



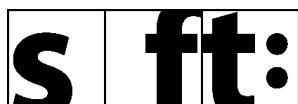
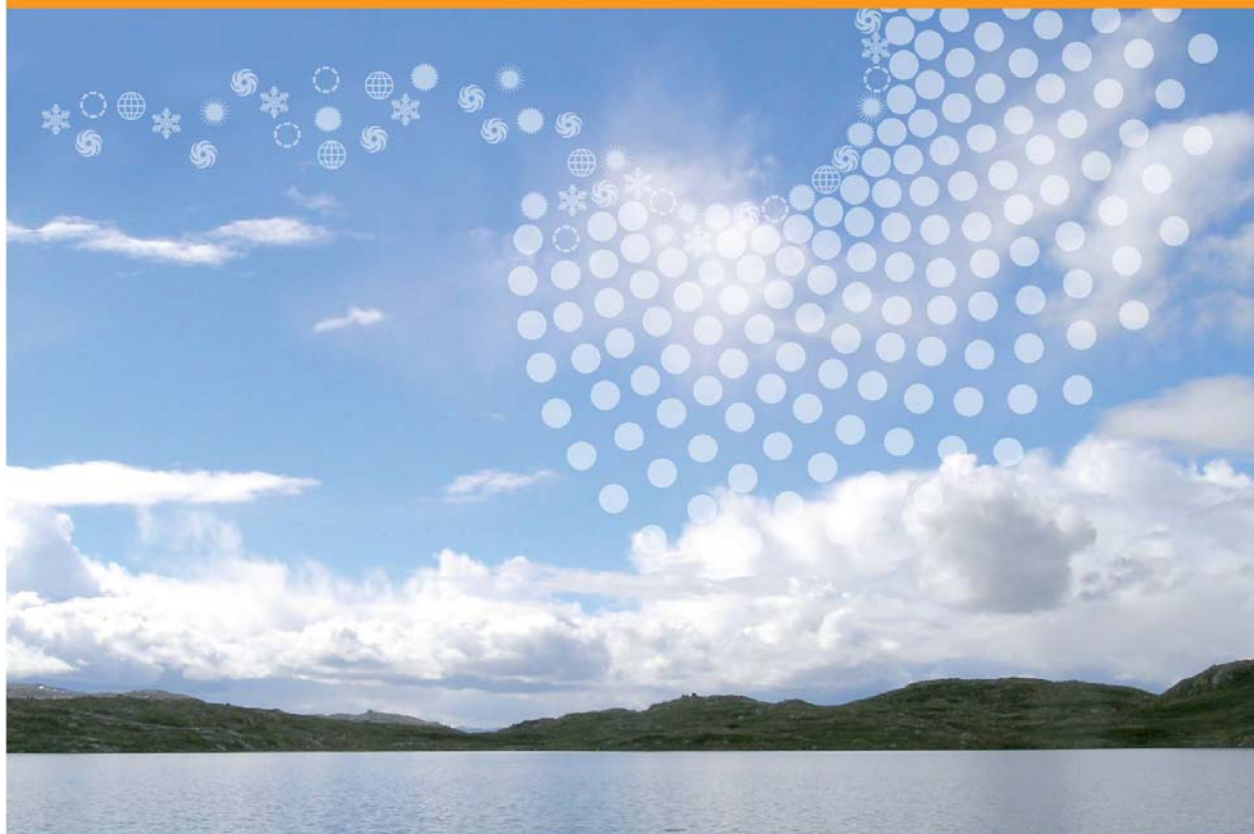
Statlig program for forurensningsovervåking

Metaller i vannmassene
Sedimentundersøkelse
Miljøgifter i organismer

OVERVÅKING AV MILJØFORHOLDENE I SØRFJORDEN 2007

1034

2008





Statlig program for forurensningsovervåking

SPFO-rapport: 1034/08
TA-2429/2008
ISBN 978-82-577-5370-2

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)
Utførende institusjon: NIVA

: **Overvåking av miljøforholdene i
Sørfjorden 2007**

Rapport
1034/2008

Metaller i vannmassene
Sedimentundersøkelse
Miljøgifter i organismer



Prosjektleder: Anders Ruus

Forfattere: Anders Ruus, Jens Skei, Norman Green, Merete Schøyen

NIVA rapport nr. 5635-2008

Forord

Overvåkingen av miljøtilstanden i Sørfjorden gjennomføres i samarbeid med Hardanger miljøsentor (Alex Stewart Environmental Services A/S), som ved Frode Høyland, Synnøve Underdal og Arild Moe har vært ansvarlig for innsamling av vannprøver og blåskjell, samt deler av analysene.

Undersøkelsene foretas innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens Forurensningstilsyn (SFT). Foruten ved SFT finansieres overvåkingen av Boliden Odda AS, Tinfos Titan & Iron K/S, Tyssefaldene A/S og kommunene Odda og Ullensvang, etter følgende fordeling:

Boliden Odda AS: 39,7 %
Statens forurensningstilsyn (SFT): 34,3 %
Tinfos Titan & Iron K/S (TTI): 9,8 %
AS Tyssefaldene: 3,9 %
Odda kommune: 9,8 %
Ullensvang herad: 2,5 %

Rapporten inkluderer data fra *Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP)* under Oslo/Paris kommisjonen (OSPAR), utført av NIVA under kontrakt fra SFT.

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 vannmassene, en sedimentundersøkelse og miljøgifter i organismer.

Sedimentundersøkelsen er en detaljert studie av en sedimentkjerne fra dypbassenget utenfor Børve i Sørfjorden. Kjernene ble tatt 12. juni 2007 fra FF "Hans Brattstrøm", Universitetet i Bergen. Mannskapet takker for sin innsats under feltarbeidet. Aud Helland (nå Rambøll AS) var toktleder. Analysene av metaller og organiske miljøgifter i sedimentkjernen er gjort ved NIVAs laboratorium. Labpersonalet takkes for rask og effektiv utførelse av analyseoppdraget. Aldersdatering av kjernen er gjort ved Universitetet i København (Thorbjørn Just Andersen).

2007 er første året av et nytt langtidsprogram for overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden (2007-2011). NIVA gjennomfører denne overvåkingen i samarbeid med Hardanger miljøsentor. Denne overvåkingen skal bygge på tidligere overvåkingsaktivitet, slik at nye data kan sammenlignes med de lange tidsserier av data som foreligger for Sørfjorden. Det er imidlertid noen forandringer og tilleggselementer i det nye overvåkingsprogrammet.

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs analyselaboratorium, med unntak av dioksiner og dioksinlignende PCB (i torskelever), som ble analysert av Norsk institutt for Luftforskning (NILU). Blåskjellprøvene er opparbeidet av Merete Schøyen, som også har hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Jens Skei har ledet den vannkjemiske overvåkingen og sedimentundersøkelsen.

Alle involverte takkes for innsatsen. Rapporten er forfattet av Anders Ruus, Jens Skei, Norman W. Green og Merete Schøyen. Prosjektleder for overvåkingen i Sørfjorden er Anders Ruus.

Oslo, august 2008

Anders Ruus

Innhold:

1.	Sammendrag	9
2.	Summary	13
3.	Innledning	17
3.1	Topografi.....	17
3.2	Bakgrunn og formål	19
4.	Materiale og metoder	22
4.1	Vannprøvetaking og analyser.....	22
4.2	Sedimentundersøkelse.....	22
4.3	Innsamling og analyser av organismer.....	24
5.	Resultater og diskusjon	29
5.1	Vannkjemi	29
5.1.1	Saltholdighet	29
5.1.2	Siktedyp	30
5.1.3	Metaller	30
5.2	Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene	36
5.2.1	Kilder og konsekvenser.....	36
5.2.2	Metaller i overflatevannet og endringer over tid.....	37
5.3	Sedimentundersøkelse.....	38
5.3.1	Vanninnhold.....	38
5.3.2	Innhold av totalt organisk karbon (TOC).....	38
5.3.3	Aldersdatering av sedimentkjerner	39
5.3.4	Metaller	40
5.3.5	PCB	44
5.3.6	DDT	44
5.3.7	PAH.....	45
5.3.8	Sammenfattende vurderinger	46
5.4	Metaller i fisk	47
5.4.1	Årlig overvåking	47
5.5	Metaller i blåskjell	51
5.6	Halogenerte stoffer i fisk.....	64
5.6.1	PCB	64
5.6.2	Dioksiner og non-ortho PCB	67
5.6.3	DDT	69
5.6.4	Polybromerte difenyletere.....	72
5.6.5	Perfluorerte alkylforbindelser	73
5.7	Klororganiske stoffer i blåskjell.....	74
5.7.1	DDT	74
5.7.2	PCB	81
5.8	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell.....	83
6.	Referanser	85

1. Sammendrag

Overvåkingen av Sørfjorden i 2007 representerer første året i et nytt langtidsprogram (2007-2011), men er samtidig en videreføring av den tidligere overvåkingen. Denne har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak. Videre bidrar overvåkingen med et underlag for Mattilsynet, som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsrad.

Foreliggende rapport gir en beskrivelse av vannkvalitet og miljøgifter i sedimenter og i blåskjell og fisk.

Resultatene av overvåkingen i 2007 kan i korthet oppsummeres slik:

Vannkjemi:

Overvåkingen av Sørfjorden i 2007 gir en beskrivelse av vannkvaliteten i overflatelaget i fjorden. I 2007 er det også ved to anledninger tatt vannprøver fra intermediaere 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 2007, sammenlignet med 2006, med unntak av en kraftig økning i tilførslene av sink som følge av et uhellsutslipp ved Boliden i mai 2007 hvor 4,5 tonn sink ble sluppet ut på 30 m dyp.

Overvåkingen av metaller i vann leder til følgende konklusjoner:

1. Utviklingen i overflatevannet i Sørfjorden når det gjelder metaller over et tidsperspektiv på en 8-årsperiode (2000-2007) viser en klar forbedring og en utflating i konsentrasjonsnivåer i midtre deler av fjorden tilsvarende tilstandsklasse III (moderat forurenset) for sink og tilstandsklasse II (god vannkvalitet) for de andre metallene som inngår i overvåkningsprogrammet i henhold til det reviderte klassifiseringssystemet.
2. Nivåene av metaller i overflatevannet i fjorden økte i 2007 fra munningen av Sørfjorden til Eitrheimsvågen, noe som viser at området Eitrheimsvågen fortsatt er hovedkilden til metallforurensning av overflatevannet i Sørfjorden.
3. Prøver fra intermediaere dyp og dypvann ble innsamlet i mars og november 2007 for å dokumentere om vannkvaliteten i dypere vannlag skiller seg fra vannkvaliteten i overflatelaget. Resultatene viser at forurensingsnivået i dypere vannlag, spesielt i indre delen av fjorden er til dels høyere enn i overflatelaget.

Sedimentundersøkelse:

Sedimentkjerner lagrer miljøinformasjon i kronologisk rekkefølge forutsatt at sedimentet ikke er for mye omrørt som følge av dyrs gravende virksomhet eller andre fysiske forstyrrelser. Analyser av bly-210 og Cs-137 avslører om kjernene er forstyrret.

En 24 cm lang sedimentkjerne fra Børve (samleprøve fra tre replikate kjerner), ca. 30 km fra Odda i Sørfjorden er analysert i detalj med 1 cm snitt ned til 20 cm og 2 cm snitt fra 20 til 24 cm. Kjernematerialet er analysert for vanninnhold, total organisk karbon, kopper, bly, sink, kadmium og kvikksølv. De øvre 5 snittene er analysert for organiske miljøgifter (PCB, PAH og DDT). Kjernen er også aldersdatert ved hjelp av Pb-210 og Cs-137. Resultatene gir grunnlag for følgende konklusjoner:

1. Innholdet av totalt organisk karbon er normalt (1-2 % TOC) sammenlignet med fjordsedimenter.
2. Aldersdateringene ved hjelp av isotoper viser at kjernen er noe omrørt som følge av dyrs gravende virksomhet, slik at aldersbestemmelsene blir noe unøyaktig, spesielt i den nedre delen av kjernen. Det er likevel grunnlag for å anta at gjennomsnittlig sedimenttilvekst i de øvre 10 cm av kjernen er ca. 2 mm pr. år
3. Vertikalprofilene for metaller i kjernen gjenspeiler meget godt historikken knyttet til utslipp av metaller. Sedimenter avsatt før 1930 inneholder bakgrunnsnivåer av metaller. Etter 1930 (da sinkverket i Odda startet opp) viser resultatene noe forhøyde nivåer, men nokså varierende. Variasjon kan også skyldes uregelmessigheter i sinkproduksjon under andre verdenskrig. Sedimenter avsatt i perioden 1960 – 1980 viser økende forurensingsgrad fram til et klart maksimum rundt 1985 som trolig reflekterer maksimum utslipp fra sinkverket. I 1986 ble jarositt-avfallet fra sinkproduksjonen overført til fjellhaller og utslippet av metaller til sjø ble redusert med over 90 % i forhold til 1985-nivå. Sedimenter avsatt etter 1986 viser en klar nedgang i forurensningsnivå fram til i dag. Men selv overflatesedimentet (0-1 cm) i juni 2007 var i tilstandsklasse IV og V (dårlig og svært dårlig) for noen av metallene som ble analysert.
4. Nivået av organiske miljøgifter i de øvre 5 cm, eller sediment som er avsatt siden 1980, viste forskjellig fordeling. PCB ble ikke påvist over deteksjonsgrensen. DDT (p, p'-DDT og Σ DDT) viste de høyeste konsentrasjonene nær sedimentoverflaten, som enten skyldes økte tilførsler i senere tid eller nedbryting av DDT nede i sedimentet. Blåskjell har de seneste årene også vist forhøyede DDT-konsentrasjoner, som mest sannsynlig kan settes i sammenheng med utvasking av kontaminerte partikler fra jordsmonn i perioder med mye nedbør. Lavere nivåer av PAH i overflaten av sedimentet enn lenger nede i kjernen kan forklares med bortfall av store punktkilder i forbindelse med nedleggelse av bedrifter.

Metaller i fisk:

- Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden lå på grensen mellom Kl. II (moderat forurenset) og Klasse III (markert forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

Metaller i blåskjell:

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink, med unntak av på stasjon B1/51A (Byrkjenes) hvor moderat (Kl. II) forurensning ble observert.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste markert forurensning (Kl. III) på st. B1/51A (Byrkjenes; kun Statlig program for forurensningsovervåking). Ellers var blåskjellene ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) forurenset.

- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til markert (Kl. III) grad av forurensning.
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til sterk (Kl. IV) grad av forurensning.

Halogenerte stoffer i fisk:

- Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2007 Klasse III (markert forurenset). Gjennomsnittet beregnet uten ett individ med særlig høy konsentrasjon tilsvarte Klasse II (moderat forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med PCB.
- Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner ($\text{TE}_{\text{PCDF/D}}$) i torskelever fra Sørfjorden tilsvarte i 2007 Klasse II (moderat forurensning). Konsentrasjoner av dioksinlignende PCB (non-ortho), uttrykt som toksiske ekvivalenter ($\text{TE}_{\text{n.o.-PCB}}$) var imidlertid vesentlig høyere enn for dioksiner og furaner.
- Den gjennomsnittlige ΣDDT -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2007 Klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med ΣDDT .
- Lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm i 2007 (torsk var ubetydelig/lite forurenset; Kl. I).

Klororganiske stoffer i blåskjell:

- Konsentrasjoner av ΣDDT i blåskjell tilsvarende Klasse V (meget sterkt forurenset; en faktor ~ 4 høyere enn grensen for kl.V) ble funnet ved Utne i 2007. På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende Klasse II (moderat forurenset) til Klasse IV (sterkt forurenset) observert.
- 2007 er det andre året på rad at det er observert meget høye konsentrasjoner av ΣDDT i blåskjell fra Utne.
- Blåskjell fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Kl. I) med ΣPCB_7 i 2007.

PAH i blåskjell:

- Konsentrasjoner av ΣPAH i blåskjell tilsvarte Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) på alle stasjoner, med unntak av ved Byrkjenes (B1), hvor konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (Kl. II). Det ble ikke funnet blåskjell ved Tyssedal i 2007.

- Med hensyn på den kreftfremkallende forbindelsen benzo[a]pyren, så representerte konsentrasjonene Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) på alle stasjoner, med unntak av ved Eitrheim (B2), hvor konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (Kl. II).

2. Summary

The Monitoring of the Sør fjord in 2007 represent the first year in a new long-term program (2007-2011), but is at the same time a continuance of the previous monitoring. This monitoring has the objective of demonstrating the present environmental status and assessing this in relation to the remedial actions done in the area. Furthermore, the monitoring has the aim of detecting possible irregular discharges and needs for further remedial actions. The monitoring also produces a foundation for the Norwegian Food Safety Authority in their work of evaluating the edibility of fish and shellfish.

The present report gives a description of water quality and the content of contaminants in sediments and in blue mussels and fish.

The results of the 2007 monitoring may in short be summarised as follows:

Metals in water:

The report describes the quality of the surface water in the Sør fjord in 2007. On two occasions, water samples have also been collected from intermediate depths (10-100 m) and the bottom water (250-350 m depth). The report contributes to forming a basis for evaluating the remedial measures carried out in the Sør fjord through the years, to improve the environmental quality of the fjord.

From 2006 to 2007 there were little changes in the discharges of metals to the Sør fjord from the industries in Odda. One exception was a marked increase in the discharge of zinc, as a result of an accidental spill from Boliden (May 2007), when 4.5 tons of zinc were discharged at 30 m depth.

The monitoring of metals in water leads to the following conclusions:

1. The levels of metals in the surface water of the Sør fjord during the period 2000-2007) show a clear improvement and a stabilization of the concentrations in the middle parts of the fjord (corresponding to Class III, moderately polluted) for zinc, and Class II (good) for the other metals.
2. The concentrations of metals in the surface water of the fjord in 2007 increased from the mouth of the fjord to Eitrheimsvågen, indicating that the area of Eitrheimsvågen still is the main source of metal pollution in the Sør fjord.
3. Samples from intermediate depths and deep water were collected in March and November 2007 to document if the quality of the waters below the surface differed from the quality of the surface water. The results showed that the level of pollution, especially in the inner parts of the fjord, was somewhat elevated, compared to the surface.

Sediment survey:

Sediment cores store environmental information chronologically, provided that the sediments are not too much disturbed e.g. as a result of bioturbation or other physical variables. Analyses of Pb-210 and Cs-137 will reveal if the core has been disturbed. A 24 cm long sediment core from Børve (composite of 3 replicate cores), approximately 30 km from Odda, was analysed in detail with 1 cm sections down to 20 cm, and 2 cm sections between 20 and 24 cm. The core material was analysed for water content, total organic carbon (TOC), copper, lead, zinc, cadmium and mercury. The upper 5 sections were also analysed for organic contaminants (PCBs, PAHs and DDTs). Furthermore, the core was dated using Pb-210 and Cs-137 isotopes. The results lead to the following conclusions:

1. The content of TOC was normal (1-2 %), compared to other fjord sediments.
2. The isotope dating of the core showed some disturbance in the upper layers, as a result of bioturbation, leading to somewhat inaccurate dating. However, the sedimentation rate is estimated to approximately 2 mm per year in the upper 10 cm of the core.
3. The vertical profiles of metals in the sediment core nicely reflect the pollution history of the fjord. Sediments deposited prior to 1930 contain background levels of metals. After 1930 (when the zinc plant in Odda was established), the metals increase in the sediment, but some variation is also observed. Sediments deposited between 1960 and 1980 show increasing degree of pollution, leading to a maximum in 1985. In 1986 the jarosite waste from the zinc production was transferred to underground tunnels and the discharges to the sea were reduced by >90 %. This is reflected in the sediment core, with decreasing concentrations. However, concentrations even in the surface sediment (0-1 cm) in June 2007 corresponded to Class IV and V (bad and very bad, respectively) for some of the metals.
4. The level of organic contaminants in the upper 5 cm, or in sediments deposited after 1980, showed different distributions. PCBs were not detected and DDT (p,p'-DDT and ΣDDTs) showed the highest concentrations near the sediment surface indicating either increased contamination of deposited particles or degradation of DDT compounds in the sediments. Blue mussels have also showed elevated concentrations of DDTs the later years, likely due to washout of contaminated particles from soil in periods with much precipitation. The amount of PAHs in the sediments decreased towards the surface, likely as a result of the removal of point sources (as a result of close-down of industries).

Metals in fish:

- Concentrations of mercury in cod from the Sør fjord corresponded to the boundary between Class I (insignificantly/slightly polluted) and Class II (moderately polluted) in the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority (SFT).

Metals in blue mussel:

- Metal analyses of blue mussels showed no excess of Class I (insignificantly/slightly polluted) for copper and zinc, except at station B1/51A (Byrkjenes) where moderate (Class II) pollution was observed.

- The mercury concentration in blue mussels showed up to marked pollution (Class III) at station B1/51A (Byrkjenes). At the other stations the mussels were insignificantly/slightly polluted (Class I) to moderately polluted (Class II) with mercury
- Analyses of cadmium in blue mussels showed insignificant/slight (Class I) to marked (Class III) degree of pollution.
- Analyses of lead in blue mussels showed insignificant/slight (Class I) to strong (Class IV) degree of pollution.

Halogenated compounds in fish:

- The average ΣPCB_7 -concentration in cod liver from the Sør fjord in 2007 represented Class III (markedly polluted). The average calculated without one individual with specifically high corresponded to Class II (moderately polluted). Fillet of cod was moderately (Class II) polluted with PCBs.
- The average of toxic equivalents for dioxines and furanes ($\text{TEQ}_{\text{PCDF/D}}$) i cod liver from the Sør fjord corresponded to Class II (moderately polluted). Concentrations of dioxin like (non-ortho) PCBs, expressed as toxic equivalents ($\text{TEQ}_{\text{n.o.-PCBs}}$) were, however, substantially higher than for dioxines and furanes.
- The average ΣDDT -concentration in cod liver from the Sør fjord in 2007 represented Class III (markedly polluted). Fillet of cod was moderately (Class II) polluted.
- Low concentrations of organochlorines were found in fish from Strandebarm in 2007 (cod was insignificantly/slightly polluted; Class I).

Organochlorines in blue mussel:

- A concentration of ΣDDT in blue mussels corresponding to Class V (very strongly polluted; a factor of ~4 higher than the limit of Class V) was observed at station Utne in 2007. At the other stations, concentrations corresponding to Class II (moderately polluted) to Class IV (strongly polluted) were observed.
- 2007 is the second consecutive year when very high concentrations of ΣDDT have been observed in blue mussels from Utne.
- Blue mussels from all the stations in the Sør fjord were in 2007 insignificantly/slightly polluted (Class I) with ΣPCB_7 .

PAH in blue mussel:

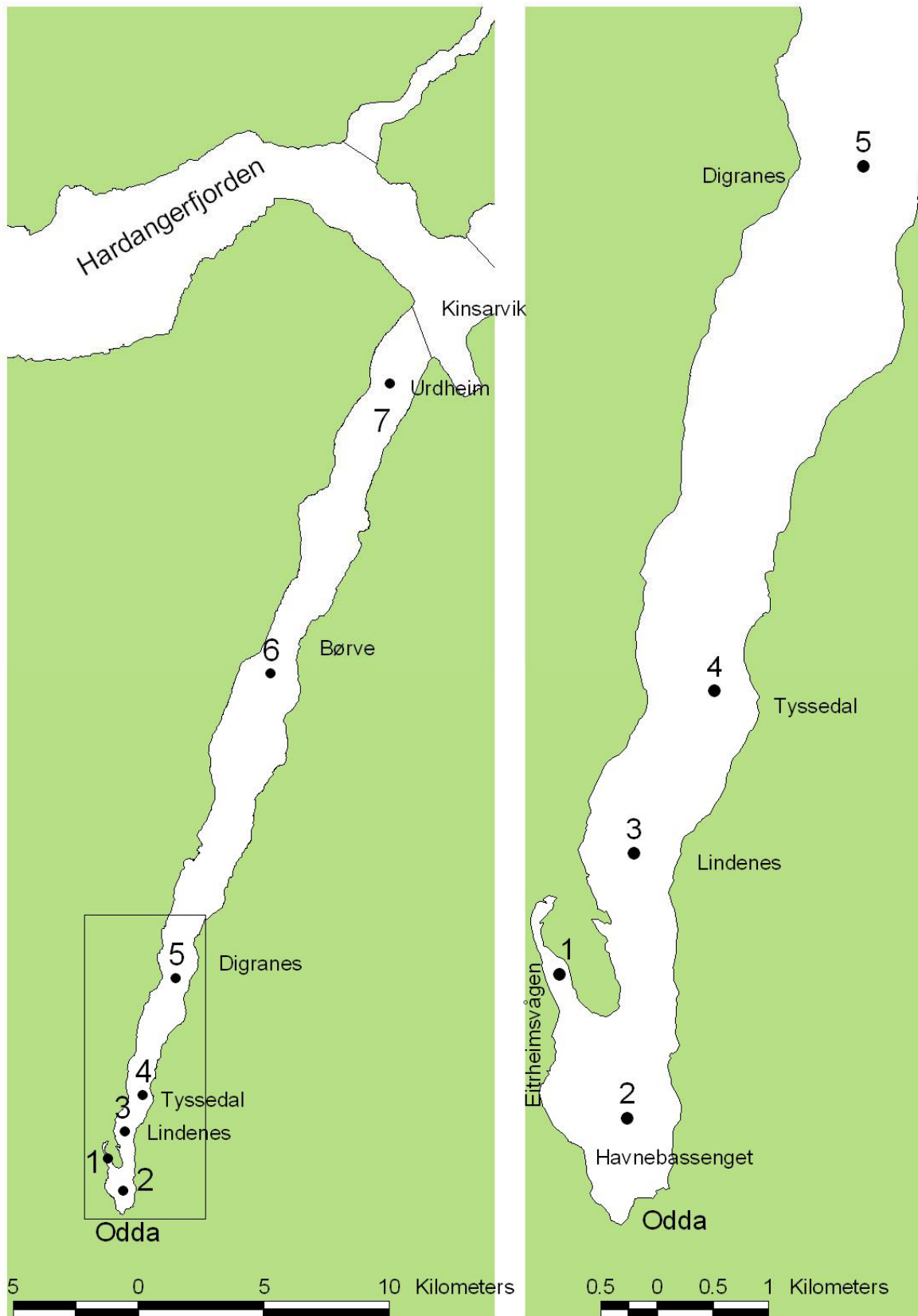
- Concentrations of Σ PAH in blue mussels corresponded to Class I (insignificantly/slightly polluted) at all stations, except at Byrkjenes (B1), where the concentrations corresponded to Class II (moderately polluted).
- Regarding the carcinogenic compound benzo[a]pyrene, in particular, concentrations corresponded to Class I (insignificantly/slightly polluted) at all stations, except at Eitrheim (B2), where the concentrations corresponded to Class II (moderately polluted).

3. Innledning

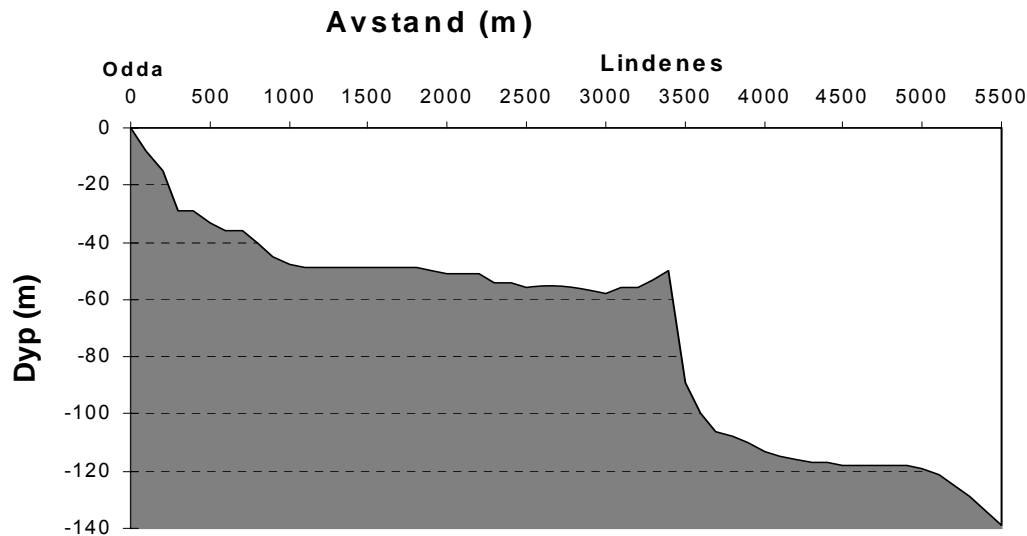
3.1 Topografi

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 2007.



Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sør fjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftingen.



3.2 Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sør fjorden 2007 representerer første året av et nytt langtidsprogram (2007-2011), men er samtidig en videreføring av den tidligere overvåkingen. Denne har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak.

Målgruppen for overvåkingen er eksempelvis:

- Mattilsynet, som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsrad
- Industrien og kommunene, som har behov for å dokumentere effekter av tiltak
- Miljøforvaltningen (sentralt og regionalt), som har et overordnet ansvar for rikets miljøtilstand
- Den vanlige borger, som har en lovpålagt rett til å få informasjon om miljøets tilstand i henhold til informasjonsloven.

Sør fjorden har en forurensningshistorie som strekker seg tilbake til begynnelsen av det 20nde århundret da tungindustri ble etablert i Odda-området. Først ble Odda smelteverk anlagt i Odda sentrum i 1908, deretter D.N.N. Aluminium i Tyssedal i 1916 og til slutt Det norske Zinkkompani på Eitrheimsneset i 1929. Utslippene til fjorden økte med økende produksjon og sinkverket hadde sine største utslipp til fjorden i 1985, året før jarositt-avfallet ble ført til fjellhaller. Dette året ble det sluppet ut nesten 1 tonn kvikksølv, 1835 tonn sink, 773 tonn bly og nesten 24 tonn kadmiom [1]. I tillegg var det tidvis store utslipp av tjærestoffer (PAH) fra aluminiumsfabrikken i Tyssedal før den ble nedlagt i 1982, og fra Odda Smelteverk (nedlagt i 2002).

I tillegg til regulære utslipp fra industrien har det vært store tilførsler av DDT knyttet til bruk av dette insektmidlet i forbindelse med frukt dyrking i ytre deler av Sør fjorden. Det er også påvist tilførsler av PCB til fjorden knyttet til renovering av fasaden på Tyssedal kraftstasjon

og hvor murpuss og maling inneholdt store mengder PCB-forbindelser. Alle disse tilførselene av miljøgifter i dette århundret har satt sitt preg på bunnsedimentene i fjorden. Miljøgiftene er avsatt i kronologisk orden og i og med at sedimenttilveksten er kjent gjennom aldersdatering av sedimentene kan tidsutviklingen i de ulike miljøgiftene studeres ved analyser av sedimentkjerner.

Den siste større, regionale sedimentundersøkelsen i Sørfjorden ble gjennomført i 1996 [2]. Det var derfor ønskelig å dokumentere utviklingen av belastningen av miljøgifter over tid i sedimentene. I stedet for å gjøre en ny regional kartlegging så ble det besluttet å konsentrere kartleggingen om dypbassenget utenfor Børve (376 m dyp), hvor det også er tatt prøver tidligere. Målsettingen med kartleggingen var å:

- dokumentere den historiske utviklingen i sink, kadmium, kopper, bly og kvikksølv i en sedimentkjerne og relatere dette til tidligere resultater og kjennskap om endringer i utslipp over tid
- dokumentere nivået av PCB, PAH og DDT i den øvre del av sedimentkjernen
- ved hjelp av Pb-210 og Cs-137 aldersdatere kjernen slik at vertikalprofilen av miljøgifter kan kobles til eksakt tid

Sørfjorden har i tidligere år vist vedvarende høy metallbelastning i fjordens overflatevannlag. Vinteren 1999-2000 hadde Boliden Odda AS dessuten et uhellsutslipp av kvikksølv, som også ble reflektert i kvikksølvkonsentrasjoner i organismer [3-6].

I 2006 ble det også tatt vannprøver fra intermediære dyp (20-100 m) og fra bunnvannet (250-350 m dyp) i Sørfjorden. Resultatene fra disse undersøkelsene viste høye nivåer av metaller i dybdeintervallet 20-100 m i indre deler av fjorden [7]. I det nye langtidsprogrammet som (2007-2011), vil overvåkingen av disse vannmassene fortsette og resultatene fra 2007 er gitt i det følgende.

Overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden har foregått jevnlig siden 1979. Gjennom årene er det gjort flere tiltak for å redusere forurensningstilførselene til fjorden. 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. I mai 2007 var det et uhellsutslipp ved Bolidens sentrale renseanlegg som førte til utslipp av store mengder sink og svovelsyre til fjorden. Dette utslippet skjedde på 30 m dyp og ble derfor ikke fanget opp av overvåkingen av overflatevannet. Overvåking av dypere vannlag ble gjennomført i mars og november. Boliden bygget nytt vannrenseanlegg som kom i drift i slutten av 2007 og dette forventes å gi lavere utslipp i årene som kommer fordi anlegget har større kapasitet til å håndtere større nedbørmengder.

I 1991 ble det også avdekket at fjorden var utsatt for en ikke ubetydelig forurensning med DDT-forbindelser. Nivåene av disse forbindelsene har fluktuert og høye konsentrasjoner ble observert senest i 2006 [8].

Gjennom årene med overvåking har det også vært vist vekslende grad av forurensning med PCB i organismer fra Sørfjorden og i 1999 ble overvåkingen utvidet med henblikk på å spore kilder for PCB og DDT [9, 10]. I 2001 og 2002 ble svært høye konsentrasjoner av PCB påvist i prøver av henholdsvis blåskjell (ved Tyssedal) og torsk, samlet i Sørfjorden [5, 11]. Tidspunktene for disse observasjonene sammenfalt med rehabiliteringen av den gamle kraftstasjonen til Tyssefaldene A/S som ble utpekt som nasjonalminnesmerke i 2000. Denne

bygningen ble malt i 1960-årene med en PCB-holdig maling. I det nye langtidsprogrammet (2007-2011) er overvåkingen av PCB i fisk utvidet til også å inkludere dioksinliknende PCB (non-ortho substituerte), samt dioksiner i et utvalg prøver. Resultatene fra 2007 er gitt i det følgende.

Forurensningssituasjonen i Sørfjorden har ført til at Mattilsynet har satt kostholdsråd for området (første gang i 1973; [12]). Gjeldende kostholdsråd er satt på bakgrunn av forurensningen med kadmium, bly, kvikksølv og PCB og ble sist vurdert i 2003.

Kostholdsrådet lyder som følger:

- *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.*

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 2007. Basert på opplysninger fra SFT og bedriftene. Tallene i parentes representerer utslipp i 2006

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år	PAH kg/år
Boliden Odda AS*	1141 (975)	889 (1897)	12127 (7680)	121 (101)	1,9 (1,3)	
TTI	4,4 (3)	219 (198)	7084 (6510)	9,0 (2,5)	1,1 (0,57)	5,6
Totalt	1145 (978)	1108 (2095)	19211 (14190)	130 (103,5)	3,0 (1,9)	5,6

* = total utslipp fra sinkverket og "Noralf" (gipsutslippet)

Av tabellen framgår at det totale utslippet av kopper, sink, kadmium og kvikksølv har økt siden 2006, mens utslippet av bly er redusert. Utslippet av kopper og bly domineres totalt av gipsutslippet til sjø fra Boliden ("Noralf"). En betydelig økning i utslippet av sink fra Boliden er knyttet til et uhellsutslipp som skjedde i mai 2007 og som utgjorde ca. 4,5 tonn sink og noe kadmium og kopper.

