

Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 984/2007

TA-nummer: 2259/2007

ISBN-nummer: 978-82-577-5159-3

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning og
Alex Stewart Environmental Services A/S

- **Overvåking av**
- **miljøforholdene i**
- Sørfjorden 2006**

Rapport
984
2007

Delrapport 1. Metaller i vannmassene.

Statlig program for forurensningsovervåking

**Overvåking av miljøforholdene i
Sørfjorden 2006**

Metaller i vannmassene

Forfattere: Jens Skei og Merete Schøyen

Forord

NIVA har i år 2006 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). Kostnadene knyttet til miljøgiftovervåkingen er delt mellom bedrifter, kommuner og SFT, nemlig:

Boliden Odda AS: 36,43 %
Statens forurensningstilsyn (SFT): 39,83 %.
Tinfos Titan & Iron K/S (TTI): 11,8 %
AS Tyssefaldene: 5,26 %
Odda kommune: 3,98 %
Ullensvang herad: 2,69 %

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 2006.

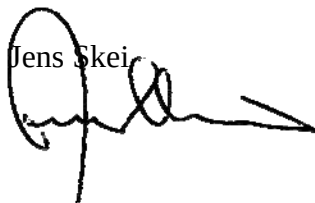
Prosjektet er utført i samarbeid med Hardanger Miljøsentor i Odda (Alex Stewart Environmental Services A/S), som har hatt ansvar for vannprøvetakingen, samt deler av analysene. Vi takker spesielt Frode Høyland, Arild Moe og Synnøve Underdal for godt samarbeid.

Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA, med unntak av analyser av arsen, bismut, krom, mangan, molybden, antimon, tinn, tellerium og titan som er gjennomført ved STAMI (Statens Arbeidsmiljøinstitutt) og analysert av Oddvar Røyset.

Ved NIVA har forskningsassistent Merete Schøyen hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Jens Skei har vært leder for den vannkjemiske overvåkingen.

Oslo, april 2007

Jens Skei



Innhold

1. Sammenheng	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
5.3.1 Metaller i overflatevann	14
5.3.2 Metaller i bunnvann og intermediære dyp	17
5.4 Analyser av andre metaller	20
6. Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene	21
6.1 Kilder	21
6.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid	22
7. Litteratur	24
Vedlegg A	
Vedlegg B	

1. Sammendrag

Foreliggende rapport fra overvåkingen av Sørfjorden i 2006 gir en beskrivelse av vannkvaliteten i overflatelaget i fjorden. I 2006 er det også ved en anledning tatt vannprøver fra intermediære dyp (20-100 m) og fra bunnvannet i Sørfjorden (250 -350 m dyp). Rapporten er en del av grunnlaget for å bedømme om tiltakene som industrien i Odda har gjennomført gjennom en årrekke har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sørfjorden i fremtiden kan forventes å nås.

Det er små endringer i tilførslene av metaller til Sørfjorden fra industrien i Odda i 2006, sammenlignet med 2005, med unntak av økte tilførsler av bly og kopper fra Boliden Odda AS. Tilførslene av bly, etter at Odda Smelteverk ble nedlagt i 2002, har vært dominert av bly i gipsutslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk.

Overvåkingen av metaller i vann leder til følgende konklusjoner:

- 1. Utviklingen i overflatevannet i Sørfjorden når det gjelder metaller over et tidsperspektiv på en 7-årsperiode (2000-2006) viser en klar forbedring. Nivåene har jevnet seg noe mer ut etter at Boliden fullførte sitt Prosjekt Avløp og oppgraderte sitt renseanlegg i 2003.**
- 2. Nivåene av metaller i overflatevannet i fjorden økte i 2006 fra munningen av Sørfjorden til Eitrheimsvågen. Sammenlignet med fjoråret var det små forskjeller i nivåene. Vannkvaliteten i overflatevannet styres i stor grad av vannkvaliteten i Eitrheimsvågen. Store svingninger i vågen skyldes opptrenging av bunnvann med høy saltholdighet. Bunnvannet i vågen er tilsynelatende påvirket av svært høye nivåer av metaller i overflatesedimentene som skyldes gjentatte uhellsutslipp etter at bunnsedimentene i vågen ble tildekket i 1992.**
- 3. Analyser av syv andre metaller (arsen, bismut, krom, mangan, molybden, antimon, tinn, tellerium og titan) i overflatevann innsamlet i mai 2006 viste ikke noe ekstraordinært i forhold til forurensningsnivå. Konsentrasjonene som ble målt må betraktes som normale.**
- 4. Prøver fra intermediære dyp og dypvann ble innsamlet i mai 2006 for å dokumentere om vannkvaliteten i dypere vannlag skiller seg fra vannkvaliteten i overflatelaget. Dette har betydning for data på metaller i fisk. Resultatene viste overraskende høye nivåer av metaller i dybdeintervallet 20 -100 m i indre deler av fjorden. Årsaken er trolig en kombinasjon av eksisterende utslipp av industrielt avløpsvann ved 20 -40 m dyp, bidrag fra forurensede sedimenter fra samme dyp og betydelig lengre oppholdstid på denne vannmassen i fjorden enn overflatevannet.**

2. Summary

The present report on the monitoring of Sør fjorden in 2006 describes the quality of the surface water with respect to metals. In 2006 additional water sampling was carried out at intermediate depths (20-100m) and from the basin water (250-350 m). 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 Sør fjorden can be achieved in the near future.

There are relatively small changes in the discharges of metals from local industry to Sør fjorden in 2006 compared to 2005, except increased discharges of lead and copper from Boliden Odda AS. 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.

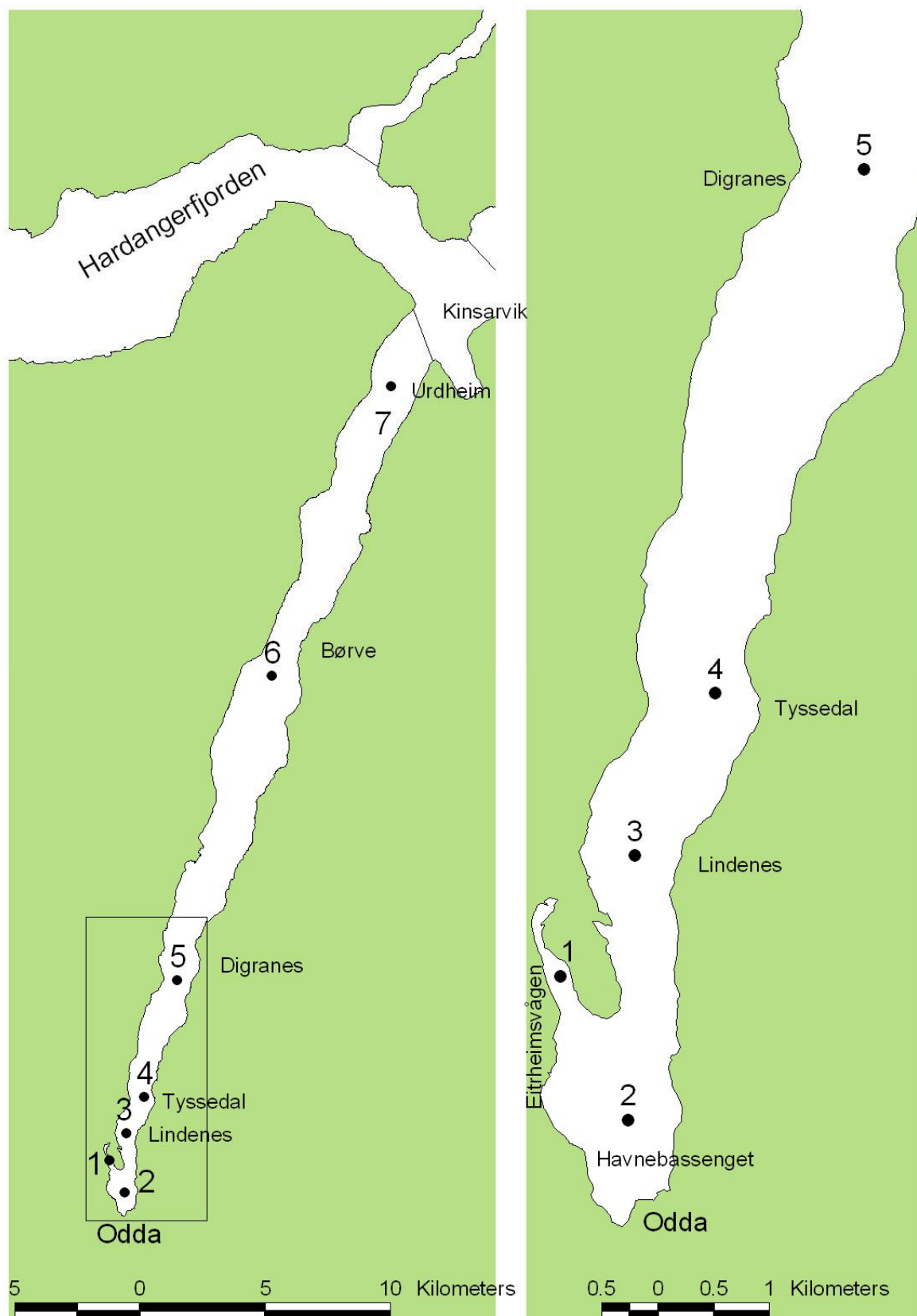
The monitoring results of heavy metals may be summarised as follows:

