
NZ <sup>1)</sup>	50 (50)	4400 (3600)	30000 (32000)	850 (850)	6.2 (6.5)	-
TTI	7.4 (1.2)	65 (12.5)	9624 (5406)	90 (0.3)	0.2 (0.6)	1.5 (0)
<b>Totalt</b>	<b>323</b> (405)	<b>4589</b> (3826)	<b>40677</b> (39396)	<b>950</b> (872)	<b>7.3</b> (9.4)	<b>1164</b> (980)

<sup>1)</sup> Tilførslene fra Norzink for 1998 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	5283	70	4340*	28	5.7
Via spuntvegg	1505	59	3	10	0.2
Kaien	1400	4	54	9	0.3
Diffuse tilførsler (ca.)	21000	700	?	?	?
SUM**	30000	850	4400	50	6.2

\* Hovedsakelig fra aluminiumfluoridfabrikken.

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

Hvis man sammenligner med utslippstallene fra 1997 (Skei, 1998), er tilførslene av kadmium og bly økt noe, mens tilførslene av kopper og kvikksølv er noe redusert. Utslippene av sink er omtrentlig de samme som i 1997 (ca. 40 tonn), mens utslippet av PAH fra Odda Smelteverk har økt noe (ca. 20 %). Økningen i kadmiumtilførselen skyldes at TTI rapporterer et utslipp på 90 kg i 1998, mens utslippet fra samme kilde i 1997 var 0.3 kg.

Utslipp av nikkel er ikke med på sammenstillingen ovenfor, ettersom nikkel ikke inngår i analyseprogrammet i resipienten. I følge opplysninger fra Odda Smelteverk var utslippet av nikkel til Sørfjorden i 1998 3343 kg eller litt lavere enn i 1997. I tillegg til utslipp av PAH fra karbidovnen ved Odda Smelteverk ble det i 1998 også sluppet ut omtrent 50 tonn cyanid.

Utslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk ble beregnet til 634 tonn i 1997 og 828 tonn i 1998. Det er således en betydelig økning i utslippet av nitrogen også i 1998 (30 % økning). Det arbeides nå med planer for å redusere, eventuelt fjerne utslippene av dicykalk til fjorden. Undersøkelser som NIVA og Havforskningsinstituttet har gjort indikerer at utslippet av nitrogenholdig dicykalk i stor grad kan forklare lavt oksygeninnhold og høyt nitrogeninnhold i vannmassene i indre deler av Sørfjorden (Aure et al., 1997, Schaanning, 1999)

Konklusjonen på utslippssituasjonen må være at de regulære utslippene av bly, kadmium og PAH til Sørfjorden har gått noe opp, mens utslippet av sink er omtrent som i 1997 og utslippet av kopper og kvikksølv har gått noe ned. Det bør påpekes at utslippet av PAH og nitrogen fra Odda Smelteverk har økt med henholdsvis ca. 20 og 30 % i forhold til fjorårets utslipp.

Oversikten over det totale bidraget fra diffuse forurensningskilder (forurenset grunn og fabrikkområder) er ufullstendig. Norzinks kvantifisering av diffuse kilder omfatter kun sink og kadmium. De andre bedriftene (TTI og Odda Smelteverk) har ikke målinger som viser avrenning fra fabrikkområdene.

## 2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1998 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 gradienter av utvalgte tungmetaller, nitrogen og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

## 3. FELTARBEID OG METODER

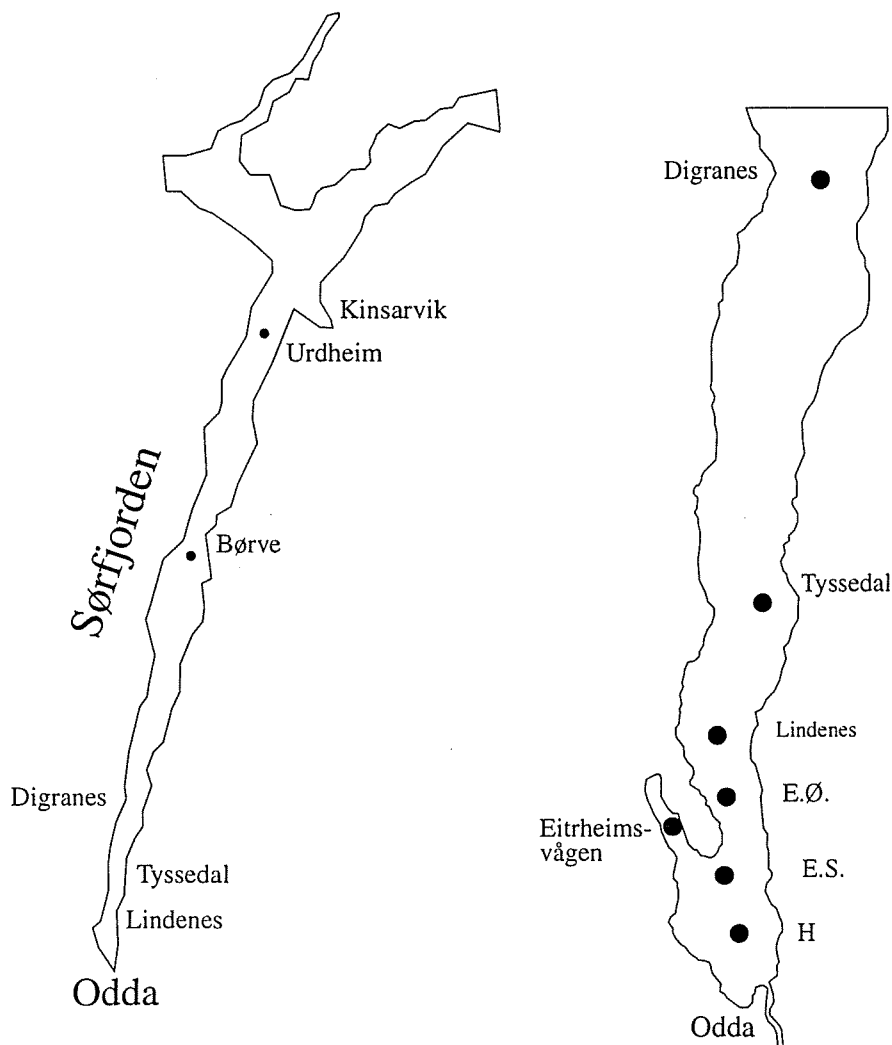
Vannprøver ble innsamlet 17. februar, 12. mars, 21. april, 12. mai, 9. juni, 10. juli, 11. august, 8. september, 13. oktober, 17. november og 15. desember 1998 av ASSAYERS i Odda.