4. Materiale og metoder

4.1 Vannprøvetaking og analyser

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 22. februar, 16. mars, 8. mai, 14. juni, 16. august, 8. november, 27. november og 14. desember 2007 av Hardanger Miljøsenters på stasjonene vist i Figur 1. Det gjøres oppmerksom på at islegging av fjorden i desember 2007 førte til at prøver ikke kunne innsamles på stasjon Urdheim 14. desember.

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 mars og november 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.

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 [13]. Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppløsning ved kalddampeteknikk og gullfelle ([14]). Saltholdighet og temperatur ble målt med salinoterm i forbindelse med prøvetakingen. I tillegg ble det gjort siktedypsmålinger på alle toktene (bruk av secchi-skive).

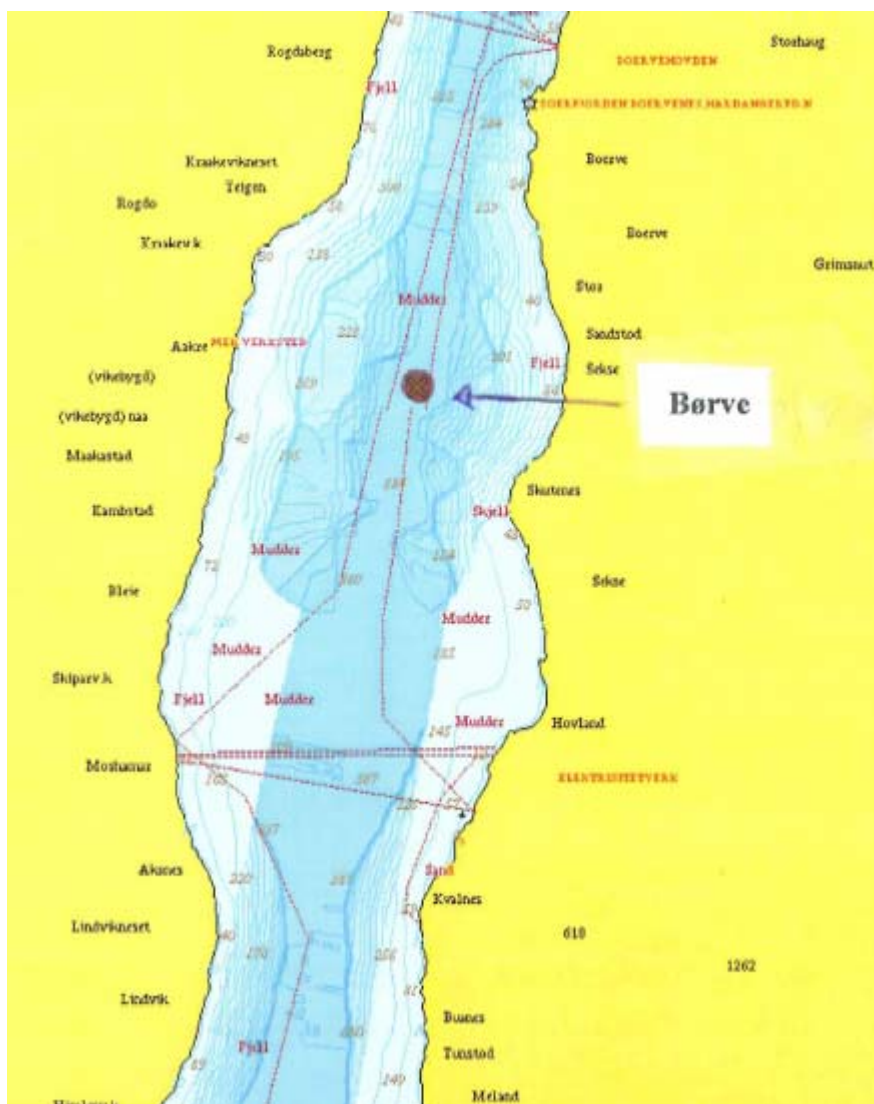
4.2 Sedimentundersøkelse

Feltarbeidet til sedimentundersøkelsen ble gjennomført 12. juni 2007 i forbindelse med en sedimentkartlegging i Odda-området knyttet til tiltaksplanen for forurensede sedimenter i indre Sørfjord (separat rapport). FF "Hans Brattstrøm" fra Universitetet i Bergen ble brukt under feltarbeidet og sedimentprøvene ble tatt med en Niemistø kjerneprøvetaker. Det ble laget blandprøver fra disse tre kjernene. Kart som viser prøvetakingspunktet er vist i Figur 3.


Det ble laget en blandprøve fra hver av kjernene for å få et mest mulig representativt bilde av sedimentets sammensetning i dette dybbassenget. Bassenget er for øvrig meget flatt og homogent og et stabilt sedimentasjonsområde.

Kjernene ble beskrevet og fotografert (Tabell 2).

Figur 3. Kartutsnitt som viser plassering av prøvetakingspunktet utenfor Børve.



Tabell 2. Stasjons- og sedimentbeskrivelse.

Stasjon	Posisjon	Vanndyp (m)	Kjerne-lengde (cm)	Kommentarer	Foto
Børve (1)	60° 15,640' N 06° 36,125' E	376	26	Brun oksisk overflate med rør av børstemark i overflaten, videre homogen grå, leirig. Kjernen målt til 26cm, ved snitting noe skviset, fikk 24cm.	
Børve (2)		376	37	Som nr. 1, synlig bioturbert ned til 12 cm. Snitting OK.	
Børve (3)		376	32	Som nr. 1, børstemark i overflaten, synlig bioturbert ned til 15 cm.	

Analyser

Det ble gjort 22 individuelle analyser av vanninnhold, total organisk karbon, kadmium, kobber, kvikksølv, bly og sink (fra overflaten til 24 cm dyp). I tillegg ble det gjort analyser av PCB, DDT og PAH på 5 prøver (fra overflaten til 5 cm dyp). Kjernen (0-24 cm) ble aldersdatert ved hjelp av Pb-210 og Cs-137 (nedfall fra Chernobyl-ulykken som skjedde 26. april 1986).

Prøvene er analysert i henhold til NIVAs rutinemetoder og kvalitetsikringsrutiner.

Isotopanalysene ble gjort ved Institutt for geologi, Universitetet i København (Thorbjørn J. Andersen). Prøvene ble analysert for Pb-210, Ra-226 og Cs-137 ved gammaspektroskopi. En nærmere beskrivelse av metodene og resultatbearbeidelsen er gitt vedlegg B.

4.3 Innsamling og analyser av organismer

Innsamling av organismer

Det viste seg vanskelig å få tak i blåskjell på de faste stasjoner og dyp høsten 2007. Det ble derfor arrangert ekstra innsamling senere på vinteren. I det nye langtidsprogrammet (2007-2011) skal det samles skjell til prøver i triplikate på 2 stasjoner. Intensjonen var å gjøre dette på stasjonene Tysseal (B3) og Utne. Dette lot seg vanskelig gjøre (grunnet tilgang på skjell), så triplikate prøver er forberedt fra stasjonene Byrkjenes (B1) og Eitrheim (B2). Ved Eitrheim (B2) ble innsamling av de tre prøvene gjort på to ulike tidspunkt (grunnet tilgang på skjell; se nedenfor). Replikate prøver er ment å gi et innblikk i naturlig variasjon. Dette er informasjon

som gjør en i stand til bedre å kunne uttale seg om tilsynelatende endringer mellom år er reelle, eller et element av naturlig variasjon innenfor år.

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn 22 oktober 2007 på stasjonene B2 (Eitrheim; én av 3 prøver), B7 (Krossanes), og Utne, 12 november 2007 på stasjon B4 (Digranes), 15 februar 2008 på stasjonen B1 (Byrkjenes; 3 prøver), og 26 februar 2008 på stasjon B2 (Eitrheim; 2 av 3 prøver).

På mange av stasjonene var det igjen veldig lite blåskjell denne høsten. Det var ikke skjell å oppdrive på stasjonene B3 (Tyssedal), B6 (Kvalnes) og Måge. På stasjon B1 (Byrkjenes) ble skjellene samlet ca. 25 m nord for det faste prøvепunktet (Tabell 3). På stasjon B2 (Eitrheim) ble skjellene samlet under den kommunale kaia. Her var få og små skjell. På stasjon B4 (Digranes) foregikk skjellinnsamling (som tidligere) fra trebrygge. På stasjon B7 fantes det ingen skjell på det vanlige prøvetakingsstedet. Skjellene ble derfor tatt 200m lenger nord (som i 2006). Det var lite skjell, men variert størrelse. På stasjonen "Utne" ble skjellene samlet (som vanlig) på neset ca. 3 km øst for Utne fergekai. Det var påfallende mindre skjell enn i 2006.

Blåskjellene ble samlet fortrinnsvis fra 1 – 1,5 meters dyp. Innenfor JAMP (Joint Assessment and Monitoring Programme) under OSPAR og SFTs INDEKS-program [15], ble blåskjell fra Byrkjenes, Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset prøvetatt 17-20 september 2007 (Tabell 3, Figur 4). Blåskjellene er analysert for klorerte organiske miljøgifter og metaller.

Materialet samlet inn innenfor JAMP omfatter også fisk, som analyseres for klorerte organiske miljøgifter og metaller. Torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) ble samlet inn fra Sørfjorden i nærheten av Tyssedal og innover (JAMP-st. 53B), desember 2007 (torsk) og januar 2008 (skrubbe). Fra Strandebarm (Hardangerfjorden; JAMP-st. 67B) ble skrubbe og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fanget i november 2007, mens torsk ble fanget i oktober 2007. Glassvar ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (JAMP-st 21F) i november, 2007. Skrubbe ble ikke fanget ved denne lokaliteten i 2007.

Prøver av dypvannsfisk inngår ikke i overvåkingen i 2007, men skal samles inn igjen i 2008 under JAMP og i 2009 under det statlige programet for forurensningsovervåking i Sørfjorden.

Opparbeidelse og analyse av prøver

Innenfor Statlig program for forurensningsovervåking samles 50 blåskjell (så langt det er mulig) i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene fryses ned uten forutgående prosedyre ved at skjellene går seg rene for sedimentrester i tarmen (depurering). I praksis har det på flere Sørfjord-stasjoner vært vanskelig å finne skjell over 4 cm, slik at størrelsesintervallet ofte har blitt ca. 3 - 5 cm. Innenfor JAMP samles rutinemessig 50 stk. (eventuelt 100 skjell) innen hver av størrelseskategoriene 2 – 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene her minimum 12 timer i vann fra innsamlingsstedet (depurering) og tas ut av skallene. For prøven til INDEKS-programmet benyttes bare en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.), uten depurering.

Fiskeprøvene som rutinemessig samles innenfor JAMP er analysert dels på individer (25 stk.) og dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se spesifisering i fotnoter under de aktuelle tabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, mens

kvikksølv (Hg) bare er analysert i filet. Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) er kun analysert i lever. Polybromerte difenyletere (PBDE) og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) blir kun analysert i lever av torsk fra indre Sørfjorden.

Prøver av lever fra ovennevnte torsk ble også tatt av til analyse av polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og dibenzofuraner (PCDD/F), samt non-*ortho*-substituerte PCB-forbindelser (dioksinlignende PCB). Det ble forberedt 3 blandprøver, fortrinnsvis av 5 individer (se spesifisering i fotnoter under Tabell 11). Disse analysene ble utført ved NILU (se nedenfor).

Prøver ble homogenisert og frosset før analyse. Blåskjell og fisk ble homogenisert i en Restech Grindomix CM 200 eller Ultra-Turrax T25. Materialet ble analysert på NIVAs akkrediterte laboratorium i henhold til standard prosedyre (beskrevet tidligere; [16]). Deteksjonsgrensene er avhengig av innveid prøvemengde. Ved innveid mengde 0,5 g våt prøve (fortynnet til 50 ml) gjelder følgende:

Cu: 0,03 mg/kg
Pb: 0,02 mg/kg
Cd: 0,001 mg/kg
Zn: 0,1 mg/kg
Hg: 0,005 mg/kg

Kvikksølv analyseres ved kalddamp-AAS (AtomAbsorpsjonSpektroskopi), mens de øvrige elementene analyseres ved "Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" (ICP-MS). Analysekvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

Analysen av dioksiner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB i torskelever ble utført ved NILU ved hjelp av gaskromatografi og høyoppløsende massespektrometer (GC/MS), i henhold til metoder beskrevet av Schlabach et al. [17, 18] og Oehme et al. [19].

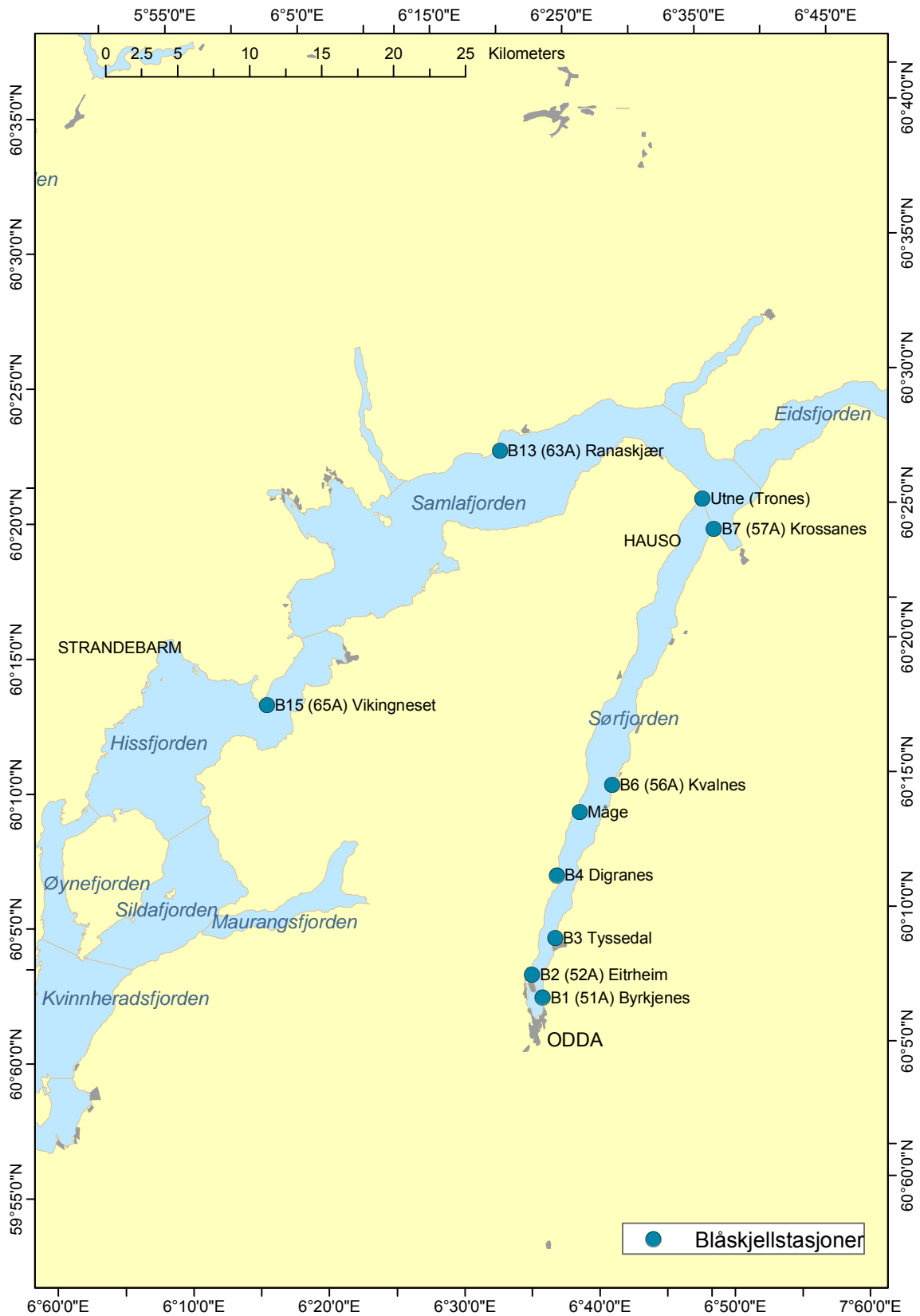
Analyseresultatene for klororganiske forbindelser (NIVA) kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver tiende prøve på gaskromatografen, regelmessig blindprøvetesting, samt jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk av internasjonalt sertifisert referansemateriale og en husstandard (blåskjell). Standard avvik for bestemmelse av enkeltforbindelser er 9 – 17% for sertifisert referansemateriale og 10 – 25% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0,03 (HCB) – 0,2 (DDT) µg/kg våtvekt (i prøver med lavt fettinnhold).

Tabell 3. Innsamlingssteder for blåskjell i Sør fjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (* Ikke prøvetatt 2007. Mrk. Skjell har blitt samlet på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)").

STASJONER (JAMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A)	Byrkjenes. Ca. 25 nord for fast prøvepunkt.	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim, Under kommunal kai.	3
St. B 3 *	Tyssedal	6
St. B 4	Digranes, På trebrygge.	10
Måge *	Badeplass mellom gårder og byggefelt. Skjær og steiner.	15
St. B 6 (56A) *	Kvalnes	18
St. B 7 (57A)	Krossanes, ca 200 m nord for den vanlige innsamlingsplassen.	37
Utne (Trones)	Nes der Sør fjorden begynner. Ca. 3 km øst for Utne fergekai.	40
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg .	44
St. B 13 (63A) ¹	Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen.	58
St. B 14 *	Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng.	69
St. B 15 (65A) ¹	Vikingneset, ved fyrlykt.	84
St. B 16 *	Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust.	100

¹ Skjell samles kun innenfor JAMP.

Figur 4. Prøvesteder for blåskjell i Sør fjorden/Hardangerfjorden (JAMP blåskjellstasjoner: 51A osv.). Mrk. Skjell har blitt samlet inn på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".



5. Resultater og diskusjon

Alle rådata befinner seg i Vedlegget.

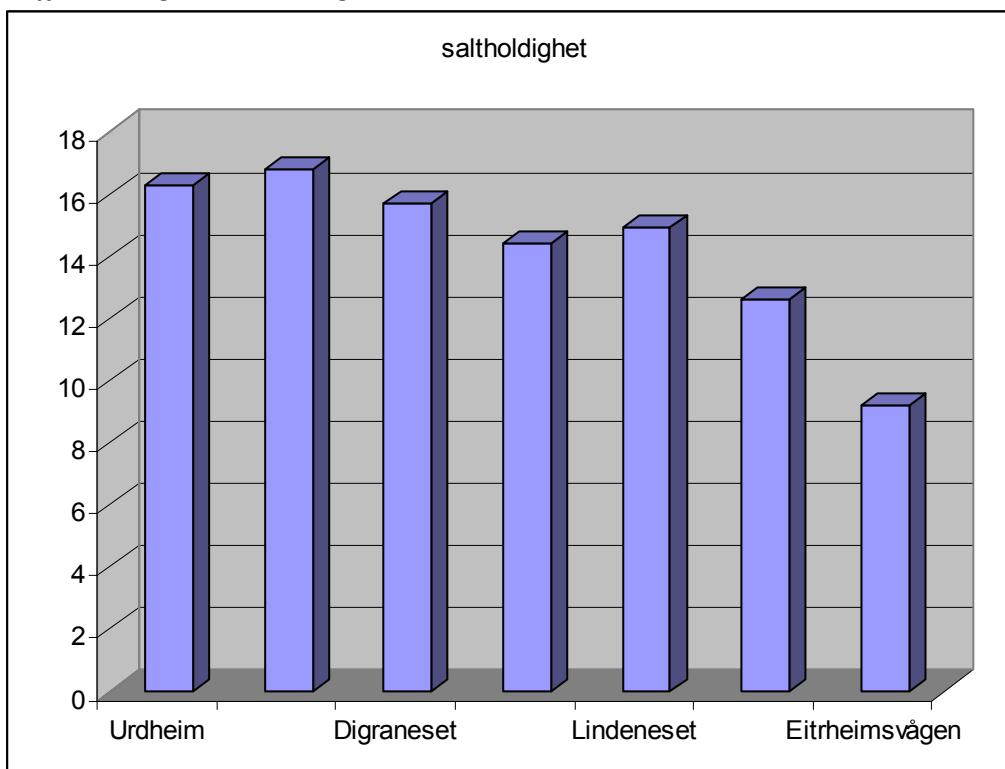
5.1 Vannkjemi

5.1.1 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) (Figur 5).

Figur 5. Saltholdighet (årsmiddel) i overflatevannet i Sør fjorden i 2007 (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 Tyssø) innerst i fjorden.

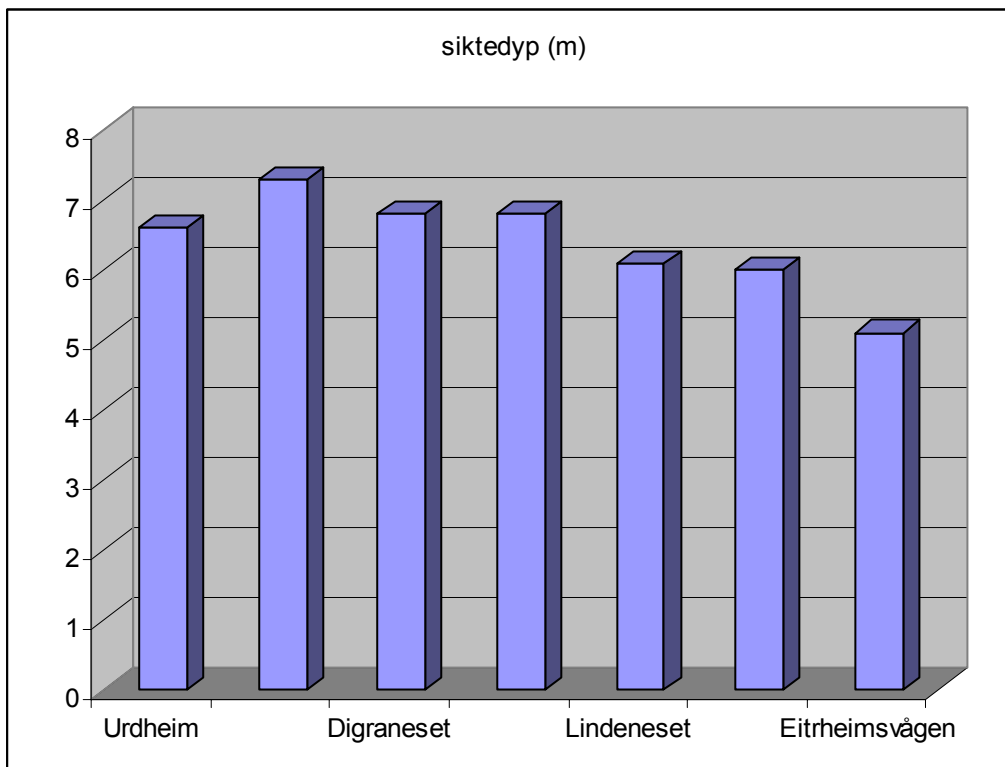
Variasjonene over året er store. Det er mest ferskvann i overflatelaget i sommermånedene i indre del av fjorden, når vannføringen i Opo er stor. Lavest saltholdighet i overflatevannet ble målt i begynnelsen av november. Dette må ha sammenheng med en periode med store nedbørsmengder.

5.1.2 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 2007 (klart vann). Gjennomsnittlig siktedyp (årsmiddel) varierte mellom 5 og 7 m. Det er ikke noe som tyder på at det er uvanlige tilførsler av partikler i vågen.

Figur 6. Gjennomsnittlig siktedyp (m) i Sør fjorden i 2007 (Urdheim er ytterst i Sør fjorden og Eitrheimsvågen innerst).



Figur 6 viser at det gjennomsnittlige siktedypet varierer lite i fjorden, men at det noe lavere i Odda-området som forventet.

5.1.3 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 nylig revidert). Systemet baserer seg på 5 tilstandsklasser fra bakgrunnsnivå (Kl. I) til svært dårlig (Kl. V) (Tabell 4). I motsetning til det tidligere klassifiseringssystemet så er dette systemet effektbasert. Skillet mellom Klasse II og Klasse III går ved beregnet nedre grense for økologiske effekter ved langtidseksponering.

Tabell 4. Klassifisering av tilstand ut fra innholdet av metaller i sjøvann (i henhold til revidert klassifikasjonssystem).

	CAS nr.	Øvre grense I	Øvre grense II	Øvre grense III	Øvre grense IV
Metaller		µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Arsen		2	4.8	8.5	85
Bly		0.05	2.2	2.9	28
Kadmium		0.03	0.24	1.5	15
Kobber		0.3	0.64	0.8	7.7
Krom		0.2	3.4	36	360
Kvikksølv		0.001	0.048	0.071	0.14
Nikkel		0.5	2.2	12	120
Sink		1.5	2.9	6	60

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 i Norge. Materialet er derfor verdifullt både i overvåkningssammenheng og i forskningssammenheng.

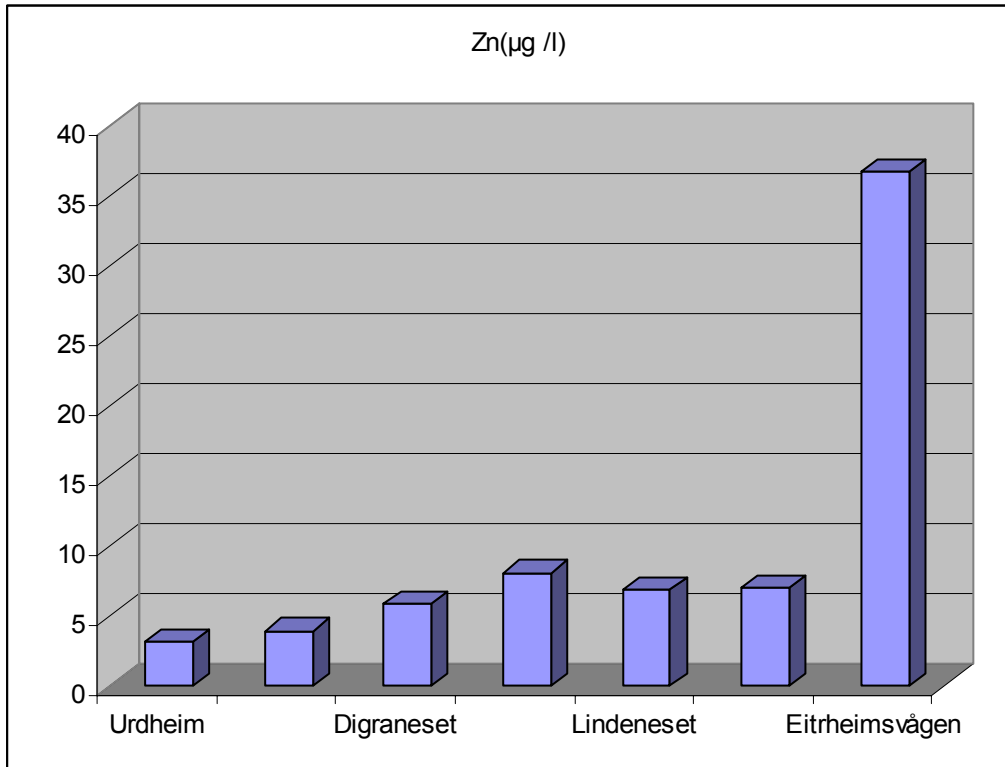
Overflateverdiene gjenspeiler diffuse tilførsler fra land (avrenning fra forurenset grunn), tilførsler fra sedimenter på grunt vann, direkte utslipp til overflatevannet, atmosfæriske tilførsler og elvetilførsler. Vannkvaliteten i overflatelaget påvirker i første rekke opptak av metaller i blåskjell, men vil også påvirke opptak i fisk.

Sink (Zn) i overflatevannet

Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året 3,1 µg/l (3,5 µg/l i 2006) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 36,8 µg/l (16,7 µg/l i 2006) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 7). Dette tilsvarer tilstandsklasse III i munningsområdet og tilstandsklasse IV (dårlig) i SFTs reviderte miljøklassifiseringssystem innerst i fjorden (henholdsvis tilstandsklasse II og tilstandsklasse V i det gamle klassifiseringssystemet). Det er uklart hva som er årsak til det høye nivået av sink i Eitrheimsvågen 14. juni. Uhellsutslippet ved Boliden 5.mai var ikke et overflateutslipp, men et utslipp på 30 m dyp på østsiden av Eitrheimsneset. At vann fra 30 m dyp skulle stige til overflaten og blir transportert inn i Eitrheimsvågen er lite sannsynlig.

Nivåene av sink økte gradvis innover fjorden (Figur 7). I vågen varierte sinkkonsentrasjonene mellom 5 og 209 µg/l.

Figur 7. Årsgjennomsnittet av sink ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden 2007.



Fordelingen av sink i overflatevannet i fjorden var omtrent det samme som i 2006. 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 $0,05 \mu\text{g/l}$ ($0,06 \mu\text{g/l}$ i 2006) ved munningen av fjorden (Urdheim) og $0,12 \mu\text{g/l}$ ($0,28 \mu\text{g/l}$ i 2006) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer tilstandsklasse II (god vannkvalitet) både i munningsområdet og innerst i Eitrheimsvågen i henhold til SFTs miljøklassifiseringssystem (henholdsvis klasse II og III i det gamle systemet). I realiteten er det liten endring i forhold til 2006.

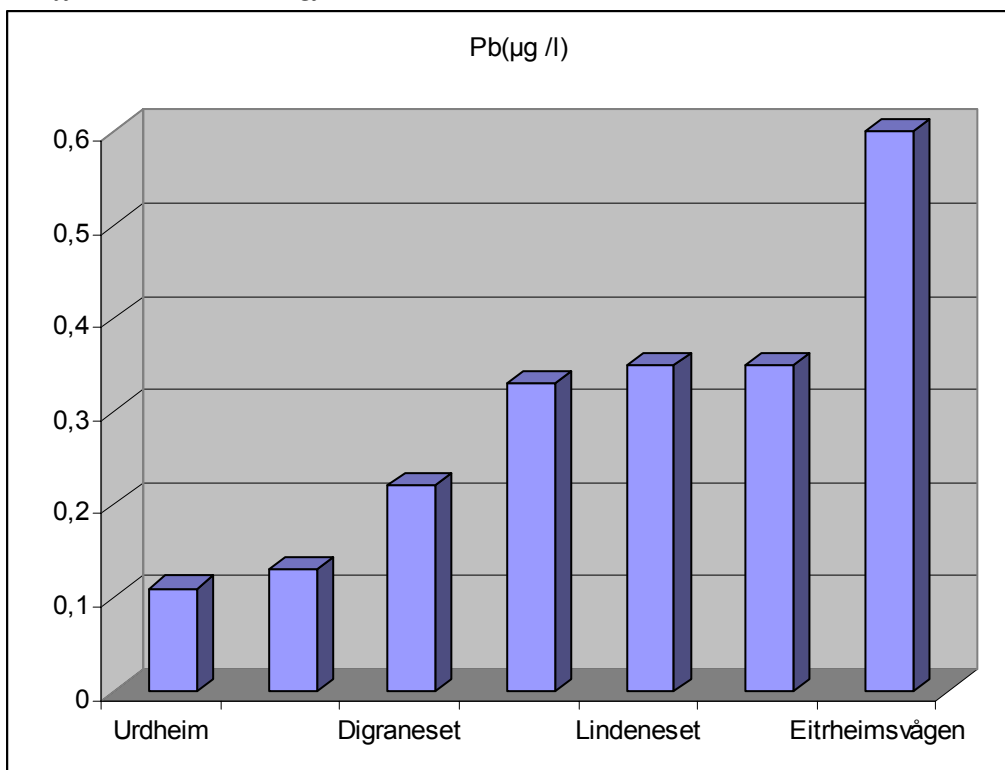
Kobber (Cu) i overflatevannet

Innholdet av Cu i overflatevann var i gjennomsnitt over året $0,55 \mu\text{g/l}$ ($0,6 \mu\text{g/l}$ i 2006) ved munningen av fjorden (Urdheim) og $0,47 \mu\text{g/l}$ ($5,1 \mu\text{g/l}$ i 2006) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette er en betydelig forbedring innerst i fjorden sammenlignet med 2006, til tross for at utslippene har økt noe i forhold til 2006.

Bly (Pb) i overflatevannet

Innholdet av Pb i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,11 $\mu\text{g/l}$ (0,14 $\mu\text{g/l}$ i 2006) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,6 $\mu\text{g/l}$ (0,7 $\mu\text{g/l}$ i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 8). Dette tilsvarer tilstandsklasse II i munningsområdet og i vågen (Kl. III i vågen i henhold til det gamle systemet)(Figur 8). Her er det relativt små forskjeller i forhold til 2006. I følge utslippstallene for bly så er det totale utslippet fra industrien i Odda nesten halvert sammenlignet med 2006. Mesteparten av bly-tilførselen til fjorden skyldes utslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk og deponering av gips. Mye tyder på at bly som følger gipsutslippet (som er et dypvannsutslipp) har liten innvirkning på bly-innholdet i overflatevannet. Sannsynligvis vil store deler av gipsen sedimentere i havnebassenget.

Figur 8. Konsentrasjonen av bly ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sjøfjorden i 2007 (årgjennomsnitt).



Kvikksølv (Hg) i overflatevannet

Innholdet av Hg i overflatevann var i gjennomsnitt over året $< 1,6$ ng/l (0,9 ng/l i 2006) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 2,2 ng/l (4,8 ng/l i 2005) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer tilstandsklasse II (god vannkvalitet) i hele fjorden (henholdsvis Klasse I og II etter gammelt system). På ett tidspunkt ble det målt 9 ng/l Hg i vågen, men bortsett fra det ble det målt svært lave verdier i 2007 og ingen indikasjoner på hendelser som har påvirket nivåene i overflatevannet.