1. **The temporal change in the surface water of Sør fjorden with respect to metals during the last 7 years (2000-2006) indicates improvement. The trend has to some extent levelled out since 2003 when Boliden Odda AS finished their remediation project with respect to surface water drainage and upgraded their water purification plant.**
2. **The levels of metals in the surface water in Sør fjorden, increased from the mouth to the head of the fjord (Eitrheimsvågen). Compared with last year, small changes in metal levels were observed. The water quality of the fjord is strongly influenced by the water quality of Eitrheimsvågen. Large fluctuations in this bay are due to upwelling of highly contaminated bottom water, indicated by high salinity. The bottom water of the bay is apparently contaminated due to impact from the underlying, contaminated bottom sediments, due to repeated episodes of accidental discharges from the zinc work since the bay sediments were capped in 1992.**
3. **Analyses of seven other metals (arsenic, bismuth, chrome, manganese, molybdenum, antimony, tin, tellurium and titanium) in the surface water collected in May 2006 did not show anything extraordinary with respect to levels of contamination.**
4. **Samples from intermediate depths and from the basin water were collected in May 2006 to document possible differences compared with the surface water. This may have consequences with respect to data of trace metals in fish. The results showed surprisingly high levels of metals collected in the depth interval 20-100 m in the inner part of the fjord. The explanation is probably a combination of existing industrial discharges at 20-40 m depth, contribution from contaminated sediments from the same depth and a longer residence time of this water mass compared to the surface water.**

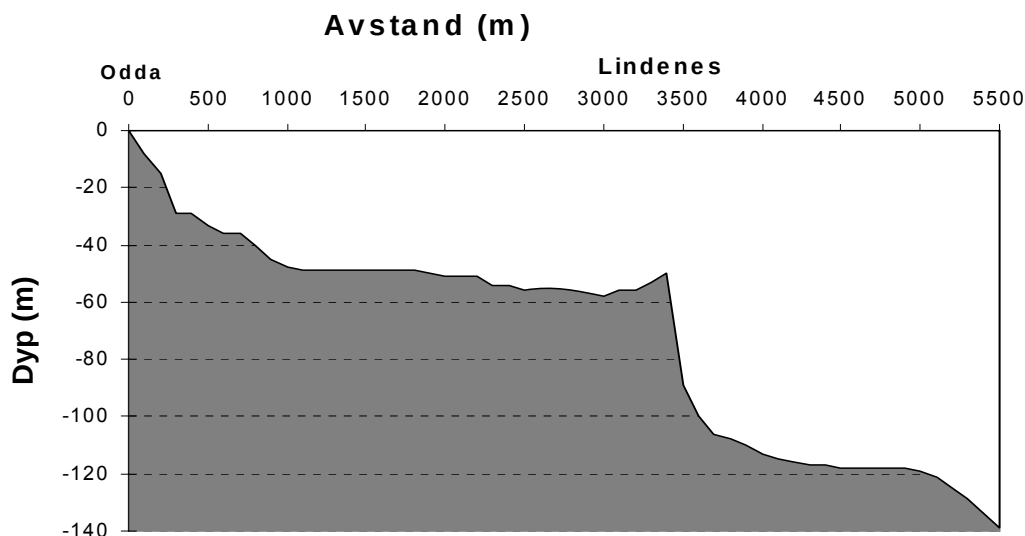
3. Innledning

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 2006.



Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sør fjorden 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 2006. Basert på opplysninger fra SFT og bedriftene. Tallene i parentes representerer utslipp i 2005.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år
Boliden	975	1897	7680	101	1,3
Odda AS*	(567)	(899)	(5205)	(95)	(1,1)
TTI	3	198	6510	2,5	0,57
	(57)	(141)	(9436)	(1,8)	(0,20)
Totalt	978	2095	14190	103,5	1,9
	(624)	(1040)	(14641)	(96,8)	(1,3)

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

Av tabellen framgår at det totale utslippet av kopper og bly har økt betydelig siden 2005, mens for de øvrige metallene er det bare små endringer. Utslippet av kopper og bly domineres totalt av gipsutslippet til sjø fra Boliden ("Noralf"). Det er ellers å bemerke at utslippet av sink fra TTI er gått kraftig ned siden 2005.

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 har foregått jevnlig siden 1979. Gjennom årene er det gjort flere tiltak for å redusere forurensningstilførslene til fjorden. Overvåkingen i 2006 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 alle 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 23. februar, 13. mars, 23. mai, 14. juni, 29. august, 19. september, 10. oktober og 14. november 2006 av Hardanger Miljøsender på stasjonene vist i Figur 1.

Det ble tatt prøver direkte fra overflatevannet (0-0,5 m) i fjorden på spesialvaskede flasker; glassflasker for kvikksølvanalyser og plastflasker for øvrige metaller.

I tillegg til prøvetaking av overflatevannet er det ved prøveinnsamlingen i mai tatt vannprøver fra bunnvann og midlere dyp på samtlige stasjoner for å registrere nivåer av tungmetaller. Dette er primært gjort for å kunne vurdere om vannkvaliteten under overflatelaget kan ha noen innvirkning på nivåene av tungmetaller i fisk og i hvilken grad det kan sannsynliggjøres at bunnsedimentene påvirker nivåene av metaller i bunnvannet.

I mai 2006 ble det samlet inn vannprøver for analyser av syv andre metaller (arsen, bismut, krom, mangan, molybden, antimon, tinn, tellerium og titan) i overflatevann.

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 atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppslutning ved kalddampeteknikk 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 (bruk av secchi-skive).

Analyser av arsen, bismut, krom, mangan, molybden, antimon, tinn, tellerium og titan ble gjort ved hjelp av høyoppløsende ICPMS (HRICPMS) ved Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI).

5. Resultater og diskusjon

Alle rådata befinner seg i Vedlegg A og B.

5.1 Saltholdighet

Saltholdigheten måles for å kunne anslå hvor mye ferskvann som befinner seg i overflatevannet. Saltholdigheten avtar jo mer elvevann som er innblandet 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).

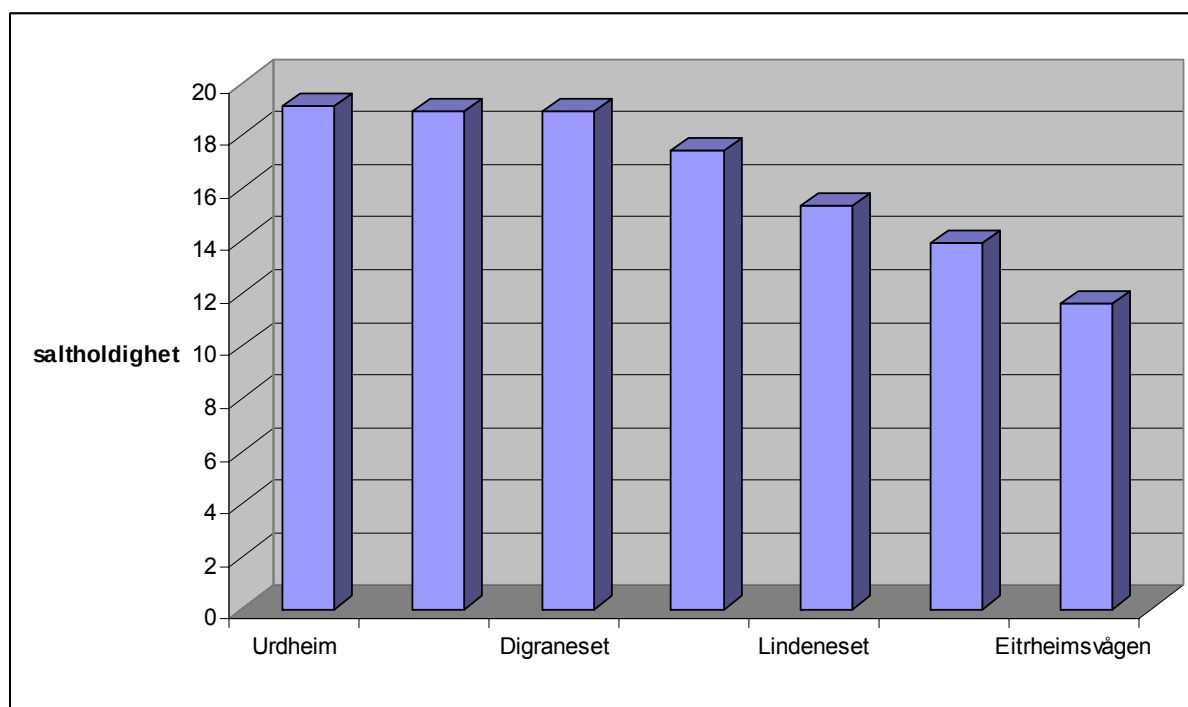


Fig.3. Saltholdighet (årsmiddel) i overflatevannet i Sør fjorden i 2006 (Urdheim er ytterst i Sør fjorden og Eitrheimsvågen innerst).

