

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-NIVA A/S

9015 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

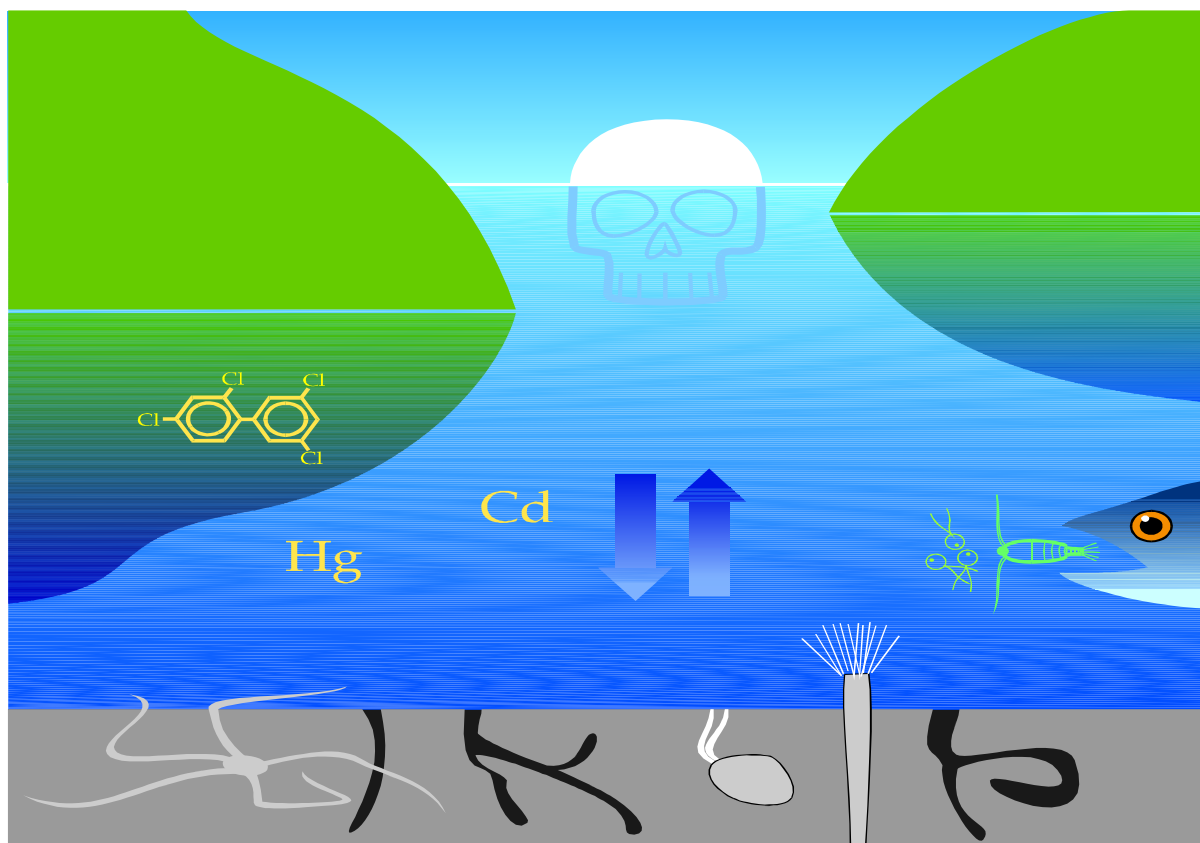
Tittel Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980 – 1997 Populær framstilling av resultater fra overvåking av vann, sedimenter og organismer. Overvåkningsrapport nr. 754/99. TA 1614/1999.	Løpenr. (for bestilling) 4008-99	Dato 15 februar 1999
	Prosjektnr. Undernr. O-800310	Sider Pris 36
Forfatter(e) Jens Skei Jon Knutzen	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens forurensningstilsyn, Norzink as., Odda Smelteverk as., Tinfos Titan & Iron K/S, Odda Kommune, Ullensvang kommune	Oppdragsreferanse
--	-------------------

Sammendrag Sørfjorden i Hardanger har vært overvåket i snart 20 år for å følge med i forurensningssituasjonen i vannmassene, på bunnen og tilstanden for organismene som lever i fjorden. Mange tiltak er gjort for å begrense tilførslene av forurensninger og i dag er de direkte utslippene fra Norzink kraftig redusert. Tinfos Titan & Iron, som er den nyeste av bedriftene i Odda-regionen, har et mindre utslipp av miljøskadelige stoffer til sjøen sammenlignet med Norzink. Odda Smelteverk har fortsatt betydelige utslipp av nitrogen og oksygen-forbrukende stoffer. I dag er hovedtilførselen av metaller forårsaket av diffuse tilførsler fra fabrikkområder og gamle fyllplasser. Først når disse forurensningskildene er tatt hånd om kan vi forvente at kostholdsrådet som gjelder blåskjell i fjorden blir lempet. Overvåkingen har også vist at det er viktig å følge opp med jevnlig undersøkelse i fjorden for å kunne dokumentere effekten av tiltak og etterspore episodisk belastning for å kunne styrke beslutningsgrunnlaget for ytterligere tiltak.

Fire norske emneord 1. Sørfjorden 2. Overvåking 3. Forurensningsutvikling 4. Populærutgave	Fire engelske emneord 1. Sørfjorden 2. Monitoring 3. Environmental trends 4. Popular presentation
--	---



Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980 – 1997

Populær framstilling av resultater fra overvåking av vann, sedimenter og organismer

Forord

Sørfjorden i Hardanger er blitt brukt som resipient for industrielt og kommunalt avløpsvann fra begynnelsen av århundret. Utbygging av vasskraft og etableringen av tre store industribedrifter i området Tyssedal –Odda i perioden 1908 – 1929 medførte en stor belastning på fjorden. Men ettersom fjorden er dyp (400 meter) og vannutskiftningen rimelig god ble ikke vannforurensning vurdert som noe stort problem. Det var først på 70-tallet at man ble klar over den alvorlige forurensningssituasjonen i fjorden. Det var også på det tidspunktet at Miljøverndepartementet (MD) og Statens forurensningstilsyn (SFT) ble opprettet.

I løpet av de siste 25 årene er det gjort mange miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Størst datamengde er innsamlet gjennom Statlig program for forurensningsovervåking (fra 1980). Årlige overvåkningsrapporter har fremstilt utviklingen i vannkvalitet og organismers innhold av miljøgifter.

I et møte mellom de tre største industribedriftene, kommunene Odda og Ullensvang, SFT og NIVA ble det enighet om at NIVA skulle sammenstille data for perioden 1980-1996 (senere endret til 1997). Målsettingen var at man ønsket å se de ulike delundersøkelsene i sammenheng. Det er derfor utarbeidet en samlerapport for denne perioden. I tillegg ønsket man å få utarbeidet en populærutgave hvor formidling av kunnskap om miljøet i Sørfjorden og Hardangerfjorden til allmenheten skulle stå i fokus.

Arbeidet er utført av en rekke medarbeidere på NIVA som har vært involvert i overvåkingen av Sørfjorden i denne tidsperioden. Rapporten er basert på samlerapporten og er skrevet av Jens Skei og Jon Knutzen. Lise Tveiten har hatt ansvar for den tekniske redigeringen. Rapporten er trykket ved NIVAs hustrykkeri (Morten Jensen).

Oslo, 15.februar 1999

Jens Skei
prosjektleder

Innhold

Sammendrag	7
Summary	9
1. En gang blant verdens mest forurensede fjorder	13
2. Overvåking og tiltak har gitt redusert belastning	17
3. Forholdene er betydelig forbedret, men mye gjenstår	21
3.1 Vannkvalitet	22
3.2 Bunnsammets kvalitet	25
3.3 Dyre-og plantelivet i Sørfjorden	29
3.4 Miljøgifter i fisk, blåskjell og tang	31
4. Hvordan er utsiktene for Sørfjorden?	35

Sammendrag

Overvåking av miljøtilstanden i Sørfjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking har pågått siden 1979. Målsettingen med overvåkingen har vært

- å studere utviklingen i nivåer av miljøgifter i vann, biologisk materiale og bunnsedimenter basert på lange tidsserier og koble resultatene til forurensningstilførsler
- å studere biologiske effekter (fauna i strandsonen og på mudderbunn, giftige alger og biomarkører i fisk)
- å sammenfatte vår kunnskap om nærings-salter, oksygenforhold og badevannskvalitet og eventuell utvikling over tid.

Overvåkingen har vært fokusert på miljøgifter (spesielt tungmetaller), men i de senere årene har det også vært stor fokus på nitrogen i Odda havnebasseng og kritisk lave oksygenkonsentrasjoner. Utslippssituasjonen har vært uoversiktlig, spesielt i første del av overvåkingsfasen. Store tiltak har vært gjennomført for å redusere utslippene av tungmetaller og PAH, men store svingninger i diffuse tilførsler (avrenning fra fabrikkområdene, deponier, uhellsutslipp etc.) har forstyrret bildet.

De viktigste konklusjoner som kan trekkes fra denne sammenstillingen er følgende:

1. Oksygenforholdene i Odda havnebasseng synes å ha forverret seg i løpet av de siste 25 år.
De ekstremt dårlige oksygenforholdene i november 1997 skyldtes trolig en kombinasjon av flere faktorer (periode med liten vannfornyelse, utslipp av avfallskalk fra Odda Smelteverk og utslipp av kommunal kloakk).
2. Nivået av metaller ved midlere dyp (40 m) og i dypvannet (200m) sank dramatisk i 1987 etter at jarositt (metallholdig avfall fra sink-produksjon) ble ledet til fjellhaller andre halvår 1986. Nivåene har fortsatt å gå ned, også etter 1987, og er nå nede på nivåer som tilsvarer lite forurenset sjøvann.
3. I overflatevannet er nivåene varierende, men generelt har nivåene avtatt siden 1989 da utslippet av sinkholdig discardsyre fra Norzink opphørte. En ytterligere forbedring ble sporet i 1992 etter oppryddingen i Eitrheimsvågen. Men fortsatt er overflatevannkvaliteten labil som følge av uhellsutslipp, avrenning fra fabrikkområdene under nedbørsperioder og utpumping av forurenset vann som samler seg bak spuntveggen i vågen etc.
4. Nivåene av miljøgifter i blåskjell og tang er i likhet med overflatevannet svært varierende. Fremdeles observeres betydelige overkonsentrasjoner av særlig bly og kadmium i blåskjell. Helsemyndighetene opprettholder kostholdsrådet for blåskjell.
5. Nivåene av miljøgifter i fisk har avtatt de senere årene og det er ikke lenger kostholdsråd i Sørfjorden når det gjelder fisk. Nivåene av metaller og PCB har variert lite de siste 10 årene (det finnes nesten ikke målinger før 1986). Fiskens innhold av plantevernmidlet DDT i torskelever derimot viser en klar nedgang fra 1990 til 1997.
6. Metaller i bunnsedimentenes overflatelag viste markert nedgang i området Tyssedal-Odda fra 1985 til 1991 på grunn av overdekking med lite forurenset materiale (silt og leire fra Opo). Fra 1991 til 1996 var det bare små endringer. Lenger ute i fjorden skjer forbedringen sakte på grunn av liten overdekking av naturlig elveslam.
7. Fra 1985 til 1996 har det vært en betydelig nedgang i antall individer av forurensningstolerante arter av børstemark som lever på mudderbunn. Artsmangfoldet var høyere i 1996 enn i 1985 og 1991. En forverring i dypbassengene i Hardangerfjorden kunne tyde på dårligere oksygenforhold.
8. Generelt er faunaen og floraen på 0-30 m dyp i Sørfjorden fattig. Både artsmangfoldet er lite og antall individer relativt få og viktige forklaringer kan være ferskvannspåvirkning og kråkebollebeiting (fra 3-4 m dyp og nedover). Det ble påvist små endringer i faunaen i strandsonen i perioden 1981-1982 til 1991-1992 og det er intet som tyder på at faunasammensetningen har vært spesielt påvirket av de store endringene i metallutslippene til fjorden i denne perioden.