Metaller i bunnvann og intermediære dyp

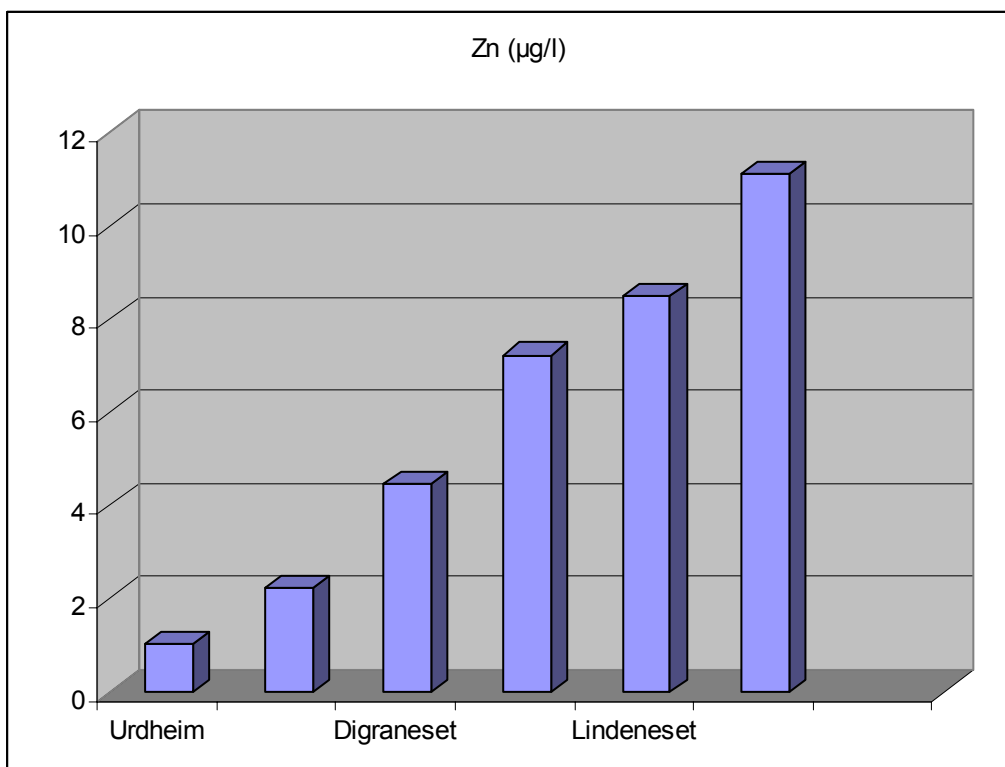
Det finnes data fra 70-årene for metaller i dypvann og midlere dyp. Den gang var målsettingen å spore effekten av det store utslippet av jarositt (fra Norzink, nå Boliden), som var et dypvannsutslipp og som kunne spores som et maksimumsnivå mellom 25 og 100 m i hele fjorden. Dette dypvannsutslippet opphørte i 1986 da jarositten ble overført til fjellhaller. Siden den gang har det vært lite fokus på vannkvaliteten på større dyp, men det bør påpekes at utslippet fra Bolidens vannrensaneanlegg går ut på 30 m dyp på østsiden av Eitrheimsvågen. Det bør også påpekes at utslippet av sink (inkludert uhellsutslippet i mai) fra Bolidens sinkverk i 2007 var på vel 10 tonn.

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 2007 ble det således gjennomført prøvetaking på to av de ordinære toktene (mars og november). Det betyr at det ikke eksisterer vannprøver fra dypvannet i Sørfjorden i perioden like etter uhellsutslippet i mai.

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 (Figur 9).

Figur 9. Sink ($\mu\text{g/l}$) i 40 m dyp fra Urdheim (ytterst) til havnebassenget (innerst) i Sørfjorden, 8. november 2007.



Det er også verdt å merke seg at nivåene på 40 m dyp i indre del av Sørfjorden er høyere enn i overflatevannet. Det er hovedsakelig tre mulige forklaringer:

1. Oppholdstiden av vannet på 40 m dyp i Sørfjorden er betydelig lengre enn i overflaten, slik at metaller hoper seg opp i denne vannmassen 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 aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset er et dypvannsutslipp (ca. 25 m dyp) og utslippet fra Bolidens rensesanlegg er et dypvannsutslipp (ca. 30 m dyp).
3. Bunnsedimentene i Eitrheimsvågen og i havnebassenget (dvs. sedimenter som ligger på 10 -50 m dyp) er sterkt forurenset og at forurenset bunnvann fra det innerste grunnområdet kan spres utover fjorden.

I tillegg til å analysere sink i 40 m vanddyb ble det også tatt vannprøver fra selve dypvannet i dypbassengene i fjorden (på 250 og 350 m dyp). Ved Børve ble det f.eks. målt 6,4 µg/l sink på 350 m dyp (tilstandsklass IV, dårlig vannkvalitet) og på stasjon Urdheim ble det i 250 m dyp målt 6,97 µg/l sink. Det var de høyeste konsentrasjonene av alle målinger i alle dyp på disse to stasjonene i 2007. Det er således åpenbart at dypvannet i Sørfjorden er gjennomgående mer forurenset av metaller enn overflatevannet i de ytre deler av fjorden.

Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg) i dypvannet

De fleste metallene følger sink med hensyn til fordeling i vannmassen. De vertikale variasjonene som ble målt i 2007 er noe mindre utpreget enn i 2006, men trenden er stort sett den samme. Høyere nivåer av kvikksølv i bunnvannet enn i overflatevannet ute i Sørfjorden vil ha konsekvenser for potensielt opptak av kvikksølv i dypvannsfisk. På 40 m dyp i havnebassenget ble det f.eks. målt 5 ng/l kvikksølv i november 2007.

5.2 Sammenfattende vurderinger av forurensningssituasjonen i vannmassene

5.2.1 Kilder og konsekvenser

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 Tinfos Titan & Iron i Tyssedal (kvantifisert)
- Potensiell avrenning fra industriområdet i Tyssedal (ikke kvantifisert)
- Utslipp fra sinkverket ved Boliden (vannrenseanlegget). 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.

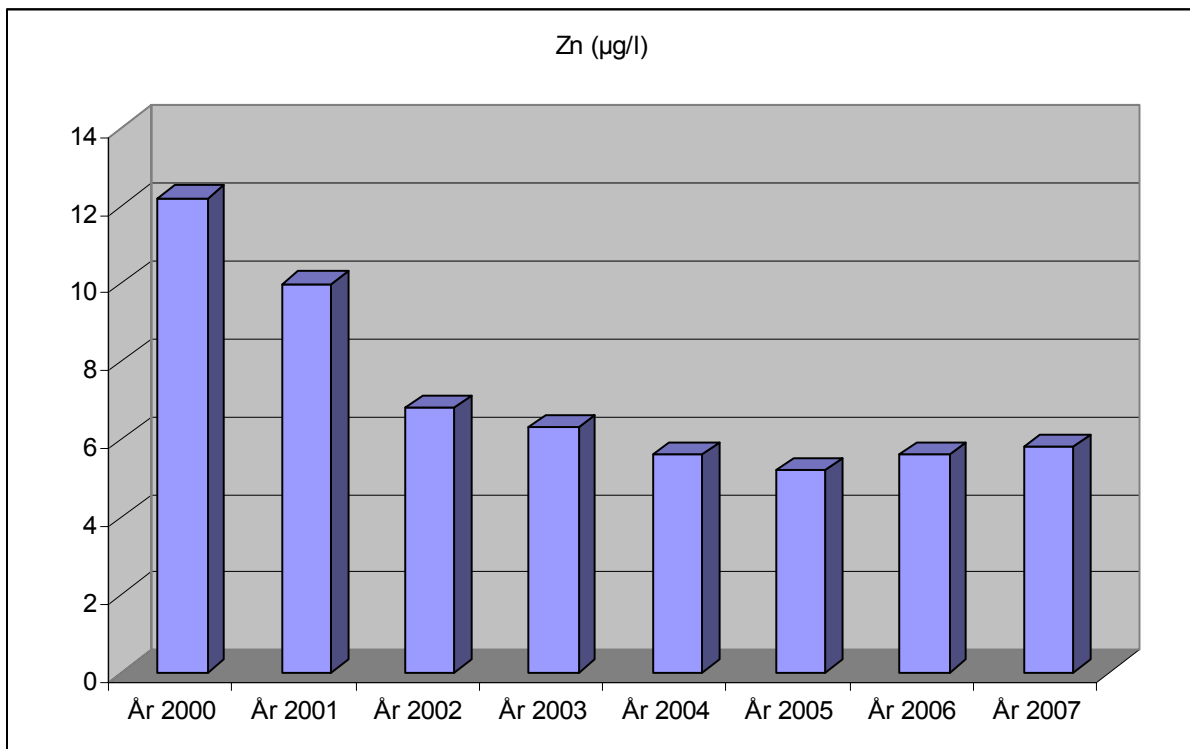
Som det framgår av denne oversikten er de fleste tilførslene forsøkt kvantifisert, men det er en rekke kilder som kan være vesentlig og som ikke er med i tilførselsberegningene. Dette bidrar til at det er vanskelig å se en klar sammenheng mellom utslippsberegninger og målte konsentrasjoner av metaller 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 fra Bolidens vannrenseanlegg og utslipp fra TTI etc.). 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 gjort en kartlegging av bunnsedimentene i området Tyssedal – Odda - Eitrheimsvågen i 2007 i forbindelse med tiltaksplan for indre Sørfjord (egen rapportering) som viser at overflatesedimentene fortsatt er betydelig forurenset, spesielt i Eitrheimsvågen. Når nivåene ikke er redusert til et tilnærmet normalnivå 20 år etter at jarositten ble overført til fjellhallene må det være fordi at tilførslene fortsatt er store eller at forurenset sediment er blitt blandet opp i overflatesedimentene som følge av dyrs gravende virksomhet eller annen fysisk omrøring. Det har vært gjentagende uhellsutslipp i denne 20-års perioden som sikkert har bidratt til å opprettholde et høyt forurensningsnivå i overflatesedimentene. Det har spesielt hatt uheldige effekter på tildekkingen av Eitrheimsvågen. Det vises ellers til analyser av en sedimentkjerne tatt ved Børve i juni 2007 som illustrerer den historiske utviklingen i Sørfjorden med hensyn til forurensing (denne rapporten).

5.2.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid

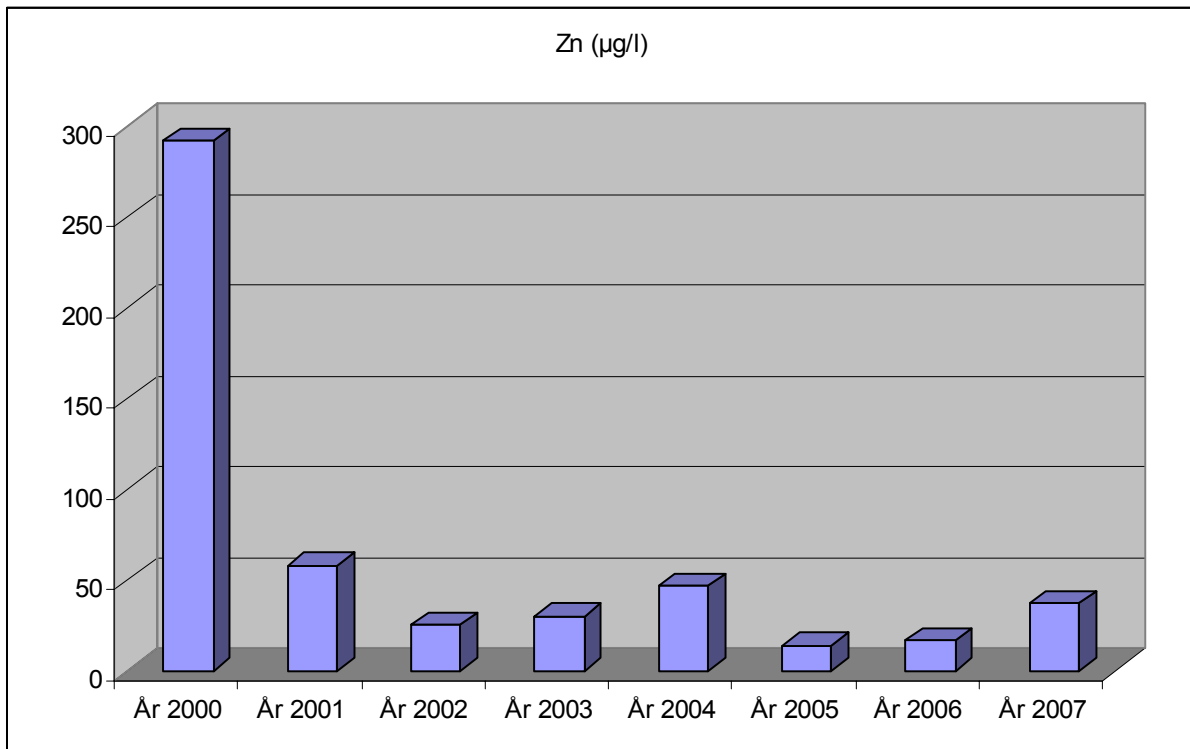
Det har skjedd en merkbar utflating med hensyn til metallforurensning i fjordens overflatelag de siste årene. Hvis vi sammenligner årsgjennomsnittet for sink ved Digraneset (midtveis i Sørfjorden) for de åtte siste årene, ser vi en utflating etter 2003 (Figur 10). Nivåene ser ut til å ha stabilisert seg på 4-6 $\mu\text{g/l}$ (tilstandsklasse III, moderat forurensningsnivå). 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. Likevel skjer utflatingen på et nivå som tilsvarer tilstandsklasse III.

Figur 10. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann ved Digraneset (stasjon 5).



En tilsvarende sammenligning av utvikling i perioden 2001-2007 for sink i Eitrheimsvågen er gjort (Figur 11). I motsetning til Digraneset, som ligger ca. 10 km fra Odda, så viser resultatene fra vågen større fluktuasjoner fordi man er så nært hovedkilden.

Figur 11. Årsgjennomsnitt for sink i overflatevann i Eitrheimsvågen.



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. 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.

5.3 Sedimentundersøkelse

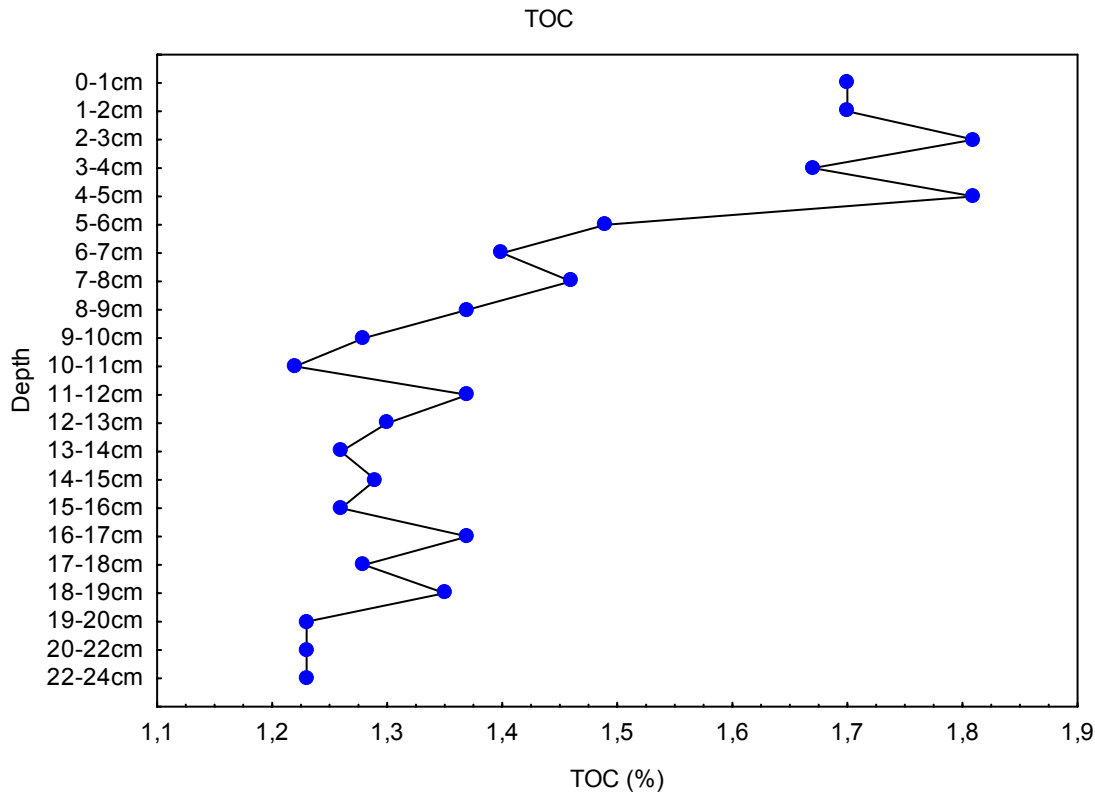
5.3.1 Vanninnhold

Vanninnholdet i kjernen varierte mellom ca. 44 vektprosent i bunnen av kjernen til ca. 73 vektprosent i toppen. Dette er typisk for et sediment med lavt innhold av organisk materiale, gode oksygenforhold og relativt fast siltig, leire.

5.3.2 Innhold av totalt organisk karbon (TOC)

Finkornige fjordsedimenter inneholder vanligvis mellom 1 og 2 % TOC. Kjernen fra Børve viste en variasjon mellom 1,2 og 1,8 % som må betraktes som helt normalt for denne type fjordsedimenter (Figur 12). Høyest konsentrasjon av organisk materiale ble målt i de øvre 5 cm av kjernen hvor det er størst biologisk aktivitet (se Tabell 2)

Figur 12. Vertikalfordeling av total organisk karbon (TOC) i de øvre 24 cm av sedimentet tatt ved Børve.



5.3.3 Aldersdatering av sedimentkjerner

Sedimentkjerner lagrer miljøinformasjon i kronologisk rekkefølge, forutsatt at sedimentet er noenlunde uforstyrret. Sedimentlevende dyr blander sedimentet og det innebærer at det vil være noe usikkerhet i tolkning av kjemiske data. Det gjelder også målinger av isotoper til dateringsformål.

Kjernen ble aldersdatert ved hjelp av Pb-210 og Cs-137 (nedfall fra Tjernobyl-ulykken 26. april 1986). Resultatet fra dateringene (vist i Vedlegget) demonstrerer at dateringene har vært noenlunde pålitelig i den øvre delen av kjernen, mens nøyaktigheten avtar fra 8-10 cm dyp og nedover. De øverste 4-5 cm av kjernen har vært avsatt siden midt på 80-tallet. Det gir en gjennomsnittlig sedimenttilvekst basert på Pb-210 i de øvre sedimentlag på ca. 2 mm pr.år. Det betyr at de øvre 15 cm av kjernen er avsatt siden sinkverket ble etablert i Odda og at de øvre 6 cm er avsatt siden jarositt-prosessen ble tatt i bruk og de øvre ca. 4 cm ble avsatt etter at jarositten ble lagret i fjellhaller. Det er viktig å være oppmerksom på at så lenge at kjernen er snittet i 2 cm sjikt så representerer 1 cm 5 år.

Cs-137 i kjernen som skyldes ulykken ved Tjernobyl er ikke spesiell tydelig sammenlignet med Cs-137 i kjerner fra østlandsregionen. Det at cesium påvises i sedimenter som tilsynelatende er avsatt før 1950 tyder på en viss omblending i sedimentet.

I tillegg til sedimenttilvekst kan også mengde sediment som avsettes pr. år og m^2 beregnes. Akkumulasjonsraten er beregnet til ca. 0,6 kg pr. år og m^2 . Basert på dette er det mulig å

regne på hvor stor akkumulering av metaller og organiske miljøgifter som skjer over et visst bunnareal.

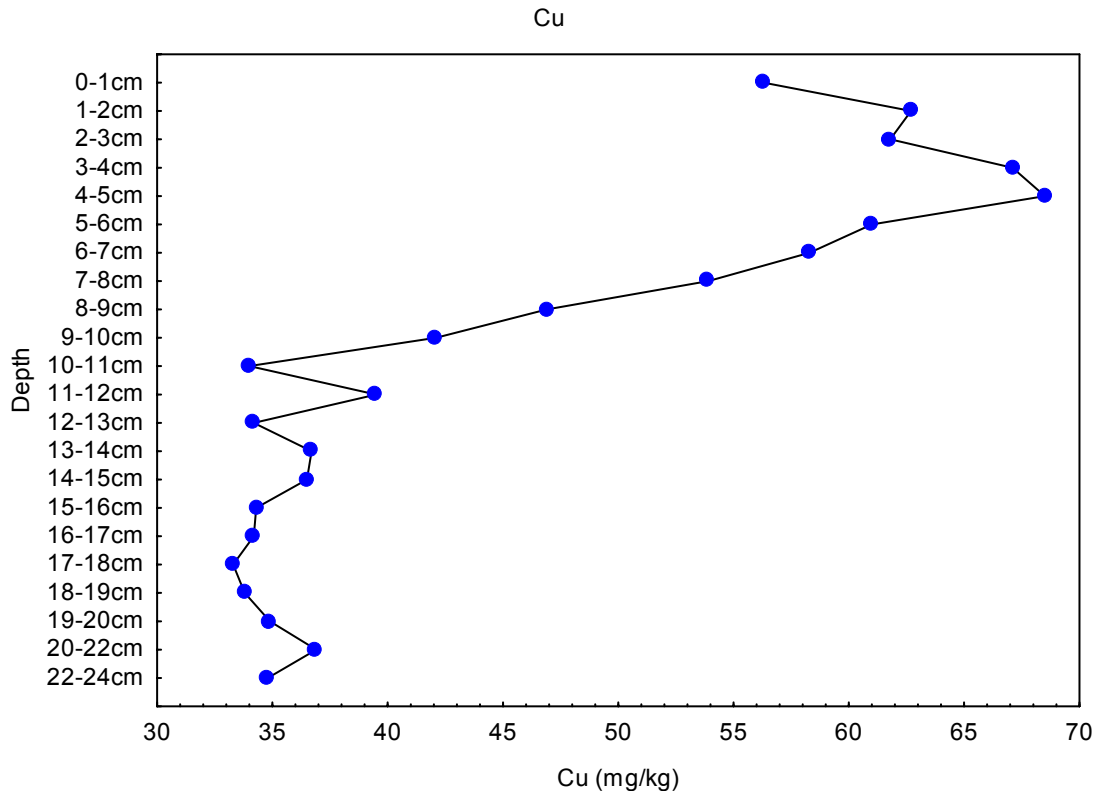
5.3.4 Metaller

Nivåene av metaller i sedimentene i Sørfjorden har vært høye helt siden industrien ble etablert i Odda-området [20]. Det er imidlertid gjennomført omfattende tiltak, spesielt på Boliden, slik at utslippene har gått kraftig ned. Men utslippene gjenspeiler også produksjonsforholdene. Utslippene fra Boliden var størst i 1985, året før jarositt-avfallet ble lagret i fjellhaller. Det er viktig å påpeke at utslippet av jarositt var sannsynligvis den viktigste kilden for metaller i sedimentene ettersom dette var i stor grad partikkelbundne metaller. Det betyr en økning i sedimentene fra 1968, men at det er grunn til å tro at fjorden begynte å få tilført metaller fra sink-produksjonen på 1930-tallet.

Kobber (Cu).

Figur 13 viser et kobber-innhold i sedimentene på ca. 35 mg/kg dypere enn 10 cm i kjernen. Dette må betraktes som et normalt innhold i et fjordsediment. Høyeste konsentrasjon ble målt ca. 5 cm nede i sedimentet. Med en sedimenttilvekst på 2 mm/år så tilsvarende dette tidspunktet da utslippet av jarositt til sjø stoppet (1986).

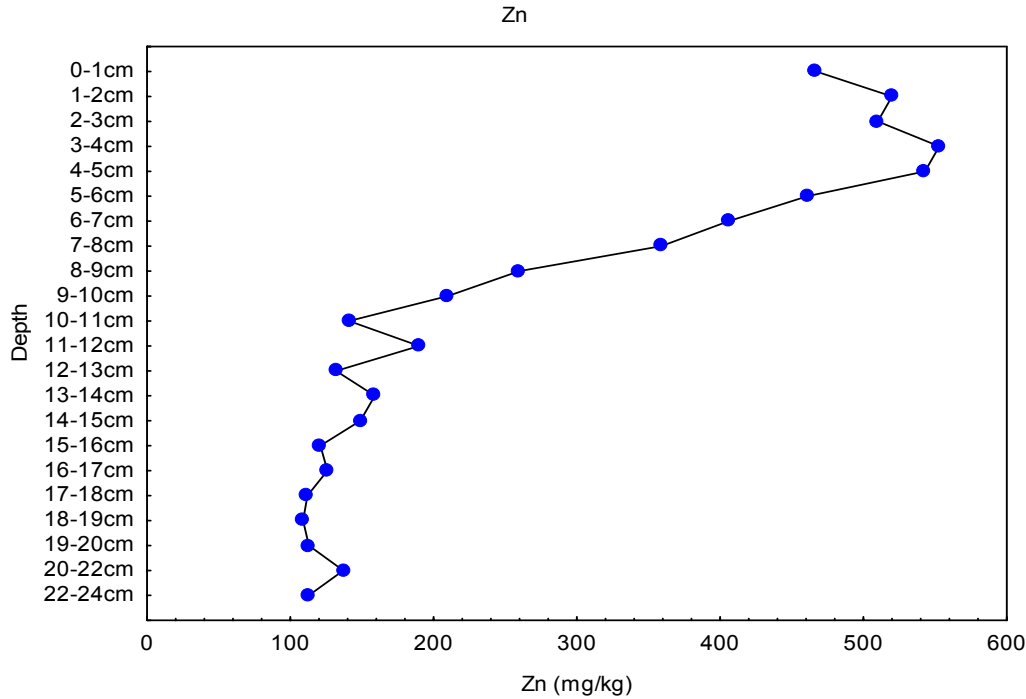
Figur 13. Vertikalfordeling av kobber (Cu) i sedimentkjerne fra Børve.



Sink (Zn)

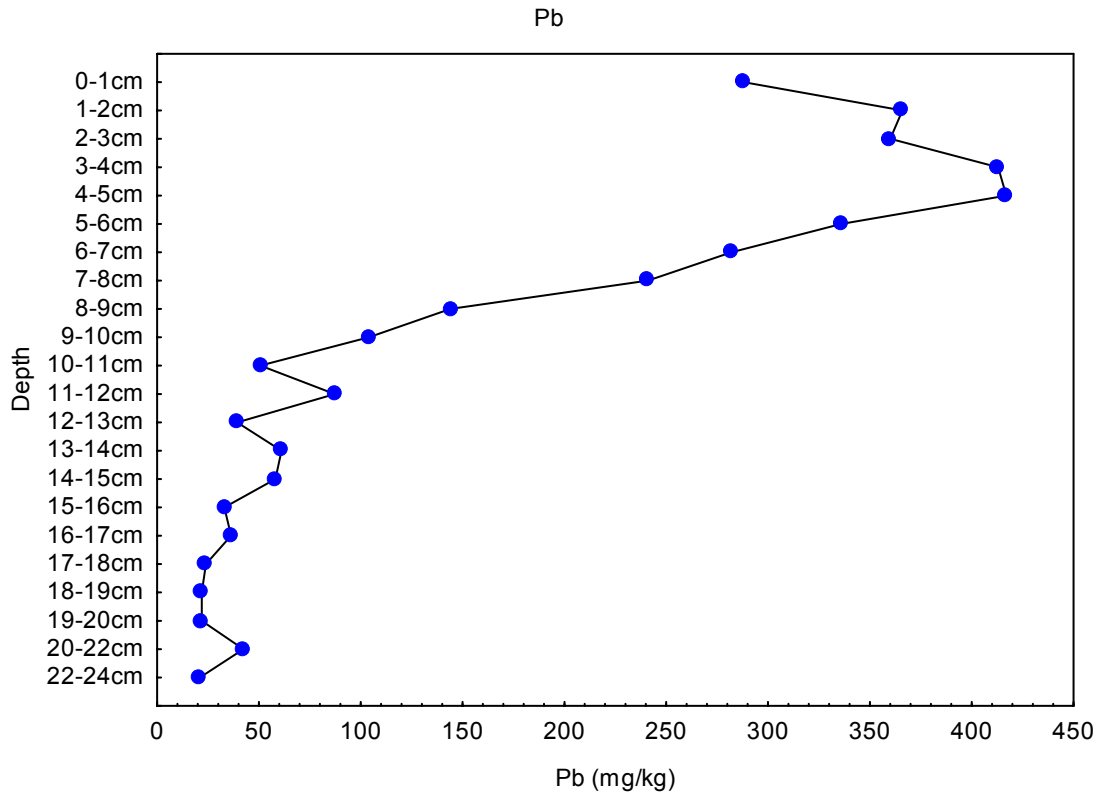
Fordelingen av sink i kjernen er svært lik fordelingen av kobber (Figur 14). Tilstandsklasse III i overflatesedimentet viser fortsatt betydelig forurensing.

Figur 14. Vertikalfordeling av sink (Zn) i sedimentkjerne fra Børve.

*Bly (Pb)*

Vertikalprofilen for bly er nærmest identisk med profilen for sink (Figur 15). Det tyder på at bly som sedimenterer i Børve-området har sin opprinnelse på sinkverket og ikke knyttet til aluminiumfluorid-produksjonen og gipsutslippet. Forholdstallet mellom sink og bly er ca. 1,4 i de øverste sedimentlagene. Dette er betydelige lavere enn forholdstallet i utslippet fra Boliden.

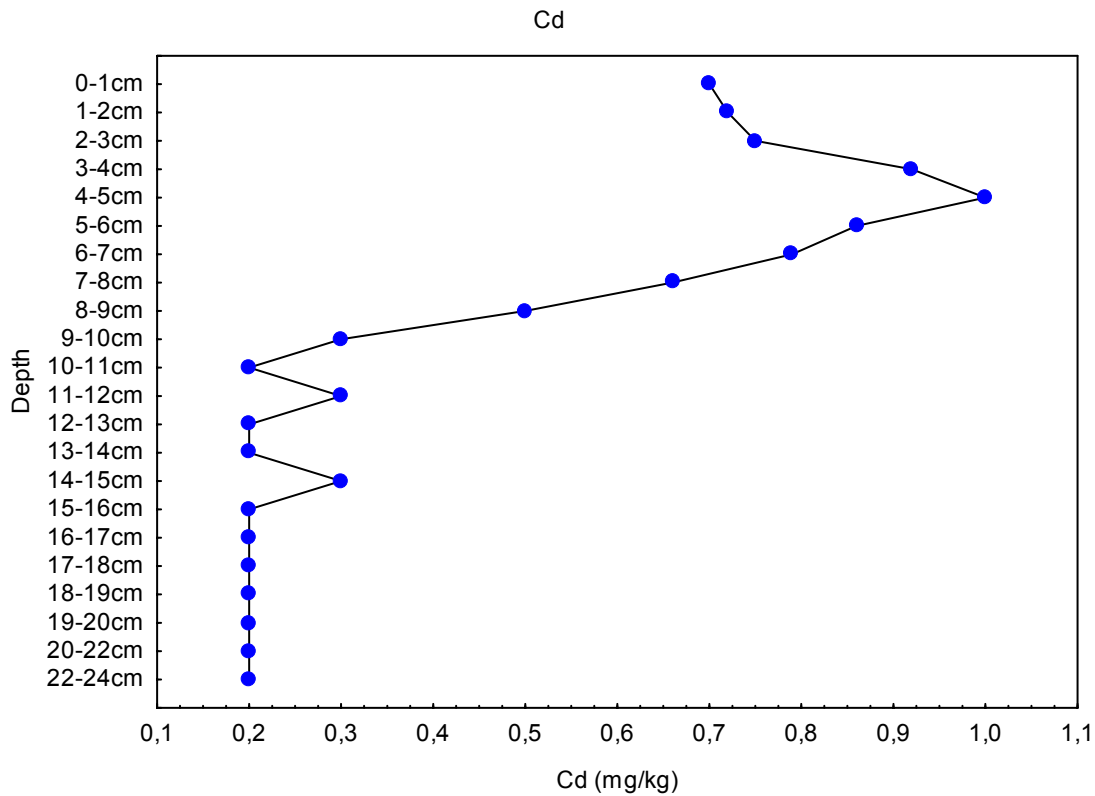
Figur 15. Vertikalfordeling av bly (Pb) i sedimentkjerne fra Børve.



Kadmium (Cd)

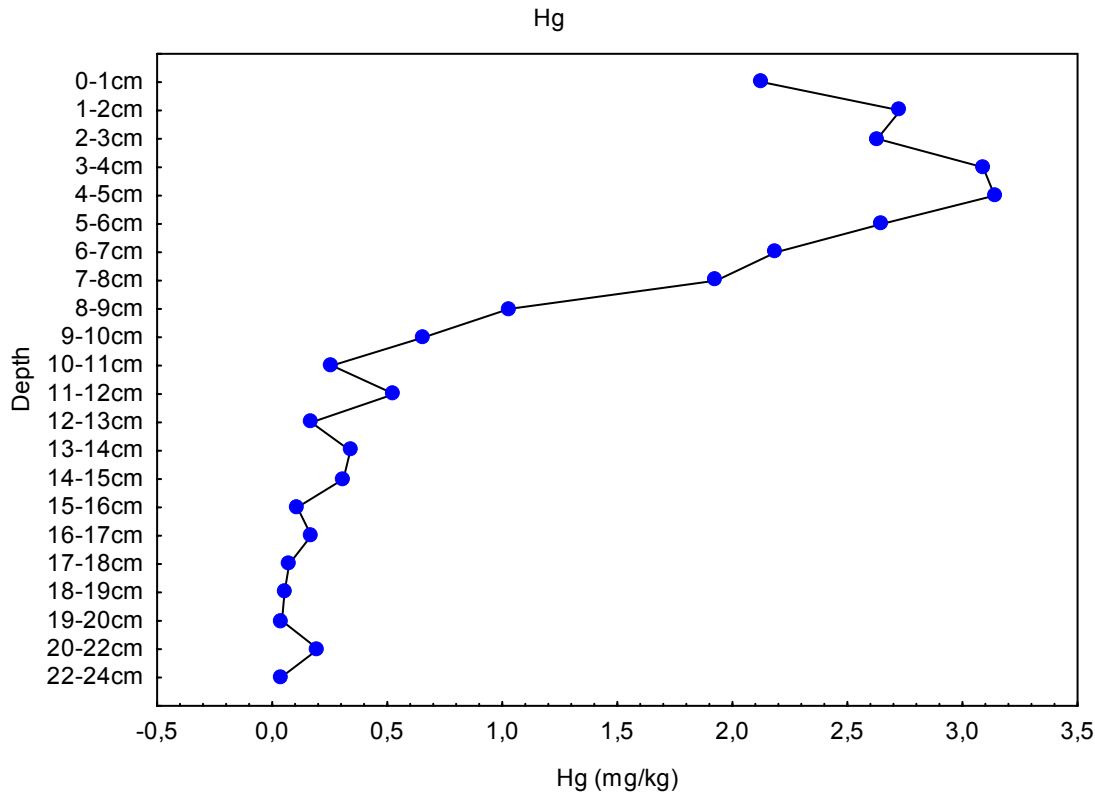
Fordelingen av kadmium i kjernen skiller seg heller ikke vesentlig fra de andre metallene som er analysert (Figur 16). Det er en markant topp mellom 4 og 5 cm som tilsynelatende kan settes i forbindelse med det året med størst utslipp av metaller til sjø (1985). I henhold til aldersdateringen så er de øvre 3-4 cm avsatt mellom 1980 og 1985. Tatt i betraktning at dateringene har en hvis usikkerhet fordi det er registrert en hvis omblending i sedimentet (sannsynligvis på grunn av dyrs gravende virksomhet) så er det rimelig å kunne anta at det markerte maksimum i konsentrasjoner av metaller i sedimentkjernen representerer sedimenter som er avsatt like før jarositt-avfallet gikk til fjellhaller; altså 1985. Likeså at økningen i kadmium fra et bakgrunnsnivå på 0,2 mg/kg ved ca. 15 cm dyp i kjernen representerer tidspunktet da Børve-området ble påvirket av sinkproduksjonen; altså i begynnelsen av 1930-årene. Dette stemmer meget godt med de historiske hendelsene.