Figuren viser at saltholdigheten i overflatevannet 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. Ekstremt lave saltholdigheter i overflatevannet i hele fjorden ble målt 29.08. Dette må ha sammenheng med en periode med store nedbørsmengder.

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.

Siktedypet var gjennomgående høyt i hele Sør fjorden i 2006 (klart vann). Gjennomsnittlig siktedyp (årsmiddel) varierte mellom 4 og 8 m. 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 laveste siktedypet innerst i fjorden ble målt 29.08 da saltholdigheten var ekstrem lav. Dette er forskjellig fra 2005 som viste at høstflom i november ikke hadde noen innflytelse på siktedypet (Skei og Schøyen, 2006).

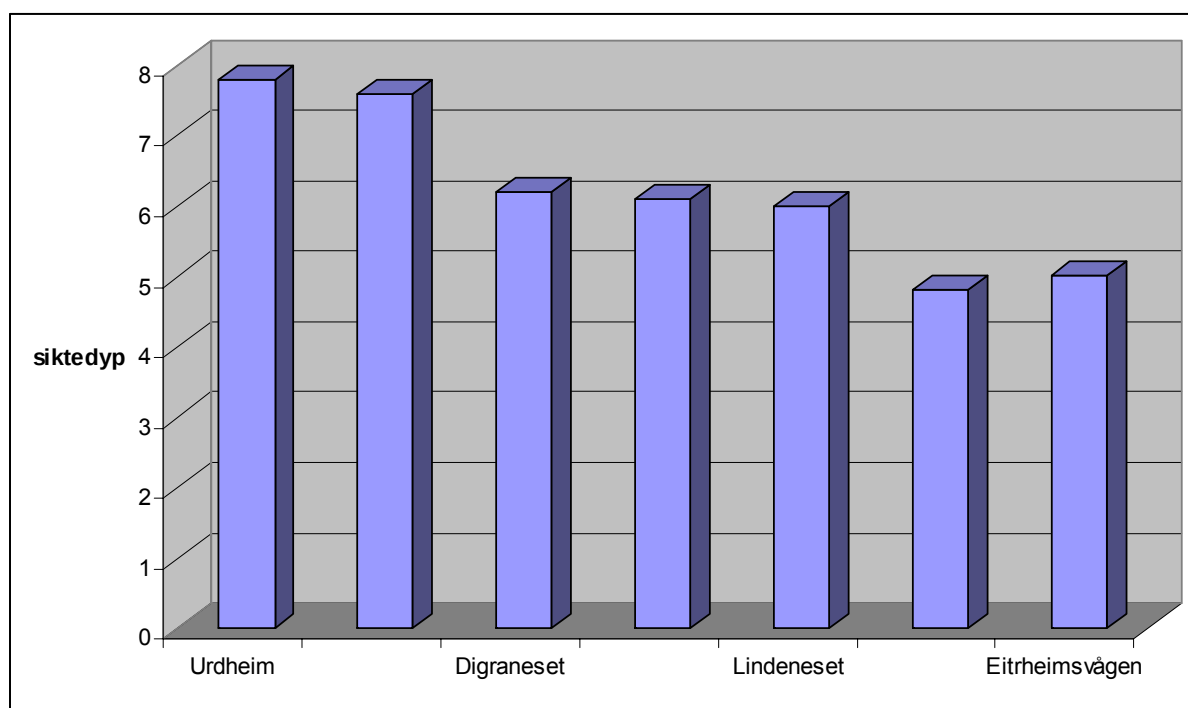


Fig.4. Gjennomsnittlig siktedyp (m) i Sør fjorden i 2006 (Urdheim er ytterst i Sør fjorden og Eitrheimsvågen innerst).

Figuren viser at det gjennomsnittlige siktedypet avtar fra munningen av Sør fjorden og innover mot Odda. Dette er som forventet, ettersom partikkeltransporten i stor grad er koblet til ferskvannstilførselen som skjer innerst i fjorden.

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 er under revidering). Systemet baserer seg på 5 tilstandsklasser fra ubetydelig/lite forurensset (kl.I) til meget sterkt forurensset (kl.V) (Tabell 2).

Tabell 2. Klassifisering av tilstand ut fra innholdet av metaller i sjøvann. Her er kun tatt med de metallene som til vanlig inngår i analyseprogrammet i Sør fjorden.

		Tilstandsklasser				
Parametre		I	II	III	IV	V
		Ubetydelig - lite forurensset	Moderat forurensset	Markert forurensset	Sterkt forurensset	Meget sterkt forurensset
Metaller i vann	Bly ($\mu\text{g Pb/l}$)	<0.05	0.05-0.15	0.15-0.5	0.5-1	>1
	Kadmium ($\mu\text{g Cd/l}$)	<0.03	0.03-0.07	0.07-0.2	0.2-0.5	>0.5
	Kobber ($\mu\text{g Cu/l}$)	<0.3	0.3-0.7	0.7-1.5	1.5-3	>3
	Kvikksølv ($\mu\text{g Hg/l}$)	<0.001	0.001-0.005	0.005- 0.015	0.015-0.03	>0.03
	Sink ($\mu\text{g Zn/l}$)	<1.5	1.5-5	5-10	10-20	>20

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.

I motsetning til tidligere år er det i 2006 også tatt vannprøver fra bunnvann og midlere dyp på samtlige stasjoner. Ved gjennomgang av resultatene er det derfor viktig å vurdere disse resultatene hver for seg slik at sammenligning kan gjøre med tidligere resultater fra overflateprøver.

5.3.1 Metaller i overflatevann

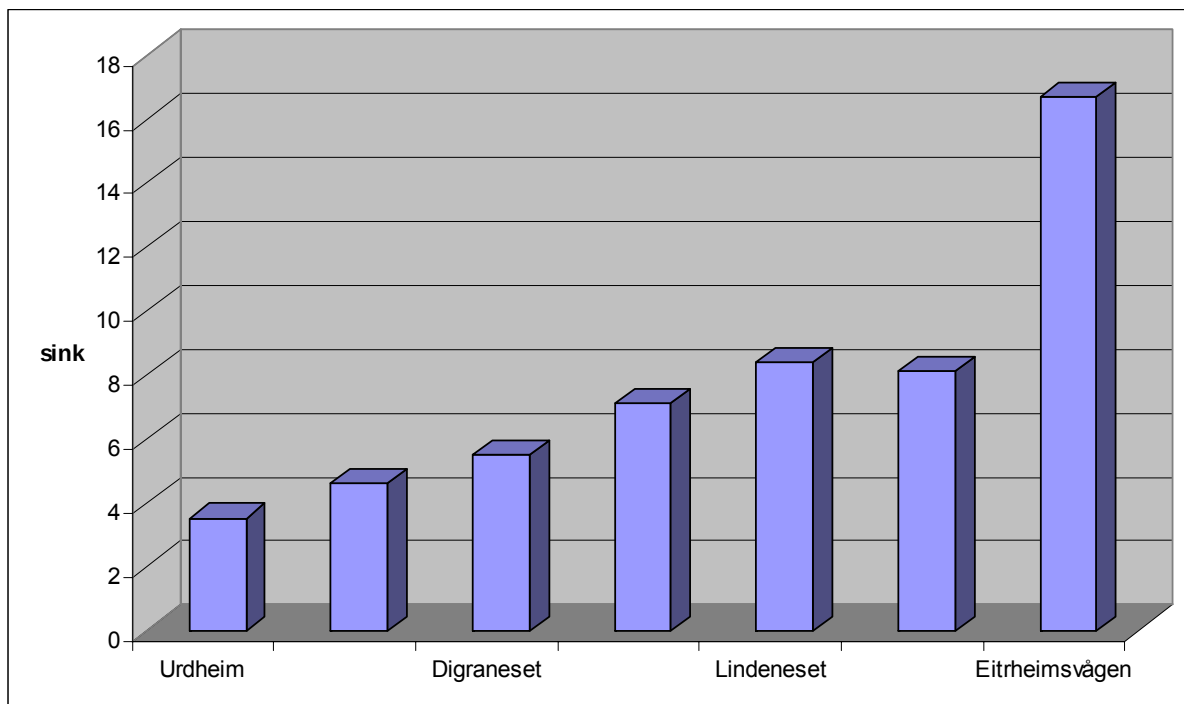
Metallnivået i overflatevann har vært overvåket mer eller mindre kontinuerlig siden 1979 og representerer de lengste måleseriene av metaller i fjordvann som finnes. Materialet er derfor verdifullt både i overvåkningssammenheng og i forskningssammenheng. Overflateverdiene gjenspeiler diffuse tilførsler fra land (avrenning fra forurensset grunn), direkte utslipp til overflatevannet, atmosfæriske tilførsler og elvetilførsler. Vannkvaliteten i overflatelaget påvirker i første rekke opptak av metaller i blåskjell, men vil også påvirke opptak i fisk.