9. Det ble observert store mengder giftige alger høsten 1991. Det samme gjentok seg også høsten 1992 og i noen grad i 1993. Det er spekulert om årsaken til dette, uten å kunne fastslå om dette er et naturlig fenomen eller om det er knyttet til sivilisatoriske forhold.

Vår kunnskap om miljøforholdene i Sørfjorden er god som følge av en langvarig og omfattende overvåking av vann, organismer og sedimenter. De vannkjemiske forholdene gjenspeiler i stor grad de utslippsendringer som har skjedd de siste 20 årene, men et vesentlig forstyrrende element er uhellsutslipp og diffuse, uberegnlige tilførsler. Vannkvaliteten med hensyn til tungmetaller har forbedret seg dramatisk i de dypere vannlag. I overflatelaget derimot har nivåene av metaller vært styrt av utslipp av sinkholdig discardsyre (fram til 1989), uhell og sporadiske diffuse tilførsler som ofte varierer med nedbørsforholdene. I dag er de diffuse tilførslene til fjorden større enn utslippene fra bedriftene i Odda. Belastningen på overflatelaget gjør at de organismer som lever nær overflaten (blåskjell, tang etc.) fortsatt er periodevis eksponert for høye metallkonsentrasjoner. En konsekvens av dette er at det fortsatt eksisterer kostholdsråd når det gjelder bruk av blåskjell til konsum i hele Sørfjorden. Blåskjell viser også akkumulering av plantevernmidlet DDT, til tross for at DDT ble forbudt å bruke for snart 30 år siden. Mye taler for at årsaken er nedgravd DDT på land som vaskes ut i fjorden.

Fiskens innhold av miljøgifter i Sørfjorden har avtatt og ettersom det viser seg at dyr som lever i de forurensede sedimentene i mindre grad enn antatt akkumulerer tungmetaller er det godt håp om at fiskens miljøgiftinnhold fortsatt vil avta.

De økologiske skadene på organismer på bløtbunn (dypt vann) og hardbunn (gruntvann) er ikke dramatiske. Artsantallet av organismer på mudderbunn er i ferd med å øke etterhvert som nivåene av miljøgifter i bunnsedimentene avtar. Derimot kan lave oksygenverdier være en betydelig trussel for bunnfaunaen. I de siste par årene er det målt usedvanlig dårlige

oksygenforhold, ikke bare i havnebassenget, men i store deler av fjorden. Årsaken til dette er blant annet koblet til store utslipp av avfallskalk fra Odda Smelteverk som fører til stort kjemisk oksygenforbruk. Hvis vannutskiftningen samtidig er dårlig og tilførslene av organisk materiale som følge av planktonproduksjon er stor vil det samlede oksygenforbruket gi oksygenvinn. Her mangler fortsatt en del kunnskap om årsak-virkning.

De økologiske skadene på gruntvannsorganismene som følge av forurensende utslipp er lite åpenbare. Her vil naturlige faktorer, slik som ferskvannspåvirkning og nedbeiting av fastsittende alger av kråkeboller forstyrre bildet. Giftighetstesting av det metallholdige vannet har ikke gitt entydige svar som tyder på at giftig vann er et utbredt problem i Sørfjorden.

Når effekter av en storskala forurensningssituasjon uteblir eller opptrer i mindre grad enn forventet er det naturlig å spørre om overvåkningsprogrammene har hatt evnen til å fange opp effektene. I utgangspunktet var det Statlige overvåkingsprogrammet i første rekke rettet mot å registrere nivåer i vann, sedimenter og organismer. Etter hvert som kvalitetskriterier er blitt utviklet er nivåene blitt sammenholdt med tilstandsklasser for å kunne vurdere endringer i tilstand over tid. I tillegg har overvåkingen hatt som mål å gi et grunnlag for helsemyndighetene til å fastsette kostholdsråd eller omsetningsforbud for fisk og skalldyr.

Andre overvåkingsprogram (i regi av Odda Kommune og den enkelte bedrift) har hatt spesifikke mål knyttet til enkeltutslipp og har i stor grad vært rettet mot konsentrasjonsmålinger og beregning av transport av forurensning. Biologisk effektovervåking er kommet mere i fokus i den senere tiden ettersom dette har som siktemål å kunne relatere utslipp, konsentrasjoner i vann og sediment til biologiske effekter. Dette er komplisert fordi effekter ofte vil avhenge av hvilken tilstandsform de forurensende stoffene befinner seg i. Dette gjelder ikke bare miljøgifter, men også næringsalter. Det har vært en diskusjon om Odda Smelteverks utslipp av nitrogen og om dette nitrogenet er tilgjengelig for plankton.

Summary

Title: Time trend monitoring in Sørfjorden/Hardangerfjorden during 1980-1997. A popular presentation of results from monitoring of water, sediments and biota.
Year: 1998
Author: Skei, J. and J. Knutzen,
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 82-577-3607-4.

17 years of monitoring (1980-1997) in Sørfjorden and Hardangerfjorden on the west coast of Norway are compiled and evaluated in relation to the following objectives:

- Study the time trend of contaminants in water, biota and sediments in an attempt to relate the results to discharges of contaminants
- Study biological effects (shallow water and soft bottom communities, toxic algae and biomarkers in fish)
- Compile our knowledge about nutrients, oxygen conditions and bathing water quality.

The monitoring has been focused on contaminants (especially heavy metals), but in recent years nitrogen in the harbour basin of Odda and critically low levels of oxygen have been of great concern. The situation concerning discharges has been confusing, particularly during the first years of monitoring. Remedial action has been taken to reduce the input of heavy metals and PAHs, but large fluctuations in load from non-point sources (runoff from industrial sites, dumpsites and accidental spills) have disturbed the picture.

The most important conclusions to be drawn are as follows:

1. The oxygen conditions in the harbour of Odda have apparently deteriorated during the last 25 years. The exceptional low levels of oxygen in the deep water in November 1997 are likely to be due to a combination of low water exchange, discharge of domestic sewage and large oxygen consumption rate caused by discharge of industrial waste water from Odda Smelteverk.
2. The levels of trace metals at intermediate depths (40 m) and in the deep water (200 m)

were reduced dramatically in 1987 following the disposal of jarosite residue (from zinc production) in underground tunnels during the autumn of 1986. The levels have continually been lowered since 1987 and are at present close to background values.

3. The levels in the surface water, however, are highly variable, but have generally been reduced since 1989 when the discharge of discarded acid (from zinc production) was eliminated. In 1992 a shallow bay close to the zinc plant was remediated, having a positive impact on the surface water quality. Nevertheless, the surface water quality is still unpredictable due to accidental spills, runoff from industrial sites and other non-point sources.
4. Similar to the surface water the levels of metals in mussels and seaweeds are high, but variable. High concentrations of lead and cadmium in blue mussels are still observed. Health warning concerning human consumption of mussels is still effective.
5. The levels of contaminants in fish have decreased during the last few years and at present no health warning concerning fish consumption is in operation in the area. The levels of metals and PCB show small changes during the last 10 years (few measurements prior to 1986). The level of DDT (pesticides in cod liver) has decreased from 1990 to 1997.
6. The concentrations of metals in the surface layer of bottom sediments showed a significant decrease from 1985 to 1991 in the innermost part of Sørfjorden due to sedimentation of uncontaminated material (silt and clay from the river Opo). From 1991 to 1996 only small changes were observed. Further out in the fjord the

rehabilitation of the sediments is slow due to low sedimentation rates.

7. From 1985 to 1996 there has been considerable reduction in number of species of the most abundant polychaete known to occur in contaminated sediments. The species diversity was higher in 1996 compared to 1985 and 1991. A deterioration in the deep basins of Hardangerfjord may imply reduced oxygen levels in the deep water.
8. Generally, the hard bottom community living in the depth range 0-30 m in Sørfjorden is poor. The species diversity as well as the number of individual species are few and this may be explained by influence of freshwater and grazing from sea urchins (from 3-4 m depth and downward). Only small changes were observed in the composition of the hard bottom community during 1981-1982 to 1991-1992 and there is little evidence that discharge of heavy metals has influenced the hard bottom community to any extent.
9. Large quantities of toxic dinoflagellates occurred during autumn 1991. The same occurred during autumn 1992 and to some extent 1993. There have been a lot of speculation about causes; natural and/or civilisatoric.

Our knowledge of the environmental conditions in Sørfjord are good due to a continuous monitoring programme lasting for almost 20 years, including monitoring water, marine organisms and sediments. The water chemistry reflects to a large extent changes in the inputs of contaminants, although accidental spills and diffuse discharges from land disposal sites are disturbing the picture. In intermediate and deep water the quality (with respect to metals) has improved tremendously. In the surface waters the levels have been influenced by discharge of discarded acid (point source from Norzink as. prior to 1989), accidental spills and non-point sources (drainage from disposal sites), particularly during heavy rainfall. At present the non-point sources are exceeding the point sources from the three main industrial companies in the Odda area. The impact on the surface water causes elevated levels in mussels and seaweed. As a consequence it is still advised against consumption of blue mussels

from the area. Mussels are also accumulating DDT, even if DDT was banned in agriculture about 1970 in Norway. The explanation may be that DDT was buried underground when it was banned and is no being washed to sea.

The level of contaminants in fish has decreased. Measurements have shown low concentrations of metals in polychaetes living in contaminated sediments, indicating low availability. This implies that we expect the levels in fish to be further reduced as a result of low level of contamination in animals which the fish is feeding on.

The ecological damage on the hard bottom community as a result of discharges of heavy metals is not easily observed. Natural factors like freshwater discharge and grazing from sea urchins may overrule impacts from waste water.

The soft bottom fauna may be more influenced. The number of soft bottom species is about to increase at the same time as the level of sediment contamination is reduced.

Toxicity tests of the water of Sørfjorden have not indicated that toxicity to organisms living in the area is a problem. Measurements of effects on cellular levels have similarly not shown dramatic effects.

Oxygen deficiency in the inner part of the fjord is, however, a considerable threat to the bottom fauna. During the last couple of years unusual low levels of oxygen have been measured in the harbour basin as well at intermediate depths in the entire fjord. It is most likely that the explanation is discharge of waste water from Odda Smelteverk with a high chemical oxygen demand. Coupled to insufficient deep water renewal and high input of organic matter due to plankton production the total oxygen consumption periodically exceeds the supply of oxygen.

When effects from a large scale contamination are difficult to document or occur at a magnitude lower than expected it is a temptation to ask if the monitoring programme is suitable to reveal cause-effect relationships. Originally, the monitoring programme was designed to monitor levels in water, sediments and organisms. In the meantime environmental quality criteria have been developed to relate levels to a quality classification system to be able to see changes with time. Additionally, the monitoring

programme was adopted to monitor levels of contamination edible organisms (fish and mussels) to give advises to the health authorities.

Other monitoring programmes (funded by the local community and the individual industrial company) have aimed at specific objectives like discharge arrangements, planning of treatment plants etc. Monitoring of biological effects is in

focus at present and the objective is to be able to relate input of contaminants to levels in water and organisms and the impacts this will have on various organisms in the ecosystem. This is very complicated and ambitious as effects of contaminants will depend on specification of contaminants and their bioavailability. The same also applies to nutrients.