Overflateprøvene ble tatt direkte på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kopper, og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene (bly,



(bly, sink, kopper og kadmium) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter salpetersyreoppslutning ved kalddampsteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale (TSM) og saltholdighet ble analysert ved ASSAYERS i Odda. Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet 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 1998. Kartet til venstre viser stasjoner i ytre fjord og kartet til høyre stasjoner på strekningen Digranes - Odda ( E.Ø= Eitrheimsneset øst, E.S= Eitrheimsneset sør, H=havnebassenget).

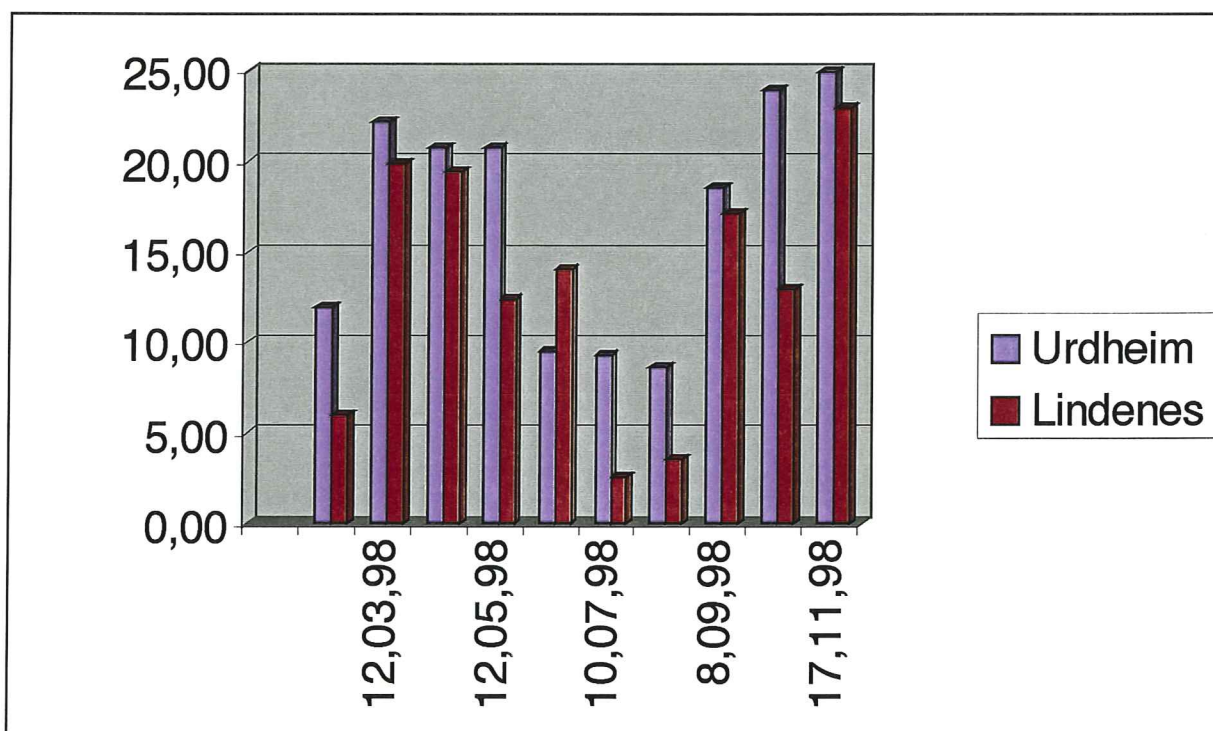
## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

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). Vannmassenes kjemi vil gjenspeile korttidssvingningene 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. Nå tas imidlertid vannprøver fra overflatelaget (ca. 0.5m dyp) hver måned. I tillegg er antall stasjoner økt fra 5 til 9, med spesiell vekt på å prøveta i området rundt Eitrheimsneset, som ansees som hovedkilde for tungmetaller.

### 4.1. Saltholdighet.

I 1998 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 1.4 og 27.7 i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i perioden juni til august, noe som skyldes stor ferskvannsavrenning som følge av snøsmelting (figur 2). Dette er stort sett samme bilde som fra tidligere år.