Sink (Zn) i overflatevannet.

Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året $3,5 \mu\text{g/l}$ ($3,7 \mu\text{g/l}$ i 2005) ved munningen av fjorden (Urdheim) og $16,7 \mu\text{g/l}$ ($13,9 \mu\text{g/l}$ i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 4.). Dette tilsvarer moderat forurensset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og sterkt forurensset (tilstandsklasse IV) i SFTs miljøklassifiserings-system (Molvær et al., 1997) innerst i fjorden. Det er ingen endring i forhold til tilstandsklasser fra 2005 til 2006. Tilførslene av sink til fjorden fra industrien har ikke endret seg mye fra 2005 til 2006.

Nivåene av sink økte gradvis innover fjorden (fig.5). Faktisk var vannkvaliteten fra Tyssedal og ut til munningen av fjorden i tilstandsklasse II (moderat forurensset) med hensyn til sink, når vi ser bort fra to enkeltstående målinger.

I vågen varierte sinkkonsentrasjonene mellom 9 og 39 $\mu\text{g/l}$. Den høyeste konsentrasjonene av sink ble målt i februar, mars og mai. Det er verdt å merke seg at saltholdigheten i overflatevannet var spesielt høy på disse tidspunktene. Det er derfor all grunn til å tro at det har skjedd en 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. Akkurat det samme skjedde i 2005.



Figur 4. Årsgjennomsnittet av sink ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden 2006

Fordelingen av sink i overflatevannet i fjorden var omtrent det samme som i 2005. Noe lavere konsentrasjoner i havnebassenget enn på Lindenes skyldes at lokaliteten i havnebassenget er påvirket av Opo.

Kadmium (Cd) i overflatevannet.

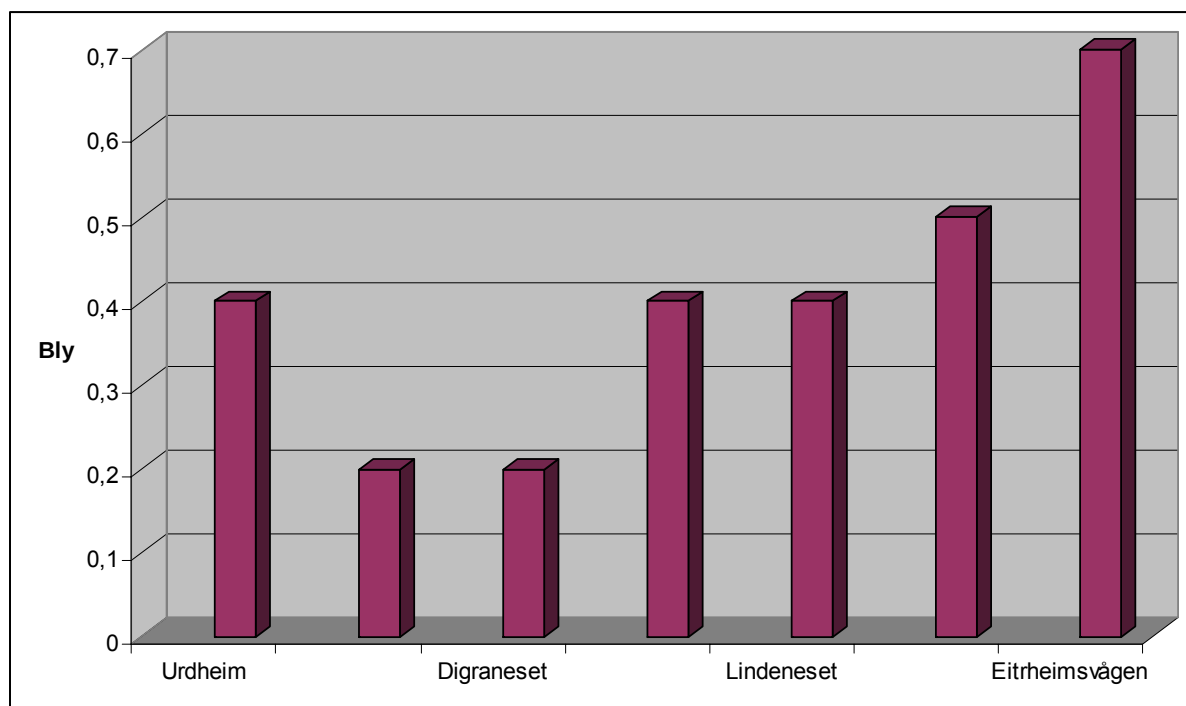
Innholdet av Cd i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,06 $\mu\text{g/l}$ (0,07 $\mu\text{g/l}$ i 2005) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,28 $\mu\text{g/l}$ (0,21 $\mu\text{g/l}$ i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer moderat forurenset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og markert forurenset (tilstandsklasse III) i SFTs miljøklassifiseringssystem (Molvær et al., 1997) innerst i fjorden. I realiteten er det ingen endring i forhold til 2005.

Kobber (Cu) i overflatevannet.

Innholdet av Cu i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,6 µg/l (0,46 µg/l i 2005) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 5,1 µg/l (0,40 µg/l i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette er en kraftig økning i forurensningsgrad innerst i fjorden og en merkbar økning ytterst, henholdsvis kl.V og II. Årsaken til høye gjennomsnittsverdier i vågen var ekstremt høye verdier i februar og mars. Eneste forklaringen kan være at dette tilsvarer en periode da bunnvann i vågen kom opp til overflaten. Det bør ellers bemerkes at utslippene av kopper til fjorden fra Boliden økte fra 567 kg i 2005 til 975 kg i 2006 (70 % økning).

Bly (Pb) i overflatevannet.

Innholdet av Pb i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,14 µg/l (0,12 µg/l i 2005) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,7 µg/l (0,9 µg/l i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 5). Dette tilsvarer moderat forurensset (tilstandsklasse II) i munningsområdet og sterkt forurensset (tilstandsklasse IV) i SFTs miljøklassifiseringssystem (Molvær et al., 1997) i vågen (Figur 5). Her er det relativt små forskjeller i forhold til 2005. I følge utslippstallene for bly så er det totale utslippet fra industrien i Odda fordoblet i 2006 sammenlignet med 2005. Mesteparten av bly-tilførselen til fjorden skyldes utslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk og deponering av gips og det er tydeligvis store årlige variasjoner. Mye tyder på at bly som følger gipsutslippet (som er et dypvannsutslipp) har liten innvirkning på bly-innholdet i overflatevannet. Sannsynligvis vil store deler av bly-utslippet følge gipsen og sedimentere i havnebassenget



Figur 5. Konsentrasjonen av bly (µg/l) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden i 2006 (årsgjennomsnitt).

Kvikksølv (Hg)

Innholdet av Hg i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,9 ng/l (1,0 ng/l i 2005) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 4,8 ng/l (3,6 ng/l i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer moderat forurensset (tilstandsklasse II) i hele fjorden.

Det er fortsatt store variasjoner over året i vågen ($< 1 - 23,5$ 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 forurensset ettersom de underliggende sedimentene har et høyt nivå av bl.a. kvikksølv.