Figur 16. Vertikalfordeling av kadmium (Cd) i sedimentkjerne fra Børve.

*Kvikksølv (Hg)*

Også kvikksølv fordeler seg i kjernen på samme måte som de andre metallene med et maksimum rundt 1985 og en økning som starter i 1930-årene (Figur 17). Bakgrunnsnivået i sedimentet er ca. 0,05 mg/kg, mens maksimumskonsentrasjonen i sedimentet tilsvarer ca. 60 ganger bakgrunnskonsentrasjonen.

Figur 17. Vertikalfordeling av kvikksølv (Hg) i sedimentkjerne fra Børve.



5.3.5 PCB

Det ble kun gjort målinger av PCB i de øvre 5 cm av kjernen. Nivåene er svært nær deteksjonsgrensen og det er ikke grunnlag for å tolke disse resultatene ytterligere, selv om det ble påvist noe PCB fra 3 til 5 cm dyp (spesielt kongeneren PCB-153). Interferensproblemer (koeluering) og usikkerhet i kvantifiseringen ved så lave konsentrasjoner gjør at konklusjonen må bli at PCB-innholdet i disse prøvene er lavere enn deteksjonsgrensen på 0,5 µg/kg.

5.3.6 DDT

På samme måte som for PCB ble det gjort analyser av DDT-forbindelser i de øvre 5 sjiktene av sedimentet (0-5 cm). Med utgangspunkt i en gjennomsnittlig sedimenttilvekst på 2 mm pr. år tilsvarer dette sedimentet som er avsatt i perioden 1982-2007. Det betyr at dette er etter at DDT ble utfaset som insekticid (ca. 1970). Det som er interessant her er at de høyeste konsentrasjonene av p,p'-DDT befant seg i overflatelaget (0-1 cm) og at de avtok nedover (Figur 18). Det samme mønsteret kunne observeres for summen av DDT-forbindelser (Σ DDT) og forholdstallet mellom konsentrasjonene av p,p'-DDT og nedbrytningsproduktet p,p'-DDE (p,p'-DDT/ p,p'-DDE; se rådata i vedlegg). Konsentrasjonene av p,p'-DDE og p,p'-DDD viste ingen tydelig dybdeprofil. I de to nederste sjiktene (3-4 og 4-5 cm) ble det ikke detektert p,p'-DDT (<1 µg/kg t.v.). Det er to mulige forklaringer på disse observasjonene:

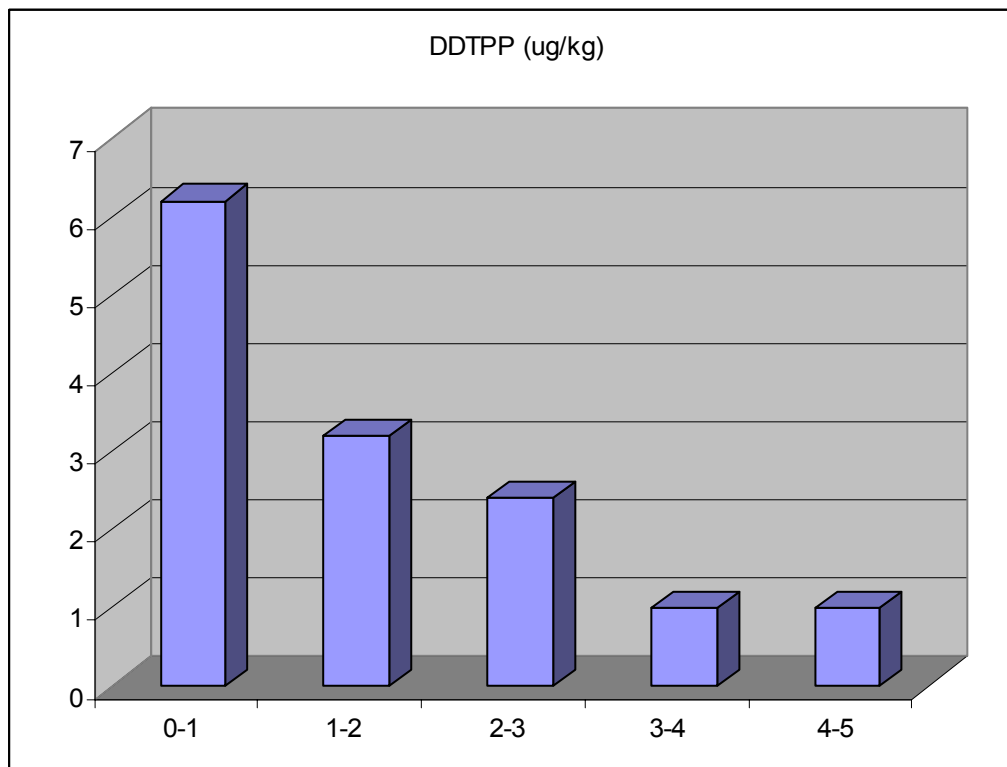
1. DDT er brutt ned nederst i kjernen (20-25 år).
2. Tilførselen av DDT til fjorden har økt i de senere årene.

DDT gjennomgår reduktiv deklorinerings under anaerobe forhold, slik at DDT omdannes til DDD. Under aerobe forhold deklorineres DDT til DDE. Disse omdanningsproduktene er mer motstandsdyktige mot nedbrytning og i estuarie-sedimenter minker omdanningsratene for DDT-forbindelsene i følgende orden: DDT>DDD>DDE (se Connor et al. [21] og referansene i denne).

Blåskjell har de seneste årene også vist forhøyede DDT-konsentrasjoner, som mest sannsynlig kan settes i sammenheng med utvasking av kontaminerte partikler fra jordsmonn i perioder med mye nedbør [8] (se f.ø. Kap. 5.7.1).

Figur 18 fremstiller den vertikale fordelingen av p,p'-DDT i de øvre 5 cm av kjernen.

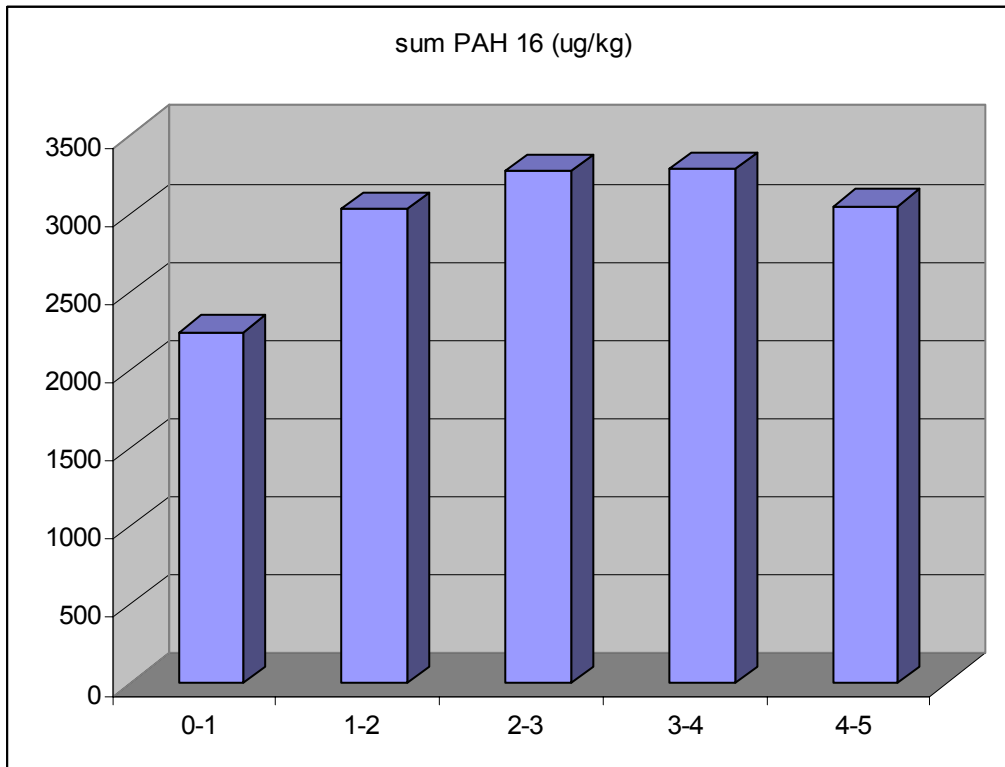
Figur 18. Konsentrasjonen av p,p'-DDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$) i de øvre 5 sjiktene i sedimentkjernen fra Børve. For sjiktet 3-4 cm og 4-5 cm er konsentrasjonen satt lik deteksjonsgrensen på $1 \mu\text{g}/\text{kg}$.



5.3.7 PAH

Sørfjorden har hatt punktkilder for PAH i forbindelse med produksjon ved Odda Smelteverk fra begynnelsen av århundret fram til 2002 og ved D.N.N. Aluminium i Tyssedal fra ca.1916 til 1982. Det er stor usikkerhet om størrelsen på utslippene og utvikling over tid.

Analyser av de øvre 5 cm av kjernen ved Børve viste lavest konsentrasjon i overflaten og høyere nivåer i underliggende dyp. Det er ikke overraskende sett i lys av at tilførselene har gått ned i forbindelse med fjerning av de to største punktkildene. Figur 19 viser fordelingen av ΣPAH_{16} .

Figur 19. Sum-PAH₁₆ i de øvre 5 cm av sedimentkjernen fra Børve.

Det bør påpekes at nivåene av PAH i kjernen tilsvarer tilstandsklasse III (moderat) i det nye klassifiseringssystemet.

5.3.8 Sammenfattende vurderinger

Det er gjort en detaljert studie av en sedimentkjerne (triplikat) tatt ca. 30 km fra Odda (Børve). Målet har vært å studere forurensningshistorien i dette århundret, med fokus på utviklingen de siste årene i forhold til de endringer i forurensningstilførsler som er skjedd. Ved å aldersdatere den samme kjernen er det mulig å få verifisert hypotesene om endringer i forurensningsutvikling og kobling til spesielle hendelser.

Datering ved hjelp av isotoper viser en viss omrøring i sedimentet slik at nøyaktigheten i aldersbestemmelsene blir litt unøyaktig. Det er likevel grunn til å kunne si at den gjennomsnittlige sedimenttilveksten er ca. 2 mm pr. år eller en akkumulasjonsrate på ca. 0,6 kg pr. år og m².

Mengden organisk materiale i sedimentet er normalt for fjordsedimenter med gode oksygenforhold (1-2 % total organisk karbon), med klar økning i de øverste 5 cm av sedimentene.

Den vertikale fordelingen av metaller (kopper, bly, sink og kvikksølv) i den 24 cm lange kjernen som tilsvarer grovt en avsetningsperiode på 120 år viser at metallene fordeler seg likt i sedimentet. Under 15 cm dyp i kjernen er metallene på bakgrunnsnivå for fjordsedimenter. Dette er sedimenter som er avsatt før 1930. Økningen i metallnivåene er små og variable i

starten, noe som kan skyldes endrede produksjonsforhold under andre verdenskrig ved Boliden (tidligere Norzink). Etter hvert økte påvirkningen, spesielt fra 60-årene som et resultat av overgang til jarositt-prosessen (1968) og etablering av et dypvannsutslipp. I tillegg økte produksjonen av sink. Utslipet av sink til sjø fra sinkverket nådde sitt maksimum i 1985, året før jarositten ble lagret i fjellhaller. Siden den gang har utslippene blitt redusert. Hele denne utslippshistorien knyttet til metaller er gjenspeilet i kjernen som ble tatt i dypbassenget på 376 m dyp uten for Børve, 30 km fra Odda.

Det ble ikke påvist nivåer av PCB over deteksjonsgrensen ved analyse av de øvre 5 cm av kjernen. Dette er sedimenter som er avsatt i perioden 1982 -2007. Analyser av DDT derimot viste en klar økning mot sedimentoverflaten som enten skyldes økte tilførsler eller nedbrytning av DDT i sedimentene. Blåskjell har de seneste årene også vist forhøyede DDT-konsentrasjoner, som mest sannsynlig kan settes i sammenheng med utvasking av kontaminerte partikler fra jordsmonn i perioder med mye nedbør. PAH viste en liten reduksjon mot overflaten som sannsynligvis skyldes nedleggelse av DNN Aluminium i Tyssedal (1982) og nedleggelse av Odda Smelteverk i 2002.

5.4 Metaller i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2007:

- Gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden lå på grensen mellom Kl. II (moderat forurenset) og Klasse III (markert forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

Analyser av dypvannsfisk inngikk ikke i overvåkingen i 2007. Dypvannsfisk vil neste gang samles inn i 2009. I det følgende redegjøres det for resultatene fra den årlige overvåkingen innenfor JAMP. I tillegg er det sikret prøver (3 blandprøver) fra denne fisken til analyser av dioksiner og dioksinliknende PCB (non-ortho).

5.4.1 Årlig overvåking

I det følgende henvises det til resultater som gjennomsnittsverdier og standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk. Ytterligere informasjon om prøvene, som er samlet inn innenfor JAMP, er tilgjengelig gjennom databasen og rapportene som produseres gjennom dette programmet.

Resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er oppsummert i Tabell 5.

Forhøyede konsentrasjoner av **kvikksølv** ble funnet i **torsk** fra **Sørfjorden**, 2007. Gjennomsnittlig kvikksølv-innhold lå på grensen mellom **moderat** (Kl. II) og **markert** (Kl. III) i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet [22] (oversteget øvre grense for Kl. II med 0,01 mg/kg våtvekt). Dette er noe høyere (ca. 50 %) enn de siste fire årene (Tabell 6, Figur 20). I **Skrubbe** tilsvarte kvikksølvkonsentrasjonene Kl. II, **moderat** forurenset (sammenlignet med tilstandsklassene for torsk). Dette er vesentlig lavere enn den siste gjennomsnittskonsentrasjonen (0,83 mg/kg våtvekt), som ble observert i 2005.

Med unntak av kvikksølv, er metaller i fisk så langt ikke inkludert i SFTs klassifiseringssystem, men i henhold til data fra JAMP referansestasjoner 1990-1998 [23] bør ikke innholdet av kadmium i torskelever være over 0,20-0,25 mg/kg.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av **kadmium** i **torsk** fra **Sørfjorden** ligger på i underkant av det dobbelte av dette (Tabell 5), altså på samme nivå som de siste 3 år.

Når det gjelder resultatene fra 2007 vedrørende **bly**, **kobber** og **sink** var det ikke noe spesielt å påpeke. Det var heller ikke noe spesielt å påpeke vedrørende observasjonene fra **Strandebarm** og **Åkrafjorden**, da konsentrasjonene ikke har endret seg nevneverdig de siste årene.

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i fisk fra Sørfjorden og Hardangerfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i torsk fra Sørfjorden, enn andre kystområder [24].
- I indre Oslofjord kan imidlertid nivåene av kvikksølv i fisk være tilnærmet like konsentrasjonene i fisk fra Sørfjorden, enkelte år.
- Bly forekommer flere år i høyere konsentrasjoner i torsk fra indre Oslofjord, enn i torsk fra Sørfjorden.
- Skrubbe viser tydelig høyere konsentrasjoner av metaller i Sørfjorden, sammenlignet med andre kystområder [24].
- Metall-konsentrasjoner i fisk fra Strandebarm ligger på nivåer man kan finne andre steder langs kysten [24].

Tabell 5. Gjennomsnitt/Standardavvik for kvikksølv i filet og kadmiium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra indre Sør fjorden (JAMP st. 53B), Strande barm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2007, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Pb	Lever Cu	Lever Zn
Indre Sør fj.					
Torsk ¹⁾	0,31/0,19	0,40/0,30	0,14/0,11	13,60/8,47	35,9/11,2
Skrubbe ²⁾	0,23/0,09	1,13/1,12	0,72/0,36	13,26/6,12	52,4/7,5
Strande barm					
Torsk ³⁾	0,07/0,08	0,02/0,02	≤0,02/~0,00	8,06/5,48	21,3/6,9
Skrubbe ⁴⁾	0,05/0,01	0,10/0,02	<0,02/-	7,22/1,78	43,6/2,6
Glassvar ⁵⁾	0,17/0,19	0,04/0,03	≤0,02/-	7,54/2,56	67,1/14,1
Åkrafjorden (ref.st.)					
Skrubbe ⁶⁾	-	-	-	-	-
Glassvar ⁷⁾	0,23/0,14	0,09/0,09	≤0,02/~0,00	7,16/2,69	55,9/5,6

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 271-4500 g (gjennomsnitt 1577 g).

2) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 399 g, 450 g, 613 g, 871 g og 952 g.

3) Individuelle analyser av 25 eks.: 925-3781 g (gjennomsnitt 2057 g).

4) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 394 g, 539 g, 669 g, 956 g og 1587 g.

5) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 230 g, 302 g, 399 g, 604 g og 893 g.

6) Det ble ikke fanget skrubbe i Åkrafjorden i 2007.

7) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 261 g, 390 g, 538 g, 640 g og 799 g.

Tabell 6. Gjennomsnitt av kvikksølv i muskel av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (JAMP-st. 53) og Strande barm (JAMP-st. 67) 1987-2007, mg/kg våtvekt.

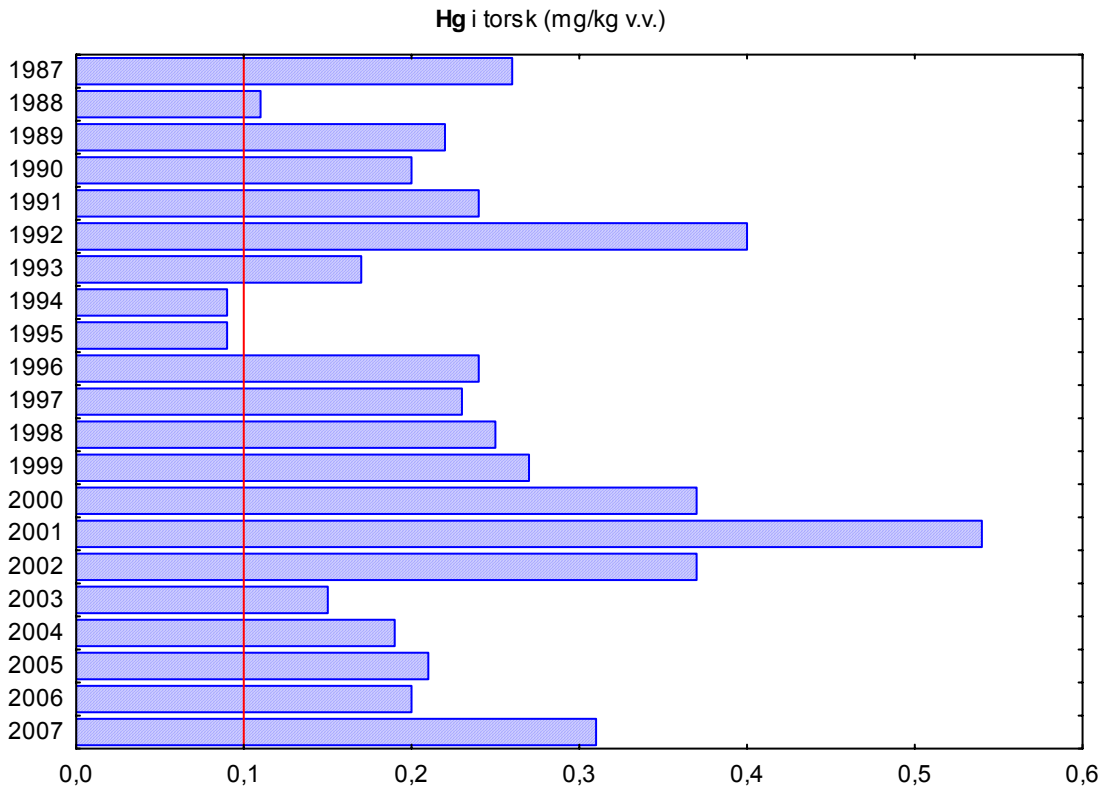
Stasjoner/ arter	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98
Indre Sør fj.												
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	0,24	0,40	0,17	0,09	0,09	0,24 ¹⁾	0,23 ¹⁾	0,25 ¹⁾
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	0,13	0,12	0,08	0,15	0,05	0,17 ²⁾	0,19 ²⁾	0,20 ²⁾
Strande- barm												
Torsk	0,14	0,09	0,10	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,10	0,13	0,07
Glassvar	0,35	0,33	0,36	0,10	0,10	0,21	0,26	0,43	0,35	0,41	0,27	0,17
Skrubbe										0,18		0,05

¹⁾ Middel av verdiene fra Tyssedal og Edna

²⁾ Middel av verdiene fra Odda, Tyssedal og Edna

Stasjoner/ arter	-99	-00	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07
Indre Sør fj.									
Torsk	0,27	0,37	0,54	0,37	0,15	0,19	0,21	0,20	0,31
Skrubbe	0,19	0,26	0,37	0,57	0,53	0,32	0,83	-	0,23
Strande- barm									
Torsk	0,07	0,11	0,08	0,08	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07
Glassvar	0,24	0,19	0,16	0,16	0,14	0,23	0,17	0,14	0,17
Skrubbe	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05

Figur 20. Gjennomsnittsverdier av kvikksølv i muskel av torsk fra indre Sør fjorden (1987-2007), mg/kg våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 6. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).



5.5 Metaller i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2007:

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink, med unntak av på stasjon B1/51A (Byrkjenes) hvor moderat (Kl. II) forurensning ble observert for kobber.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til markert forurensning (Kl. III) på st. B1/51A (Byrkjenes; kun Statlig program for forurensningsovervåking). Ellers var blåskjellene ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) forurenset.
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til markert (Kl. III) grad av forurensning.
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til sterk (Kl. IV) grad av forurensning.

Resultatene fra metallanalyser av blåskjell er presentert i Tabell 7. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figur 21-Figur 25 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly, sink og kobber).

Metallkonsentrasjonene i blåskjell i 2007 viste generelt ingen påfallende endringer i forhold til foregående år, med unntak av en mulig økning på de to innerste stasjonene (B1, Byrkjenes og B2, Eitrheim; Tabell 7, Figur 21-Figur 25). Dette kommer til uttrykk også i at konsentrasjonene tilsvarende andre tilstandsklasser, enn foregående år. Det bør imidlertid bemerkes at det er noe naturlig variasjon i metall-konsentrasjonene i blåskjell. Dette kommer til uttrykk som tilsynelatende forskjeller mellom skjell samlet innenfor JAMP og skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (Tabell 7), der hvor stasjonene er overlappende. Det er også analysert replikate prøver fra to stasjoner innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2007 (Tabell 8). Av resultatene for stasjon B1/51A (Byrkjenes) kan det se ut som om variasjonen mellom skjell samlet innenfor JAMP og skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking er større enn mellom replikater.

Kvikksølv viste opp til **markert (Kl. III)** forurensning (stasjon B1/51A [kun Statlig program for forurensningsovervåking]). Ellers var blåskjellene **ubetydelig/lite (Kl. I)** (stasjon B4, B7/57A, "Utne" og B15/65A) til **moderat (Kl. II)** forurenset med kvikksølv.

Kadmium viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** til **markert (Kl. III)** forurensning i blåskjellene, slik som de siste årene.

Bly viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** til **sterk (Kl. IV)** (stasjon B1/51A [kun Statlig program for forurensningsovervåking]) forurensning i blåskjellene.

Alle observasjonene av **kobber** og **sink** tilsvarte **liten/ubetydelig (Kl. I)** forurensning, slik de gjorde foregående år, med unntak av på stasjon B1/51A hvor konsentrasjonen av kobber tilsvarte **moderat (Kl. II)** forurenset (kun Statlig program for forurensningsovervåking). Dette på tross av at analyser av vannprøver gjennom året viste relativt høye vannkonsentrasjoner av sink innerst i Sørfjorden Figur 7. Det må imidlertid igjen påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet ([25] med ref.).

Det kan bemerkes igjen at det er tydelig at konsentrasjonene av de fleste metallene i blåskjell er vesentlig redusert siden midten av 1980-årene, da fjellhallene til Boliden Odda AS ble etablert (Figur 21-Figur 25). Statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor JAMP på de årlige medianene (1987-2007; Green et al. under utarbeidelse) viser sågar statistisk signifikante reduksjoner i særlig konsentrasjonene av kadmium og sink på de fleste stasjoner (og kvikksølv på noen stasjoner). I dataene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking viser også særlig kadmium signifikante lineære reduksjoner i blåskjellkonsentrasjonene (Figur 22). Modellen (den rette linjen) hadde den beste forklaringsprosenten på stasjonene B4 (Digranes) og B7 (Krossanes) (hvh. $R^2=0,79$ og $R^2=0,72$), hvor man av Figur 22 også kan se den jevneste nedgangen. Dataene kan imidlertid tilpasses enda bedre en eksponentiell reduksjon, hvor nedgangen er hhv. 14 % og 12% per år, slik det er vist i Figur 22b.

Tabell 7. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørffjorden og Hardangerfjorden 2007 (17-20 september, 2007 [JAMP] og 22 oktober og 12 november 2007, samt 15 og 26 februar 2008 [Statlig program; S. P.], mg/kg tørrvekt). (Fra JAMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet gjennomsnitt av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Ikke analysert: i.a. Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda). Det ble ikke funnet skjell på stasjonene B3 (Tyssedal), Måge og B6 (Kvalnes) i 2007.

St.	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.
B1/51A	0,30 ¹⁾	0,91 ²⁾	3,5 ¹⁾	10,1 ²⁾	27,0 ¹⁾	75,4 ²⁾	i.a.	137 ²⁾	i.a.	12,4 ²⁾
B2/52A	0,24	0,30 ³⁾	4,5	3,5 ³⁾	15,6	18,3 ³⁾	100	144 ³⁾	7,9	8,5 ³⁾
B3		-		-		-		-		-
B4		0,14		1,0		5,8		68		5,0
Måge		-		-		-		-		-
B6/56A	0,32	-	5,7	-	20,0	-	98	-	5,6	-
B7/57A	0,15	0,19	2,7	2,4	4,8	4,8	65	71	4,1	5,2
Utne		0,19		1,7		2,7		71		5,6
B13/63A	0,20		3,0		3,6		98		5,7	
B15/65A	0,11		2,0		1,6		93		4,6	

¹⁾ INDEKS-stasjon

²⁾ Median av 3 replikater (alle skjell samlet 15.02.08)

³⁾ Median av 3 replikater (skjell til en prøve samlet 22.10.08 og skjell til to prøver samlet 26.02.08)

Tabell 8. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon (mg/kg tørrvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B1 (Byrkjenes) og stasjon B2 (Eitrheim), 2007.

St.	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu
B1 ¹⁾	0,91 (0,83-1,20)	10,1 (10,1-13,9)	75,4 (73,1-123,0)	137 (122-149)	12,4 (11,3-13,6)
B2 ²⁾	0,30 (0,21-0,32)	3,5 (3,1-3,8)	18,3 (16,3-21,2)	144 (109-156)	8,5 (6,4-10,1)

¹⁾ 3 replikater (alle skjell samlet 15.02.08)

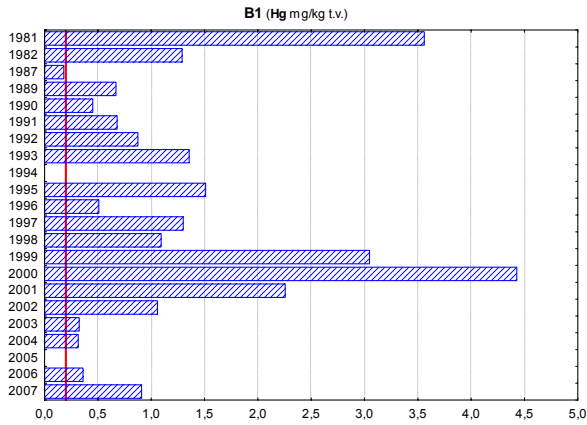
²⁾ 3 replikater (skjell til en prøve samlet 22.10.08 og skjell til to prøver samlet 26.02.08)

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i blåskjell fra Sørfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

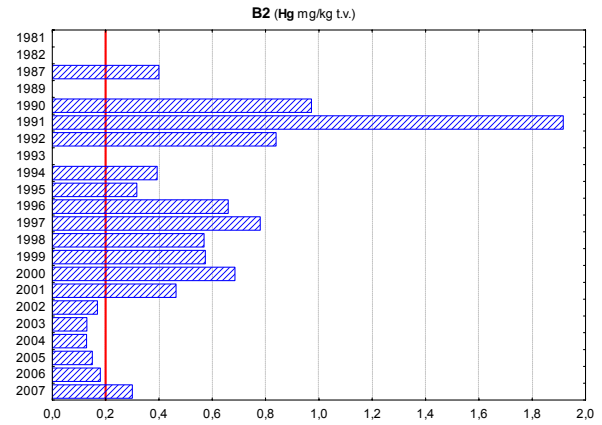
- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i blåskjell fra Sørfjorden, enn andre kystområder [24].
- Det er ikke uvanlig at kvikksølv- og kadmiumkonsentrasjonene på enkelte stasjoner i Sørfjorden er en faktor >10 og bly en faktor >50 høyere enn vanlige nivåer i andre områder [24].
- Dette kommer også til uttrykk i blåskjell fra stasjoner i fjordsystemet utenfor Sørfjorden, ved at disse ofte også er noe forhøyet [24].

Figur 21. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2007, *mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.:* Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

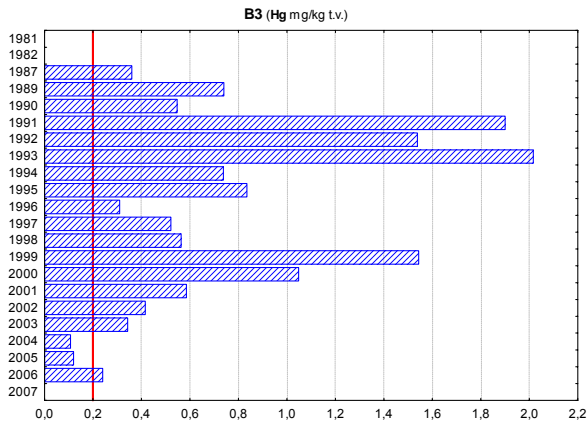
B1 (2).



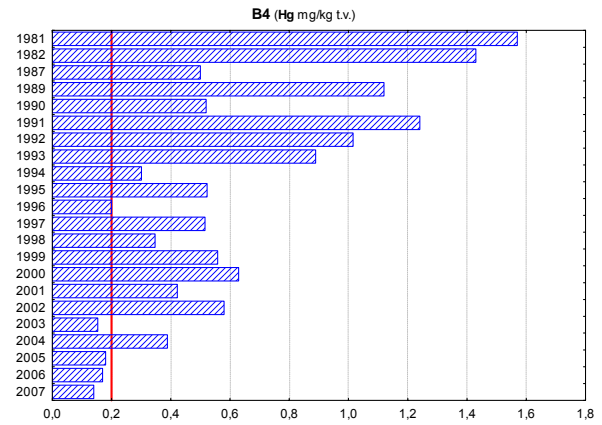
B2 (3).



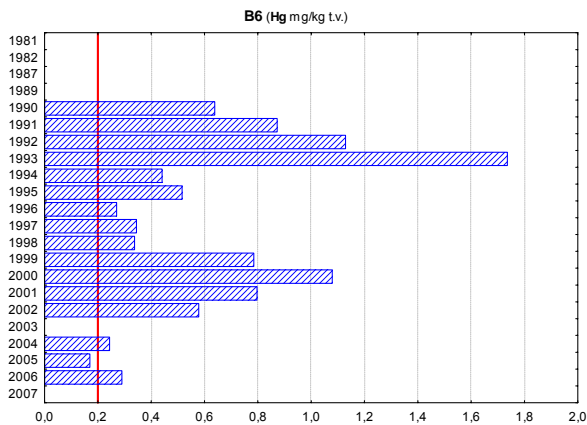
B3 (6).



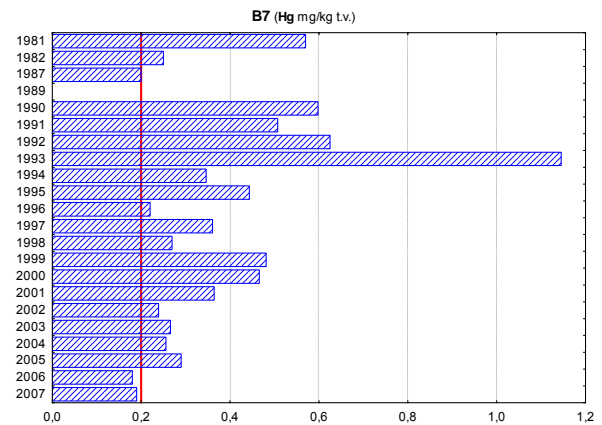
B4 (10).



B6 (18).

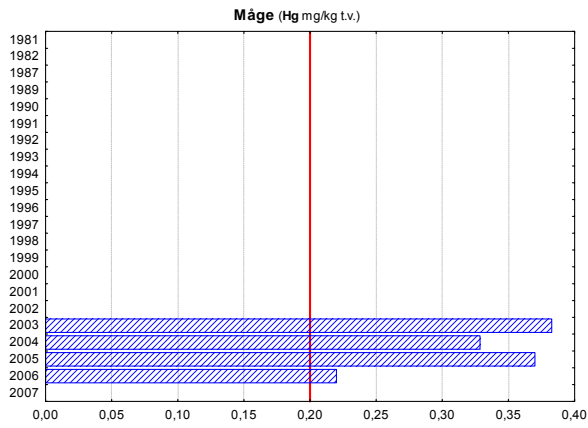


B7 (38).

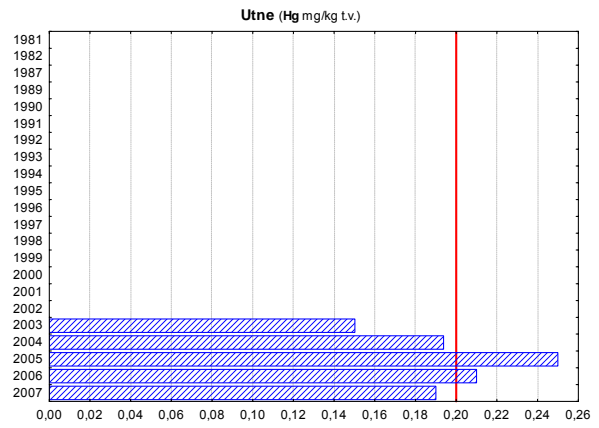


Forts. Figur 21.

Måge (15).



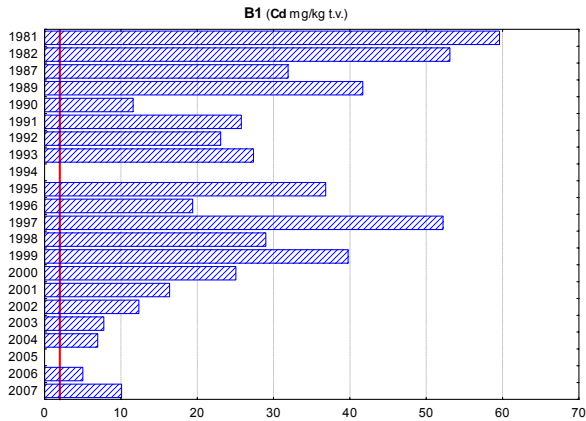
Utne (40).



