Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 948/2006
TA-nummer: 2152/2006
ISBN-nummer: 82-577-4878-1

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005

Rapport 948 2006

Delrapport 1. Metaller i vannmassene.

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005

Metaller i vannmassene

Forfatter: Jens Skei
Medarbeider: Merete Schøyen

Forord

NIVA har i år 2005 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Kostnadene knyttet til miljøgiftovervåkingen er delt mellom bedrifter, kommuner og SFT:

Boliden Odda AS: 44,44 %
Statens forurensningstilsyn (SFT): 26,6 %.
Tinfos Titan & Iron K/S (TTI): 14,4 %
AS Tyssefaldene: 6,42 %
Odda kommune: 4,85 %
Ullensvang herad: 3,29 %

Undersøkelsen er et ledd i et langsiktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979.

Den foreliggende rapporten presenterer resultater fra overvåkingen av metaller i overflatevann i Sørfjorden i 2005.

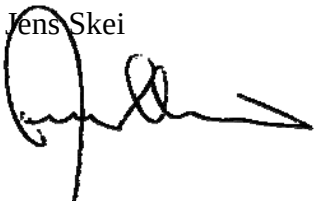
Prosjektet er utført i samarbeid med Hardanger Miljøsenter i Odda (Alex Stewart Environmental Services A/S), som har hatt ansvar for vannprøvetakingen, samt deler av analysene. Vi takker spesielt Frode Høyland, Arild Moe og Synnøve Underdal for godt samarbeid.

Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA.

Ved NIVA har forskningsassistent Merete Schøyen hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Jens Skei har vært leder for den vannkjemiske overvåkningen, mens Anders Ruus er fra 2004 prosjektleder for overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden.

Oslo, april 2006

Jens Skei



Innhold

1. Sammendrag 5
2. Summary 6
3. Innledning 7
3.1 Topografi 7
3.2 Utslipp fra industrien i området 9
3.3 Miljømål 10
3.4 Formål med overvåkingen 10
3.4.1 Metaller i vann 10
4. Feltarbeid og metoder 11
4.1 Vannprøvetaking og analyser 11
5. Resultater og diskusjon 12
5.1 Saltholdighet 12
5.2 Siktedyp 13
5.3 Metaller 13
6. Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene 17
6.1 Utslippsendringer og utslippsberegninger 17
6.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid 18
7. Litteratur 20
Vedlegg A

1. Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 2005 gir en beskrivelse av vannkvaliteten i overflatelaget i fjorden. Rapporten er en del av grunnlaget for å bedømme om de gjennomførte tiltakene har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan forventes å nås.

Det er små endringer i tilførslene av metaller til Sørfjorden fra industrien i Odda i 2005, sammenlignet med 2004, med unntak av bly. Tilførslene av bly, etter at Odda Smelteverk ble nedlagt i 2002, har vært dominert av bly i gipsutslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk. På grunn av reduksjon i mengder deponert gips og råvarer med lavere blyinnhold er det en betydelig reduksjon av tilførslene av bly til Sørfjorden (nesten 70 % reduksjon).

Overvåkingen av metaller i vann leder til følgende konklusjoner:

1. **Nivåene av metaller i overflatevannet i hele fjorden, hvis vi ser bort fra en episodisk høy verdi i mars i Eitrheimsvågen, er redusert i forhold til 2004. Årsaken til forhøyede verdier i mars kan skyldes at forurenset bunnvann i vågen ble blandet opp i overflaten. Dette begrunnes med en uvanlig høy saltholdighet i vågens overflatevann på samme tidspunkt (oppstrømming av dypvann).**
2. **Kraftig reduksjon i tilførslene av bly til fjorden kan ikke registreres med en tilsvarende nedgang i nivåer i overflatevannet. Det skyldes at hovedmengden av bly er knyttet til gipsutslippet fra Boliden som er et dypvannsutslipp.**
3. **Vannkvaliteten i overflatelaget i Sørfjorden med hensyn til sink og kadmium er forbedret med en tilstandsklasse (SFTs klassifiseringssystem) i forhold til 2004. Men fortsatt er det en betydelig konsentrasjonsgradient fra Sørfjordens munningsområde til Eitrheimsvågen.**
4. **Det bør påpekes at det ikke kan forventes en klar sammenheng mellom utslippstall og nivåer av metaller i overflatelaget (0,5 m dyp) ettersom en rekke av tilførslene skjer under spranglaget i sjøen.**
5. **Utviklingen i overflatevannet i Sørfjorden når det gjelder metaller over et tidsperspektiv på en 5-årsperiode (2000-2005) viser en klar forbedring. Nivåene har jevnet seg noe mer ut siden år 2002.**

2. Summary

The present report on the monitoring of Sørfjorden and Hardangerfjorden in 2005 describes the water quality of the surface water with respect to metals. The objective of the monitoring is to control if remedial actions have been successful and to what extent the overall objectives with respect to the use of Sørfjorden and Hardangerfjorden can be achieved in the near future.

There are relatively small changes in the discharges of metals from local industry to Sørfjorden in 2005 compared to 2004, lead being an exception. The discharges of lead, following the close down of Odda Smelteverk, have been dominated by lead associated with the gypsum disposal from Boliden aluminiumfluoride factory. Due to a reduction of the amount of disposed gypsum and less lead in the raw material, the discharges of lead to Sørfjorden have been reduced by close to 70 %.