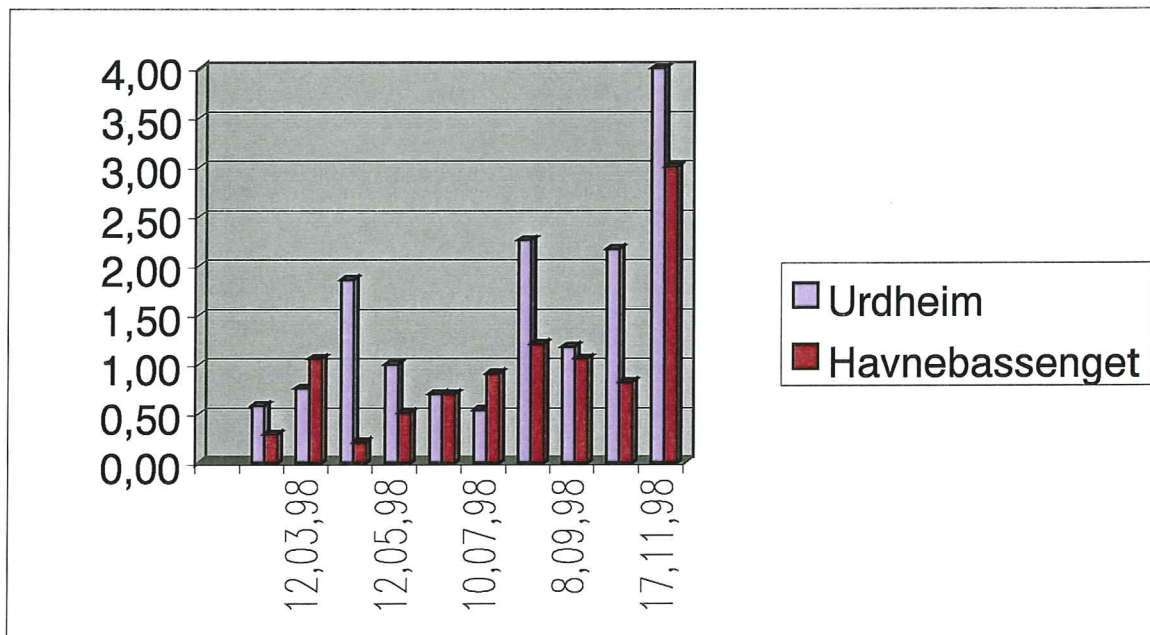
Saltholdigheten i Eitrheimsvågen er delvis styrt av vannføringen i Opo, men også lokale nedbørforhold og avrenning fra land ventes å ha betydning her. Figuren viser at saltholdigheten i overflatelaget stort sett er lavere innerst i fjorden (Lindenes) enn ytterst (Urdheim).



Figur 2. Saltholdighet i overflateprøver fra to lokaliteter i Sørkjolen (Urdheim og Lindenes) i 1998.

## 4.2. Totalt suspendert materiale (TSM)

Det ble registrert betydelige variasjoner i TSM-verdier i 1998 i likhet med tidligere år (fig.3). De høyeste konsentrasjonene i overflatevannet i hele fjorden ble målt i november- desember (verdier mellom 2 og 6 mg/l). Dette kan ikke forklares med høyt innhold av plankton ettersom planktonproduksjonen er liten i november- desember. Den kan heller ikke forklares med uvanlig store mengder ferskvann i fjorden fordi saltholdighetene var ikke spesielt lave. Eneste forklaring som synes rimelig er at det har skjedd ras som har ført til økt turbiditet i overflatelaget. Det er verdt å merke seg at partikkelmengdene i overflatevannet jevnt over er høyere ytterst i fjorden (Urdheim) enn i havnebassenget i Odda (figur 3). Det indikerer at partikkelmengden i overflaten i liten grad styres av utslipp fra industrien i Odda-området.



**Figur 3.** Mengde partikulært materiale (TSM, mg/l) i overflatevannet på stasjoner i Sørfjorden, 1998.

## 4.3. Metaller

Analyseprogrammet for metaller i overflatevann fra Sørfjorden i 1998 omfatter kvikksølv, bly, sink, kadmium og kopper. Prøvene er ufiltret og metallkonsentrasjonene er derfor å betrakte som totalt metallinnhold (løst og partikulært).

### 4.3.1. Årsgjennomsnitt i overflatevann for hele Sørfjorden

Metallinnholdet i overflatelaget i Sørfjorden skal gjenspeile endringer i tilførsler over året. Ved å sammenligne med tidligere års undersøkelser vil vi også se hvordan endringen i forurensningsnivå skjer over lengre tidsperioder. Ettersom Sørfjorden er inne i en rehabiliteringsperiode, etter en rekke tiltak for å redusere utslipp, forventes det nå en gradvis forbedring i vannkvaliteten. Det har imidlertid vist seg at nivåene av metaller i overflatelaget har variert mye fordi tilførslene til overflatelaget i stor grad er koblet til avrenning fra land (diffuse kilder). Av den grunn er overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden fra 1998 konsentrert om overflatevannet.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1998 er vist nedenfor (konsentrasjoner i µg/l, unntatt 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
-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
-1996	1.4	0.5	0.33	0.27	0.13
-1997	1.4	0.7	0.21	0.14	0.11
-1998	1.0	0.3	0.38	0.17	0.19
<b>Zn-1991</b>	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
-1996	308.6*	137.2*	94.0*	29.1*	16.1*
-1997	62.6	35.1	13.8	11.0	8.6
-1998	58.0	17.8	30.1	18.1	11.0
<b>Cd-1991</b>	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
-1996	6.7*	2.34*	1.80*	0.60*	0.30*
-1997	0.8	0.46	0.20	0.14	0.11
-1998	0.8	0.23	0.29	0.19	0.09
<b>Hg-1991</b>	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
-1997	17.0	4.7	2.4	<1.4	<1.4
-1998	9.1	2.2	<2.6	<2.4	<1.5

\* høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i oktober 1996

Tabellen viser at nivåene er gått betydelig ned på de to innerste stasjonene (Eitrheimsvågen og havnebassenget) sammenlignet med 1997 og tidligere år. På de tre ytterste stasjonene derimot har nivåene gått noe opp i 1998 sammenlignet med 1997. Det skyldes at det ble målt ekstraordinært høye konsentrasjoner i overflatevannet i ytre deler av fjorden i september. Ved Digraneset ble det f.eks. målt 120 µg/l sink i september, mens det i Eitrheimsvågen ble det målt 67 µg/l på samme tidspunkt. Den mest sannsynlige forklaringen er at det har skjedd en ekstraordinær tilførsel av tungmetaller en gang i perioden 11.08 og 8.09 og at det er dette vi registrerer i ytre deler av fjorden i september. Dette viser nok en gang at tilførselene av metaller til overflatelaget er svært ustabile. Det viser også at selv med månedlig prøvetaking er det vanskelig å fange opp slike episoder og spore de tilbake til kilden.

Hvis vi tar i bruk SFTs miljøkvalitetskriterier for sjøvann så er overflatevannskvaliteten helt ytterst i Sørfjorden (Urdheim, 35 km fra Odda) hovedsaklig i tilstandsklasse III (markert forurenset). Det innebærer at det fortsatt gjenstår en del tiltak for å kunne bedre overflatevannskvaliteten. Et mål burde være at den ikke skal overskride tilstandsklasse II (moderat forurenset) ytterst og tilstandsklasse III innerst. Foreløpig er det bare kobber av de målte metallene som tilfredstiller dette målet.

#### 4.3.2. Metaller i overflatevann i området nær Eitrheimsneset.

I 1998 ble overvåkningsprogrammet for vann i Sørfjorden endret. I tillegg til de faste stasjonene som har vært overvåket i mange år (Eitrheimsvågen, Havnebassenget, Digraneset, Børve og Urdheim) ble fire nye stasjoner etablert (Tyssedal, Lindenes, Eitrheim Øst og Eitrheim Sør, se figur 1). Dette ble gjort for å få en bedre oversikt over endringer i vannkvalitet i det området hvor man har mistanke om at tilførslene skjer. Tanken var også at dette bedre kunne kontrollere episodiske tilførsler som følge av uhell eller diffus avrenning fra forurenset grunn under spesielle klimatiske forhold.

Hvis vi sammenligner årsgjennomsnittet for metaller i overflatevann i Eitrheimsvågen med nivåer funnet på stasjonene Eitrheim Sør og øst, Lindenes og Tyssedal er forholdene følgende:

Stasjon	Hg (ng/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)
Eitrheimsvågen	9.1	1.0	58	0.85	0.76
Eitrheim Sør	4.7	0.6	36	0.50	0.70
Eitrheim Øst	2.6	0.8	31	0.34	0.54
Lindenes	3.7	0.5	28	0.36	0.50
Tyssedal	3.0	0.4	32	0.36	0.50

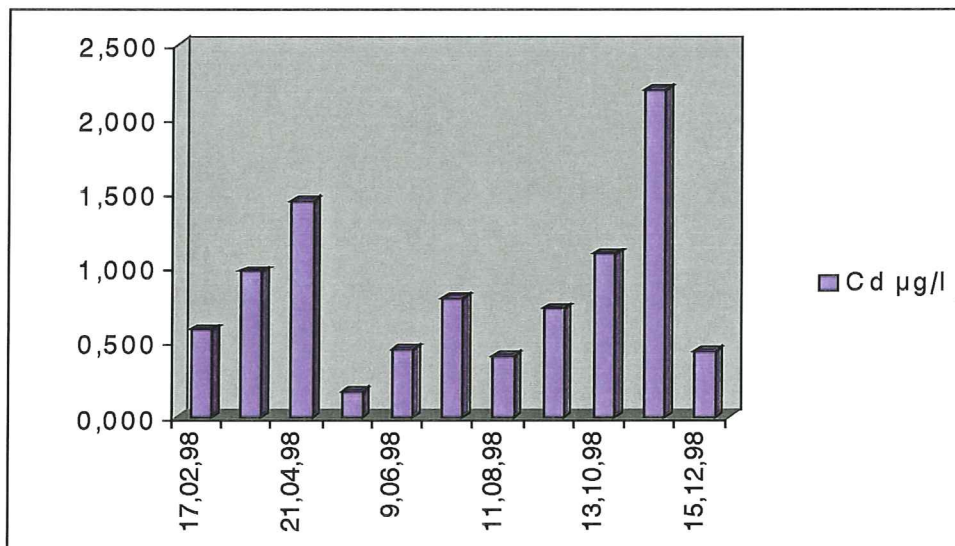
Disse resultatene viser at Eitrheimsvågen fortsatt er hovedkilden til overflateforurensningen av metaller innerst i fjorden. Nivåene synker fra vågen til Tyssedal. Det er ingen ting som tyder på at det er store tilførsler på østsiden av Eitrheimsneset. Sammenlignet med SFT's miljøkvalitetskriterier er vannmassene sterkt til meget sterkt forurenset (kl.IV-V) i dette området (ut til Tyssedal).