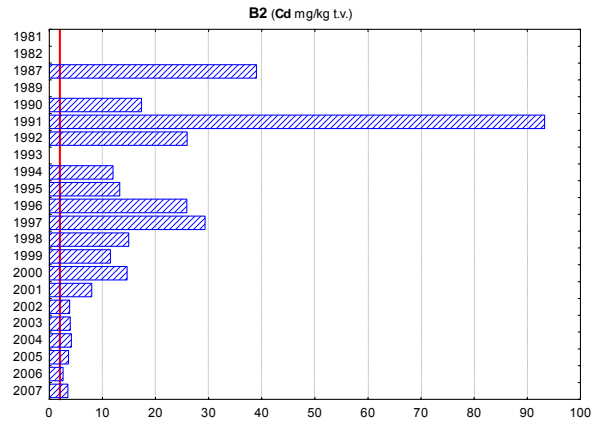
Figur 22. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2007, mg/kg tørrvekt (a.; I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand [km] fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. [] = øvre grense for Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)) og visualisering av eksponentiell reduksjon i kadmiumkonsentrasjoner i blåskjell på stasjonene B4 (Digranes) og B7 (Krossanes) (b.)

a.

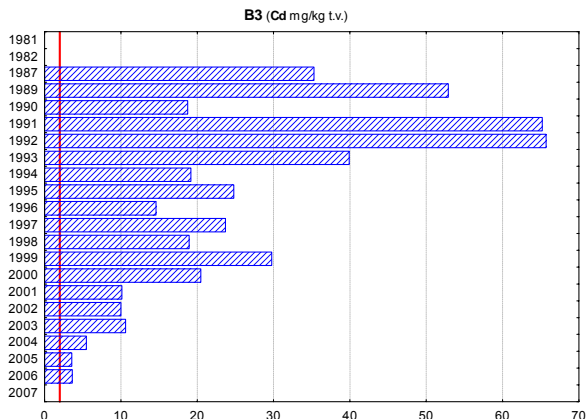
B1 (2).



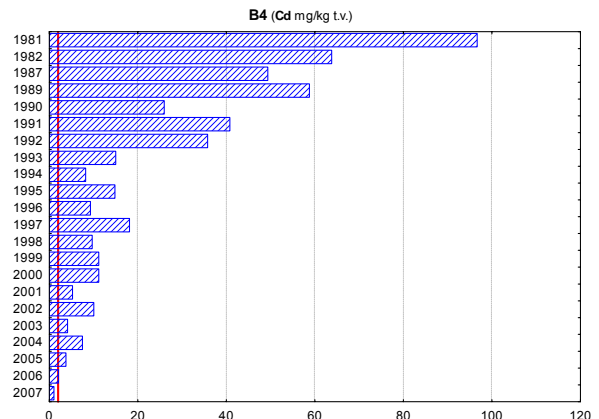
B2 (3).



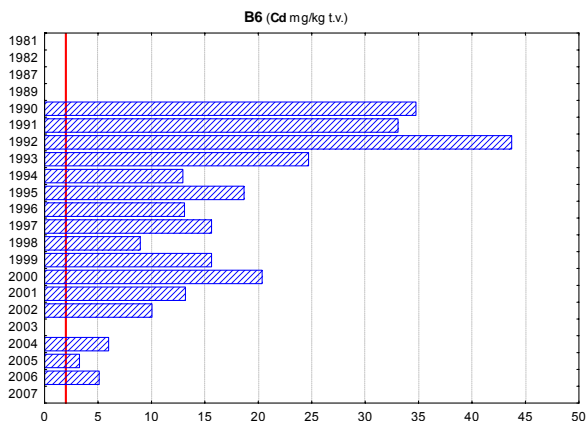
B3 (6).



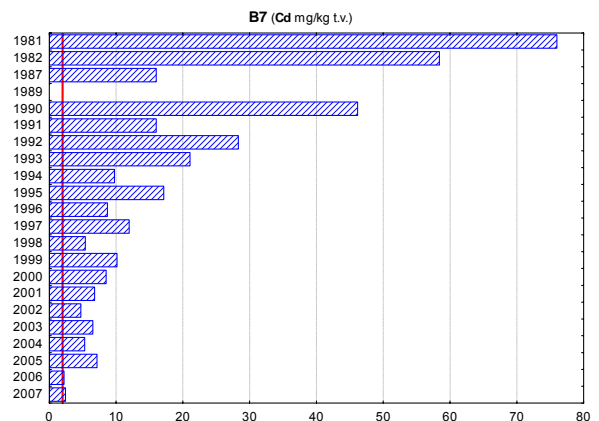
B4 (10).



B6 (18).

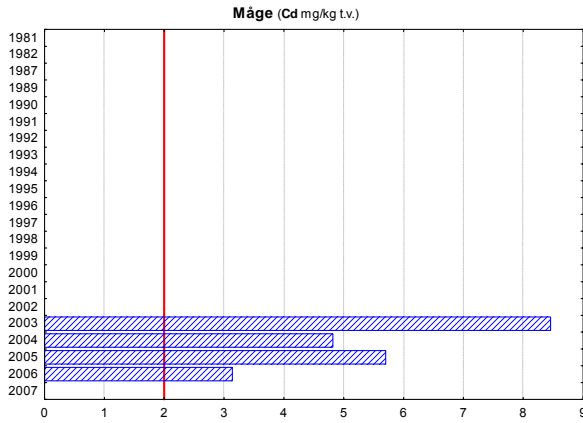


B7 (38).

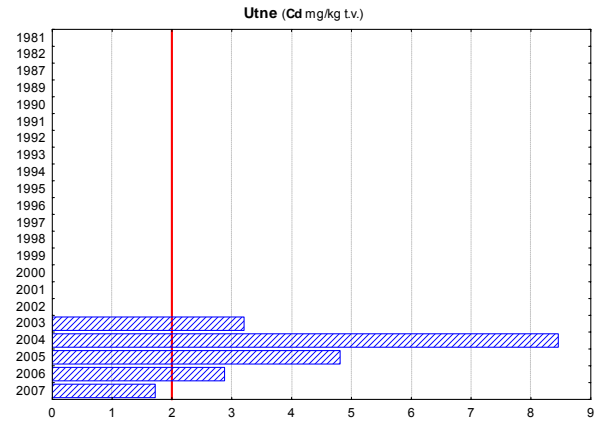


Forts. Figur 22.

Måge (15).

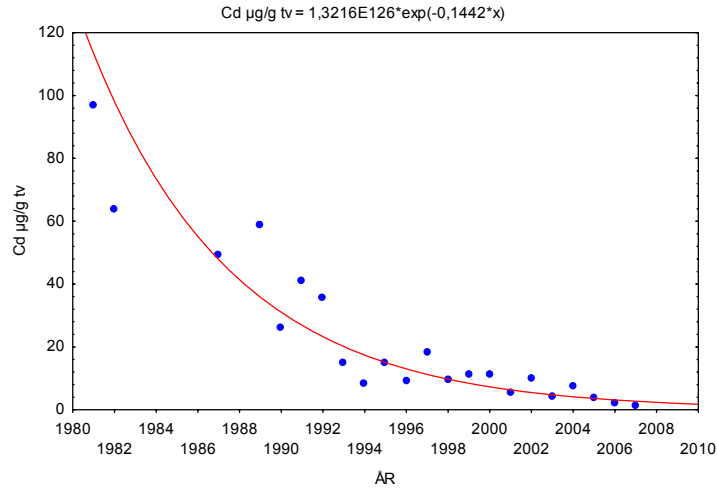


Utne (40).

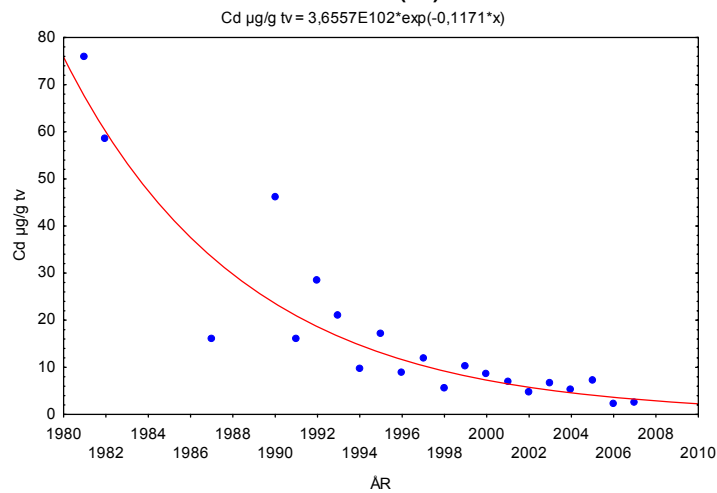


b.

Digranes (B4)

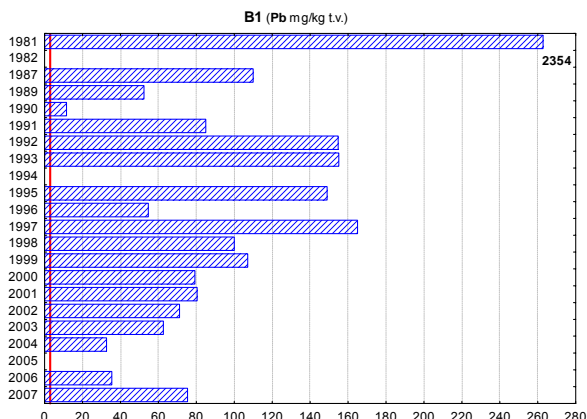


Krossanes (B7)

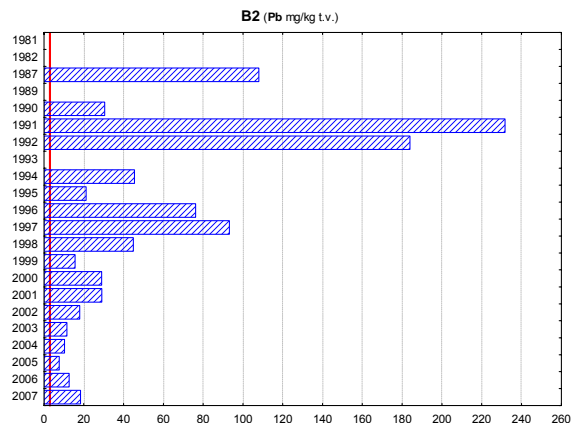


Figur 23. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2007, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]). De høye verdiene registrert på stasjonene B1, B4 og B7 (hhv. 2354 mg/kg, 1030 mg/kg og 406 mg/kg) i 1982 (relativt til de andre årene) er ikke vist med søyle, men angitt med tall til høyre i figurene.

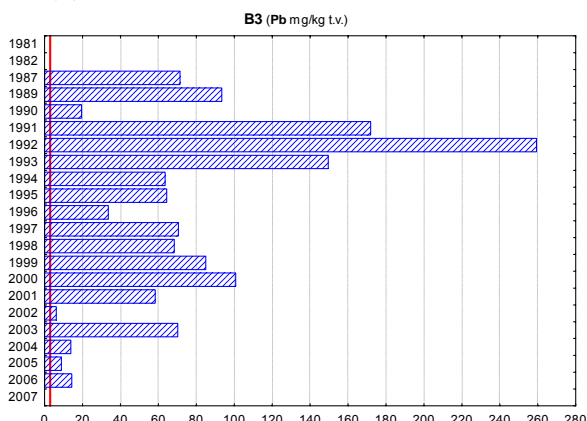
B1 (2).



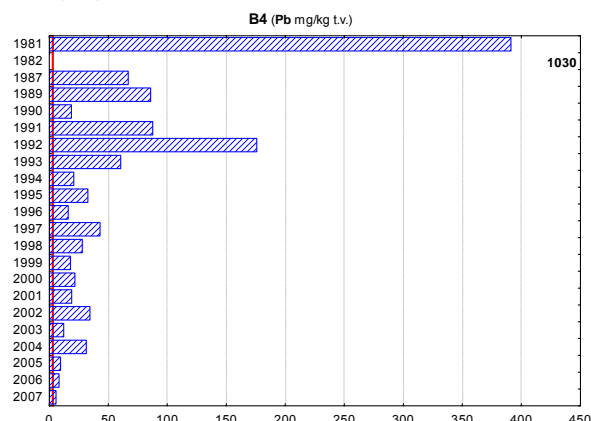
B2 (3).



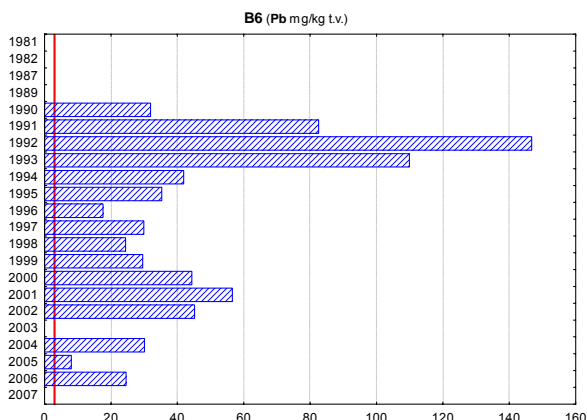
B3 (6).



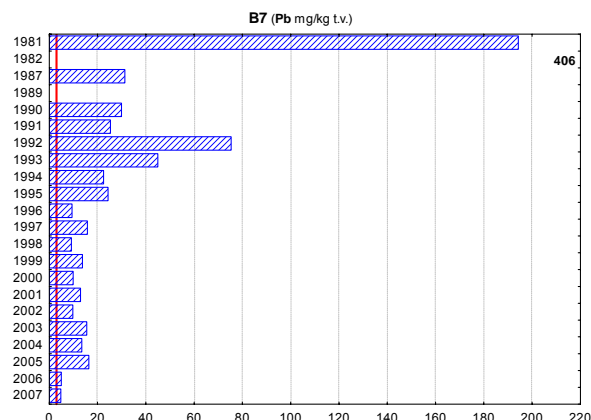
B4 (10).



B6 (18).

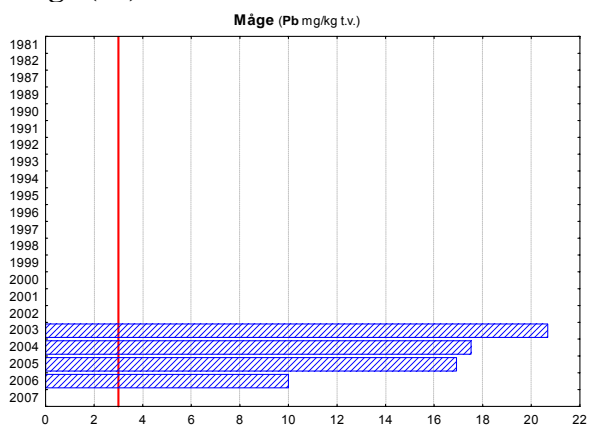


B7 (38).

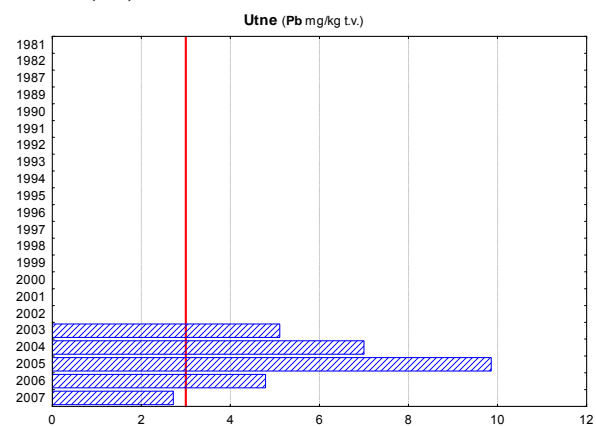


Forts. Figur 23.

Måge (15).

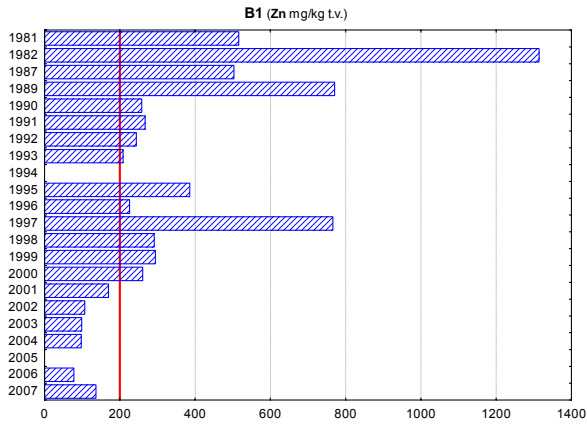


Utne (40).

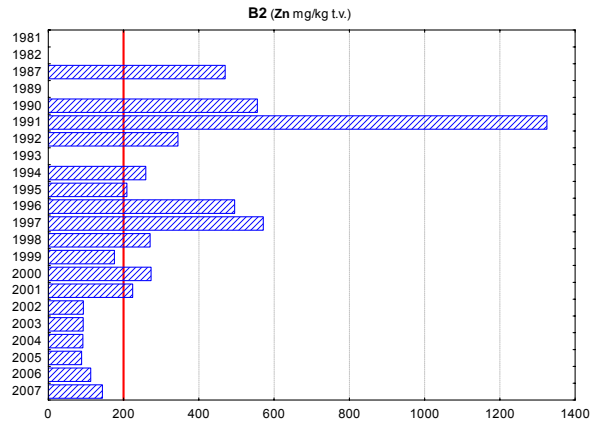


Figur 24. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2007, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

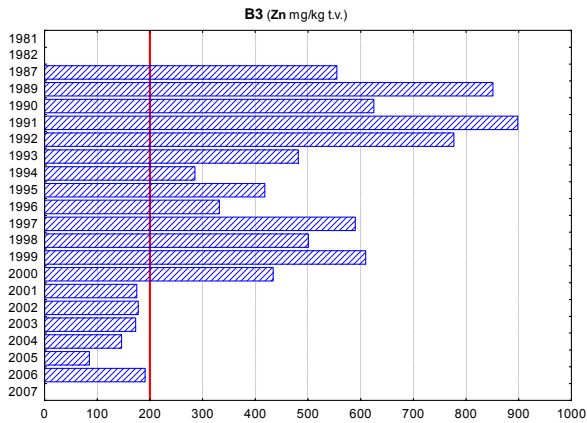
B1 (2).



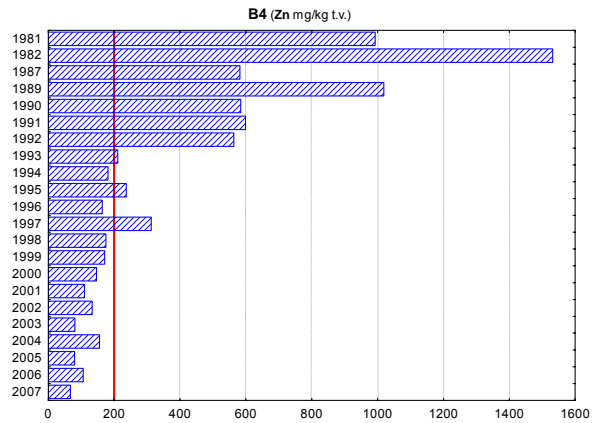
B2 (3).



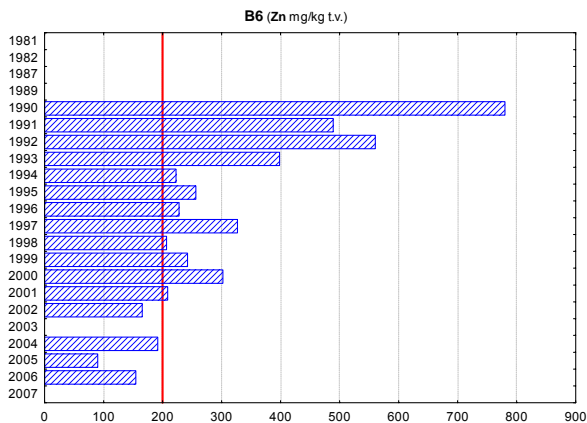
B3 (6).



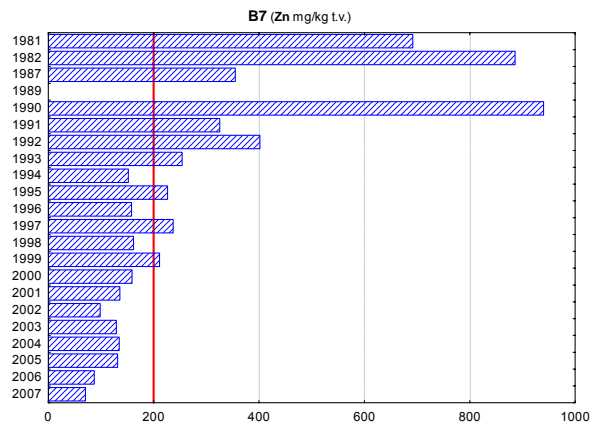
B4 (10).



B6 (18).

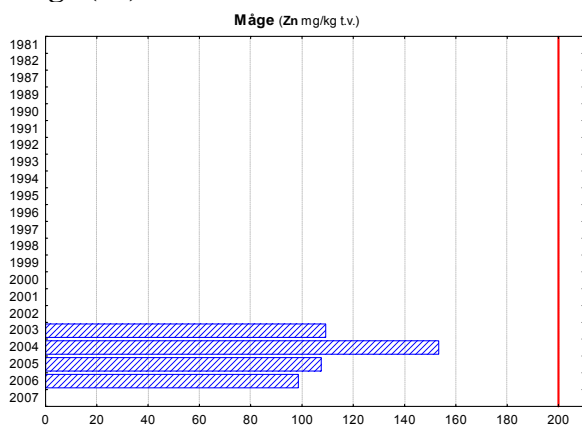


B7 (38).

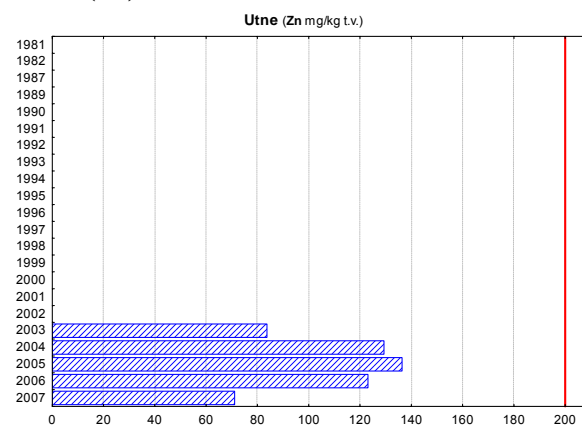


Forts. Figur 24.

Måge (15).

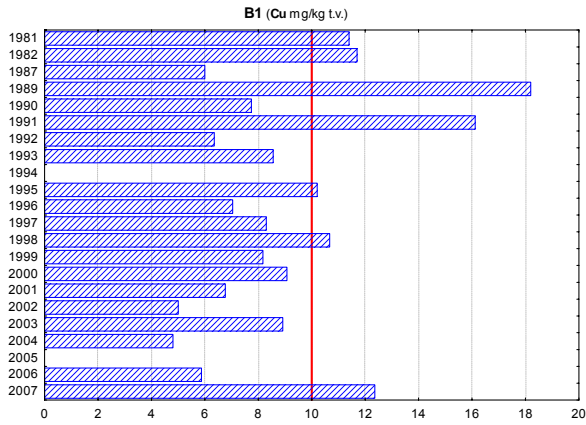


Utne (40).

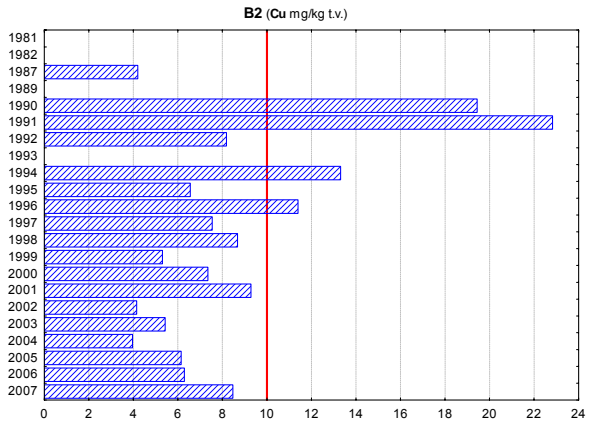


Figur 25. Kobber i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2007, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

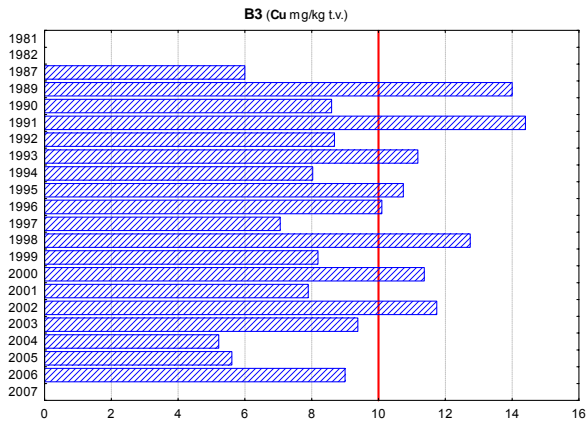
B1 (2).



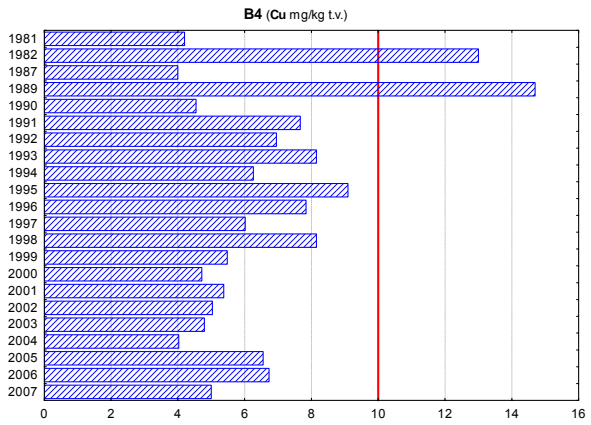
B2 (3).



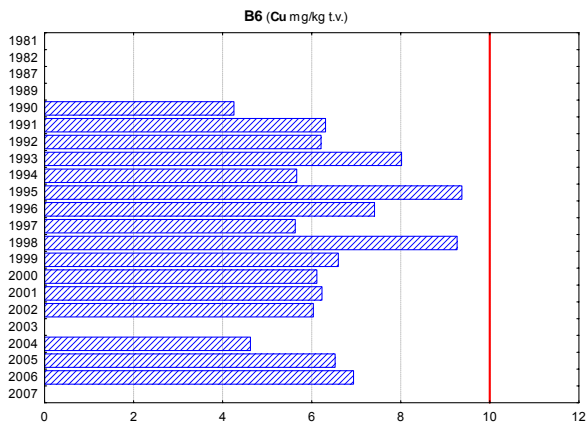
B3 (6).



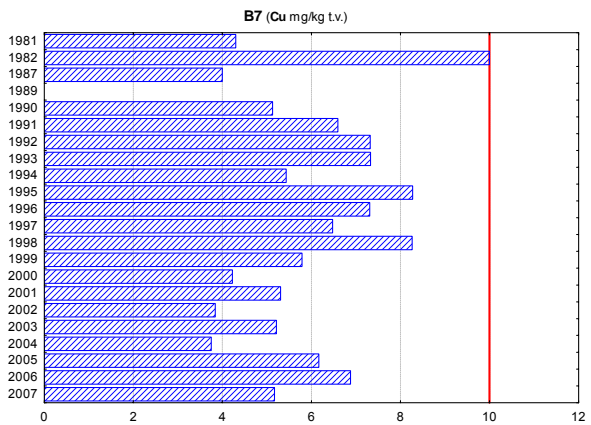
B4 (10).



B6 (18).

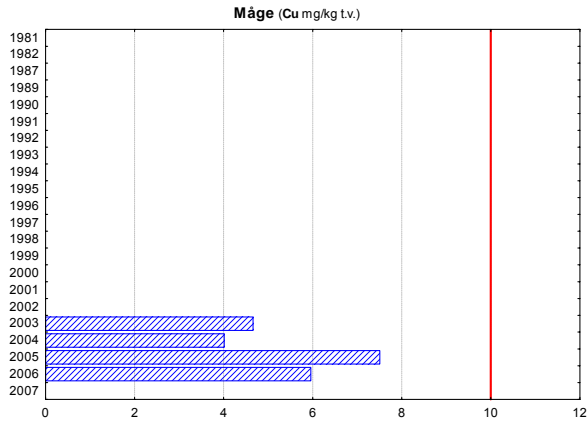


B7 (38).

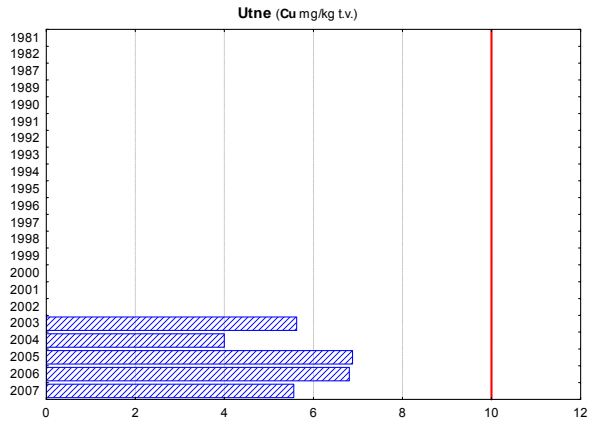


Forts. Figur 25.

Måge (15).



Utne (40).



5.6 Halogenerte stoffer i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2007:

- Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2007 Klasse III (markert forurenset). Gjennomsnittet beregnet uten ett individ med særlig høyere konsentrasjon enn de øvrige individer tilsvarte Klasse II (moderat forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med PCB.
- Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner ($\text{TE}_{\text{PCDF/D}}$) i torskelever fra Sørfjorden tilsvarte i 2007 Klasse II (moderat forurensning). Konsentrasjoner av dioksinlignende PCB (non-ortho), uttrykt som toksiske ekvivalenter ($\text{TE}_{\text{n.o.-PCB}}$) var imidlertid vesentlig høyere enn for dioksiner og furaner.
- Den gjennomsnittlige ΣDDT -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2007 Klasse III (markert forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med ΣDDT
- Lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm i 2007 (torsk var ubetydelig/lite forurenset; Kl. I).

Utdrag av resultatene av fisk (samlet innenfor JAMP) analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 9.

Tabell 9. ΣPCB_7 (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (gjennomsnitt/standardavvik) i fisk fra indre Sørfjorden (JAMP-st. 53) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 2007, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 5*).

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis **		
	DDT	DDE	DDD	ΣDDT	ΣPCB_7	ΣDDT	ΣPCB_7
I. Sørfj., (53)							
Torsk, lever	107/68	438/291	43/30	589/375	1772/2773 †	1785	5370
Torsk, filet	0,5/0,1	1,8/0,3	0,1/0,0	2,4/0,4	6/4 ‡	800	2000
Skrubbe, lever	11,8/5,0	52,2/28,9	5,5/1,8	69,5/34,8	126/74	319	578
Skrubbe, filet	<0,2/~0,0	0,9/0,5	<0,1/~0,0	<1,1/~0,6	<2/~1	<220	<400
Strandebarm (67)							
Torsk, lever	37/26	139/91	20/12	197/127	138/92	387	271
Torsk, filet	<0,2/~0	0,4/0,1	<0,1/~0	<0,6/~0,1	~0/~0	<200	-
Skrubbe, lever	<3,3/~1,9	27,8/11,6	7,1/2,4	38,2/15,5	46/16	166	200
Skrubbe, filet	<0,2/~0,0	0,8/0,2	<0,2/~0,0	<1,1/~0,3	<1/~0	<157	<143
Glassvar, lever	14,2/4,1	53,0/18,2	7,5/1,5	74,7/22,4	49/22	263	173
Glassvar, filet	<0,2/~0,0	0,4/0,2	<0,1/~0,0	<0,6/~0,2	~0/~0	<20	-

* DDT og PCB analyseres i 5 blandprøver (av 5 individer) i filet av torsk.

** Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og gjennomsnittlig fettinnhold

† Ett individ hadde noe høyere PCB-konsentrasjon enn de øvrige individer. Gjennomsnitt og standardavvik uten dette individet var hhv. 1266 og 1371.

‡ Gjennomsnittlig konsentrasjon trekkes opp av blandprøve som inneholder individ med høy konsentrasjon (nevnt over; †).

5.6.1 PCB

Den gjennomsnittlige ΣPCB_7 -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2007 Klasse III (markert forurenset) i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Det må

bemerket at ett individ hadde noe høyere PCB-konsentrasjon enn de øvrige individer. Gjennomsnittlig konsentrasjon uten dette individet var 1266 µg/kg (våtvekt), tilsvarende **Klasse II (moderat forurenset)**. Variasjonen mellom individer var stor, som kan leses av standard avviket (Tabell 9). Konsentrasjonene av PCB i torskelever fra Sørfjorden i 2007 er altså noe høyere enn de har vært de foregående årene (Tabell 9; [8, 16, 26, 27]). Det er imidlertid ikke funnet ekstremkonsentrasjoner av PCB i fisk i 2007, tilsvarende funnene i 2002. Konsentrasjonene er også lavere enn i flere av årene før 2002 (Tabell 10, Figur 26).

Tabell 10. Gjennomsnitt av ΣPCB_7 i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-2007, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sørfj.										
Torsk l.	1,6	8,0	<0,8	0,66	0,36	11,4 ¹⁾	2,4 ¹⁾	20,2 ¹⁾	5,1	20,8
Torsk f.	0,6	6,9	<0,6	-	0,19	8,4 ²⁾	2,0 ¹⁾	34,6 ¹⁾	2,4	20,0
Skrubbe l.	2,8	2,6	<0,5	9,2	0,41	1,4 ²⁾	0,77 ²⁾	0,56 ²⁾	0,84	0,80
Skrubbe f.	16,7	2,5	<0,6	1,96	0,33	0,74 ³⁾	0,64 ²⁾	0,43 ²⁾	0,76	0,46
Strandeb.										
Torsk l.	0,67	0,66	<0,5	0,93	0,38	0,47	1,6	0,54	0,90	0,54
Torsk f.	0,34	<0,4	<0,2	0,50	0,20	1,1	2,1	0,22	0,48	0,44
Glassvar l.	0,39	1,2	<0,6	1,1	1,1	0,47	0,51	0,39	0,62	0,34
Glassvar f.	0,32	0,63	<0,3	0,56	0,76	0,33	0,28	0,26	0,46	0,24
Skrubbe l.						0,58		0,38	0,15	0,13
Skrubbe f.						0,64		0,43	0,15	0,10

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

²⁾ Middell av de tre prøvene fra Odda, Tyssedal og Edna.

³⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005 ⁷⁾	2006	2007
I. Sørfj.							
Torsk l.	5,3	271,2 ⁴⁾ (7,4) ⁵⁾	2,41	2,42	2,14	0,94	5,37 ⁸⁾
Torsk f.	<0,25	234,7 ⁶⁾	2,5	1,0	0,95	<0,33	2,0
Skrubbe l.	0,62	0,81	1,60	0,90	2,06		0,58
Skrubbe f.	<0,6	0,40	<0,2	0,75	1,60		<0,4
Strandeb.							
Torsk l.	0,75	0,35	0,20	0,33	0,51	0,14	0,27
Torsk f.	<3,3	0,25	-	<0,5	0,22	-	-
Glassvar l.	0,32	0,40	0,30	0,20	0,33	0,25	0,17
Glassvar f.	<0,25	0,00	-	-	0,29	<0,17	-
Skrubbe l.	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,16	0,20
Skrubbe f.	<0,08	0,18	0,08	-	0,14	<0,50	<0,14

⁴⁾ Ekstreme konsentrasjoner i fire (av 25) individer (gjennomsnittlig 296,0 mg/kg våtvekt ± standard avvik: 118,7) trekker gjennomsnittet opp til denne høye verdien. I parentes:

⁵⁾ Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote ⁴⁾).

⁶⁾ Gjennomsnitt av 5 blandprøver på hhv 0,009, 0,008, 0,002, 3,242 og 0,002 mg/kg våtvekt. Det er tydelig at de fire torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner (nevnt i fotnote ⁴⁾ og ⁵⁾) Har blitt ujevnt fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i fileten av torsk fra Sørfjorden 2002 er derfor lite representative.

⁷⁾ Regnet fra individuelle konsentrasjoner på fettbasis (ikke gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold, som de andre årene).

⁸⁾ Gjennomsnitt trukket opp av ett individ som hadde spesielt høy konsentrasjon (36).

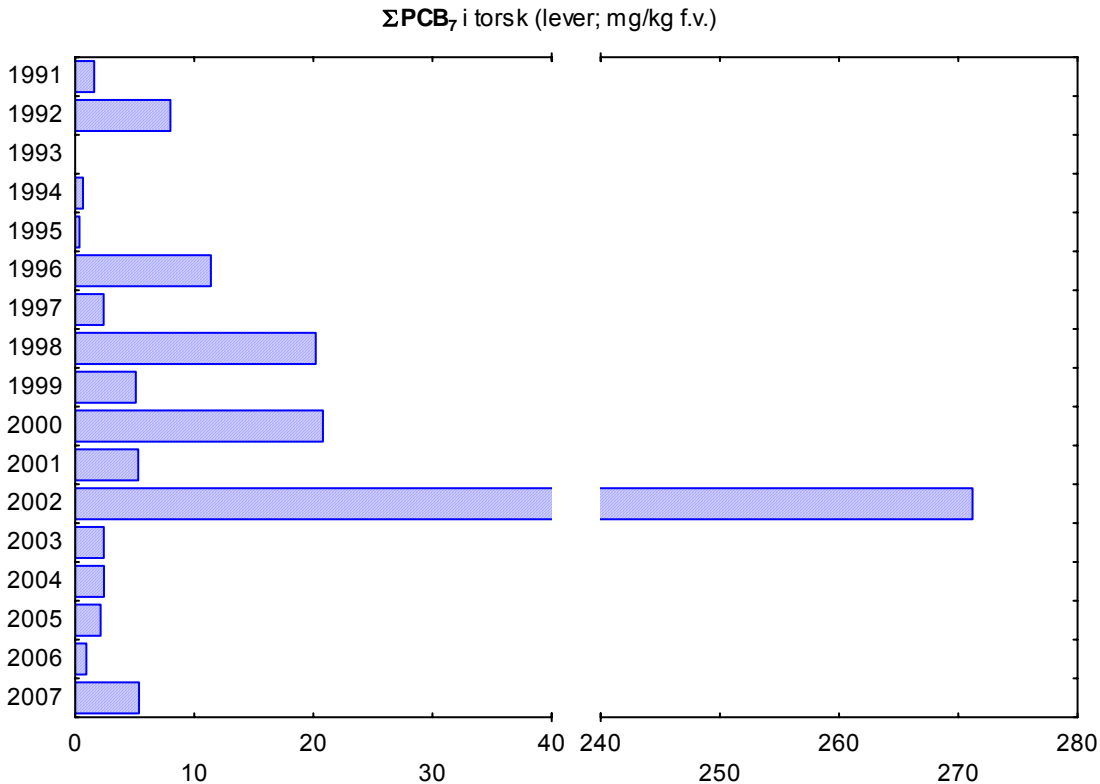
Filet av torsk fra Sørfjorden var **moderat (Kl. II)** forurenet med PCB.

Av analysene i fisk fra Strandebarm ses også i 2007 lave PCB-konsentrasjoner (Tabell 9). Konsentrasjonene i torsk representerer **Klasse I (lite/ubetydelig forurenet)** i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det kan i tillegg nevnes at statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor JAMP på de årlige medianene (1990-2007; Green et al. under utarbeidelse; [24]) viser en reduksjon over år i PCB-innholdet i torskelever fra Strandebarm.

Igjen kan det bemerkes at dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende påpekes:

- Nivåene av PCB i fisk fra Sørfjorden er (når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonene funnet i 2002) lavere enn i fisk fra havneområder og i nærheten av byer (eksempelvis indre Oslofjord [24] og ved Bergen [28]).

Figur 26. Gjennomsnitt av ΣPCB_7 i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2007), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 10. Mrk. brudd på aksen mellom 40 og 240.



5.6.2 Dioksiner og non-ortho PCB

Dioksiner (polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner), samt dioksinliknende PCB (non-*ortho* substituerte) ble analysert i 3 blandprøver av torskelever fra Sør fjorden i 2007. Resultatene er presentert i Tabell 11. Tabellen gir konsentrasjoner (pg/g) av de ulike analyserte kongenerene, samt toksiske ekvivalenter (TE) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-*ortho* PCB. Det bemerkes at den blandprøven med de høyeste konsentrasjonene av non-*ortho* PCB inneholdt den fisken med de høyeste konsentrasjonene av globulære PCB (PCB₇; Tabell 9).

Siden disse stoffene uttrykker giftighet gjennom den samme mekanismen, er såkalte toksiske ekvivalens-faktorer (TEF) utviklet som et verktøy i risikovurdering. Disse faktorene angir størrelsesorden-estimer på giftighet av forbindelser i forhold til 2,3,7,8-tetraklordibenzo-*p*-dioksin (TCDD), som er den mest giftige/potente av dioksinene og er tildelt TEF-verdien 1. TEF-verdier i kombinasjon med konsentrasjoner av aktuelle forbindelser brukes til å kalkulere toksiske ekvivalens-konsentrasjoner (TE).

Resultatene viser at det er tetraklor-kongeneren av både dioksin og furan som utgjør de høyeste konsentrasjonene. TCDD er også desidert viktigst for summen av toksiske ekvivalenser for disse stoffgruppene (ettersom den også er mest potente; TEF=1). Imidlertid er konsentrasjonene av non-*ortho* PCB vesentlig høyere, og ettersom PCB-126 har TEF=0,1 så er det denne forbindelsen som utgjør den største andelen toksiske ekvivalenter (TE).

Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner (ikke non-*ortho* PCB), $TE_{PCDF/D}$, tilsvarer **Klasse II (moderat forurenset)** i SFTs klassifiseringssystem for miljøtilstand.

Til sammenligning er grenseverdiene som anvendes for fiskekjøtt og fiskerivarer 4 pg TE/g våtvekt (dioksiner). Felles grenseverdi for dioksiner og dioksinliknende PCB er 8 pg TE/g våtvekt [12]. Bakgrunnen for disse er EU regulativ 2375/2001 og oppdateringen fra 2006 (regulativ 1881/2006). Det gjøres oppmerksom på at disse ikke gjelder lever av fisk, men at det arbeides med grenser for dette. Det foreligger allerede kostholdsråd for fiskelever fra Sørfjorden.

Det opereres for øvrig med et tolerabelt ukentlig inntak (TWI) på 14 pg/kg kroppsvekt per uke for disse stoffene (bakgrunn i arbeid fra EUs Scientific Committee on Food; SCF).

Dersom man vil sammenligne konsentrasjonene av dioksin og dioksinlignende PCB i torskelever fra Sørfjorden med tilsvarende konsentrasjoner andre steder, kan det være relevant å sammenligne med Grenlandsfjordene [29]. Dette området ble i noen tiår forurenset med dioksiner fra et magnesiumverk. En slik sammenligning viser at konsentrasjonene av dioksiner er lavere i torsk fra Sørfjorden, enn i torsk fra Frierfjorden. På den annen side er konsentrasjonene av n.o.-PCB høyere i Sørfjorden, enn i torsk fra Frierfjorden. Faktisk utgjør konsentrasjonene av non-*ortho* PCB i den ene samleprøven fra Sørfjorden like høye toksiske ekvivalens-konsentrasjoner som dioksiner i torsk fra Frierfjorden [29].

Det må bemerkes at dette er første gang dioksiner og dioksinlignende PCB er rapportert i fisk fra Sørfjorden og det foreligger således ingen tidsserie.

Enkelte PCB-kongenere som er mono-*ortho* substituert er også tildelte toksiske ekvivalensfaktorer. Av disse er PCB-105, -118 (som f.ø. også inngår i ΣPCB_7) og PCB-156 analysert i lever av torsk fra Sørfjorden. Gjennomsnittlig konsentrasjon (\pm standard avvik) (våtvekt) av disse var h.h.v. 170,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (\pm 409,3), 372,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (\pm 806,6) og 41,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (\pm 75,3). Det var, som nevnt, store forskjeller i konsentrasjoner mellom de 25 individene (én fisk med særlig høyere innhold av PCB), hvilket gjenspeiles i de høye standard avvikene. I toksiske ekvivalenter (TE) tilsvarer disse konsentrasjonene h.h.v. 17,1 pg/g, 37,2 pg/g og 20,9 pg/g (altså totalt 75,1 pg/g).

Tabell 11. Konsentrasjoner (pg/g) av dioksiner, furaner og non-ortho PCB, samt toksiske ekvivalenter (TE; pg/g) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-ortho PCB.

	Blandprøve 1 ¹⁾	Blandprøve 2 ²⁾	Blandprøve 3 ³⁾
2378-TCDD	9,66	12,7	9,77
12378-PeCDD	0,44	0,32	0,31
123478-HxCDD	0,10	0,05	0,03
123678-HxCDD	0,90	0,93	0,79
123789-HxCDD	0,32	0,26	0,31
1234678-Hp-CDD	0,60	0,67	0,68
OCDD	1,10	1,21	1,08
1378-TCDF	31,6	52,3	40,7
12378/12348-PeCDF	9,93	12,4	11,7
23478-PeCDF	2,55	2,69	2,41
123478/123479-HxCDF	1,32	2,04	0,98
123678-HxCDF	2,25	2,62	2,24
123789-HxCDF	0,06	0,17	0,06
234678-HxCDF	1,16	1,40	1,51
1234678-HpCDF	0,54	0,67	0,44
1234789-HpCDF	0,10	0,06	0,08
OCDF	0,42	1,03	0,25
PCB-77	5966	6265	1047
PCB-81	346	857	86,9
PCB-126	1509	2985	1025
PCB-169	143	187	135
TE (WHO) PCDD	10,2	13,2	10,2
TE (WHO) PCDF	5,41	7,82	6,34
TE (WHO) n.o.-PCB	153	301	104

¹⁾ Blandprøve av 5 individer med gjennomsnittsvekt 2616 g

²⁾ Blandprøve av 3 individer med gjennomsnittsvekt 1951 g

³⁾ Blandprøve av 3 individer med gjennomsnittsvekt 1738 g

5.6.3 DDT

Den gjennomsnittlige Σ DDT-konsentrasjonen i torskelerver fra Sørfjorden representerte i 2007 **Klasse III (markert forurenset)** i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet (Tabell 9, Figur 27).

Filet av torsk fra Sørfjorden var **moderat (Kl. II) forurenset** med DDT-forbindelser (Tabell 9).

Av analysene i fisk fra Strandebarm ses også i 2007 i hovedsak vanlige Σ DDT-verdier i skrubbe og glassvar (Tabell 9, Tabell 12). Gjennomsnittskonsentrasjonen i torsk var relativt lav (Tabell 9 og Tabell 12; tilsvarende **Kl. I, ubetydelig/lite forurenset**) og det kan nevnes at statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor JAMP på de årlige medianene (1988-2007; Green et al. under utarbeidelse) viser en reduksjon over år i Σ DDT-innholdet i torskelerver fra Strandebarm (slik som for PCB).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til en rapport [30] som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

- Konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden er høye, men forskjellene fra andre relevante fjordområder er ikke like markert som for blåskjell (se nedenfor)
- Det kan tyde på at flere fjordområder er belastet med DDT fra gammelt av (ligger i sedimenter), men stadig utlekking til sjøen fra land er større i Sørfjorden.
- Konsentrasjoner av p,p'-DDE i torskelever fra indre Drammensfjorden, som er resipient for elver som drenerer fruktdyrkingsområder, er sammenlignbare med konsentrasjonene i torsk fra Sørfjorden.

Tabell 12. Gjennomsnitt av Σ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strande barm 1991-2007, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sør fj.										
Torsk l.	3,4	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,4 ³⁾	0,1 ³⁾	2,6 ¹⁾	2,9 ^{1,3)}	4,3 ⁵⁾	2,8 ³⁾	2,1
Torsk f.	1,0	3,8 ³⁾	0,7 ³⁾	-	<0,1 ³⁾	-	1,4 ^{1,3)}	-	-	-
Skrubbe l.	0,5 ³⁾	0,3 ³⁾	0,2 ³⁾	2,2 ³⁾	0,1 ³⁾	0,18 ²⁾	0,9 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	0,43	0,26
Skrubbe f.	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,6 ³⁾	0,7 ³⁾	0,1 ³⁾		0,37 ⁴⁾	-	-	-
Strandeb.										
Torsk l.	2,0	0,8 ³⁾	1,0 ³⁾	1,3 ³⁾	0,3 ³⁾	1,5	5,8	1,2	0,89 ³⁾	0,93
Torsk f.	1,1	0,6 ³⁾	0,4 ³⁾	1,5 ³⁾	0,5 ³⁾	-	5,6 ³⁾	-	-	-
Glassvar l.	1,1 ³⁾	1,5 ³⁾	1,1 ³⁾	1,7 ³⁾	1,0 ³⁾	-	1,0 ³⁾	1,1	1,5	0,64
Glassvar f.	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	1,6 ³⁾	-	0,5 ³⁾	-	-	-
Skrubbe l.						0,17		0,55	0,21	0,17
Skrubbe f.						-		0,49	-	-

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
I. Sør fj.							
Torsk l.	1,3	1,30	1,65	1,66	4,38	0,87	1,79
Torsk f.	0,15 ³⁾	1,17 ³⁾	1,10 ³⁾	0,70	1,13	<0,40	0,80
Skrubbe l.	0,33	0,41	0,54	0,33	0,40		0,32
Skrubbe f.	<0,22 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20 ³⁾	0,20	0,37		<0,22
Strandeb.							
Torsk l.	0,49	0,38	0,24	0,30	0,56	0,15	0,39
Torsk f.	1,1 ³⁾	0,13 ³⁾	<0,10 ³⁾	<0,25	0,27	<0,08	<0,20
Glassvar l.	0,43	0,39	0,48	0,30	0,55	0,48	0,26
Glassvar f.	<0,15 ³⁾	0,12 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20	0,34	<0,23	<0,02
Skrubbe l.	0,13	0,15	0,16	0,12	0,13	0,14	0,17
Skrubbe f.	0,09 ³⁾	0,12 ³⁾	0,09 ³⁾	0,20	0,10	<0,05	<0,16

¹⁾ Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

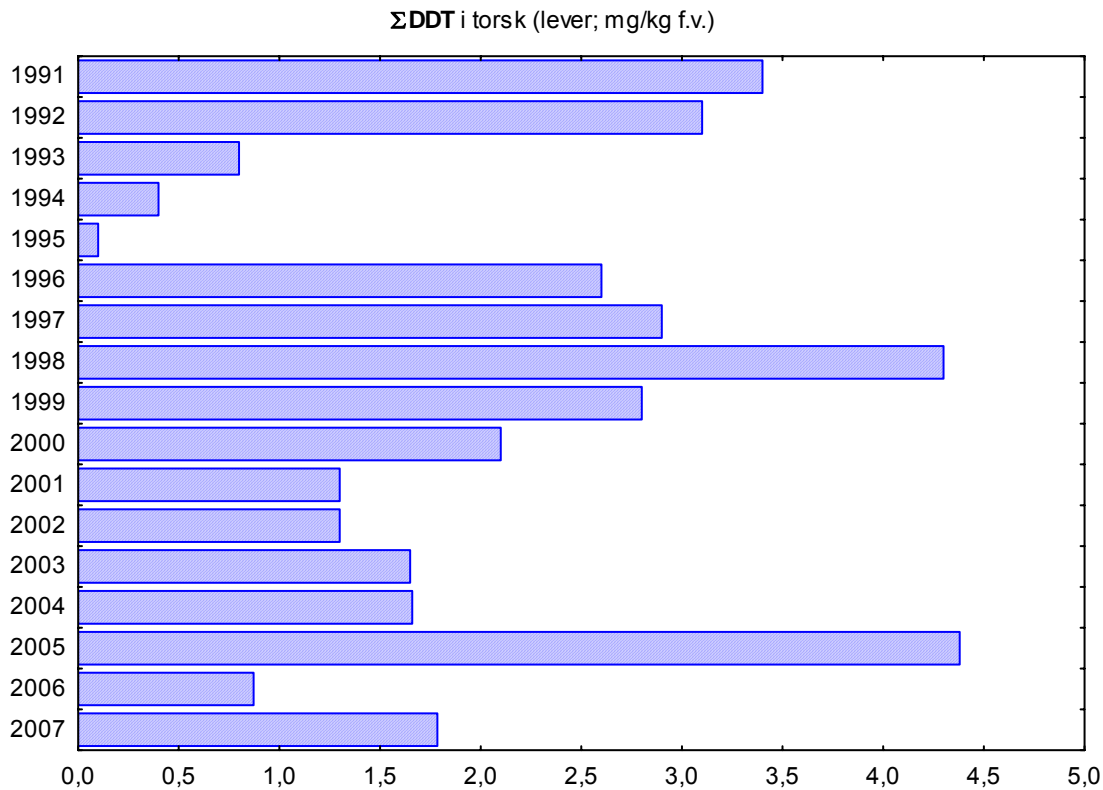
²⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

³⁾ Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

⁴⁾ Middell av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

⁵⁾ Bare verdier fra Edna

Figur 27. Gjennomsnitt av Σ DDT i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2006), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 9.



5.6.4 Polybromerte difenyletere

Polybromerte difenyletere (bromerte flammehemmere) ble analysert i lever av torsk fra Sør fjorden i 2007. Følgende kongener ble analysert: BDE-28, -47, -49, -66, -71, -77, -85, -99, -100, -119, -138, -153, -154, -183 og -205. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av summen av disse var 69,28 μ g/kg våtvekt. Det var BDE-47 (2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter), som utgjorde den desidert største andelen (gjennomsnittskonsentrasjon: 43,78 μ g/kg våtvekt). Mange av komponentene kunne ikke detekteres i flere av prøvene.

Det må bemerkes at dette er første gang polybromerte difenyletere rapporteres i fisk fra Sør fjorden, innenfor Statlig program for forurensningsovervåking. Det foreligger således ingen tidsserie. Disse komponentene ble imidlertid analysert i fisk fra Sør fjorden (JAMP) i 2006 og gjennomsnittskonsentrasjonen av sum-PBDE i torskelever lå tilsynelatende litt lavere dette året (24,43 μ g/kg våtvekt).

PBDE er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [31]. Vanligst forekommende konsentrasjoner lå i området 10-95 μ g/kg våtvekt [31]. De høyeste konsentrasjonene (ca. 110 μ g/kg) ble funnet i torsk fra indre Oslofjord [31]. Etter normalisering til fettvekt, viste deg seg at torsk fra Ulsteinvik hadde omtrent tilsvarende konsentrasjoner som torsk fra indre Oslofjord. Det er vanlig at BDE-47 forekommer i høyere konsentrasjoner enn de andre kongenerene [31].

5.6.5 Perfluorerte alkylforbindelser

Det ble analysert for perfluorerte alkylforbindelser (PFAS) i lever av torsk fra Sørfjorden i 2007. PFAS er en gruppe forbindelser som inneholder en fullstendig fluorert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss vannløselighet. Forbindelsene er verken lipofile eller hydrofile, men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Forbindelsene brukes hovedsaklig på grunn av deres gode overflateegenskaper og deres vann- og fettavvisende egenskaper. Produkter som inneholder forbindelsene er f. eks. gulvvoks, maling, rengjøringsmidler og brannslukkingsmidler.

Forbindelsene som ble analysert var perfluorbutansulfonat (PFBS), perfluorheptansyre (PFHpA), perfluorheksansyre (PFHxA), perfluornonansyre (PFNA), perfluoroktansyre (PFOA), perfluoroktansulfonat (PFOS) og perfluoroktansulfonamid (PFOSA). De fleste av forbindelsene kunne ikke detekteres i samtlige prøver. PFOS kunne detekteres i én prøve (4 µg/kg våtvekt). PFOSA kunne detekteres i 4 prøver (2 µg/kg, 3 µg/kg, 3 µg/kg og 5 µg/kg våtvekt). Det må bemerkes at deteksjonsgrensene for disse stoffene ligger vesentlig høyere (2 til 15 µg/kg våtvekt) enn for de klorerte forbindelsene.

PFAS er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [31]. Vanlig forekommende konsentrasjoner var i området 1-4,5 µg/kg våtvekt, og den høyeste konsentrasjonen ble observert i torsk fra indre Oslofjord [31]. Perfluoroktansulfonat (PFOS) var den dominerende forbindelsen [31].

5.7 Klororganiske stoffer i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2007:

- Konsentrasjoner av Σ DDT i blåskjell tilsvarende Klasse V (meget sterkt forurenset; en faktor ~ 4 høyere enn grensen) ble funnet ved Utne i 2007. På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende Klasse II (moderat forurenset) til Klasse IV (sterkt forurenset) observert.
- 2007 er det andre året på rad at det er observert meget høye konsentrasjoner av Σ DDT i blåskjell fra Utne.
- Blåskjell fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Kl. I) med Σ PCB₇ i 2007.

Resultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 14. Resultater fra replikate blåskjellanalyser på stasjon B1 (Byrkjenes) og B2 (Eitrheim) er presentert i Tabell 13.

Tabell 13. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B1 (Byrkjenes) og stasjon B2 (Eitrheim), 2007.

St.	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	Σ PCB ₇
B1 ¹⁾	1,0 (1,0-1,2)	1,9 (1,5-1,9)	0,4 (0,39-0,45)	3,4 (2,9-3,5)	1,7 (1,4-1,7)
B2 ²⁾	1,7 (1,1-2,4)	3,2 (2,6-3,6)	0,68 (0,54-0,73)	5,6 (3,9-6,7)	2,9 (2,8-3,0)

¹⁾ 3 replikater (alle skjell samlet 15.02.08)

²⁾ 3 replikater (skjell til en prøve samlet 22.10.08 og skjell til to prøver samlet 26.02.08)

På begge stasjonene er variasjonen mellom triplikater tilsynelatende i samme størrelse som forskjeller i konsentrasjoner mellom skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og skjell samlet innefor JAMP litt tidligere på høsten (på de stasjoner hvor det er overlappende innsamling). Dette ble også observert for metaller. Dette observeres til tross for at innsamlingen av replikater på stasjon B2 ble gjort to ulike tidspunkt, med 4 måneder i mellom. Vi har tidligere vist at det er meget sannsynlig at perioder med eksempelvis høye konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell er forbundet med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land) i tiden før blåskjellinnsamlingen [8, 27, 30]. Det forventes derfor noe temporær variasjon.

5.7.1 DDT

Σ DDT viste i 2007 opp til **meget sterk (Kl. V) forurensning** (st. "Utne", innenfor Statlig program for forurensningsovervåking). Her tilsvarte konsentrasjonen av Σ DDT en faktor ~ 4 høyere enn nedre grensen for Klasse V. I 2006 var det også blåskjell fra stasjonen "Utne", som viste de høyeste konsentrasjonene av Σ DDT (159 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt). Dette var da den desidert høyeste konsentrasjonen av Σ DDT som er registrert i blåskjell, innenfor Statlig program for forurensningsovervåking. 2007-resultatene viser altså vedvarende høy konsentrasjon på denne stasjonen. Denne konsentrasjonen er også høyere enn alle

konsentrasjoner som noen gang er registrert på stasjon B6, Kvalnes, hvor det var vanlig å observere de høyeste konsentrasjonene (før 2006; Tabell 15, Figur 28). På stasjon B6/56A og B7/57A tilsvarte konsentrasjonene av Σ DDT i blåskjell **sterkt (Kl. IV) forurenset**. På de øvrige stasjonene tilsvarte konsentrasjonene **moderat (Kl. II) til markert (Kl. III) forurenset**.

Det er tidligere vist at tidspunkt med høye blåskjellkonsentrasjoner av Σ DDT har sammenfalt med høye andeler av det insekticide virkestoffet p,p'-DDT, relativt til nedbrytningsproduktet p,p'-DDE [30]. Andelen p,p'-DDT var imidlertid ikke påfallende høyt, til tross for høy totalkonsentrasjon (Σ DDT) på stasjon "Utne"; Tabell 15).

I forbindelse med rapporteringen av resultatene for 2006 [8], ble det kommentert at det var vanskelig å forklare den plutselige meget høye konsentrasjonen av Σ DDT ved Utne, som for øvrig ligger på den andre siden av fjorden, i forhold til plassene hvor man vanligvis observerer de høyeste konsentrasjonene i blåskjell. Høy konsentrasjon av Σ DDT er som nevnt observert igjen i 2007. Det kommenteres igjen at dette viser at bildet av DDT-forurensningen rundt Sørfjorden er komplekst. Skjellene ved Utne samles på en odde, akkurat der Sørfjorden begynner. Det kan være en del strøm i området, og man kan spekulere i om vann som strømmer forbi (og skjellene filtrerer) kan inneholde forurensede partikler som har entret Sørfjorden, gjennom avrenning fra land på flere steder langs den vestre siden. Det er sannsynlig at strømforholdene i Sørfjorden også er påvirket av klimatiske parametere, slik som nedbør og avrenning fra land (og dermed vannføring i Opo).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til rapporten [30] som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

- Det er begrenset med relevante sammenligningsdata på konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell fra andre områder, men dataene som foreligger indikerer tidvis spesielt høye konsentrasjoner på enkelte stasjoner i Sørfjorden.

Tabell 14. DDT med nedbrytningsprodukter og ΣPCB_7 ¹⁾ i blåskjell fra Sørffjorden og Hardangerfjorden 2007 (22. oktober og 12. november 2007, samt 15. og 26. februar 2008 [S. P.] og 17-20 september [JAMP], $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) (ΣDDT også i $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (st. B1 osv.) i kolonner merket "S. P."; fra JAMP/INDEX (st. 51A osv.) i kolonner merket "JAMP". Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda). Det ble ikke funnet skjell på stasjonene B3 (Tyssedal), Måge og B6 (Kvalnes) i 2007.

St.nr.	DDT		DDE		DDD		ΣDDT		ΣPCB_7		ΣDDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ fett)	
	S. P. ²⁾	JAMP	S. P. ²⁾	JAMP	S. P. ²⁾	JAMP	S. P. ²⁾	JAMP	S. P. ²⁾	JAMP	S. P. ²⁾	JAMP
B1/51A	1,0	0,8	1,9	1,5	0,4	0,2	3,4	2,5	1,69	1,4	295	168
B2/52A	1,7	1,0	3,2	2,0	0,7	0,4	5,6	3,4	2,90	2,6	328	190
B3	-		-		-		-		-		-	
B4	2,3		4,1		0,9		7,3		1,79		270	
Måge	-		-		-		-		-		-	
B6/56A	-	6,7	-	18,3	-	2,2	-	27,3	-	1,5	-	1697
B7/57A	4,1	4,2	6,0	5,7	1,4	0,9	11,5	10,8	1,06	0,8	575	474
Utne	25,0		85,0		8,8		118,8		1,33		3960	
63A		1,9		2,1		0,5		4,4		0,6		283
B15/65A		1,1		1,5		0,4		3,0		0,9		129

¹⁾ Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180

²⁾ Verdi (S. P.) fra stasjon B1: Median av 3 replikater (alle skjell samlet 15.02.08). Verdi fra stasjon B2: Median av 3 replikater (skjell til en prøve samlet 22.10.08 og skjell til to prøver samlet 26.02.08)

Tabell 15. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-2000 (a) og 2001-2007 (b), $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (I parentes % av ΣDDT). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993, B3/B4 i 1997, B6 i 2003 og B1 i 2005. (c.) viser DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell på de nye stasjonene "Måge" og "Utne" (2003-2007).

(a.)					
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
St. B1 Byrkjenes	1991	0,7 (20)	2,0 (60)	0,7 (20)	3,4
	1992	< 0,2 (\approx 2)	2,3 (56)	1,7 (42)	4,9 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,5 (69)	1,0 (28)	3,6
	1995	2,0 (33)	3,3 (55)	0,7 (12)	6,0
	1996	3,0 (48)	2,4 (38)	0,9 (14)	6,3
	1997 ³⁾	2,5 (47)	2,4 (46)	0,3 (7)	5,2
	1998	< 0,5 (<6)	2,3 (49)	2,1 (45)	4,7
	1999	2,2 (46)	2,3 (48)	0,3 (6)	4,8
	2000	2,7 (37)	4,2 (58)	0,4 (5)	7,3
St. B2 Eitrheim	1991	0,1 (4)	1,5 (62)	0,8 (34)	2,4
	1992	< 0,2 (< 2)	2,5 (51)	2,3 (47)	4,9 ¹⁾
	1994	0,9 (28)	2,1 (64)	0,3 (8)	3,3
	1995	2,8 (40)	3,2 (46)	0,9 (14)	6,9
	1996	1,9 (35)	2,4 (44)	1,1 (21)	5,5
	1997 ³⁾	2,1 (39)	2,2 (40)	1,1 (21)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	3,3 (49)	3,2 (47)	6,8
	1999	3,2 (46)	3,2 (46)	0,6 (8)	7,0
	2000	2,6 (36)	4,2 (58)	0,4 (7)	7,2
St. B3 Tyssedal	1991	0,1 (\approx 6)	1,0 (63)	0,5 (31)	1,6
	1992	0,4 (15)	1,7 (60)	0,7 (25)	2,8
	1993	< 0,1 (\approx 6)	1,8 (62)	1,0 (32)	2,9 ¹⁾
	1994	0,4 (15)	1,9 (68)	0,5 ?(17)	~ 2,7 ?
	1995	1,5 (40)	1,8 (46)	0,5 (14)	3,8
	1996	2,2 (40)	2,4 (44)	0,9 (16)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	2,9 (45)	3,2 (50)	6,4
	1999	1,9 (51)	1,5 (40)	0,4 (9)	3,8
	2000	2,0 (38)	2,2 (41)	1,1 (21)	5,3
St. B4 Digranes	1991	1,4 (18)	4,1 (51)	2,5 (31)	8,0
	1992	< 0,2 (\approx 1)	4,8 (48)	5,1 (51)	10,0 ¹⁾
	1993	1,6 (17)	4,9 (53)	2,8 (30)	9,3
	1994	0,3 (9)	2,6 (73)	0,7 (18)	3,6
	1995	3,7 (53)	2,7 (38)	0,6 (9)	7,0
	1996	3,7 (40)	3,8 (42)	1,6 (18)	9,0
	1998	< 0,5 (<2)	6,2 (44)	7,7 (54)	14,2
	1999	4,3 (43)	4,5 (45)	1,2 (12)	10,0
	2000	4,1 (39)	5,8 (55)	0,6 (6)	10,5
St. B6 Kvalnes	1991	4,7 (22)	10,7 (50)	6,0 (28)	21,4
	1992	0,5 (3)	7,8 (44)	9,4 (53)	17,7
	1993	0,3 (1)	15,5 (63)	8,7 (36)	24,5
	1994	3,2 (17)	13,8 (73)	2,0 (10)	18,9
	1995	16,3 (46)	15,3 (43)	4,1 (11)	35,7
	1996	9,7 (51)	8,3 (44)	0,9 (5)	18,9
	1997 ³⁾	9,8 (46)	8,1 (38)	3,5 (16)	21,4
	1998	13,0 (34)	16,0 (41)	9,5 (25)	38,5
	1999	19,0 (40)	22,0 (46)	6,7 (14)	47,7
2000	32,0 (61)	16,0 (30)	4,9 (9)	52,9	
St. B7 Krossanes	1991	1,9 (20)	5,7 (61)	1,8 (19)	9,4
	1992	< 0,2 (\approx 1)	5,6 (52)	5,0 (47)	10,7 ¹⁾
	1993	0,1 (\approx 3)	2,2 (61)	1,3 (36)	3,6
	1994	0,2 (4)	4,7 (73)	1,5 (23)	6,5
	1995 ²⁾	1,3 (32)	2,2 (53)	0,6 (15)	4,2
	1996	2,4 (27)	4,4 (51)	1,9 (22)	8,7
	1997 ³⁾	8,6 (54)	5,7 (35)	3,2 (11)	16,1
	1998	1,7 (7)	9,1 (40)	12,0 (53)	22,8
	1999	3,2 (36)	4,7 (53)	1,0 (11)	8,9
2000	7,3 (41)	9,4 (53)	1,0 (6)	9,4	

¹⁾ Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

²⁾ Verdier fra reanalyse. ΣDDT fra 1. gangs analyse: 1.9.

³⁾ Data fra JAMP/INDEX.

Forts. Tabell 15.

(b.)