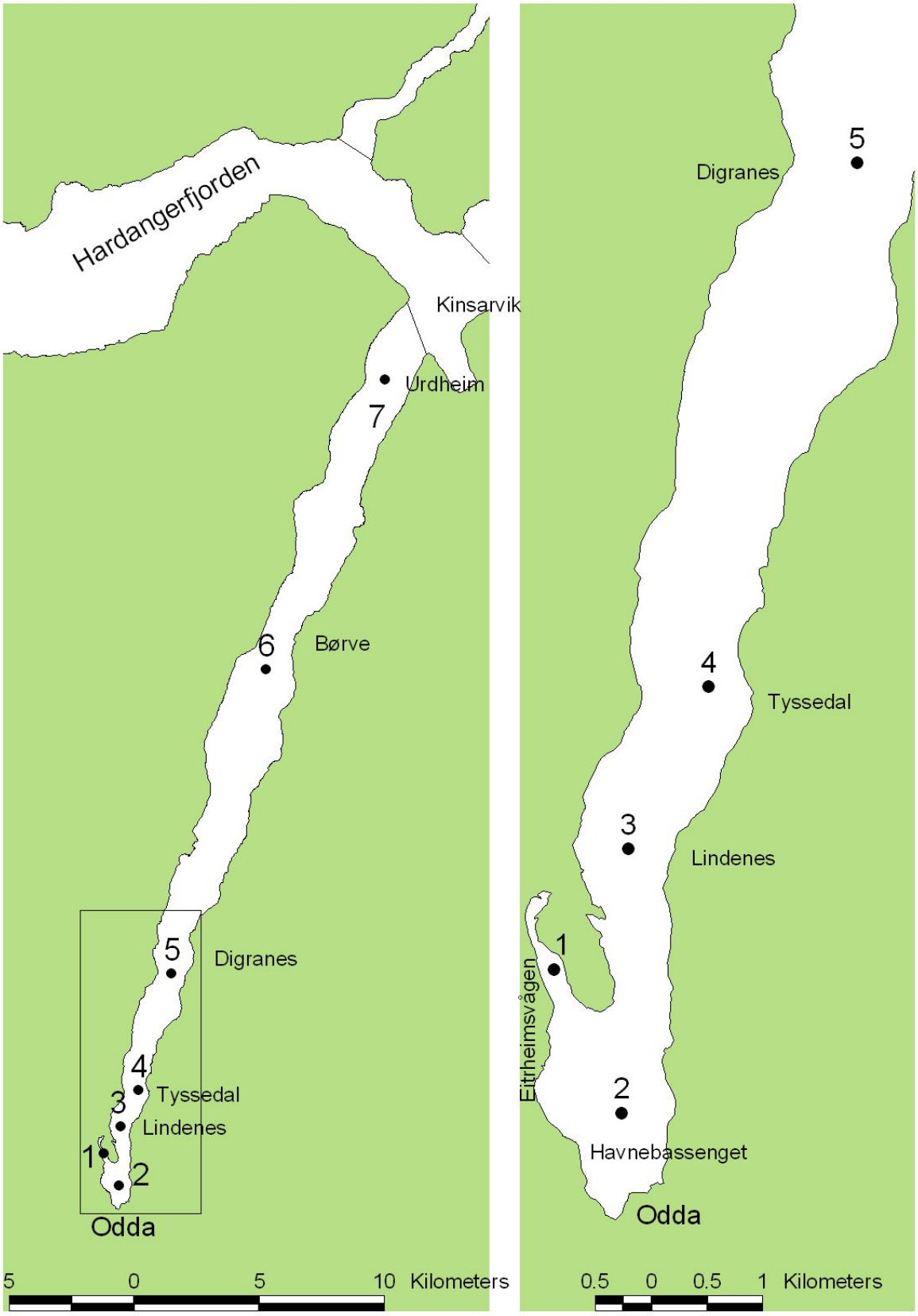
The monitoring results of heavy metals may be summarised as follows:

1. **The levels of metals in the surface water in Sørfjorden, excluding an episodic high level in Eitrheimsvågen in March 2005, are reduced compared to 2004.The explanation of the high levels in March may be upwelling of contaminated bottom water. This is indicated by unusual high salinity of the surface water.**
2. **Significant reduction of discharges of lead to the fjord is not followed by similar reductions of levels in the surface water. This is due to the fact that the majority of the lead is associated with the discharge of gypsum taking place at greater depth.**
3. **The water quality at the surface in Sørfjorden with respect to zinc and cadmium is improved by one quality status class in the environmental authorities water quality management system since 2004.**
4. **It should be pointed out that a linearity between the amount of discharge and metals in the surface water (0,5 m depth) should no be expected as much of the discharge takes place below the density boundary.**
5. **The development of metal contamination of the surface layer in Sørfjorden shows a positive trend. Since 2002, the changes have been small.**

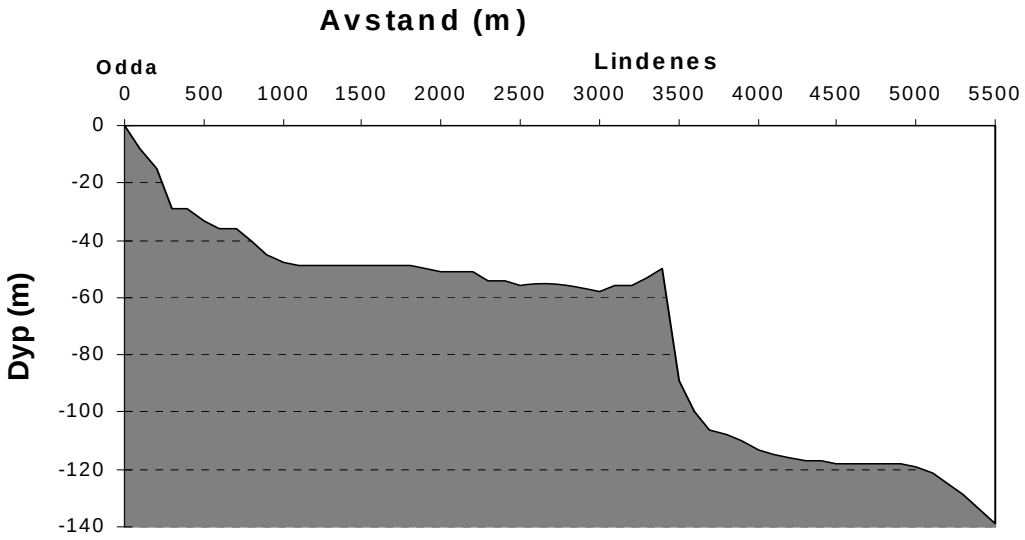
3. Innledning

3.1 Topografi

Sørfjorden er ca. 38 km lang, rett og relativt smal (Figur 1). Innenfor Lindenes er fjorden relativt grunn, med omkring 40-45 m dyp i havnebassenget og økende til omkring 60 m dyp ved Lindenes. Videre utover øker dypet raskt og når 200 m litt nord for Tyssedal **(**Figur 2) og 300 m dyp litt nord for Digraneset. Mellom Digraneset og Børve er et langstrakt område der fjorden har sitt største dyp på 385-387 m.



Figur 1. Stasjoner for vannkjemisk prøvetaking i 2005.



Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sørfjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftningen.

3.2 Utslipp fra industrien i området

Utslipp til sjø av metaller fra Boliden Odda AS og Tinfos Titan & Iron (TTI) rapportert til SFT er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Boliden Odda AS og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 2005. Basert på opplysninger fra SFT og bedriftene. Tallene i parentes representerer utslipp i 2004.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år
Boliden Odda AS*	567 (24)	899 (3115)	5205 (2969)	95 (50)	1,1 (2.3)
TTI	57 (72)	141 (132)	9436 (9533)	1,8 (1,5)	0,20 (0.95)
Totalt	624 (96)	1040 (3247)	14641 (12502)	96,8 (51,5)	1,3 (3,25)

* = total utslipp fra sinkverket, fjellhallene, anslåtte diffuse tilførsler og ”Noralf” (gipsutslippet)

Det bør bemerkes at Boliden har opplyst at når det gjelder utslipp fra aluminiumfluoridfabrikken *(”Noralf”),* har tidligere år kun bly og kvikksølv vært beregnet, slik at utslippet av øvrige metaller for Boliden som helhet i realiteten har vært betydelige høyere. Det betyr at økningen i utslipp av kopper, sink og kadmium som framgår av tabell 1, når vi sammenligner 2004 med 2005, ikke er reell.

Nedgangen for bly sammenlignet med 2004, skyldes at bly i stor grad kommer via ”Noralf-utslippet” og at reduksjonen i følge Boliden skyldes råvarer med lavere bly-innhold, forbedret

analysemetode for bly og større salg av anhydritt (mindre deponering i sjø). Det betyr altså en reell nedgang i tilførslene av bly til Sørfjorden i 2005 sammenlignet med 2004.