#### 4.3.3. Årstidsvariasjoner i metallnivået i overflatevann fra Sørfjorden.

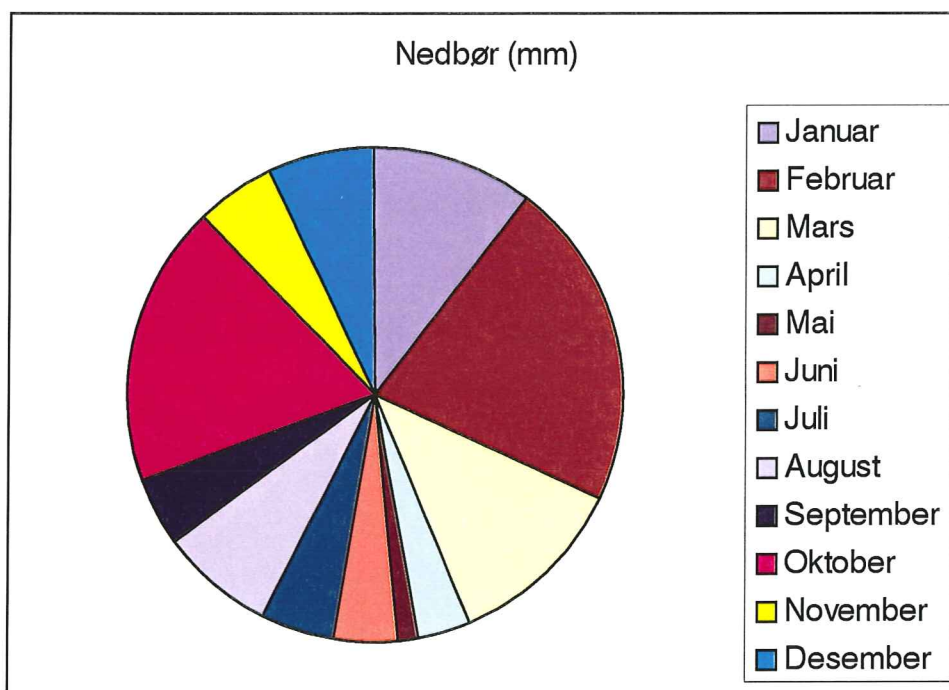
Prøvene tas månedlig og det vil gi et godt bilde av eventuelle årstidsvariasjoner som kan kobles til endringer i nedbørsforhold (og dermed avrenning fra forurenset grunn) eller eventuelle andre klimatiske forhold (f.eks. isforhold i fjorden). I januar var det forøvrig forekomst av is i Sørfjorden og toktet måtte av den grunn gå ut.

Variasjonen av kadmium i overflatevann i Eitrheimsvågen er vist på figur 4. Det fremgår av figuren at kadmium-forurensningen i vågen var størst i november, oktober og april. Lavest saltholdighet i overflatevannet ble registrert i perioden juni- august. Dette skyldes snøsmelting og vannføring i Opo. Det er således ikke å forvente at det skal være en klar sammenheng mellom saltholdighet og nedbørsforhold. Det vil i første rekke være nedbøren som bidrar til utvasking fra forurenset grunn.

Målinger av nedbør på Eitrheimsneset gjøres daglig av Norzink. Data på månedsbasis for 1998 er sammenstilt og presentert i figur 5. Data viser at nedbørsmengdene var størst i februar og oktober, mens forurensningen i vågen (figur 4) var størst i april og november. Det er således heller ingen klar sammenheng mellom nedbør og overflateforurensning.

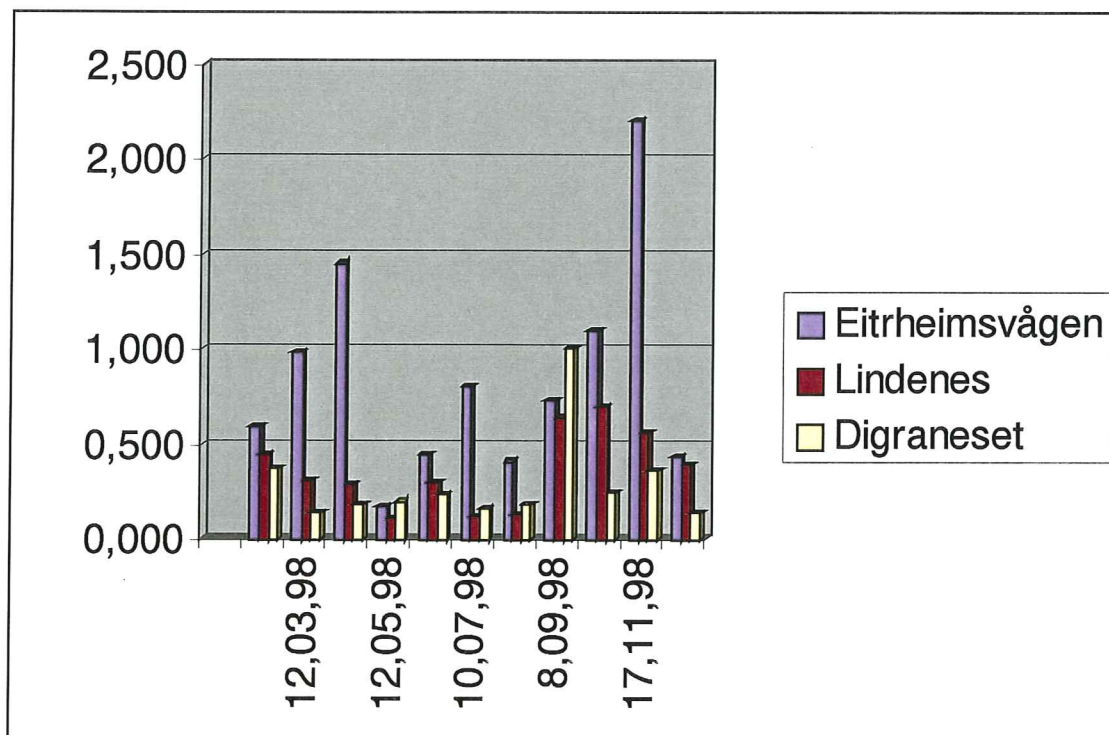


Figur 4. Kadmium i overflatevann i Eitrheimsvågen i perioden februar- desember 1998.