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
St. B1 Byrkjenes	2001	1,8 (33)	3,0 (54)	0,7 (13)	5,5
	2002	1,5 (32)	2,3 (50)	0,8 (18)	4,6
	2003	5,9 (56)	3,0 (29)	1,6 (15)	10,5
	2004	1,4 (38)	1,9 (52)	0,4 (10)	3,7
	2006	6,1 (60)	3,3 (32)	0,8 (8)	10,2
	2007	1,0 (34)	1,9 (54)	0,4 (13)	3,4
	St. B2 Eitrheim	2001	- ⁴⁾	3,9 (<86)	0,6 (<14)
2002		2,1 (40)	2,5 (47)	0,7 (13)	5,3
2003		4,1 (55)	2,2 (30)	1,1 (15)	7,4
2004		1,5 (37)	2,1 (52)	0,4 (11)	4,0
2005		5,7 (43)	6,6 (50)	0,9 (7)	13,2
2006		5,1 (48)	4,5 (43)	0,9 (9)	10,5
2007		1,7 (31)	3,2 (57)	0,7 (12)	5,6
St. B3 Tyssedal	2001	1,5 (<34)	2,9 (<66)	- ⁴⁾	4,4
	2002	- ⁴⁾	2,1 (<68)	1,0 (<32)	3,1
	2003	5,7 (62)	2,3 (25)	1,2 (13)	9,2
	2004	1,8 (38)	2,4 (51)	0,5 (11)	4,7
	2005	3,8 (42)	4,5 (49)	0,8 (9)	9,1
	2006	5,6 (55)	3,9 (38)	0,8 (7)	10,3
St. B4 Digranes	2001	1,0 (12)	6,0 (71)	1,5 (18)	8,5
	2002	0,7 (14)	3,1 (59)	1,4 (27)	5,3
	2003	17,0 (71)	4,6 (19)	2,3 (10)	23,9
	2004	2,6 (42)	3,0 (49)	0,6 (9)	6,2
	2005	6,4 (44)	7,1 (49)	1,1 (8)	14,6
	2006	8,3 (48)	7,3 (42)	1,7 (10)	17,3
	2007	2,3 (32)	4,1 (56)	0,9 (12)	7,3
St. B6 Kvalnes	2001	15,0 (37)	21,0 (51)	4,8 (12)	40,8
	2002	5,2 (20)	15,0 (56)	6,5 (24)	26,7
	2004	17,0 (51)	13,0 (39)	3,4 (10)	33,4
	2005	26,0 (44)	29,0 (49)	4,5 (8)	59,5
	2006	27,0 (42)	30,0 (47)	6,7 (11)	63,7
St. B7 Krossanes	2001	9,5 (52)	7,5 (41)	1,4 (8)	18,4
	2002	2,7 (25)	5,4 (51)	2,6 (24)	10,7
	2003	21,0 (56)	12,0 (32)	4,3 (12)	37,3
	2004	8,2 (47)	7,9 (46)	1,2 (7)	17,3
	2005	8,0 (39)	11,0 (54)	1,3 (6)	20,3
	2006	14,0 (53)	10,0 (38)	2,4 (9)	26,4
	2007	4,1 (36)	6,0 (52)	1,4 (12)	11,5

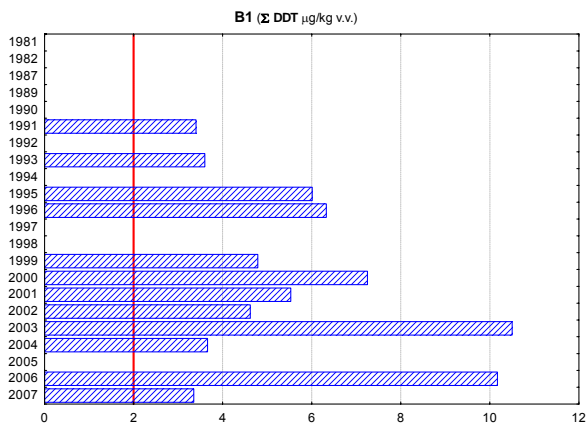
⁴⁾ Interferens i kromatogram.

(c.)

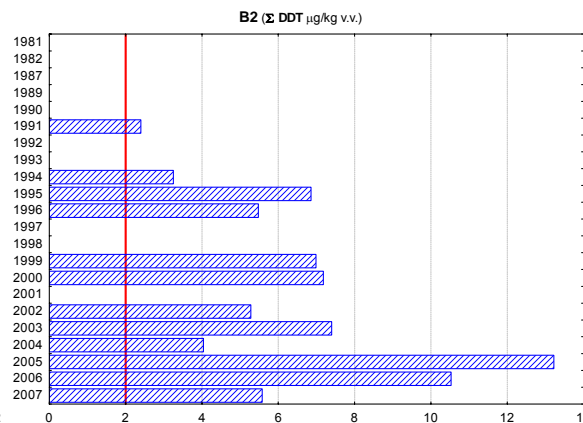
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
Måge	2003	17,0 (69)	4,6 (19)	2,9 (12)	24,5
	2004	7,8 (43)	8,9 (49)	1,4 (8)	18,1
	2005	6,9 (42)	8,3 (51)	1,2 (7)	16,4
	2006	8,4 (47)	7,5 (42)	2,0 (11)	17,9
Utne (Trones)	2003	16,0 (60)	8,1 (30)	2,7 (10)	26,8
	2004	3,3 (41)	4,2 (52)	0,6 (8)	8,1
	2005	7,4 (44)	8,5 (50)	1,1 (7)	17,0
	2006	55,0 (35)	92,0 (58)	12,0 (8)	159,0
	2007	25,0 (21)	85,0 (72)	8,8 (7)	118,8

Figur 28. Σ DDT i blåskjell fra Sørkjorden 1981-2007, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt (Søyler er kun vist for de år/stasjoner hvor alle tre komponenter [DDT, DDE og DDD] er detektert i prøven. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se Tabell 9 og 10. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda [km]. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. [] = øvre grense for Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)).

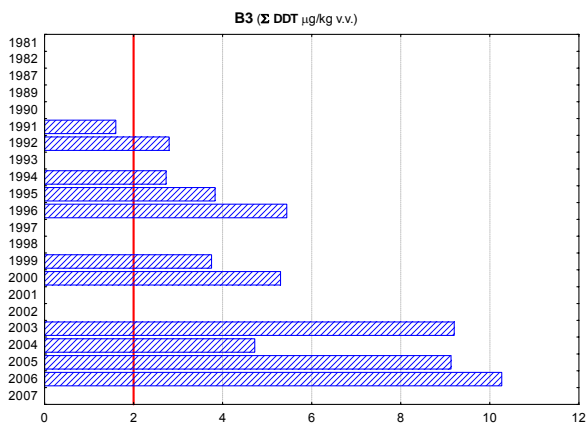
B1 (2).



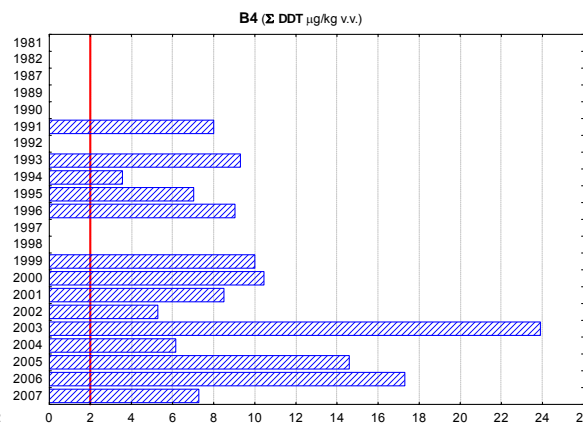
B2 (3).



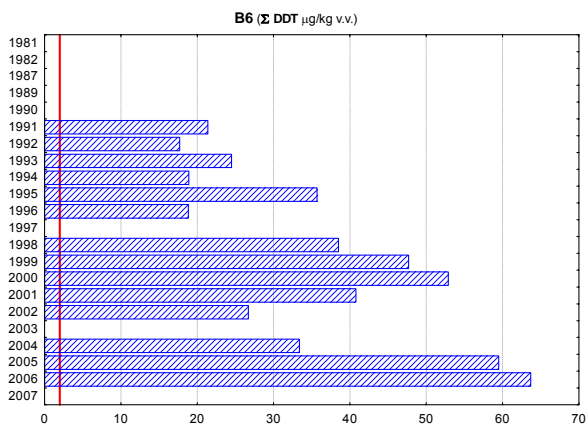
B3 (6).



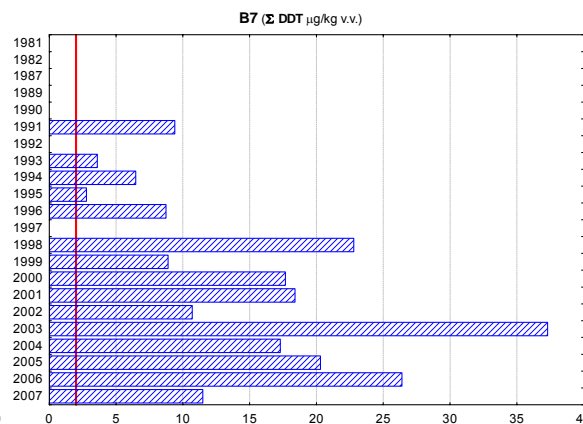
B4 (10).



B6 (18).

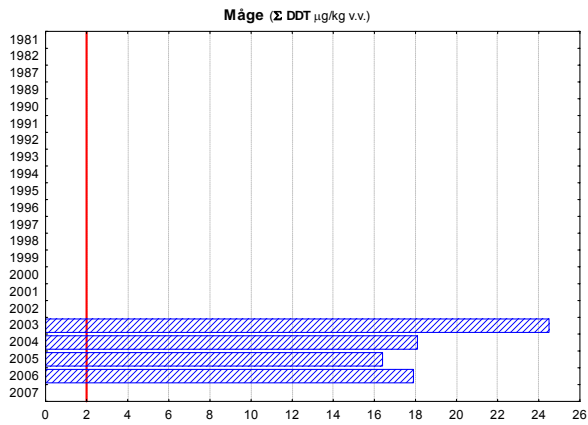


B7 (38).

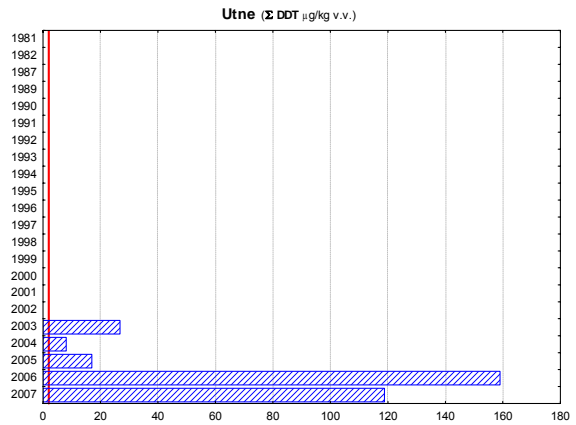


Forts. Figur 28.

Måge (15).



Utne (40).



5.7.2 PCB

Blåskjellene fra alle stasjoner i Sørfjorden var **lite/ubetydelig forurenset (Kl. I)** med ΣPCB_7 i 2007. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3 (Tyssedal) i 2007. I 2006 var ΣPCB_7 -konsentrasjonen (på våtvektsbasis) her den laveste som er registrert siden 1991 (Tabell 16, Figur 29).

Tabell 16. ΣPCB_7 i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1991-2007 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert). $\mu\text{g/kg}$ våtvekt og $\mu\text{g/kg}$ fett. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3, Tyssedal i 2007.

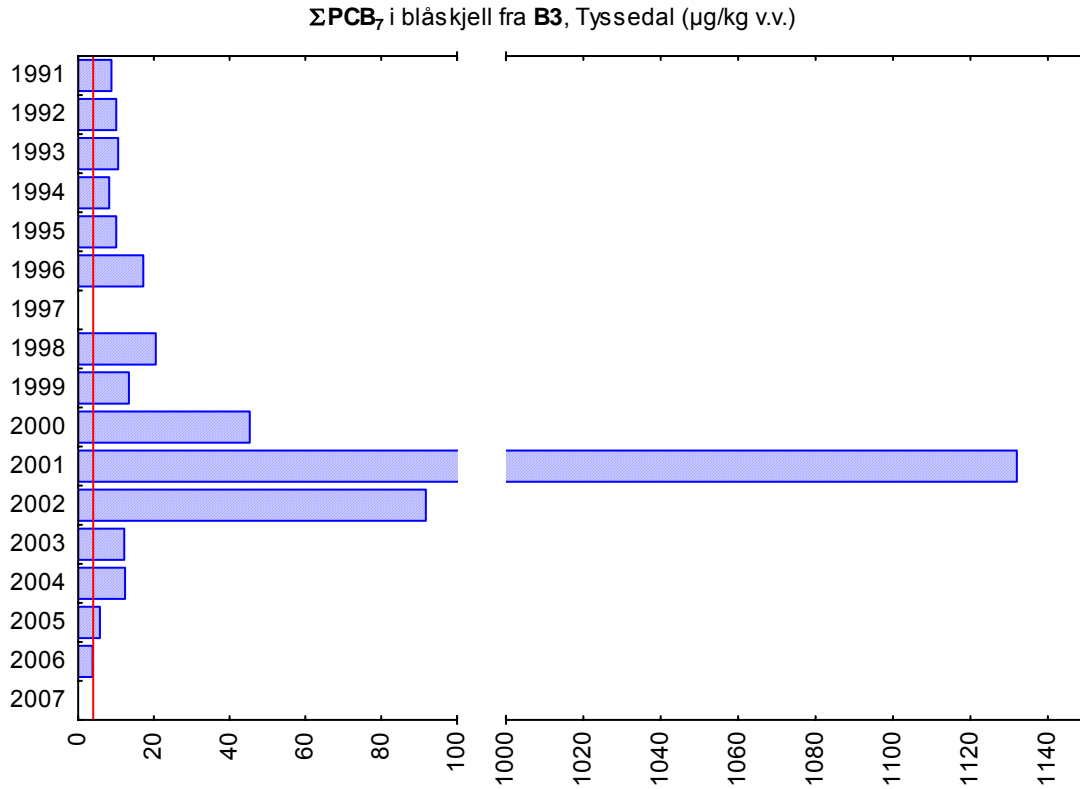
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000
Våtv.basis	8,8	10,1	10,6	8,2	10,1	17,2	20,5	13,4	45,3
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139	957	3775

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Våtv.basis	1132	91,8	12,2	12,4	5,8	3,9	-
Fettbasis	59584	3825	719	592	222	296	-

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden (også når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonen funnet i 2001) har de siste årene ligget litt høyere enn mange steder langs kysten [24].
- PCB-nivåene har imidlertid vært lavere enn i blåskjell i nærheten av havneområder og urbane strøk (eksempelvis indre Oslofjord [24] og ved Bergen [28]).

Figur 29. ΣPCB_7 i blåskjell fra Tyssedal (st. B3; 1991-2007), $\mu\text{g/kg}$ våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 12. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]). Mrk. brudd på akse mellom 100 og 1000. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3, Tyssedal i 2007.



5.8 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2007:

- Konsentrasjoner av Σ PAH i blåskjell tilsvarte Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) på alle stasjoner, med unntak av ved Byrkjenes (B1), hvor konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (Kl. II). Det ble ikke funnet blåskjell ved Tyssedal i 2007
- Med hensyn på kun den kreftfremkallende forbindelsen benzo[a]pyren, så representerte konsentrasjonene Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) på alle stasjoner, med unntak av ved Eitrheim (B2), hvor konsentrasjonen tilsvarte moderat forurenset (Kl. II).

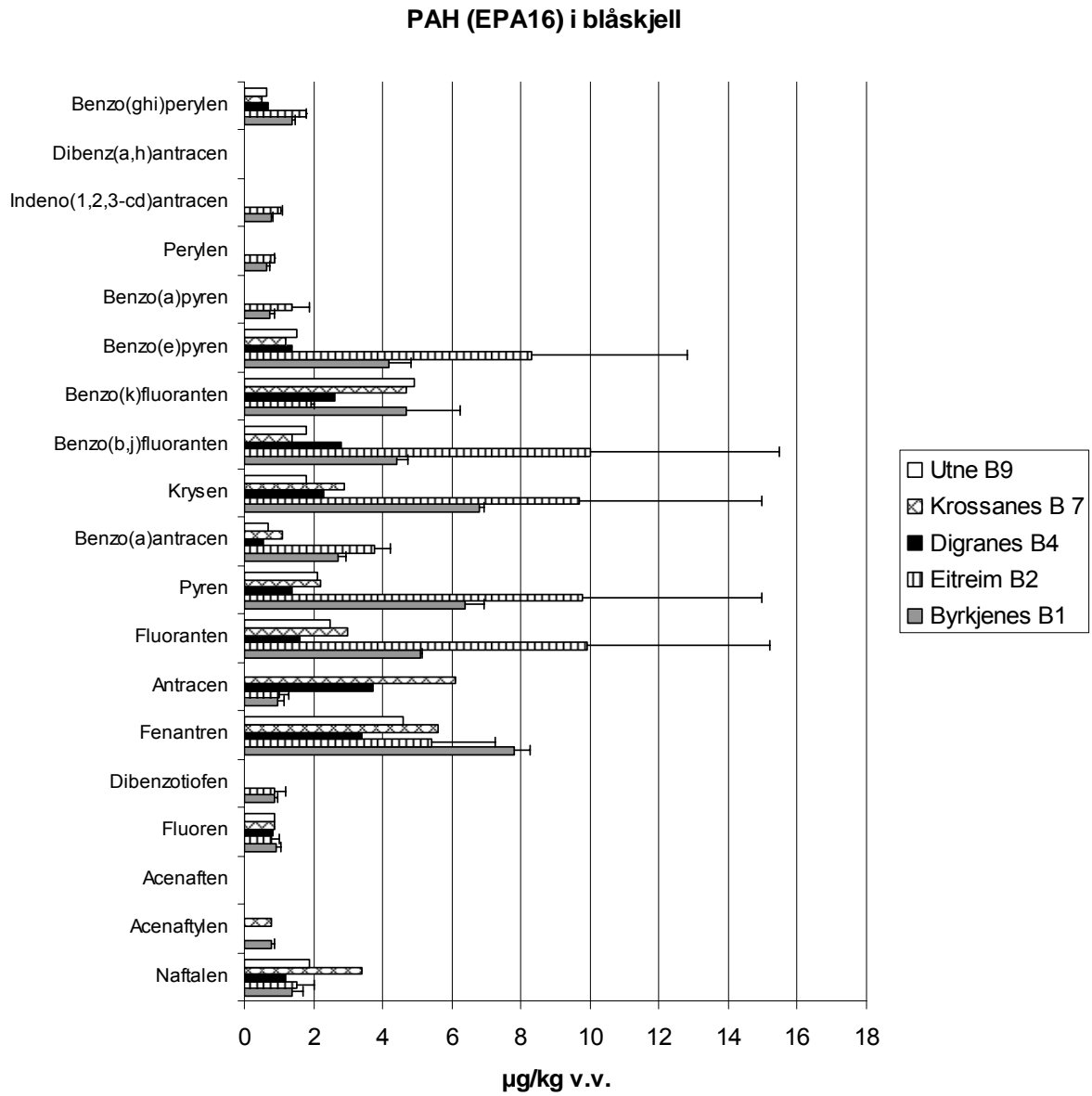
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble analysert i blåskjell fra alle stasjoner i Sørfjorden i 2007. Figur 30 viser i hvilken grad de ulike enkeltforbindelsene forekommer i prøvene. Figuren viser i hovedsak det samme bildet som i 2006. På stasjon B1 (Byrkjenes) og stasjon B2 (Eitrheim) er det analysert triplikate prøver. Det kommer frem av standard avvikene (Figur 30) at variasjonen mellom replikater er høyere på stasjon B2, enn på B1. Dette skyldes lavere konsentrasjoner i én av prøvene, som ble samlet 4 måneder før de andre to. Dette indikerer igjen tidsmessig variasjon i PAH-eksponeringen av blåskjell ved Eitrheim.

Resultatene for øvrig viste konsentrasjoner av Σ PAH tilsvarende **Klasse I (ubetydelig/lite forurenset)**, dvs. < 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i skjell fra alle stasjoner, men unntak av ved **Byrkjenes (B1)**, hvor konsentrasjonene lå på grensen til **moderat forurenset (Kl. II)**. Med hensyn på kun den kreftfremkallende forbindelsen **benzo[a]pyren**, så representerte konsentrasjonene også **Klasse I (ubetydelig/lite forurenset)** på alle stasjoner unntatt **Eitrheim (B2)**, hvor konsentrasjonen tilsvarte **Klasse II (moderat forurenset)**. Det bør nevnes igjen at det ikke ble funnet blåskjell på stasjon B3 (Tyssedal) i 2007.

Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PAH i blåskjell fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende igjen bemerkes:

- Nivåene av PAH (sum av alle, eller om en kun ser på benzo[a]pyren) er i samme størrelsesorden som man finner mange steder langs kysten [24].
- Nivåene av PAH (sum av alle, eller om en kun ser på benzo[a]pyren) i blåskjell fra Sørfjorden er betydelig lavere enn i områder med kjent PAH-belastning, slik som eksempelvis i enkelte områder nær Kristiansand [24].

Figur 30. Konsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra stasjonsnettet i Sørfjorden, 2007. Median av 3 replikater på stasjon B1 (Byrkjenes) og stasjon B2 (Eitrheim). Standard avvik er angitt for disse.



6. Referanser

1. Skei, J., B. Rygg, F. Moy, J. Molvær, J. Knutzen, K. Hylland, K. Næs, N. Green og T. Johnsen, 1998. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98, 95 s.
2. Rygg, B. og J. Skei, 1997. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1996. Delrapport 2. Sedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 3733-97, 74pp.
3. Knutzen, J. og N.W. Green, 2001. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2000. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer med orienterende analyser i dypvannsfisk. Rapport 836/01 innen statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4445-2001, 51 s.
4. Molvær, J., 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink As vinteren 1999-2000. Vurdering av utslippets størrelse. NIVA-rapport 4252-2000, 26 s.
5. Ruus, A. og N.W. Green, 2002. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2001. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 865/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4612-2002, 41 s.
6. Skei, J. og J. Knutzen, 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Miljømssige konsekvenser. NIVA-rapport 4234-2000, 12 s.
7. Skei, J. og M. Schøyen, 2007. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 1. Metaller i vannmassene. Rapport 984/2007 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5424-2007, 29 s.
8. Ruus, A. og N.W. Green, 2007. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2006. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 995/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5495-2007, 65 s.
9. Knutzen, J. og N.W. Green, 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 806/00 innen statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4300-2000, 42 s.
10. Skei, J. og T. Tellefsen, 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lavtetthets polyetylen membraner (LDPE-SPMD). Rapport 809/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4319-2000, 19 s.
11. Ruus, A. og N.W. Green, 2003. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Miljøgifter i organismer i 2002. Rapport 885/2003 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4724-2003, 45 s.
12. Økland, T., 2005. Kostholdsråd i norske havner og fjorder - En gjennomgang av kostholdsråd i norske havner og fjorder fra 1960-tallet til i dag. Rapport utarbeidet av Bergfald & Co as på vegne av Mattilsynet, med Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) og Statens forurensningstilsyn (SFT) som samarbeidende etater. 269 s.
13. 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: p. 47-59.
14. Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14: p. 49-59.

15. Green, N.W. og J. Knutzen, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme. Forurensningsindeks og referanseindeks basert på observasjoner av miljøgifter i blåskjell fra utvalgte områder 1995-1999. Rapport 821/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4342-2001. 35 s.
16. Ruus, A. og N. Green, 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 938/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5069-2005, 61 s.
17. Schlabach, M., A. Biseth, H. Gundersen og J. Knutzen, 1995. Congener specific determination and levels of polychlorinated naphthalenes in cod liver samples from Norway. *Organohalogen Compounds*, 24: p. 489-492.
18. Schlabach, M., A. Biseth, H. Gundersen og M. Oehme, 1993. On-line GPC/carbon clean up method for determination of PCDD/F in sediment and sewage sludge samples. *Organohalogen Compounds*, 11: p. 71-74.
19. Oehme, M., J. Klungsøyr, A. Biseth og M. Schlabach, 1994. Quantitative determination of ppq-ppt levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in sediments from the Arctic (Barents Sea) and the North Sea. *Anal. Methods Instrum.*, 1: p. 153-163.
20. Skei, J.M., N.B. Price, S.E. Calvert og H. Holtedahl, 1972. The distribution of heavy metals in sediments of Sørfjord, West Norway. *Air & Soil Poll.*, 1: p. 452-461.
21. Connor, M.S., J.A. Davis, J. Leatherbarrow, B.K. Greenfield, A. Gunther, D. Hardin, T. Mumley, J.J. Oram og C. Werme, 2007. The slow recovery of San Francisco Bay from the legacy of organochlorine pesticides. *Environmental Research*, 105: p. 87-100.
22. Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
23. Knutzen, J. og N.W. Green, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Rapport 829/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4339-2001, 145 s.
24. Green, N.W., A. Ruus, Å. Bakketun, J. Håvardstun, Å.G. Rogne, M. Schøyen, L. Tveiten og S. Øxnevad, 2006. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 2005. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 974/2006. TA-no. 2214/2006. 191 s.
25. Lobel, P.B. og H.D. Marshall, 1998. A unique low molecular zinc-binding ligand in the kidney cytosol of the mussel *Mytilus edulis*, and its relationship to the inherent variability of zinc accumulation in organisms. *Mar. Biol.*, 99: p. 101-105.
26. Ruus, A. og N.W. Green, 2004. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Miljøgifter i organismer i 2003. Rapport 908/2004 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4880-2004, 54 s.
27. Ruus, A. og N.W. Green, 2006. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 959/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5268-2006, 58 s.
28. Knutzen, J., J. Skei, T.M. Johnsen, K. Hylland, J. Klungsøyr og M. Schlabach, 1995. Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tiliggende fjordområder. Fase 2. Observasjoner i 1994. NIVA-rapport 3351-95, 163 s.
29. Bakke, T., A. Ruus, B. Bjerkeng, J.A. Knutsen og M. Schlabach, 2007. Overvåking av miljøgifter i fisk og skaldyr fra Grenlandsfjordene 2006. Rapport 998/2007 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5504-2007, 93 s.

30. Skei, J., A. Ruus og A. Måge, 2005. Kildekartlegging av DDT i Sørfjorden, Hordaland. Forprosjekt. NIVA-rapport 5038-2005, 44 s.
31. Fjeld, E., M. Schlabach, J.A. Berge, T. Eggen, P. Snilsberg, C. Vogelsang, S. Rognerud, G. Kjellberg, E.K. Enge, C.A. Dye og H. Gundersen, 2005. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. NIVA-rapport 5011-2005, 97s+vedlegg.

VEDLEGG (Rådata)

Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann 2007

Analyser av sedimentkjerne fra Børve, Sørfjorden

Aldersdateringer av kjernemateriale ved hjelp av isotoper

**Metaller, klororganiske miljøgifter og PAH
i blåskjell samlet 22. oktober og 12. november 2007, samt 15. og 26. februar 2008
(våtvektsbasis).**

PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i torskelever.

Rådata: Metaller i vann, saltholdighet, temperatur og siktedyp.**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
22.02.2007	0	3,0	0,23	5,03	0,07	0,47	26,9	6,9	4,5
16.03.2007	0	<1,0	0,11	3,26	0,08	1,05	27,7	6,5	8,0
16.03.2007	20	<1,0	0,04	0,85	0,02	0,18	29,9	6,8	
16.03.2007	40	<1,0	0,07	4,12	0,02	0,21	30,6	6,8	
16.03.2007	100	<1,0	0,07	1,46	0,02	0,14	32,0	8,2	
16.03.2007	250	1,5	0,09	6,97	0,03	0,28	32,1	7,5	
08.05.2007	0	<1,0	0,07	2,15	0,03	0,48	12,9	10,6	7,5
14.06.2007	0	<1,0	0,08	2,17	0,03	0,58	10,9	13,8	7,5
16.08.2007	0	<1,0	0,18	3,90	0,08	0,34	6,8	15,9	6,0
08.11.2007	0	1,5	0,09	2,70	0,03	0,42	6,2	5,2	5,5
08.11.2007	20	<1,0	0,03	3,13	0,02	0,47	11,8	10,6	
08.11.2007	40	<1,0	0,03	1,01	0,02	0,26	15,4	9,8	
08.11.2007	100	<1,0	0,05	1,54	0,03	0,21	15,6	7,8	
08.11.2007	250	<1,0	0,04	1,31	0,03	0,19	16,6	7,5	
27.11.2007	0	3	0,03	2,27	0,03	0,48	22,4	5,0	7,0
14.12.2007	0	islagt	islagt	islagt	islagt	islagt	islagt	islagt	islagt
Gjennomsnitt (overfl.)		<1,6	0,11	3,10	0,05	0,55	16,30	9,10	6,6

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
22.02.2007	0	1,0	0,21	3,59	0,06	0,44	28,8	6,8	4,5
16.03.2007	0	<1,0	0,12	5,03	0,14	0,27	29,1	6,7	7,5
16.03.2007	20	<1,0	0,05	1,32	0,02	0,19	30,5	6,8	
16.03.2007	40	<1,0	0,05	0,89	0,03	0,18	31,1	6,7	
16.03.2007	100	<1,0	0,13	2,51	0,03	0,20	32,5	8,3	
16.03.2007	250	<1,0	0,15	4,14	0,04	0,64	32,8	7,7	
16.03.2007	350	<1,0	0,15	6,40	0,03	0,20	32,8	7,1	
08.05.2007	0	<1,0	0,11	2,27	0,03	0,31	10,9	10,2	6,5
14.06.2007	0	<1,0	0,23	6,05	0,06	0,90	9,5	13,6	7,0
16.08.2007	0	<1,0	0,11	3,88	0,03	0,27	6,6	16,0	6,5
08.11.2007	0	<1,0	0,11	3,12	0,04	0,43	6,2	6,0	6,0
08.11.2007	20	<1,0	0,05	1,55	0,03	0,32	15,3	10,2	
08.11.2007	40	3,0	0,03	2,24	0,03	0,30	18,0	9,3	
08.11.2007	100	knust	0,07	2,19	0,04	0,23	18,5	7,9	
08.11.2007	250	1,5	0,06	3,82	0,03	0,25	18,4	7,5	
08.11.2007	350	2,5	0,08	2,61	0,03	0,22	18,8	7,3	
27.11.2007	0	1,0	0,05	2,49	0,03	0,50	23,5	5,8	8,5
14.12.2007	0	20,0	0,13	4,85	0,05	0,43	19,7	5,6	12,0

Gjennomsnitt (overfl.) Digranes		2,8	0,13	3,91	0,05	0,44	16,8	8,8	7,3
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
22.02.2007	0	<1,0	0,28	6,11	0,07	0,46	25,0	5,3	4,5
16.03.2007	0	4,5	0,17	4,07	0,09	0,54	27,4	6,5	7,5
16.03.2007	20	8,5	0,04	0,97	0,02	0,17	30,8	6,9	
16.03.2007	40	<1,0	0,05	1,54	0,03	0,17	31,1	6,8	
16.03.2007	100	1,0	0,40	4,57	0,07	0,29	33,0	7,9	
16.03.2007	250	1,0	0,26	2,11	0,04	0,18	33,5	7,0	
08.05.2007	0	<1,0	0,11	2,67	0,03	0,25	12,2	9,9	6,5
14.06.2007	0	<1,0	0,22	6,06	0,04	0,61	5,3	10,4	7,0
16.08.2007	0	<1,0	0,13	3,55	0,03	0,33	9,8	15,1	5,5
08.11.2007	0	1,0	0,44	9,27	0,21	0,53	6,5	6,9	5,5
08.11.2007	20	<1,0	0,15	3,88	0,06	0,36	16,0	8,5	
08.11.2007	40	<1,0	0,14	4,47	0,06	0,35	18,0	8,6	
08.11.2007	100	2,5	0,19	3,40	0,06	0,28	19,5	7,7	
08.11.2007	250	1,5	0,15	1,98	0,04	0,24	19,8	7,5	
27.11.2007	0	4,0	0,23	8,91	0,10	0,49	20,0	6,7	8,5
14.12.2007	0	<1,0	0,16	6,10	0,06	0,51	19,3	6,6	9,5
Gjennomsnitt (overfl.) Tyssedal		1,2	0,22	5,84	0,08	0,47	15,7	8,4	6,8
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
22.02.2007	0	<1,0	0,31	6,10	0,08	0,66	23,7	5,3	5,0
16.03.2007	0	1,5	0,16	7,38	0,10	0,59	26,1	6,3	7,0
16.03.2007	20	1,0	0,05	1,42	0,02	0,21	30,9	6,9	
16.03.2007	40	<1,0	0,11	1,48	0,03	0,19	31,3	6,8	
16.03.2007	100	2,0	0,65	7,28	0,10	0,47	32,6	8,1	
08.05.2007	0	<1,0	0,15	2,96	0,03	0,32	11,2	8,5	6,0
14.06.2007	0	<1,0	0,23	3,87	0,03	0,31	4,4	9,9	7,0
16.08.2007	0	<1,0	0,32	6,30	0,06	0,33	8,5	13,2	5,0
08.11.2007	0	<1,0	0,54	11,40	0,14	0,57	6,4	6,8	6,5
08.11.2007	20	1,5	0,28	6,35	0,08	0,40	17,3	7,9	
08.11.2007	40	3,0	0,53	7,22	0,12	0,49	19,1	8,9	
08.11.2007	100	3,5	0,35	6,30	0,10	0,42	19,1	8,2	
27.11.2007	0	2,0	0,35	10,00	0,11	0,64	20,6	6,4	8,5
14.12.2007	0	1,5	0,54	16,50	0,09	0,60	14,3	4,0	9,0
Gjennomsnitt (overfl.)		0,6	0,33	8,06	0,08	0,50	14,4	7,6	6,8

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
22.02.2007	0	1,5	0,52	10,40	0,13	0,47	26,1	5,8	5,0
16.03.2007	0	2,5	0,29	6,41	0,07	0,37	27,3	6,5	7,0
16.03.2007	20	<1,0	0,04	0,67	0,02	0,18	30,9	6,9	
16.03.2007	40	<1,0	0,27	3,01	0,04	0,19	31,1	6,9	
08.05.2007	0	<1,0	0,14	3,14	0,03	0,24	7,7	6,8	5,5
14.06.2007	0	<1,0	0,22	3,59	0,02	0,37	3,8	9,6	7,0
16.08.2007	0	<1,0	0,33	5,38	0,05	0,32	8,2	12,9	5,0
08.11.2007	0	<1,0	0,20	4,40	0,06	0,37	7,4	7,0	5,0
08.11.2007	20	3,5	0,53	8,36	0,12	0,41	18,9	9,9	
08.11.2007	40	3,0	0,74	8,48	0,13	0,56	20,0	8,8	
27.11.2007	0	3,0	0,47	10,50	0,14	0,83	20,5	6,3	7,0
14.12.2007	0	<1,0	0,63	10,70	0,08	0,79	18,5	5,7	7,5
Gjennomsnitt (overfl.)		0,9	0,35	6,82	0,07	0,47	14,9	7,6	6,1

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
22.02.2007	0	1,5	0,61	13,90	0,13	0,60	19,0	2,5	5,0
16.03.2007	0	<1,0	0,16	4,04	0,05	0,27	24,8	6,1	7,0
16.03.2007	20	<1,0	0,19	1,85	0,05	0,20	31,0	6,9	
16.03.2007	40	1,5	0,21	1,83	0,05	0,20	30,8	6,8	
08.05.2007	0	<1,0	0,21	3,91	0,03	0,26	7,0	6,6	5,0
14.06.2007	0	<1,0	0,19	3,35	0,02	0,42	2,6	9,8	6,0
16.08.2007	0	2,0	0,43	7,19	0,05	0,36	5,3	11,2	4,5
08.11.2007	0	<1,0	0,19	3,41	0,05	0,42	7,0	7,4	5,5
08.11.2007	20	4,0	0,52	7,78	0,13	0,50	18,5	9,7	
08.11.2007	40	5,0	0,94	11,10	0,17	0,67	19,7	9,0	
27.11.2007	0	2,5	0,33	9,56	0,12	0,53	22,0	6,8	8,0
14.12.2007	0	<1,0	0,64	10,60	0,10	1,00	13,2	5,0	7,0
Gjennomsnitt (overfl.)		0,8	0,35	7,00	0,07	0,48	12,6	6,9	6,0

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
22.02.2007	0	3,5	1,22	18,10	0,18	0,75	22,2	3,5	4,5
16.03.2007	0	7,5	0,50	13,40	0,19	0,52	19,4	6,4	6,0
16.03.2007	10	3,0	0,89	19,00	1,33	0,31	30,0	6,9	
08.05.2007	0	<1,0	0,52	5,34	0,04	0,33	5,20	6,1	6,0
14.06.2007	0	<1,0	0,18	209,00	0,03	0,36	2,7	9,2	6,0
16.08.2007	0	<1,0	0,96	10,10	0,07	0,36	5,9	12,3	4,0
08.11.2007	0	1	1,03	18,20	0,24	0,71	7,3	7,4	5,0
08.11.2007	10	4,5	0,73	11,00	0,25	0,54	18,0	10,0	
27.11.2007	0	9	1,00	21,70	0,31	0,75	22,8	7,3	7,5
14.12.2007	0	<1,0	0,62	16,30	0,10	0,72	9,9	5,2	6,5
Gjennomsnitt (overfl.)		2,2	0,60	36,76	0,12	0,47	9,2	6,7	5,1

Rådata: Analyser av sedimentkjerne fra Børve, Sørfjorden.