3.3 Miljømål

Miljømålene for Sørfjorden (opphevelse av kostholdsråd) er ennå ikke nådd, men det har vært en betydelig bedring av metallforurensningen de senere år som følge av de tiltak som er utført. Kostholdsråd i Sørfjorden ble sist vurdert i 2003 og følgende anbefalinger gjelder:

- Gravide og ammende bør ikke spise fisk og skalldyr fanget i Sørfjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.
- Konsum av skjell og dypvannsfisk, som brosme og lange fanget i Sørfjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes, frarådes.
- Konsum mer enn én gang i uken av torsk og konsum av lever fra fisk fanget i indre Sørfjorden innenfor Måge frarådes.

3.4 Formål med overvåkingen

3.4.1 Metaller i vann

Overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden og Hardangerfjorden har foregått jevnlig siden 1979. Gjennom årene er det gjort flere tiltak for å redusere forurensningstilførslene til fjorden. Overvåkingen i 2005 er en videreføring av den tidligere overvåkingen og har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort.

En målefrekvens på 8 ganger pr. år gir ikke grunnlag for å fange opp episodiske hendelser. Omtrent hvert år har det vært en eller annen hendelse som har påvirket vannkvaliteten, men tendensen har vært at det blir lengre mellom hver gang det skjer hendelser som har vidtrekkende konsekvenser. Det skulle tyde på at metallbelastningen på fjorden i dag er mer under kontroll.

4. Feltarbeid og metoder

4.1 Vannprøvetaking og analyser

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 15. februar, 15. mars, 11. mai, 16. juni, 23. august, 13. september, 17. oktober og 28. november 2005 av Hardanger Miljøsenter på stasjonene vist i Figur 1. Antallet tidspunkt hvor prøver samles er nå redusert til 8 etter avtale med oppdragsgiverne. I tillegg er stasjonen Eitrheim vest og Eitrheim øst sløyfet i overvåkningsprogrammet fra 2004.

Det ble tatt prøver direkte fra overflatevannet (0-0,5 m) i fjorden på spesialvaskede flasker, glassflasker for kvikksølvanalyser og plastflasker for øvrige metaller. Alle prøver (ufiltrert) ble analysert for kvikksølv, kadmium, sink, kopper og bly. Tungmetallene (bly, sink, kopper og kadmium) ble analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorbsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppslutning ved kalddampteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Saltholdighet og temperatur ble målt med salinoterm i forbindelse med prøvetakingen. I tillegg ble det gjort siktedypsmålinger på alle toktene så nær som på første toktet (bruk av secchi-skive).

5. Resultater og diskusjon

Alle rådata befinner seg i Vedlegg A.

5.1 Saltholdighet

Saltholdigheten måles for å kunne anslå hvor mye ferskvann som befinner seg i overflatevannet. Saltholdigheten avtar jo mer elvevann som er tilstede og en episodisk økning i saltholdighet kan ofte skyldes en oppstrømming av saltere bunnvann som følge av vind som fører overflatevannet bort.

Variasjonene i saltholdighet i overflatelaget er styrt av nedbør og elvetilførsler. Det er relativt små variasjoner i gjennomsnittlig saltholdighet i fjorden (midlet over året) (fig.3).

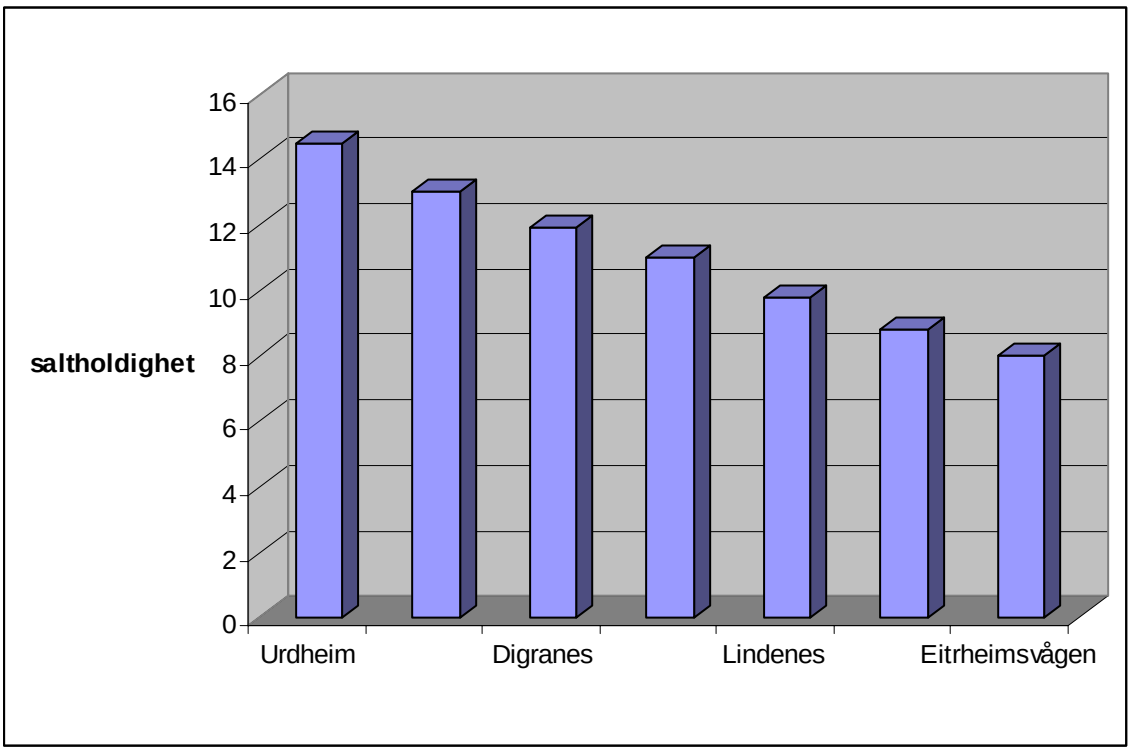


Fig.3. Saltholdighet (årsmiddel) i overflatevannet i Sørfjorden i 2005.

Figuren viser at saltholdigheten i stor grad er bestemt av tilførsler fra Opo (og i noen grad Tysso) innerst i fjorden.

Variasjonene over året er store. Det er mest ferskvann i overflatelaget i sommermånedene i indre del av fjorden, når vannføringen i Opo er stor. Det var ekstreme nedbørmengder på senhøsten og spesielt i november, som gav seg utslag i lavere saltholdigheter i hele fjorden sammenlignet med 2004.

5.2 Siktedyp

Siktedyp er et indirekte mål for turbiditeten i vannmassen. Nedsatt siktedyp kan skyldes stor planktonmengde, stor transport av sedimenter (leire og silt) som følge av elvetilførsler eller partikler knyttet til forurensning.

Det er ikke målt mengde total suspendert materiale (TSM) tidligere i Sørfjorden slik at det er ikke noe sammenligningsgrunnlag fra tidligere målinger av siktedyp.