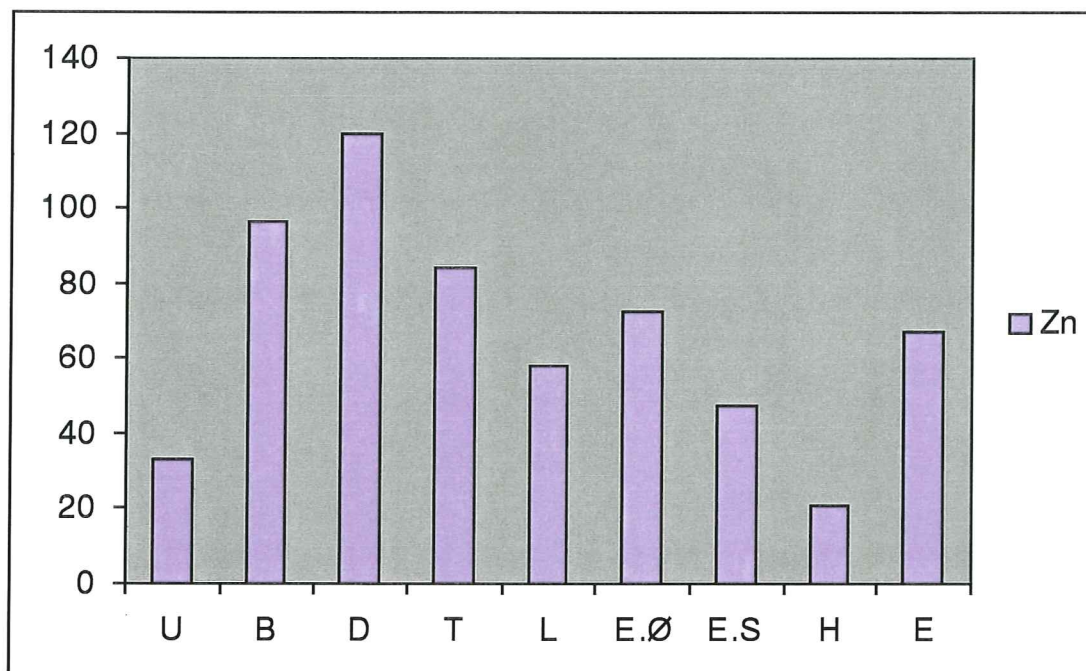
Figur 5. Månedlig nedbør på Eitrheimsneset for 1998 (data stilt til rådighet av Per Strømsnes, Norzink).

Hvis vi sammenligner kadmiumdata for Eitrheimsvågen, Lindeneset og Digraneset får vi et bilde av hvordan Eitrheimsvågen styrer nivåene innerst i fjorden (figur 6).



Figur 6. Nivåer av kadmium ( $\mu\text{g/l}$ ) i overflatevann på tre stasjoner Sør fjorden i perioden februar - desember 1998.

Stort sett avtar konsentrasjonen utover fjorden, som ventet, med unntak av september da nivåene var høyest ved Digraneset. Dette må skyldes en ekstraordinær tilførsel i perioden august- september som førte til at forurenset overflatevann ble transportert utover Sør fjorden og ut i Hardangerfjorden. Dette er illustrert i figur 7.



Figur 7. Nivåer av sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i overflatevann 8 september 1998 på strekningen Eitrheimsvågen - Urdheim (U= Urdheim, B=Børve, D=Digraneset, T=Tyssedal, L=Lindenes, E.Ø=Eitrheimsneset Øst, E.S=Eitrheimsneset Sør, H= Havnebassenget, E=Eitrheimsvågen).

Figuren viser at de høyeste konsentrasjonene 8 september ble målt ved Digraneset, men at nivåene var høyere enn "normalt" i hele fjorden. Det må ha således vært en akutt tilførsel av tungmetaller (sink, kadmium og bly) i perioden mellom 11.08 og 8.09 og at det er restene av denne forurensningen vi ser i september.

## 5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Det som preget tilstanden i 1998 var økningen i overflateforurensning med sink og kadmium (og til dels bly og kopper) i september 1998 på de ytterste stasjonene i Sørfjorden. Det ble også registrert forhøyede konsentrasjoner på samme tidspunkt ved Tyssedal, Lindenes og Eitheim Øst, mens dette ikke ga utslag på vannprøver fra havnebassenget og Eitrheimsvågen. Ting tyder på at det som ble registrert 8 september 1998 var restene av et støtutslipp eller en ekstraordinær tilførsel innerst i fjorden som må ha skjedd en gang mellom 11 august og begynnelsen av september. Høyeste konsentrasjon av sink ble målt ved Digraneset ( $120 \mu\text{g/l}$ ). Dette viser hvordan ekstraordinære tilførsler i stor grad styrer vannkvaliteten i overflaten. Ser vi bort fra dette er tendensen at nivåene gradvis avtar i overflaten. Likevel kan overflatevannet i indre deler av Sørfjorden fortsatt karakteriseres som sterkt til meget sterkt forurensnet hvis SFTs klassifiseringssystem brukes. Og fortsatt er det tilførsler via Eitrheimsvågen som gir opphav til høye konsentrasjoner. Før man har fått kontroll over disse tilførselene er det lite sannsynlig at man vil oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet i Sørfjordens overflatelag. Det bør påpekes at Norzink arbeider med å få kontroll over overflateavrenning fra Eitrheimsneset og det forventes å gi store forbedringer.