1. En gang blant verdens mest forurensede fjorder

Sørfjorden har en lang forurensningshistorie og fjorden har i mere enn 60 år har vært belastet med utslipp av ulike miljøgifter, næringsalter (spesielt nitrogen) og oksygen-forbrukende stoffer. Før tiltak for å redusere utslipp ble gjennomført tidlig på 70-tallet, var Sørfjorden betegnet som en av de mest forurensede fjordene i verden.

Sørfjorden i Hardanger har en lang forurensningshistorie. Før århundreskiftet var området et attraktivt turistmål, men i forbindelse med kraftutbygging og etablering av tungindustri i starten av dette århundret endret forholdene seg (beskrevet i "Ei miljøhistorie frå Sørfjorden" av Randi Storaas og Jens Skei). Bruk av Sørfjorden som avfallsmottaker for industriens avløpsvann var en naturlig konsekvens av industriutbyggingen på samme måten som i andre fjorder med tungindustri (Saudafjorden, Ranafjorden, Frierfjorden etc.).

Tabell 1 viser tidspunkt for etablering av industrien i Odda-området.

Industrietableringen i Odda-regionen er derfor av eldre dato. Da Sørfjorden ble tatt i bruk som mottaker for industriavfall i begynnelsen av århundret var oppfatningen at havet var uendelig og Sørfjorden dyp (ca. 400 meter) og ingen så for seg at dette ville kunne skape et problem. Først i 1970-årene begynte fokuseringen på miljøet å gjøre seg gjeldende og i forbindelse med arbeidet i Miljøvernkomiteen i Odda, ble det fort klart at man stod overfor et stort vannforurensningsproblem som følge av gigantiske utslipp til fjorden. I 1973 ble det opplyst at utslippet til sjø av sink, bly, kadmium og kvikksølv fra Norzink var henholdsvis 6000, 4500, 30 og 3 kg pr. dag. Bidraget fra denne bedriften utgjorde en stor andel av Norges totale utslipp av tungmetaller til sjø i 1970-80 årene. Undersøkelser viste at både Sørfjorden og Hardangerfjorden var sterkt påvirket og at behovene for tiltak var mange.

Figur 1 viser et bilde fra Eitrheimsvågen fra slutten av 1970-tallet (før oppryddingen). Figur 2 viser et bilde av bunnen i Eitrheimsvågen slik den så ut i 1987.

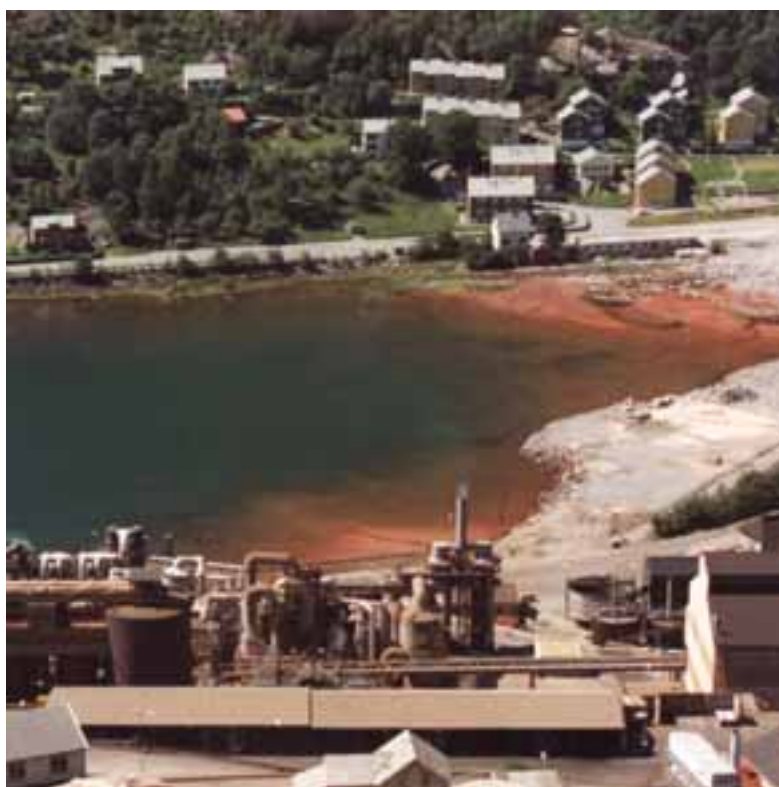
Kvantifisering av tilførsler av forurensning til Sørfjorden er komplisert både når det gjelder dagens belastning og tilførsler i historisk sammenheng. Dette henger sammen med uoversiktlige utslippsforhold i industribedrifter av eldre dato og delvis som følge av store variasjoner over tid, som ikke fanges opp av utslippsmålinger. Dette har bedret seg med årene, men det er fortsatt problemer med å ta representative prøver av avløpsvann. I tillegg kommer indirekte tilførsler til fjorden via atmosfæren (luftutslipp) og ved avrenning fra deponier (avfallstipper) og forurenset grunn. Et eksempel på dette er tilførsler fra forurenset grunn ved Norzink som i dag er større enn regulære utslipp som følge av drift. I tillegg kommer uforutsigbare uhellutslipp som gjennom årene har hatt stor betydning for miljøet i fjorden.

Forurensningsproblemene i Sørfjorden er koblet til følgende stoffer:

- Tungmetaller (inkludert kvikksølv, kadmium og bly som betegnes som de farligste)
- Tjærestoffer (polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), hvorav noen av stoffene er kreftframkallende)
- Plantevernmidler (spesielt DDT som ble generelt forbudt å bruke ca 1970)
- Nitrogen og oksygen-forbrukende stoffer (nitrogen kan gi uønsket algevekst og stoffer som bruker opp oksygenet i vannet kan medføre at alt liv blir utslettet).

Tabell 1. Etablering av industri i Odda-området.

Industri	Etableringsår
Odda Smelteverk A/S	1908
DNN Aluminium A/S	1916 (nedlagt 1982)
Norzink A/S	1929
Tinfos Titan & Iron K/S (TTI)	1986



Figur 1. Eitheimsvågen i 1970-åra – før opprydding (Foto: Norzink as).



Figur 2. Bunnsedimentets utseende i Eitheimsvågen i 1987 – før opprydding. Bildet viser biologisk aktivitet i de sterkt metallforurensede sedimentene opprydding (Foto: Are Pedersen, NIVA).

Miljøgiftene (tungmetaller og klororganiske stoffer) er skadelige selv ved små konsentrasjoner og både nasjonalt og internasjonalt arbeides det for å redusere utslippene av disse stoffene. Tungmetaller finnes imidlertid naturlig både i vann, sedimenter (bunnslam) og organismer som lever i sjøen, men i lave konsentrasjoner. Øker tilførselene av tungmetaller øker nivåene både i vann, sediment og organismer og i verste fall vil nivåene i fisk bli så høye at helsemyndighetene ser seg nødt til å gå ut med anbefalinger om å begrense bruken av fisk som menneskeføde (kostholdsråd). I Sørfjorden og Hardangerfjorden har det vært kostholdsråd når det gjelder inntak av bunnfisk (flyndre og ål) og lever fra torsk på grunn av høyt tungmetallinnhold. På grunn av bedring i forurensningssituasjonen ble kostholdsrådet for fisk opphevet i 1994, men fortsatt eksisterer det kostholdsråd for blåskjell. Den største kilden for tungmetaller har vært Norzink, men utslippene er kraftig redusert i løpet av de siste 10-12 årene (se kap.2). Odda Smelteverk er også en viktig kilde for tungmetaller.

Tjærestoffer dannes ved ufullstendig forbrenning av kull. Tidligere (før 1981) var det et stort (men ikke tallfestet) utslipp av tjærestoffer fra DNN Aluminium i Tyssedal. I dag er det utslippene fra Odda Smelteverk som dominerer, men også de er redusert etter at det ble bygd renseanlegg i 1994. Disse stoffene har en tendens til å akkumuleres i blåskjell som lever i overflatevannet og som filtrerer partikler. Tjærestoffene består av mange enkeltkomponenter og noen av disse er kreftframkallende. Det er derfor viktig å redusere tilførselen av disse stoffene til naturen.

Den tredje typen miljøgifter som har vært et problem i Sørfjorden er klororganiske stoffer og da spesielt plantevernmidlet DDT som ble brukt lovlig i fruktdyrkingsområdene rundt Sørfjorden fram til ca. 1970. DDT har lang levetid i omgivelsene og selv i dag, over 25 år siden DDT ble forbudt å bruke, måles forhøyede

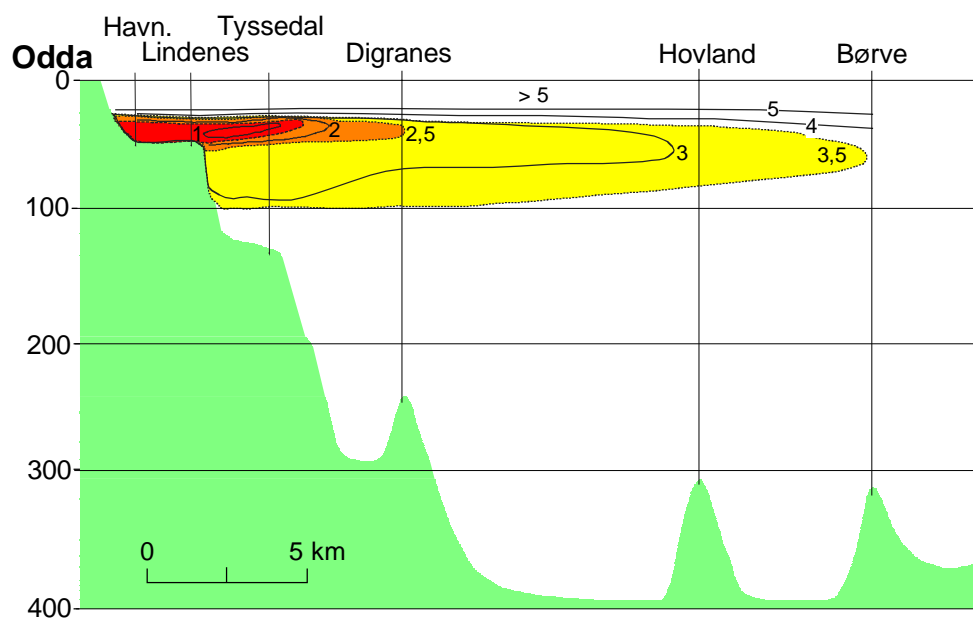
nivåer i fiskelever og i blåskjell fanget i ytre deler av Sørfjorden. Årsaken til dette er ikke helt klar, men det har vært framsatt flere teorier:

- Ulovlig bruk av DDT etter 1970
- Lekkasje fra fyllinger eller nedgravde tønner som inneholder DDT og utvasking til sjøen
- Gradvis utvasking fra jordsmonn som tidligere ble forurensset av DDT under sprøyting

Det er i den senere tid framkommet opplysninger om at DDT er nedgravd på flere steder langs Sørfjorden og at dette er sannsynligvis hovedårsaken til de vedvarende forhøyede nivåene av DDT in Sørfjorden.

Foruten miljøgiftene så har også høye konsentrasjoner av nitrogen i havnebassenget i Odda tiltrukket seg stor oppmerksomhet. Nitrogen er et naturlig stoff som ikke er giftig, men tilførsler av store mengder nitrogen til det marine miljø kan gi opphav til uønsket algevekst (overgjødning), forutsatt at det nitrogenet som tilføres er tilgjengelig for algene. I Odda er det et stort punktutslipp av nitrogen fra smelteverket (630 tonn i 1997) som følge av utslipp av avfallskalk.