Siktedypet var gjennomgående høyt i hele Sørfjorden i 2005. Gjennomsnittlig siktedyp (årsmiddel) ved Urdheim ble målt til 8,4 m (std.dev. 2,6), mens i Eitrheimsvågen ble det tilsvarende målt til 5,6m (std.dev. 1,8). Et siktedyp på 8 m tilsvarer i underkant av 1 mg/l totalt suspendert materiale basert på erfaringstall (Sørensen et al., 1993). Det er heller ikke noe som tyder på at det er uvanlige tilførsler av partikler i vågen. Det som er noe overraskende er at de store nedbørmengdene i november 2005 ikke hadde noen innflytelse på siktedypet. Siktedypet var faktisk høyest i hele fjorden i november. Det skulle tyde på at høstflommen ikke førte til nevneverdig erosjon og partikkeltransport. Det er heller ikke noe som tyder på store planktonoppblomstringer på de tidspunktene målingene ble gjort.

5.3 Metaller

Sjøvann har et naturlig innhold av spormetaller. Konsentrasjonene er ofte noe lavere enn i elvevann, slik at overflatevann i fjorder som er påvirket av ferskvann har naturlig noe høyere nivåer av metaller enn dypvannet. For å kunne klassifisere sjøvann med hensyn til innhold av metaller så har SFT utarbeidet et klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Systemet baserer seg på 5 tilstandsklasser fra ubetydelig/lite forurenset (kl.I) til meget sterkt forurenset (kl.5) (Tabell 2).

Tabell 2.Klassifisering av tilstand ut fra innholdet av metaller i sjøvann.

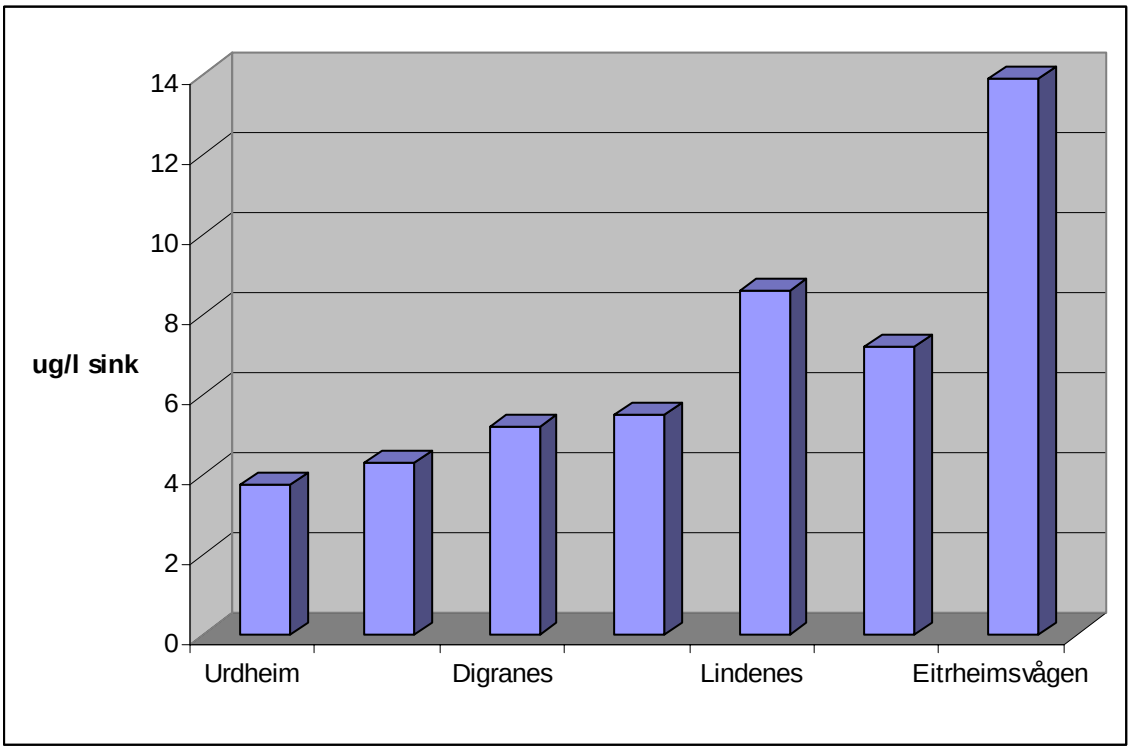
	Parametre	**Tilstandsklasser**				
		I Ubetydelig - lite forurenset	**II Moderat forurenset**	**III Markert forurenset**	**IV Sterkt forurenset**	**V Meget sterkt forurenset**
Metaller m.m.i vann	Arsen (µg As/l)	<2	2-5	5-10	10-20	>20
	Bly (µg Pb/l)	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	0.5-1	>1
	Fluorid (µg F/l)	<1300	1300-4000	4000-6000	6000-10000	>10000
	Kadmium (µg Cd/l)	<0.03	0.03-0.07	0.07-0.2	0.2-0.5	>0.5
	Kobber (µg Cu/l)	<0.3	0.3-0.7	0.7-1.5	1.5-3	>3
	Krom (µg Cr/l)	<0.2	0.2-0.5	0.5-1.5	1.5-3	>3
	Kvikksølv (µg Hg/l)	<0.001	0.001-0.005	0.005-0.015	0.015-0.03	>0.03
	Nikkel (µg Ni/l)	<0.5	0.5-2	2-5	5-10	>10
	Sink (µg Zn/l)	<1.5	1.5-5	5-10	10-20	>20
	Sølv (µg/ Ag/l)	<0.01	0.01-0.03	0.03-0.1	0.1-0.2	>0.2

Det gjøres oppmerksom på at inndelingen i tilstandsklasser er basert på ufiltrerte prøver (total konsentrasjon). Bakgrunnsnivået av metaller i fjord – og kystfarvann vil variere både med partikkelinnhold og saltholdighet. Klassifiseringen av metaller i sjøvann er relatert til et bakgrunnsnivå eller normalnivå og i liten grad til biologiske effekter.

Sink (Zn)
Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året 3,7 µg/l (5,5 µg/l i 2004) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 13,9 µg/l (36,2 µg/l i 2004) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 4.). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og sterkt forurenset (tilstandsklasse IV) i SFTs miljøklassifiserings-system (Molvær et al., 1997) innerst i fjorden. Dette er en forbedring i forhold til 2004 med en tilstandsklasse. Tilførslene av sink til fjorden fra industrien har ikke endret seg mye fra 2004 til 2005 hvis vi korrigerer utslippstallene for sink fra Boliden for 2004 ved å legge til ”Noralf-bidraget”.

Nivåene av sink øker gradvis innover fjorden (fig.4). Faktisk er nå vannkvaliteten fra Tyssedal og ut til munningen av fjorden i tilstandsklasse II (moderat forurenset) med hensyn til sink.