5.3.2 Metaller i bunnvann og intermediære dyp.

Det finnes data fra 70-årene for metaller i dypvann og midlere dyp. Den gang var målsettingen å spore effekten av det store utslippet av jarositt (fra Norzink, nå Boliden), som var et dypvannsutslipp og som kunne spores som et maksimumsnivå mellom 25 og 100 m i hele fjorden. Dette dypvannsutslippet opphørte i 1986 da jarositten ble overført til fjellhaller. Siden den gang har det vært lite fokus på vannkvaliteten på større dyp.

Når overvåkingen av dypvannet er tatt opp igjen er det fordi man ønsker å få et bilde av vannkvaliteten i hele vannmassen, 20 år etter at jarositt-utslippet opphørte. I 2006 ble det således gjennomført prøvetaking på ett av de ordinære toktene (mai). For perioden 2007-2011 blir dette gjort to ganger pr.år.

Sink (Zn) i dypvannet

Det er åpenbart at det er betydelige gradienter i sink både vertikalt i vannmassen og hvis man sammenligner geografiske gradienter f.eks. i 40 m vanddyb på sterkningen Urdheim – Havnebassenget (fig. 6).

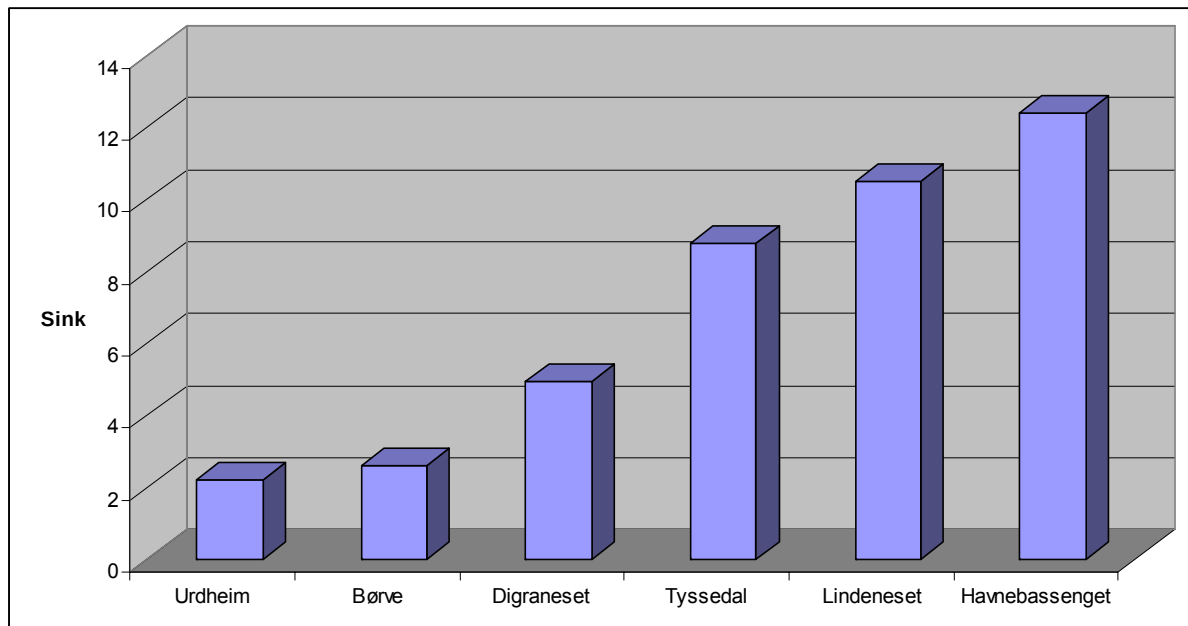


Fig. 6. Sink ($\mu\text{g/l}$) i 40 m dyp fra Urdheim (ytterst) til havnebassenget (innerst) i Sør fjorden.

Det er også verdt å merke seg at nivåene på 40 m dyp i indre del av Sørfjorden er høyere enn i overflatevannet og det er grunn til å spørre hva som er årsaken til det. Det er hovedsakelig tre tenkelige forklaringer :

1. Oppholdstiden av vannet på 40 m dyp i Sørfjorden er betydelig lengre enn i overflaten, slik at denne vannmassen akkumulerer metaller over en lengre tidsperiode.
2. Det er fortsatt aktive dypvannsutslipp fra industrien som påvirker de dypere deler av vannmassen. Det er kjent at gipsutslippet fra aluminiumsfabrikken på Eitrheimsneset er et dypvannsutslipp (ca. 25 m dyp).
3. Bunnsedimentene i Eitrheimsvågen og i havnebassenget (dvs. sedimenter som ligger på 10 -50 m dyp) er sterkt forurensset og at forurensset bunnvann fra det innerste grunnområdet kan spres utover fjorden og kan da tilsynelatende påvirke vannkvaliteten i 40 m dyp helt ut til Digraneset (se fig.6).

I tillegg til å analysere sink i 40 m vanndyp ble det også tatt vannprøver fra selve dypvannet i dypbassengene i fjorden (på 250 og 350 m dyp). På de tre ytterste stasjonene ble det målt nivåer av sink på 250 og 350 m dyp på omtrent samme nivå som i overflatevannet. I 100 m dyp ble det også målt stort sett samme nivå som i overflatevannet.

Nivåene av sink i 20 m dyp i fjorden var gjennomgående lavere enn i overflatevannet på de tre ytterste stasjonene (fra Digraneset til Urdheim). Dette skyldes trolig at denne vannmassen er preget av vann som kommer utenfra som følge av den estuarine fjordsirkulasjonen (utgående vann i overflaten og inngående vann under). Fra Tyssedal og sørover var vannmassen i 20 m dyp mer forurensset enn i overflaten. Det kan tyde på vannmassen i dybdeintervallet 20 -40 m får aktivt tilført metaller i form av utslipp, eventuelt bidrag fra forurensede sedimenter.

I Eitrheimsvågen ble det i tillegg til målinger i overflatevannet gjort målinger i 10 m dyp. Mens de i overflaten ble målt ca. 6 µg/l ble det i 10 m dyp målt ca. 30 µg/l. Ettersom bunnsedimentene i vågen er sterkt forurensset av metaller som følge av mange store uhellsutslipp etter at tildekkingen i vågen ble gjennomført i 1992, er det all grunn til å tro at vannkvaliteten her preges av bidrag fra sedimentene. Dette understøtter også observasjoner av høy metallforurensing i overflatevannet i vågen i perioder hvor dypvannet presses opp i overflaten. Denne forklaringen understøttes av høy saltholdighet i overflaten.

Fig. 7 viser den vertikale fordelingen av sink i hele vannmassen ved Digraneset i mai 2006.

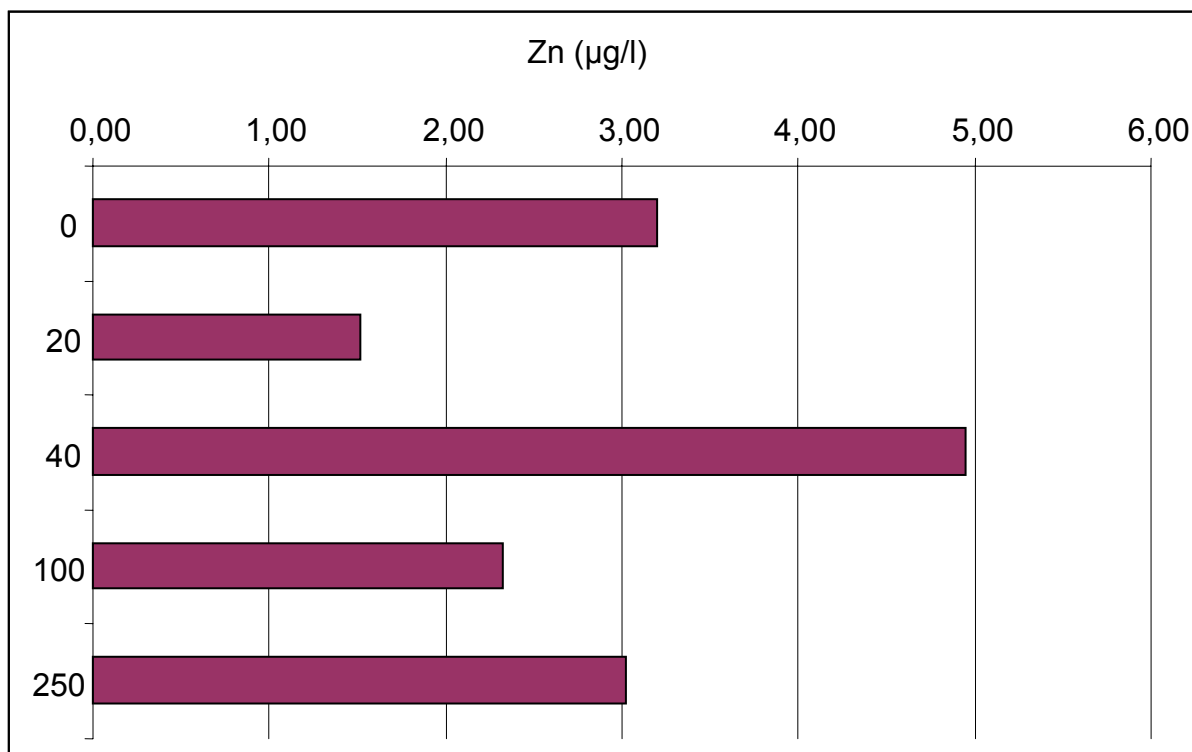


Fig.7. Vertikalfordelingen av sink i de øvre 250 m av vannmassen ved Digraneset i mai 2006.