I den senere tid har det vært registrert unormalt lite oksygen (surstoff) i bunnvannet i havnebassenget og ved midlere vandyp langt utover fjorden (Figur 3). Nivåene av oksygen er så lave at det er nok til å ta livet av fisk og andre organismer som ikke kan komme seg unna det oksygen-fattige vannet. Det har vært spekulert mye om årsakene til dette fenomenet. Den begrensende naturlige vannutskiftningen spiller en stor rolle i tillegg til at utslippet av avfallskalk fra Odda Smelteverk forårsaker stort oksygenforbruk i avløps-skyen og på bunnen i havnebassenget hvor kalken er avsatt. Det arbeides nå aktivt med å fastslå årsaken til de lave oksygenmengdene i vannet og få igangsatt tiltak for å stoppe denne uheldige utviklingen.



Figur 3. Oksygenforholdene i Sørfjorden i 0-100 meters dyp den 12.8.97. Fargene beskriver tilstandsklassene etter SFTs klassifiseringssystem; Rød; tilstandsklasse V (Meget dårlig), orange; tilstandsklasse IV (Dårlig), gul; tilstandsklasse III (Mindre god). Øvrige klasser er: tilstandsklasse II (God: 3,5-4,5 ml/l, og tilstandsklasse I (Meget god: >4,5 ml/l). (Ill.: Jarle Molvær, NIVA).

2. Overvåking og tiltak har gitt redusert belastning

I perioden 1973-1997 er det gjennomført en rekke tiltak for å begrense forurensningen fra industrien og husholdningen i Odda. Utslippene av metaller er gått kraftig ned og i dag dominerer diffuse tilførsler fra land (avrenning fra deponier og fabrikkområder). Overvåkingprogrammer i regi av OSPARCOM (Oslo-Paris kommisjonen), SFT, bedriftene og kommunene har hvert år siden 1980 utgitt informasjon om tilstanden i Sørfjorden og Hardangerfjorden og om effekten av de tiltak som er gjennomført.

Arbeidet med å begrense forurensningen av Sørfjorden startet i begynnelsen av 70-årene ved etableringen av Miljøvernkomiteen i Odda. En rekke forslag om miljøverntiltak ble fremmet, bl.a. ble reduksjon av utslipp av jarositt (metallholdig avfallsprodukt fra fremstilling av sink) og løste metaller fra Norzink gitt høy prioritet. Det første fremstøtet mot kvikksølvforurensningen var byggingen av et kvikksølvrensaneanlegg i 1973. Dette førte til en betydelig reduksjon i belastningen. Men fortsatt ble store mengder kvikksølv sluppet ut via jarositt og via gips fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset.

Både kvikksølvrensaneanlegget og det sentrale vannrensaneanlegget ved Norzink viste store variasjoner i effektivitet og utslipp, spesielt i 80-årene. Det er eksempler fra 1982 hvor utslippene av sink kunne variere med en faktor fra 10 til 1000 i løpet av noen måneder. Slike variasjoner medførte at det var vanskelig å

koble utslippstall og resultater fra målinger i fjorden.

Den neste store utslippsreduksjonen ved Norzink skjedde sommeren 1986 da utslippet av jarositt til sjø opphørte og jarositten i stedet ble deponert i fjellhaller (Figur 4). Metallutslippet til fjorden ble redusert med mere enn 90%. Dette gav en dramatisk forbedring av forholdene i Sørfjorden ved midlere vandyp og i dypvannet, men ikke i overflatevannet.

Nye undersøkelser viste at Eitrheimsvågen var en stor sekundær forurensningskilde. NIVA målte lekkasje av metaller i strandsonen i vågen som følge av at tidevannet vasket ut metaller fra de gamle deponiene i strandkanten (Figur 5). NIVAs eksperimenter med de forurensede sedimentene i vågen og havnebassenget viste at sedimentene i vågen måtte betraktes som en større forurensningskilde enn direkte utslipp fra bedriftene (Figur 6).



Figur 4. Bilde fra en av Norzinks fjellhaller hvor avfall fra sinkproduksjonen lagres (Foto: Norzink as).



Figur 5. Bildet viser bruk av automatisk vannprøvetaker i Eitrheimsvågen i 1984. Målet var å registrere utvasking av tungmetaller fra deponiene i strandkanten (Foto: Jens Skei, NIVA).



Figur 6. Eksperimentelt arbeid på NIVAs Marine Forskningsstasjon Solbergstrand (MFS) med forurensede sedimenter fra Sørfjorden i 1987 (Foto: Are Pedersen, NIVA).

På bakgrunn av disse eksperimentene gav NIVA en anbefaling om å dekke til sedimentene i vågen. Etter først å ha bygget en spuntvegg inne på land for å hindre sjøvannsinn-trengning (desember 1986) og fjerning av utslippet av sinkholdig discardsyre fra Norzink i 1989, bygget Norzink i 1992 en spuntvegg tvers over vågen og på utsiden (ned til ca. - 10 m) ble bunnen tildekket med geotekstil (duk) og sand. Videre ble det lagt betongmatten i strandsonen for å hindre erosjon, samt et dreneringssystem rundt det innspuntede området for å unngå ferskvannsavrenning fra land. Dette er et eksempel på hvordan resultater fra miljøovervåkning kan brukes som grunnlag for å fatte beslutninger om tiltak.

I de senere år er oppmerksomheten omkring metalltilførselen fra Norzink blitt konsentrert om avrenning fra fabrikkområdet. Forsøk på kartlegging av disse kildene har vist at i omfang er de langt viktigere enn direkte utslipp som skyldes ordinær drift. I tillegg fører utpumping av overskuddsvann som ansamles bak spuntveggen i vågen til betydelige utslipp til fjorden. Det foreligger nå konkrete planer om hvordan man skal samle opp overflatevann på fabrikkområdet og hindre at det forurenser fjorden (bygging av bufferhall på Eitrheimsneset).

Av større utslipp til sjø fra Norzink gjenstår utslippet av gips som bl.a. inneholder kvikksølv og bly. Det er nå imidlertid planer om å anvende gipsen slik at det forventes at dette utslippet vil opphøre om noen år.

Ved de andre storbedriftene i Odda-regionen er det bare mindre endringer i utslippssituasjonen. En betydelig kilde for tjærestoffer forsvant ved nedleggelsen av DDN Aluminium. Ved etableringen av Tinfos Titan & Iron like etter ble andre utslippskomponenter introdusert (jern, titan,

krom etc.), men disse har et mindre forurensningspotensiale.

Ved Odda Smelteverk er den eneste utslippsreduksjonen i senere tid knyttet til bygging av renseanlegg for røkgass som ble klar i 1994 og som skulle gi en betydelig reduksjon i utslippene av tjærestoffer. Utslippmålingene har gitt lite entydige svar både når det gjelder utslipp av PAH, cyanid og nitrogen. Det kan imidlertid fastslås at det fortsatt er et stort utslipp av avfallskalk fra dicyproduksjonen som medfører stort oksygen-forbruk og et stort nitrogenutslipp.

Utslippspunktet for kommunalt kloakkvann er nå flyttet fra havnebassenget til området ved Holmen nord for Eitrheimsneset (juli 1997). Det innebærer en avlastning på havnebassenget, men en større tilførsel av næringsalter og oksygen-forbrukende stoffer lenger ute. En ytterligere forbedring ventes når det bygges nytt kloakkrenseanlegg (ca. år 2000).

Parallelt med tiltakene er det gjennomført overvåking av fjorden på regelmessig basis siden 1979. Undersøkelsene har hatt som mål å følge med i forurensningssituasjonen, registrere om tiltakene har vært effektive og eventuelt foreslå nye tiltak. Undersøkelsene har også avdekket uhellsutslipp. Slike utslipp kan i mange tilfeller ha vært vel så viktige for fjordens tilstand som regulære tilførsler fra bedriftene. Registrering av miljøgifter i fisk og skalldyr danner grunnlaget for helsemyndighetenes løpende vurdering av kostholdsrad.

Sørfjorden er en av de to fjordene i Norge som har hatt den lengste sammenhengende overvåkingen av tungmetaller.

3. Forholdene er betydelig forbedret, men mye gjenstår

Det er gjennom en år-rekke brukt betydelige ressurser på overvåking i Sørfjorden. Da det statlige overvåkningsprogrammet startet i 1979, var det i første rekke målinger av nivåer av forurensende stoffer som ble utført for å skaffe seg en oversikt over omfanget og alvoret i situasjonen. I tillegg ønsket man å skaffe seg oversikt over hvor langt forurensningen kunne spores. Det ble raskt slått fast at situasjonen var alvorlig når det gjaldt tungmetaller og at lite hadde skjedd etter at Miljøvernkomiteen i Odda hadde avsluttet sitt arbeid i 1974. Videre ble det klart at det geografiske omfanget var stort og at hele Hardangerfjorden; i hvert fall ut til Varaldsøy, var forurenset.

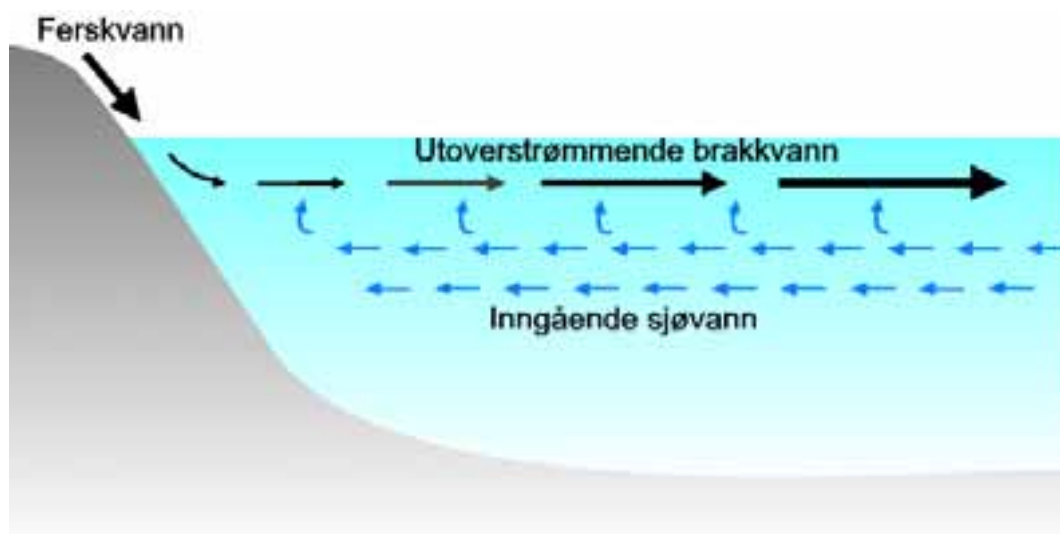
Planlegging og utføring av tiltak tar tid. Først i 1986 – 12 år etter at Miljøvernkomiteens arbeid var avsluttet – ble den første fjellhallen bygd og utslipp av fast avfall fra Norzink til sjø opphørte. Elimineringen av jarositt-utslippet førte til mere enn 90% reduksjon i tungmetalltilførslene til fjorden. Avfallet var blitt sluppet ut på ca. 30 m dyp og vannkvaliteten ble i første rekke forbedret ved midlere dyp og i dypvannet i Sørfjorden. Vannet i Sørfjorden er lagdelt, med et overflatelag som vanligvis er 2-5 meter tykt som strømmer utover fjorden og som i stor grad er styrt av ferskvannstilførselen. Dette vannlaget har en oppholdstid på noen dager i

Sørfjorden. Under dette brakkvannslaget er vannbevegelsene små og oppholdstiden er lang (flere måneder). En skjematisk framstilling av lagdeling og strøm i fjorder er vist i figur 7.