## 6. LITTERATUR

- Aure, J., Føyn, L. og R.Pettersen, 1997. Miljøundersøkelser i norske fjorder 1975-96. Sørfjorden-Hardanger (1991-96). Fisken og Havet nr. 12 - 1997, 24s.
- 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.
- Schaanning, M.T., 1999. Oksygenforbruk i tilknytning til utslipp av filterkake fra Odda Smelteverk AS. Fase 1- nitrogenforbindelser i sedimenter og porevann. NIVA-rapport O-09168 (l.nr. 3999-99), 22 s.
- Skei, J., 1998. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1997. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 3854-98), 27 s.

## **VEDLEGG**

**Tabell 1: Vannkjemiske data 1998.**

### Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,0	0,16	9,6	0,120	0,40		12,0 0,58
12,03,98	0	<1	0,08	4,4	0,065	0,31		22,2 0,76
21,04,98	0	1,0	0,13	13,2	0,130	0,37		20,8 1,86
12,05,98	0	<1	0,13	6,1	0,035	0,90		20,8 1,00
9,06,98	0	9,0	0,10	6,8	0,040	0,26		9,5 0,70
10,07,98	0	<1	0,14	3,9	0,040	0,27		9,3 0,54
11,08,98	0	<1	0,08	7,5	0,068	0,37		8,6 2,26
8,09,98	0	<1	0,11	33,0	0,250	0,54		18,6 1,18
13,10,98	0	<1	0,28	6,5	0,053	0,77		24,0 2,17
17,11,98	0	3,5	0,69	19,3	0,130	0,51		25,0 4,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>1,5</b>	<b>0,19</b>	<b>11,0</b>	<b>0,093</b>	<b>0,47</b>		<b>17,1 1,51</b>

### Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	2,0	0,22	16,5	0,280	0,65		12,0 0,87
12,03,98	0	<1	0,18	15,0	0,140	0,82		19,4 0,65
21,04,98	0	<1	0,15	12,3	0,140	0,41		21,0 0,46
12,05,98	0	<1	0,15	12,9	0,100	0,42		22,0 0,64
9,06,98	0	20,5	0,16	7,3	0,065	0,29		17,0 0,82
10,07,98	0	<1	0,11	9,7	0,098	0,40		8,0 0,99
11,08,98	0	<1	0,21	9,9	0,110	0,35		6,5 0,76
8,09,98	0	1,0	0,30	96,5	0,740	0,58		15,6 1,24
13,10,98	0	<1	0,13	10,3	0,210	0,40		22,1 6,73
17,11,98	0	<1	0,12	1,8	0,120	0,51		24,1 3,00
15,12,98	0	3,0	0,16	6,9	0,063	0,38		27,7
<b>Gj.snitt</b>		<b>2,4</b>	<b>0,17</b>	<b>18,1</b>	<b>0,188</b>	<b>0,47</b>		<b>17,8</b>

### Digraneset

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	2,0	0,35	24,0	0,370	0,55		6,1 1,55
12,03,98	0	<1	0,15	9,5	0,140	0,36		22,1 0,48
21,04,98	0	1,5	0,19	14,6	0,180	0,40		22,2 0,86
12,05,98	0		0,28	30,0	0,200	0,53		12,5 0,55
9,06,98	0	8,0	0,42	26,5	0,240	0,53		17,7 0,52
10,07,98	0	1,5	0,44	21,8	0,160	0,41		3,0 1,55
11,08,98	0	1,0	1,14	31,3	0,180	0,57		3,5 0,99
9,09,98	0	3,5	0,60	120,0	1,000	0,89		19,6 0,53
13,10,98	0	<1	0,17	11,5	0,250	0,42		20,0 0,56
17,11,98	0	3,0	0,24	27,0	0,360	0,55		22,8 1,00
15,12,98	0	3,0	0,23	14,8	0,140	0,32		23,0 2,00
<b>Gj.snitt</b>			<b>0,38</b>	<b>30,1</b>	<b>0,293</b>	<b>0,50</b>		<b>15,7 0,96</b>

### Tyssedal

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,5	0,42	24,0	0,380	0,50	6,0	0,39
12,03,98	0	1,0	0,21	10,0	0,120	0,29	19,2	
21,04,98	0	3,5	0,50	37,0	0,290	0,57	21,0	0,97
12,05,98	0	<1	0,22	28,5	0,170	0,46	10,8	0,63
9,06,98	0	6,0	0,45	26,5	0,230	0,44	15,3	0,91
10,07,98	0	1,5	0,45	19,0	0,140	0,43	2,5	1,18
11,08,98	0	1,0	0,37	14,5	0,170	0,36	3,4	1,20
8,09,98	0	4,5	0,77	84,0	0,860	0,73	23,0	1,52^
13,10,98	0	3,0	0,35	40,5	0,780	0,57	18,1	0,47
17,11,98	0	7,0	0,34	32,0	0,440	0,52	23,2	1,00
15,12,98	0	4,0	0,38	33,5	0,410	0,65		4,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>3,0</b>	<b>0,41</b>	<b>31,8</b>	<b>0,363</b>	<b>0,50</b>		