Kadmium (Cd), bly (Pb) og kopper (Cu) i dypvannet.

Kadmium følger sink og det er ingen forskjell i fordeling. Dette henger sammen med at det er en kobling mellom nivåene av sink og kadmium i utslippet fra Boliden. Det samme gjelder bly. Både for kadmium og bly er det en 10-dobling av konsentrasjonsnivåene i 40 m dyp fra Urdheim til havnebassenget. Tendensen er også den samme når det gjelder kopper, men her er økningen innover fjorden noe mindre (3-4 ganger).

Vertikalfordelingen av kadmium i de øvre 250 m av vannmassen ved Digraneset i mai 2006 er vist på fig.8.

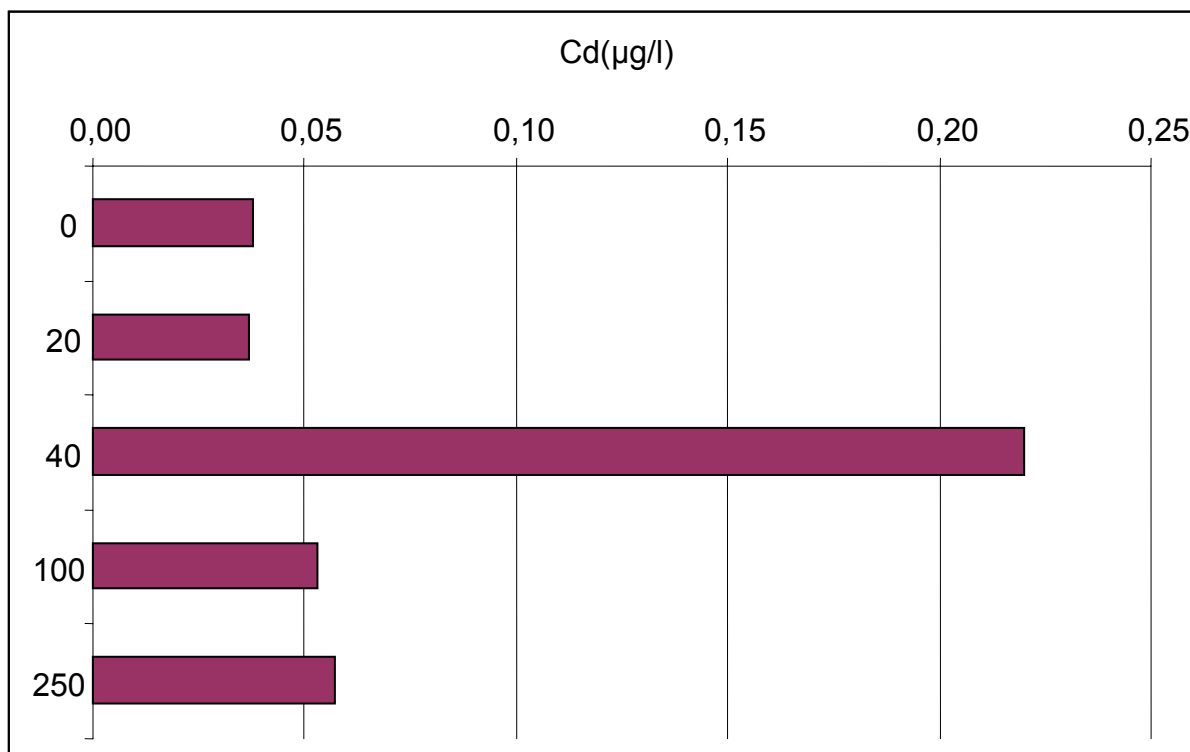


Fig.8. Vertikalfordelingen av sink i de øvre 250 m av vannmassen ved Digraneset i mai 2006.

Kvikksølv (Hg) i dypvannet.

Også kvikksølv øker noe på 40 m dyp på de innerste stasjonene, men gradienten er noe svakere. Det som spesielt er verdt å merke seg er de høye konsentrasjonene i 20 og 40 m dyp på stasjonene Lindeneset og Havnebassenget hvor det ble målt 3,5 – 5 ng/l Hg i mai 2006. I tillegg er det verdt å merke seg den høye konsentrasjonen på 14 ng/l Hg på 10 m dyp i vågen, tilsvarende tilstandsklasse III (markert forurensset). Dette er igjen en indikasjon på at bunnvannet i vågen er betydelig forurensset og at dette sannsynligvis skyldes forurensede sedimenter.

5.4 Analyser av andre metaller

På ett tokt i 2006 ble overflateprøvene analysert for arsen, bismut, krom, mangan, molybden, antimon, tinn, tellurium og titan. Noen av disse elementene er assosiert med utslipp fra industrien (for eksempel Boliden: arsen, bismut og antimon og TTI: titan og krom).

Resultatene (vedlegg B) viser for arsens vedkommende verdier mellom 0.4 og 0.9 µg/l med økende konsentrasjoner utover fjorden. Det betyr at det er saltholdigheten som styrer nivåene og ikke eventuelle utslipp. Konsentrasjonene av bismut, krom og mangan viser relativt små gradienter utover fjorden og det er ikke noe spesielt å bemerke angående konsentrasjonsnivåene. Molybden og antimon viser i likhet med arsen noe økende nivåer utover fjorden på grunn av økende saltholdighet. Det er heller ikke noe spesielt i forbindelse med nivåene av tinn og tellurium. Titan derimot som forventet noe høyere konsentrasjoner ved Tyssedal, Lindeneset og i havnebassenget.

Det synes ikke å være noen grunn til å innlemme noen av disse elementene i den videre overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden.

6. Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene

6.1 Kilder

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)

Når det gjelder atmosfæriske bidrag så finnes det ingen kvantitative beregninger.

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 vil imidlertid bli gjort sedimentkartlegging i Sørfjorden i 2007 i forbindelse statlig overvåkningsprogram og i forbindelse med fylkesvis tiltaksplan fase II.

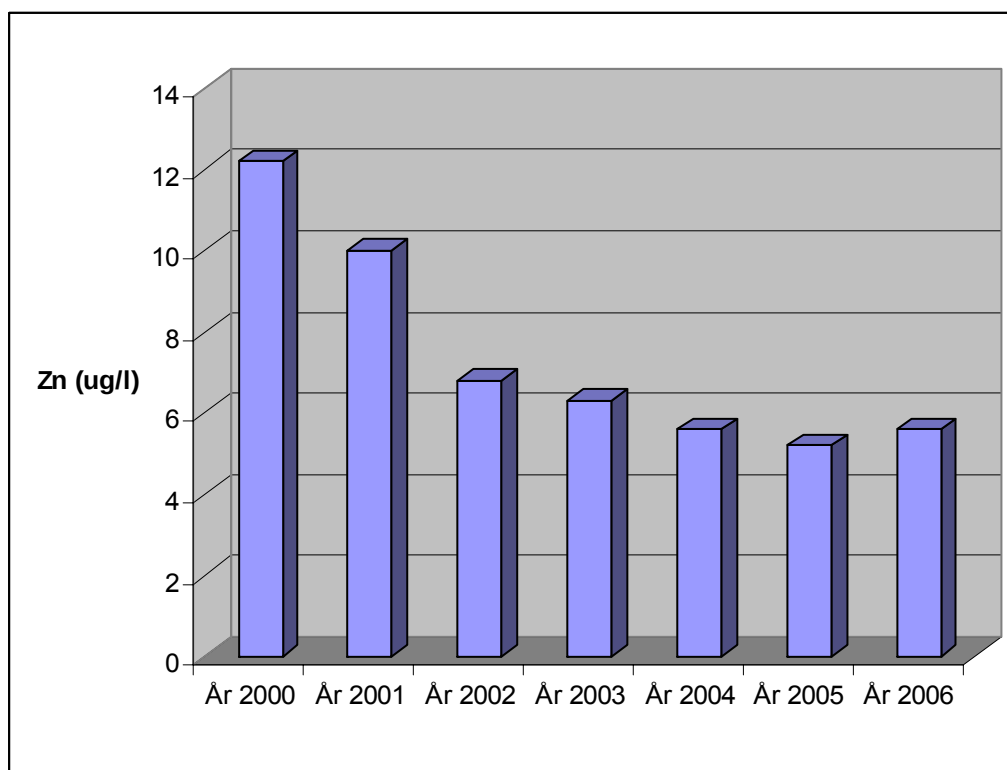
Det ble imidlertid gjort en kartlegging av overflatesedimentene i Eitrheimsvågen i 2001 som viste konsentrasjoner av tungmetaller på samme nivå som før tiltaket med tildekking ble gjort i 1992, med maksverdier på 10 % sink, 0,4% bly og 600 mg/kg kadmium og 240 mg/kg kvikksølv (Walday, 2002). Det er derfor 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 $56 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ sink (Skei et al., 1987). Tiltaksområdet i vågen er ca. 90.000 m^2 og bidraget av sink fra overflatesedimentene kunne estimeres til ca. 1,8 tonn