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden har omfattet vannkvalitet, bunnslammets kvalitet, bunndyrsamfunn, dyre- og planteliv på grunt vann, alger i overflatevannet og innhold av miljøgifter i fisk, blåskjell og tang. I tillegg er det utført en rekke spesialundersøkelser knyttet til overvåkingen (studier av opptak og utskillelse av metaller fra blåskjell, studier av biokjemiske og fysiologiske effekter av forurensningen på fisk etc.). Det har vært nødvendig å dekke et bredt spekter ettersom Sørfjorden har vært utsatt for ulike typer forurensning med forskjellig virkning både med hensyn til geografisk omfang og ulike deler av miljøet. Det er funnet hensiktsmessig å dele denne resultatpresentasjonen inn i tre :

1. Vannkvalitet
2. Bunnslammets kvalitet
3. Plante – og dyrelivet i fjorden

Det vil kun bli fokusert på de mest åpenbare forandringene i perioden 1980 – 1997. For mere detaljerte beskrivelser av situasjonen henvises til samlerapporten.



Figur 7. Skjematisk framstilling av lagdeling og strømforhold i fjorder (Ill.: Jarle Molvær, NIVA).

3.1 Vannkvalitet

Vannkvaliteten i Sørfjorden under brakkvannslaget fikk sterkt redusert metallinnhold i 1986 da jarositt-slammet fra Norzink ble plassert i fjellhaller. I overflatevannet derimot har tungmetallproblemet vedvart med til dels høye og svært varierende konsentrasjoner. Det skyldes i stor grad avrenning fra fabrikkområdene og fra deponier og fyllinger og tilfeldige uhellsutslipp. Bedring ble observert i forbindelse med opprydding i Eitrheimsvågen i 1992, men fortsatt er situasjonen i overflatevannet ustabil.

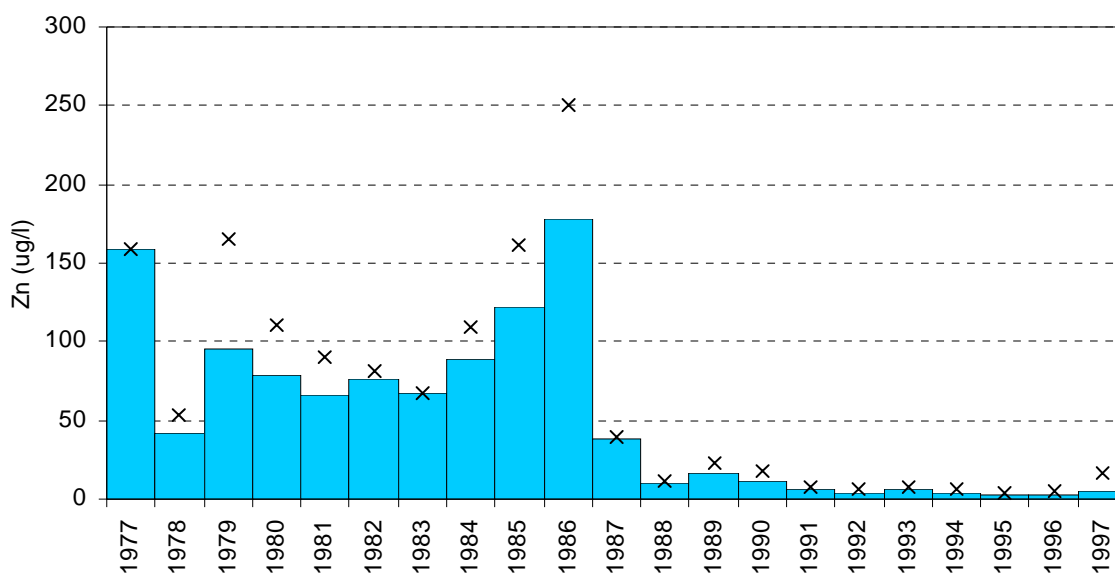
I de senere år har det vært lavt oksygeninnhold i dypvannet i havnebassenget og ved 50-100 meters dyp utover fjorden. Hovedårsaken til problemet antas å være utslipp av avfallskalk fra Odda Smelteverk til havnebassenget, utslipp av urensset kloakk og utilstrekkelig vannutskifting.

Endringer i vannkvalitet er best dokumentert når det gjelder tungmetaller. Det er ingen fjord i Norge hvor det foreligger så mye data på metaller i sjøvann som i Sørfjorden. De første målingene ble gjort i 1971 og fra 1977 er det årlige måleserier. Målingene omfatter både overflatevann, vann ved midlere dyp og dypvannet. Disse tre vannmassene har forskjellig oppholdstid i fjorden, med kortest oppholdstid i overflatelaget og lengst i dypvannet. Det innebærer at responsen på tilførsler av forurensning blir forskjellig. Et uhellsutslipp som kanskje varer

noen timer vil kunne bli fanget opp ved målinger i overflatelaget, men ikke i dypvannet.

Figur 8 viser utviklingen i nivåene av sink på 40 meters dyp i Sørfjorden i perioden 1980-1997. Her går det klart fram at nivåene sank dramatisk etter 1986. I dag er nivåene av tungmetaller i dypvannet nede på et normalt nivå og dette kan i stor grad tilskrives tiltaket i 1986.

Konsentrasjonene av metaller i overflatelaget derimot ble lite influert av tiltaket i 1986 fordi jarositten ble sluppet ut på dypt vann (Figur 9).



Figur 8. Endringer i nivået av sink ved Børve i 40 meter dyp i perioden 1980 – 1997. Middelerverdi og maksimalverdi (x). (Kun en observasjon i 1977 og 1983.)

Det som styrer forurensningen i overflatelaget er dels direkte utslipp fra bedriftene og avrenning fra fabrikkområdene og forurensset grunn (inkludert deponier og fyllinger). Forurensningsnivået her har variert kraftig over tid- spesielt før oppryddingen i Eitrheimsvågen (1992). Nivåene har til dels vært styrt av nedbørsforhold (avrenning) og til dels av uhellsutslipp som vanligvis går til overflatevannet. Av figur 9 fremgår at nivåene av sink var svært høye høsten 1989 som følge av ekstraordinære tilførsler (ukjent årsak). Ellers var nivåene generelt høyere før 1989, og vesentlig pga. utslipp av sinkholdig syre som ble sluppet ut fra Norzink til overflatelaget fram til 1989.

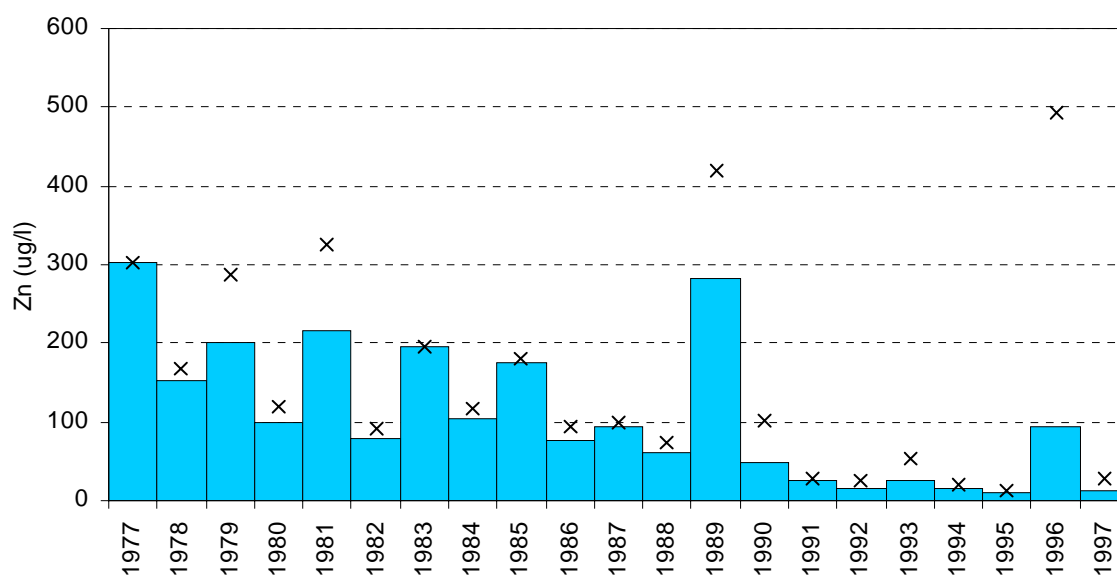
Utviklingen i overflatevannet etter 1992 har vært mindre dramatisk. Det henger sammen med at innsputingen og tildekkingen i Eitrheimsvågen reduserte en særdeles ustabil tilførsel. Figur 10 viser nivåer av kadmium i overflatevannet i Eitrheimsvågen i perioden

1988-1997. Den generelle reduksjonen etter 1992 viser effekten av oppryddingen i vågen.

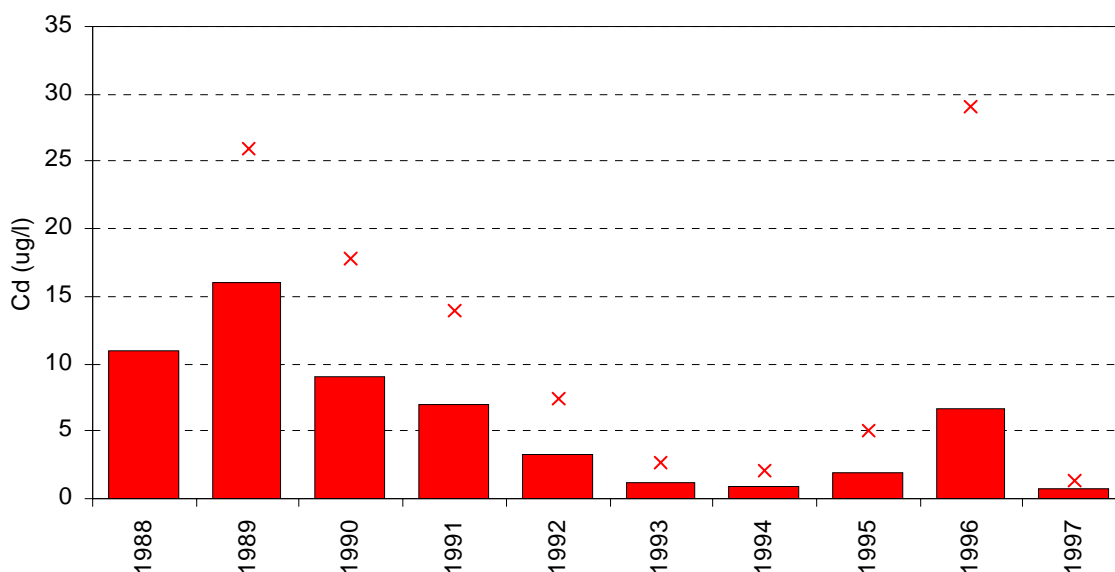
Imidlertid ble det målt spesielt høye konsentrasjoner av kadmium i overflatevannet høsten 1996. Dette skyldes uhellsutslipp ved Norzink. Det har også vært andre episoder som viser at tilførslene til overflatevannet i vågen langt fra er under kontroll, f.eks. forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv to ganger i 1996 og av sink, bly og kvikksølv en gang i 1997.

Fortsatt er nivåene av tungmetaller i overflatevannet generelt høye og gruntvannsorganismer vedvarer å være eksponert for mye forurensning. Blåskjell inneholder fremdeles så mye bly og kadmium at konsum frarådes av helsemyndighetene.

I tillegg til tungmetallene i vannmassen har det i den senere tid blitt registrert svært lave konsentrasjoner av oksygen, spesielt i dypvannet i havnebassenget, men også langt utover fjorden ved midlere dyp (50-100 meter).