I vågen varierte sinkkonsentrasjonene mellom 2,5 og 46,5 µg/l. Den høyeste konsentrasjonen av sink ble målt i mars. Opplysninger fra Boliden tyder på at det ikke var noe ekstraordinært i mars med hensyn til utslipp til vågen. Det er verdt å merke seg at saltholdigheten i overflatevannet var spesielt høy i mars (16,7). Det er derfor grunn til å tro at det har skjedd en form for opptrenging av dypvann i vågen på det tidspunktet og at dette dypvannet har vært betydelig forurenset. En slik opptrenging i grunne viker kan være vindstyrt, ved at vinden har drevet overflatevannet ut av vågen, slik at dypvannet trenger opp. Resultatene indikerer også at dypvannet i vågen kan være forurenset som følge av de høye nivåene i overflatesedimentene i vågen.

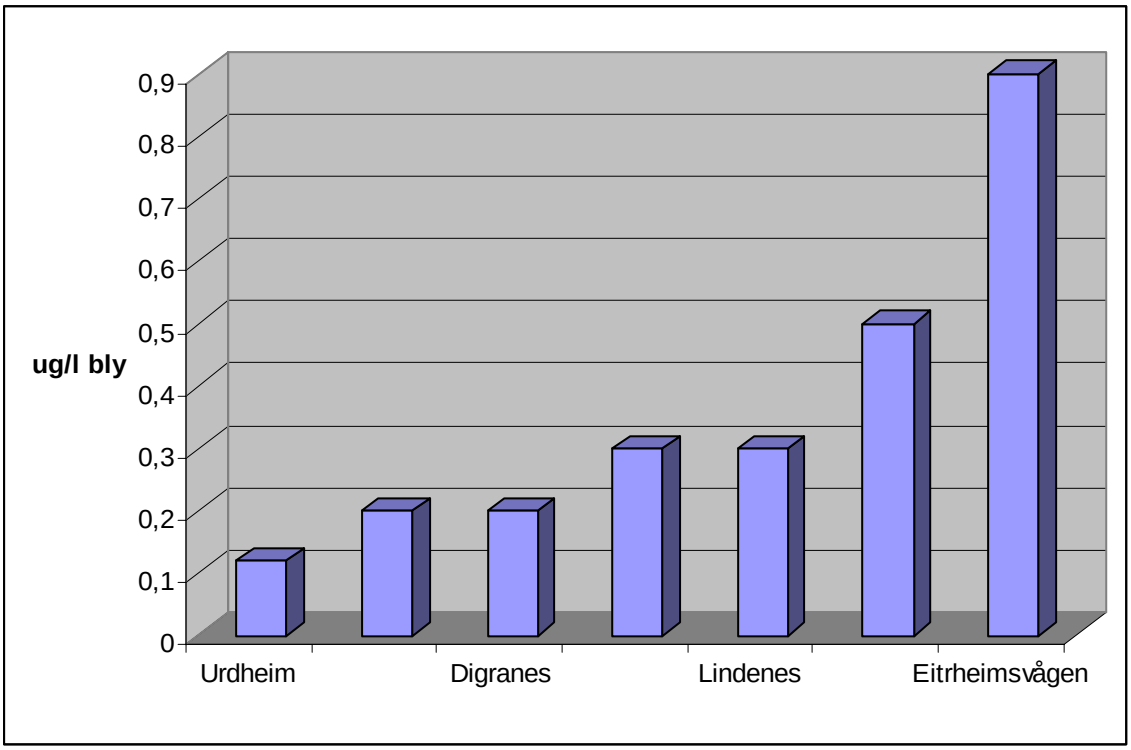


Figur 4. Årsgjennomsnittet av sink (µg /l) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sørfjorden 2005.

Kadmium (Cd)
Innholdet av Cd i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,07 µg/l (0,11 µg/l i 2004) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,21 µg/l (0,45 µg/l i 2004) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og markert forurenset (tilstandsklasse III) i SFTs miljøklassifiseringssystem (Molvær et al., 1997) innerst i fjorden. I likhet med sink er det altså en forbedring på en tilstandsklasse siden 2004.

Kobber (Cu)
Innholdet av Cu i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,46 µg/l (0,51 µg/l i 2004) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,40 µg/l (0,70 µg/l i 2004) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i hele fjorden. Det er svært liten forskjell mellom indre og ytre fjord.

Bly (Pb)
Innholdet av Pb i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,12 µg/l (0,14 µg/l i 2004) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,9 µg/l (1,4 µg/l i 2004) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 5). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og sterkt forurenset (tilstandsklasse IV) i SFTs miljøklassifiseringssystem (Molvær et al., 1997) i vågen (Figur 5). Her er det relativt små forskjeller i forhold til 2004, men det er en merkbar nedgang i vågen. I følge utslippstallene for bly så er det totale utslippet fra industrien i Odda redusert med nesten 70 % i forhold til 2004. Mesteparten av bly-tilførselen til fjorden skyldes utslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk og deponering av gips. Mye tyder på at bly som følger gipsutslippet (som er et dypvannsutslipp) har liten innvirkning på bly-innholdet i overflatevannet.



Figur 5. Konsentrasjonen av bly (µg /l) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sørfjorden i 2005 (årsgjennomsnitt).

Kvikksølv (Hg)
Innholdet av Hg i overflatevann var i gjennomsnitt over året 1,0 ng/l (1,6 ng/l i 2004) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 3,6 ng/l (4,8 ng/l i 2004) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i hele fjorden og en liten nedgang siden 2004.

Det er fortsatt store variasjoner over året i vågen (< 1 – 15,5 ng/l). Det er mye som taler for at variasjonene henger sammen med oppblanding av bunnvann til overflaten. Det må antas at bunnvannet er sterkt forurenset ettersom de underliggende sedimentene har et høyt forurensningsnivå.

6. Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene

6.1 Utslippsendringer og utslippsberegninger

Det er komplisert å sammenligne de oppgitte utslippstallene fra industrien i Odda fra år til år, ettersom det avhenger av hvilke kilder som er tatt med. Etter at Odda Smelteverk ble nedlagt i 2002 er det følgende potensielle kilder for metaller til Sørfjorden:

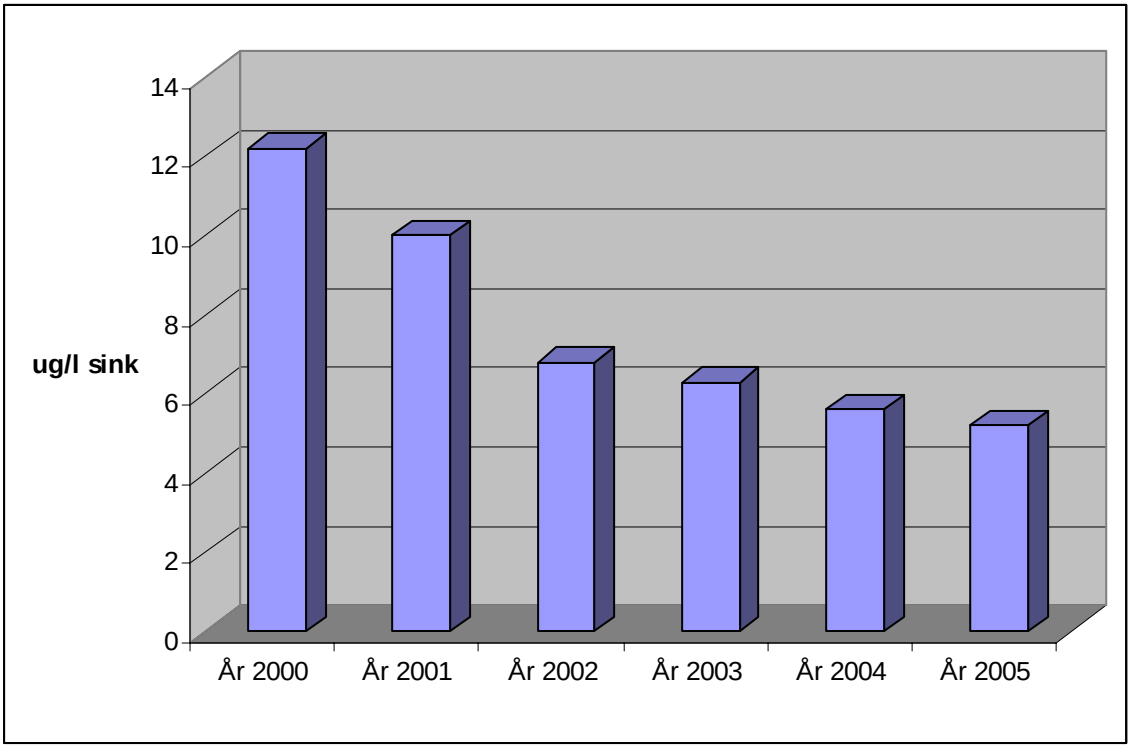
- Diffuse tilførsler fra industriområdet til Odda Smelteverk (ikke kvantifisert)
- Diffuse tilførsler fra bunnsedimenter, spesielt fra Eitrheimsvågen, men ellers fra området Tyssedal – Odda havnebasseng (ikke kvantifisert)
- Utslipp fra produksjon ved Tinfoss Titan & Iron i Tyssedal (kvantifisert)
- Potensiell avrenning fra industriområdet i Tyssedal (ikke kvantifisert)
- Utslipp fra sinkverket ved Boliden. Inkluderer også uhellsutslipp og tilførsler fra fjellhallene (kvantifisert)
- Utslipp fra aluminiumfluoridfabrikken til Boliden (kvantifisert)
- Diffuse utslipp fra industriområdet på Eitrheimsneset (kvantifisert/anslått)

Som det framgår av denne oversikten er de fleste tilførslene forsøkt kvantifisert, men det er en rekke kilder som kan være vesentlig og som ikke er med i tilførselsberegningene. Dette bidrar til at det er vanskelig å se en klar sammenheng mellom utslippsberegninger og målte konsentrasjoner av metaller i overflatevannet. Dette henger også delvis sammen med at en del kilder også tilføres bunnvannet og ikke overflatevannet (f.eks. bunnsedimentenes bidrag samt deponering av gips fra aluminiumfluoridfabrikken, utslipp av prosessvann som skjer under sprangsjiktet (>5 m dyp) og som ikke fanges opp av prøvetakingen på 0.5 m dyp). Dette kan bety at overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden ved overflateprøver ikke gir et helt riktig bilde av forurensningstilstanden i fjorden. En bedring av vannkvaliteten i 0,5 m dyp i fjorden vil imidlertid kunne reflektere en reduksjon i diffuse tilførsler til fjorden, og da spesielt tiltak som er gjort på Eitrheimsneset for å redusere overflateavrenning. Likeså vil reduksjon i antall episoder med uhellsutslipp kunne ha positive effekter på kvaliteten av overflatevannet.

Når de landbaserte tilførslene avtar, og det nærmer seg kildekontroll, vil betydningen av de forurensede sedimentene, spesielt i indre deler av fjorden, øke. Det er ikke gjort en systematisk kartlegging av bunnsedimentene i Sørfjorden de siste 10 årene, slik at forurensningsnivået i overflatesedimentene i fjorden i dag er ukjent. Det ble imidlertid gjort en kartlegging av overflatesedimentene i Eitrheimsvågen i 2001 som viste konsentrasjoner av tungmetaller på samme nivå som før tiltaket med tildekking ble gjort i 1992, med maksverdier på 10 % sink, 0.4% bly og 600 mg/kg kadmium og 240 mg/kg kvikksølv (Walday, 2002). Det er derfor grunn til å tro at utlekkingen av metaller fra sedimentene i vågen nå er på samme nivå som den var før 1992, med mindre nivåene i overflatesedimentene har gått betydelig ned etter 2001. De eksperimentelle undersøkelsene som ble gjort ved NIVAs Marine forskningsstasjon Solbergstrand i 1987 viste at sedimentene fra Eitrheimsvågen bidro med 56 mg m^{-2} d^{-1} sink (Skei et al., 1987). Tiltaksområdet i vågen er ca. 90.000 m^2 og bidraget av sink fra overflatesedimentene kan estimeres til ca. 1,8 tonn pr.år. Det er ikke et uvesentlig bidrag i forhold til Bolidens samlede utslipp (ca.35% av totalutslippet). Det betyr at hvis man skal forvente en nedgang i nivåene av metallkonsentrasjoner på grunt vann i Sørfjorden så bør det vurderes å dekke til vågen-sedimentene på nytt med et tynt sandlag.

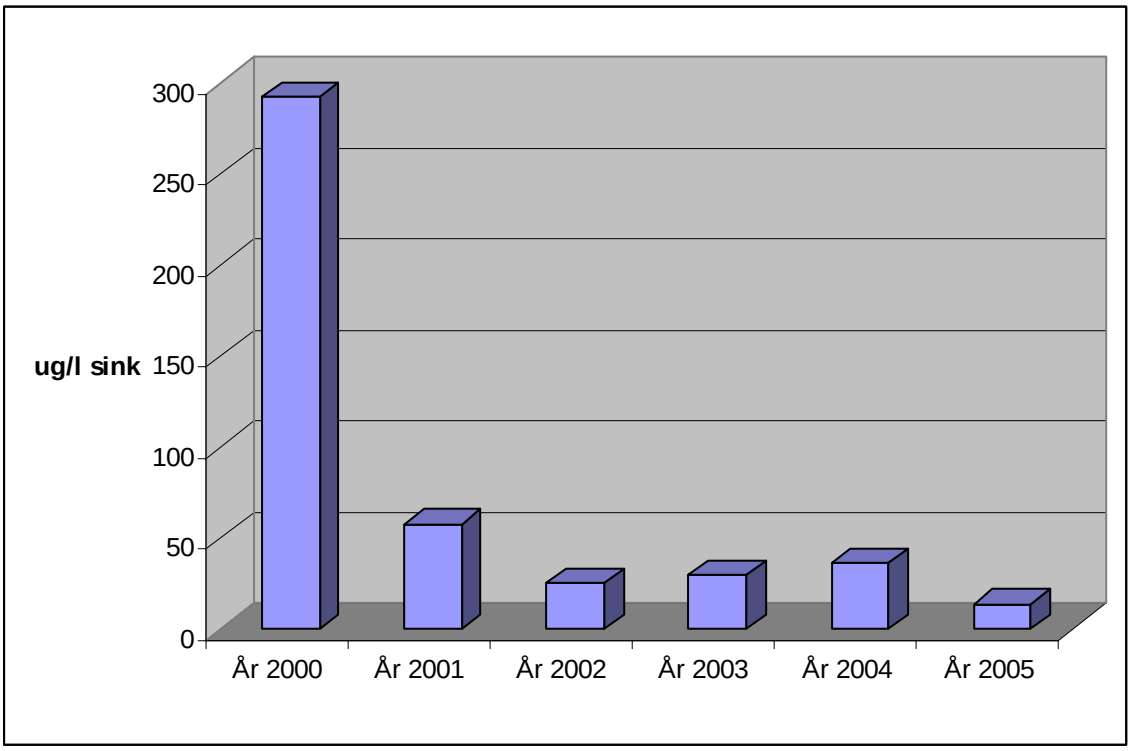
6.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid

Det har skjedd en merkbar forbedring med hensyn til metallforurensning i fjordens overflatelag de siste årene. Hvis vi sammenligner årsgjennomsnittet for sink ved Digraneset (midtveis i Sørfjorden) for de fem siste årene, ser vi en betydelig forbedring (Figur 7). Sink er blitt redusert med 58 %, mens kadmium er redusert med 71 % og bly med 21 %. I samme tidsrom er utslippene av sink til fjorden blitt redusert med vel 60 %, mens for kadmium og bly er dårlig samsvar mellom utslippstall og nivåer i overflatevannet. Spesielt dårlig samsvar er det mellom målte verdier for bly og utslippstall. I likhet med sink er utslippstallene redusert med vel 60 %, mens overflatevannet har vist en bedring på bare 20 %. Dette kan henge sammen med at utslippet av bly i stor grad henger sammen med gipsavfallet som deponeres og at dette i liten grad påvirker kvaliteten av overflatevannet.



Figur 7. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann ved Digraneset (stasjon 5).

En tilsvarende sammenligning av utvikling i perioden 2000-2005 for sink i Eitrheimsvågen (Figur 8) viser den samme tendensen, om enn ikke så tydelig. Året 2000 var et ekstremår med hensyn til uhellsutslipp, slik at dette året blir atypisk. Men også i 2004 var det uvanlige hendelser i forbindelser med gravearbeid som medførte økte tilførsler til vågen. I motsetning til Digraneset, som ligger ca. 10 km fra Odda, så viser resultatene fra vågen store fluktuasjoner fordi man er så nært hovedkilden. Men konklusjonene blir likevel at det går mot en forbedring i vågen i forhold til tidligere, men at overflatevannet fortsatt må karakteriseres som sterkt forurenset av sink, bly og kadmium.



Figur 8. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann i Eitrheimsvågen (stasjon 1).

Det forventes at nivåene av metaller i overflatevann vil gradvis gå ned i årene framover, spesielt i de ytre delene av fjorden som er lengst unna forurensningskildene. I Odda – området forventes det fortsatt variabel vannkvalitet. Årsaken er de sterkt forurensede sedimentene som skyldes en rekke uhellsutslipp de senere årene. I tillegg har forurensingsnivået i sedimentene nær Bolidens kaiområde vært ekstremt høyt på grunn av spill i forbindelse med lossing av konsentrat. Her er det imidlertid gjort tiltak i 2005. Før at det blir gjort nye sedimenttiltak i Eitrheimsvågen for å dekke til ny forurensning som er avsatt etter 1992 vil neppe vannkvaliteten komme ned på et akseptabelt nivå.

Det er ellers å bemerke at utslippet av sink fra Tinfos Titan & Iron har økt betydelig de siste tre årene fra 6 tonn sink i 2002 til 9,4 tonn i 2005. Sammenlignet med utslipp av sink fra Boliden Odda AS så var utslippet i 2005 fra Tinfos, Titan & Iron nesten dobbelt så stort. Når ikke dette utslippet fanges opp av overvåkningsprogrammet for vann så antas det å skyldes at utslippet er et dypvannsutslipp og berører ikke overflatevannet. Vannovervåkningen har i flere år vært begrenset til overflatevannet. I 2006 derimot vil det også bli tatt prøver fra dypere vannlag i Sørfjorden på ett tokt.

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.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03, 36 s.

Skei, J., Pedersen, A., Berge, J.A., Bakke, T. og K.Næs (1987). Indre Sørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapport, l.nr. 2067, 101 s.

Skei, J. og M. Schøyen, 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Delrapport 2. Metaller i vannmassene. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 926/2005. NIVA-rapport, 5000-2005, 21 s.

Sørensen K., E.Aas, B.Faafeng og T.Lindell (1993). Fjernmåling av vannkvalitet. Videreutvikling av optisk satelittmåling med metode for overvåking av vannkvalitet. NIVA-rapport, l.nr. 2860, 115s.

Walday, M.(2002). Effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sørfjorden, Hardanger i 1999-2000. Analyser av sedimenter og filet av torsk. NIVA-rapport, l.nr.4520, 21s.

Vedlegg A. Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann 2005

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	2,0	0,08	4,20	0,087	0,41	21,9	2,8	
15.03.2005	0	3	0,16	5,80	0,170	0,33	22,6	4,2	7,0
11.05.2005	0	<1,0	0,05	2,25	0,049	0,28	15,4	9,9	8,0
16.06.2005	0	2,0	0,14	4,11	0,075	0,36	7,9	10,9	6,0
23.08.2005	0	<1,0	0,07	1,45	0,035	0,32	9,6	16,2	8,0
13.09.2005	0	<1,0	0,14	3,19	0,052	0,30	9,1	11,0	7,0
17.10.2005	0	knust	0,066	2,35	0,032	0,30	16,4	9,6	8,5
28.11.2005	0	<1,0	0,22	6,53	0,058	1,34	13,1	3,4	14,0
Standard avvik		**0,6**	**0,1**	**1,8**	**0,04**	**0,4**	**5,7**	**4,7**	**2,6**
Årsgjennomsnitt		**1,00**	**0,12**	**3,74**	**0,070**	**0,46**	**14,50**	**8,50**	**8,4**

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	3,0	0,43	5,30	0,120	0,64	20,2	1,9	
15.03.2005	0	2,5	0,18	5,20	0,150	0,35	21,9	3,9	6,0
11.05.2005	0	<1,0	0,09	3,50	0,068	0,27	15,3	10,1	8,0
16.06.2005	0	<1,0	0,16	4,10	0,076	0,33	7,2	10,0	6,5
23.08.2005	0	<1,0	0,16	3,92	0,069	0,28	5,1	15,5	7,5
13.09.2005	0	1,5	0,17	3,26	0,048	0,28	9,0	11,6	7,5
17.10.2005	0	<1,0	0,17	4,74	0,053	0,54	12,4	7,8	8,0
28.11.2005	0	1,5	0,17	4,23	0,051	0,85	13,2	3,4	12,0
Standard avvik		**0,8**	**0,1**	**0,7**	**0,04**	**0,2**	**6,0**	**4,7**	**1,9**
Årsgjennomsnitt		**1,1**	**0,2**	**4,3**	**0,079**	**0,4**	**13,0**	**8,0**	**7,9**