pr.år. Det er ikke et uvesentlig bidrag i forhold til Bolidens samlede utslipp (ca 23% 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. Dette vil bli vurdert på nytt i forbindelse med fylkesvis tiltaksplan fase II.

I hvilken grad det vil være nødvendig å gjøre tiltak mot foruensede sedimenter vil avhenge av en vurdering av årsakene til den betydelige forurensningen som er dokumentert i vannmassen mellom 20 og 40 m dyp. Det bør gjøres en nøye vurdering av hvilke "restutslipp" som går som dypvannsutslipp og i hvilken grad disse kan reduseres eller elimineres.

6.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid

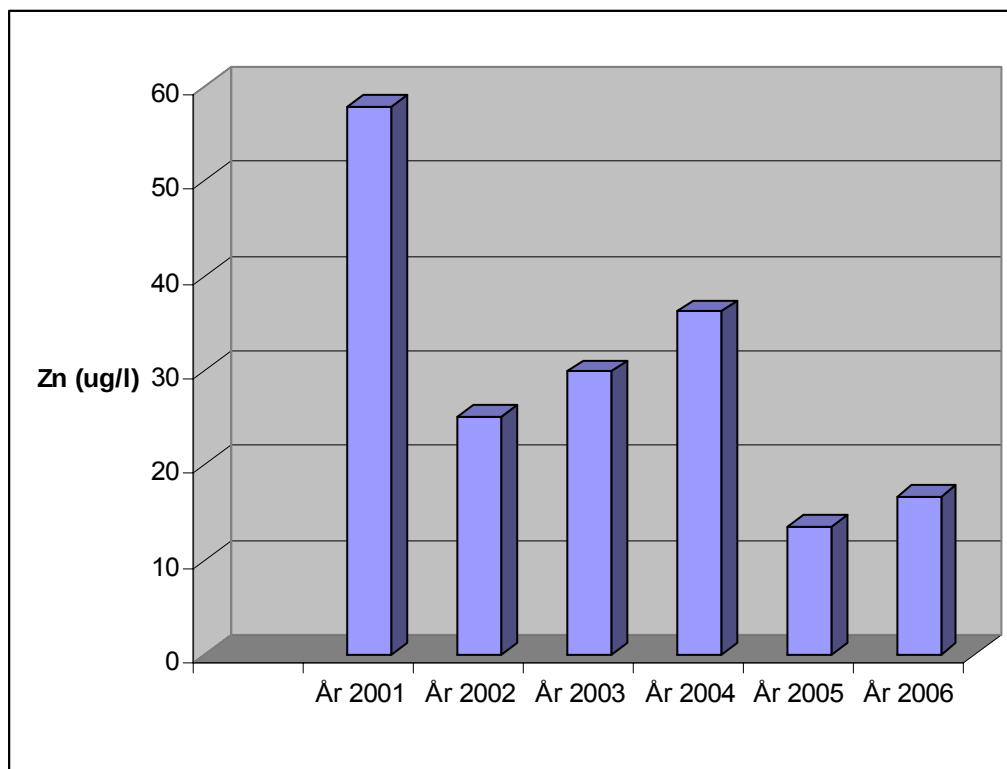
Det har skjedd en merkbar utflating med hensyn til metallforurensning i fjordens overflatelag de siste årene. Hvis vi sammenligner årsgjennomsnittet for sink ved Digraneset (midtveis i Sørfjorden) for de syv siste årene, ser vi en utflating etter 2003 (Figur 9). Arbeidet med å begrense bidragene av tungmetaller fra Eitrheimsneset som resulterte i fullføring av Prosjekt Avløp våren 2003, samt oppgradering av Bolidens renseanlegg sommeren 2003, var de siste større tiltakene som ble gjennomført og som utvilsomt hadde stor innvirkning på metallnivået i Sørfjordens overflatelag.



Figur 9. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann ved Digraneset (stasjon 5).

En tilsvarende sammenligning av utvikling i perioden 2001-2006 for sink i Eitrheimsvågen er gjort (Figur 10). I 2004 ble det gjennomført gravearbeider i vågen i forbindelse med spuntveggen og dette kan nok forklare høyere gjennomsnittsverdier for sink det året. I motsetning til Digraneset, som ligger ca. 10 km fra Odda, så viser resultatene fra vågen større 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 forurensset av sink, bly og kadmium.



Figur 10. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann i Eitrheimsvågen (stasjon 1). År 2000 er tatt ut fordi det viste ekstremverdier pga. uhellsutslipp.

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.

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, 2006. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 2. Metaller i vannmassene. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 948/2006. NIVA-rapport, 5164-2006, 24 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 og dypvann 2006

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	2,0	0,24	4,92	0,10	1,10	29,1	5,5	16,0
13.03.2006	0	2,5	0,20	4,51	0,10	0,87	27,6	4,0	9,5
23.05.2006	0	1,0	0,09	2,37	0,04	0,39	18,7	10,5	4,0
23.05.2006	20	<1,0	0,03	0,97	0,02	0,27	30,8	7,5	
23.05.2006	40	2,5	0,10	2,22	0,04	0,25	32,1	8,0	
23.05.2006	100	1,0	0,08	2,74	0,02	0,25	32,8	8,0	
23.05.2006	250	<1,0	0,07	2,01	0,03	0,24	32,7	7,9	
14.06.2006	0	<1,0	0,10	2,50	0,03	0,30	15,7	15,6	4,0
29.08.2006	0	1,0	0,09	2,52	0,04	0,36	13,9	17,8	7,0
19.09.2006	0	<1,0	0,09	3,58	0,04	0,41	15,9	15,2	8,0
10.10.2006	0	<1,0	0,20	4,87	0,06	0,57	15,5	11,8	7,0
14.11.2006	0	1,0	0,08	2,85	0,04	0,82	16,6	6,4	6,5
Gjennomsnitt (overfl.)		0,94	0,14	3,52	0,06	0,60	19,1	10,9	7,8

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	1,5	0,55	11,80	0,12	1,38	28,5	5,9	14,0
13.03.2006	0	2,5	0,22	4,68	0,10	0,84	27,8	4,8	11,0
23.05.2006	0	<1,0	0,11	2,39	0,04	0,32	18,5	10,7	3,8
23.05.2006	20	<1,0	0,04	1,24	0,03	0,26	31,2	7,1	
23.05.2006	40	1,0	0,09	2,61	0,07	0,31	32,7	8,0	
23.05.2006	100	<1,0	0,12	2,66	0,04	0,23	33,6	8,2	
23.05.2006	250	2,5	0,10	3,09	0,03	0,27	33,4	7,9	
23.05.2006	350	1,0	0,14	3,06	0,03	0,44	33,2	8,0	
14.06.2006	0	<1,0	0,10	2,57	0,03	0,31	16,1	15,3	4,0
29.08.2006	0	1,0	0,17	4,32	0,05	0,58	12,0	17,2	5,0
19.09.2006	0	<1,0	0,10	3,70	0,04	0,68	17,0	15,8	8,5
10.10.2006	0	<1,0	0,16	4,33	0,05	0,47	16,5	11,8	8,5
14.11.2006	0	<1,0	0,09	3,19	0,04	0,76	14,7	5,4	6,0
Gjennomsnitt (overfl.)		0,6	0,2	4,6	0,06	0,7	18,9	10,9	7,6