Figur 9. Endringer i nivået av sink i overflaten ved Digraneset i perioden 1980 – 1997. Middelverdi og maksimalverdi (x). (Kun en observasjon i 1977 og 1983.)



Figur 10. Nivåer av kadmium i overflatevannet i Eitrheimsvågen i perioden 1988-1997. Middelverdi og maksimalverdi (x).

Resultatene er tolket slik at havnebassenget får tilført stoffer som bruker opp oksygenet i vannet. Ettersom man har sett en sammenheng mellom lavt oksygeninnhold og høyt innhold av nitrogen i vannprøver har man sluttet at årsaken er utslipp av nitrogenholdig avfallskalk fra Odda Smelteverk på 20-30 meters dyp i havnebassenget. I tillegg styrer vannutskiftningen i fjorden hvor lave nivåene av oksygen blir. Utslipp av urensset kloakk på utsiden av Eitrheims-

neset på dypt vann vil også bidra til oksygenforbruket. En sky med oksygen-fattig vann brer seg utover i fjorden i 50-100 meters dyp. Dette betyr at mange organismer vil sky eller ikke lenger kan leve i denne delen av fjorden. Det arbeides derfor nå med tiltaksløsninger med hensyn til avfallskalken ved smelteverket. Forholdene må også forventes å bli bedre når renseanlegg for kloakken blir installert.

3.2 Bunnslammets kvalitet

Forurensningen av sedimentene med tungmetaller har vært ekstrem. Tilførselen avtok kraftig i 1986 da utslippet av jarositt-slam opphørte. Med unntak av sedimentene i Eitrheimsvågen, som ble tildekket med duk og sand i 1992, vil forbedringen i fjorden komme med naturlig overdekning med silt og leire. På grunn av små tilførsler vil dette ta tid. Forbedringen vil skje først innerst i Sørfjorden hvor sedimenttilveksten og forurensningen er størst og senest i de dype bassengene i Hardangerfjorden. I mellomtiden må vi vente at de forurensede sedimentene vil representere en begrenset forurensningskilde i forbindelse med opptak av miljøgifter i sedimentlevende dyr som igjen utgjør en del av dietten til bunnlevende fisk.

Mens vannkvaliteten avspeiler forholdene i fjorden innenfor en tidshorisont på dager og måneder vil bunnslammets (sedimentets) kvalitet integrere miljøendringer på tidsskalaen år. På bunnen avsettes naturlig slam som transporteres med elver (silt og leire), samt forurensning som tilføres ved punktutslipp (rørledninger) og ved avrenning fra forurenset grunn på land. Bunnslammets karakter vil derfor være avhengig av om det er naturlig eller forurenset materiale som dominerer.

Beregnet naturlig avsetning av slam fra elver i Sørfjorden er forholdsvis liten. Det henger sammen med at Opo i stor grad legger igjen sitt slam i Sandvinnvannet ovenfor Odda. Det bidrar til at bunnslammets i området Tyssedal – Odda er sterkt preget av industriavfall. I tiden før jarositt-avfallet ble plassert i fjellhaller var bunnen i området rundt Eitrheimsneset rødfarget (se figur 2). I dag er bunnen i ferd med å få tilbake sitt naturlige utseende.

Ved å ta kjerner av bunnslammets kan vi analysere på ulike tidshorisonter (forutsatt at sedimentet ikke fysisk forstyrres). Figur 11 viser den vertikale fordelingen av kvikksølv i en sedimentkjerne fra ett av dypbassengene i Sørfjorden. Denne kjernen er også aldersdatert og den viser tydelig at nivåene av kvikksølv begynte å øke samtidig med at Norzink startet sin virksomhet på Eitrheimsneset. Bunnsedimentene eller bunnslammets fungerer derfor som en databank hvor vi kan innhente opplysninger om utvikling av forurensning over tid. I forbindelse med overvåking av bunnslammets kvalitet i Sørfjorden har vi valgt både analyser av kjerneprøver og analyser av overflateprøver hvert 5te år for å følge utviklingen.

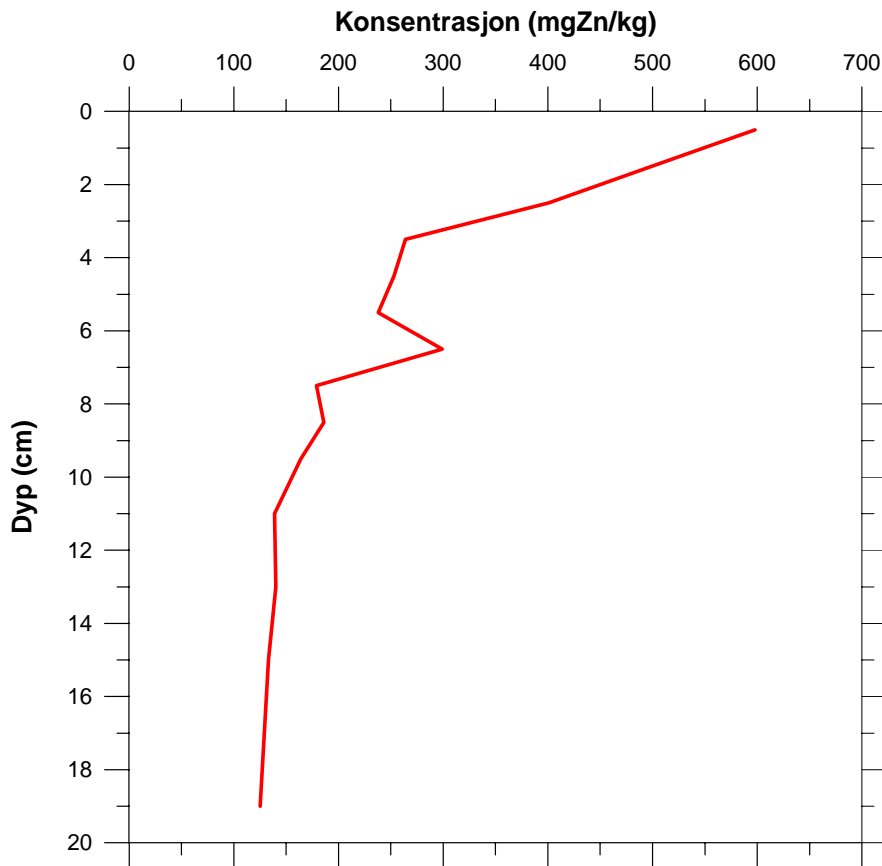
Ettersom sedimenttilveksten i Sørfjorden er noen få mm per år vil det ta noen år før en

reduksjon i forurensningstilførsler avspeiles i sedimentene. Forbedringen registreres først i områder hvor den naturlige sedimenttilveksten er størst. I Sørfjorden er det innerst i fjorden. Det medfører at nivåene av tungmetaller i overflatesedimentet blir lavere nær forurensningskildene ved Odda enn lenger ute i fjorden. En annen faktor som også bidrar til dette er dyrs gravende virksomhet. Innerst i fjorden er mengden dyr i sedimentet liten og det skjer liten omblending i sedimentet. Lenger ute er antallet gravende dyr større og dyrene forårsaker at lite forurenset sediment som avsettes på overflaten blandes med sterkt forurenset sediment som ligger under.

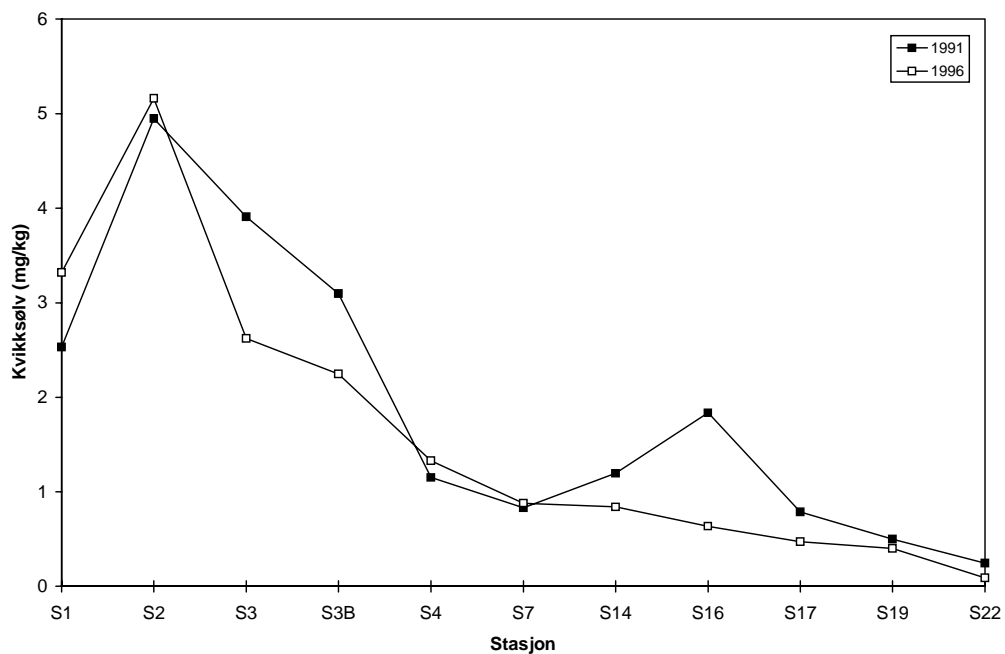
Figur 12 viser fordelingen av kvikksølv i overflatesedimentet i 1991 og 1996 på strekningen fra Odda til Varaldsøy (ca. 150 km fra Odda). Figuren illustrerer en generell økning fra Varaldsøy og innover, men at nivåene avtok igjen nærmest Odda (stasjon S1, figur 6).

Forskjellene mellom de to årene er relativt beskjedne (Figur 12). I størstedelen av undersøkellesområdet var nivåene av kvikksølv gjennomgående høyere i 1991. Unntaket er prøver som er tatt nær Odda hvor nivåene i 1996 var lavere enn i 1991. At forholdene mellom resultatene de to årene er så forskjellige på stasjon S4 og S7, sammenlignet med ellers i fjorden, kan skyldes beliggenheten til disse lokalitetene (S7 er i Eidfjord og S4 er helt i munningsområdet til Sørfjorden hvor det forventes liten avsetning av sediment).

Hvis vi sammenligner nivåer målt i overflatesedimentene i 1985 og 1996 på to lokaliteter i Sørfjorden (Tyssedal og Digraneset), ser vi en betydelig effekt av at jarositt-utslippet opphørte i 1986 (Figur 13).



Figur 11. Vertikal fordeling av sink i sedimentkjerne fra Sørfjorden (Ullensvang) tatt i 1996.

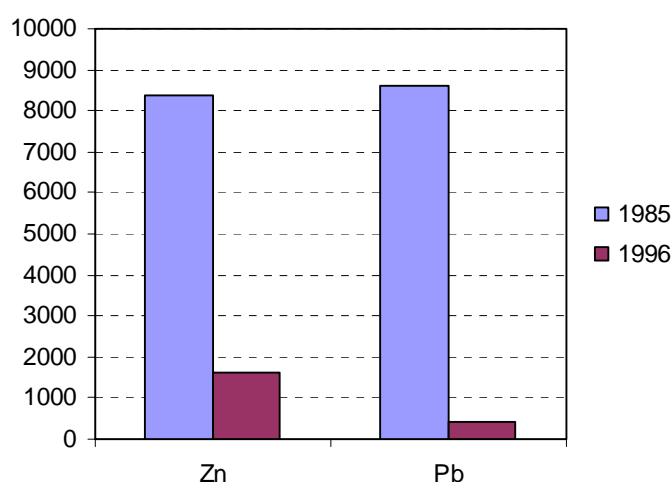


Figur 12. Kvikksølv (mg/kg) i overflatedimenter (0-2 cm) i 1991 og 1996 på strekningen Odda (S1) – Varaldsøy (S22).