### Lindenes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,5	0,57	32,0	0,450	0,53	6,0	0,29
12,03,98	0	2,5	0,31	28,5	0,310	0,53	19,9	
21,04,98	0	2,5	0,28	22,4	0,290	0,48	19,4	0,58
12,05,98	0	1,0	0,14	18,0	0,110	0,38	12,4	0,47
9,06,98	0	9,0	0,50	26,0	0,300	0,43	14,0	1,06
10,07,98	0	1,0	0,44	14,8	0,120	0,39	2,6	1,74
11,08,98	0	<1	0,38	10,3	0,130	0,36	3,6	0,65
8,09,98	0	6,0	0,80	58,0	0,640	0,69	17,1	1,7^
13,10,98	0	3,5	0,60	18,5	0,700	0,60	12,9	1,09
17,11,98	0	5,5	0,43	43,5	0,560	0,61	23,0	1,00
15,12,98	0	9,0	0,49	30,8	0,390	0,48		2,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>3,8</b>	<b>0,45</b>	<b>27,5</b>	<b>0,364</b>	<b>0,50</b>		

### Eiterheim Øst

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,5	0,45	22,0	0,450	0,50	6,5	0,58
12,03,98	0	1,0	0,36	17,5	0,210	0,51	20,5	0,28
21,04,98	0	5,5	0,25	14,2	0,140	0,45	22,0	0,92
12,05,98	0	1,0	0,14	15,8	0,130	0,44	9,8	0,85
9,06,98	0	2,5	3,75	84,0	0,270	0,75	11,9	0,43
10,07,98	0	<1	0,40	12,5	0,140	0,34	2,4	1,14
11,08,98	0	<1	0,33	10,5	0,130	0,32	3,5	1,33
8,09,98	0	3,5	0,71	72,5	0,690	0,67	15,4	1,24
13,10,98	0	3,0	0,94	15,5	0,600	0,55	10,4	1,36
17,11,98	0	3,5	0,36	46,0	0,590	0,97	21,3	1,00
15,12,98	0	7,5	0,56	25,8	0,360	0,48	18,5	4,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>2,6</b>	<b>0,75</b>	<b>30,6</b>	<b>0,337</b>	<b>0,54</b>	<b>12,9</b>	<b>1,19</b>

**Eiterheim Sør**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,5	0,52	28,0	0,540	0,51	6,2	0,19
12,03,98	0	2,5	0,46	26,0	0,350	0,54	20,7	0,74
21,04,98	0	5,0	1,27	102,0	1,300	1,48	25,0	0,41
12,05,98	0	1,0	0,19	18,0	0,130	0,40	9,0	0,37
9,06,98	0	21,5	1,00	56,5	0,730	0,50	9,5	3,48
10,07,98	0	<1	0,32	6,8	0,048	0,28	1,8	1,34
11,08,98	0	1,5	0,51	15,3	0,230	0,36	2,8	1,26
8,09,98	0	2,0	0,56	47,5	0,450	0,62	16,4	1,16
13,10,98	0	5,0	0,94	30,0	1,150	0,63	13,5	0,56
17,11,98	0	3,5	0,45	33,5	0,590	0,67	22,2	1,00
15,12,98	0	8,5	0,65	33,0	0,410	1,25	17,8	2,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>4,7</b>	<b>0,62</b>	<b>36,1</b>	<b>0,539</b>	<b>0,66</b>	<b>13,2</b>	<b>1,14</b>

**Havnebassenget**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,0	0,34	16,7	0,310	0,42	6,1	0,29
12,03,98	0	1,0	0,31	19,0	0,220	0,39	18,5	1,06
21,04,98	0	1,0	0,19	10,4	0,110	0,44	20,5	0,21
12,05,98	0	*	0,10	6,4	0,038	0,32	11,7	0,51
9,06,98	0	2,5	0,38	21,3	0,120	0,35	12,6	0,70
10,07,98	0	1,0	0,43	11,3	0,110	0,33	1,4	0,91
11,08,98	0	<1	0,23	6,3	0,058	0,32	2,5	1,21
8,09,98	0	1,5	0,36	20,8	0,190	0,47	16,0	1,06
13,10,98	0	2,5	0,32	13,5	0,540	0,51	7,2	0,82
17,11,98	0	4,0	0,31	31,5	0,390	0,65	21,7	3,00
15,12,98	0	6,0	0,66	39,0	0,480	0,54		3,00
<b>Gj.snitt</b>			<b>0,33</b>	<b>17,8</b>	<b>0,233</b>	<b>0,43</b>		<b>1.16</b>

**Eiterheimsvågen**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Salinitet	TSM mg/l
17,02,98	0	1,5	0,55	31,5	0,590	0,53	5,7	0,58
12,03,98	0	3,5	0,63	64,5	0,980	0,82	15,4	0,68
21,04,98	0	12,5	0,87	120,0	1,450	1,39	24,5	1,88
12,05,98	0	1,0	0,23	23,0	0,170	0,44	9,8	0,51
9,06,98	0	22,5	1,10	48,5	0,450	0,48	9,8	0,45
10,07,98	0	5,0	1,95	99,0	0,800	0,76	2,2	1,09
11,08,98	0	1,5	0,83	31,5	0,410	0,44	3,0	0,87
8,09,98	0	7,0	1,22	67,0	0,730	0,94	14,0	1,34
13,10,98	0	5,0	1,30	33,5	1,100	0,86	12,5	0,73
17,11,98	0	35,5	1,58	91,0	2,200	1,10	10,5	2,00
15,12,98	0	5,0	0,78	28,8	0,440	0,63	14,6	6,00
<b>Gj.snitt</b>		<b>9,1</b>	<b>1,00</b>	<b>58,0</b>	<b>0,847</b>	<b>0,76</b>	<b>11,1</b>	<b>1,47</b>

\*177,0 suspekt verdi  
^mulig støvforurensing