Digranes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	1,5	0,21	3,82	0,10	0,33	29,3	7,7	8,5
13.03.2006	0	3,0	0,20	5,16	0,07	0,79	27,1	6,6	7,5
23.05.2006	0	<1,0	0,16	3,20	0,04	0,32	16,0	10,1	3,9
23.05.2006	20	<1,0	0,07	1,52	0,04	0,27	31,0	7,1	
23.05.2006	40	1,5	0,19	4,95	0,22	0,40	32,9	8,8	
23.05.2006	100	2,5	0,18	2,32	0,05	0,26	33,6	8,2	
23.05.2006	250	2,0	0,23	3,02	0,06	0,27	33,7	7,9	
14.06.2006	0	<1,0	0,14	3,98	0,06	0,37	21,2	12,4	3,5
29.08.2006	0	2,5	0,61	10,70	0,09	0,93	9,4	13,6	5,0
19.09.2006	0	<1,0	0,28	5,50	0,05	0,41	15,0	14,4	7,0
10.10.2006	0	<1,0	0,19	4,95	0,06	0,57	17,3	12,9	9,0
14.11.2006	0	<1,0	0,16	7,87	0,37	0,48	15,7	5,7	5,5
Gjennomsnitt (overfl.)		0,9	0,2	5,6	0,10	0,5	18,9	10,4	6,2

Tyssedal

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	2,5	0,38	8,00	0,19	0,50	24,7	4,1	8,0
13.03.2006	0	3,0	0,28	5,89	0,10	0,52	24,9	4,4	6,5
23.05.2006	0	<1,0	0,23	4,14	0,06	0,36	16,1	9,3	4,0
23.05.2006	20	2,0	0,30	5,32	0,13	0,37	31,9	7,3	
23.05.2006	40	2,0	0,42	8,79	0,35	0,55	32,7	9,0	
23.05.2006	100	3,0	0,23	4,57	0,07	0,29	33,4	8,1	
14.06.2006	0	1,5	0,42	9,25	0,11	0,41	16,4	10,0	5,0
29.08.2006	0	3,5	0,70	12,00	0,10	1,02	8,3	13,8	4,0
19.09.2006	0	<1,0	0,40	7,20	0,07	0,79	16,7	14,6	7,5
10.10.2006	0	<1,0	0,27	5,74	0,06	0,73	17,3	13,3	8,5
14.11.2006	0	<1,0	0,13	4,58	0,13	0,59	15,1	8,2	5,5
Gjennomsnitt (overfl.)		1,3	0,4	7,1	0,10	0,6	17,4	9,7	6,1

Lindenes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	3,0	0,40	7,80	0,19	0,63	25,4	4,1	12,0
13.03.2006	0	6,0	0,46	10,10	0,17	0,59	26,6	3,2	7,0
23.05.2006	0	<1,0	0,19	6,27	0,09	0,40	14,3	9,7	3,8
23.05.2006	20	4,5	0,98	7,36	0,23	0,68	31,4	7,5	
23.05.2006	40	3,5	0,66	10,50	0,39	0,71	32,6	8,8	
14.06.2006	0	1,5	0,48	9,43	0,11	0,47	12,6	10,5	5,0
29.08.2006	0	3,0	0,71	11,20	0,10	1,13	7,5	13,8	3,0
19.09.2006	0	1,5	0,44	7,11	0,08	0,85	11,7	14,1	5,5
10.10.2006	0	<1,0	0,25	3,40	0,05	0,53	12,4	12,5	7,5
14.11.2006	0	2,0	0,29	11,80	0,12	1,25	11,6	6,7	4,5
Gjennomsnitt (overfl.)		2,1	0,4	8,4	0,11	0,7	15,3	9,3	6,0

Havnebasseng

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	2,0	0,41	8,54	0,17	0,66	24,0	4,4	7,0
13.03.2006	0	12,5	0,78	14,20	0,27	0,91	26,8	1,5	5,0
23.05.2006	0	<1,0	0,22	3,75	0,03	0,36	9,1	9,1	4,0
23.05.2006	20	5,0	0,63	6,13	0,18	0,54	31,1	7,3	
23.05.2006	40	4,0	0,92	12,40	0,37	0,88	33,2	8,7	
14.06.2006	0	2,0	0,49	10,50	0,12	0,45	12,5	10,1	4,5
29.08.2006	0	4,0	0,67	9,61	0,09	1,34	6,3	13,6	3,0
19.09.2006	0	1,5	0,53	7,57	0,08	0,62	10,8	14,0	4,5
10.10.2006	0	<1,0	0,21	2,57	0,04	0,63	12,6	12,2	7,0
14.11.2006	0	1,0	0,30	7,81	0,14	0,64	8,8	8,0	3,5
Gjennomsnitt (overfl.)		2,9	0,5	8,1	0,12	0,7	13,9	9,1	4,8

Eitrheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
23.02.2006	0	5,5	1,11	26,70	0,29	13,30	18,9	4,1	7,0
13.03.2006	0	23,5	1,33	38,80	0,43	23,60	24,0	2,7	7,0
23.05.2006	0	3,0	0,32	6,11	0,05	0,39	7,40	8,7	4,1
23.05.2006	10	14,0	1,94	29,80	0,36	0,84	28,60	8,1	
14.06.2006	0	1,5	0,52	9,10	0,12	0,45	11,4	10,6	4,5
29.08.2006	0	2	0,60	12,30	0,10	1,06	4,4	12,5	2,5
19.09.2006	0	1,5	0,68	10,80	0,96	0,56	11,6	14,0	5,0
10.10.2006	0	1	0,43	14,00	0,16	0,77	10,6	11,4	5,5
14.11.2006	0	<1,0	0,35	15,50	0,09	0,49	4,7	6,6	4,0
Gjennomsnitt (overfl.)		4,8	0,7	16,7	0,28	5,1	11,6	8,8	5,0

Vedlegg B. Andre sporelementer (µg/l) i overflatevann i Sørfjorden, 23.05.06.

	As	Bi	Cr	Mn	Mo	Sb	Sn	Te	Ti
U-0m	0,905	0,006	0,277	3,237	6,163	0,118	0,150	0,062	0,393
B-0m	0,938	0,007	0,270	3,034	5,786	0,107	0,158	0,003	0,447
D-0m	0,885	0,007	0,251	3,415	5,287	0,086	0,161	0,045	0,459
T-0m	0,764	0,006	0,233	3,734	4,714	0,099	0,154	0,020	0,843
L-0m	0,700	0,009	0,305	3,836	4,446	0,094	0,146	0,009	0,745
H-0m	0,543	0,009	0,298	3,155	2,730	0,079	0,167	0,020	1,231
E-0m	0,384	0,008	0,227	3,109	2,430	0,072	0,144	-0,019	0,655

U= Urdheim

B= Børve

D= Digraneset

T= Tyssedal

L=Lindeneset

H= Havnebassenget

E= Eitrheimsvågen

**Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: 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 978-82-577-5159-3
	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen	TA-nummer 2259/2007
Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	År 2007	Sidetall 29
	SFTs kontraktnummer	
Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5424-2007	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 2006. Delrapport 1. Metaller i vannmassene. Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2006. Report no. 1. Metals in the water masses.		
Sammendrag Rapporten presenterer resultatene fra overvåkingen av vannkvalitet i overflatelaget i Sørfjorden i 2006. Det er små endringer i tilførsler av metaller til fjorden i 2006, bortsett fra at utslippene av bly og kobber fra Boliden har økt betydelig sammenlignet med 2005. Forurensningsnivået i overflatelaget i Eitheimsvågen er i hovedsak styrt av opptrenging av sterkt forurenset bunnvann. Det er sannsynliggjort at de forurensede sedimentene er kilden. Målinger av metaller ved intermediære dyp og i dypvannet viser høyere nivåer enn i overflatevannet innerst i fjorden. Forklaringene kan være at det fortsatt slippes ut prosessvann fra industrien i Odda-området på dypt vann (20-40 m dyp) og /eller at forurensede sedimenter i dette dybdeintervallet påvirker vannkvaliteten. Lengre oppholdstid på vannmassen på dypt vann enn i overflaten forsterker problemet med forhøyet forurensningsnivå ved intermediært vanddyp.		
4 emneord Overvåking Sørfjorden Metaller Vannkiemi	4 subject words Monitoring Sørfjord Metals Water chemistry	