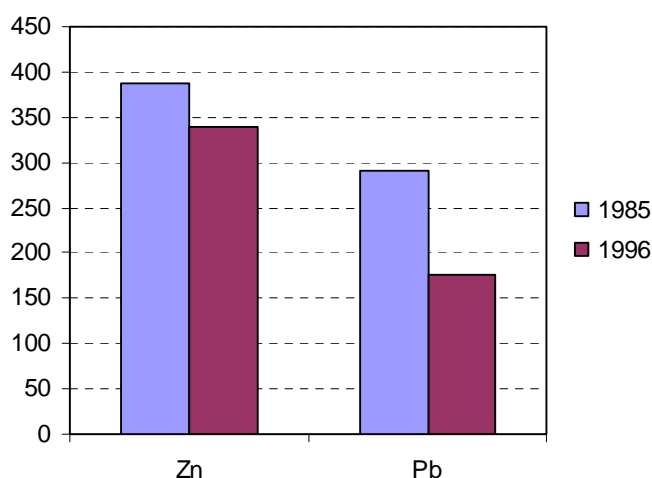
Figuren viser virkningen av at de forurensede sedimentene gradvis overdekkes med naturlig slam, men at forbedringen i sedimentkvalitet går langsomt fordi den naturlige sedimenttilveksten er liten. I dypbassengene i Hardangerfjorden er sedimenttilveksten enda lavere (1 mm eller mindre per år) og her vil det ta meget lang tid (flere ti-år) før forholdene er normalisert. Figur 14 viser en tilsvarende sammenligning mellom nivåer av sink og bly målt i 1985 og 1996 på 850 m dyp i Hardangerfjorden.

Et spørsmål som melder seg er hva miljøkonsekvensen på sikt er med de store lagrene av tung-

metaller i bunnsedimentene. Eksperimentelt arbeid utført av NIVA i 1987 med forurensede sedimenter fra indre Sørfjorden (se figur 4) viste at sedimentene må betraktes som en potensiell kilde for forurensning. Dette artet seg på flere måter. En viss mengde metaller i sedimentene frigis til vannmassen ved utlekking, spesielt hvis sedimentene oppvirvles. Den andre måten som sedimentene fungerer som kilde på er opptak i dyr som lever på sedimentflaten eller nede i sedimentet. Dette er blitt vurdert som vel så viktig.



Figur 13. Sink (Zn) og bly (Pb) i overflatesedimentene ved Tyssedal henholdsvis i 1985 og 1996. Konsentrasjonene er i mg/kg tørt sediment.



Figur 14. Sink (Zn) og bly (Pb) i overflatesedimentene på 850 meters dyp i Hardangerfjorden henholdsvis i 1985 og 1996. Konsentrasjonene er i mg/kg tørt sediment.

På grunnlag av det eksperimentelle arbeidet som NIVA utførte, samt det arbeidet som foregikk innenfor Kontaktutvalget for Miljøspørsmål i Odda, hvor lokalsamfunnet og industrien var sterkt engasjert, ble det besluttet å prioritere tiltak mot forurensning fra de grunne sedimentene i Eitrheimsvågen som var mest forurenset og som var mest utsatt for oppvirvling som følge av bølger og strøm. Det ble ikke vur-

dert som kost-nytte-effektivt å gjøre noe med de forurensete sedimentene i havnebassenget og lenger utover i fjorden. Her vurderte man at naturen gradvis vil ordne opp selv. Målinger av nivåer av metaller i sedimentlevende dyr i 1996 viste at dyra akkumulerer metaller i noen grad, men det forventes at nivåene i dyra vil synke etterhvert som sedimentkvaliteten bedres.

3.3 Dyre- og plantelivet i Sørfjorden

Dyre - og plantelivet på gruntvann (hardbunn) er influert av en rekke naturlige faktorer (ferskvannspåvirkning, nedbeiting av kråkeboller etc.) og det er vanskelig å koble artsantall og artsmangfold til forurensning av fjorden. Dyrelivet på mudderbunn påvirkes av bunnslammets sammensetning og det er registrert en forbedring i artsmangfold i løpet av de siste 10 årene. Periodevis (spesielt om høsten) skjer det store oppblomstringer av skadelige alger som misfarger overflatelaget.

Vannkvalitet og sedimentkvalitet setter en del av rammebetingelsene for de organismer som lever i fjorden. Disse organismene påvirkes av forurensning på ulike vis. Forurensning kan påvirke artsantallet, samfunnenes sammensetning, organismenes helsetilstand og deres innhold av miljøgifter (kap.3.4). Det siste er spesielt viktig hvis det er snakk om spiselige fisk og skalldyr.

Dyre- og plantesamfunnenes sammensetning kan si noe om miljøkvaliteten på stedet. Undersøkelsene skiller mellom organismesamfunn på gruntvann (hardbunn) og organismesamfunn på dypt vann (bløtbunn). Ved registrering av antall arter og artsmangfold er det mulig ut fra kjennskapen til forholdene i uforurensede fjorder å fastslå om forholdene er unormale eller

om dette kan settes i forbindelse med forurensning.

Dyre- og plantelivet i gruntvannssonen er i stor grad influert av saltholdigheten eller tilførselen av ferskvann. Lav saltholdighet vil gi et mindre artsmangfold og dette er noe som ofte kjenner seg utgjort av grunnvannsområdene i fjorder med stor ferskvannstilførsel. Unormale forhold kan således forårsakes av naturlige faktorer. I tillegg kan f.eks. invasjon av kråkeboller forårsake nedbeiting av planter og dermed skape et unormalt artsmangfold. Dette indikerer at en rekke naturlige faktorer kan spille en større rolle enn forurensning. Dette ser ut til å være tilfelle når det gjelder dyre- og plantelivet på grunt vann i Sørfjorden (Figur 15).



Figur 15. Foto som viser kråkebolleinvasjon på grunt vann i Sørfjorden (Foto: Are Pedersen, NIVA).

De organismene som lever på dypt vann, hvor det er mudderbunn, er eksponert for forurensning lagret i sedimentene i motsetning til organismer som lever på hardbunn og som i stor grad bare er påvirket av vannkvaliteten. Bløtbunnsorganismer omfatter bl.a. en rekke typer mark som har samme rolle som meitemarken på landjorda, bl.a. blande om det øverste laget av sedimentet og dermed også tilføre sedimentet oksygen (Figur 16). Av de arter som lever i sedimentet er noen følsomme for forurensning, mens andre er hardføre og tolerante. Sammensetning av arter vil derfor kunne fortelle om miljøet er forurensnet.

I Sørfjorden er det gjort undersøkelser av bløtbunnsfaunaen i 1980, 1985, 1991 og 1996. Det er således mulig å sammenligne endringer over tid. Tendensen har vært at antallet forurensningstolerante arter har gått ned mens artsmangfoldet har gått opp. Dette er generelt i samsvar med forbedringen i sedimentkvalitet i samme tids-

rom. Det bør påpekes at selv om sedimentene innerst i Sørfjorden er sterkt metallforurensnet så er det arter som har klart påkjenningen. Figur 2 viser bilder av overflaten av sedimentet i Eitheimsvågen tatt i 1987 og som viser spor etter biologisk aktivitet på tross av at det var ekstremt høyt metallinnhold på den tiden.

Enkelte år er det registrert rødbrun sjø i Sørfjorden og årsaken har vært oppblomstring av giftige alger. Senhøsten 1991 ble det f.eks. målt 4.85 millioner algeceller per liter vann. Årsaken til disse algeoppblomstringene er ikke kjent, men de synes å ha tiltatt i omfang i 90-årene. Konsekvensene av disse oppblomstringene i Sørfjorden er ikke store, bortsett fra estetiske ulemper og giftige blåskjell (som for øvrig ikke er anbefalt å spise av andre årsaker). Man kan imidlertid ikke se bort i fra at så store ansamlinger av alger vil bidra til økt oksygenforbruk i dypvannet i en fjord som allerede har et oksygenproblem.



Figur 16. Bildet viser en normal sedimentoverflate i en norsk fjord med tydelige spor etter biologisk aktivitet (Foto: Are Pedersen, NIVA).

3.4 Miljøgifter i fisk, blåskjell og tang

Miljøgiftinnholdet i fisk, blåskjell og tang blir årlig overvåket. Målet er å følge med på utviklingen i forurensningsgrad i forhold til helsemyndighetenes grenseverdier for miljøgifter i sjømat og SFTs klassifisering av miljøkvalitet. I tillegg brukes blåskjell og tang, som er fastsittende organismer, som forurensningsindikatorer. Forurensningsnivået i blåskjell er fortsatt høyere enn det helsemyndighetene mener er tilrådelig for konsum. Det er spesielt kadmium og bly som er høyt i blåskjell. Fisken er fortsatt noe forurenset av tungmetaller og plantevernmidlet DDT og nivåene varierer sterkt fra år til år. Dette kan henge sammen med de store variasjonene i vannkvalitet i overflatelaget.

Selv i områder med stor miljøgiftbelastning er det sjelden at organismer dør på grunn av akutt forgiftning. Organismer kan i noen grad regulere opptaket av metaller. Dette gjelder f.eks. sink. Man kan heller ikke se bort i fra at en del organismer "venner seg til" det forurensete miljøet og at toleransen dermed blir høyere.

Den årlige overvåkingen av organismer har omfattet fisk, blåskjell og tang. Valg av organismer er gjort av to hensyn. Fisk og blåskjell er spiselige organismer og nivåene av miljøgifter overvåkes av helsehensyn. På grunnlag av disse målingene vurderer Statens Næringsmiddeltilsyn til en hver tid behovet for kostholdsråd. Blåskjell, som er en fastsittende organisme, er også egnet som indikatororganisme for å spore utbredelse av forurensning og utvikling over tid. For enkelte tungmetaller er tang en bedre indikatororganisme og det er derfor brukt både blåskjell og tang i overvåkingen.

Blåskjell filterer partikler fra vannet og blåskjellene vil ta opp miljøgifter både fra partikler og fra vannet. Tang på den andre siden vil kun ta opp miljøgifter som er løst. Ved årlige innsamlinger av blåskjell og tang har det vært mulig å følge utviklingen i nivåer av tungmetaller og organiske miljøgifter (PCB og DDT) over tid.