Digranes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	1,0	0,13	5,80	0,130	0,35	18,8	3,6	
15.03.2005	0	4,0	0,17	4,40	0,110	0,29	21,4	4,1	7,0
11.05.2005	0	<1,0	0,11	3,75	0,066	0,24	12,6	8,7	7,0
16.06.2005	0	<1,0	0,19	4,69	0,078	0,26	6,3	9,4	7,5
23.08.2005	0	<1,0	0,16	3,19	0,051	0,21	3,7	15,2	7,0
13.09.2005	0	1,0	0,26	4,62	0,055	0,32	8,8	11,3	7,5
17.10.2005	0	6,5	0,40	6,65	0,055	0,52	9,1	7,0	6,0
28.11.2005	0	<1,0	0,28	8,21	0,100	0,70	14,3	6,1	12,5
Standard avvik		**2,7**	**0,1**	**1,6**	**0,03**	**0,2**	**6,1**	**3,9**	**2,1**
Årsgjennomsnitt		**1,6**	**0,2**	**5,2**	**0,081**	**0,4**	**11,9**	**8,2**	**7,8**

Tyssedal

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	3,5	0,14	6,50	0,140	0,39	17,7	3,1	
15.03.2005	0	2,0	0,23	6,20	0,140	0,30	18,2	3,6	7,0
11.05.2005	0	1,0	0,25	5,10	0,066	0,25	8,1	8,0	7,0
16.06.2005	0	<1,0	0,23	8,50	0,085	0,26	6,1	9,2	8,0
23.08.2005	0	<1,0	0,21	4,23	0,059	0,20	3,7	14,4	6,0
13.09.2005	0	1,5	0,28	3,58	0,048	0,26	8,5	11,6	6,5
17.10.2005	0	2,0	0,43	5,26	0,054	0,37	10,2	8,6	5,0
28.11.2005	0	1,0	0,23	4,62	0,100	0,40	15,2	7,0	11,0
Standard avvik		**0,9**	**0,1**	**1,5**	**0,04**	**0,1**	**5,4**	**3,8**	**1,9**
Årsgjennomsnitt		**1,4**	**0,3**	**5,5**	**0,087**	**0,3**	**11,0**	**8,2**	**7,2**

Lindenes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	3,5	0,29	12,80	0,190	0,41	13,8	1,3	
15.03.2005	0	5,0	0,46	11,00	0,200	0,36	20,0	3,6	6,0
11.05.2005	0	1,5	0,30	5,40	0,057	0,23	6,5	7,3	7,0
16.06.2005	0	<1,0	0,22	17,50	0,077	0,43	6,2	8,7	6,0
23.08.2005	0	<1,0	0,41	7,10	0,082	0,21	3,4	13,2	6,0
13.09.2005	0	<1,0	0,27	3,51	0,051	0,27	6,2	11,2	4,0
17.10.2005	0	1,5	0,38	5,32	0,051	0,74	10,2	9,6	4,8
28.11.2005	0	<1,0	0,33	6,56	0,100	0,70	12,2	6,4	10,0
Standard avvik		**1,7**	**0,1**	**4,7**	**0,06**	**0,2**	**5,4**	**3,9**	**1,9**
Årsgjennomsnitt		**1,4**	**0,3**	**8,6**	**0,101**	**0,4**	**9,8**	**7,7**	**6,3**

Havnebasseng

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	3,0	0,41	13,90	0,180	0,86	13,8	2,2	
15.03.2005	0	3,0	0,28	7,70	0,190	0,35	14,9	3,2	6,0
11.05.2005	0	2,0	0,52	6,00	0,081	0,25	8,4	7,6	7,0
16.06.2005	0	<1,0	0,32	5,65	0,130	0,27	5,7	8,5	5,2
23.08.2005	0	1,5	0,46	5,60	0,063	0,30	2,7	13,2	6,5
13.09.2005	0	<1,0	0,30	2,59	0,029	0,32	6,1	11,4	4,0
17.10.2005	0	1,0	0,87	10,10	0,038	3,60	8,4	9,2	4,5
28.11.2005	0	knust	0,45	6,07	0,091	0,66	10,0	7,1	9,5
Standard avvik		**0,9**	**0,2**	**3,4**	**0,06**	**1,1**	**4,1**	**3,7**	**1,8**
Årsgjennomsnitt		**1,5**	**0,5**	**7,2**	**0,100**	**0,8**	**8,8**	**7,8**	**6,1**

Eitrheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal.	Temp. °C	Siktedyp m
15.02.2005	0	3,0	0,29	14,80	0,180	0,40	10,3	0,7	
15.03.2005	0	15,5	1,74	46,50	0,880	0,61	16,7	4,2	6,0
11.05.2005	0	2,0	1,11	10,80	0,110	0,29	5,7	7,7	7,0
16.06.2005	0	<1,0	0,48	7,70	0,130	0,29	<1,0	9,4	5,0
23.08.2005	0	1,5	1,05	8,95	0,100	0,27	3,5	13,3	5,5
13.09.2005	0	<1,0	0,26	2,51	0,034	0,26	6,0	11,3	3,5
17.10.2005	0	5	1,39	10,50	0,130	0,42	9,3	9,0	4,5
28.11.2005	0	2	0,79	9,31	0,110	0,5	12,6	7,5	8,0
Standard avvik		**5,37**	**0,53**	**13,62**	**0,27**	**0,13**	**4,55**	**3,96**	**1,8**
Årsgjennomsnitt		**3,6**	**0,9**	**13,9**	**0,209**	**0,4**	**8,0**	**7,9**	**5,6**

Statens forurensningstilsyn (SFT)
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksradresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@sft.no
Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen		ISBN-nummer 82-577-4878-1
	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen		TA-nummer 2152/2006
Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	År 2006	Sidetall 24	SFTs kontraktnummer

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5164-2006	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn Boliden Odda AS Tinfos Titan & Iron K/S A/S Tyssefaldene Odda kommune Ullensvang herad
Forfattere Jens Skei, Merete Schøyen	
Tittel Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 1. Metaller i vannmassene. Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2005. Reprot no. 1. Metals in the water masses.	

Sammendrag
Rapporten presenterer resultatene fra overvåkingen av vannkvalitet i overflatelaget i Sørfjorden i 2005. Det er små endringer i tilførsler av metaller til fjorden i 2005 sammenlignet med 2004, med unntak av bly som viser nesten 70 % reduksjon. Det skyldes at tilførslene av bly i hovedsak er knyttet til Bolidens gipsutslipp som har avtatt i omfang. Nivåene i overflatelaget har avtatt noe i forhold til 2004. Økning i mars i vågen skyldes trolig forurenset bunnvann som ble blandet opp i overflatelaget. Sink og kadmium viser generelt en nedgang i fjorden og en forbedring på en tilstandsklasse i forhold til SFTs klassifiseringssystem siden 2004.

4 emneord	4 subject words
Overvåking	Monitoring
Sørfjorden	Sørfjord
Metaller	Metals
Vannkjemi	Water chemistry