Dyp cm	TTS %	Vanninh. %	TOC %	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
0-1	26,8	73,2	1,70	0,70	56,3	2,13	288	467
1-2	36,5	63,5	1,70	0,72	62,7	2,73	366	520
2-3	41,6	58,4	1,81	0,75	61,8	2,63	360	510
3-4	43,9	56,1	1,67	0,92	67,1	3,09	413	553
4-5	45,7	54,3	1,81	1,00	68,5	3,14	417	543
5-6	48,2	51,8	1,49	0,86	61,0	2,65	336	461
6-7	47,6	52,4	1,40	0,79	58,3	2,19	282	406
7-8	48,1	51,9	1,46	0,66	53,9	1,93	241	359
8-9	50,1	49,9	1,37	0,50	46,9	1,03	144	260
9-10	52,3	47,7	1,28	0,30	42,1	0,66	104	210
10-11	53,7	46,3	1,22	<0,2	34,0	0,26	51	141
11-12	51,5	48,5	1,37	0,30	39,5	0,53	87	190
12-13	54,1	45,9	1,30	<0,2	34,2	0,17	39	132
13-14	53,8	46,2	1,26	<0,2	36,7	0,34	61	159
14-15	54,4	45,6	1,29	0,30	36,5	0,31	58	149
15-16	54,2	45,8	1,26	<0,2	34,3	0,11	33	121
16-17	54,8	45,2	1,37	<0,2	34,2	0,17	36	126
17-18	55,3	44,7	1,28	<0,2	33,3	0,07	24	112
18-19	55,7	44,3	1,35	<0,2	33,8	0,05	22	109
19-20	55,5	44,5	1,23	<0,2	34,9	0,04	22	113
20-22	56,2	43,8	1,23	<0,2	36,9	0,20	42	137
22-24	55,6	44,4	1,23	<0,2	34,8	0,04	21	113

Dyp cm	CB28 µg/kg t.v.	CB52 µg/kg t.v.	CB101 µg/kg t.v.	CB118 µg/kg t.v.	CB153 µg/kg t.v.	CB138 µg/kg t.v.	CB180 µg/kg t.v.	Sum PCB µg/kg t.v.	Seven Dutch µg/kg t.v.
0-1	<0,5	i	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0	0
1-2	<0,5	i	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0	0
2-3	<0,5	i	<0,5	<0,5	0,91	<0,5	<0,5	0,91	0,91
3-4	<0,5	i	<0,5	<0,5	s1,0	<0,5	<0,5	s1	s1
4-5	<0,5	i	<0,5	<0,5	s1,1	s0,53	<0,5	s1,63	s1,63

Dyp cm	DDTPP µg/kg t.v.	DDEPP µg/kg t.v.	DDDPP µg/kg t.v.	SumDDT µg/kg t.v.
0-1	6,2	2,9	2,2	11,3
1-2	3,2	3,3	2,7	9,2
2-3	2,4	3,3	2,8	8,5
3-4	<1	2,9	2,3	6,2
4-5	<1	2,9	2,3	6,2

i: interferens i kromatogrammet

s: større usikkerhet enn normalt i kvantifiseringen

Dyp cm	NAP µg/kg t.v.	ACNLE µg/kg t.v.	ACNE µg/kg t.v.	FLE µg/kg t.v.	DBTHI µg/kg t.v.	PA µg/kg t.v.	ANT µg/kg t.v.	FLU µg/kg t.v.	PYR µg/kg t.v.	BAA µg/kg t.v.	BKF µg/kg t.v.	BEP µg/kg t.v.
0-1	19	2,9	20	19	14	160	33	250	200	140	100	180
1-2	35	4	29	26	20	230	41	360	280	200	150	260
2-3	34	3,3	41	37	25	300	68	420	330	220	160	280
3-4	27	4,4	30	30	21	240	53	400	320	230	170	300
4-5	25	2,7	30	29	20	230	48	370	290	210	160	280

Dyp cm	BAP µg/kg t.v.	PER µg/kg t.v.	ICDP µg/kg t.v.	DBA3A µg/kg t.v.	BGHIP µg/kg t.v.	Sum PAH µg/kg t.v.	Sum PAH16 µg/kg t.v.	Sum KPAH µg/kg t.v.	Sum NPD µg/kg t.v.	9BBJF µg/kg t.v.	9CHR µg/kg t.v.
0-1	140	53	300	88	270	2488,9	2241,9	1068	193	300	200
1-2	190	59	350	100	330	3364	3025	1410	285	420	280
2-3	230	71	310	89	280	3648,3	3272,3	1459	359	450	300
3-4	260	80	330	92	300	3687,4	3286,4	1572	288	490	310
4-5	230	69	300	80	290	3413,7	3044,7	1450	275	470	280

Rådata: Aldersdateringer av kjernemateriale ved hjelp av isotoper.

Gamma Dating Center Copenhagen

Copenhagen, 4 June 2008

**Thorbjørn J. Andersen
Institute of Geography
University of Copenhagen
Øster Voldgade 10
1350 Copenhagen K
e-mail tja@geogr.ku.dk
phone +45 35 32 25 03
fax +45 35 32 25 01**

Dating of core 26461 01 Sørfjorden

Dating of core 26461 01 Sørfjorden

Methods

The samples have been analysed for the activity of ^{210}Pb , ^{226}Ra and ^{137}Cs via gamma spectrometry at the Gamma Dating Center, Institute of Geography, University of Copenhagen. The measurements were carried out on a Canberra low-background Germanium well-detector. ^{210}Pb was measured via its gamma-peak at 46,5 keV, ^{226}Ra via the granddaughter ^{214}Pb (peaks at 295 and 352 keV) and ^{137}Cs via its peak at 661 keV.

Results

The core showed surface contents of unsupported ^{210}Pb of about 180 Bq kg^{-1} , and the activity generally decreased exponentially with depth down to a level of about 13 cm. The activities were at or below the detection limits of the system below this depth. The calculated flux of unsupported ^{210}Pb is $115 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ which is slightly higher than the estimated local atmospheric supply of about $70 \text{ Bq m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ (based on data shown in Appleby, 2001).

Activities of ^{137}Cs were found in the entire core but the activities decreased with depth. There were no distinct peaks of this isotope.

CRS-modeling (Appleby, 2001) has been applied on the profile using a modified method where the activity below 13.5 cm is calculated on the basis of the regression line shown in the plot in fig 2. The result is given in table 2 and fig 3 and 4.

Based on the ^{210}Pb -dating, measurable amounts of ^{137}Cs were found in layers which dates back to around 1900, well before the initial releases into nature around 1954. This indicates that the sediment is somewhat mixed. The irregular profile of unsupported ^{210}Pb in the lower part of the core also reduces accuracy. However, the clear tendency for exponential decrease with depth in the upper part of the core gives confidence in the results and the dating is therefore considered to be reasonably accurate. Any mixing will result in ages that tend to be too young and the ages given in table 2 are therefore minimum ages.

4 June 2008

Thorbjørn J Andersen

Gamma Dating Center,
Institute of Geography and Geology,
University of Copenhagen,
e-mail: tja@geo.ku.dk

Reference:

Appleby, P.G. (2001): Chronostratigraphic techniques in recent sediments. In: Last, W.M & Smol, J.P. (eds) Tracking environmental change using lake sediments. Volume 1: Basin analysis, coring and chronological techniques. Kluwer Academic Publishers: 171-203.

Table 1. Core 26461 01 Sørkjorden

Depth	Pb-210tot	error Pb-210 tot	Pb-210 sup	error pb-210 sup	Pb-210 un-sup	error pb-210 un-sup	Cs-137	error Cs-137
cm	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1	Bq kg-1
0.5	224	18	42	1	182	18	28	3
1.5	175	14	46	0	129	14	27	2
2.5	150	12	37	4	112	13	31	2
3.5	129	12	40	1	89	12	24	2
4.5	112	10	41	1	71	10	24	2
5.5	85	8	37	1	48	8	21	2
6.5	88	7	41	1	25	7	14	2
7.5	59	7	33	5	26	8	13	2
8.5	50	6	40	1	10	6	6	1
9.5	46	6	37	2	7	6	4	1
10.5	41	6	36	2	7	6	8	1
11.5	43	6	32	2	10	6	4	1
12.5	41	5	37	1	5	5	4	1
13.5	38	5	37	4	1	6	3	1
14.5	43	6	41	2	3	6	2	1
15.5	55	6	37	1	19	7	0	0
16.5	57	6	38	0	19	6	0	0
17.5	32	5	38	2	0	6	0	0
18.5	40	6	40	2	0	6	3	1
19.5	33	5	38	3	0	6	0	0
21.0	31	3	39	0	0	3	0	0
23.0	43	6	38	2	8	6	0	0

Table 2, Core 26461 01 Sørkjorden

Depth	Age	error age	Date	acc rate	error rate
cm	y	y	y	(kg m-2 y-1)	(kg m-2 y-1)
0.0			2008		
0.5	2	2	2006	0.6	0.1
1.5	8	2	2000	0.6	0.1
2.5	16	2	1992	0.7	0.1
3.5	26	3	1982	0.6	0.1
4.5	36	4	1972	0.6	0.1
5.5	48	5	1960	0.5	0.1
6.5	59	7	1949	0.6	0.2
7.5	70	9	1938	0.6	0.2
8.5	82	12	1926	0.6	0.4
9.5	89	14	1919	1.0	0.8
10.5	98	16	1910	0.9	0.7
11.5	112	22	1896	0.5	0.4
12.5	133	34	1875	0.4	0.5
13.5	148	43	1860	0.5	0.7

Note: numbers in *italics* are only indicative

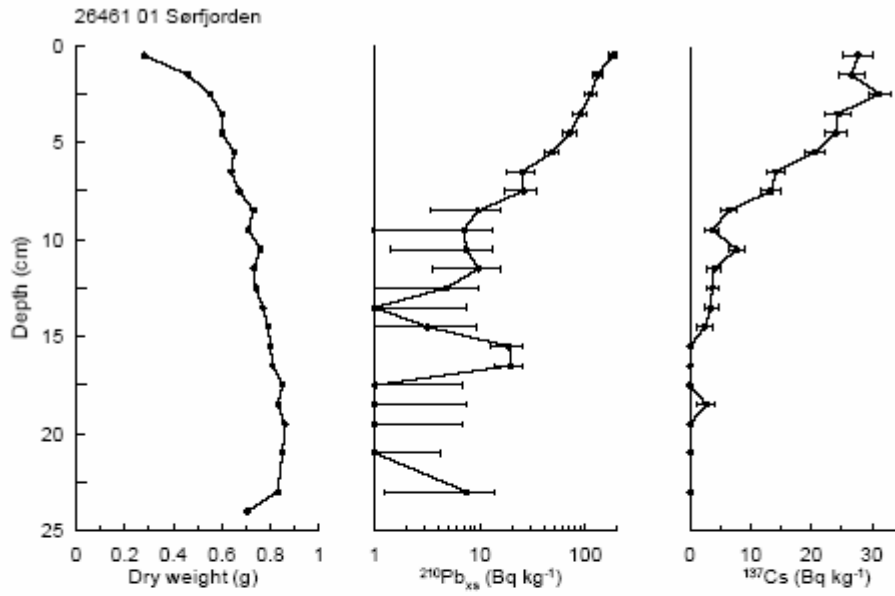


Fig 1

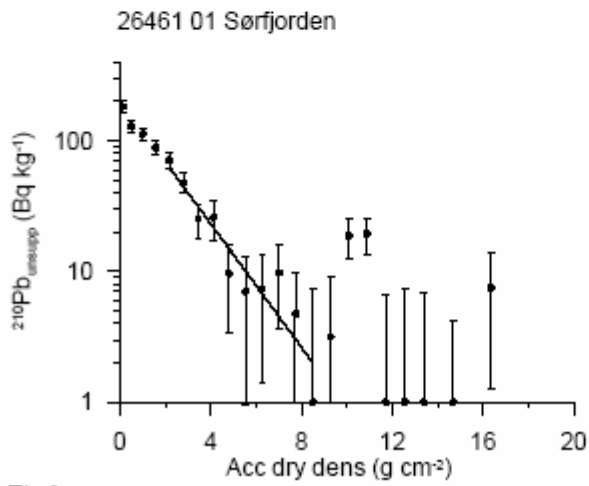


Fig 2

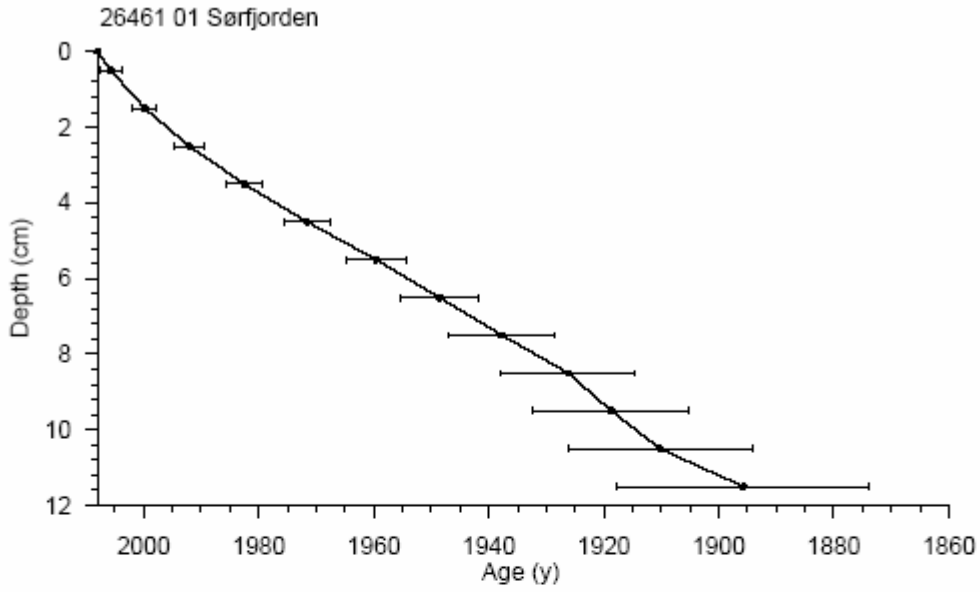


Fig 3

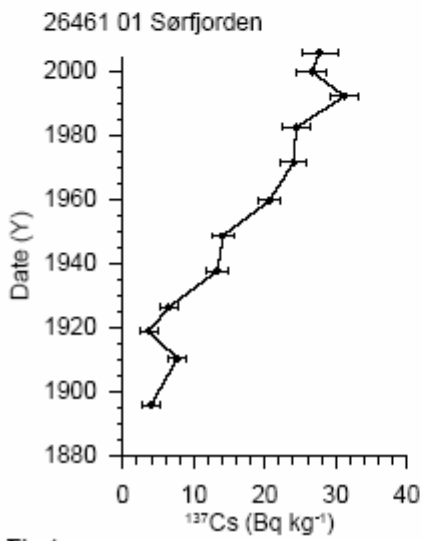


Fig 4

Rådata: Metaller, klororganiske miljøgifter og PAH i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sørfjorden 19 desember, 2006 – 8 januar, 2007 (våtvektsbasis).

Rekvisisjonsnr : 2008-00613 Mottatt dato : 20080408 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20080523
 Prosjektnr : O 26461 02
 Kunde/Stikkord : Sørfjorden biota
 Kontaktp./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel		TTS/%	Fett-%	Cd/MS-B	Cu/MS-B	Hg-B	Pb/MS-B	Zn/MS-B	CB28-B	CB52-B			
Enhet	==>	%	% pr.v.v.	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.			
Metode	==>	TESTNO	B 3	H 3-4	E 8-3	E 8-3	E 4-3	E 8-3	E 8-3	H 3-4			
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype										
1 !	20080215	Byrkjenes B1,glass 1	bioxx	2008-00613	11	1.2	1.11	1.36	0.10	8.04	13.5	<0.05	0.08
2	20080215	Byrkjenes B1,glass 2	bioxx	2008-00613	10	0.87	1.39	1.36	0.12	12.3	14.9	<0.05	0.06
3	20080215	Byrkjenes B1,glass 3	bioxx	2008-00613	12	1.4	1.21	1.35	0.10	9.05	16.4	<0.05	0.06
4	20080222	Eitreim B2, glass 1	bioxx	2008-00613	18	2.7	0.558	1.15	0.038	2.94	19.6	0.08	0.17
5	20080226	Eitreim B2, glass 2	bioxx	2008-00613	15	1.9	0.524	1.27	0.045	2.75	21.6	0.07	0.15
6	20080226	Eitreim B 2, glass 3	bioxx	2008-00613	14	1.7	0.537	1.41	0.045	2.97	21.9	0.06	0.12
7	20071112	Digranes B4	bioxx	2008-00613	20	2.7	0.208	1.00	0.028	1.16	13.5	<0.05	0.08
8	20071022	Krossanes B 7	bioxx	2008-00613	18	2.0	0.439	0.93	0.034	0.86	12.7	<0.05	0.06
9 !		Utne B9	bioxx	2008-00613	18	3.0	0.310	1.00	0.034	0.49	12.8	<0.05	0.06

Analysevariabel		CB101-B	CB118-B	CB105-B	CB153-B	CB138-B	CB156-B	CB180-B	CB209-B	ΣPCB	ΣPCB,		
Enhet	==>	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode	==>	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	Beregnet	Beregnet		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype										
1 !	20080215	Byrkjenes B1,glass 1	bioxx	0.25	0.24	0.06	0.57	0.49	<0.05	0.06	<0.05	s<1.65	s<1.49
2	20080215	Byrkjenes B1,glass 2	bioxx	0.20	0.19	0.06	0.47	0.43	<0.05	0.05	<0.05	s<1.41	s<1.25
3	20080215	Byrkjenes B1,glass 3	bioxx	0.26	0.26	0.07	0.58	0.51	<0.05	0.07	<0.05	s<1.7	s<1.53
4	20080222	Eitreim B2, glass 1	bioxx	0.53	0.50	0.12	0.73	0.70	0.05	0.12	0.02	3.02	2.83
5	20080226	Eitreim B2, glass 2	bioxx	0.56	0.50	0.14	0.78	0.78	0.05	0.12	<0.05	<3.2	2.96
6	20080226	Eitreim B 2, glass 3	bioxx	0.54	0.48	0.13	0.78	0.78	0.06	0.14	<0.05	<3.14	2.9
7	20071112	Digranes B4	bioxx	0.34	0.29	0.07	0.49	0.49	<0.05	0.10	<0.05	<2.01	<1.84
8	20071022	Krossanes B 7	bioxx	0.16	0.17	0.05	0.32	0.30	0.05	0.05	<0.05	<1.26	<1.11
9 !		Utne B9	bioxx	0.17	0.22	<0.05	0.46	0.37	0.05	0.05	<0.05	<1.53	<1.38

Analysevariabel		QCB-B	HCHA-B	HCB-B	HCHG-B	OCS-B	DDEPP-B	TDEPP-B	DDTPP-B	NAP-B	ACNLE-B		
Enhet	==>	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode	==>	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 2-4	H 2-4		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype										
1 !	20080215	Byrkjenes B1,glass 1	bioxx	<0.03	<0.05	0.10	<0.05	<0.05	1.9	0.44	1.2	1.5	0.76
2	20080215	Byrkjenes B1,glass 2	bioxx	<0.03	<0.05	0.08	0.13	<0.05	1.5	0.39	1.0	1.4	0.88
3	20080215	Byrkjenes B1,glass 3	bioxx	<0.03	<0.05	0.08	0.12	<0.05	1.9	0.45	1.0	0.96	0.62
4	20080222	Eitreim B2, glass 1	bioxx	0.03	<0.05	0.12	<0.05	<0.05	2.33	0.54	1.05	1.5	<0.5
5	20080226	Eitreim B2, glass 2	bioxx	<0.03	<0.05	0.13	<0.05	<0.05	3.6	0.73	2.4	1.5	<0.5
6	20080226	Eitreim B 2, glass 3	bioxx	<0.03	<0.05	0.11	<0.05	<0.05	3.2	0.68	1.7	2.4	<0.5
7	20071112	Digranes B4	bioxx	<0.03	<0.05	0.15	<0.05	<0.05	4.1	0.88	2.3	1.2	<0.5
8	20071022	Krossanes B 7	bioxx	<0.03	<0.05	0.13	<0.05	<0.05	6.0	1.4	4.1	3.4	0.78
9 !		Utne B9	bioxx	<0.03	<0.05	0.20	<0.05	<0.05	85	8.8	25	1.9	<0.5

NIVA 5635-2008 (TA-2429/2008)

Rekvisisjonsnr : 2008-00613 Mottatt dato : 20080408 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20080523
 Prosjektnr : O 26461 02
 Kunde/Stikkord : Sørfjorden biota
 Kontaktp./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel		ACNE-B	FLE-B	DBTHI-B	PA-B	ANT-B	FLU-B	PYR-B	BAA-B	BKF-B	BEP-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype										
1 !	20080215	Byrkjenes B1,glass 1	bioxx	<0.5	0.92	0.89	7.4	0.61	5.1	7.1	2.7	6.8	5.2
2	20080215	Byrkjenes B1,glass 2	bioxx	<0.5	0.89	0.98	8.3	0.95	5.2	6.4	2.5	4.7	4.2
3	20080215	Byrkjenes B1,glass 3	bioxx	<0.5	1.1	0.88	7.8	0.95	5.1	6.1	3.0	3.8	4.0
4	20080222	Eitreim B2, glass 1	bioxx	<0.5	0.61	<0.5	2.9	<0.5	1.3	1.5	<0.5	<0.5	1.0
5	20080226	Eitreim B2, glass 2	bioxx	<0.5	1.1	1.1	6.5	1.2	11	11	4.1	2.0	9.2
6	20080226	Eitreim B 2, glass 3	bioxx	<0.5	0.78	0.64	5.4	0.85	9.9	9.8	3.4	1.9	8.3
7	20071112	Digranes B4	bioxx	<0.5	0.84	<0.5	3.4	3.7	1.6	1.4	0.57	2.6	1.4
8	20071022	Krossanes B 7	bioxx	<0.5	0.85	<0.5	5.6	6.1	3.0	2.2	1.1	4.7	1.2
9 !		Utne B9	bioxx	<0.5	0.86	<0.5	4.6	<0.5	2.5	2.1	0.69	4.9	1.5

Analysevariabel		BAP-B	PER-B	ICDP-B	DBA3A-B	BGHIP-B	Sum PAH	Sum PAH16	Sum KPAH	9BBJF-B	9CHR-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	H 2-4	Beregnet	Beregnet	Beregnet	H 2-4	H 2-4		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype										
1 !	20080215	Byrkjenes B1,glass 1	bioxx	0.83	0.78	0.8	<0.5	1.5	<54.79	<47.92	<15.73	4.1	6.8
2	20080215	Byrkjenes B1,glass 2	bioxx	0.64	0.60	0.68	<0.5	1.4	<52.32	<46.54	<13.82	4.8	6.8
3	20080215	Byrkjenes B1,glass 3	bioxx	<0.5	0.63	0.77	<0.5	1.4	<49.61	<44.1	<12.97	4.4	6.6
4	20080222	Eitreim B2, glass 1	bioxx	0.64	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<17.45	<15.45	<4.34	1.7	1.3
5	20080226	Eitreim B2, glass 2	bioxx	1.5	0.84	1.1	<0.5	1.8	<78.44	<67.3	<21.2	12	11
6	20080226	Eitreim B 2, glass 3	bioxx	1.4	0.86	0.99	<0.5	1.8	<69.62	<59.82	<18.19	10	9.7
7	20071112	Digranes B4	bioxx	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.67	<25.98	<23.58	<7.47	2.8	2.3
8	20071022	Krossanes B 7	bioxx	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.52	<36.75	<34.55	<8.7	1.4	2.9
9 !		Utne B9	bioxx	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.62	<27.27	<24.77	<8.89	1.8	1.8

s Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

PrNr 1 RET: Prøvene i retur til ARU. Metallresultatene er oppgitt på våtvekt.
 PAH: Sammen med prøvene ble det analysert et sert. ref.materiale. For Benzo(b,j)flouranten gjorde interferens i kromatogrammet at dette ikke kunne bestemmes i referansematerialet.
 s: PCB 101 kommer som en skulder av en annen topp. PCB:Sammen med prøvene ble det analysert et sert. ref.materiale. DDE og TDE var mer enn 30% under sert. verdi. Resten lå innenfor +-30% av sert. verdi
 PrNr 9 Prøvene tatt høst 07.

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på K:\Kvalitet\Godkjente_dokumenter\Akkreditering\Diversedokumenter\Y3Usikker.doc, eller kan fås ved henvendels til laboratoriet.

Rådata: PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i torskelever.

Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5085

NILU sample number: 08/250

Customer: NIVA v/ Anders Ruus

Customers sample ID: Indre Sørfjorden

: bl.pr. 2

Sample type: Torskelever

Sample amount: 5,00 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: VB423_28-02-08_B_diox

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	i-TE	TE (WHO)
	pg/g					
Dioxins						
2378-TCDD		12,7	73	12,7	12,7	12,7
12378-PeCDD		0,32	73	0,16	0,16	0,32
123478-HxCDD	<	0,05	111	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD		0,93	111	0,09	0,09	0,09
123789-HxCDD		0,26		0,03	0,03	0,03
1234678-HpCDD		0,67	85	0,01	0,01	0,01
OCDD		1,21	84	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD				13,0	13,0	13,2
Furanes						
2378-TCDF		52,3	75	5,23	5,23	5,23
12378/12348-PeCDF		12,4	*	0,12	0,62	0,62
23478-PeCDF		2,69	77	1,34	1,34	1,34
123478/123479-HxCDF		2,04	104	0,20	0,20	0,20
123678-HxCDF		2,62	106	0,26	0,26	0,26
123789-HxCDF		0,17	*	0,02	0,02	0,02
234678-HxCDF		1,40	107	0,14	0,14	0,14
1234678-HpCDF		0,67	88	0,01	0,01	0,01
1234789-HpCDF	<	0,06	*	0,00	0,00	0,00
OCDF		1,03	87	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF				7,33	7,82	7,82
SUM PCDD/PCDF				20,3	20,8	21,0
nonortho - PCB						
33'44'-TeCB (PCB-77)		6 265	i 100			0,63
344'5'-TeCB (PCB-81)		857				0,09
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		2 985	92			298
33'44'55'-HxCB (PCB-169)		187	88			1,87
SUM TE-PCB						301

TE(nordic): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

i-TE: 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)

TE (WHO): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

<: Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i: Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b: Lower than 10 times method blank

g: Recovery is not according to NILUs quality criteria

*: Samplingstandard NS-EN 1948

Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5085

NILU sample number: 08/251

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: Indre Sørfjorden

: bl.pr. 3

Sample type: Torskelever

Sample amount: 5,00 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: VB423_28-02-08_B_diox

Compound	Concentration pg/g	Recovery %	TE(nordic) pg/g	i-TE pg/g	TE (WHO) pg/g
Dioxins					
2378-TCDD	9,77	79	9,77	9,77	9,77
12378-PeCDD	0,31	72	0,16	0,16	0,31
123478-HxCDD	< 0,03	i 107	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD	0,79	104	0,08	0,08	0,08
123789-HxCDD	0,31	i	0,03	0,03	0,03
1234678-HpCDD	0,68	88	0,01	0,01	0,01
OCDD	1,08	81	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD			10,0	10,0	10,2
Furanes					
2378-TCDF	40,7	78	4,07	4,07	4,07
12378/12348-PeCDF	11,7	*	0,12	0,59	0,59
23478-PeCDF	2,41	75	1,20	1,20	1,20
123478/123479-HxCDF	0,98	103	0,10	0,10	0,10
123678-HxCDF	2,24	98	0,22	0,22	0,22
123789-HxCDF	0,06	*	0,01	0,01	0,01
234678-HxCDF	1,51	99	0,15	0,15	0,15
1234678-HpCDF	0,44	89	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	0,08	i *	0,00	0,00	0,00
OCDF	0,25	i 87	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF			5,88	6,34	6,34
SUM PCDD/PCDF			15,9	16,4	16,5
nonortho - PCB					
33'44'-TeCB (PCB-77)	1 047	80			0,10
344'5'-TeCB (PCB-81)	86,9				0,01
33'44'5'-PeCB (PCB-126)	1 025	76			102
33'44'55'-HxCB (PCB-169)	135	48			1,35
SUM TE-PCB					104

TE(nordic): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

i-TE: 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)

TE (WHO): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

<: Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i: Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b: Lower than 10 times method blank

g: Recovery is not according to NILUs quality criteria

*: Samplingstandard NS-EN 1948

Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5085

NILU sample number: 08/52

Customer: NIVA v/ Anders Ruus

Customers sample ID: St. 53B (bl.pr.)

:

Sample type: Torskelever

Sample amount: 5,00 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: VB422_27-02-08

Compound	Concentration pg/g	Recovery %	TE(nordic) pg/g	i-TE pg/g	TE (WHO) pg/g
Dioxins					
2378-TCDD	9,66	82	9,66	9,66	9,66
12378-PeCDD	0,44 i	79	0,22	0,22	0,44
123478-HxCDD	<	90	0,01	0,01	0,01
123678-HxCDD	0,90	93	0,09	0,09	0,09
123789-HxCDD	0,32 i		0,03	0,03	0,03
1234678-HpCDD	0,60 i	95	0,01	0,01	0,01
OCDD	1,10	93	0,00	0,00	0,00
SUM PCDD			10,0	10,0	10,2
Furanes					
2378-TCDF	31,6	85	3,16	3,16	3,16
12378/12348-PeCDF	9,93	*	0,10	0,50	0,50
23478-PeCDF	2,55	89	1,28	1,28	1,28
123478/123479-HxCDF	1,32	97	0,13	0,13	0,13
123678-HxCDF	2,25	98	0,22	0,22	0,22
123789-HxCDF	<	*	0,01	0,01	0,01
234678-HxCDF	1,16	90	0,12	0,12	0,12
1234678-HpCDF	0,54	94	0,01	0,01	0,01
1234789-HpCDF	<	*	0,00	0,00	0,00
OCDF	0,42	97	0,00	0,00	0,00
SUM PCDF			5,02	5,41	5,41
SUM PCDD/PCDF			15,0	15,4	15,7
nonortho - PCB					
33'44'-TeCB (PCB-77)	5 966	88			0,60
344'5'-TeCB (PCB-81)	346				0,03
33'44'5'-PeCB (PCB-126)	1 509	94			151
33'44'55'-HxCB (PCB-169)	143	89			1,43
SUM TE-PCB					153

TE(nordic): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

i-TE: 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)

TE (WHO): 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

<: Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i: Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b: Lower than 10 times method blank

g: Recovery is not according to NILUs quality criteria

*: Samplingstandard NS-EN 1948


Statlig program for forurensningsovervåking

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 (NIVA)	ISBN-nummer 978-82-577-5370-2
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen	TA-nummer 2429/2008
---	---	------------------------

	År 2008	Sidetall 107	SFTs kontraktnummer 4007003
--	------------	-----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5635-2008 Prosjekt nr. 26461	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn, Boliden Odda AS, Tinfos Titan & Iron K/S, Tyssefaldene A/S, Odda kommune og Ullensvang herad
--	--

Forfatter(e) Anders Ruus, Jens Skei, Norman Green, Merete Schøyen
--

Tittel - norsk og engelsk Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2007. Metaller i vannmassene, Sedimentundersøkelse, Miljøgifter i organismer Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2007. Metals in the water masses, Sediment survey, Contaminants in organisms
--

Sammendrag – summary Resultatene av overvåkingen i 2007 kan oppsummeres som følger: Utviklingen i metallforurensning i overflatevannet i perioden 2000-2008 viser en forbedring og utfletning i midtre del av fjorden (tilstandsklasse II-III). Konsentrasjonene øker fra munningen av fjorden mot Eitheimsvågen. Forurensningsnivået i dypere vannlag, spesielt i indre del av fjorden, er til dels høyere enn i overflaten. Vertikalprofilen av metaller i en sedimentkjerne fra Børve gjenspeiler godt historikken knyttet til utslipp av metaller. Forhøyde nivåer er observert i sedimenter avsatt etter 1930 og en reduksjon kan observeres etter 1986. Overflatesedimentet er imidlertid fortsatt forurenset av flere metaller. Det ble observert høyere konsentrasjoner av DDT i de øvre 5 cm av sedimentet, enn lenger ned, noe som enten skyldes nedbrytning av DDT i sedimentet, eller økt sedimentasjon av kontaminerte partikler den senere tid. PAH i sedimentet avtar i overflaten og kan forklares med bortfall av punktkilder ifm. nedleggelse av bedrifter. Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden ligger på grensen mellom Kl. II og III. Kvikksølv i blåskjell viser konsentrasjoner opp til Kl. III. Det var ingen overskridelser av Kl. I for kobber og sink i blåskjell, med unntak av på én stasjon hvor Kl. II ble observert. Kadmium i blåskjell viser konsentrasjoner opp til Kl. III, mens bly viser opp til Kl. IV. Σ PCB ₇ -konsentrasjonen i torskelever tilsvarer Kl. III. Gjennomsnittet ble trukket opp av ett individ med spesielt høy konsentrasjon. TE _{PCDF/D} i torskelever tilsvarer Kl. II, men TE _{n.o.-PCB} var vesentlig høyere. Σ DDT-konsentrasjonene i torskelever tilsvarer Kl. III. Konsentrasjoner av Σ DDT i blåskjell tilsvarer opp til Kl. V og de høyeste konsentrasjonene ble observert ved Utne. Blåskjell fra Sørfjorden er lite/ubetydelig forurenset med Σ PCB ₇ (Kl. I). Konsentrasjoner av Σ PAH og benzo[a]pyren i blåskjell tilsvarer opp til Kl. II.
--

4 emneord Overvåking, Sørfjorden, Blåskjell, Fisk	4 subject words Monitoring, Sørfjord, Blue mussels, Fish
--	---

Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

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

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter
overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør,
skog, vassdrag, fjorder og havområder.
Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser
av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om
tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen,
og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt.
Programmet skal dekke myndighetenes
informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere
virkningen av iverksatte tiltak for å redusere
forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye
tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av
overvåkingsprogrammet.

TA- 249/2008
ISBN 978-82-577-5370-2