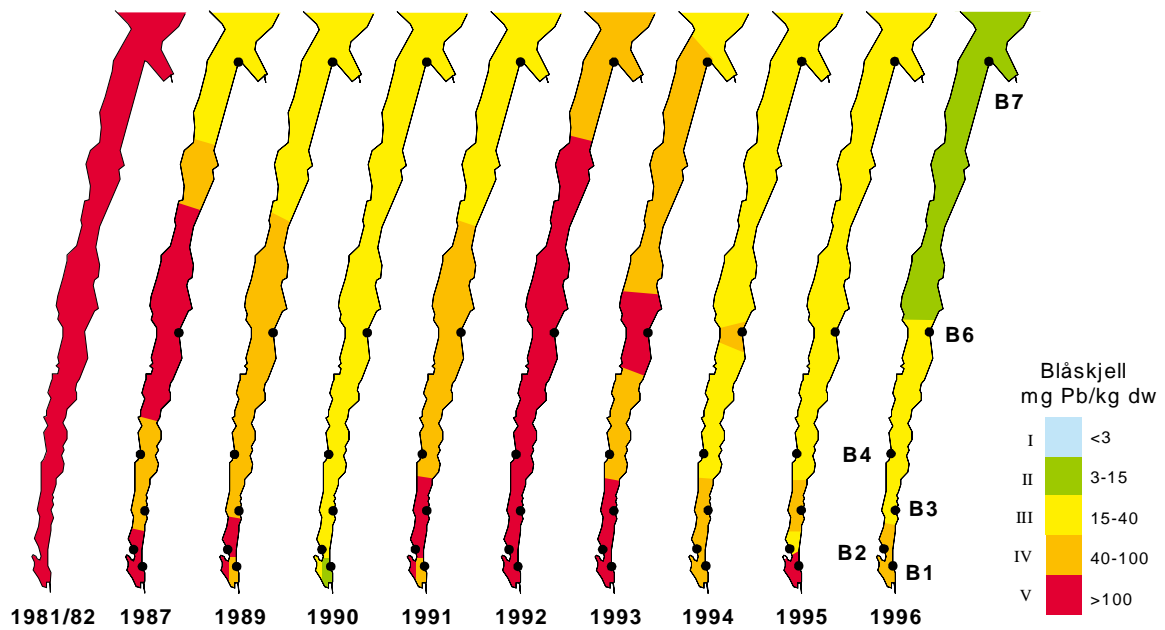
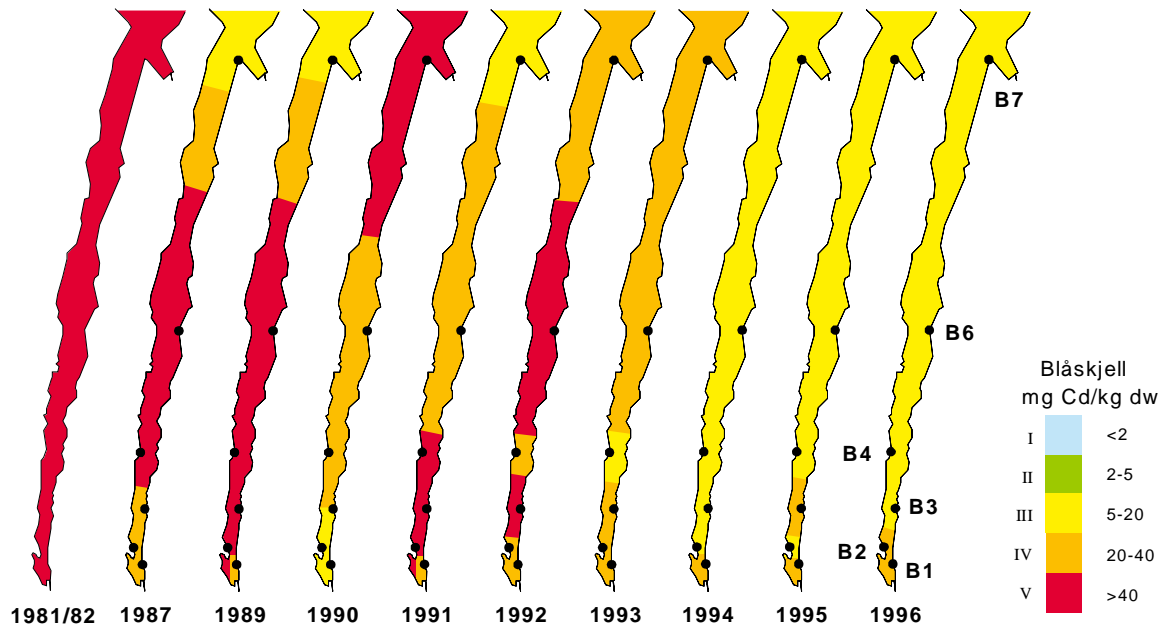
Ettersom både blåskjell og tang lever i overflatelaget og blir eksponert for store variasjoner

i konsentrasjoner, er nivåene som er målt svært variable. Figur 17 viser endringer av innholdet av bly og kadmium i blåskjell i perioden 1981–1996.

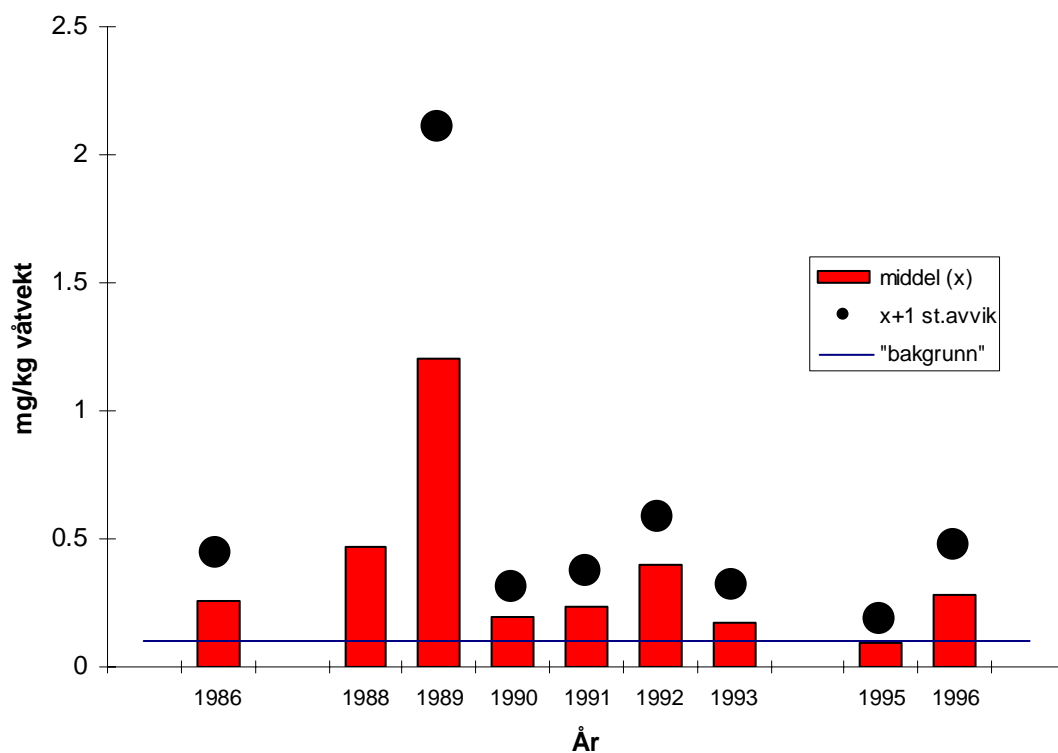
Foruten forurensning av blåskjell med metaller er det også observert til dels høye konsentrasjoner av plantevernmidlet DDT i ytre deler av Sørfjorden. Dette er et insektmiddel som var hyppig i bruk blant fruktdyrkere før 1970.

Før 1994 var nivåene av miljøgifter i fisk høyere enn de grenseverdiene som helsemyndighetene har satt som akseptabelt for sjømat. Det var spesielt kvikksølv som var problemet. I dag er kostholdsrådet opphevet, men det bør påpekes at fortsatt er det store variasjoner i konsentrasjonsnivået av miljøgifter i fisk og som viser at situasjonen ikke er under full kontroll. Dette kan ha sammenheng med de til dels store variasjonene i forurensningsnivå i overflatevannet. Figur 18 viser endringene i konsentrasjonene av kvikksølv i torskefilet i perioden 1986-1996.

Det er også påvist forhøyede nivåer av DDT i fiskelever fra Sørfjorden. Den mest sannsynlige forklaringen er at DDT er nedgravd på land og at det lekker fra disse deponiene til sjøen. Dette illustrerer at miljøgifter kan skape problemer i mange år etter at de er gått ut av bruk og at miljøovervåking er viktig for å kunne finne fram til kilder.



Figur 17. Kadmium (øverst) og bly (nederst) i blåskjell fra Tyssedal innsamlet i perioden 1981 – 1996 (Ill: Frithjof Moy, NIVA).



Figur 18. Kvikksølv i torskefilet fra Sørfjorden (fanget nær Digraneset) i perioden 1986-1996.

4. Hvordan er utsiktene for Sørfjorden?

Sørfjorden går lysere tider i møte forutsatt at man får kontroll over diffuse kilder for tungmetaller og DDT og at noe blir gjort for å stoppe den negative utviklingen med hensyn til oksygen i fjorden.

Industrien begynte å etablere seg i Odda for 90 år siden. Dette var tungindustri som bidro med forurensning både av luft, jord og vann. Selv om situasjonen i dag er noenlunde under kontroll når det gjelder konsesjonsbelagte utslipp fra bedriftene så ligger det lagret store mengder forurensning i jordsmonnet i Sørfjordens nedslagsfelt, i grunnen på fabrikkområdene og i deponier og fyllinger som har vært brukt i minst to manns-aldre. To av industribedriftene er av gammel dato (Odda Smelteverk og Norzink) med større risiko for uhell som medfører akutt forurensning.

Snart 20 års overvåkning av Sørfjorden har gitt oss en god innsikt i marine forurensningsproblemer generelt, men fortsatt er det kunnskaps hull når det gjelder å koble tilførsler og respons. Vi vet fortsatt for lite om effekter av forurensningen både på kort sikt og på lang sikt, f.eks. den samvirkende effekten av mange forurensningskomponenter. En del av vanskeligheten med å se koblingen mellom tilførsler og respons er at anslagene for forurensningstilførsler er for dårlige. Dette gjelder spesielt i historisk sammenheng hvor det knapt nok finnes pålitelige utslippsberegninger før 1980. I dag er det fremdeles stor usikkerhet om tilførsler knyttet til diffus avrenning fra land. Dette er en variabel og dominerende kilde etterhvert som direkteutslippene fra bedriftene er kommet under kontroll. Det ligger en stor utfordring i å få disse diffuse kildene kartlagt, tallfestet og fortrinnsvis eliminert. Før disse tilførslene opphører er det liten grunn til å tro at vannkvaliteten i overflatelaget vil bedre seg vesentlig. I så fall er det ventet at nivåene av miljøgifter i fisk, blåskjell og tang fortsatt vil variere mye og det er ikke sannsynlig at kostholdsradene når det gjelder blåskjell vil kunne oppheves innen år 2000, slik målet var.

Overvåkningsresultatene har likevel vist at tiltak nytter. De store utslippsreduksjonene ved Norzink i 1986 og 1992 har gjenspeilet seg i overvåkningsresultatene. Man har registrert gradvis forbedring i vannkvalitet og sedimentkvalitet og kostholdsradet for fisk er opphevet. Likeså har det estetiske inntrykket bedret seg i havnebassenget etter at kloakkutslippet ble flyttet og oppryddingen i Eitheimsvågen fullført (Figur 19). Utsiktene for Sørfjorden er gode hvis man får bukt med de diffuse tilførslene av tungmetaller.



Figur 19. Bilde fra indre Sørfjord – 1995 (Foto: Jarle Bilbao Skogheim, Norzink as).

Den andre trusselen for Sørfjorden er oksygenproblemet. Det er også her nødvendig å få klarhet i årsaksforholdet og få gjennomført tiltak. I dag er store deler av vannmassen under overflatelaget i havnebassenget til tider nesten fritt for oksygen og det er bare et tidsspørsmål når det vil dannes sulfidholdig vann (råttent vann). Det foreligger nå planer om å eliminere utslip-

pet av avfallskalk fra Odda Smelteverk i løpet av noen år og dette ventes å få stor betydning for oksygenforholdene.

Fortsatt er det et problem med plantevernmidlet DDT i Sørfjorden. Her vil det bli nødvendig å finne kildene og få fjernet DDT som måtte ligge nedgravet. Overvåkingen har gitt visse indikasjoner på hvor kilden befinner seg.